

# SIG APLICADO À SELEÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS PARA INSTALAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SERRA – ES

Luana Lavagnoli MOREIRA<sup>1</sup>, Dimaghi SCHWAMBACK<sup>2</sup>, Nathalia Ribeiro CORRÊA<sup>3</sup>,  
André Luiz Nascentes COELHO<sup>4</sup>

- (1) Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Av Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, CEP 29075-910, Vitória, Espírito Santo, Brasil. Endereço eletrônico: luana\_lavagnoli@hotmail.com
- (2) Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Av Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, CEP 29075-910, Vitória, Espírito Santo, Brasil. Endereço eletrônico: dimaghis@gmail.com
- (3) Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Av Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, CEP 29075-910, Vitória, Espírito Santo, Brasil. Endereço eletrônico: nathaliacorrea@gmail.com
- (4) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Av Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, CEP 29075-910, Vitória, Espírito Santo, Brasil. Endereço eletrônico: alnc.ufes@gmail.com

## Introdução

### Metodologia

- Caracterização e contextualização da área de estudo
- Cálculo da área necessária para implantação do aterro
- Programa computacional
- Seleção de variáveis
- Procedimentos metodológicos de geoprocessamento

### Resultados e Discussões

- Área necessária para implantação do aterro
- Locais potenciais para implantação do aterro

### Conclusões

### Referências

**RESUMO** - O uso de aterros sanitários é o método mais comum para a eliminação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil. No entanto, determinar a localização de aterros sanitários é um processo difícil e complexo, pois, para tal, devem-se combinar parâmetros sociais, ambientais, econômicos e técnicos, dentre outras questões legais. O objetivo deste artigo foi selecionar áreas potenciais para implantação de um aterro sanitário para o município de Serra, o segundo no *ranking* populacional no estado do Espírito Santo e responsável pela geração mensal de aproximadamente 10 mil toneladas de resíduos sólidos. Para dar suporte à análise dos critérios e para o pré-processamento dos dados, foi utilizado o *Software* ArcGIS 10.2.2 como ferramenta de análise das seguintes variáveis: declividade, hidrografia, proximidade de Unidades de Conservação e mancha urbana. Estes critérios se baseiam na especificação dada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 15849/2010. Foram identificadas quatro áreas em potencial considerando às condições de ventos da região, proximidade com as rodovias locais e com área compatível à demanda de resíduo do município, além de atenderem aos critérios propostos.

**Palavras-chave:** SIG, Aterro sanitário, Seleção de locais, Análise Multi-Criterial.

**ABSTRACT** - The use of landfills is the most common method for the disposition of municipal solid waste (MSW) in Brazil. However, the determination of landfill sites is a difficult and complex process because it involves social, environmental, economic and technical parameters, among other legal issues. The objective of this paper is to identify potential areas for a landfill installation for the county of Serra, which is the second most populated in the state of Espírito Santo (Brazil) and responsible for the monthly generation of approximately 10 tons of urban waste. To support the criteria analysis and the preprocessing of the data, ArcGIS 10.2.2, the main tool to evaluate the following variables were included: slope, hydrography, proximity of protected areas and urban sprawl. These criteria are based on the specification given by the Brazilian Association of Technical Standards - ABNT NBR 15849/2010. Four potential areas were identified in considering the wind conditions, proximity to local highways, and an area compatible to the demand for municipal waste, in addition attending the other criteria proposed.

**Keywords:** GIS, Landfill, Site selection based, Multi-Criteria Decision Analysis.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, é crescente a preocupação com a disposição final adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, principalmente por se tratar de um dos maiores problemas atuais dos centros urbanos, o qual sofre o agravante do crescimento populacional que acarreta no incremento de produção *per capita* de lixo. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística (IBGE) apontam que a produção *per capita* de lixo no Brasil varia de 0,3 a 1,1 Kg/dia e a população brasileira gera 230 mil toneladas de lixo diariamente (CEPAM, 2011 *apud* Silva *et al.*, 2012).

Esta preocupação é corroborada pela Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, a qual institui a Política Nacional de Resíduos

Sólidos que em seu Art. 54. declara que “A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, observado o disposto no § 1º do art. 9º, deverá ser implantada em até 4 (quatro) anos após a data de publicação desta Lei”, ou seja, até 2014 (Brasil, 2010).

Porém, se observada a destinação final dos resíduos, os vazadouros a céu aberto (lixões) constituem o destino final dos resíduos sólidos em 50,8% dos municípios brasileiros, conforme revelou a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2008. Embora este quadro venha se alterando nos últimos 20 anos, sobretudo nas Regiões Sudeste e Sul do País, tal situação se configura como um cenário de destinação inadequado, que exige solução urgente e estrutural para o setor (IBGE, 2010).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15849/2010 especifica os requisitos mínimos para a localização e implantação de aterros sanitários de pequeno porte, para a destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos. Portanto, o tratamento desses requisitos com dados desagregados por meios

tradicionais, requer um tempo considerável e, por vezes, pode não produzir o resultado desejado (Gbanie *et al.*, 2013). Nesse contexto, para superar atrasos e imprecisões, destaca-se o uso da ferramenta de sistema de informações geográficas (SIG) como suporte para o zoneamento de áreas aptas ao recebimento de um aterro sanitário. O SIG vem sendo utilizado como um sistema de gestão de base de dados digitais em estudos contemporâneos, com a vantagem de armazenamento, recuperação e análise de quantidade considerável de dados de várias fontes e ainda, por exibir os resultados com facilidade (Gbanie, *op. cit.*).

Com base no que foi exposto, este artigo se propõe aplicar o SIG como meio de subsidiar a seleção de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no município de Serra, no estado do Espírito Santo, a partir do emprego das seguintes variáveis: declividade; localização das Unidades de Conservação; hidrografia; e proximidade da mancha urbana, avaliando também, a direção dos ventos e proximidade com acessos viários.

