



CrITÉrios para Seleção de Áreas, para Implantação de Aterro Sanitário, no Município de Paulo Afonso-Ba

Criteria for the Selection of Areas for Implementation of a Sanitary Landfill in the Municipality of Paulo Afonso-Ba

Rodrigo A. Carvalho

José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos

Os Vazadouros a céu aberto, antes utilizados como a solução mais rápida pelos gestores municipais para destino final dos resíduos sólidos, se tornaram um grande problema ambiental e social, contaminando o ar, solo, águas superficiais e subterrâneas. Desta forma fez-se necessária a seleção de alternativas mais seguras para a disposição destes resíduos, entre elas a construção de Aterros Sanitários. A Lei 12.305/2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, de modo a promover a implantação de Aterros Sanitários nos municípios aliada ao encerramento dos Vazadouros a céu aberto. Para atingir este objetivo têm sido realizados nos municípios baianos diagnósticos ambientais, entre eles o de Paulo Afonso, que será contemplado com a implantação de um Aterro Sanitário. O presente artigo, discute os critérios utilizados para seleção de áreas objetivando a implantação do referido Aterro Sanitário, tendo o mesmo como estudo de caso. Para tal, levou-se em consideração as características locais referentes aos meios físico, biótico e socioeconômico do Município, dentro das vertentes (infraestrutura, critérios fisiográficos e socioeconômicos). Além disto realizou-se a projeção de crescimento populacional, para um horizonte de tempo de 30 (trinta) anos, sendo esta a previsão de duração para operação do futuro Aterro Sanitário. Também foi realizada pesquisa referente a possíveis restrições legais à implantação e operação do empreendimento. A escolha final da área/gleba para implantação do empreendimento representa a mais adequada aos critérios pré-estabelecidos.

Palavras-chaves: Aterro sanitário, diagnóstico ambiental, meio-ambiente, resíduos sólidos

Open pit dumps, previously used as the quickest solution by municipal managers for the final destination of solid waste, have become a major environmental and social problem, contaminating the air, soil, surface and groundwater. Thus, it was necessary to select safer alternatives for the disposal of this waste, including the construction of landfills. Law 12.305 / 2010 instituted the National Solid Waste Policy, in order to promote the implantation of sanitary landfills in the municipalities together with the closure of the open landfills. To achieve this objective, environmental diagnoses have been carried out in the municipalities of Bahia, including Paulo Afonso, which will be contemplated with the implantation of a Sanitary Landfill. This article discusses the criteria used to select areas in order to implement the aforementioned Landfill, taking it as a case study. To this end, local characteristics regarding the infrastructure, physiographic and socioeconomic aspects of the municipality. In addition, population growth was projected for a time horizon of 30 (thirty) years, this being the forecast for the duration of the future landfill operation. Research was also carried out regarding possible legal restrictions on the implementation and operation of the enterprise. The final choice of area / land for the implementation of the project represents the most adequate to the pre-established criteria.

Keywords: Landfill, environmental diagnosis, environment, solid waste

R.A. Carvalho

CEO da Ekosocial Engenharia (<https://www.ekosocialengenharia.com.br/>)

e-mail: ekosocialengenharia.fabiano@gmail.com

J.A.S.A. Anjos

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. R. Barão de Jeremoabo, s/n – Ondina - Salvador - BA, 40170-290. E-mail: jose.anjos@ufba.br . <https://orcid.org/0000-0002-9343-1605>

4.1 Introdução

Podemos considerar, nos dias atuais, que os resíduos sólidos urbanos gerados nas residências, indústrias, comércio, escolas, dentre outros, consistem em um grave problema de cunho ambiental e social.

Essa situação se deve basicamente ao crescimento constante da população, exigindo mais produção de alimentos e industrialização de matérias-primas, transformando-as em produtos industrializados, contribuindo para o aumento dos resíduos sólidos, com consequências desastrosas para o meio ambiente e para a qualidade de vida (FONSECA, 1999).

De acordo com a Lei nº 12.305/2010, referente a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e a Lei nº 12.932/2014, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, em seu art. 9.º, III diretriz, que define à erradicação, à recuperação e à requalificação de áreas de destinação e de disposição final inadequadas de resíduos sólidos, a exemplo de lixões/Vazadouros a céu aberto, aterros controlados e aterros sanitários mal operados.

Em se tratando do Município de Paulo Afonso/BA, o mesmo já possuía uma gleba onde estava sendo construído um Aterro de Pequeno Porte, porém para este trabalho, mesmo com a existência de um local provido de características supostamente adequadas para implantação deste empreendimento, foram avaliados todos os critérios pré estabelecidos pela equipe seguindo recomendações do Termo de Referência, com o intuito de se selecionar uma nova gleba/área.

4.2 Metodologia

A metodologia utilizada está associada à projeção populacional para o horizonte de projeto 30 (trinta) anos, aplicação de questionários na Prefeitura Municipal, inspeções de campo, e a observância dos aspectos legais Federal, Estadual e Municipal.

O trabalho consistiu na apresentação de 03 (três) áreas, viáveis para implantação do futuro Aterro Sanitário, para posterior seleção da mais adequada dentre as três, de acordo com critérios de seleção.

Em se tratando dos critérios considerados e observados, os mesmos foram separados em uma Matriz de Hierarquização, estruturada, no qual, foram atribuídas pontuações aos critérios. A partir deste ponto tem-se definido de forma geral que os de maior relevância pontuam mais e os de menor pontuam menos, orientando assim a tomada de decisão favorável ou não à escolha da área. As três áreas são comparadas por meio desta matriz, ajudando na visualização da área mais adequada à realização da futura intervenção.

