



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

SELEÇÃO DE ÁREA ADEQUADA PARA A IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE MARMELEIRO – PR, ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Bruno Baierle¹; Marina S. Muniz²; Julio Caetano Tomazoni³; Fernando C. Manosso⁴

RESUMO

Com o crescimento populacional e as novas tecnologias de produção, aumentou o consumo de produtos industrializados em todo o mundo, aumentando assim a produção de resíduos e sua variedade, não sendo possível imaginar uma atividade humana sem a produção de algum tipo de resíduo. Este cenário despertou nos gestores públicos a necessidade do gerenciamento adequado desses resíduos em todas as suas etapas. O objetivo deste trabalho foi selecionar uma área apta a receber a implantação de um aterro sanitário no município de Marmeleiro - PR, através de técnicas de geoprocessamento. O município destina seus resíduos ao aterro de uma empresa terceirizada, porém, quando optar por dispor os resíduos em seu território, deverá obrigatoriamente implantar um aterro sanitário. A definição da área mais apropriada foi feita a partir da elaboração e análise de mapas temáticos das características ambientais avaliadas, em ambiente SPRING, e da atribuição de notas às suas classes de condições ambientais. Foi escolhida como melhor área a localizada a aproximadamente 18 km do centro gerador, acesso pavimentado em mais de 90% do trajeto, com declividades abaixo de 20% e uso da terra em sua maioria como pastagem.

Palavras-chave: Resíduos sólidos; disposição final; sistema de informação geográfica.

ABSTRACT

With the population growth and the new production technologies, the consumption of industrialized products has increased, increasing as well the generation of solid wastes and its variety, not being possible to imagine a human activity that does not produce waste. This scenario aroused in public managers the need of a proper management of these wastes in all its stages. This work aimed to select a suitable area to receive the deployment of a landfill in Marmeleiro – PR municipality, through geoprocessing techniques. Municipality destine its wastes to an outsourced company landfill, however, when opt to dispose its wastes in its own territory, should compulsorily for the deployment of a landfill. The definition of the most appropriate area will be made from the production of thematic maps of environmental features to be evaluated, on SPRING environment, and assigning grades to its classes more relevant environmental conditions. The chosen area is located approximately 18 km from generating center, path is over 90% paved, slope below 20% and land use mostly as pasture.

Keywords: Solid wastes; Disposal; geographic information system.

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental, UTFPR Campus Francisco Beltrão. E-mail: bruno.baierle@hotmail.com

² Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental, UTFPR Campus Francisco Beltrão. E-mail: marinasmuniz@gmail.com

³ Professor da UTFPR Campus Francisco Beltrão, Curso de Engenharia Ambiental. E-mail: caetano@utfpr.edu.br

⁴ Professor da UTFPR Campus Francisco Beltrão, Curso de Engenharia Ambiental. E-mail: fmanosso@utfpr.edu.br

^{1, 2, 3 e 4} Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Francisco Beltrão – Linha Santa Bárbara s/n, Caixa Postal 135, CEP 85601-970 – Francisco Beltrão – PR, Brasil. www.utfpr.edu.br/franciscobeltrao

1. INTRODUÇÃO

Nos primórdios da vida humana na Terra não existiam tecnologias capazes de acelerar os processos produtivos, então os impactos ambientais negativos gerados por esses processos eram poucos, devido ao fato que os resíduos eram em sua maioria de origem orgânica. Atualmente os resíduos gerados possuem uma vasta gama de formas e composições, capazes de destruir o equilíbrio ambiental do planeta (FAGUNDES; VAZ; OLIVEIRA, 2009).

A produção de Resíduos Sólidos (RS) faz parte do dia-a-dia dos seres humanos, não sendo possível imaginar uma atividade não geradora dos mesmos (PHILIPPI JR., 2005).

A legislação sobre a produção de RS deve evoluir juntamente com a sociedade, pois quanto maior a produção maior a necessidade de controle a partir de limites impostos por leis. No setor ambiental, no que diz respeito aos RS, na década de 1970 as políticas visavam estabelecer normas referentes à coleta mais adequada e à disposição final dos rejeitos. A partir de 1980 o enfoque da legislação foi nas formas de tratamento prévio e destruição dos RS (BROLLO, 2001). Em 1988 foi criada a Constituição Federal (BRASIL, 1988) que no artigo 225, aborda sobre o meio ambiente, explicitando, que o mesmo

é essencial à sadia qualidade de vida das atuais e futuras gerações, cabendo ao Poder Público e à coletividade garantir sua preservação.

Outro momento importante na legislação ambiental se deu em agosto de 2010, quando foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), através da lei 12.305 (BRASIL, 2010), que apresenta instrumentos, diretrizes e metas que visam à gestão integrada dos Resíduos Sólidos (RS). A PNRS auxilia os gestores públicos do país na resolução de problemas ambientais, sociais e econômicos oriundos do manejo inadequado (BRASIL, 2010).

O gerenciamento dos RS segue etapas, que iniciam na geração dos resíduos, seguindo para seu acondicionamento, coleta e transporte, tratamento e destinação final, ambos de maneira ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Não é possível tratar da disposição final dos RS sem antes abordar a questão da erradicação dos lixões, prevista na PNRS. Os lixões foram por muito tempo a principal forma de disposição final dos RS. A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2008), apontou que até o 2008 os lixões (vazadouros a céu aberto) constituíam o destino final dos resíduos em 50,8% dos municípios brasileiros.

