



# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## SELEÇÃO DE ÁREAS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO EM PORTO VELHO/RO

\*Elvis Carissimi<sup>1</sup>  
Delmira Beatriz Wolff<sup>1</sup>  
Marcelo Carvalho Tavares<sup>2</sup>

*SITE SELECTION FOR A SANITARY LANDFILL  
CONSTRUCTION IN PORTO VELHO/RO*

*Recibido el 29 de enero de 2015; Aceptado el 2 de junio de 2015*

### Abstract

Many Brazilian cities dispose their waste in an inappropriate way, causing serious environmental impacts. Porto Velho, capital of Rondonia state (Brazil), is no different, and is under pressure for the selection of an appropriated place for the construction of a sanitary landfill. Thus, the goal of this work consisted on the identification of suitable areas for the installation of a landfill in Porto Velho/RO. The study was developed through analysis of spatial information and geoprocessing techniques. Results showed that Porto Velho has a large territory, but a small area that could be used as a sanitary landfill. It was selected 8 (eight) polygons with areas ranging from 318 ha to 3.199 ha, considering environmental and legal technical criteria. These areas still depend of an in loco environmental impact assessment, and economical and financial aspects evaluation.

**Keywords:** Sanitary Landfill. Site Selection. Geoprocessing.

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

<sup>2</sup> Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara, Universidade do Estado do Amazonas, Brasil

\*Autor correspondente: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Campus Camobi, 97105900, Santa Maria, RS, Brasil. Email: [delmirawolff@hotmail.com](mailto:delmirawolff@hotmail.com)

## Resumo

Muitos municípios brasileiros descartam seus resíduos de forma inadequada, causando sérios impactos ambientais. Porto Velho, capital do estado de Rondônia (Brasil), não é diferente, e vem sendo pressionado para a seleção de um local apropriado para a construção de um aterro sanitário. Dessa forma, o escopo deste trabalho consistiu na identificação de áreas aptas à instalação de um aterro em Porto Velho/RO. O estudo foi desenvolvido por meio da análise de informações espaciais e técnicas de geoprocessamento. Os resultados mostraram que Porto Velho possui grande extensão territorial, mas pouca área passível de utilização para um aterro. Foram selecionados 8 (oito) polígonos, com áreas de 318 ha a 3.199 ha, considerando critérios técnicos legais e ambientais. Tais áreas ainda dependem de uma avaliação in loco dos impactos ambientais, e de estudos dos aspectos econômicos e financeiros.

**Palavras-Chaves:** Aterro Sanitário. Seleção de Áreas. Geoprocessamento.

---

## Introdução

Um dos maiores problemas para o meio ambiente e a sociedade é a crescente produção de resíduos sólidos urbanos, em virtude do crescimento populacional. Aliado a esse crescimento, há o aumento do consumo e a redução de espaço físico, agravando os problemas de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (Tchobanoglous *et al.*, 1993; Bovea *et al.* 2010).

O Estado de Rondônia está em processo de desenvolvimento acelerado e urbanização intensa, principalmente devido à construção das usinas hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau. Ao mesmo tempo, os municípios do Estado de Rondônia não dispõem de áreas planejadas para a disposição dos resíduos sólidos. Estes resíduos, atualmente, são colocados em contato direto com o solo, em locais denominados “lixões” ou “lixeiros públicas”, e, no caso de Porto Velho, praticamente às margens do Rio Madeira (manancial de abastecimento de água da cidade). Esta forma inadequada de disposição final acarreta problemas à saúde pública com a proliferação de vetores, a geração de odores, e, sobretudo, a poluição do solo e das águas (superficiais e subterrâneas), assoreamento e ao fenômeno das inundações (Moreira *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2012; Jesus *et al.*, 2013).

As Prefeituras Municipais vêm sendo pressionadas a solucionar o problema da disposição de resíduos em áreas abertas. A Prefeitura de Porto Velho/RO, desde 2005 recebe pressão do Ministério Público Estadual para mudar o local de disposição de seus resíduos. Em contrapartida, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010 e Decreto 7.404/2010) estabelecem diversos instrumentos econômicos e condições de acesso aos recursos dos poderes públicos, para que estes consigam efetivar ações saneantes, como por exemplo, a construção de um aterro sanitário adequado.

