Estudo Preliminar para Implantação de Projeto Modelo de Aterro Sanitário no Município de Volta Redonda

Aline Cristina Costa Gomes
aline@leonardoimoveis.com.br
UniFOA

THALES DE SOUZA SILVA
thales.civil@gmail.com
UniFOA

JACQUELINE IGNÁCIO MACHADO
eu.pqna@gmail.com
UniFOA

ANDREANE NOGUEIRA DOS SANTOS
andreane_ns@yahoo.com.br
UniFOA

Resumo: Diante da necessidade de adequação do município de Volta Redonda à Lei Federal nº 12.305/10 de Política Nacional de Resíduos Sólidos, surgiu o interesse em investigar a possibilidade de construir um aterro sanitário no município, levando-se em conta seus problemas como pequeno território, grande quantidade de córregos e rios. Inicialmente necessitou-se dimensionar a população de projeto, calcular a sua produção per capta de resíduos, levando-se em conta uma vida útil de 20 anos para o aterro sanitário. Estes dados possibilitaram o cálculo do volume acumulado de RSU que será disposto no aterro até o seu encerramento. A partir da identificação de área disponível para uso, conforme macrozoneamento do Plano Diretor municipal, observou-se os distanciamentos de 500 m de núcleos urbanos, de 200 m de cursos d´água relevantes, ambos definido pela NBR 13.896/97, e o raio de 20 km de aeroportos, conforme Resolução CONAMA 4/95. Delimitando-se a área utilizada no estudo de caso, onde analisou-se sua planialtimetria com seus perfis longitudinal e transversal, para escolha dos métodos de preparo do aterro sanitário, ao final, dimensionou-se uma primeira célula de aterro, para iniciar a atividade. Apenas o distanciamento de aeroportos não foi adequado à legislação pertinente, merecendo futuros estudos acerca do tema.

Palavras Chave: Aterro Sanitário - RSU - Disposição - Ambientalmente - Adequadas

1. INTRODUÇÃO

No Brasil a preocupação com o meio ambiente e consequentemente com a destinação adequada do lixo gerou por parte do poder público dentre outras a lei federal número 12.305/10, que dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS.

Segundo o art. 10 desta Lei de PNRS, cabe ao Distrito Federal e aos Municípios, a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios. Para tanto, devem elaborar um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS, cujo conteúdo mínimo constante dos incisos do art. 19 da mesma lei, insere a identificação de áreas favoráveis para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, observado o plano diretor do município.

Diante disto, os municípios passaram a desenvolver projetos para atender os dispositivos legais, e, por isso, o município de Volta Redonda está em processo de elaboração de seu PMGIRS, fase inicial, onde o plano de trabalho foi apresentado em fevereiro de 2014, prevendo a identificação de áreas de disposição ambientalmente adequadas de rejeitos, contido no item xiv, atividade 5, etapa 3 (BRASIL, PMVR, 2014).

No art. 76 do Plano Diretor do Município de Volta Redonda também é prevista a destinação de nova área adequada, para a construção de uma Central de Tratamento de Resíduos (BRASIL, PMVR, 2008).

Atualmente, conforme publicação do jornal Foco Regional, o lixo recolhido no município, que chega a 180 t/dia, é destinado à Central de Tratamento de Resíduos (CTR) de Barra Mansa, localizado à 23 km do centro de Volta Redonda, a um custo de R$42,00 por tonelada, excluindo-se os gastos com recolhimento e transporte, sendo que R$20,00 é subsidiado pelo Governo Estadual (REGIONAL, 2014).

É clara a necessidade do município de Volta Redonda/RJ em adequar-se as normas atuais, visto que a cidade é uma das maiores produtoras de resíduos sólidos urbano da região, por isso, o ideal seria sua autossuficiência quanto à destinação adequada destes.

Após a análise deste contexto definiu-se o objetivo do presente trabalho que é desenvolver um estudo preliminar de um projeto de aterro sanitário no município de Volta Redonda/RJ, a fim de contribuir com a nova discussão associada às técnicas de engenharia sobre o assunto que tem fomentado a opinião pública.

Para tanto, realizou-se uma extensa pesquisa bibliográfica e estudo da legislação pertinente ao tema para adequação do projeto.

Quanto ao estudo de caso necessitou-se dimensionar a população de projeto, tendo como base as pesquisas realizadas no passado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), calcular a produção *per capta* de resíduos no município e a vida útil do Aterro Sanitário adotada em 20 (vinte) anos.

Estes dados possibilitaram o cálculo do volume acumulado de resíduo sólido que será disposto no aterro até o seu encerramento.

A partir da identificação de área total disponível para uso, conforme macrozoneamento do Plano Diretor do município de Volta Redonda passou-se a observar a distância de 500 m de

núcleos urbanos em conformidade com a NBR 13.896/97, sendo que esta medida foi tomada a partir da última residência do aglomerado próximo à zona estudada.