O aterro sanitário é a forma de disposição final mais adequada de RS, pois conta com a compactação dos resíduos feita com tratores, de modo a reduzir seu volume, conta com a impermeabilização eficiente do solo, a canalização de gases liberados no processo de decomposição dos resíduos, a captação de chorume e a cobertura dos resíduos com camada de terra no mínimo uma vez por dia (SILVA; ZAIDAN, 2010),

Segundo o Centro de Estudos e Pesquisas Urbanas do Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM, (SILVA; ZAIDAN, 2010), para analisar uma área a fim de implantar um aterro sanitário, é necessário considerar e atender aos seguintes critérios:

a) Propriedade:

É um fator relevante, pois é importante realizar o levantamento de posse da área. Se a área for do Governo evitar-se-ão transtornos com desapropriação ou negociação de sua aquisição. Porém, podem existir situações onde tanto o proprietário de uma área particular quanto o órgão da limpeza urbana se beneficiarão da implantação, facilitando o atendimento deste critério.

b) Tamanho da área:

A propriedade selecionada deverá possuir tamanho suficiente para proporcionar ao aterro uma vida útil de, no

mínimo, 10 anos, de modo a justificar os investimentos realizados na implantação.

c) Localização:

A área deve estar próxima do centro gerador dos resíduos (zona de coleta), estando no máximo a 15 km de distância; deve ser acessada por meio de vias de acesso em boas condições de tráfego, para que os caminhões se desloquem; não deve ser próxima de aeroportos ou zonas de trânsito intenso de aeronaves, devido à presença de aves como urubus; deve estar afastada de zonas residenciais adensadas, para preservar a qualidade de vida dos moradores; deve ser servida por redes de telefone, energia elétrica, água, transportes e outros serviços, que viabilizarão a operação do aterro; deve estar afastada de cursos d'água, nascentes e poços artesianos evitando contaminação aquática; e deve ser próxima a jazidas acessíveis de material utilizado para a cobertura dos resíduos, para revestimento de pistas de acesso e impermeabilização do solo.

d) Características topográficas:

A área selecionada deve garantir ao máximo o funcionamento operacional do aterro de modo a preservar a vida e o meio ambiente. São recomendadas áreas localizadas em depressões naturais secas, em minas abandonadas ou jazidas de argila ou saibro já exploradas.

e) Tipo de solo:

Deverá ser prioritária a escolha de áreas cujo solo seja de profundidade média a profundo, de modo a aumentar sua proteção contra a infiltração dos líquidos produzidos no processo de decomposição dos resíduos aterrados e a reduzir seu poder contaminante.

De acordo com Gomes, Spadotto e Pessoa (2002) e Silva *et al.* (2001), os Latossolos presentes na região de Marmeleiro – PR são solos profundos, ou seja, o nível do lençol freático se encontra a profundidades superiores a 2 metros, fato essencial para a preservação deste recurso quando da instalação do aterro. Já os Nitossolos são solos menos profundos, por isso não são tão apropriados para este fim quanto os latossolos, porém ambos podem ser utilizados para receber os resíduos a partir da adoção de uma eficiente impermeabilização do solo.

f) Águas subterrâneas:

Este critério é importante para preservar o aquífero do local. Quanto mais profundo o aquífero, menores serão suas chances de ser contaminado. Considera-se que a cota inferior do aterro deve estar no mínimo a 2 metros do lençol freático.

Já segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) (SILVA; ZAIDAN, 2010), são relevantes também os seguintes critérios:

a) Dados geológicos-geotécnicos:

São informações relacionadas às características dos materiais que compõem os substratos da área. São importantes a distribuição e características das unidades geológicas-geotécnicas do local e também as principais feições estruturais, como falhas e fraturas, por exemplo.

b) Dados pedológicos:

É de extrema relevância o levantamento dos tipos de solo predominantes da região e a identificação do tipo mais apropriado para o material de empréstimo da cobertura dos resíduos.

c) Dados geomorfológicos:

Deve-se analisar a declividade da área, as formas e a dinâmica do relevo, as áreas de morros, planícies, encostas, etc.

d) Dados sobre as águas subterrâneas e subsuperficiais:

Distância do lençol freático, áreas de proteção de manancial, principais corpos hídricos de interesse para abastecimento público e localização das áreas de recarga do lençol freático são fatores que devem ser considerados.

e) Dados socioeconômicos:

São aspectos importantes neste item: o valor da terra, o uso e ocupação das áreas, distância com o centro gerador e aceitabilidade da população diretamente afetada com a implantação do aterro. IBAM (2001) também aborda sobre o

tema, classificando os critérios em três grandes grupos, sendo:

a) Critérios técnicos: compreendem o tipo e uso do solo, proximidades de recursos hídricos relevantes, proximidade a núcleos residenciais urbanos, proximidade a aeroportos, vida útil mínima, facilidade de acesso a veículos pesados e disponibilidade de material para cobertura;

b) Critérios econômico-financeiros: formado por aspectos como a distância ao centro geométrico de coleta, o custo de aquisição do terreno, o custo de investimento em construção e infraestrutura e custos com manutenção do sistema de drenagem;

c) Critérios político-sociais: incluem a distância de núcleos urbanos de baixa renda, acesso à área através de vias com baixa densidade de ocupação e inexistência de problemas com a comunidade local, que visa evitar reações negativas à instalação do aterro.