Segundo Weber e Hasenack (2004), além de utilizar um processo adequado para disposição dos resíduos sólidos também se faz necessário selecionar o local apropriado para essa finalidade. A localização deste tipo de empreendimento deverá atender a critérios técnicos, ambientais e restrições legais. A alocação de aterros sanitários em locais geotecnicaamente adequados minimiza os impactos negativos causados pela migração dos contaminantes nos locais onde ocorre a disposição de resíduos, e indiretamente, ajuda a sociedade favorecendo a redução dos impactos na qualidade de vida das populações de uma maneira geral e, especificamente, as de baixo padrão aquisitivo (Moreira *et al.*, 2008).

De acordo com Sener *et al.* (2010), existem técnicas de seleção de locais para a implantação de um aterro sanitário, sendo que as mais utilizadas são as ferramentas de geoprocessamento na etapa inicial de seleção das prováveis áreas. Entretanto, há a necessidade de obter todos os dados referentes à área de atuação para poder confrontá-los, como por exemplo: mapa dos solos, mapa de declividade, localização de estradas entre outros. Após a seleção de determinadas áreas deve ocorrer a visita *in loco* para verificação da qualidade ambiental do local selecionado.

A implantação de um aterro sanitário, por si só, não resolve o grande problema que os municípios enfrentam quanto à gestão e destinação de todo o resíduo sólido gerado pelas residências, pelas atividades industriais, comerciais e de serviços. A geração de resíduos sólidos e a poluição são problemas que podem ser minimizados com a utilização de reciclagem, reutilização, reaproveitamento e, ainda, com o auxílio de campanhas educacionais. Entretanto, para a crítica situação vivenciada no Estado de Rondônia (e comum em outras regiões do Brasil), torna-se imprescindível, no mínimo, a seleção de um local adequado para a disposição dos resíduos urbanos.

Dessa forma, o escopo deste trabalho, consistiu na seleção de áreas potenciais para implantação de um aterro sanitário em Porto Velho/RO, com a utilização de técnicas de geoprocessamento.

### **Metodologia**

A área de estudo esta localizada entre as latitudes 8°0' e 9°24' Sul e as longitudes 64°32' e 62°49' Oeste, totalizando uma área de 29.352.742 km<sup>2</sup>. Estão inseridos nesta área os seguintes municípios do estado de Rondônia: Porto Velho, Candeias do Jamari e Itapoã do Oeste, e os municípios do estado do Amazonas: Labrea, Canutama e Humaitá. A determinação da área em questão deve-se pelo estreitamento entre os limites municipais e estaduais na região da área urbana do município de Porto Velho. A base de dados utilizada foi oriunda, principalmente, da Malha Viária do SIPAM na escala de 1:100.000.

Para analisar os distintos critérios foi adotada uma metodologia baseada na utilização do geoprocessamento com o SIG SPRING e TerraView. Esta metodologia seguiu critérios restritivos e de tomada de decisão para as condições ambientais, aspectos legislativos, extensão da área, distância do trajeto da fonte geradora dos resíduos (Melo, 2002).

Foram gerados 04 agrupamentos com os dados geográficos, tendo como finalidade determinar as áreas restritas, de acordo com as normas técnicas, resoluções e legislação vigente. Sendo assim, foi atribuído o peso 1 para as áreas aptas e 0 para as áreas restritas.

Além dos grupos restritivos foi criado um grupo de critérios operacionais: declividade, precipitação e distância da mancha urbana de Porto Velho. Cada dado geográfico foi dividido em 5 faixas de avaliação com notas de 1 a 5, sendo que a nota 5 classifica a melhor faixa, e, em escala decrescente de qualidade até atingir nota 1, mostrado no Quadro 1.