Em seguida demarcar o distanciamento de 200 m de cursos d'água relevantes, também definido pela NBR 13.896/97. E, ainda, observar a Resolução CONAMA 4/95 que delimita a Área de Segurança Aeroportuária, com raio de 20 km para aeroportos, em seu artigo 1º. A motivação destes limites para a ASA estão dispostos no art. 2º da mesma resolução, não permitindo a implantação de atividades de natureza perigosa, entendidas como "foco de atração de pássaros" nesta área.

A partir do recolhimento de todo este estudo será possível delimitar a área, e assim, traçar o perfil longitudinal e o perfil transversal, para em seguida definir os métodos de preparo que serão utilizados e dimensionar uma primeira célula do aterro sanitário.

2. ESTUDO DE CASO

2.1. POPULAÇÃO DE PROJETO

Para determinação da população atual adotou-se a expressão geral que define o crescimento de uma população ao longo dos anos (MEDEIROS FILHO, 2009):

$$P = P_0 + (N - M) + (I - E) \qquad \text{Eq. 1}$$

Na Eq. 1, P é a população após um determinado número de anos, P_0 a população inicial, N o número de nascimentos, M o número de mortes, I imigrantes e E emigrantes.

Dado o fenômeno como de grande complexidade, esta equação não é usualmente utilizada, visto que elementos econômicos, políticos e sociais interferem diretamente no aumento ou diminuição dessa população. Para solucionar este problema várias teorias têm sido utilizadas com o objetivo de obter respostas fundamentadas.

Para controle destes fatores Medeiros (2009) dispõe de três fases distintas:

1ª fase - crescimento rápido quando a população é pequena em relação aos recursos regionais;

2ª fase - crescimento linear em virtude de uma relação menos favorável entre os recursos econômicos e a população;

3ª fase - taxa de crescimento decrescente com o núcleo urbano aproximando-se do limite de saturação, tendo em vista a redução dos recursos e da área de expansão.

No caso do município de Volta Redonda o aumento da população é decrescente ao longo dos anos, conforme descrito na 3ª fase do estudo de Medeiros (2009):

$$P_e = \frac{P_s}{1 + e^{a+b.\Delta t}} \qquad \text{Eq. 2}$$

São dados necessários para utilizar a Eq. 2 três censos anteriores, neste caso, utilizou-se os censos demográficos realizados IBGE, dos anos de 1991, 2000 e 2010 para o município de Volta Redonda, valores demonstrados no quadro 1, a seguir:

Quadro 1: Censo Demográfico

Ano	Volta Redonda	Rio de Janeiro	Brasil
1991	220.305	12.807.706	146.825.475
2000	242.063	14.391.282	169.799.170
2010	257.803	15.989.929	190.755.799

Fonte: IBGE: Censo Demográfico 1991, Censo Demográfico 2000 e Censo Demográfico 2010.

Utilizando os censos citados anteriormente, foi possível calcular a População de Saturação, População Efetiva e as variáveis “a” e “b”. Utilizando o software Exccel (2007) se deu todo o cálculo de previsão de população disposto no Anexo I.

Quadro 2: Cálculo de População Efetiva

Determinação da População de Saturação	
Ps =	288.1328,62
Determinação da variável “a”	
a =	-1,177954976
Determinação da variável “b”	
b =	-0,053439893
Determinação da População Efetiva	
$P_e = \frac{P_s}{1 + e^{a+b.\Delta t}}$	
Pe =	254.777,32

Fonte: Medeiros Filho (2009).

O cálculo da previsão de população para os próximos vinte anos no município de Volta Redonda resultou na planilha a seguir.

2.2. VIDA ÚTIL DO ATERRO SANITÁRIO

A previsão mínima de vida útil estabelecida pela NBR 13.896/97, alínea “f”, do item 4.1.1, para um aterro sanitário, é de 10 anos. No entanto, considerou-se o porte e a dificuldade imposta para o empreendimento, e o conhecimento da vida útil de outros aterros como, por exemplo, o localizado no município de Barra Mansa, que é de 27 anos, e o localizado no município de Seropédica, que é de 20 anos. Diante desta ponderação determinou-se para os cálculos do aterro sanitário em estudo uma vida útil de 20 anos.

2.3 CÁLCULO DE VOLUME DE RSU

Com base na previsão de crescimento da população no município de Volta Redonda (Anexo I), foi calculado o volume anual e acumulado de resíduos produzido para os próximos vinte anos, no Quadro 3 pode-se visualizar um resumo dos dados obtidos.

Quadro 3: Cálculo de Volume Acumulado

Ano	Habitantes	Per Capita (%)	Tonelada Dia	Tonelada Ano	Vol. Anual (m^3/ano)	Vol. Acum. + Solo de Cob. (m^3+%)
2015	265.469,84	0,8	212,376	77.517,193	96.896,491	125.965,438
2025	274.407,00	0,8	219,526	80.126,845	100.158,556	1.410.574,663
2034	279.492,55	0,8	223,594	81.611,824	102.014,780	2.595.286,441

Fonte: Própria autoria.

