



Alternativa Locacional para Implantação de Aterro Sanitário de Pequeno Porte no Município de Boquira-Bahia

Alternative Location for the Implementation of a Small Landfill in the Town of Boquira-Bahia

Luciana Souza de Oliveira

José Ângelo Sebastiao Araújo dos Anjos

A disposição inadequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), tem se tornado uma das grandes preocupações ambientais no Brasil mesmo com a implementação da lei Federal 12.305/10 da PNRS. Essa lei indicou que todos os municípios apresentassem um destino ambientalmente adequado dos seus resíduos gerados. Todavia, de acordo com a Abrelpe (2015), a maioria das cidades brasileiras ainda lança seus RSU nos lixões a céu aberto ou aterros controlados. Essa problemática não se restringe às grandes capitais, mas também aos pequenos municípios. No estado da Bahia, segundo a SEDUR (2014), dos 417 municípios, 359 ainda apresentam disposição irregular. A maioria desses municípios possui pequena população e geração de resíduos de até 20 t/dia, enquadrando-se dessa forma na NBR 15.849 (ABNT 2010), a qual estabelece critérios para a implantação de Aterro Sanitário de Pequeno Porte (ASPP). O município de Boquira, localizado no semiárido baiano, enquadra-se nesta norma, por apresentar população inferior a 25.000 mil habitantes e geração estimada de resíduos inferior a 20 t/dia. Desde 1992, os seus RSU gerados no município são lançados de forma inadequada na bacia de rejeito de chumbo da Mineração Boquira, que contém altos teores de metais pesados. Diante do exposto, este estudo apresenta uma proposta de alternativa locacional para implantação de ASPP no município de Boquira-BA.

Palavras – chave: Resíduos sólidos, lixão, aterro sanitário de pequeno porte.

The inadequate disposal of Solid Urban Waste has become one of the major environmental concerns in Brazil even after the implementation of the Federal law 12,305 / 10 of the National Program of Solid Waste. This law indicated that all municipalities should present an environmentally appropriate destination for their waste. However, according to Abrelpe (2015), most Brazilian cities still launch it in open dumps or controlled landfills. This problem is not restricted to large cities, but also to small ones. In the state of Bahia, of the 417 municipalities, 359 still have an irregular disposition. Most of them have a small population and generate waste of up to 20 tons / day, thus meeting NBR 15.849, which establishes criteria for the implementation of small landfills. The town of Boquira, located in the semi-arid region of Bahia, fits this standard, as it has a population of less than 25,000 inhabitants and an estimated generation of waste of less than 20 tons / day. Since 1992, the waste generated in the municipality has been launched inappropriately in the lead tailings basin of Mineração Boquira, which contains high levels of heavy metals. Given the above, this study presents a proposal for a location alternative for the implementation of a small sanitary landfill in the city of Boquira-BA.

Keywords: Solid waste, dump, small sanitary landfills.

L.S. Oliveira

Engenheira Sanitária e Ambiental

e-mail: oliveira7.luciana@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>

6.1 Introdução

A disposição final dos resíduos sólidos industriais e urbanos, tem sido alvo de grandes discussões, uma vez que seu descarte inadequado pode ocasionar danos ao meio ambiente e a saúde humana. Diante desse fato, o Brasil enfrenta grandes problemas quanto a destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), que somado a falta de informação e negligência, tanto das comunidades quanto de seus gestores, promovem uma administração incompetente dos resíduos sólidos (BARROS, 2012). A complexidade da problemática não restringe às grandes capitais, mas também aos pequenos municípios.

Mesmo com a implementação da lei Federal 12.305/10 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual estipulou que os municípios apresentassem um destino ambientalmente adequado dos seus resíduos gerados, segundo a Abrelpe (2015) a maior parte das cidades brasileiras ainda lança seus RSU nos lixões a céu aberto ou aterro controlado. Dentre os impactos nos quais o descarte irregular de determinados materiais pode ocasionar, destaca-se a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, e do solo, além da poluição atmosférica.

De forma a evitar essa contaminação, o modo de disposição dos RSU em aterros sanitários aparenta ser a menos danosa ao meio ambiente (SILVA, 2016). Este tipo de disposição, propõe minimizar os impactos negativos provenientes da degradação dos resíduos, já que estes apresentam um alto poder de contaminação devido a sua composição. Todavia, para a implantação de um aterro sanitário, é necessário obedecer a critérios técnicos, ambientais e legais para a escolha da área.

Os Municípios baianos na sua maioria apresentam pequenas populações e diferentes contextos ambientais. Em razão da pequena quantidade de resíduos gerados diariamente, é possível considerar sistemas de disposição final simplificados. Os aterros sanitários de pequeno porte (ASPP) são instalações bastante específicas pela possibilidade da operação manual e pela simplicidade em relação a instalações de grande porte, bem mais onerosas e complexas. (BELEZONI, et. al.; 2011). A Resolução CONAMA nº 404/2008, ABNT NBR 15948 /2010, estabelece que são considerados aterros sanitários simplificado ou de pequeno porte aqueles com disposição no solo de até 20 t/dia de resíduos sólidos urbanos.

Os ASPP, podem ser construídos para execução em valas ou trincheiras; execução em encosta, ou execução em área, conforme especificações da norma brasileira NBR 15.849/2010 da ABNT – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento (SEDUR, 2014). Conforme os dados da Regionalização da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, indicam que a maioria dos aterros sanitários construídos na Bahia, com recursos federais se transformou em vazadouros a céu aberto (SEDUR, 2014).

As pesquisas realizadas pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (SEDUR, 2014) dentre os 417 municípios baianos visitados, 359 ainda dispõem os RSU em lixões a céu aberto, a exemplo do município de Boquira, conforme o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos - PGIRS (Ecos, 2014) tem como destino final dos RSU, o vazadouro a céu aberto, localizado na bacia de rejeito da mineração Boquira com 6.000.000 t, contendo altos teores de metais pesados (ALVES & BERTOLINO, 2014). Esse resíduo tóxico foi depositado de forma inadequada a menos de 1Km do centro urbano do município. Diante disso, este estudo tem por finalidade colaborar com a destinação ambientalmente adequada de áreas apropriada para destinação de RSU no município de Boquira.

5.2 Objetivo Geral

Indicar alternativas locais para a implantação de um Aterro Sanitário de Pequeno Porte, no município de Boquira/BA.

Objetivos Específicos:

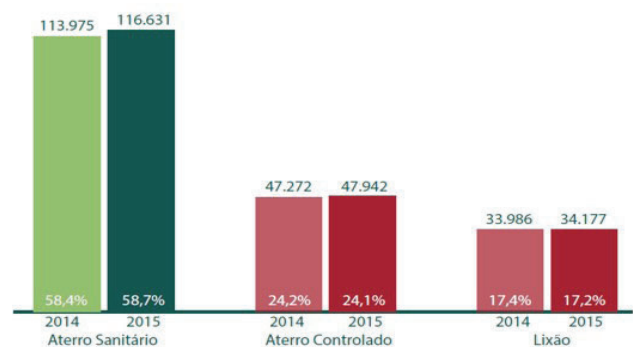
Aplicar os critérios propostos pela NBR 15849:2010 para seleção locacional;

Cálculo progressivo da geração de resíduos;

Estimar a área necessária para a implantação do aterro sanitário de pequeno porte no município; e

Escolher dentre três locais pré-selecionadas o mais adequado ambientalmente para a implantação do ASPP, no município de Boquira/BA.

Gráfico 5.1: Disposição Final de RSU no Brasil (T/DIA)



Fonte: ABRELPE (2015)

5.3 Fundamentação Teórica

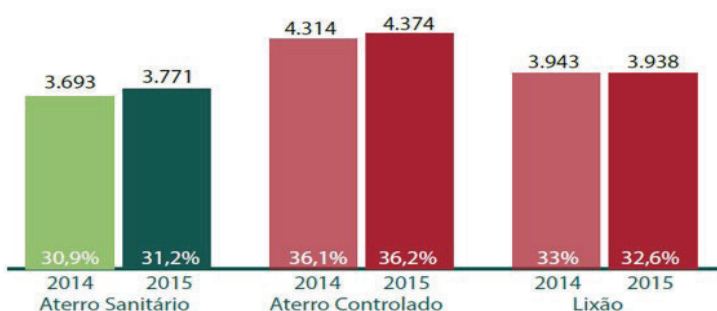
Resíduos Sólidos Urbanos

Conforme a NBR 10004, (ABNT, 2004, pg. 01) os Resíduos Sólidos são definidos como:

Aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível.