Para que aterros sanitários sejam implantados no estado do Paraná é necessária obtenção das licenças ambientais prévias, de instalação e de operação, que devem ser solicitadas ao IAP. Para serem adquiridas, o projeto do aterro deve respeitar requisitos determinados pelo próprio IAP, que são: a distância mínima estabelecida entre aterros sanitários e rios, nascentes e demais corpos

hídricos deve ser de, no mínimo, 200 metros; para centros urbanos a distância mínima deve ser de 1,5 quilômetros, a partir do perímetro da área; e também é determinado que a distância mínima do aterro em relação à residências isoladas deve ser de 300 metros, a partir do perímetro da área (IAP, 2014).

Essa implantação também deve respeitar o Código Florestal, lei nº 12.651 (BRASIL, 2012), que determina que encostas, ou partes delas, com declividade superior a 45°, ou 100% na linha de maior declive, são áreas de preservação permanente, que devem ser protegidas a fim de preservar os recursos hídricos, a biodiversidade, a paisagem e a estabilidade ecológica destes locais. O mesmo também estabelece limites de preservação permanente para faixas marginais de cursos hídricos naturais perenes e intermitentes, que devem ser observados para a seleção de áreas passíveis de receber um aterro sanitário, por serem, em alguns casos, mais restritivos do que as distâncias estabelecidas pelo IAP (BRASIL, 2012).

Assim, este trabalho pretende determinar uma propriedade de Marmeleiro - PR apta a receber os RSU gerados no município de maneira ambientalmente adequada, visando à minimização dos impactos ambientais negativos advindos desta obra.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Marmeleiro é um município que se localiza na região Sudoeste do estado do Paraná, sendo que o ponto central de sua sede municipal se encontra nas coordenadas geográficas 26°08'5''S 53°01'34''O (Figura 1).

Posicionado a aproximadamente 500 km da cidade de Curitiba e a uma altitude de 650 m acima do nível do mar, possui uma área total de 387,382 km².

A população do município, de acordo com o censo demográfico de 2010, era de 13.900 habitantes, com estimativa de atingir 14.434 habitantes em 2014 (IBGE, 2010).

Segundo a Prefeitura Municipal de Marmeleiro (2014), a economia do município baseia-se principalmente na atividade agropecuária, com indústrias de alumínio, metalúrgicas, indústrias de baterias, indústria moveleira e possui, também, atividades voltadas para o varejo.



Figura 1. Localização do Município de Marmeleiro – PR. Fonte: IBGE (2010).

Segundo a Classificação Climática de Köppen (IAPAR, 2014) Marmeleiro possui clima subtropical, ou seja, verões quentes e úmidos, geadas não muito frequentes e sem estação de seca definida. A precipitação média anual encontra-se entre as maiores

faixas de precipitação do Estado do Paraná, entre 2.000 a 2.500 mm. Quanto à geomorfologia, Marmeleiro possui as seguintes características geomorfológicas (MINEROPAR, 2006):

- Unidade morfoestrutural: Bacia Sedimentar do Paraná;
- Unidade morfoescultural: Terceiro Planalto Paranaense;
- Subunidades morfoesculturais: 2.4.15 – 2.4.16.

Marmeleiro pertence às subunidades morfoesculturais 2.4.15, denominada Planalto de Francisco Beltrão, situada no Terceiro Planalto Paranaense, apresentando dissecação média, e 2.4.16, denominada Planalto do Alto Capanema, situada no Terceiro Planalto Paranaense, apresentando dissecação alta (MINEROPAR, 2006).

Para que fosse possível determinar a área mínima necessária para o aterro sanitário foi preciso primeiramente, estimar a população que existirá no município no ano de 2035; considerou-se uma vida útil de 20 anos para o aterro.

Esse cálculo foi realizado de acordo com o método aritmético, proposto por Tsutiya (2006). Trata-se de uma metodologia que pressupõe uma taxa relativamente baixa de crescimento constante da população para um período futuro, a partir de dados conhecidos e utiliza as equações (1) e (2) seguintes:

$$k = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

$$P = P_2 + k(t - t_2) \quad (2)$$

onde:

k = Constante;

P₁ = População do penúltimo senso;

P₂ = População do último senso;

P = População que se deseja estimar;

t₁ = Ano do penúltimo senso;

t₂ = Ano do último senso;

t = Ano de previsão.

Outro aspecto importante para o cálculo da área mínima do aterro sanitário é a estimativa de produção de RSU até o fim da vida útil do mesmo. De acordo com Campos (2012), a geração per capita de RSU média no sul do país é de 0,81 quilogramas por habitante por dia. Neste estudo considerou-se que, pelo menos, 10% dos RSU gerados são destinados à reciclagem, tomando por base uma sensibilização ambiental mínima da população marmeleirense relacionada à coleta seletiva.

A estimativa de produção de RSU até 2035 foi obtida a partir da equação (3):

$$R = (0,81 - 10\%) \cdot P \cdot A \cdot T \quad (3)$$

onde:

R = Quantidade de RSU gerados em Marmeleiro até 2035, em kg;

P = População estimada para 2035;

A = Dias do ano (365 dias);

T = Tempo de vida útil do aterro (20 anos).