## METODOLOGIA

### Caracterização e contextualização da área de estudo

Serra é um município brasileiro do estado do Espírito Santo, limítrofe à capital, situando-se ao norte de Vitória. A sede do município, porém, está mais afastada, ao norte do Monte Mestre Álvaro (grande maciço de origem vulcânica que marca a geografia do município). Abrange uma área de 553,254 Km<sup>2</sup> e com um núcleo populacional de 476.428 habitantes, segundo estimativa de 2014 realizada pelo IBGE e ocupa o posto de segundo município mais populoso do estado que corresponde a 1,2% do território do Espírito Santo. A Figura 1 destaca a região de estudo.

Um estudo realizado pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos da Serra (Visão Ambiental Consultoria, 2013), informa que a geração média mensal de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no município é de 10 mil toneladas e média diária de aproximadamente 330 toneladas com uma geração *per capita* diária de aproximadamente

0,80 Kg/hab./dia, abaixo da média nacional que é de 1,1Kg/hab/dia.

A Prefeitura da Serra, por meio da empresa ENGE URB, realiza coleta dos Resíduos Sólidos Urbanos na modalidade "porta-a-porta". A coleta regular ocorre em todos os bairros e a taxa de cobertura vem crescendo continuamente no município, alcançando quase 100% do total de domicílios da área urbana.

### Cálculo da área necessária para implantação do aterro

Antes de verificar as áreas potenciais para instalação de aterro sanitário, é importante avaliar a área requerida para um aterro sanitário no município de Serra. Os procedimentos para determinação da área territorial do aterro partindo da área do aterro (A), em metros quadrados, é resultado do produto da largura (B) com o comprimento superficial (L), em metros, segundo equação (1).

$$A = L * B \quad (1)$$



Figura 1. Localização do município de Serra, no estado Espírito Santo.

O comprimento superficial do aterro é obtido pela razão do volume do aterro ( $V$ ) pela área transversal ( $A_t$ ), conforme equação (2).

$$L = \frac{V}{A_t} \quad (2)$$

A área transversal é resultado do produto altura útil ( $h$ ) com média da largura da base ( $B_b$ ) e da largura útil ( $B$ ) do aterro, de acordo com equação (3).

$$A_t = \frac{(B_b + B)}{2} h \quad (3)$$

O volume do aterro leva em conta o volume de geração de resíduo diário ( $V_{dia}$ ), a vida útil

do aterro ( $v_{util}$ ) e acrescenta 20% em volume, correspondente à argila de cobertura das camadas de lixo, finalizadas diariamente. Esta relação matemática é expressa pela equação (4).

$$V = 1,2 * (V_{dia} * 365 * v_{util}) \quad (4)$$

O volume diário de resíduos resulta do produto da contribuição *per capita* de resíduo ( $C_{pc}$ ) e do número de habitantes ( $P$ ) no município, dividido pela densidade média do resíduo compactado, segundo equação (5).

$$V_{dia} = \frac{C_{pc} * P}{d} \quad (5)$$

### Programa computacional

O processamento dos dados foi executado pelo *software* de SIG ArcGIS 10.2.2 em sua versão ArcMap, desenvolvido pelo *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), do Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias

(LCGGEO/UFES) e foram ajustados, quando necessário, no sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS 2000, Zona 24 Sul com todo o mapeamento produzido. As bases cartográficas no formato matricial e vetorial (*shapefile*) utilizadas no presente artigo foram:

- Dados topográficos da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) fornecida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Miranda, 2005);
- Rede de drenagem do município de Serra, fornecido pelo Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (Geobases, 2010);
- Traçado das Rodovias/Sistema Rodoviário (IJSN, 2012);
- Polígono da mancha urbana do município de Serra/Área Efetivamente Urbanizada, (IJSN, 2010);
- Limites de Unidades de Conservação do Brasil cedido pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2012);
- Limites Federais e Municipais do estado do Espírito Santo cedido pelo (IJSN, 2013).

### Seleção de variáveis

Os critérios utilizados para avaliação da viabilidade de implantação de aterros sanitários se baseiam na especificação dada pela ABNT NBR 15849/2010, disponibilidade de dados e relevância no processo de avaliação de áreas para instalação de aterros sanitários, de acordo com o Quadro 1.

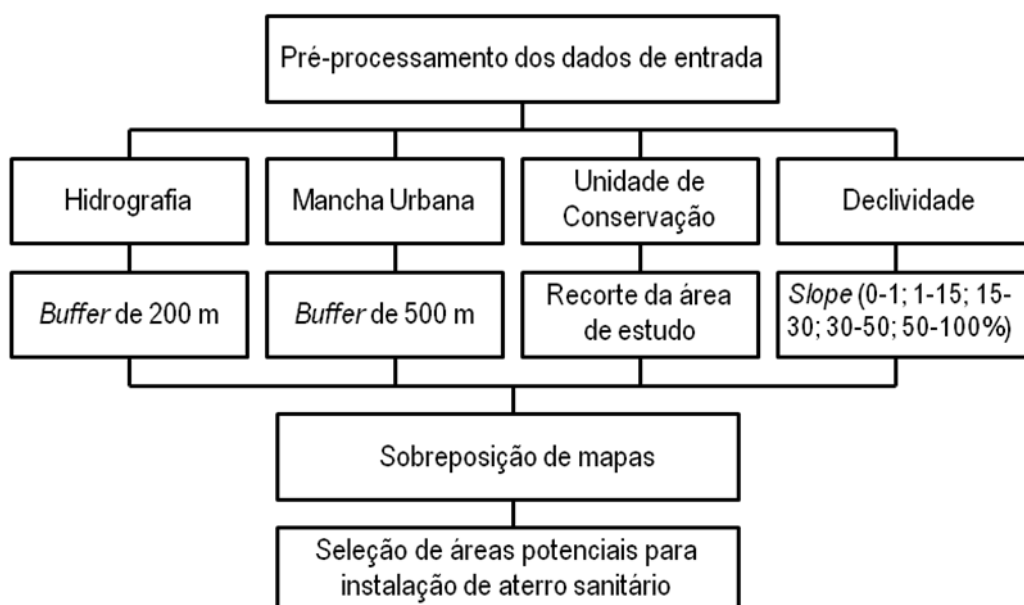
**Quadro 1.** Critérios propostos e suas descrições.