**Quadro 1.** Critérios de identificação das áreas

Critério	Faixa de Avaliação
Imprópria	0 – 1
Péssima	1 – 2
Regular	2 – 3
Boa	3 – 4
Própria	4 – 5

A partir dos dados geográficos agrupados e com os pesos e notas atribuídos foram feitas as ponderações, por meio da programação legal, gerando-se matrizes com resolução de 50x50, com o emprego do Processo Analítico Hierárquico – AHP para comparar as importâncias dos 03 dados: declividade, precipitação e distância da concentração urbana (Cunha *et al.*, 2001; Guiqin *et al.*, 2009). O processo de comparação foi realizado aos pares, levando-se em consideração os seguintes critérios: distância da mancha urbana de Porto Velho moderadamente melhor que a declividade, a qual pode ser melhorada por meio de obras geotécnicas; a precipitação em relação a declividade no segundo critério, já que não se pode alterar, neste caso, o fluxo da natureza em relação a chuva; e a distância por se tratar de uma questão econômica.

Como resultado dos critérios adotados foi gerada uma razão de consistência de 0.016 que é uma razão considerável, quanto mais perto de 0 (zero) melhor, pois o zero indica a completa consistência do processo de julgamento.

Pela programação Legal foram definidas as áreas restritas com a média ponderada entre dois Planos de Informação (PI) e as devidas correções caso houvesse PI sem numeração, ou seja, esse processo foi feito aos pares em ordem crescente, sempre com o resultado mais outro PI de ponderação. Ainda, foi gerado o fatiamento das classes seguindo critérios de identificação definidas neste trabalho, tendo como base Santos e Girardi (2007).

A população estimada do município para o ano 2020 foi calculada pelo método da Progressão Geométrica, utilizando-se os dados oficiais do IBGE para o município de Porto Velho/RO nos anos de 2007 e 2010.

Para definir o tamanho da área mínima foi utilizado o preconizado no termo de referência técnico (Brasil, 2011), que relaciona a faixa de número de habitantes com a área, como mostrado no Quadro 2.

**Quadro 2** - Referência de área mínima recomendável para implantação do aterro sanitário (Brasil, 2011)

População Urbana (habitantes)	Área Mínima Recomendável (ha)
Até 2.000	1
Entre 2.001 e 5.000	2
Entre 5.001 e 10.000	4
Entre 10.001 e 20.000	6
Entre 20.001 e 50.000	10
Entre 50.001 e 100.000	20
Entre 100.001 e 150.000	25
Entre 150.001 e 250.000	35
Entre 250.001 e 500.000	55
Entre 500.001 e 750.000	95

## Resultados e Discussão

Na forma de modelo numérico, todas as áreas restritas são mostradas na cor vermelha com valor 0 (zero) para as grades. Assim, na Figura 1 apresenta-se a área restrita que esta fora do estado de Rondônia, mais a área restrita do aeroporto, restringindo o Oeste e o Noroeste do município de Porto Velho.

Ao Sudoeste do município de Porto Velho existem algumas áreas de restrições, como a Área de Preservação Permanente (APP) de Santo Antônio, e a fatores como drenagem, áreas de circulação, núcleos populacionais, núcleos residenciais urbanos e Unidades de Conservação (UC), mas observa-se que existem muitas áreas não restritas que foram avaliadas posteriormente pelos critérios de decisão adotados na metodologia.

O quadrante Sul do município também possui uma grande quantia de áreas restritas. Além de existir áreas como: drenagem, áreas de circulação, Núcleos populacionais, núcleos residenciais urbanos, o processo indica que a terra indígena dos Karitianas é o responsável pela restrição de uma grande área. No quadrante Sudeste é encontrado a maior extensão de áreas livres, porém a divisa do município de Porto Velho com o município de Candeias do Jamari está muito próxima da mancha urbana de Porto Velho. Assim a área pertencente a Porto Velho é relativamente pequena, e, está se reduzindo a cada dia, pois é a região de expansão do município, tanto com empreendimentos industriais, comerciais e residenciais.