Com a quantidade de RSU gerados em Marmeleiro até o ano de 2035, calculou-se o volume do mesmo. Para isso foi necessário o peso específico dos resíduos compactados que, para Silva e Zaidan (2010), pode variar de 500 a 700 kg/m³ dependendo do grau de compactação tendo sido utilizado, inclusive neste estudo 700 kg/m³, na equação (4):

$$V = \frac{R}{PE} \quad (4)$$

onde:

V = Volume de RSU até 2035, em m³;

R = Quantidade de RSU gerados em Marmeleiro até 2035, em kg;

PE = Peso específico dos resíduos (700 kg/m³).

A área mínima foi obtida pela divisão do volume total produzido pela altura máxima das células do aterro, considerando um aterro de superfície. Essa altura pode variar de 4 a 6 metros para que a decomposição dos RS ocorra (IBAM, 2001). Neste trabalho adotou-se 6 metros de altura para cada célula do aterro.

Foram utilizadas imagens de satélite ASTER GDEM, para geração de dados numéricos e uma imagem LandSat 8, de julho de 2014, para a classificação da cobertura vegetal e usos do solo. Para digitalização da malha viária municipal e da rede hidrográfica foram utilizadas cartas

topográficas disponibilizadas pelo Exército Brasileiro, com escala de 1:25.000, resolução de 300 dpi's e composição RGB.

Para a seleção das áreas candidatas foi produzido no SPRING um mapa de distâncias, a partir da área urbana do município de Marmeleiro e de seus corpos hídricos, sendo consideradas as distâncias máxima e mínima do centro gerador as distâncias de propriedades isoladas e o tamanho necessário para o aterro.

Foram feitas análises físicas do solo de cada uma das áreas, de acordo com a metodologia de EMBRAPA (1997).

Para a avaliação das condições ambientais foi seguida a metodologia proposta por Silva e Zaidan (2010), onde para cada uma dessas condições foi atribuído um peso, de acordo com a importância de cada aspecto para preservação do meio ambiente na implantação do aterro sanitário (Tabela 1).

Tabela 1. Pesos atribuídos a cada fator analisado.

Mapas	Pesos (%)
Pedologia	10
Geomorfologia	25
Altimetria	10
Declividade	15
Proximidades	15
Cobertura Vegetal e Uso da Terra	25
Total	100

Fonte: Adaptado de Silva e Zaidan (2010).

Dentro de cada mapa foram aplicadas notas de 0 a 10 para cada classe

neles contida, observando os aspectos de maiores relevâncias para este estudo. Essas notas estão mostradas nas Tabelas 2 a 7, adaptadas de Silva e Zaidan (2010).

Tabela 2. Notas das classes do mapa de pedologia.

Pedologia (Peso 10%)	Nota
Latossolo	10
Nitossolo	9
Chernossolo	7
Neossolo	0

Tabela 3. Notas das classes do mapa de geomorfologia.

Geomorfologia (Peso 25%)	Nota
Planalto de Francisco Beltrão com encosta estrutural com dissecação média	10
Planalto do Alto Capanema com encosta estrutural com dissecação alta	9

Tabela 4. Notas das classes do mapa de altimetria.

Altimetria predominante (m) (Peso 10%)	Nota*
530 – 580	10
580 – 630	10
630 – 680	10
680 – 730	9
730 – 780	7
780 – 830	6
830 – 880	6
880 – 930	4
930 – 980	3

*As notas maiores foram atribuídas às altitudes mais próximas daquela do centro gerador de RSU.

Tabela 5. Notas das classes do mapa de declividade.

Declividade predominante (Peso 15%)	Nota
0 – 5%	10
5 – 10%	9
10 – 20%	6
20 – 60%	2
60 – 100%	1
> 100%	0

Tabela 6. Notas das classes do mapa de proximidades.

Proximidades (Peso 15%)	Nota
Condições da estrada (80%)	
Estrada pavimentada	10
Estrada de tráfego permanente	8
Estrada de tráfego periódico	6
Caminho	3
Distância mínima do centro gerador (m) (20%)	
0 – 5.000	10
5.000 – 10.000	9
> 10.000	7

Tabela 7. Notas das classes do mapa de cobertura vegetal e uso da terra.

Cobertura vegetal e uso da terra (Peso 25%)	Nota
Solo exposto	10
Pastagem	10
Lavoura	5
Vegetação	0
Outros	0

Os caminhos de acesso às áreas são compostos por mais de um tipo de estrada, por isso realizou-se a média ponderada das notas com sua proporção no caminho total (Tabela 6).

O resultado desta média ponderada teve contribuição de 80% no peso das proximidades, enquanto que os outros 20% corresponderam à distância mínima de cada uma das áreas até o centro gerador. Este é um aspecto importante, pois está diretamente relacionado à economia de combustível no transporte dos RS e economia de tempo no processo e trajeto, além disso, o acesso deve ser disponível durante o ano todo.

Para o cálculo das médias, utilizou-se a ferramenta Medidas de Classes do SPRING e o *software* Excel para obter as áreas correspondentes a cada classe.

O método aritmético é considerado ideal para Marmeleiro, por apresentar em sua série de dados populacionais uma variação atípica de índice populacional (vide Tabela 8). Esta variação pode ser explicada pelo fato de que Marmeleiro possui em sua circunvizinhança municípios que vêm apresentando maior taxa de crescimento que Marmeleiro, atraindo a população marmeleirense para esses locais.