<b>Critério</b>	<b>Descrição</b>
<b>Hidrografia</b>	Deve ser avaliada a possível influência do aterro na qualidade e no uso das águas superficiais e subterrâneas próximas. As áreas não podem se situar a menos de 200 metros de corpos d'água relevantes, tais como, rios, lagos, lagoas e oceano.
<b>Mancha urbana</b>	A norma estabelece uma distância de 500 metros de qualquer núcleo populacional, para evitar prejuízo à qualidade de vida na população, devido ao possível aumento de tráfego de veículos, vetores de doenças e odores.
<b>Unidades de Conservação</b>	As áreas devem estar localizadas numa região fora de qualquer Unidade de Conservação Ambiental.
<b>Declividade</b>	A inclinação do terreno deve ser superior a 1% (para evitar alagamentos em épocas das chuvas) e menor que 30% (para evitar erosão).

### Procedimentos metodológicos de geoprocessamento

A partir da leitura sobre os critérios para a implantação do aterro sanitário, e da disponibilidade de material cartográfico, as

variáveis de entrada que seriam utilizadas passaram por um processo de pré-processamento no ArcGIS 10.2.2 apresentado no diagrama metodológico na Figura 2 e detalhado no Quadro 2.



**Figura 2.** Diagrama metodológico de geoprocessamento.

**Quadro 2.** Critérios e geoprocessamento dos dados.

<b>Critério</b>	<b>Descrição</b>
<b>Hidrografia</b>	Para delimitar as distâncias dos corpos d'água, foi utilizada o <i>shapefile</i> trecho_drenagem do GEOBASES e foram gerados <i>buffers</i> de 200 metros da hidrografia da área de estudo.
<b>Mancha urbana</b>	Com uso do <i>shapefile</i> área urbanizada do IJSN foi possível aplicar um <i>buffer</i> de 500 metros do núcleo populacional central.
<b>Unidades de Conservação</b>	A partir do arquivo <i>shapefile</i> fornecido pelo MMA no qual contém todas as Unidades de Conservação brasileiras federais, estaduais e municipais de Proteção Integral e de Uso Sustentável, recortou a área de estudo.
<b>Declividade</b>	A carta - folha SF-24-V-B proveniente da base de dados da missão SRTM gerou por meio da ferramenta <i>slope</i> o mapa de declividade da área de estudo, a partir da ferramenta <i>reclassify</i> foi possível identificar as áreas com declividades entre 1 a 30%, adequadas à instalação do aterro.

## DISCUSSÕES E RESULTADOS

### Área necessária para implantação do aterro

A partir dos parâmetros listados pela Tabela 1 obteve-se a área necessária para implantação do aterro sanitário.

Adotando aterro sanitário de trincheira (plano à inclinado), altura útil de 6 metros e

taludes laterais 1:1, fixando 140 metros a largura da base, a largura útil na superfície será de 150 metros. Por meio da manipulação desses parâmetros, resultou em área superficial da trincheira igual a 41,2 hectares.

**Tabela 1.** Parâmetros para cálculo da área do aterro sanitário.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Fonte</b>
<b>População estimada para 2014 do município de Serra</b>	476.428 habitantes	IBGE (2014)
<b>Vida útil</b>	10 anos	NBR ABNT 13896 (1997)
<b>Densidade média resíduo compactado</b>	700 Kg/m <sup>3</sup>	CATAPETRA <i>et al.</i> (2005)
<b>Contribuição <i>per capita</i> de resíduo no município de Serra</b>	0,8 Kg/hab.dia	VISÃO AMBIENTAL CONSULTORIA (2013)