À direita do município de Porto Velho, no quadrante Leste, verifica-se o mesmo problema do quadrante Sudeste, que além das áreas restritas o limite municipal se encontra mais próximo ainda da mancha urbana de Porto Velho. O quadrante com menos áreas livres é o Nordeste, pois as Unidades de Conservação: ESEX Cuniã e a Flona Jacundá ocupam uma grande área do município de Porto Velho. Há uma pequena área livre que ainda é restrita em algumas partes com as demais considerações.

Ao Norte do município não restou nenhuma área livre, pois a APA Rio Madeira e a FERS Rio Madeira B ocupam toda área dentro do limite estadual de Rondônia com o Amazonas. Lembrando que durante o processo foi descartado para este estudo a área territorial do estado do Amazonas. Assim, com uma população para 2020 estimada em 532.798 habitantes, e de acordo com Brasil (2011) será necessária uma área mínima de 95 ha para implantação do aterro sanitário no município de Porto Velho – RO.

A Figura 2 mostra o agrupamento temático para as classes: Própria, Boa, Regular e Péssima. Na Figura 3 observa-se que as áreas identificadas como próprias são 8 (oito), estando distribuídas nos quadrantes Oeste e Sudeste, onde é encontrada a maioria das áreas próprias.

Ainda é possível realizar uma seleção dentro do grupo de áreas consideradas próprias através dos critérios operacionais, como mostrado no Quadro 3. Analisando este resultado verifica-se que além de ter poucas opções, ainda há particularidades que devem ser observadas.