Tabela 8. Evolução populacional de Marmeleiro.

Ano	População
1991	17.113
1996	13.500
2000	13.665
2007	13.156
2010	13.900
2014	14.434

Fonte: IBGE (2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com as equações (1) e (2) e os dados da Tabela 8, obteve-se resultado estimado de 17.238 habitantes no município de Marmeleiro – PR para o ano de 2035.

Utilizando a equação (3) encontrou-se que a quantidade de RSU gerados em Marmeleiro até 2035 deverá ser de aproximadamente, 98.530.684,20 kg, ou 98.530,69 t. O volume estimado de RSU

gerados até 2035, a partir da equação (4) é equivalente a 140.758,12 m³. A área mínima necessária para a acomodação do aterro sanitário encontrada é de 23.460 m².

As três áreas candidatas a receber a implantação do aterro sanitário no município de Marmeleiro estão indicadas no mapa temático de distâncias (Figura 2), e possuem retângulos envolventes nas seguintes coordenadas planas:

- Área 1: (284.010; 7.099.397); (284.529; 7.099.021);
- Área 2: (291.010; 7.104.770); (291.650; 7.104.270);
- Área 3: (291. 726; 7.107.730); (292.101; 7.107.425).

O mapa de distâncias foi importante para a pré-seleção das áreas candidatas a receber a implantação do aterro sanitário em Marmeleiro. Nele foram consideradas as distâncias de 200 metros dos corpos hídricos, originando uma área de 353,61 km², que corresponde a 91,28% do território (Tabela 9). Ou seja, em 91,28% do território não pode receber um aterro sanitário, por se tratarem de áreas próximas a corpos hídricos.

Áreas que estão entre 1,5 km e 15 km do centro gerador correspondem a 184,66 km² (Tabela 9). No geral, atendendo ao mesmo tempo a critérios de distâncias de corpos hídricos e máximo e mínimo de distância dos centros geradores

de RSU, restaram 16,83 km², equivalentes a 4,34% do município, livres para a construção do aterro sanitário, considerando apenas esses critérios. As áreas candidatas estão localizadas na área

disponível dentro da distância máxima e mínima da Tabela 9. Os resultados das análises físicas de solos e a classificação final do tipo de solo em cada uma das três áreas candidatas estão na Tabela 10.

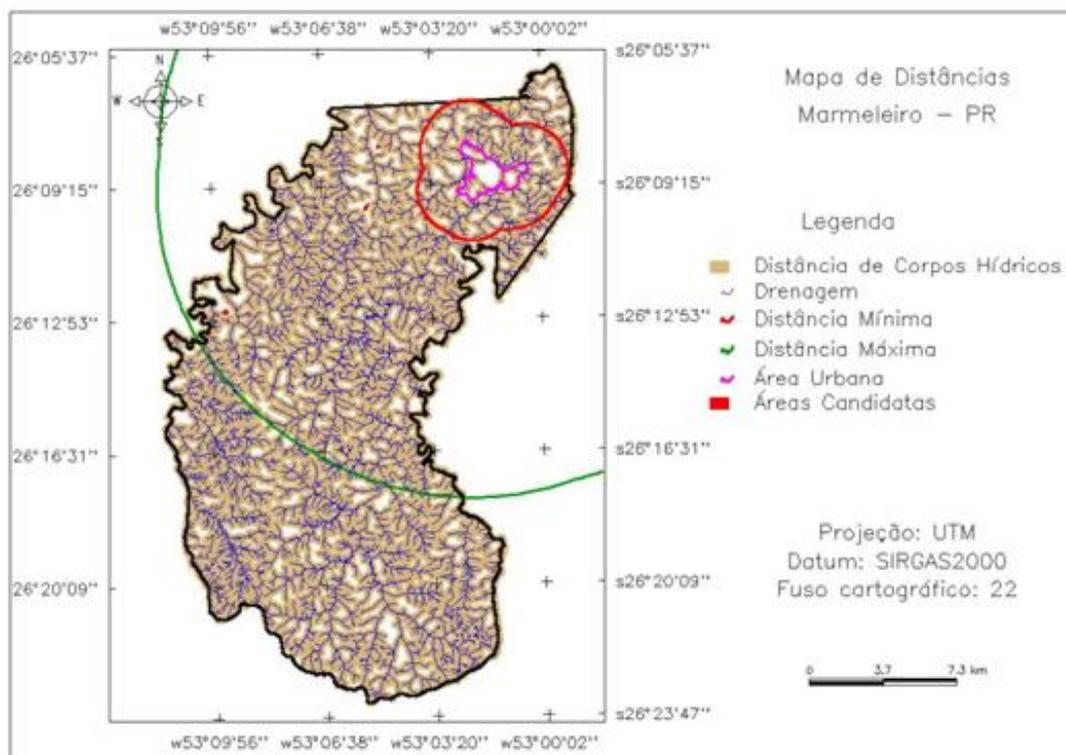


Figura 2. Mapa de distâncias de Marmeleiro – PR.

Tabela 9. Medidas de classes do mapa de distâncias.

Classe	Área (km ²)	%
Distância Mínima de Corpos Hídricos	353,61	91,28
Distância Mínima do Centro Urbano	39,69	10,25
Distância Máxima do Centro Urbano	184,66	47,67
Área Disponível no município	33,78	8,72
Área Disponível dentro da distância máxima e mínima	16,83	4,34
Área total do município	387,38	100,00

Tabela 10. Proporção de areia, silte e argila das amostras de solo.