Os critérios, foram subdivididos em: Critérios de Infraestrutura, Fisiográficos e Socioeconômicos são eles:

- **Infraestrutura** - Distância para o Centro Gerador de Resíduos; Área Disponível/ Utilizável; Condições das Vias de Acesso – Geometria, Pavimentação e Exigência de Melhorias; Disponibilidade de Água para Abastecimento e disponibilidade de Energia Elétrica.
- **Fisiográficos** - Direção Predominante dos Ventos; Topografia; Permeabilidade do Solo; Condições geotécnicas do Solo; Necessidade de Supressão Vegetal; Proximidade de Mananciais de Superfície; Água Subterrânea - Presença e Uso; Visibilidade da gleba e disponibilidade de reservas de material para recobrimento.
- **Socioeconômicos** - Existência de aglomerados populacionais no entorno; Custo presumível da gleba/área; Uso e Ocupação do Solo na Área; Uso e Ocupação do Solo no Entorno da Área; Patrimônio Histórico e Cultural e Potencial Turístico e distância da gleba ao Aeroporto/Aeródromo Municipal.

5.3 Descrição dos critérios e Matriz de Hierarquização

Os critérios de infraestrutura devem apresentar as seguintes características:

Distância para o Centro Gerador de Resíduos - Este critério caracteriza a distância entre o centro gerador de resíduo e seu destino final, influenciando diretamente no tempo e custos para o departamento de limpeza pública do Município, considera-se então um raio de cerca de 10 (dez) até 30 (trinta) Km uma distância aceitável.

Área Disponível/ Utilizável - Critério diretamente associado à vida útil do Aterro Sanitário, em se tratando do trabalho realizado no Município em aumenta questão o horizonte de projeto foi um período de 30 anos, devendo assim a área utilizável possuir um tamanho que comporte o mesmo horizonte projetado de disposição de resíduos sólidos.

Condições das Vias de Acesso (Geometria, Pavimentação e Exigência de Melhorias)- O elevado peso que os caminhões utilizados nos serviços de Limpeza Urbana do Município como caminhões compactadores, basculantes, dentre outros, quando operando em capacidade máxima, em vias acidentadas diminui a vida útil do veículo, bem como os custos com manutenção. Um acesso bem qualificado acarreta uma otimização para execução deste serviço. A observância deste critério, leva em consideração fatores como: largura da via de acesso, se ela possui pavimentação ou não, necessidade de realização de reparos e suas condições de inclinação.

Disponibilidade de Água para Abastecimento - Deve-se priorizar locais providos de estrutura para abastecimento de água visando atendimento das necessidades para implantação e operação do Aterro Sanitário. A falta desta infraestrutura acarreta um investimento maior ao empreendimento.

Disponibilidade de Energia Elétrica - Este critério tem importância fundamentada no fato da energia elétrica ser indispensável para operação de um Aterro Sanitário, quanto maior a distância da rede, maior o custo do empreendimento.

Os Fisiográficos devem apresentar as seguintes características:

Direção Predominante dos Ventos - Esse critério leva em consideração a posição e distância do povoado mais próximo, em função dos odores oriundos da operação do Aterro Sanitário, indesejáveis quando alcançam aglomerados urbanos, afetando a qualidade de vida e desvalorizando as propriedades.

Topografia - Em se tratando de topografia, pode-se afirmar que áreas/glebas, que possuem elevadas declividades ou topografia muito acidentada, como por exemplo acima de 30%, elevariam os custos e ocasionariam dificuldade de execução do projeto, ou até o inviabilizaria, logo, deve-se portanto evitar terrenos com estas características. Embasado na NBR 13.896/97, os terrenos com características topográficas planas e levemente onduladas com baixa declividade são os mais indicados para esse tipo de empreendimento, pontuando assim positivamente declividade inferiores ao máximo de 30%, ou seja, maior que 01% e menor que 30%.

Permeabilidade do Solo - Deve-se salientar a importância deste critério, pois solos muito permeáveis são menos indicados para implantação e operação de um Aterro Sanitário. Pois são, mais susceptíveis a percolação de contaminantes resultante da decomposição anaeróbica dos resíduos sólidos orgânicos, resíduo rico em matéria orgânica, que ao percolar contamina solo e o lençol freático local.

A NBR 13896 (ABNT, 1997), chama atenção para identificação do tipo de solo local, pois este é o responsável pela capacidade de depuração e da velocidade de infiltração do contaminante líquido. Logo, se faz preferível a escolha de uma área com solos que possuam uma impermeabilidade natural, como por exemplo solos argilosos, pois estes possuem baixa condutividade hidráulica, onde geralmente possuem um coeficiente de permeabilidade de cerca de menos de 10⁻⁴ cm/s. Nos solos com essas características, a infiltração ocorre mais lentamente, desta forma, favorecendo a depuração do contaminante percolado.

Condições geotécnicas do Solo - Este critério, referente ao tipo, profundidade e condições de estabilidade do solo, relacio-

na-se à determinação de uma tendência para uma maior ou menor facilidade com relação a execução da terraplenagem. Esse parâmetro interfere diretamente no custo de execução do projeto (implantação das valas). Logo, solos profundos e com boa capacidade de suporte (maior resistência à deformações/erosão) são os de melhor indicação para este tipo de empreendimento.

Necessidade de Supressão Vegetal - A grande importância de análise deste critério se dá pois a necessidade de supressão vegetal, impacta diretamente a flora e fauna local, no qual em algumas situações serão perdidas espécies raras nativas, de valor científico e econômico, bem como espécies ameaçadas de extinção. Havendo esta necessidade deve-se solicitar junto ao órgão ambiental competente uma Autorização de Supressão de Vegetação denominada (ASV). O ideal é se ter neste critério a seleção de uma área que ocasione menor impacto ao meio ambiente local, sendo assim, áreas antropizadas ou improdutivas seriam escolhas mais indicadas para o melhor atendimento deste critério.

Proximidade de Mananciais de Superfície - Durante a implantação e principalmente operação de um Aterro Sanitário existe o risco de contaminação de corpos hídricos próximos à área de influência do empreendimento. Em função deste critério se faz observar de forma mais detalhada a proximidade do empreendimento à possíveis nascentes e corpos hídricos locais, no qual a área mais favorável estaria mais distante dos mesmos, evitando possíveis contaminações. Segue-se portanto um padrão estimado de uma Portaria do Ministério do interior nº 124/80, que determina a distância mínima de 200 metros de qualquer corpo d'água de qualquer empreendimento capaz de causar poluição hídrica.