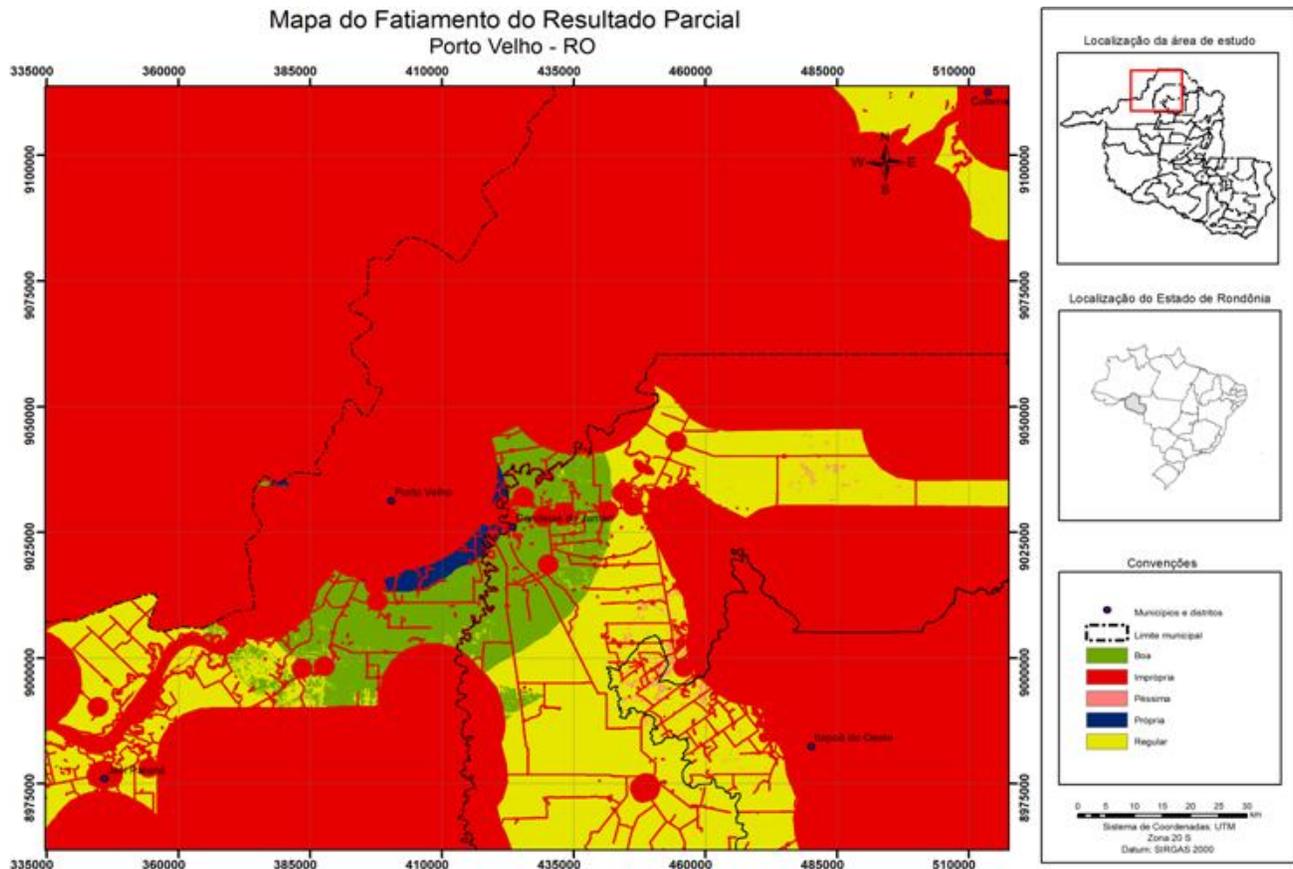


Figura 1. Classificação preliminar das áreas para implantação de um Aterro Sanitário em Porto Velho/RO

Quadro 3. Comparativo das áreas próprias no grupo de critérios operacionais

Área	Declividade	Precipitação	Tam. Área (hc)	Distância (mts)
0	0% – 3%	2300 mm – 2400 mm	166	<10.000
1	0% – 3%	2300 mm – 2400 mm	318	<10.000
2	0% – 3%	2300 mm – 2400 mm	410	<10.000
3	0% – 3%	2300 mm – 2400 mm	571	<10.000
4	0% – 3%	2100 mm – 2200 mm	189	<20.000
5	0% – 3%	2300 mm – 2400 mm	819	<10.000
6	0% – 3%	2300 mm – 2400 mm	3.199	<10.000
7	0% – 3%	2300 mm – 2400 mm	1.873	<10.000