A quantificação da geração de resíduos sólidos urbanos é baseada em índices relacionados ao número de habitantes atendidos pelo sistema de coleta e ao volume de resíduos gerados, materializando a denominada produção per capita de resíduo. Esta produção representa a quantidade de resíduos sólidos gerada por habitantes em um período de tempo específico, pode ser expressa em kg/hab.dia ou g/hab.dia ou l/hab.dia.

Para alcançar o volume de resíduos acumulado no final de 20 anos de aterro sanitário foi necessário calcular a geração per capita de lixo, atendimento de coleta e peso específico dos resíduos compactados no aterro.

Segundo pesquisa do ano de 2003, realizada pelo Ministério das Cidades, apud Boscov (2008), a geração diária de resíduos sólidos urbanos no Brasil é de 0,74 kg/hab.dia. E varia entre 0,8 e 1,2 kg/hab.dia nas cidades com mais de 200.000 habitantes, como é o caso do município analisado.

Adotou-se o valor de 0,8 kg/hab.dia, uma vez que a quantidade de habitantes no município em estudo está pouco acima 200.000.

Diante disto e com base nos dados populacionais fornecidos pelo IBGE, anteriormente citados, em 2010 o município de Volta Redonda produziu cerca de 206,24 toneladas de lixo por dia, chegando a mais de 6.187 toneladas ao mês.

Conforme estudos de Obladen (2014), o peso específico do lixo pode variar entre 350 kg/m³ à 900 kg/m³. Com base neste estudo atingiu-se, assim, um peso específico para o cálculo deste projeto de 0,8 t/m³.

Outro elemento aplicado é cobertura com solo utilizado para o cobrimento do RSU no aterro sanitário. Na bibliografia anteriormente citada esta camada de solo varia entre 20% à 30% da camada de resíduo, adotou-se para os cálculos o valor de 30%.

O solo da cobertura pode ser retirado de jazidas localizadas no próprio terreno onde será implantado o aterro sanitário, planificando elevações, ou adquirido em outras jazidas próximas ao local do aterro.

Diante dos cálculos instituídos determinou-se o volume acumulado de RSU adicionado a cobertura de solo de 2.595.286,4 m³.

2.4. IDENTIFICAÇÃO DE ÁREA DISPONÍVEL

O macrozoneamento disposto na Lei nº. 4.441/2008, possibilita a visualização das zonas onde existem áreas disponíveis para implantação de um aterro sanitário.

As zonas onde é possível tal implantação são: Zona de Expansão Urbana (ZEU), mais especificamente a área localizada a leste do território do município e Zona Rural (ZR), especificando a área mais a noroeste do território do município.

A ZEU localizada à leste do município, foi a zona escolhida para o estudo, por estar situada próxima à Rodovia do contorno, nela foi verificada a distância mínima de 500 m dos núcleos urbanos conforme indicado anteriormente, a ferramenta utilizada para esta análise foi Google Earth (2014), onde cada linha indica a distância mínima imposta pela norma. A Figura 1 demonstra o distanciamento das residências e a área delimitada para o estudo.

Figura 1: Distanciamento de 500m das residências
Fonte: Google Earth, 2014

Outro distanciamento importante de ser observado é o de 200 m de cursos d'água relevantes, os quais podem ser visualizados pela Figura 3 a seguir que contempla todos os córregos existentes no município de Volta Redonda, destacado no mapa da Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul desenvolvido pela Empresa GEOPEA – DIMAM e pelo INEA, em dezembro de 2011, retirado no site do Comitê Médio Paraíba do Sul.

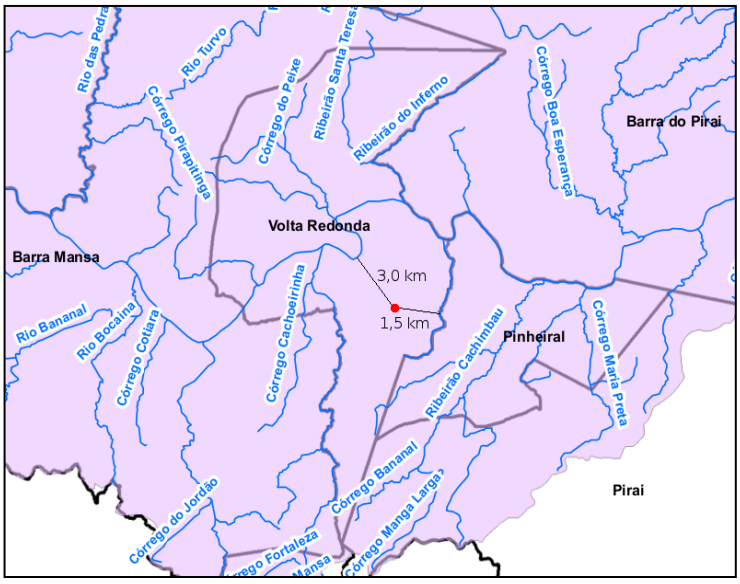

Figura 2: Distanciamento de cursos d'água relevantes.
Fonte: http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abastec3.htm

Os limites estabelecidos na norma até então analisados foram atendidos, devendo, então, ser analisado o limite de 20 km do aeroporto regional com projeto em fase de aprovação pelos órgãos competentes.