Água Subterrânea - Presença e Uso - Sabe-se da fragilidade referente a uma possível contaminação das águas subterrâneas na operação do Aterro Sanitário, logo adota-se uma distância de segurança entre a base do Aterro Sanitário até o lençol freático local, dentro de uma preocupação com permeabilidade do solo, presença de macroporos e fraturamentos geológicos. O valor adotado, que garante uma boa margem de segurança, é 03 (três) metros de distância entre a base do empreendimento até o nível mais alto do lençol freático. Tem-se também a possibilidade da existência de fissuras e cavidades no subsolo, por onde pode ocorrer percolação de chorume e acumulação de gases ocasionando riscos de contaminação das águas subterrâneas e riscos de explosões.

Visibilidade da gleba - Este critério, está relacionado ao grau de impacto visual que o Aterro Sanitário causa no local de sua implantação. Temos portanto, conforme recomendação do Termo de Referência do trabalho, que devem-se preferivelmente optar por glebas/áreas naturalmente protegidas por acidentes topográficos ou maciços arbóreos densos e permanentes. Evitando

as localizadas às margens de rodovia ou próximos a aglomerados urbanos.

Disponibilidade de reservas de material para recobrimento - Na fase de operação do Aterro Sanitário, se faz necessário o recobrimento contínuo das células com resíduos sólidos. Devendo se atentar então para a existência deste material no próprio local ou nas proximidades da área/gleba do empreendimento, evitando maiores custos para obtenção futura deste material. Para (GOMES, 2003, p.59), a existência no local de solo de boa compactação, qualifica a área para implantação de Aterros Sanitários. A análise da espessura do horizonte B é um bom indicador para avaliar esse critério, visto que a camada A normalmente é retirada nas etapas iniciais de movimentação de terra e obras de infra-estrutura.

Os critérios socioeconômicos devem apresentar as seguintes características:

Existência de aglomerados populacionais no entorno - Esse critério tem por objetivo a observância da existência de pequenos povoados próximos a área do empreendimento e a que distância os mesmos se encontram dele, pois apesar do benefício da existência de um aterro para atender a comunidade(s) próxima(s) a ele, este também causam preocupações e riscos a estas como por exemplo: ocorrência de odores indesejáveis; ruídos; poeira e desvalorização da área.

Assim de acordo com a NBR 13896 (ABNT, 1997), indi-

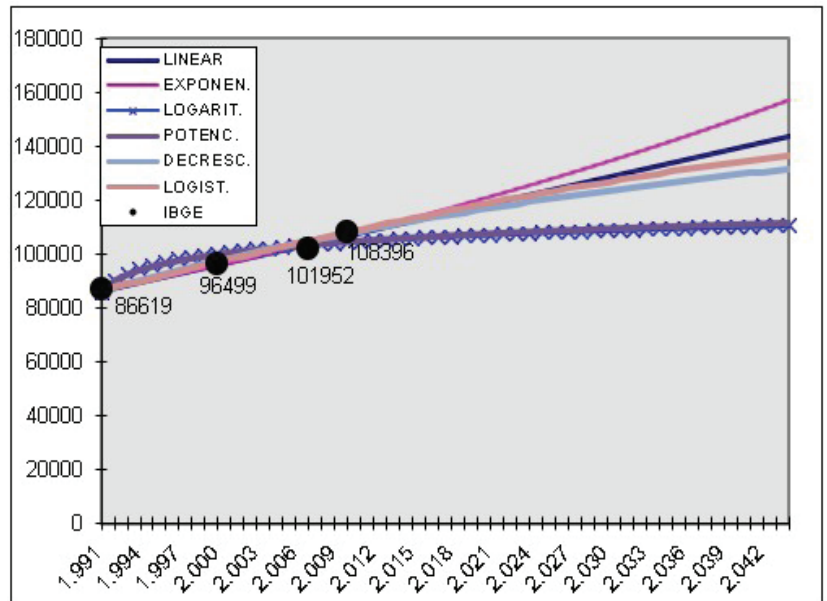


Gráfico 4.1- Modelos e tendência de crescimento da população total de Paulo Afonso. Fonte: Leva, 2014.

ca-se que a distância para núcleos populacionais seja superior a 500m. Porém o Termo de referência do trabalho sugere-se um valor mínimo de 03 (três) km para aterros sanitários convencionais e 2 km para aterros sanitários de pequeno porte. Esse critério adotará como parâmetro esses valores sendo a distância menor que 500 metros como menos desejada e a maior ou igual a 2 quilômetros como mais desejada.

Custo presumível da gleba - Atenta-se neste critério para o custo de desapropriação da área/gleba a ser selecionada, devendo se atentar para o custo da mesma em caso de ser necessária a sua desapropriação. Havendo a possibilidade de seleção de áreas de domínio Municipal ou menos valorizadas, os custos seriam reduzidos, além da não ocorrência de desgastes com proprietários para aquisição de suas terras.

Quadro 4.1- Cenários demográficos da população total do município de Paulo Afonso

	IBGE	LINEAR	EXPONEN.	LOGARIT.	POTENC.	DECRESC.	LOGIST
1991	86619	86486	86689	85723	85893	86619	86360
2000	96499	96206	95867	100043	99771	97551	97010
2007	101952	103766	103673	103344	103274	104915	104898
2010	108396	107007	107211	104355	104373	107800	108132
Taxas de Crescimento Anual							
1991/2000	1,21	1,19	1,12	1,73	1,68	1,33	1,30
2000/2010	1,17	1,07	1,12	0,42	0,45	1,00	1,09
2014/2024		0,93	1,12	0,20	0,23	0,69	0,81
2024/2034		0,85	1,12	0,15	0,17	0,54	0,65
Incremento 1991/2000	11,41%	11,24%	10,59%	16,70%	16,16%	12,62%	12,33%
Incremento 2000/2010	12,33%	11,23%	11,83%	4,31%	4,61%	10,51%	11,46%
Coeficiente de Correlação		0,9895	0,9906	0,9359	0,9412	0,9863	0,9883

Fonte: Leva, 2014.