Essa definição evidencia a complexidade e variedade dos diversos tipos de resíduos sólidos. Os RSU, em conformidade com a Resolução CONAMA nº 404/2008, “são aqueles provenientes de domicílios, serviços de limpeza urbana, pequenos estabelecimentos comerciais, industriais e de prestação de serviços que estejam incluídos no serviço de coleta regular de resíduos e, que tenham características similares aos resíduos sólidos domiciliares”. Dentre os vários RSU gerados, são normalmente encaminhados para a disposição em aterros sob responsabilidade do poder municipal os resíduos de origem domiciliar ou aqueles com características similares, como os comerciais, e os resíduos da limpeza pública. (PROSAB, 2003).

Gráfico 5.2: Disposição Final dos RSU no Estado da Bahia (T/DIA)



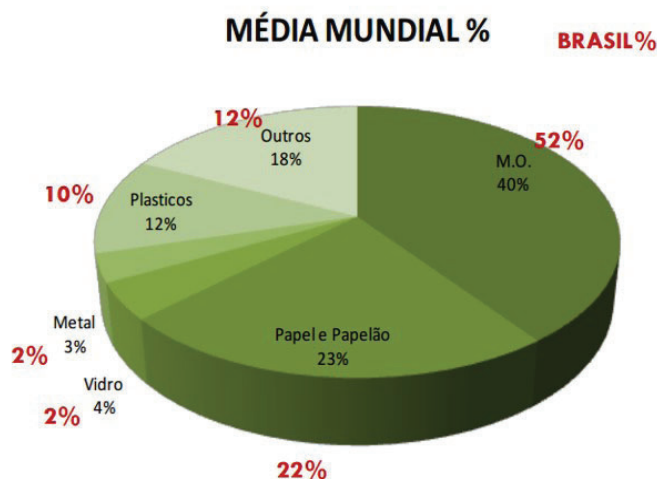
Fonte: ABRELPE (2015)

De acordo com Abrelpe (2015) os números referentes à geração de RSU, no ano de 2015 revelou um total anual de 79,9 milhões de toneladas no país, equivalente a 218.874 t/dia, com um crescimento 1,7% em relação ao ano anterior. Quanto a destinação final dos RSU, apresentou sinais de evolução e aprimoramento, com a maioria dos resíduos coletados, sendo

encaminhado para aterro sanitário, apenas 41,3% possui disposição irregular, promovendo o descarte em aterros controlados e lixões, conforme mostra o gráfico abaixo:

A região Nordeste, no ano de 2015, gerou em torno de 55.862 toneladas/dia de RSU, das quais 78,6% foram coletadas. Do montante coletado na região, 64,3% ou 28.206 toneladas diárias ainda são destinadas para lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2015).

Gráfico 5.3: Composição de RSU



Fonte: BOSCOV & BENVENUTO, 2012.

No estado da Bahia no ano de 2011, foi realizada uma pesquisa pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia, a qual registrou que dos 417 municípios visitados, 359 depositava os RSU em destinos finais irregulares (SEDUR, 2014).

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas Públicas o Estado da Bahia, no ano de 2015, teve uma geração diária de 14.921 toneladas de RSU, superior aos anos anteriores, sendo que apenas 12.083 (t/dia) foram coletadas. Desse montante, de acordo com informação extraída do PGIRS (Ecos, 2014), o município de Boquira contribuiu com uma geração diária de 14 toneladas aproximadamente.

Quanto à disposição final, o estado apresentou, na sua grande maioria os mais altos números de disposição inadequada dos RSU, de toda região, equivalente a 68,8 % conforme apresentado no Gráfico 5.2:

Vale ressaltar que os dados da Regionalização da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos indicam que a maioria dos aterros sanitários construídos na Bahia, com recursos federais se trans-

Fig. 5.1: Esquema de um Lixão.
Fonte: <http://www.lixo.com.br/content/view/144/251/> .Acesso em: 21 de maio 2017.

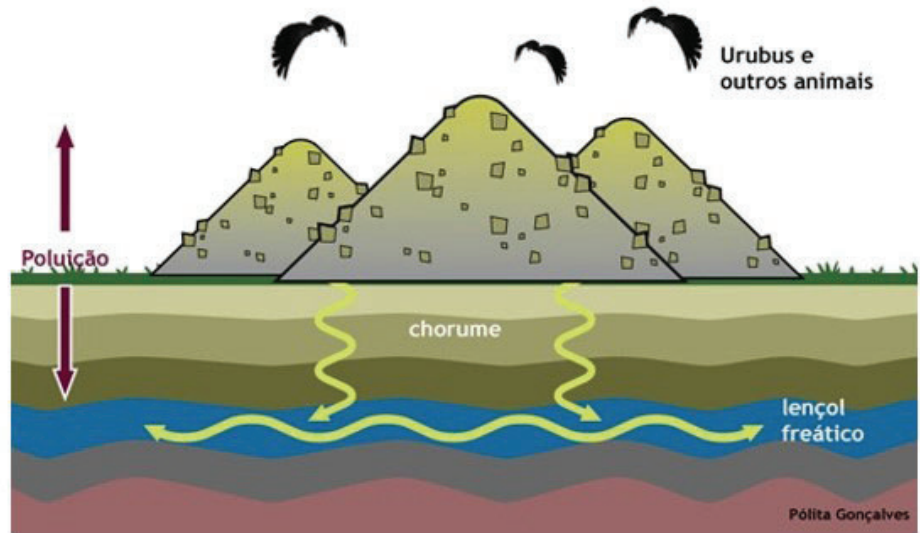


Fig. 5.1: Esquema de um aterro controlado. Fonte: <http://www.lixo.com.br/content/view/144/251>. Acesso em: 21 de maio 2017.

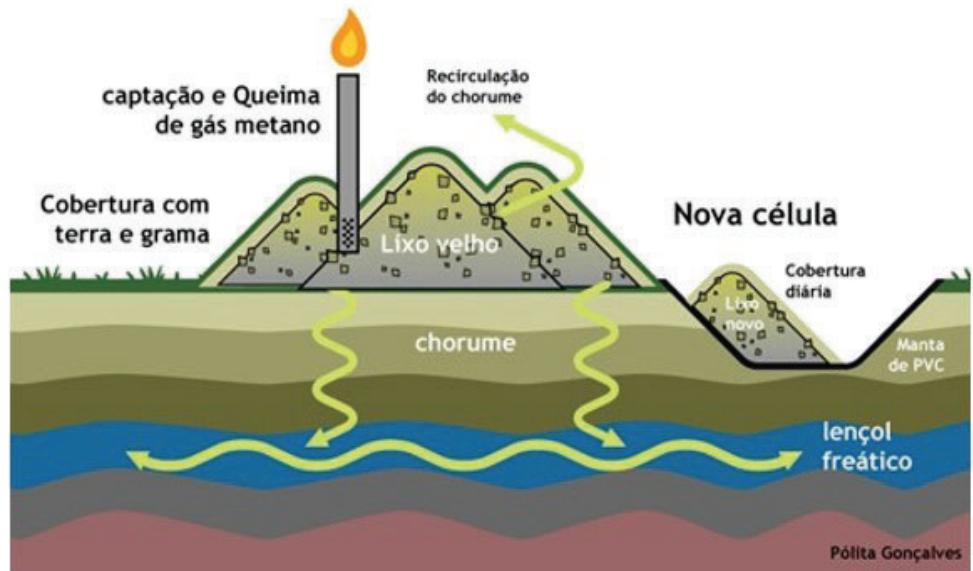
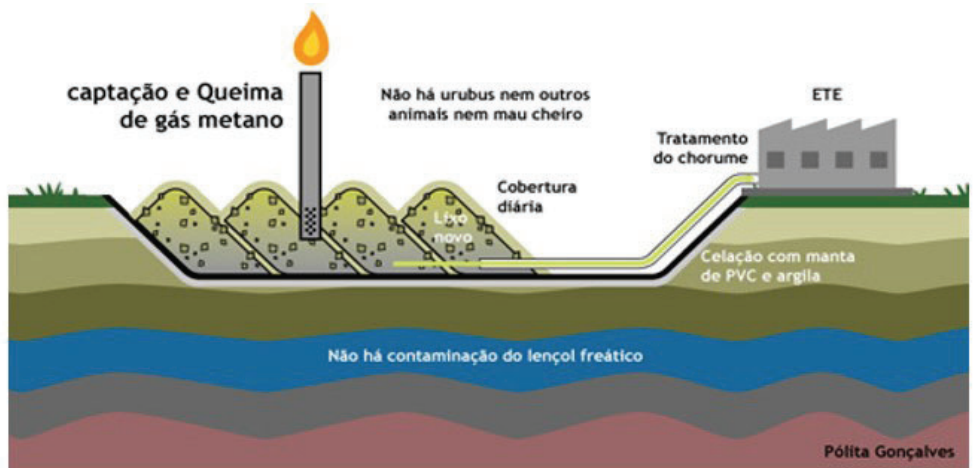