Identificada a localização do aeroporto regional no macrozoneamento do Plano Diretor de Volta Redonda, foi possível a sua marcação no mapa através da ferramenta Google Earth (2014), onde mediu-se a distância do mesmo até o local em estudo, Figura 3:

Figura 3: Distanciamento do aeroporto regional
Fonte: Google Earth, 2014

Na Figura 4 também pode ser observada a localização da CRT do município de Barra Mansa distante 14,4 km do futuro aeroporto regional. Partindo deste precedente admitir-se-á a viabilidade do local escolhido que fica à 11,7 km do mesmo aeroporto.

Com isso, pode-se identificar uma provável área nas proximidades da Latitude 22º30'34,46”S, Longitude 44º2'40,45”O, cujo acesso se fará pela Rodovia do Contorno.

O local em estudo é de fácil acesso, podendo ser feito através da Rodovia Lúcio Meira (BR-393), próximo ao km 285 sentido norte, para a Av. Paulo Erlei Alves Abrantes e assim entrar na Rodovia do Contorno, ou pela Rodovia Tancredo Neves (Rod. dos Metalúrgicos) próximo à entrada do bairro Vila Rica.

A partir desta identificação é importante demarcar a distância do local em estudo ao centro de coleta, que para o caso, mediu-se a partir do centro do município de Volta Redonda, mais especificamente da Av. Amaral Peixoto. A distância encontrada é de 5 km conforme demonstra a Figura 4.

Figura 4: Distância entre centro da cidade e o aterro sanitário
Fonte: Google Earth, 2014

2.5. ESTUDO PLANIALTIMÉTRICO

A área disponível para o projeto totaliza 881.432 m² ou 88,14 ha. Por motivos de viabilidade a análise topográfica foi realizada utilizando-se a ferramenta Google Earth (2014).

O perímetro do local analisado perfaz um total de 4.667m.

Com auxílio destes levantamentos foram traçados o perfil longitudinal e o perfil transversal para a realização da análise da declividade do terreno.

Partindo do ponto A de coordenadas 22º 30' 53,94" S de latitude e 44º 2' 40,60" O de longitude, terminando no ponto D de coordenadas latitudinais 22º 30' 33,76" S e longitudinais 44º 2' 06,95" O, determinou-se a linha longitudinal. Também se fez necessário o traçado da linha transversal que partiu do ponto B de coordenadas 22º 30' 34,57" S e 44º 2' 40,60" latitudinal e longitudinal sequencialmente e terminou no ponto D de coordenadas conhecidas anteriormente, demonstrada na Figura 5:

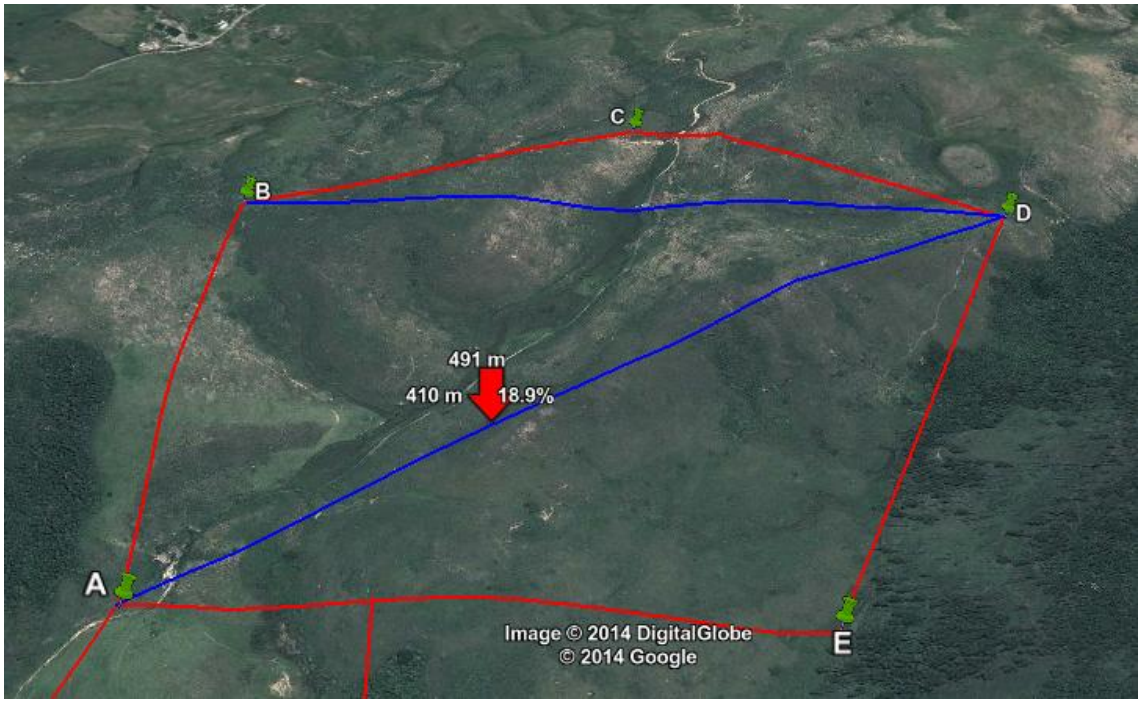

Figura 5: Demarcação da linha longitudinal e linha transversal.
Fonte: Google Earth, 2014

Com a demarcação da linha longitudinal traçou-se o perfil longitudinal demonstrado a seguir pela Figura 6:

Figura6: Perfil Longitudinal.
Fonte: Google Earth, 2014

O resultado obtido com a análise do perfil longitudinal para declividade, definida como sendo a diferença de altitude dividida pela distância, é de 4,0% e está dentro dos parâmetros indicados na NBR 13.896/97.

Com a análise do perfil transversal demonstrado na Figura 7, e utilizando o mesmo preceito definido anteriormente, obteve-se para a declividade de 4,8%.

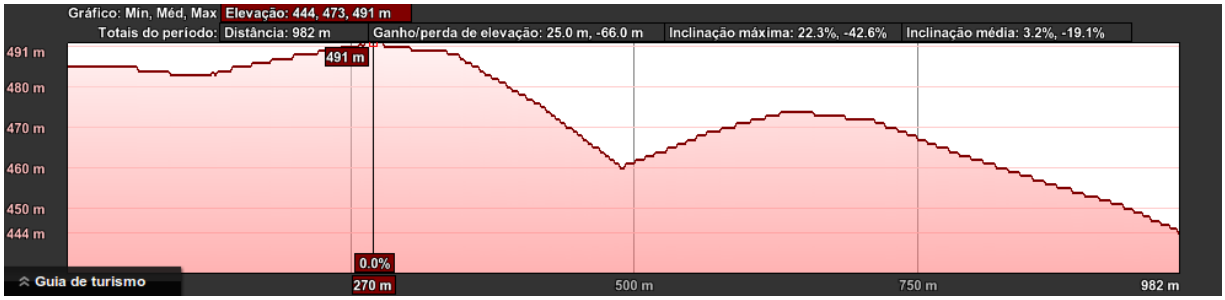

Figura 7: Perfil transversal.
Fonte: Google Earth, 2014

Resultado que também respeita os padrões indicados pela norma supracitada.

2.6. SONDAGEM

Para efeito de investigação do terreno, utilizou-se a sondagem realizada por empresa mobilizada nas proximidades do local apontado.

Nesta sondagem foram executados 2 (dois) furos de sondagem mista com circulação de água e protegidos por revestimento BW (ABGE) , resultando em um total de 18,55m (dezoito metros e cinquenta e cinco centímetros) perfurados com índice SPT (sondagem à percussão), 11,45m (onze metros e quarenta cinco centímetros) perfurados com sonda rotativa.

Com base nesse diagnóstico a área pode ser definida por ter um solo argilo arenoso, com a presença de pedregulhos finos.

2.7. ESCOLHA DO MÉTODO DE PREPARO DO ATERRO SANITÁRIO

O parâmetro para a escolha do método de preparo do aterro sanitário será baseado na topografia do local em análise, levando-se em conta, ainda, a falta de dados sobre o seu lençol freático.

Conforme orientação de Guimarães (2000) deve-se considerar as características físicas e geográficas da área, sendo assim, a escolha do método deve ser baseada nas condições iniciais do terreno analisado, isto será importante até mesmo para o aspecto econômico do empreendimento, visto que utilizando a técnica adequada às condições iniciais, mais rapidamente terá início a disposição dos resíduos.

Diante disto, será excluído o método das trincheiras ou valas, uma vez que este tipo de aterro é realizado em terreno plano ou pouco inclinado para a sua construção, e, ainda, necessita que o lençol freático tenha grande profundidade, sendo assim, por falta de dados, considerou-se neste estudo que o nível do lençol freático é raso.