Fig. 4.1 - Matriz de Hierarquização utilizada no Município de Paulo Afonso/BA

INFRESTRUTURA			
	PT	PD	RM
Distância para o centro de geração de resíduos			
Maior que 15 Km	10	3	30
Entre 10 Km e 15 Km	25		75
Menor que 10 km	50		150
Área disponível / utilizável			
Igual a Área Mínima	10	1	10
Maior que Área Mínima	50		50
Condições de trafegabilidade das vias de acesso			
Via não trafegável	0	2	0
Via não pavimentada	25		50
Via pavimentada	50		100
Exigência de melhorias nas vias de acesso			
Via inexistente, necessidade construir acesso ao local	10	2	20
Via atual necessitando melhorias	25		50
Via atual em boas condições	50		100
Condições geométricas das vias de acesso			
Muito íngreme	0	1	0
Com rampas médias	10		10
Com rampas suaves	40		40
Via sem rampas	50		50
Disponibilidade de água para abastecimento			
Perfuração poço (AS) / Abastecimento via caminhão pipa (ASPP)	5	1	5
Rede nas proximidades	30		30
Rede no local	50		50
Disponibilidade de energia elétrica			
Rede distante	0	1	0
Rede próxima/no local	50		50
CRITÉRIOS FISIOGRÁFICOS			
Direção predominante dos ventos em relação à zona urbana			
Afeta	0	3	0
Afeta parcialmente	20		60
Não afeta	50		150
Topografia			
Ondulada com alta declividade	10	2	10
Plana	30		60
Ondulada com baixa declividade	50		100
Permeabilidade do solo no local do aterro			
Muito permeável (arenosos)	10	2	20
Média (argilo-arenosos e siltosos)	25		50
Baixa (argilosos)	50		100
Condições geotécnicas do solo			
Arenosos, argilosos, rasos a profundos, com média a baixa capacidade de suporte.	5	2	10
Rasos a profundos c/ boa capacidade de suporte, areno argilosos	25		50
Profundos com boa capacidade de suporte, areno argilosos	50		100

Continua na próxima página

Fig. 4.1 - Matriz de Hierarquização utilizada no Município de Paulo Afonso/BA (Continuação da página anterior)

CRITÉRIOS FISIAGRÁFICOS			
	PT	PD	RM
Necessidade de Supressão Vegetal			
Supressão total	0	2	0
Supressão parcial	20		40
Não necessita de supressão	50		100
Proximidade de mananciais de superfície			
d < 200m	0	3	0
200m < d < 500m	10		30
d > 500m	50		150
Água subterrânea - presença e uso			
< 1,5 (ASPP) ou < 3,0m (AS)	0	3	0
1,5m < p < 3m (ASPP)	5		15
> 3 m	25		75
Não detectada	50		150
Visibilidade da gleba			
Visão ampla e permanente	5	1	5
Visão ampla, de passagem	20		20
Gleba parcialmente visível	30		30
Gleba naturalmente protegida	50		50
Disponibilidade aparente de material de cobertura			
Superior a 10 km / indisponível	0	2	0
Entre 5 km e 10 km	5		10
A menos de 5 km	10		20
Na gleba, em volume insuficiente	25		50
Na gleba, em volume suficiente	50		100
CRITÉRIOS SOCIOECONOMICOS			
Existência de aglomerados populacionais no entorno			
< 500 m	10	3	30
Entre 500 e 2,0 km	30		90
> 2,0 km	50		150
Custo presumível da gleba			
Com impedimentos	0	2	0
Para desapropriação	10		20
Própria ou doação	50		100
Uso e ocupação do solo na área			
Distrito industrial/suburbano	0	3	0
Agricultura	10		30
Pastagens	20		60
Sem uso definido	25		75
Área naturalmente degradada (voçorocas, etc)	30		90
Área artificialmente degradada (mineração, etc)	40		120
Despejo de lixo / bota-fora	50		150
Uso e ocupação do solo no entorno da área			
Vegetação primária	5	2	10
Antropizada com uso	20		40
Antropizada sem uso	50		100

Continua na próxima página

Fig. 4.1 - Matriz de Hierarquização utilizada no Município de Paulo Afonso/BA (Continuação da página anterior)

CRITÉRIOS SOCIOECONOMICOS			
	PT	PD	RM
Patrimônio histórico e cultural			
Na área	0	2	0
Próximo	10		20
Inexistente	50		100
Pista de Pouso			
Menor que 10 km	0	2	0
Entre 10 e 20 km	20		40
Maior que 20 km	50		100

Fonte: Leva, 2014.

Uso e Ocupação do Solo na Área - Este critério, visa a observância de um possível uso estabelecido ou não na área/gleba, onde a título de uma melhor seleção deve-se priorizar áreas antropizadas, evitando as que sejam de expansão urbana ou industrial ou com um uso já definido.

Uso e Ocupação do Solo no Entorno da Área - Analisa-se neste critério a vizinhança da área pré-selecionada, procurando identificar a aceitação do empreendimento pela mesma, levando em consideração desvalorização imobiliária, impactos gerados e riscos inerentes a atividade potencialmente insalubre, como por exemplo, os relacionados à alteração no nível de ruído nas vias de acesso, na dinâmica de escoamento de água superficial, formação desenvolvimento de processos erosivos, descaracterização das comunidades tradicionais do município, afugentamento da fauna e risco de atropelamento. Estas informações tem por objetivo evitar futuros conflitos, logo, áreas/glebas antropizadas ou áreas sem uso são preferíveis e mais interessantes com relação a este critério.

Patrimônio Histórico e Cultural e Potencial Turístico - Critério que visa a identificação da existência ou não, dentro da área de influência direta do empreendimento, de áreas de interesse científico, histórico, de manifestação cultural, monumentos arqueológicos e de grande potencial turístico. Em caso positivo existe o risco de inviabilização da área/gleba, estas áreas, devem portanto ser veementemente evitadas.