Fig. 5.3: Esquema de um aterro sanitário. Fonte: <http://www.lixo.com.br/content/view/144/251>. Acesso em: 21 de maio 2017.



formou em vazadouros a céu aberto (SEDUR, 2014).

A Resolução CONAMA nº 404/2008, a NBR 15948 /2010, estabelece que são considerados aterros sanitários de pequeno porte aqueles com disposição no solo de até 20 t/dia de resíduos sólidos urbanos não perigosos. Sendo assim, a quantidade de RSU coletados por dia no município de Boquira-BA se enquadra neste quesito.

Além do aspecto quantitativo, é importante conhecer os aspectos qualitativos dos resíduos sólidos urbanos. O parâmetro que melhor expressa o fator qualitativo dos resíduos sólidos urbanos é a composição gravimétrica. (SILVA, 2016).

Segundo Boscov (2008) a composição gravimétrica, varia conforme o local, em função dos hábitos, alimentação e forma de vestir) e do nível educacional da população, da atividade econômica dominante (industrial, comercial ou turística) do desenvolvimento econômico e do clima. Por exemplo, cidades localizadas em países mais desenvolvidos e industrializados, tendem a gerar menor teor de materiais de Matéria Orgânica (M.O.) que em países menos desenvolvidos, como se observa no Gráfico 5.3.

Forma de disposição final dos RSU

A lei Estadual 12.932/2014, em seu Art. 11º inciso XII, define disposição final ambientalmente adequada com “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a minimizar os impactos ambientais adversos e evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança.” As formas finais de disposição mais usadas são: Lixão, Aterro Controlado e Aterro Sanitário.

Lixão

Segundo Silva (2016) o lixão trata-se uma forma de disposição dos RSU totalmente inadequada do ponto de vista ambiental e sanitário, o qual consiste na disposição direta dos resíduos no solo natural sem uma devida camada de proteção de base, que contribui para a contaminação do solo e das águas subterrâneas por não possuir camada de proteção diária e nem final, conforme apresentado na Fig. 5.1.

Até os últimos anos do século passado os lixões a céu aberto, eram os locais onde mais se descarregava o lixo, sem qualquer cuidado ou controle (BARROS, 2012). Na maioria dos casos a prática de disposição final do lixo em terrenos muitas vezes inaptos para recebê-los, se deve ao fato de

muitos gestores acreditar que, por se tratar de uma prática fácil e de baixo custo resulta numa simples solução.

Aterro controlado

Conforme a NBR 8849/1985 da ABNT, o aterro controlado consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais. Segundo Boscov (2008), os resíduos são cobertos com solo e eventualmente compactados, porém sem impermeabilização de base, drenagem e tratamento de chorume e gases. É vista como uma atividade poluente, pois, as medidas de controle adotadas não são suficientes para evitar a degradação ao meio ambiente.

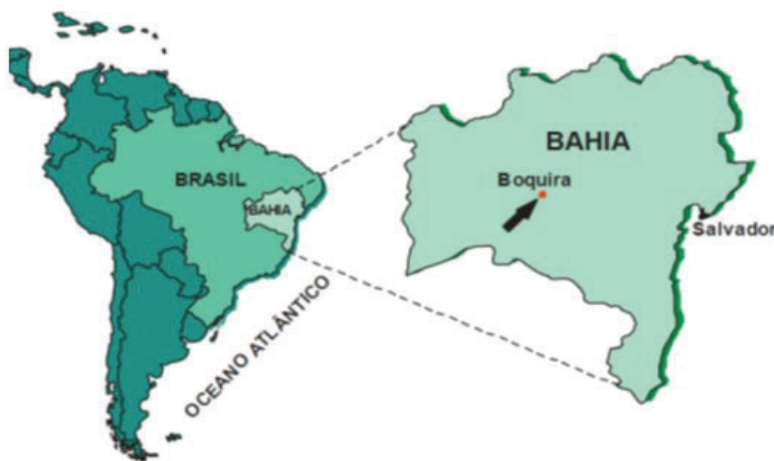
Aterro Sanitário

De acordo com a NBR 15849 (ABNT, 2010) Aterros Sanitário consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e a sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos a menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

Aterro Sanitário de Pequeno Porte (ASPP)

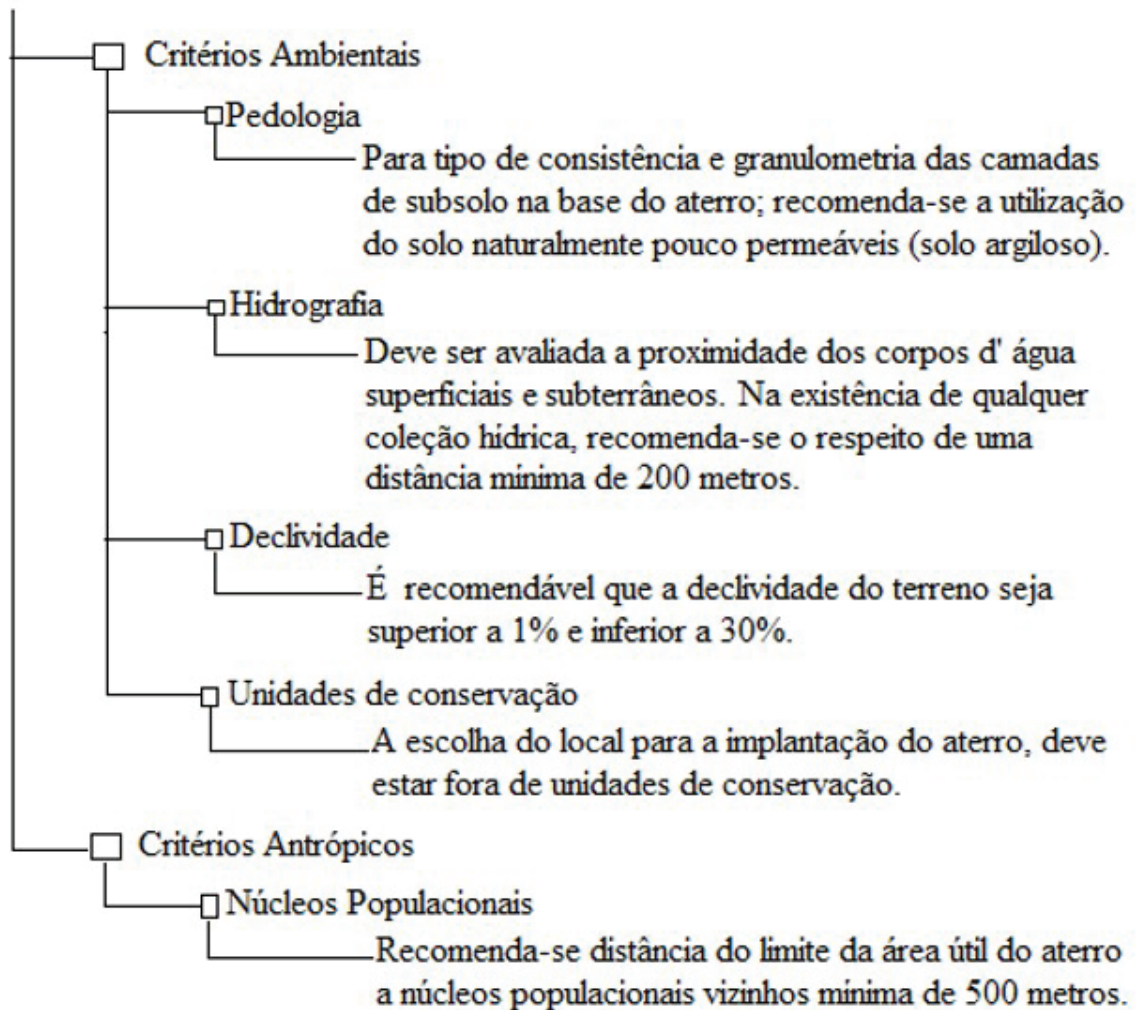
Consiste numa área selecionada ambientalmente para disposição no solo de até 20 t/dia de resíduos sólidos urbanos não perigosos de acordo com critérios e diretrizes da Resolução