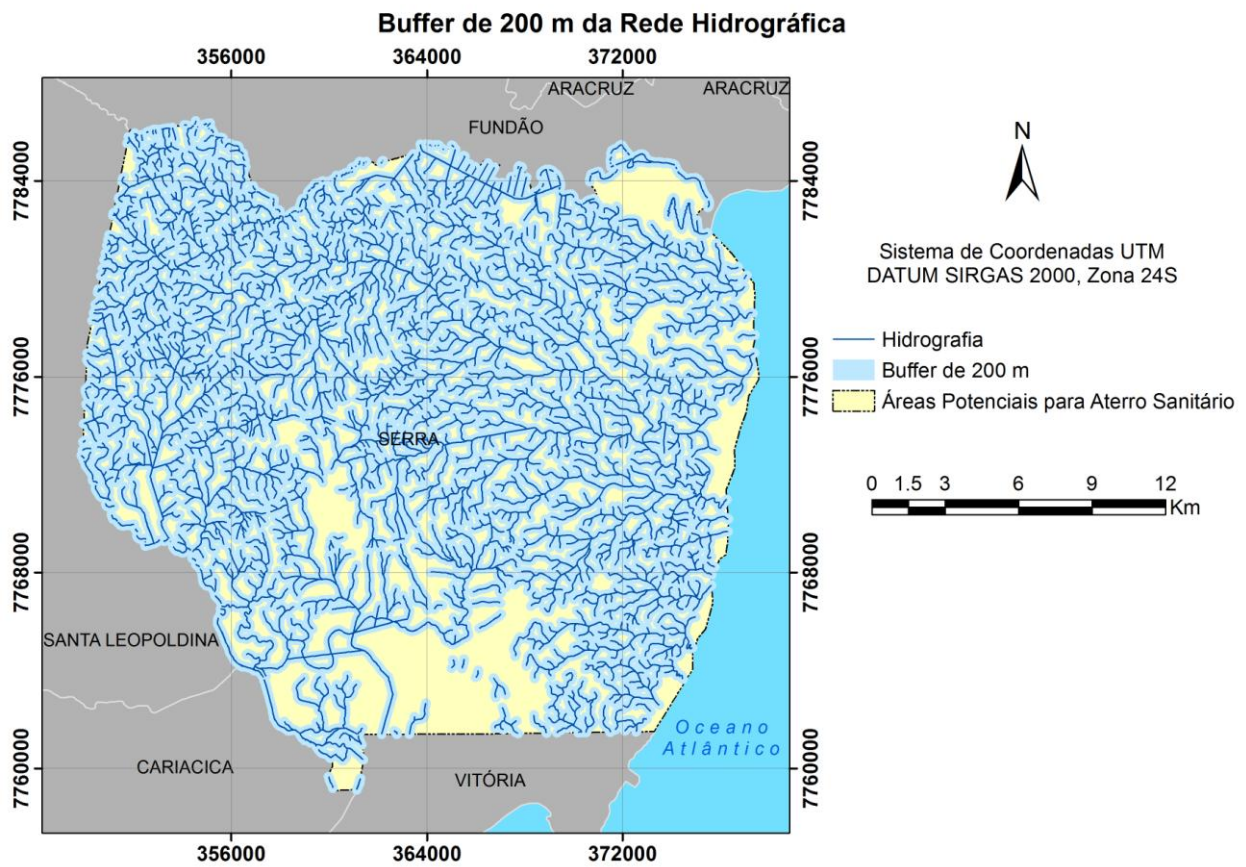
### Locais potenciais para implantação do aterro

De acordo com a revisão de literatura internacional apontada por Dorhofer; Siebert (1998); Gbanie *et al.* (2013); Kontos *et al.* (2005); e Nas *et al.* (2008) a localização de aterros sanitários deve possuir uma distância de qualquer curso d'água prevendo a preservação de sua qualidade devido a eventual contaminação que venha a ocorrer. Assim, a primeira restrição cruza informações de limite municipal e drenagem, a fim de estabelecer uma distância de 200 metros de margem obtendo-se a criação das áreas de proteção permanente. A Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 define que a Área de Preservação Permanente (APP) é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a

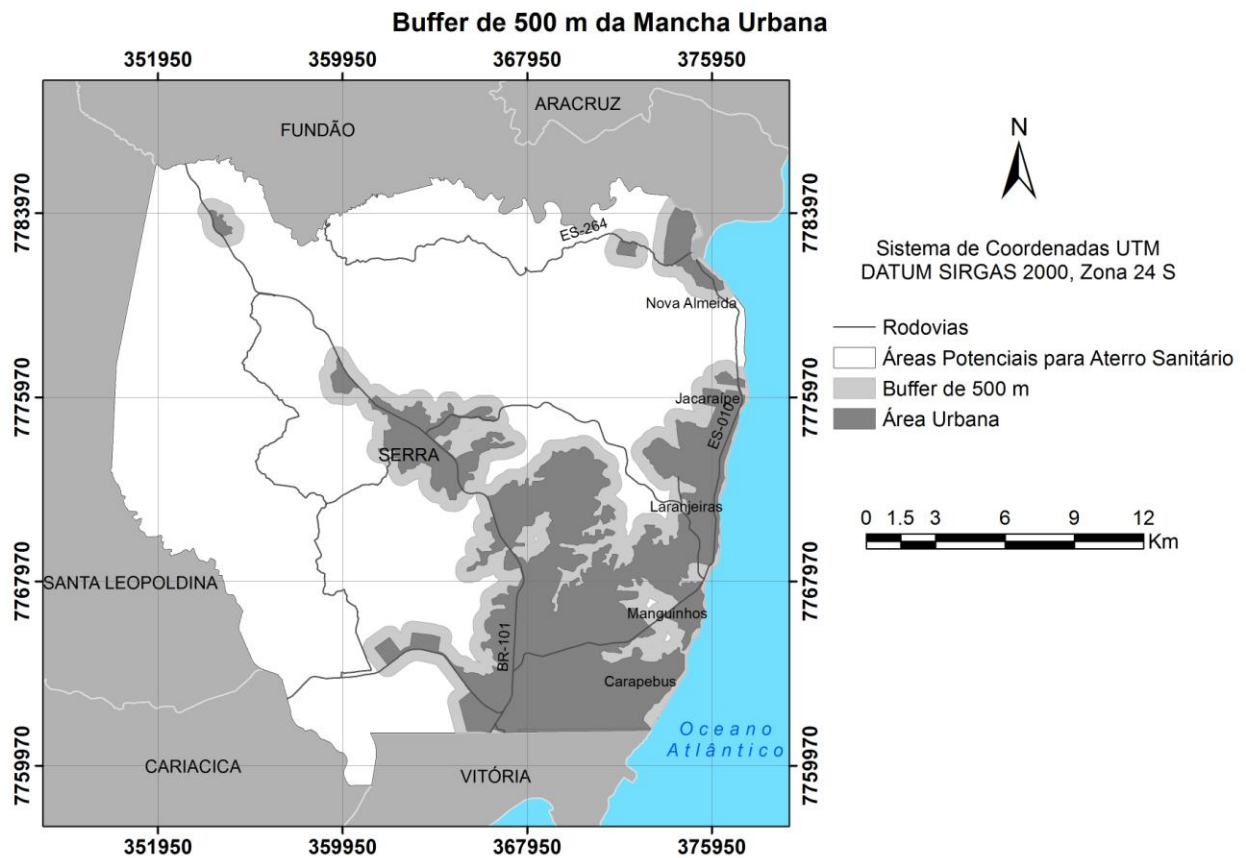
função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Com base nessa definição de APP foi aplicada uma delimitação de 200 metros nos cursos d'água, disposto na Figura 3.