Distância de Aeroporto/Aeródromos - Esse critério evita o risco da ocorrência de acidentes aéreos que podem ser causados por pássaros atraídos durante a operação do Aterro Sanitário. Tendo como Parâmetros legais vigentes, a Resolução CONAMA N° 04/95 que considera um raio mínimo de 20 km calculado a partir

do centro geométrico do aeródromo para localização de aeroportos que operam de acordo com as regras de voo por instrumento (IFR) e de 13 km para os demais aeródromos; Além deste, tem-se também o Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário (MINISTÉRIO DE DEFESA, 2011), para empreendimentos localizados no setor interno da AGRA (núcleo, raio de 9Km), onde deverá ser emitido parecer desfavorável à implantação ou funcionamento de atividades com potencial de atração de aves (MINISTÉRIO DE DEFESA, 2011). Já para empreendimentos localizados entre o setor interno da AGRA (núcleo, raio de 9Km) e o limite da mesma (raio de 20 km), deve-se observar o exposto a seguir:

- Quando o empreendimento se localizar a menos de um quilômetro do eixo central de corredor de voo visual, deverá ser emitido parecer desfavorável. Esta medida visa dar maior proteção às aeronaves em voo nos corredores visuais no trecho compreendido entre o núcleo e o limite da AGRA (raio de 20 km);
- Nos demais casos, emitir parecer condicional, em assessoramento ao Comando Aéreo Regional – COMAR, no qual, o Comando da Aeronáutica - COMAER não se oporá à implantação ou funcionamento do empreendimento, desde que o responsável pelo mesmo se comprometa, formalmente, por escrito, a empregar técnicas mitigadoras e de exclusão de aves, conforme as normas relacionadas, de forma que o empreendimento não se configure em um foco de atração. [MINISTÉRIO DE DEFESA, 2011].

Porém no caso dos empreendimentos localizados fora das AGRA, o órgão competente não expressa opinião (MINISTÉRIO DE DEFESA, 2011).

Para o presente trabalho e devido ao exposto acima, utilizou-se os parâmetros do Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário, desta forma, o raio mínimo a ser considerado da pista de pouso à área/gleba do aterro deve ser maior ou igual a 10 km.

Matriz de Hierarquização

A Matriz de Hierarquização apresenta-se na (Figura 4.1), associada aos critérios de pontuação. Na qual, temos o valor da pontuação (PT); O peso do critério (PD), que pode variar de 01 (um) a 03 (três); e o resultado final da pontuação multiplicada pelo peso dos respectivos critérios (RM).

4.4 Projeção de população para definição da área requerida a ser selecionada

Antes da escolha da área, utilizando os critérios previamente estabelecidos para a matriz de ponderação, era preciso se saber o tamanho da área para o horizonte de projeto pré-estabelecido de 30 (trinta) anos. Para execução desta projeção no município de Paulo Afonso, um dos maiores no estado da Bahia, levou-se em consideração dados estatísticos disponíveis no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE no ano de 2010 e a partir daí aplicou-se equações e modelos matemáticos baseados nos dados fornecidos, no qual foi obtido o ajuste de curvas que melhor representa estatisticamente a evolução de crescimento populacional.

No gráfico 4.1, de modelos e tendência de crescimento da população total, seguido do quadro 4.1, observa-se os cenários demográficos do município de Paulo Afonso/BA.

A partir dos dados pôde-se observar pouca variação nas taxas de crescimento dentro do período de análise, verifica-se assim que o modelo exponencial melhor indica a tendência de crescimento da população local. A equação da projeção populacional pode ser definida como:

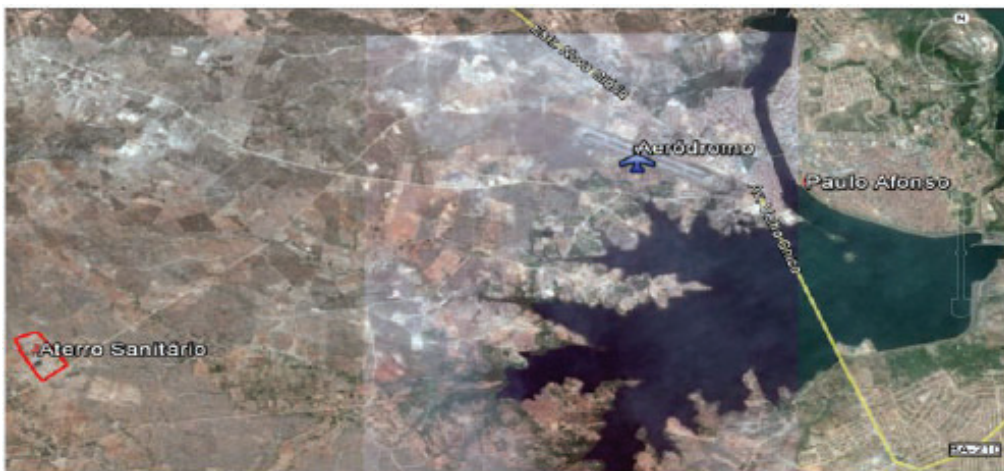
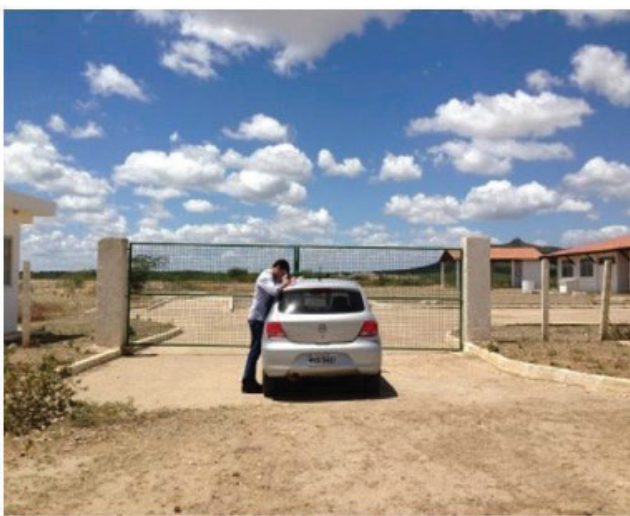


Fig. 4.2 - Localização do Aterro Sanitário de Paulo Afonso/BA. Fonte: Leva, 2014.



Figs. 4.3 e 4.4 – Instalações do Aterro de Paulo Afonso/BA Fonte: Leva,



Fig. 4.5 e 4.6 - Instalações do Aterro de Paulo Afonso/BA Fonte: Leva, 2013.