Fig. 5.4: Mapa de Localização.



Fonte: (CORREIA 2007 apud SANTOS, 2014).

Crêterios para a sele o da  rea



Conama n  404/2008 em que, considerados os condicionantes físicos locais, a concep o do sistema possa ser simplificada, reduzindo os elementos de prote o ambiental sem prejuízo da minimiza o dos impactos ao meio ambiente e   saúde pública.

Os ASPP, podem ser concebidos para execu o em valas ou trincheiras, mediante escava o do solo; execu o em encosta, aproveitando desníveis existentes ou execu o em área quando não for possível a escava o no terreno, depositando os resíduos, em camadas, sobre o solo existente, conforme especifica es da ABNT NBR 15.849/2010, que apresenta as Diretrizes para localiza o, projeto, implanta o, opera o e encerramento. (SEDUR, 2014).

Legisla o

A gestão dos resíduos sólidos, assim como outros serviços de infraestruturas urbanos,   responsabilidade do poder público municipal, em conformidade da Constitui o Federal Brasileira. Segundo o Art. 225  da CF/1988 todos têm direito ao meio

ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial   sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e   coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gera es. O Art 30  da CF/1988 que trata da Competência do Município, no seu inciso V, compete ao município organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local.

A lei Federal 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) prioriza que todos os municípios brasileiros destinam os lixos gerados ao destino ambientalmente adequado (BRASIL, 2010). Em seu Art. 7 , dispõe sobre os objetivos da PNRS, e um dos principais consiste na prote o da saúde pública e da qualidade ambiental. Para isso, a lei proíbe a final inadequada de resíduos sólidos, a exemplo dos lixões e aterros controlados, o que levará os municípios a adotarem soluço técnicas mais adequadas para disposi o e tratamento de resíduos em aterros sanitários.

No Art. 19  da lei 12.305/2010, determina que o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) tem o seguinte conteúdo mínimo:   2  Para Municípios com menos de 20.000 (vinte mil) habitantes, o (PGIRS), terá conteúdo simplifi-

Fig. 5.5: Vazadouro a céu aberto utilizado como destinação final (Bacia de rejeito da mineração)

Fonte: Autor

cado, na forma do regulamento. § 8º A inexistência do (PGIRS) não pode ser utilizada para impedir a instalação ou a operação de empreendimentos ou atividades devidamente licenciadas pelos órgãos competentes.

O Art. 9º inciso III da lei Estadual de 12.932/2014, tem como uma de suas diretrizes gerais da implementação da Política Estadual de Resíduos Sólidos - PERS: o apoio à erradicação, à recuperação e à requalificação de áreas de destinação e de disposição final inadequadas de resíduos sólidos, a exemplo de lixões, aterros controlados e aterros sanitários mal operados;

No que tange as Unidades de Conservação a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Em seu inciso I, define Unidade de Conservação: “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”.

A implantação de aterro sanitário, por se trata de uma atividade que impacta o meio ambiente, a resolução CONAMA nº 001/86, instituiu a obrigatoriedade da elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para fins do licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente

9.4 Critérios preliminares para seleção de área

Segundo Ribeiro (2011) existem diversas ferramentas que auxiliam a seleção de áreas para a implantação de aterros sanitários, como: o uso da lógica fuzzy e análise multicritério; e sistemas de informação geográfica (SIG) como o ArcGIS. Quanto aos estudos preliminares para análise da viabilidade de implantação do ASPP, baseiam-se nos critérios específicos da ABNT NBR

15.849/2010:

5.5 Metodologia

Os procedimentos metodológicos, consistiu-se em Pesquisa Bibliográfica e levantamento de campo. A partir do levantamento de campo foram adotados procedimentos estabelecidos pela nova norma NBR 15849/2010, e assim viabilizar alternativas locacionais para o aterro sanitário simplificado, considerando as especificidades do município.

Inicialmente foi necessário a realização de um diagnóstico da caracterização física do município, com a descrição das condições geológica, geomorfológicas, hidrogeologia, pedológica e climáticas, incluindo a unidade de conservação. Foi desenvolvido levantamento da geração de RSU nos últimos 20 anos. Com dados do IBGE, Datasus e o PGRIS (Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Boquira/BA) elaborado pela Empresa de Consultoria Ambiental -ECOS, 2014 – estimou-se o crescimento populacional e a geração de resíduos, para os próximos 20 anos (usando Software Excel).

E por fim, com auxílio do SIG ArcGIS 10.2, foi desenvolvido o processamento dos dados e a fonte para sua geração, baseado no trabalho desenvolvido por Santos (2016). A descrição metodológica desse trabalho, apresenta-se detalhadamente a seguir:

5.6 - Caracterização do município de estudo

O município de Boquira está localizado na mesorregião Centro-oeste do estado da Bahia, no Vale do Rio Paramirim e a borda leste da Serra do Espinhaço Setentrional, corresponde a uma área territorial de 1.426,233 km² (IBGE, 2015). Dista cerca de aproximadamente 650 km de Salvador.

Tabela 5.2. Origem e destino final dos Resíduos Sólidos no Município de Boquira/BA.

Ano	Origem	Origem e destino final dos Resíduos sólidos						Total
		Serviço / limpeza	Coletado / caçamba	Queimado/ propriedade	Enterrado / propriedade	Jogado em terreno baldio	Outros destinos	
1990	Domiciliar	594	27	165	2	1.168	2.029	3.985
	Morador	2.697	125	756	8	5.550	10.282	19.418
2000	Domiciliar	1.275	28	1.942	141	1.502	52	4.940
	Morador	5.108	124	9.245	670	6.709	238	22.094
2010	Domiciliar	2.292	22	2.826	56	531	67	5.794
	Morador	7.861	75	11.589	204	2.017	248	21.994

Fonte: DATASUS (2011).

Do ponto de vista geológico, o município localiza-se na porção central da entidade geotectônica denominada Cráton do São Francisco, sobre o corredor de deformação do Paramirim (SANTOS, 2016). Esta feição é formada pelo Espinhaço Setentrional, pelo Bloco do Paramirim, parte do Bloco Gavião e pela Chapada Diamantina Ocidental (ALMEIDA, 1977 apud SANTOS, 2016); Segundo Garcia (2011), no município de Boquira, ocorre litotipos de idades arqueanas a paleoproterozóicas, além de coberturas neogênicas associadas. As rochas arqueanas são representadas pelo Complexo Paramirim e pelas rochas do Complexo Boquira, uma sequência do tipo Greenstone Belt. Tais rochas foram intrudidas pelo Granito de Boquira, paleoproterozóico.