Observando a topografia da área de estudo encontrou-se as características de um vale, por isso, é indicado iniciar os trabalhos no aterro utilizando-se o método da rampa, construindo a primeira célula na face da elevação localizada entre os pontos “f”, “g” e “h”, com latitude e longitude no Quadro 4:

Quadro 4: Longitude e latitude da 1ª célula

Ponto f	Latitude 22º 30' 45" S
	Longitude 44º 2' 40" O
Ponto g	Latitude 22º 30' 37" S
	Longitude 44º 2' 40" O
Ponto h	Latitude 22º 30' 46" S
	Longitude 44º 2' 33" O

A área onde se propõe a localização da célula inicial do aterro sanitário pode ser identificada na Figura 8:

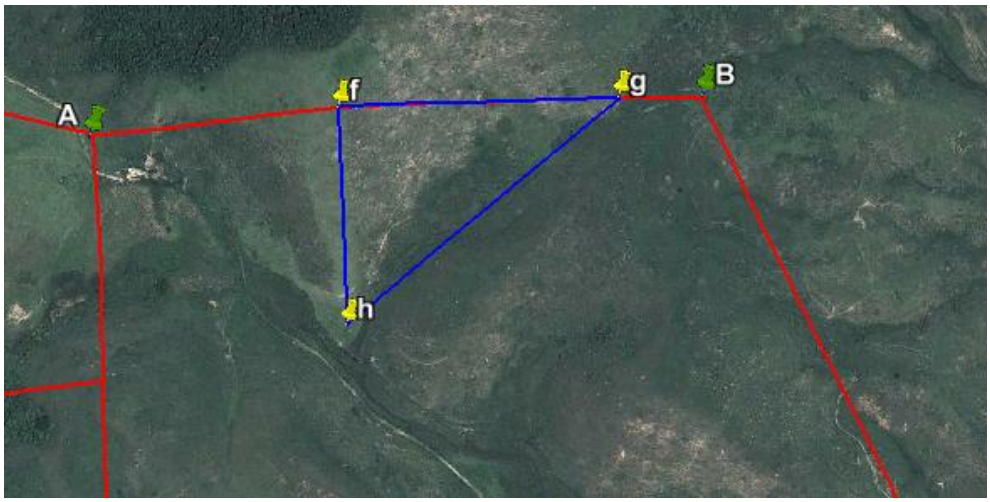

Figura 8: Primeira célula de aterro.
Fonte: Google Earth, 2014

Neste início da construção da célula deverá ser realizado o processo de nivelamento do solo na base do talude, reservando o solo retirado para o cobrimento do resíduo, em seguida deverá ser feita a impermeabilização do solo.

2.8. DIMENSIONAMENTO DA CÉLULA INICIAL DO ATERRO SANITÁRIO

Para determinar preliminarmente o volume de RSU que esta célula inicial poderá receber foi necessário traçar os perfis do seu contorno com auxílio da ferramenta Google Earth.

O perfil entre os pontos "f" e "g" é o demonstrado na Figura 9, cuja declividade é de 23,4%:

Figura 9: Perfil entre os pontos "f" e "g".
Fonte: Google Earth, 2014.

A linha marcada para o desenvolvimento do perfil entre os pontos "h" e "g" está localizada um pouco depois do local de menor altitude para aumentar a base da célula, por isso considerar-se-á este perfil como plano com altitude constante de 480 m, já que será necessária a realização de um corte nesta área. O perfil mostrado na Figura 10, será importante para o cálculo do volume de corte nesta região do aterro:

Figura 10: Perfil entre os pontos "h" e "g".
Fonte: Google Earth, 2014

O próximo perfil retratado na Figura 11, entre os pontos "h" e "f" mostra de maneira bem próxima as dimensões utilizadas para o cálculo do volume da célula inicial.

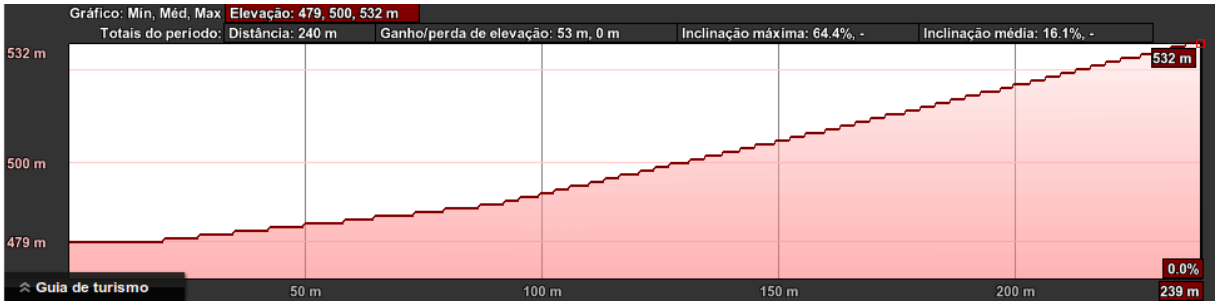

Figura 11: Perfil entre os pontos "h" e "f".
Fonte: Google Earth, 2014

De posse desses dados e sabendo-se também que a extensão linear do perfil é de 271 m, determinou-se a área do mesmo, que equivale a 3.597,8 m² e o volume de RSU que poderá ser depositado nesta célula, por meio do croqui criado no software AutoCad 2010.