Fig. 4.7 – Localização da Área 01 – Aterro Sanitário. Fonte: Google Earth, 2013.

$$P=112.115 \times 1,01^{T-2014}$$

Os valores obtidos, para o horizonte de projeto, da população total da sede e povoados estão representado no quadro 4.1 abaixo

Quadro 4.2- População para o horizonte de projeto

ANO	POPULAÇÃO SEDE + POVOADOS	POPULAÇÃO URBANA*	POPULAÇÃO TOTAL*
2014	99.148	96.552	112.115
2044	139.563	135.909	156.805

¹ Consiste na população da Sede.

² Consiste na população urbana e rural do Município.

Fonte: Leva, 2014.

O termo de referencia do projeto sugere uma área requerida recomendável nessas condições de cerca de 35 Há, valor evidenciado no Quadro 5.3 abaixo

Quadro 4.3- Referência de área mínima recomendável

Faixa Populacional (habitantes)	AterroSanitário (ha)
De 150.001 a 250.000	35

Fonte: Termo de Referência CONDER, 2013.



Figs. 4.8 e 4.9 – Características Físicas e Bióticas da Área 01- Aterro Sanitário. Fonte: Leva, 2013.



Fig. 4.10 – Localização da Área 02 – Aterro Sanitário. Fonte: Google Earth, 2012.



Figs. 4.11 e 4.12 – Características Físicas, Bióticas e Acesso da Área 02 - Aterro Sanitário. Fonte: Leva, 2013.

Desta forma obteve-se o tamanho da área necessária para atendimento de uma população total que no ano de 2044 tende a chegar a um contingente de 156.805 habitantes.



Fig. 4.13 – Localização da Área 03 - Aterro Sanitário. Fonte: Google Earth, 2012.



Figs. 4.14 e Fig. 4.15 – Características Físicas e Bióticas e Acesso da Área 03 - Aterro Sanitário. Fonte: Leva, 2013.

4.5. Estudos Locacionais e Aplicação da Matriz

Durante o processo de escolha das possíveis áreas para instalação do Aterro Sanitário, duas questões foram analisadas e abordadas para o Município, sendo a primeira a possibilidade do vazadouro a céu aberto ser uma boa escolha para instalação do empreendimento, e a segunda questão foi o fato da existência de um Aterro sendo finalizado e licenciado no Município. Logo, foi atestada a possibilidade de seleção de áreas que atendessem os critérios pré-estabelecidos adjacentes ao mesmo.

Em se tratando destas questões, durante a avaliação das mesmas, verificou-se a possibilidade de uma integração, devido a uma infraestrutura já existente para atender o Aterro Sanitário já em processo de instalação.

Considerando a grande distância do vazadouro e o Aterro Sanitário, associado ao fato do mesmo estar em zona de expansão urbana, pois a mesma encontra-se dentro do vetor de expansão da cidade o mesmo foi desconsiderado.

Quadro 4.4 - Localização das áreas estudadas para seleção de local para o Aterro Sanitário

ÁREA	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS	
01	Da Sede, segue-se pela BA 210 por 2,6 km, em seguida percorre-se 9,3 km por estrada em direção ao povoado de Juá. Ao lado da área do aterro sanitário.	E: 574097	S: 8957364
02	Da Sede, segue-se pela BA 210 por 2,6 km, em seguida percorre-se 9,0 km por estrada em direção ao povoado de Juá. Ao lado da área do aterro sanitário.	E: 574239	S: 8957090
03	Da Sede, segue-se pela BA 210 por 2,6 km, em seguida percorre-se 9,2 km por estrada em direção ao povoado de Juá. Ao lado da Área 02.	E: 574090	S: 8956889

Fonte: Leva, 2013.

Quadro 4.5- Resultado da matriz de hierarquização de acordo com os critérios pré-estabelecidos para seleção de glebas para Aterro Sanitário em Paulo Afonso/BA

	FATOR/ PARÂMETRO	Pontos	Alternativa 01	Pontos	Alternativa 02	Pontos	Alternativa 03	Pontos
INFRAESTRUTURA	Distância para o centro de geração de resíduos	150	Dista cerca de 11,9km	75	Dista cerca de 11,6 km	75	Dista cerca de 11,8 km	75
	Área disponível / utilizável	50	Maior que a área mínima	50	Maior que a área mínima	50	Maior que a área mínima	50
	Condições de trafegabilidade das vias de acesso	100	Trecho pavimentado e outro não pavimentado	50	Trecho pavimentado e outro não pavimentado	50	Trecho pavimentado e outro não pavimentado	50
	Exigência de melhorias nas vias de acesso	100	Trechos da via atual necessitando melhorias	50	Trechos da via atual necessitando melhorias	50	Trechos da via atual necessitando melhorias	50
	Condições geométricas das vias de acesso	50	Via sem rampa	50	Via sem rampa	50	Via sem rampa	50
	Disponibilidade de água para abastecimento	50	Rede próxima	50	Rede próxima	50	Rede próxima	50
	Disponibilidade de energia elétrica	50	Rede de energia no local	50	Rede de energia no local	50	Rede de energia no local	50
CRITÉRIOS FISIOGRAFICOS	Direção predominante dos ventos em relação à zona urbana	150	Não afeta	150	Não afeta	150	Não afeta	150
	Topografia	100	Área plana	60	Área plana	60	Área plana	60
	Permeabilidade do solo no local do aterro	100	Média permeabilidade	50	Média permeabilidade	50	Média permeabilidade	50
	Condições geotécnicas do solo	100	Rasos com boa capacidade de suporte, areno argilosos	50	Rasos com boa capacidade de suporte, areno argilosos	50	Rasos com boa capacidade de suporte, areno argilosos	50
	Necessidade de Supressão Vegetal	100	Parcial	40	Parcial	40	Parcial	40
	Proximidade de mananciais de superfície	150	Menos de 500 m de mananciais de superfície	30	Menos de 500 m de mananciais de superfície	30	Menos de 200 m de mananciais de superfície	0
	Água subterrânea - presença e uso	150	Não detectada.	150	Não detectada.	150	Não detectada.	150
	Visibilidade da gleba	50	Gleba parcialmente visível	30	Gleba parcialmente visível	30	Gleba parcialmente visível	30
	Disponibilidade aparente de material de cobertura	100	Na gleba em volume insuficiente	50	Na gleba em volume insuficiente	50	Na gleba em volume insuficiente	50
CRITÉRIOS FISIOGRAFICOS	Existência de aglomerados populacionais no entorno	150	Não há aglomerados no entorno	150	Não há aglomerados no entorno	150	Não há aglomerados no entorno	150
	Titularidade da terra	100	Para desapropriação	20	Para desapropriação	20	Para desapropriação	20
	Uso e ocupação do solo na área	150	Sem uso definido	75	Sem uso definido	75	Sem uso definido	75
	Uso e ocupação do solo no entorno da área	100	Antropizada sem uso e com aterro sanitário	100	Antropizada sem uso e com aterro sanitário	100	Antropizada sem uso e com aterro sanitário	100
	Patrimônio histórico e cultural	100	Inexistente nas proximidades	100	Inexistente nas proximidades	100	Inexistente nas proximidades	100
	Pista de Pouso	100	Dista cerca de 8,9 km	0	Dista cerca de 8,8 km	0	Dista cerca de 9,0 km	0
TOTAL DE PONTOS		2250		1430		1430		1400
HIERARQUIZAÇÃO			63,6%	1º/2º	63,6%	1º/2º	62,2%	3º