Quanto a geomorfologia a área de estudo está dividida por dois domínios: A depressão do vale do Rio Paramirim e a Serra Setentrional do Espinhaço. Podem ser observados dois ambientes hidrológicos: Terrenos com altas declividades e com alguma capacidade de armazenar águas em estruturas subterrâneas; terrenos com coberturas detríticas nas depressões interplanálticas, pouco acidentados e solo de granulometria que favorece a infiltração o que resulta baixa produção de água para os rios.

Hidrograficamente o município, insere-se na Região de Planejamento e Gestão das Águas RPGA- XX, denominada de Rios do Paramirim e Santo Onofre. O Município tem como principais drenagens o Rio Paramirim, Riacho Boquira, Riacho Santa Rosa, Riacho São Marcos e Riacho do Mosquito (SEI, 2011), poucos são perenes.

Apresenta aspectos climáticos equatoriais, sendo caracterizado por apresentar médias pluviométricas anuais muito inferiores às outras regiões do Estado, e longos períodos de estiagem; com tipologia climática segundo Thornthwaite é DdA' – semiárida,

não há excedente hídrico. Existe precipitação de primavera/verão e índice hídrico de -20 a -40% (SEI, 2003 apud SANTOS, 2016). Sua pluviosidade encontra-se em isoietas acima de 894,8 mm anuais, sendo que o período chuvoso vai de outubro a março, o mês de dezembro é o mais chuvoso; apresentando uma temperatura média anual em torno de 23,8°C. (SANTOS, 2016).

Quanto as características pedológicas são observados no polígono do município, conforme Figura 6, os seguintes tipos de solos: Argissolos Vermelho-amarelo Eutrófico (PVAe), Latossolo Vermelho Eutrófico (LVe), Latossolo Vermelho-amarelo Distrófico (LVAd), Neossolos Litólicos Distróficos (RLd) e Neossolos Litólicos Eutróficos (RLe). Para a (EMBRAPA 2005, apud SANTOS, 2016) são conceituados como:

O solo argissolos são solos que apresentam profundidade variável, mas em geral são pouco profundos e profundos. São constituídos por material mineral, que têm como características marcantes um aumento de argila de baixa atividade do horizonte superficial A para o subsuperficial B que e do tipo de textura (Bt);

$$P = P_0(1 + i)^t = i = \sqrt[t]{\frac{P}{P_0}} - 1 = \sqrt[6]{\frac{22.448}{22037}} - 1 = 0,31\%$$

O Latossolos, em geral, é profundo e de boa drenagem. Caracterizam-se pela homogeneidade de características ao longo do perfil. São constituídos por material mineral, da fração argila, predominantemente caulínica ou caulínica-oxídica;

Já os Neossolos – Solos constituídos por material mineral, não hidromórficos, ou por material orgânico pouco espesso

(menos de 20 cm de espessura), que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos.

Em conformidade com o Plano Diretor Participativo do Município de Boquira, há apenas uma unidade de conservação registrada, a “APA Broto D’água”. De acordo com o CONAMA nº 010/ 1998 a APA (Área de Preservação Ambiental) “são unidades de conservação, destinadas a proteger e conservar a qualidade ambiental e os sistemas naturais ali existentes, visando a melhoria da qualidade de vida da população local e também objetivando a proteção dos ecossistemas regionais.”

Tabela 5.1: População do município de Boquira referentes a anos anteriores

Ano	População (hab)
1980	19.070
1991	19.444
2000	22.121
2007	21.865
2010	22.037
2016	22.448

Fonte: DATASUS (2011); IBGE (2015)

Quanto a população municipal, de acordo com o censo 2010 era de 22.037 habitantes, cuja densidade demográfica era de 14,83 hab/km². Entre os anos de 2000 e 2007, houve uma queda na quantidade da população do município, conforme apresenta a Tabela 5.1. Já a estimativa populacional do município para o ano

$$V = \frac{GO \left(\frac{ton}{ano} \right)}{Y^{\circ} Comp \left(\frac{ton}{m^3} \right)} = \frac{5588,15}{0,4} = 13.970,38 \text{ m}^3/\text{ano}$$

de 2016 foi de 22.448 habitantes, cuja densidade demográfica é 15,74 hab/ Km². Vale ressaltar que houve também, uma redução da área territorial do município de acordo com a nova lei 12.631 de 2013.

No que tange a origem e destinação final dos resíduos sólidos urbanos do município de Boquira-BA, de acordo com levantamentos feitos pelo IBGE e informações extraídas do Datasus (2011), durante os últimos 20 anos tem obedecidos os seguintes destinos como sendo coletados por serviços de limpeza, coletado por caçamba, queimado/enterrado na propriedade, jogado em terreno baldio e outros destinos, conforme mostra a Tabela 5.2. Observa que houve uma redução, nos últimos anos para o qual seria o mais apropriado, a coleta realizada por caçamba, seguida de um destino ambientalmente adequado.

O Ministério Público do Estado da Bahia, em 2007, através do Relatório, Desafio do lixo: problemas, responsabilidades e perspectivas, mostrou o resultado da avaliação e a gravidade da condição ambiental dos pontos de destinação final de resíduos urbanos na Bahia, quando foram pontuadas notas de 0 a 100, o município de Boquira obteve nota igual a 16,7 indicando uma péssima qualidade. (BAHIA, 2007).

Conforme o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólido do Município, a Prefeitura Municipal é a responsável pelo gerenciamento dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, coletado nas seguintes localidades: Brejo Grande, Descoberta, Trevo, Vila dos Operários, Tiros e Pajeú, sendo que uma empresa privada era responsável pela execução das atividades, como: varrição, coleta, transporte e destino final, esta última se dá na bacia de rejeito da mineração Boquira, que caracteriza como o lixão do município ou vazadouro a céu aberto.

A bacia está localizada a menos de 1Km do centro urbano do município conforme mostra a Fig. 5.5. De acordo com Alves & Bertolino (2014), a bacia contém altos teores de metais pesados. Além disso o lixão facilita a proliferação de vetores como insetos e roedores, e doenças por permitir o livre acesso de pessoas (catadores).

$$A = \frac{V (m3)}{Prof. (m)} \times 20\%$$

$$A = \frac{17646,00(m3)}{4 (m)} \times 20\% = 8,823 \text{ ha}$$

$$A = 8,823 * 30 \%$$

$$A = 11,5 \text{ ha}$$

5.7 Caracterização Quanti-qualitativa dos RSU do Município de Boquira/BA.

A estimativa das quantidades de resíduos sólidos a serem geradas em um município, estão diretamente relacionadas ao crescimento da sua população, a geração per capita, bem como a questão socioeconômica do município. Para calcular a taxa de crescimento populacional existem várias formas, Alves et al. (2008) recomenda-se a utilização do método geométrico

$$P = P_0 \cdot (1 + i)^t$$

Onde:

P = é a população que se deseja encontrar em certo ano;

P₀ = é a população inicial;

Tabela 5.3. Apresentação de dados da estimativa populacional e geração de RSU para o município de Boquira/BA.