Discriminação	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Tipo de solo
Área 1	Horizonte A	7	38	Latossolo
	Horizonte B	7,5	37,5	
Área 2	Horizonte A	6	37,5	Latossolo
	Horizonte B	4	31,5	
Área 3	Horizonte A	8,3	33,4	Nitossolo
	Horizonte B	8,1	32,6	

3.1 Avaliação das condições ambientais

As atribuições de notas às condições ambientais de cada área estão demonstradas a seguir, são apresentados os mapas de altimetria, declividade e cobertura vegetal e uso da terra de cada uma das áreas.

• ÁREA 1

A Área 1 apresenta predominância de altimetria na faixa de 680 a 730 metros, equivalente a, aproximadamente, 90% de seu total. O restante corresponde a uma faixa altimétrica de 730 a 780 metros.

As declividades na Área 1 estão predominantemente abaixo de 20%, sendo que dessas, 61,12% corresponde a declividades entre 10 e 20%, 20,57% da Área 1 corresponde a declividades na faixa de 5 a 10% e 17,62% dessa área, possui declividades entre 0 e 5%. Nenhuma porção possui declividades maiores que 100%, sendo assim, ela atende a

determinação de declividade imposta pela legislação.

Segundo a metodologia de classificação do solo utilizada, a grande maioria da Área 1 (71,26%) corresponde a um uso do solo com pastagem, enquanto que o restante é ocupado por lavoura.

O acesso à Área 1 é composto por 92,73% de estrada pavimentada, por 4,33% de estrada de tráfego periódico e por 2,94% de caminhos. Ou seja, sua maior parte é composta pelo melhor tipo de via de acesso, porém encontra-se a uma grande distância do centro gerador de RSU, cerca de 18.357 metros. Nesse quesito, a Área 1 obteve nota total de 9,10.

A partir da Tabela 11 conclui-se que a Área 1 apresenta boas condições para receber a implantação de aterro sanitário. Com uma nota total de 8,98 proporciona bons parâmetros de declividade, cobertura vegetal e uso da terra e proximidades.

Tabela 11. Notas das condições ambientais da Área 1.

Condição ambiental	Classe	Nota	Peso	Total
Pedologia	Latossolo	10	10	1
Geomorfologia	Planalto de Francisco Beltrão com encosta estrutural com dissecação média	10	25	2,5
Altimetria	680 – 780 m	8,80	10	0,88
Declividade	0 – 20%	7,29	15	1,09
Proximidades	> 90% Acesso Pavimentado	9,10	15	1,37
Cobertura Vegetal e Uso da Terra	> 70% Pastagem	8,56	25	2,14
Total				8,98

- **ÁREA 2**

Na sequência estão dispostos os parâmetros analisados para a atribuição de notas da Área 2 e sua pontuação final.

A Área 2 está totalmente inserida na classe de altimetria que vai de 730 a 780 metros. Esta área apresenta declividades abaixo de 60%, o que indica que a área pode receber a implantação do aterro sanitário. As declividades que correspondem à faixa entre 10 e 20% ocupam a maior parte da área, com 45,77%, enquanto que as declividades entre 5 e 10% ocupam um total de 37,02% da área. Já as declividades entre 0 e 5%, mais adequadas à instalação do aterro sanitário, ocupam 12,82% da área, e as declividades entre 20 e 60% ocupam a menor porção, de 4,40% do total da área.

Os usos do solo da Área 2 são predominantemente lavoura, com 64,82%, seguido do uso de pastagem, existente em

32,93% da área. Uma pequena parcela da área é composta por vegetação, cerca de 2,25%, o que é pouco indicado para a implantação do aterro sanitário. A maior parte do acesso à Área 3, cerca de 5.085 metros de um total de 7.870 metros, é constituído por estrada pavimentada, ou seja, 64,61% do trajeto. Outros 2.595 metros são estradas de tráfego permanente, que correspondem a 32,97% do total e a menor parte desse trajeto, 2,41%, corresponde aos caminhos, que totalizam 190 metros.

A Tabela 12 apresenta que a Área 2 possui uma pontuação total de 8,32. As características de pedologia, geomorfologia e proximidades, foram as que obtiveram notas mais elevadas na Área 2, enquanto que a altimetria, cobertura vegetal e uso da terra e o item declividade obtiveram notas menores.

Tabela 12. Notas das condições ambientais da Área 2.

Condição ambiental	Classe	Nota	Peso (%)	Total
Pedologia	Latossolo	10	10	1,00
Geomorfologia	Planalto de Francisco Beltrão com encosta estrutural com dissecação média	10	25	2,50
Altimetria	730 – 780 m	7	10	0,70
Declividade	0 – 60%	7,45	15	1,12
Proximidades	> 60% Acesso Pavimentado	9,14	15	1,37
Cobertura Vegetal e Uso da Terra	> 60% Lavoura	6,53	25	1,63
Total				8,32

• ÁREA 3

Com a análise dos dados obtidos, notou-se que a maior parte da Área 3 (93,37%) está na faixa de altimetria que vai de 680 a 730 metros, enquanto que 6,63% da área está compreendida na faixa de altimetria de 730 a 780 metros. Desta forma, para este aspecto, a Área 3 possui nota igual a 8,87.