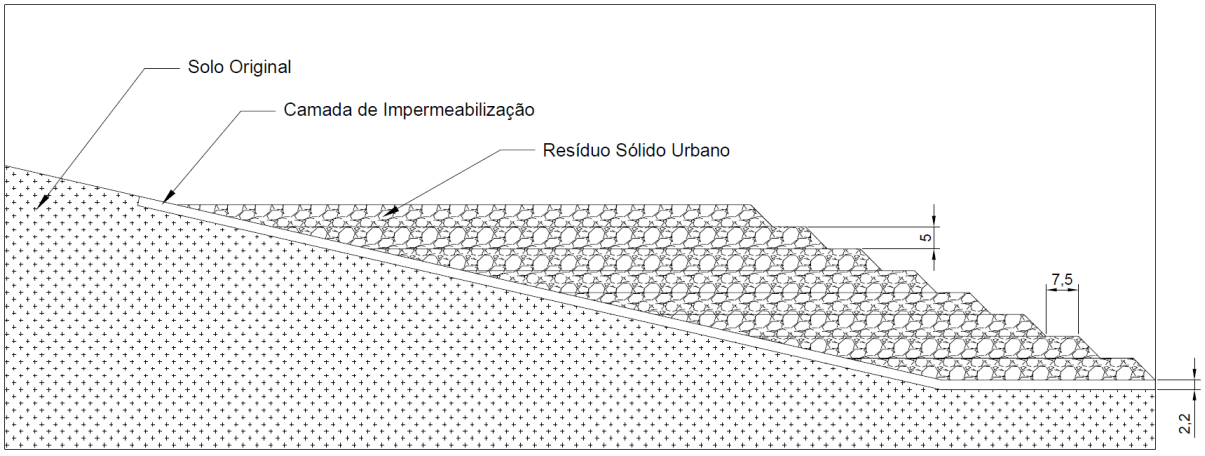

Figura 12: Croqui primeira célula.
Fonte: Própria Autoria.

O volume total alcançado com todas as considerações devido a disposição da célula em taludes, é de 975.003,8 m³, este volume representa mais de 6 anos de funcionamento do aterro, ou 37,6% do total do RSU acumulado em 20 anos acrescidos do solo de cobertura.

Partindo do pressuposto que o solo da área em estudo contempla as características

elencadas na NBR 13.896/97, poderá ser utilizado para o cobrimento do resíduo disposto no aterro.

A análise das demais células poderá ser baseada no método da área, já que as elevações ao redor poderão ser cortadas e niveladas, e o solo delas retirado, utilizado no cobrimento da célula em construção.

A área restante destinada às demais células para aterro de RSU totaliza 623.789,44 m², suficiente para receber o volume restante de 1.620.282,64 m³ previsto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todo o estudo apresentado até então buscou responder uma questão primária: existe uma área que seja viável para a implantação de um aterro sanitário no município de Volta Redonda?

Na busca pela resposta comparou-se os aspectos exigidos pelas leis, normas e diretrizes que norteiam o tema com os aspectos físicos da região estudada.

As especificações sobre regras de distanciamento foram atendidas, a exceção da distância de 20 km de aeroportos exigida pela Resolução CONAMA 4/95. No entanto, para fins acadêmicos, foi admitido o afastamento encontrado, levando-se em consideração o precedente relacionado à CTR de Barra Mansa, uma vez que também não cumpre o exigido.

Esta Resolução demarca o afastamento com objetivo de não permitir a implantação de atividades que atraiam pássaros nesta área, esta preocupação com a segurança pode ser sanada com o bom funcionamento do aterro na fase de operação.

Superada esta etapa acerca dos rigores legais, foi possível identificar uma área que fosse adequada e suficiente para atender ao tempo de vida útil proposto, assim como o volume de RSU produzido neste prazo.

Passando ao exame planialtimétrico pelos padrões indicados na ABNT (1997) – NBR 13.896, alcançou-se a declividade recomendada entre 1% e 30% em todos os perfis analisados.

Quanto à escolha do método de preparo do aterro sanitário, concluiu-se por iniciar a sua operação pelo método da rampa, levando-se em consideração os conselhos doutrinários analisados na fase de revisão bibliográfica, onde pela lógica e economia buscou-se a melhor técnica ao terreno em estudo.

O dimensionamento da célula inicial do aterro foi importante para certificar a congruência da área demarcada, e definir que é suficiente para receber a produção municipal de RSU acumulado em 20 anos. Em suas dimensões poderá ser disposta uma quantidade de resíduos referente a 37,6% do total, em uma área que não representa, nem sequer, uma quarta parte de todo o terreno destacado para estudo.