Vida útil	Ano	População estimada e geração de Resíduos sólidos (RS)				
		Geométrica	Geração per capita RS (kg/hab/dia)	Geração diária RS (ton/dia)	Geração anual RS (ton/ano)	Volume anual RS (m3)
1	2017	22.517	0,68	15,31	5.588,15	13.970,38
2	2018	22.587	0,686	15,49	5.655,48	14.138,71
3	2019	22.656	0,692	15,68	5.722,54	14.306,36
4	2020	22.726	0,698	15,86	5.789,97	14.474,92
5	2021	22.796	0,704	16,05	5.857,75	14.644,37
6	2022	22.867	0,711	16,26	5.934,24	14.835,61
7	2023	22.937	0,718	16,47	6.011,15	15.027,88
8	2024	23.008	0,725	16,68	6.088,48	15.221,20
9	2025	23.079	0,732	16,89	6.166,23	15.415,56
10	2026	23.150	0,739	17,11	6.244,39	15.610,98
11	2027	23.222	0,746	17,32	6.322,99	15.807,46
12	2028	23.293	0,753	17,54	6.402,00	16.005,01
13	2029	23.365	0,760	17,76	6.481,45	16.203,62
14	2030	23.437	0,767	17,98	6.561,32	16.403,30
15	2031	23.509	0,774	18,20	6.641,63	16.604,07
16	2032	23.582	0,781	18,42	6.722,36	16.805,91
17	2033	23.655	0,788	18,64	6.803,54	17.008,84
18	2034	23.728	0,795	18,86	6.885,15	17.212,87
19	2035	23.801	0,802	19,09	6.967,19	17.417,99
20	2036	23.874	0,810	19,34	7.058,40	17.646,00

i = é a taxa de crescimento;

t = é a diferença em anos do ano da população em P_0 e da população em P .

Conforme já apresentado na Tabela 5.1, a população do município de Boquira de acordo como o IBGE (2015), para o presente trabalho tem-se os seguintes dados:

$P_0 = 22.037$ hab. (2010); $P = 22.448$ hab. (2016); $t = 6$ anos

Com isso, foi possível calcular a taxa de crescimento populacional, por meio da equação abaixo, que resultou em 0,31 %.

Para o cálculo da geração atual dos resíduos, as informações foram extraídas do PGIRS- PGRIS (ECOS,2014). A geração obtida por amostragem para o ano de 2014, foi de 0,66 Kg/hab/dia, considerando um acréscimo de 1% ao ano sobre a geração per capita, tem-se para o ano de 2017, o equivalente a 0,68 (Kg/hab./dia), cuja população estimada a 0,31% é de 22.517 habitantes.

Para o cálculo da geração de resíduos sólidos estimada para o ano de 2017, foi feito obedecendo a seguinte equação, conforme (LANGE e SIMÕES, 2008):

$$G_0 = P_0 \cdot GP_0 \cdot C_0,$$

Onde

G_0 = geração atual de resíduos (kg/d);

P_0 = população total do município (hab) estimada para o ano de 2017;

GP_0 = geração per capita atual (kg/hab.d);

C_0 = cobertura atual da coleta de lixo em (%).

Considerando que a cobertura seja em 100 %, tem-se para efeito de cálculo a equação:

$$G_0 = P_0 \cdot GP_0 \cdot C_0$$

$$G_0 = 22.517 * 0,68 * 100\%$$

$$G_0 = 15.311,56 \text{ Kg/dia}/1000$$

$$G_0 = 15.31 * 365 \text{ dias}$$

$$G_0 = 5.588,15 \text{ ton/ano}$$

Para o cálculo do volume de lixo gerado durante a vida útil

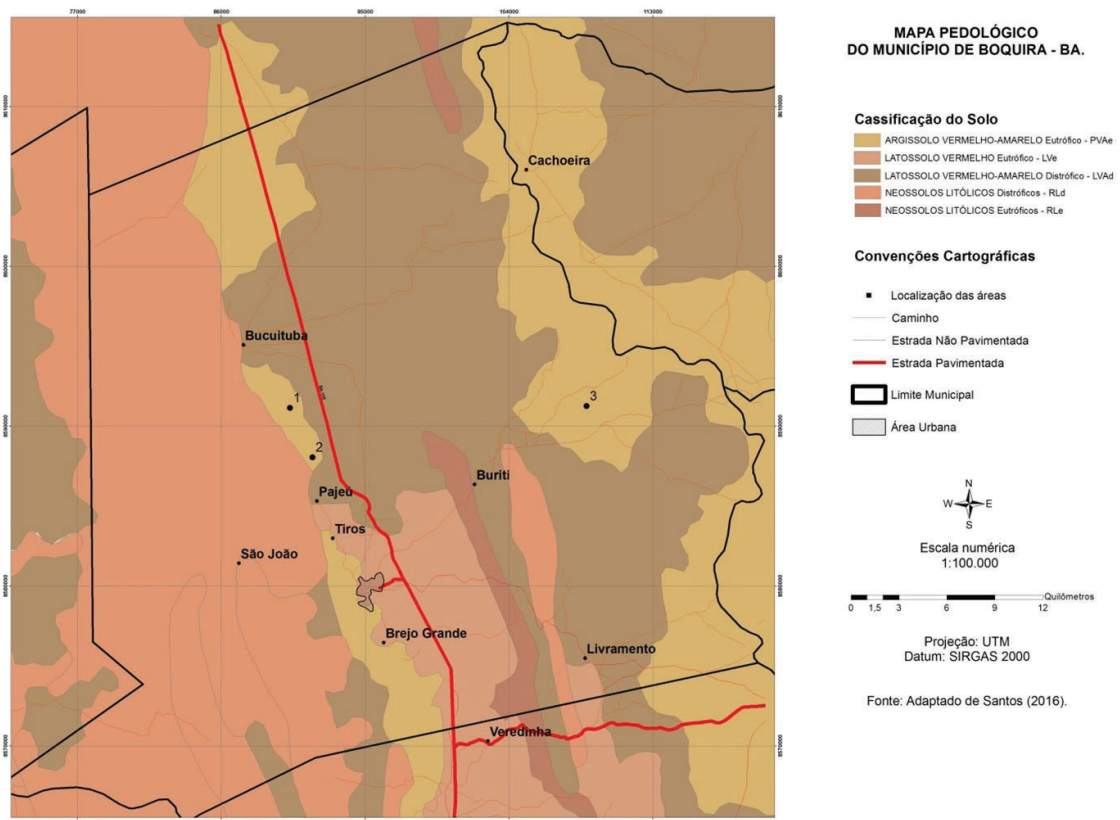
Tabela 5.5: Composição gravimétrica do RSU, no município de Boquira-Ba por classe de Renda.

Faixa de Renda	Baixa (C)		Alta /Média (AB)	
Componentes	Peso (Kg)	Porcentagem (%)	Peso (kg)	Porcentagem (%)
Materia orgânica	32,81	29,50	37,50	33,48
Papel/papelão	10,78	9,69	9,72	8,68
Vidro/louça	10,31	9,27	8,88	7,93
Plástico	24,37	21,91	26,9	24,01
Metal/alumínio	4,68	4,20	8,75	7,81
Trapo/couro	10,78	9,69	9,16	8,18
Isopor	1,87	1,68	0,83	0,74
Papel higiênico/fralda	10,62	9,55	6,94	6,19
Madeira	1,87	1,68	2,22	1,98
RCC	2,5	2,25	1,11	0,99
Outros	0,62	0,56	-	-
TOTAL	111,21	100,00	112,01	100,00

Fonte: ECOS,2014.

do aterro sanitário, que será estimada para os próximos 20 anos. Salienta-se que a abordagem dos cálculos, é feita ano a ano. O grau de compactação ($Y^{\circ}Comp.$) a ser adotado é de 400 Kg/m³ (0,4 ton/m³) conforme Conder (2002) apud. Bellezoni et. al. (2010). Para encontrar o volume produzido anualmente, foi usada a equação abaixo e obteve o valor de 13.970,38 m³/ano.

Fig. 5.6: Mapa Pedológico do Município de Boquira-Ba.