Quanto à declividade, constata-se que 69,02% do terreno da Área 3 encontra-se na faixa entre 20 e 60%. 26,22% da área estão na faixa de declividade de 10 a 20%, enquanto que o restante, 4,76%, encontra-se em declividades entre 5 e 10%. A Área 3 não possui parcelas com declividades entre 0 a 5% ou superiores a 60%.

Constatou-se também que o uso do solo predominante na Área 3 é pastagem, ocupando 90,65% da área, seguido de

vegetação, com 6,97%. O uso com lavoura corresponde a apenas 2,38% do total desta área. O acesso à Área 3 é realizado principalmente através de estradas de tráfego permanente, que correspondem a 86,01% deste caminho, totalizando 6.057 metros de um total de 7.042 metros. O restante, 985 metros, que correspondem a 13,99% do trajeto total, são realizados por caminhos.

Analisando os dados apresentados pela Tabela 13, observa-se que a Área 3 possui boas condições ambientais relacionadas aos fatores pedologia, geomorfologia, altimetria e cobertura vegetal e uso da terra. A área obteve notas menores nas características declividade e proximidades, sendo que para declividade apresenta aspectos pouco adequados para a finalidade deste estudo.

Tabela 13. Notas das condições ambientais da Área 3.

Condição ambiental	Classe	Nota	Peso (%)	Total
Pedologia	Nitossolo	9	10	0,90
Geomorfologia	Planalto de Francisco Beltrão com encosta estrutural com dissecação média	10	25	2,50
Altimetria	680 – 780 m	8,87	10	0,89
Declividade	5 – 60%	3,38	15	0,51
Proximidades	100% Vias não Pavimentadas	7,64	15	1,15
Cobertura Vegetal e Uso da Terra	> 90% Pastagem	9,18	25	2,30
Total				8,24

Com o diagnóstico das três áreas foi possível fazer algumas comparações entre as mesmas. No item geomorfologia, as três encontram-se sobre a mesma formação geomorfológica, por isso não possuem diferenças nesta característica. Já para o item pedologia apresentam diferenças, pois nas Áreas 1 e 2 há presença de latossolos, enquanto que na Área 3, há ocorrência de nitossolos, fato que pode ser explicado pela maior declividade apresentada nesta área (quanto maior o declive, mais raso é o solo), com predominância de aproximadamente 69% da propriedade na faixa de 20 a 60%, enquanto que as Áreas 1 e 2 apresentaram maiores predominâncias de declividades na faixa de 10 a 20%, com, respectivamente, 61,12% e 45,77% do total das mesmas.

Para o item Altimetria, as três áreas encontram-se predominantemente no intervalo altimétrico entre 680 e 780 m.

Quanto às proximidades, o acesso à Área 1 é 92,73% feito através de estradas pavimentadas, as melhores existentes no município, contra 64,61% desse acesso para a Área 2, enquanto a Área 3 não possui acesso por este tipo de via. Porém, apesar da vantagem obtida através das estradas, a Área 1 está a uma distância do centro gerador de RSU maior que o dobro para as Áreas 2 e 3, que equivalem a 7.870 e 7.042 metros respectivamente.

O item cobertura vegetal e usos do solo difere nas três áreas analisadas, sendo que nas Áreas 2 e 3, o sistema de classificação utilizado apontou uma pequena parcela de cobertura vegetal, cerca de 2,25 e 6,97%, respectivamente.

Vale ressaltar que todas as três áreas são propriedades particulares. Em campo, o proprietário da Área 2 alegou se interessar em vendê-la para qualquer finalidade. Para as demais áreas essa informação não foi obtida.

3.2 Escolha da melhor área

Após análise dos resultados, foi possível constatar que a área mais indicada para receber a implantação de um aterro sanitário em Marmeleiro – PR é a Área 1, por ter a maior pontuação final. O fato de ter a maior parte dos usos do solo (71,26%) correspondentes a pastagem, que possui nota 10, fez com que a Área 1 obtivesse vantagem. Além disso, ela detém a menor declividade se comparada com as outras áreas, estando 61,12% de sua declividade na faixa de 10 a 20%. Outro fator que contribuiu para a maior pontuação desta área foi o item proximidades, visto que a maior parte do trajeto é realizado por via pavimentada, apesar da grande distância do centro gerador de RSU em relação às outras áreas. Maiores detalhes na Tabela 14.

Tabela 14. Notas das condições ambientais das Áreas 1, 2 e 3.

Condição ambiental	Peso	Área 1		Área 2		Área 3	
		Nota	Total	Nota	Total	Nota	Total
Pedologia	10	10	1	10	1,00	9	0,90
Geomorfologia	25	10	2,50	10	2,50	10	2,50
Altimetria	10	8,80	0,88	7	0,70	8,87	0,89
Declividade	15	7,29	1,09	7,45	1,12	3,38	0,51
Proximidades	15	9,10	1,37	9,14	1,37	7,64	1,15
Cobertura Vegetal e Uso da Terra	25	8,56	2,14	6,53	1,63	9,18	2,30
Total			8,98		8,32		8,24

4. CONCLUSÕES

Após a realização deste estudo foi possível concluir que a Área 1, é a indicada para a implantação do aterro no município, pois apresentou maior nota em relação às demais. As notas foram elevadas para todos os aspectos estudados. Essa área está situada em altitudes próximas às do centro gerador de RSU, possui declividades não muito acentuadas, com uso do solo classificado predominantemente por pastagens e as vias de acesso à esta área são excelentes por serem, em sua maioria, pavimentadas. Tudo isso fez desta a área mais adequada para receber a implantação desta obra de engenharia, porém este fato não exclui a possibilidade de se utilizar as outras duas áreas para esta finalidade.