A segunda condicionante restritiva trata-se das áreas de ocupação urbana. Usou-se o critério de distância mínima de 500 metros em relação às áreas urbanas para implantação do aterro. Logo, criaram-se áreas limites que restringem a implantação de aterros em 500 metros das áreas urbanas. O resultado desta restrição aplicada à área de estudo está disposto na Figura 4.





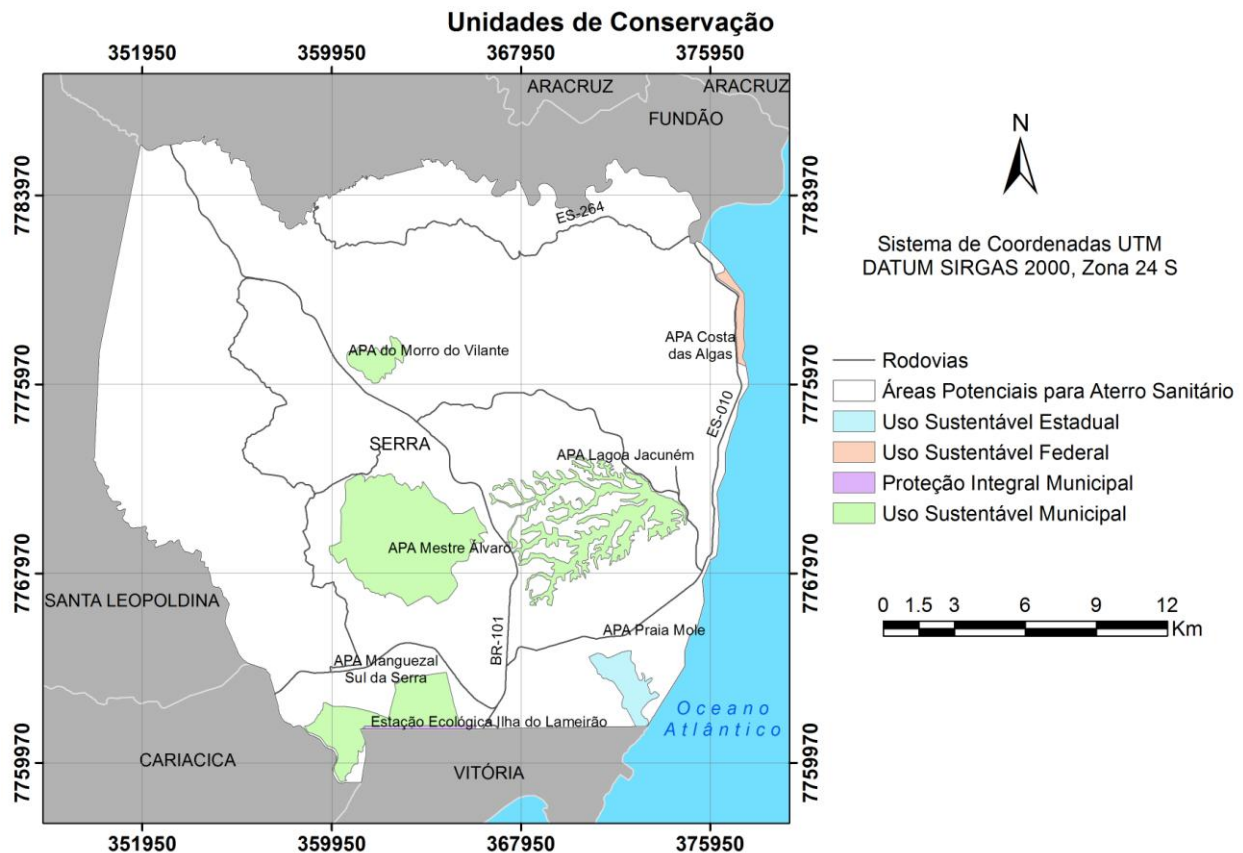
**Figura 3.** Mapa de hidrografia do município de Serra-ES.



**Figura 4.** Mapa da Mancha Urbana do município de Serra-ES.

A terceira restrição de áreas ou variáveis à implementação do empreendimento está associada à existência de Unidades de Conservação, a partir da lógica preservacionista ou conservacionista da tipologia da unidade em questão e da contribuição para a manutenção do equilíbrio ambiental em escala regional para

que possa produzir o maior benefício, em bases sustentáveis, às atuais gerações, mantendo seu potencial de satisfazer as necessidades e aspirações das gerações futuras, e garantindo a sobrevivência dos seres vivos em geral. O resultado desta restrição aplicada à área de estudo está disposto na Figura 5.



**Figura 5.** Mapa de Unidades de conservação do município de Serra-ES.

A Área de Proteção Ambiental do Mestre Álvaro (APAMA) (Figura 6), por exemplo, é uma unidade de conservação que está enquadrada nas áreas prioritárias de conservação do Instituto Brasileiro do Meio

Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (MMA, 2007). Faz parte do Corredor Ecológico Duas Bocas – Mestre Álvaro, juntamente com a Reserva Biológica de Duas Bocas (IPEMA, 2005).