Como resposta ao questionamento inicial pode-se entender que as discussões aqui abordadas têm fim puramente acadêmicos, uma vez que a Resolução CONAMA 4/95, que dispões sobre normas de distanciamento de aeroportos não pode ser atendida, sem este se não

a área em estudo seria viável para a implantação de um aterro sanitário.

4. CONCLUSÃO

Após análise dos resultados obtidos com o estudo de caso onde abordou-se os limites exigidos pelas normas, calculada a população de projeto e quantidade de RSU que serão dispostos no aterro sanitário, a escolha do método de preparo do aterro sanitário, o dimensionamento de uma primeira célula para disposição de RSU, e ainda, após uma discussão acerca da possibilidade de ser construído um aterro sanitário no município de Volta Redonda, pôde-se concluir que antes de prosseguir com estudos mais aprofundados, deve-se superar a questão no tocante ao distanciamento do futuro aeroporto regional abordado no item 2.4.

Baseando-se nos dados aqui apresentados, que podem ser classificados como iniciais para um tema complexo como o tratado, que envolve além dos aspectos técnicos abordados que não foram exauridos, também aspectos sociais e econômicos, os resultados foram considerados relevantes para que futuros estudos sejam desenvolvidos a fim de definir, de forma mais segura, a viabilidade da construção de um aterro sanitário no município de Volta Redonda.

Em próximas abordagens pode-se considerar a área rural mencionada no item 2.4 como estudo de caso, ou a possibilidade de consórcio entre municípios onde a localização do aterro possa ser viável para ambos os consorciados. Uma boa hipótese seria a construção de um aterro sanitário no município de Pinheiral, por ser limítrofe à Volta redonda, possuir uma extensa área territorial e pequena densidade demográfica.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁGICA

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR 13896**. Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação Rio de Janeiro, 1997.

BOSCOV, Maria Eugenia Gimenez. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

BRASIL. CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução 4/95**. Estabelece as Áreas de Segurança Portuária. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=182

_____, **IBGE:** Censo Demográfico 1991, Contagem Populacional 1996, Censo Demográfico 2000, Contagem Populacional 2007 e Censo Demográfico 2010. Disponível em: http://www.cidades.ibge.gov.br. Acesso em: 20 mar. 2014.

_____, Prefeitura Municipal de Volta Redonda. **Lei nº. 4.441/2008 – Plano Diretor Participativo do Município de Volta Redonda.** Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Volta Redonda, 2008.

_____. **Lei n. 12.305 de 2 de agosto de 2010**. Casa Civil. **Subchefia para Assuntos Jurídicos.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: DF, 2010.

_____, Prefeitura Municipal de Volta Redonda. **Plano de Trabalho – Plano Municipal de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Volta Redonda.** Secretaria Municipal de Planejamento – SMP. Ecologus. Engenharia Consultiva. Fevereiro de 2014.

GUIMARÃES, L. T. **Utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG) para identificação de áreas potenciais para disposição de resíduos na Bacia do Paquequer, município de Teresópolis.** Dissertação (M.S.) Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2000.

Mapa da Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, desenvolvido pela Empresa GEOPEA – DIMAM e pelo INEA, em dezembro de 2011. Disponível em: http://www.cbhmedioparaiba.org.br/conteudo/mapa%20medio%20paraiba.pdf. Acesso em: 05 fev. 2014.

MEDEIROS FILHO, Carlos Fernandes de. **Abastecimento de água**. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande – PB, 2009. Disponível em: http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abastece.pdf. Acesso em: Acesso em: 22. mar. 2014.

OBLADEN, Nicolau Leopoldo. **De onde vem o lixo produzido no mundo**. http://www.estadao.com.br. Acesso em: 22. mar. 2014.

_____, Nicolau Leopoldo. **Guia para Elaboração de Projetos de Aterros Sanitários para Resíduos Sólidos Urbanos.** Série de Publicações. Temáticas do CREA-PR. Disponível em: http://www.em.ufop.br. Acesso em: 22. mar. 2014.

REGIONAL, Foco. Volta Redonda não desistiu de ter CTR. Publicado em 23 de abril de 2012. Disponível em: http://www.focoregional.com.br.pdf. Acesso em: 05 fev. 2014.

ANEXO I

População de Volta Redonda - Dado IBGE	
Ano	Número de habitantes
1991	220.305,00
2000	242.063,00
2010	257.803,00
Previsão da População de Volta Redonda Calculada	
Ano	Número de habitantes
2015	265.469,84
2016	266.561,12
2017	267.603,93
2018	268.600,04
2019	269.551,18
2020	270.459,07
2021	271.325,38
2022	272.151,75
2023	272.939,77
2024	273.691,02
2025	274.407,00
2026	275.089,20
2027	275.739,03
2028	276.357,89
2029	276.947,11
2030	277.508,00
2031	278.041,80
2032	278.549,72
2033	279.032,93
2034	279.492,55