Quadro 5.1: Avaliação dos Pontos Pré-selecionados

Critério	Definição	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Solo	(Solos argilosos, argiloso-arenosos ou argilo-siltosos)	Adequado	Adequado	Adequado
Corpos d'água superficiais	Distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso d'água;	Adequado	Adequado	Inadequado
Proximidade do freático	Em relação a base do aterro ou em seu entorno imediato;	Adequado	Adequado	Inadequado
Clinográfica (Declividade)	Características topográficas da área devem ser tais que permitam uma das soluções adotáveis para o preenchimento do aterro, recomenda-se locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%;	Adequado	Adequado	Adequado
Distância de Núcleos Populacionais	Distância mínima de 500 m dos núcleos populacionais	Adequado	Inadequado	Adequado

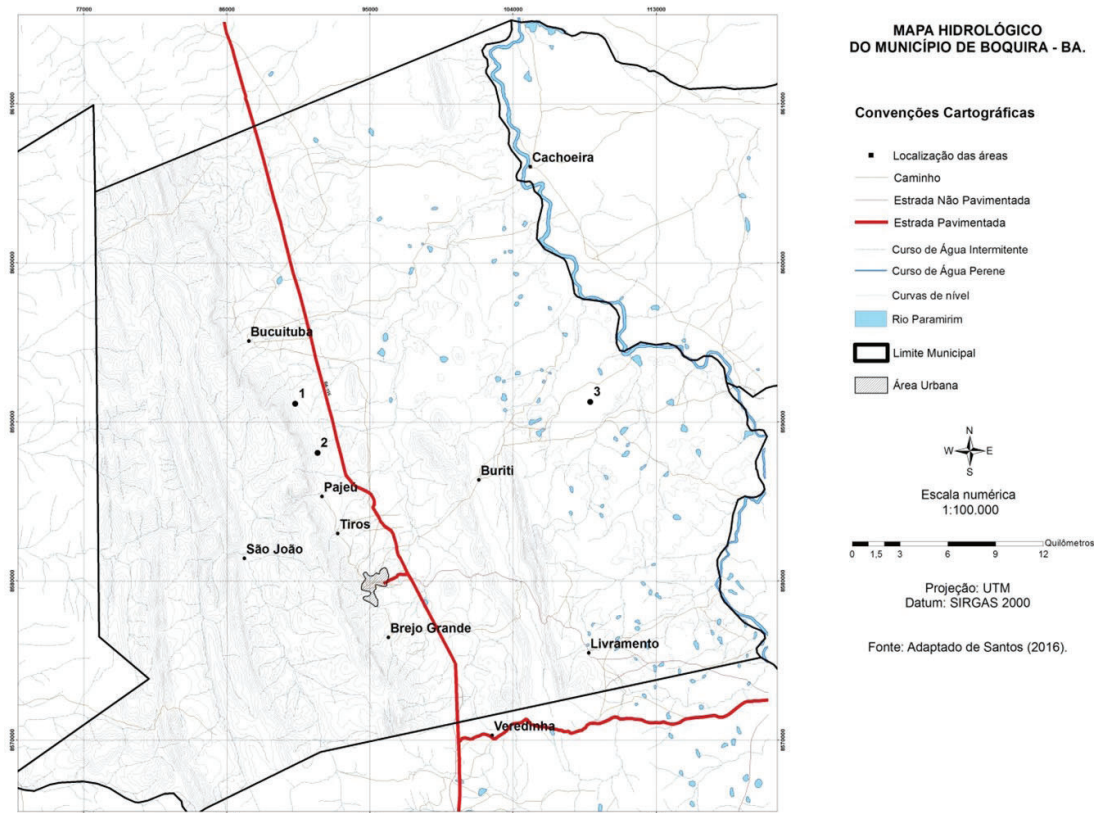
Fig. 5.7: Mapa Hidrológico do Município de Boquira-Ba.

Fig. 6.8: Mapa Declividade do Município de Boquira-Ba.