**Figura 6.** Área de Proteção do Mestre Álvaro vista da região do Queimado (Fonte: Portal Tempo Novo, 2015).

A declividade do terreno é parâmetro básico para a construção de um aterro sanitário (KONTOS *et al.*, 2005). Áreas com alta altitude ou alta declividade não são adequadas para a implantação de aterros. Os melhores locais para disposição de resíduos são áreas com altitude média cercada por morros e com não mais do que 30% de declive (Akbari *et al.*, 2008). Guiqin *et al.* (2009) não só destacou o grande custo associado à construção e manutenção de aterros em encostas íngremes, como também observou o risco devido à dificuldade do

escoamento de drenagem se eles estão localizados em uma encosta muito plana. Em outras palavras, os aterros construídos em encostas muito baixas têm um risco devido à possibilidade de alagamento devido ao escoamento superficial tender a ir para regiões planas e posterior contaminação nas proximidades dos corpos d'água e águas subterrâneas. O resultado desta restrição aplicada à área de estudo está disposto na Figura 7.

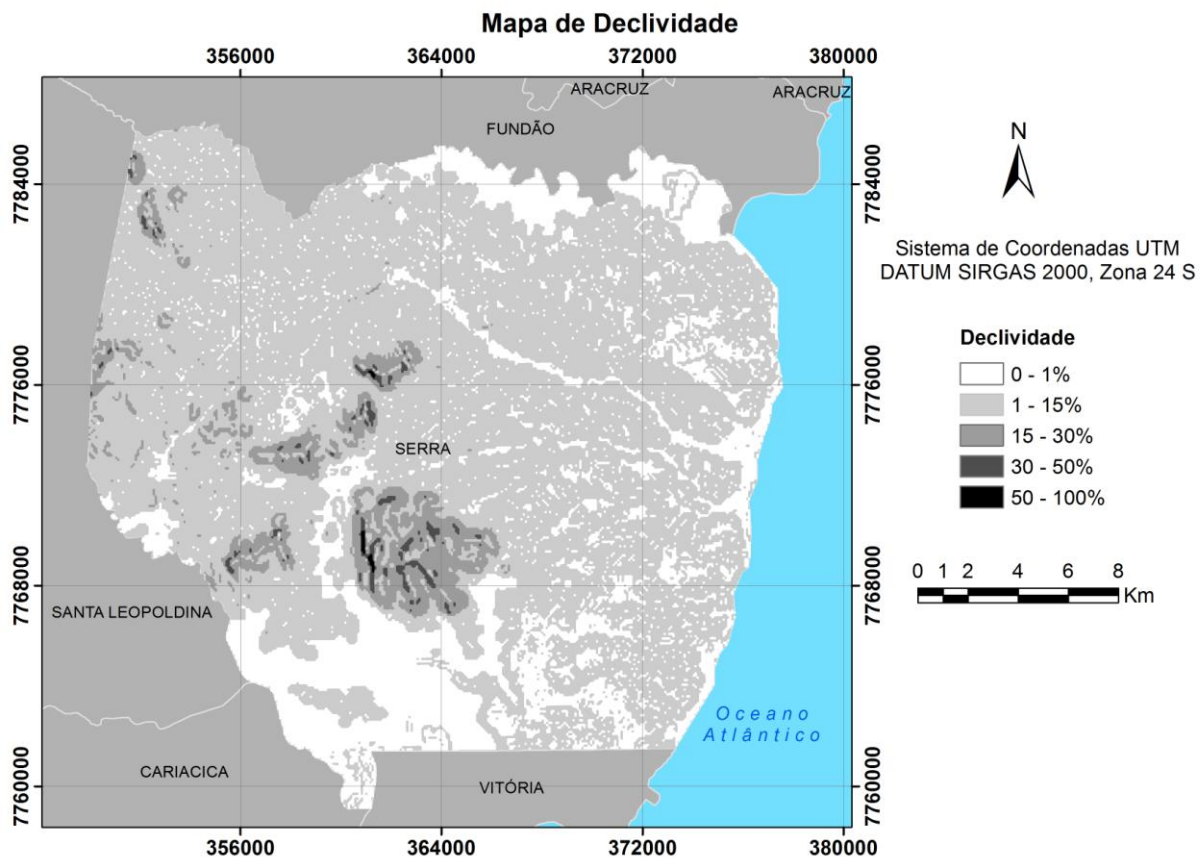


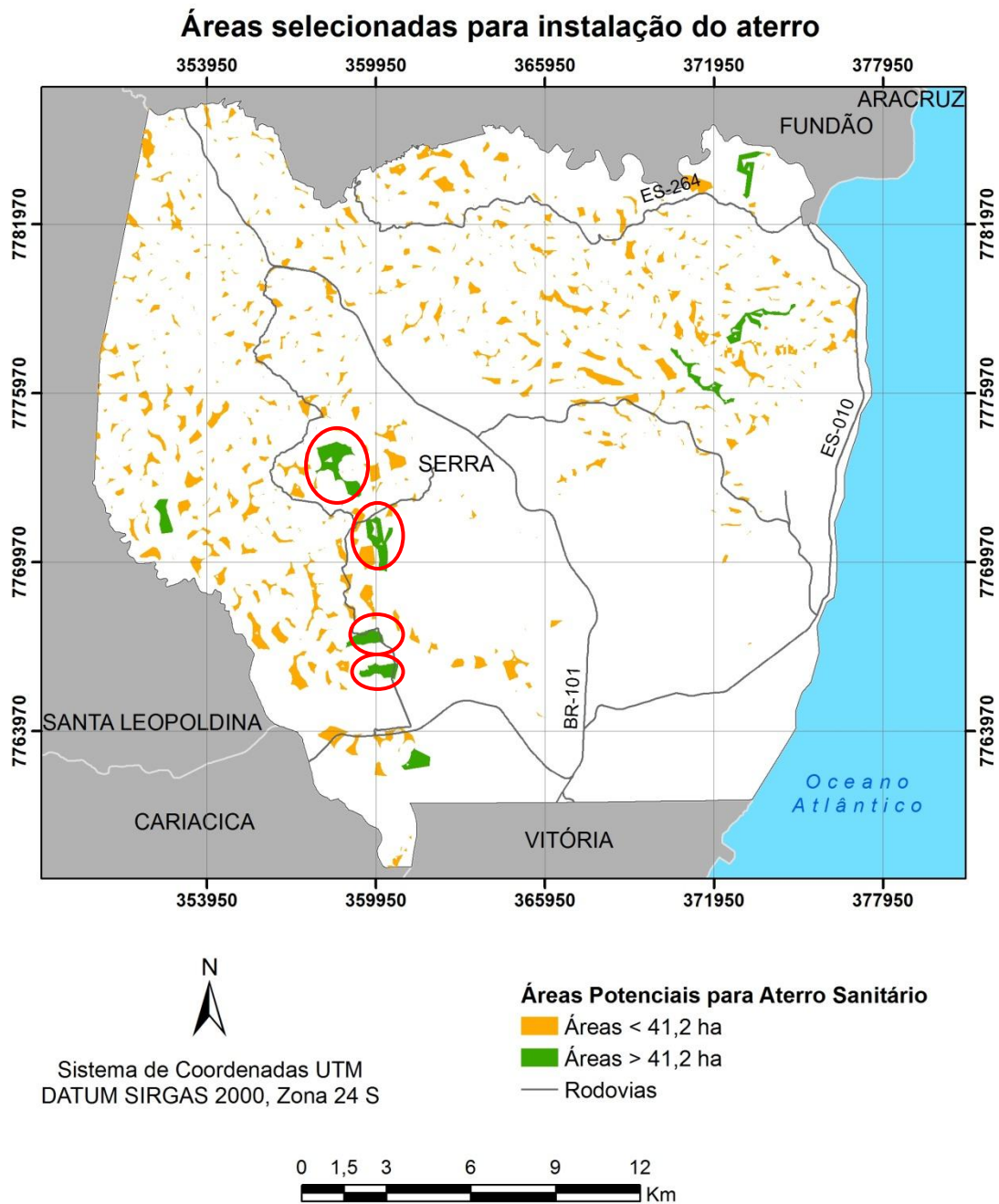
Figura 7. Mapa de declividade do município de Serra-ES.

Aplicados todos os critérios dos condicionantes restritivos obtém-se um resultado de indicação de possíveis áreas à implantação do aterro sanitário no município de Serra, levando em consideração as áreas livres de APP, unidades de conservação, áreas densamente povoadas e proximidades de cursos d'água, identificadas a partir da análise espacial (Figura 8).

Foram avaliados também os fatores direção dos ventos e proximidade com rodovias. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e o Instituto Capixaba de Pesquisa,

Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), os ventos predominantes no estado do Espírito Santo são provenientes do quadrante Nordeste (NE) (Nascimento *et al.*, 2012). Como pode ser observado na Figura 4, a maior concentração urbana encontra-se no quadrante sudeste da região de estudo, dessa forma o vento de nordeste não influenciará na mancha urbana. Isso se torna uma vantagem na medida em que problemas de mau odor, que é vital para o bem-estar da população, poderão ser evitados.





**Figura 8.** Mapa das áreas potenciais para instalação de aterro sanitário após sobreposição dos mapas de áreas impróprias.

As áreas circuladas em vermelho são as mais indicadas para implantação de aterro sanitário em função da área territorial suficiente para o porte de aterro demandado pelo município, as condições de vento da região, e por estarem localizadas próximas às rodovias, o que facilita o transporte de resíduos sólidos para disposição final no aterro sanitário.