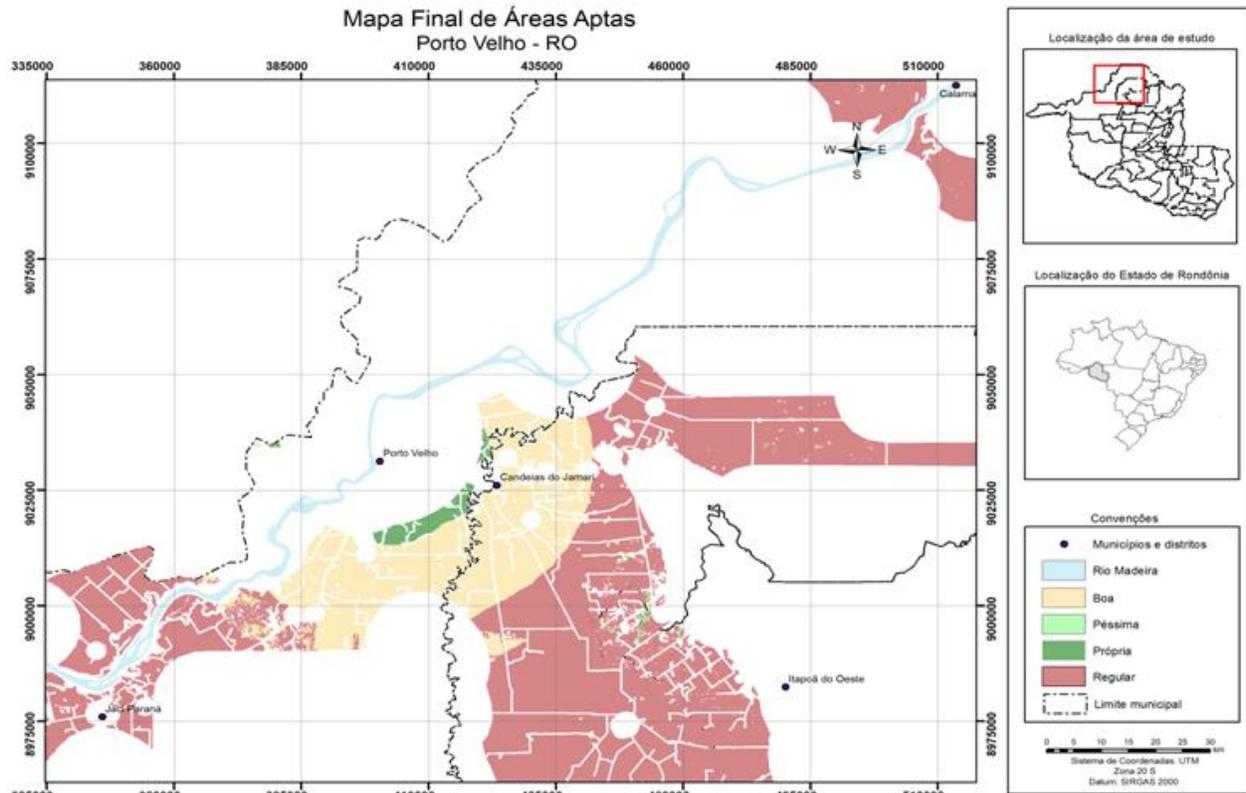


Figura 2. Mapa final das possíveis áreas para implantação do aterro sanitário no município de Porto Velho/RO

As áreas que estão no quadrante Oeste têm o agravante da travessia do rio Madeira que ainda é realizada através de embarcação flutuante. E no quadrante Sudeste, há a particularidade de estar próximo ao limite municipal com Candeias do Jamari, e, também, o local de expansão da mancha urbana. A malha viária também mostra que todas as áreas têm acesso por estradas municipais não pavimentadas, e a visita *in loco* é fundamental para verificação das condições das mesmas, pois também influencia no custo (manutenção dos caminhões).

Foram identificadas 53 (cinquenta e três) áreas boas para implantação do aterro sanitário, e como foram eliminadas as áreas fora do estado de Rondônia praticamente todas as áreas estão concentradas do Sudoeste ao Nordeste de Porto Velho, no sentido anti-horário. O mapa também mostra que grande parte dessas áreas está dentro do município de Candeias do Jamari, já que o limite municipal está próximo da mancha urbana. Mas no quadrante Sul há várias áreas que estão dentro do perímetro municipal de Porto Velho e com acesso através de rodovias federais e municipais.

As áreas regulares são as que possuem o maior número, 103 (cento e três) áreas no total, e estão distribuídas dos quadrantes Oeste ao Nordeste, no sentido anti-horário, por serem classificadas como regulares subentende-se que existem várias restrições, mas existem questões que podem ser avaliadas dependendo da necessidade, como: declividade, distância da mancha urbana e precipitação. Novamente, a maioria das áreas encontra-se no quadrante Sudeste, que não faz mais parte do município de Porto Velho.