Essa área será capaz de receber a implantação de um aterro sanitário que tenha vida útil de, no mínimo, 20 anos, pois a área mínima estimada para este período e para a geração de RSU no

município é de 23.460 m², enquanto que a Área 1 possui 47.686,04 m². Além disso, parte desta área poderá ser utilizada para empréstimo de material de cobertura dos resíduos aterrados.

Os resultados obtidos poderão ser utilizados pela prefeitura no momento em que optar pela implantação de seu aterro sanitário próprio, dessa forma, quando essa necessidade surgir a implantação ocorrerá de modo ambientalmente correto, respeitando o artigo 225 da Constituição Federal, de 1988, que aponta que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado essencial à sadia qualidade de vida, pois é um bem de uso comum, cabendo ao Poder Público e à coletividade garantir sua defesa e preservação para as atuais e futuras gerações.

Considera-se que a metodologia atendeu aos objetivos propostos, que são os de aplicar na prática a teoria aprendida no curso de Engenharia Ambiental.

5. REFERÊNCIAS

- BRASIL. Constituição (1988). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 12 out. 2014.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 06 out. 2014.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 20 nov. 2014.
- BROLLO, Maria José. **Metodologia automatizada para seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos. Aplicação na região metropolitana de Campinas.** 2001. 233 f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- CAMPOS, Heliana K. T. **Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil.** Engenharia Sanitária Ambiental. Brasília, v. 17, n. 2, abr./jun. 2012.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro, RJ, 1997. 212 p.
- FAGUNDES, Alexandre Borges; VAZ, Caroline Rodrigues; OLIVEIRA, Ivanir Luiz de. **Diagnóstico ambiental inicial da ISO 14001: estudo de caso em uma empresa de reciclagem de alumínio.** In: V Encontro Mineiro de Engenharia de Produção, 2009, Viçosa. Empreendedorismo, Inovação e Engenharia de Produção: Transformando ideias em novos negócios. Disponível em: <<http://pg.utfrpr.edu.br/dirppg/ppgep/ebook/2009/CONGRESSOS/Nacionais/EMEPRO20-202009/1.pdf>>. Acesso em 05 out. 2014.
- GOMES, Marco A. F.; SPADOTTO, Cláudio A.; PESSOA, Maria C. P. Y. **Avaliação da vulnerabilidade natural do solo em áreas agrícolas: subsídio à avaliação do risco de contaminação do lençol freático por agroquímicos.** Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente. Curitiba, v. 12, p. 169-179, jan./dez. 2002.
- IAP. **Critérios para aterro sanitário.** Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/contenuto/contenuto.php?contenuto=1377>>. Acesso em: 20 nov. 2014.
- IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná.** Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/contenuto/contenuto.php?contenuto=677>>. Acesso em: 02 nov. 2014.
- IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. **Manual de gerenciamento integrado de**

- resíduos sólidos.** Rio de Janeiro, RJ, 2001. 193 p.
- IBGE. **Cidades: Marmeleiro – PR.** 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=411540&search=|infogrE1ficos:-informaE7F5es-completas>>. Acesso em: 06 out. 2014.
- IBGE. **Cidades: Marmeleiro – PR.** Disponível em: <http://www1.ibge.gov.br/cidadesat/painel/populacao.php?codmun=411540&search=parana%7Cmarmeleiro%7Cinfograficos%3A-evolucao-populacional-e-piramide-etaria&lang=_ES>. Acesso em: 03 mar. 2015.
- IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em: 05 out. 2014.
- LANDSAT 8. **Imagens digitais de satélite, composição colorida das bandas 3, 4 e 5.** Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov>>. Acesso em: 04 mar. 2015.
- MINEROPAR. **Atlas geomorfológico do estado do Paraná.** Curitiba, PR, 2006. 63 p.
- MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. **Cartas Geográficas MI-2861/2-SE, MI-2861/2-NE, MI-2862/1-NO, MI-2862/1-SO, MI-2861/2-SO, MI-2861/4-NO, MI-2861/4-NE, MI-2861/4-SE.** Brasília, 1980. 8 cartas\; color.;55 x 70 cm. Escala 1:25.000.
- PHILLIPI JR., Arlindo. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** Barueri, SP: Manoele, 2005. – (Coleção Ambiental; 2).
- PREFEITURA MUNICIPAL DE MARMELEIRO. **Marmeleiro hoje.** Disponível em: <<http://www.marmeleiro.pr.gov.br/sitio/municipio-de-marmeleiro.php>>. Acesso em: 06 out. 2014.
- SILVA, Helton D. da; BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A.; BOGNOLA, I. A. Recomendação de solos para *Araucaria angustifólia* com base nas suas propriedades físicas e químicas. **Boletim de Pesquisa Florestal.** Colombo, n. 43, p. 61-74, jul./dez. 2001.
- SILVA, Jorge Xavier da; Z Aidan, Ricardo Tavares. **Geoprocessamento e análise ambiental.** 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água.** 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.