Fonte: Leva, 2014.

4.6 Descrição das Áreas

O Aterro Sanitário de Paulo Afonso/BA, já em construção (Figura 4.2), encontra-se localizado na zona rural, mais precisamente no povoado de Campos Novos, sob as coordenadas geográficas E: 0574537 e N: 8957028, zona 24 L, e dista cerca de 12 Km do centro gerador de resíduos (sede) e 8,5 Km e área de do Aeródromo Municipal.

O empreendimento possui uma área total de 28 (vinte e oito) hectares, sendo a área dotada de uma infraestrutura composta por portão de acesso, guarita cercas, balança, instalações operacionais e administrativas. Foi projetado com quatro células de 106 x 76 metros, com lagoas para tratamento do chorume de 15x15 metros e uma área de 100 x100 metros reservada para disposição de resíduos de poda, observa-se nas figuras 4.3 a 4.6 as instalações prontas atualmente.

O tamanho da área total do mesmo não atenderia a População total do Município por muito tempo, pois para o horizonte de projeto, a área demandada seria de cerca de 35 Hectares (ha), conforme exposto no quadro 5.3 deste artigo. Logo glebas adjacentes seriam uma solução para otimização do empreendimento, sendo feito desta forma no trabalho. Logo, todas as áreas/glebas escolhidas fazem fronteira com o Aterro Sanitário do Município.

5.7 Apresentação das áreas

A área 01, encontra-se a 11,9 km da sede de Paulo Afonso e 8,9 km do aeródromo municipal, sob as coordenadas E: 0574097m e S: 8957364m, zona 24 L. Seu acesso é por uma estrada que liga Paulo Afonso ao povoado de Juá a 2,6 km pela BA 210, via pavimentada em boas condições de rodagem e 9,3 km por estrada em leito natural.

Em se tratando de recursos hídricos, existem nas proximidades o Riacho da Gangorra a 480 metros e o Riacho Cajueiro a 490 metros da mesma, ambos intermitentes (GEOBAHIA, 2014). Há também poços tubulares nos povoados de Salgadinha e Juá, com respectivas distâncias de 1,4 e 0,7 Km, com níveis estáticos respectivamente de 1.53 e 58.54 metros. Estudos anteriormente realizados na gleba do Aterro Sanitário já implantado demonstraram que antes de 05 metros de profundidade não há água, devido a proximidade entre as áreas a serem analisadas, conclui-se não haver risco de alagamento ou inundação, diminuindo também o risco de contaminação do lençol.

A área encontra-se, antropizada apresentando poucas espécies vegetais de porte mediano, tanto exóticas como outras características do Bioma Caatinga, como Algarobas, Umbuzeiros e Mandacaru. A topografia do terreno é plana e o solo é do tipo silte argilo-arenoso de baixa profundidade e média permeabilidade.

Os ventos locais são alísios E-SE, predominantemente

oriundos do setor Sudeste, logo os odores e gases emitidos no período de operação do Aterro não afetariam a Sede do Município nem aglomerados populacionais próximos. A área 01, assim como a 02 e 03, são de propriedade particular sendo necessária a desapropriação da mesma.

A área 02 a seguir, encontra-se a 11,6 km da sede de Paulo Afonso e 8,8 km do aeródromo municipal, sob as coordenadas E: 574239m e S: 8957090m, zona 24 L. Seu acesso, também é pela estrada que liga Paulo Afonso ao povoado de Juá a 2,6 km pela BA 210, via pavimentada em boas condições de rodagem e 9,2 km por estrada em leito natural.

Em se tratando de recursos hídricos, assim como a área 01, existem nas proximidades o Riacho da Gangorra a 300 metros e o Riacho Cajueiro a 520 metros da mesma (GEOBAHIA, 2014). Os poços tubulares, em Juá e Salgadinha, estão respectivamente a 0.45 km e 1.12km da gleba.

Assim como a área 01 a mesma encontra-se antropizada apresentando algumas espécies vegetais porte mediano. A topografia do terreno é plana e o solo é do tipo silte argilo-arenoso de baixa profundidade e média permeabilidade.

Os ventos locais, oriundos do setor Sudeste, também não afetam sede e povoados próximos.

A área 03 a seguir, encontra-se a margem da estrada que liga Paulo Afonso ao povoado de Juá, a 11,8 km da sede e a 9,0 km do aeródromo municipal, sob as coordenadas E: 0574090m e S: 8956889m, zona 24 L. O acesso é o mesmo das áreas 01 e 02, 2,6 km pela BA 210, via pavimentada em boas condições de rodagem e 9,2 km por estrada em leito natural.