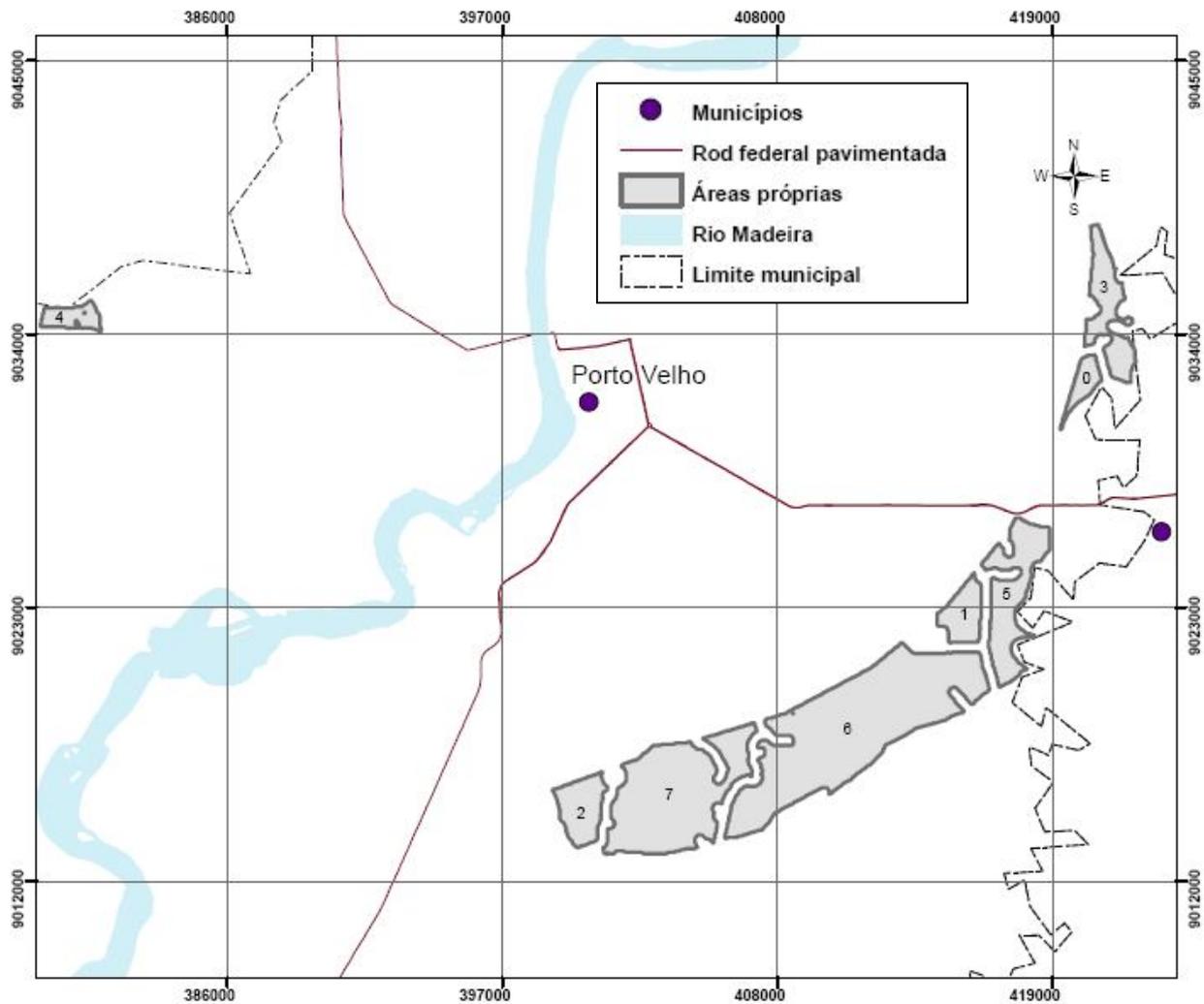


Figura 3. Mapa de Áreas Próprias para Aterro Sanitário em Porto Velho

## Conclusões

Foram selecionadas áreas com potencial para instalação de um aterro sanitário no município de Porto Velho/RO. O estudo envolveu critérios técnicos (precipitação, declividade), ambientais (drenagem, APP, áreas especiais), sociais (áreas populacionais, rodovias), econômicos (tamanho da área, distância do centro gerador de resíduos), entre outros. Foram definidos 8 (oito) polígonos, com áreas de 318 ha à 3.199 ha para implantação do aterro sanitário. Tais áreas dependem ainda, de um detalhamento da vulnerabilidade física, dos aspectos econômico-financeiro e outros que forem necessários por meio de avaliações de campo e análises laboratoriais.

Portanto, a economia de tempo e recursos nessa inspeção de áreas para a localização de aterro sanitário com o uso do Geoprocessamento é considerável. Neste caso, os técnicos especialistas são direcionados ao campo não para levantar problemas, mas para testar locais concretos indicados pela metodologia. A escolha feita fica inteiramente documentada e os critérios adotados nessa escolha são absolutamente reproduzíveis.

O município de Porto Velho possui grande extensão territorial, mas com pouca área passível de utilização para aterro sanitário, devido as áreas especiais, a divisa municipal e estadual com o Amazonas, divisa municipal com o município de Candeias do Jamari, construção das usinas de Santo Antônio e Jirau, e por fim um grande crescimento populacional e por consequência da mancha urbana.