Uma questão relevante, quando se trata de utilização de ferramentas computacionais para análises espaciais e ambientais, diz respeito à avaliação da eficiência do método. A

verificação da eficiência no presente estudo de caso foi validado *in loco* averiguando a informação produzida no computador com o mundo real.

Uma avaliação apurada, em campo, das condições de solo e geologia são essenciais para a escolha da melhor alternativa locacional, além da análise social e econômica, com relação às desapropriações e custos de terreno, selecionando áreas próximas às rodovias a fim de facilitar o transporte dos resíduos.

A consideração econômica é um critério importante que sempre desempenhou um papel fundamental na identificação de locais em potencial. Entre os muitos subcritérios, a distância entre o ponto de geração e o aterro é considerada um fator determinante na localização de aterro devido ao custo de transporte dos resíduos. Assim, pesquisadores (Javaheri *et al* 2006) sugerem a criação de um centróide de geração de resíduos para que se escolha o local mais próximo deste ponto, entretanto esse não foi um critério analisado na presente pesquisa mas uma sugestão a ser analisada.

O uso do SIG no apoio a seleção de áreas potenciais à implantação de aterros constituem uma ferramenta poderosa no apoio à decisão, devendo ser acessível ao administrador/tomador de decisões, pois facultam uma percepção da realidade muito além da avaliação subjetiva. Entretanto se tem muito para avançar em sua

disseminação no meio profissional visto que são poucos os profissionais que possuem seu domínio.

Apesar de terem sido identificadas áreas potenciais para implantação de aterro, não se pretendeu neste trabalho esgotar o assunto da determinação de locais apropriados à implantação de aterros sanitários, mas apontar uso de ferramentas de SIG para apoiar tecnicamente essa escolha. Tampouco se sugere que a análise deva se restringir sempre a área do município, visto que muitas vezes não há áreas aptas enquanto os vizinhos as possuem. Pode se citar a atual situação da Região da Grande Vitória onde o aterro privado de Cariacica, município vizinho à capital, recebe os resíduos de diversos municípios do estado do Espírito Santo, mostrando que convém superar empecilhos políticos e analisar o território de vários municípios a fim de determinar o local mais adequado.

## CONCLUSÕES

Corroborou-se a importância de um estudo aprofundado e aplicado para a verificação de áreas adequadas para a instalação de um aterro sanitário, visto a complexidade das variáveis ambientais, sociais e econômicas atribuídas a um projeto desta magnitude.