Há recursos hídricos próximos a gleba, estando o Riacho da Gangorra a menos de 100m e o Riacho Cajueiro a 890 metros, (GEOBAHIA, 2013). Os poços nos povoados de Juá e Salgadinha, a cerca de 0,6 Km e 1,1 Km da gleba.

Assim como as áreas 01 e 02 a mesma encontra-se antropizada apresentando algumas espécies vegetais porte mediano. A topografia do terreno é plana e o solo é do tipo silte argilo-arenoso de baixa profundidade e média permeabilidade.

Os ventos locais, oriundos do setor Sudeste, também não afetam sede e povoados próximos.

Após análise das áreas, as mesmas foram comparadas através dos critérios utilizados na Matriz de hierarquização, onde estas apresentaram resultados muito similares, em função da sua proximidade e similaridade física e biótica. Desta forma o resultado expresso em números da Matriz pode ser observado no quadro 05, no qual as alternativas são as três áreas adjacentes ao Aterro Sanitário já existente.

De acordo com os resultados obtidos na Matriz, concluí

mos que as alternativas 01 e 02 apresentam a mesma pontuação, ambas 1430 pontos, contra 1400 pontos da alternativa 03. Como principal ponto negativo em relação as demais destaca-se a proximidade da alternativa 03 à mananciais superficiais e a distância da área do Aterro.

Com relação as alternativas 01 e 02 temos que as duas apresentam resultados iguais no quesito Matriz de seleção porém a alternativa 01 irá proporcionar um impacto visual menor que a sua concorrente, pois encontra-se mais afastada da estrada, impacto este que pode ser mitigado com a construção de um cinturão verde, que conforme o Código Ambiental do Município em seu Art 50 dita sua obrigatoriedade para empreendimentos desta natureza.

Esta realidade é com base na Matriz de Hierarquização, sendo que para definição definitiva da área/gleba mais adequada seriam necessários estudos de natureza geotécnica e topográfica para uma melhor análise, bem como por se tratarem de terras particulares, avaliar o real custo das mesmas.

O ponto claramente negativo quando da definição destas áreas foi não se levar em consideração o critério distância do aeródromo, fato que ocorreu possivelmente por já existir um Aterro Licenciado no local que encontra-se a apenas 8,5 Km em linha reta do referido Aeródromo do Município. Assim como a área do Aterro as áreas adjacentes 01 02 e 03 objeto de análise encontram-se respectivamente a 8,9; 8,8 e 9,0 Km, valores que segundo a determinação da COMAER inviabilizariam estas como possíveis alternativas, embora, o trabalho tenha sido executado nessas circunstâncias, independente da limitação legal.

Caso as áreas sejam indeferidas devido a esta questão legal, o prejuízo pela não observância dos critérios pré-estabelecidos na integra aumentariam os custos iniciais referentes ao pré-projeto, na busca por novas áreas dentro do território do Município de Paulo Afonso.

4.8 - Considerações finais

Chegando ao fim deste artigo, conclui-se que para seleção de áreas/glebas mais indicadas ambientalmente e socialmente para implantação de um Aterro Sanitário, deve-se atentar para o horizonte de projeto pré-estabelecido, que através de uma projeção populacional futura, associada à definição de bons critérios de Infraestrutura, Fisiográficos e Socioeconômicos, são uma ferramenta prática no auxílio para tomada de decisões que melhor se enquadrem as necessidades do projeto. Além destes as limitações legais, impostas pelas legislações de caráter Federal, Estadual e Municipal devem ser observadas no rigor que as competem.

A Ponderação dos critérios pré-estabelecidos na Matriz de Hierarquização podem demonstrar numericamente qual a possível melhor escolha de acordo com as características lo-

cais. Logo, os mesmos não substituem a experiência do técnico experiente, que pode analisar mais parâmetros em campo do que os expostos na referida Matriz. Mesmo assim são um norte, eficaz para realização do trabalho podendo ser replicados para determinação destas em inúmeros casos e inúmeras vezes.

Porém, para otimização do Aterro Sanitário necessário se faz a implementação de incentivo ao reuso e reciclagem dos resíduos associados a implantação de unidades de triagem de resíduos além de uma unidade de compostagem agregada ao Aterro Sanitário, fator que aumentaria a vida útil do mesmo, essa preocupação com o Manejo dos Resíduos Sólidos é prevista na Lei 11.445/2007-Lei de Saneamento Básico e a elaboração e execução de Planos de gerenciamento de resíduos conforme previsto na Lei 12.305/2010.

Referências

- ABNT NBR 8419/1992 – Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos;
- ABNT NBR 13896/1997 – Aterros de Resíduos não perigosos. Critérios para projetos, construção e operação;
- CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. IQR – Índice de Qualidade do Aterro Sanitário (Controlado, Lixão ou Usina de Reciclagem/Compostagem). São Paulo, 1998.
- CÓDIGO DE MEIO AMBIENTE DE PAULO AFONSO – SEÇÃO III – Aterros Sanitários, Art.50. 14p;
- FONSECA, Iniciação ao Estudo dos Resíduos Sólidos e da Limpeza Urbana: A União. 1999.122p;
- GEOBAHIA. Sistema Georreferenciado de Gestão Ambiental. Disponível em: <<http://geobahia.inema.ba.gov.br>>. Acesso em: maio/2014.
- GOMES, Luciana Paulo; MARTINS, Flávia Burmeister. Capítulo 3. Projeto, Implantação e Operação de Aterros Sustentáveis de Resíduos Sólidos Urbanos para Municípios de Pequeno Porte. In Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte. Castilhos Jr., A.B. (Coordenador). Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003, 280p.
- IBGE. Sinopse por Setores – Censo 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/>. Acesso em: Fevereiro, 2014.
- Lei 11.445/2007 - Lei de Saneamento Básico
- Lei 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos;
- Lei 12.932/2014 – Política Estadual de Resíduos Sólidos;
- MINISTÉRIO DA DEFESA. Plano Básico de Gerenciamento de Risco aviário. Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Comando da Aeronáutica. Maio, 2011.
- Resolução CONAMA nº 04/95 Dispõe sobre a Área de Segurança Aeroportuária – ASA;