Analisando a questão do aumento da mancha urbana e do tempo mínimo de vida do empreendimento, verificou-se que a criação de um consórcio entre os municípios de Porto Velho, Candeias do Jamari e Itapoã do Oeste é de suma importância, pois Porto Velho esta sem espaço físico para instalação de um aterro sanitário por causa da expansão da mancha urbana e para Candeias do Jamari e Itapoã do Oeste seria economicamente viável, pois todos os seus custos seriam divididos entre os consorciados. Os consórcios públicos formados para viabilizarem a prestação de serviços públicos em resíduos sólidos têm prioridade na obtenção dos incentivos federais.

## Referências

- Albuquerque, P.C.G.(2002) Ensinando cartografia. In RUDORFF, Bernardo Friedrich Theodor. et al. *Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente*. São José dos Campos: INPE, p. 15. Capítulo 10.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas(1997)*NBR 13896. Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação*, São Paulo.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992)*NBR 8419. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos*, São Paulo.

- Barbosa, C.C.F. (1997) *Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento*. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Bovea, M.D., Ibáñez-Flórez, A., Gallardo, A., Colomer-Mendoza, F.J. (2010) Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study. *Waste Management*, **30**, 2383-2395. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X10001492>
- Brasil, Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2015) Execução dos estudos ambientais preliminares, elaboração do projeto básico e executivo completo do aterro sanitário. Termo de referência técnico. Acesso em: 27 jan. 2015, disponível em: [http://www.cidades.gov.br/images/stories/arquivosSNSA/arquivos\\_PDF/15\\_TRProjRSUAterro\\_Completo2010\\_2011.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/arquivosSNSA/arquivos_PDF/15_TRProjRSUAterro_Completo2010_2011.pdf)
- Cunha, E.R.S.P., Oliveira, M.V., Silva, F.R.M. (2001) Utilização da técnica de processo analítico hierárquico (AHP) na avaliação da “favorabilidade” para a prospecção mineral de cromo na região de Pinheiros Altos, município de Piranga, MG, Brasil. *Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, **54**(2), 127-132.
- Guiqin, W., Li, Qin, Guoxue, Li, Lijun, C. (2009) Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. *Journal of Environmental Management*, **90**, 2414-21. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479708003599>
- Jesus, L.S., Fernandes, J.B., Giacheti, H.L. (2013) Investigação da Condutividade Hidráulica dos Solos de uma Área de Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos por Meio de Ensaios de Campo e Laboratório. *Ciência & Engenharia*, **22**(1), 21-28.
- Li, Y., Li, J., Chen S., Diao, W. (2012) Establishing indices for groundwater contamination risk assessment in the vicinity of hazardous waste landfills in China. *Environmental Pollution*, **165**, 77-90. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026974911200005X>
- Melo, A.L.O., Calijuri, M.L., Azevedo, I.C.D.D., Azevedo, R.F., Lorentz, J. (2002) Principais Metodologias para Avaliação e Seleção de Áreas para Aterros Sanitários. *Geotecnia*, **96**, 1-14.
- Moreira, M., A. A., Lorandi, R. E., Moraes, M. E. B. (2008) Caracterização de áreas preferenciais para a instalação de aterros sanitários no município de Descalvado (SP) na escala 1:50.000. *Revista Brasileira de Cartografia* **60**(2), 177 a 194.
- Santos, J.S., Girardi, A.G. (2007) Utilização de geoprocessamento para localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegrete-RS. In: *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, INPE, 5491-5498.
- Sener, S., Sener, E., Nas, B., Karagüzel, R. (2010) Combining AHP with GIS for landfill site selection: A case study in the Lake Beysehir catchment area (Konya, Turkey) *Waste Management*, **30**; 2037-46. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X10003132>
- Silva, J.X., Zaidan, R.T. (2007) *Geoprocessamento & Análise Ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. A. (1993) *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill, 978 p.
- Weber, E., Hasenack, H. (2004) Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário através de análises em SIG com classificação contínua dos dados. In: *Anais do GIS Brasil*.