A abordagem metodológica adotada possibilitou limitar o número de áreas a serem analisadas, trata-se de uma análise muito útil para auxiliar e orientar a tomada de decisão em empreendimentos que afetam o meio ambiente, pois o processo de ponderação, além de permitir a análise entre as variáveis consideradas, possibilita gerar vários cenários para o mesmo, auxiliando na conclusão de quais as alternativas mais adequadas do ponto de vista ambiental, operacional e socioeconômico.

Quatro áreas principais foram destacadas como sendo potenciais locais de instalação de aterros sanitários no município de Serra, em função dos critérios de restrição apontados pela ABNT NBR 15849 (2010), além da área demandada considerando a quantidade de resíduos sólidos gerados no município, as condições dos ventos da região e à proximidade de rodovias a fim de facilitar o transporte dos resíduos.

Vale-se ressaltar que estudos mais abrangentes a cerca de novos critérios possam ser implementados em estudos futuros, como forma de ratificar a escolha dessas áreas. Portanto, como proposição à continuação da pesquisa, sugere-se a consideração de mais variáveis ambientais bem como consideração de variáveis econômicas.

## REFERÊNCIAS

1. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15849/2010 – Resíduos Sólidos Urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro, ABNT, 2010.
2. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13896/1997 – Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, ABNT, 1997.
3. AKBARI, V., RAJABI, M.A., CHAVOSHI, S.H., SHAMS, R.. Landfill site selection by combining GIS and fuzzy multi criteria decision analysis, case study: BandarAbbas, Iran. **World Applied Sciences Journal**3, 39–47, 2008.
4. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 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. **Diário Oficial [da] República Federativa**

- do Brasil. Disponível em: <http://www.in.gov.br>. Acesso em: 20 fev. 2014.
5. BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Define a Área de Preservação Permanente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://www.in.gov.br>. Acesso em: 20 fev. 2014.
  6. CATAPRETA, C. A. A.; SIMÕES, G. F.; BARROS, R. T. V. **Avaliação da densidade de Resíduos Sólidos Urbanos dispostos em um aterro experimental**. 2005. Arquivo disponível pela Biblioteca virtual de desarrollosostenible y salud ambiental.
  7. DORHOFER, G., SIEBERT, H, The search for landfill sites – requirements and implementation in Lower Saxony, Germany. **Environmental Geology** 35 (1), 55–65, 1998.
  8. GBANIE et al. Modelling landfill location using Geographic Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA): Case study Bo, Southern Sierra Leone, **Applied Geography** 36, pag. 3-12, 2013.
  9. GEOBASES - Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo, Base Cartográfica (shapefile), **Curso d`água**, 2010.
  10. GUIQIN, W., LI, Q., GUOXUE, L., & LIJUN, C. Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: a case study in Beijing, China. **Journal of Environmental Management**, 90(8), 2414 e 2421, 2009.
  11. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas de população de 2014 publicadas no D.O.U em 28 de agosto de 2014**.
  12. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf). Acesso em: 20 fev. de 2014.
  13. IJSN - Instituto Jones dos Santos Neves, Base Cartográfica (shapefile), **Sistema Rodoviário do ES**, 2012.
  14. IJSN - Instituto Jones dos Santos Neves, Base Cartográfica (shapefile), **Limite Estadual e Federal**, 2013.
  15. IJSN - Instituto Jones dos Santos Neves, Base Cartográfica (shapefile), **Área Efetivamente Urbanizada do ES**, 2010.
  16. IPEMA – Instituto de Pesquisa da Mata Atlântica. 2005. Conservação da Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo: **cobertura florestal e unidades de conservação**. Conservação Internacional do Brasil & IPEMA, Vitória, 112 p.
  17. JAVAHERI, H., NASRABADI, T., JAFARIAN, M. H., ROWSHAN, G. R., & KHOSHNAM, H. Site selection of municipal solid waste landfill using analytical hierarchy process method in a geographical information technology environment in Giroft. **Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering**, 3(3), 177 e 184, 2006.
  18. KONTOS, T.D., KOMILIS, D.P., HALVADAKIS, C.P. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. **Waste Management** 25, 818–832, 2005.
  19. MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 20 fev. 2015.
  20. MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2007. **Instrução normativa nº 09, 23** de janeiro de 2007.
  21. MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2007. Base Cartográfica (shapefile), **Limite de UCs**, 2012.
  22. NAS, B., KARABORK, H., EKERCIN, S., BERKTAY, A. Mapping chlorophyll-a through in-situ measurements and Terra ASTER satellite data. **Environmental Monitoring Assessment** 157 (1–4), 375–382, 2008.
  23. NASCIMENTO, F., SARAIVA, A., COELHO, A., CORREA, W. Espacialização e análise das temperaturas e precipitações médias anuais do Espírito Santo com o uso de Geotecnologias. A climatologia e as novas tecnologias. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.1328 – 1338, 2012.
  24. PORTAL TEMPO NOVO (Serra). **Município quer apertar o cerco contra degradação do Mestre Álvaro**. Disponível em: <http://www.portalteponovo.com.br/municipio-quer-apertar-o-cerco-contra-degradacao-do-mestre-alvaro/>. Acesso em: 10 jan. 2015.
  25. SILVA, P. C. S., SILVA, N. L. S., FEIDEN, A., ZONIN, W. J., MROZINSKI, C. R., CLOSS, M. Estudo da viabilidade econômica do destino final do lixo urbano de Marechal Cândido Rondon, PR. **Revista Varia Scientia Agrária**, V.02, N.02, p.119 – 133, 2012.
  26. VISÃO AMBIENTAL CONSULTORIA. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos da serra – PMGIRS**. Serra, 2013.

*Manuscrito recebido em: 22 de Maio de 2015  
Revisado e Aceito em: 29 de Agosto de 2016*