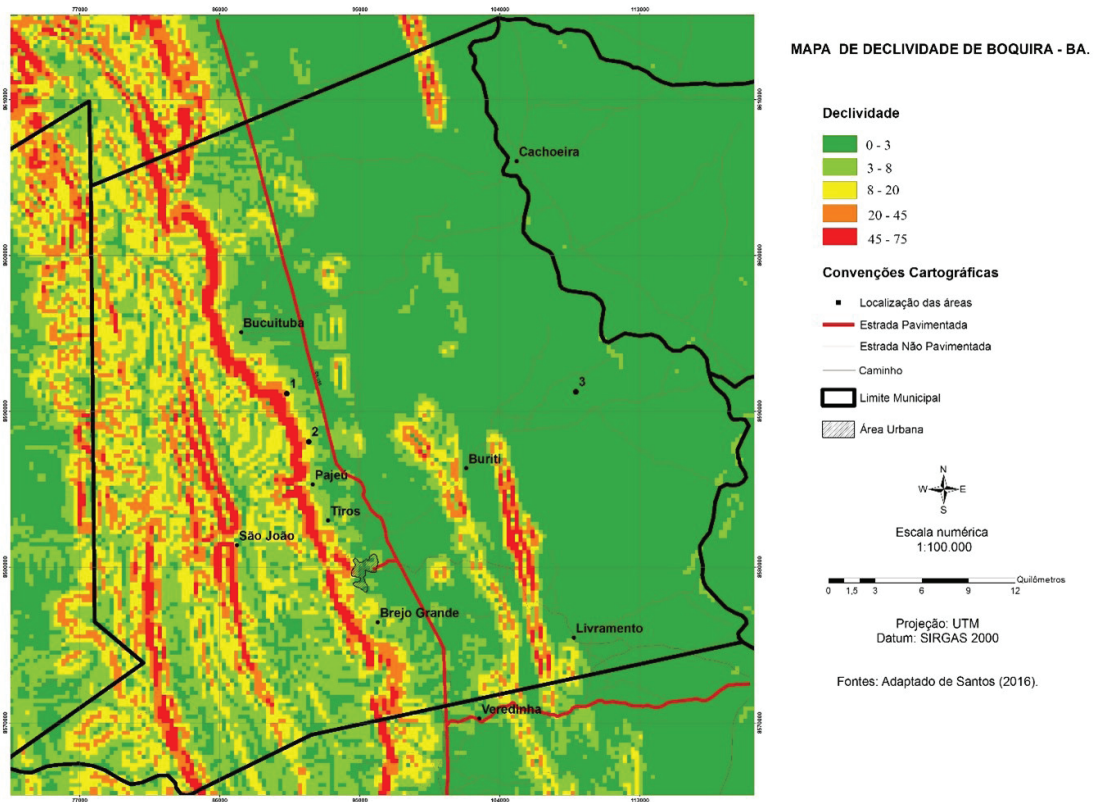


Fig. 5.9: Mapa de Localização dos Pontos Propostos para Aterro sanitário

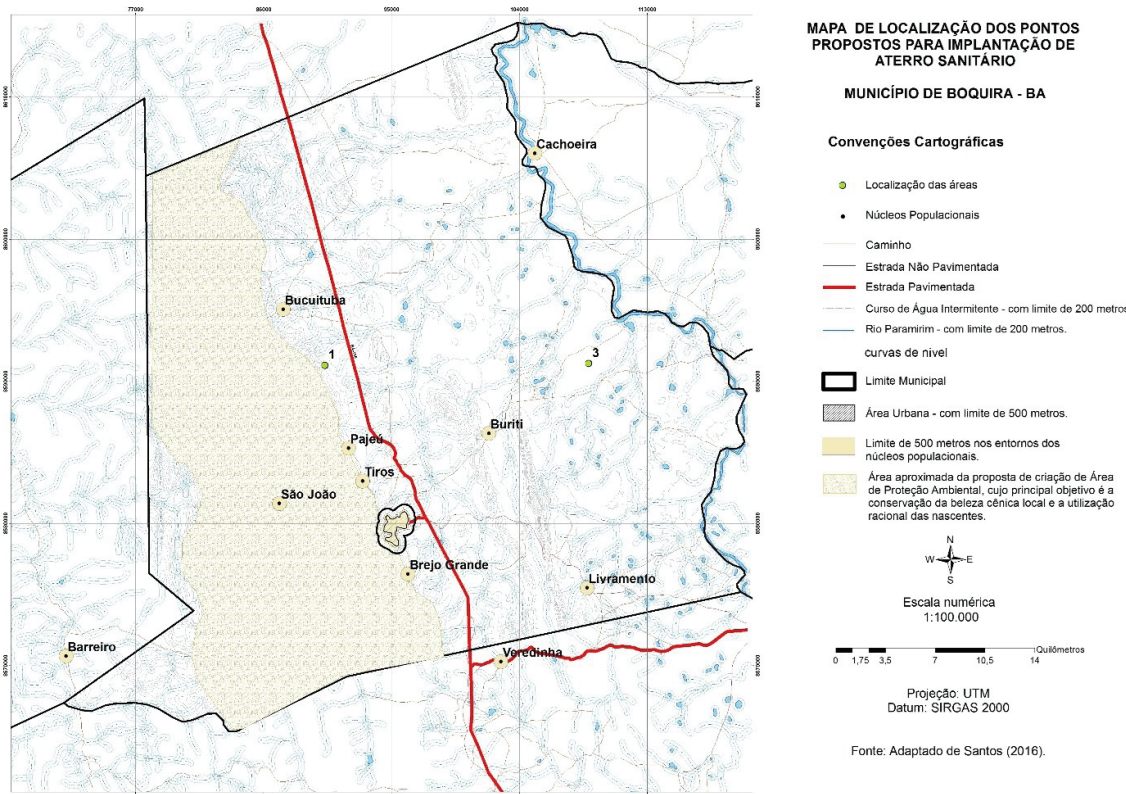
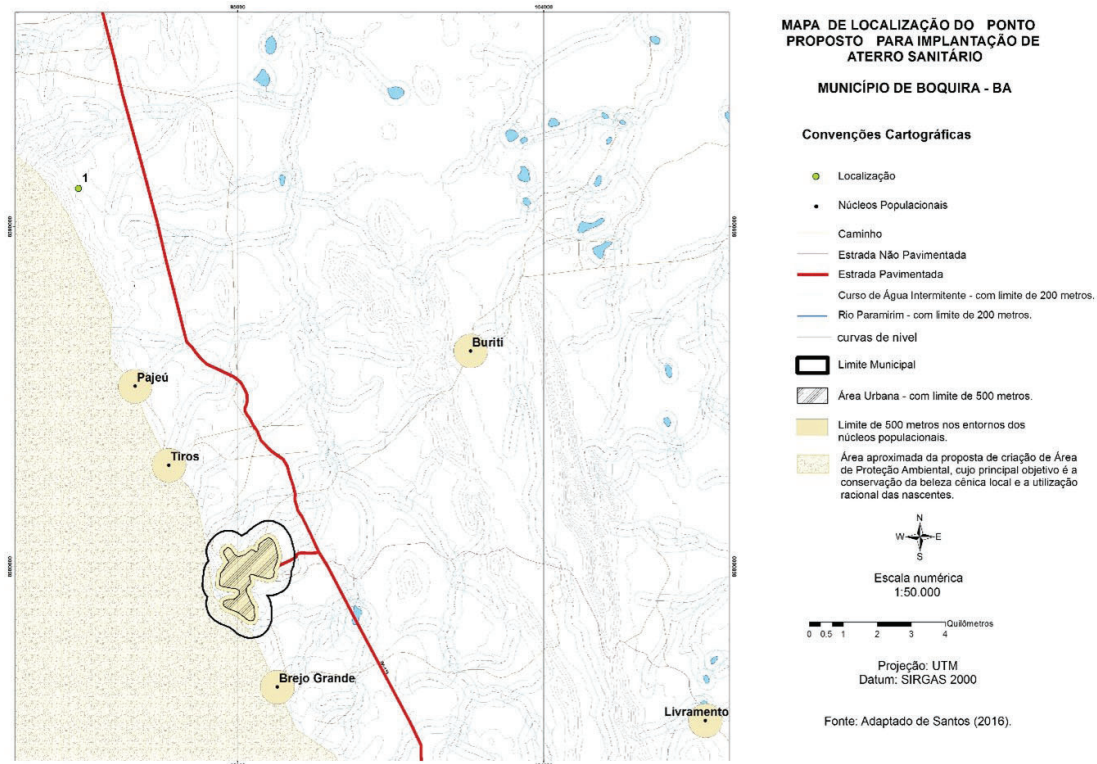


Fig. 5.10: Mapa de Localização dos Ponto selecionado para Aterro sanitário



Quanto ao aspecto qualitativo no município de Boquira, de acordo com informações extraídas do PGRIS, ECOS (2014) a composição gravimétrica dos resíduos coletados segue mostrado na Tabela 5.4 juntamente com a porcentagem de cada material, para uma amostra equivalente a 223,22 kg.

Ao analisar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerado no município de Boquira/BA, pelas diferentes faixas de renda percebe-se, que grande parte dos resíduos poderiam ser reciclados e/ou reaproveitados. Todavia, devido à ausência de um plano que contempla atividades como: coleta seletiva, compostagem da matéria orgânica e principalmente a Educação ambiental, toda a massa que é coletada segue para ser disposta no vazadouro a céu aberto.

5.8 Resultados e discussão

Nesta etapa serão discutidos os seguintes itens: Estimativa do tamanho da área, os critérios adotados para a seleção do local e por fim, a escolha do local para implantação do empreendimento.

Estimativa do tamanho da área

Ao selecionar um local para a implantação de aterro sanitário, independente do porte é necessário primeiramente estimar o tamanho da área. Com a apresentação dos dados da estimativa

populacional, geração de RSU para o município de Boquira/BA, conforme apresentado na Tabela 5.4, e a partir do volume de resíduos gerados, foi possível calcular a área requerida para a construção do aterro.

A área a ser calculada, é para um ASPP do método de trincheira. com isso foi usado o volume estimado final, a norma NBR 15.849, estabelece que a profundidade da escavação deve estar condicionada a estabilidade dos taludes e ao nível do freático. Para a construção de ASPP pelo método de trincheiras e aterramento celular, recomenda-se uma profundidade ≤ 4 m (CONDER, 2002 apud. BELEZONI ET. AL., 2010).

Sendo necessário o acréscimo de 20 % ao volume para o material de recobrimento. Além disso, para a construção de um aterro é importante levar em consideração toda a infraestrutura, como construção de um setor administrativo, guarita, balança rodoviária. A norma NBR 13.896/1997 prevê que é necessário um acréscimo de 50 %, porém por se tratar de um ASPP, terá um acréscimo de pelo menos 30% para a construção dessas edificações. Para efeito de cálculo, tem-se a seguinte fórmula:

Seleção locacional

Com o adensamento populacional e a ocupação desordenada do solo, uma das etapas considerada mais difícil para um projeto de implantação de aterro sanitário é a seleção do local, pois além

aceitação da população, exige também a reunião de todos os critérios técnicos, ambientais e legais.

É importante que a área esteja em um terreno adequado para receber os resíduos durante toda vida útil do projeto, e deve ser também em um local de fácil acesso para o transporte de coleta. Foram pré-selecionados três pontos, através de imagens Satélite – Google Earth- Ponto 1: 742539 W e 8593441 S; Ponto 2: 743829 W e 8589933 S; Ponto 3: 760371 W e 8592954 S e analisadas independentemente, em consonância com a NBR 15849/2010.

O primeiro critério analisado consistiu-se na seleção de locais cujo solo apresentava características de solo argiloso (ver Fig. 6.6). Dentre as tecnologias existentes, o aterro sanitário simplificado, podem ser considerados os mais simples, dispensando sistemas de drenagem de gases e lixiviados e, na maioria dos casos, dispensam barreira impermeabilizante e usam somente a capacidade de atenuação natural do solo (BELEZONI et al. 2010).

O segundo critério adotado foi a hidrologia, de acordo com a NBR 15.849/2010, a localização de aterros sanitários de pequeno porte, deve possuir uma distância mínima 200 metros de qualquer curso d'água, objetivando preservar os recursos hídricos de possíveis contaminações por efluentes. Conforme apresentado na Fig. 5.7.

Sabendo que a declividade das áreas de disposição dos resíduos seja um parâmetro de caráter locacional, ela poderá também apresentar fortes implicações operacionais, passíveis de comprometer a boa manutenção dessas áreas: uma alta declividade possivelmente representará maior dificuldade para a conformação da massa de lixo, maior facilidade para o escoamento superficial do chorume e maior dificuldade de acesso à célula, nos períodos chuvosos. Um terreno com média declividade apresenta os mesmos problemas, embora em menor escala, e a baixa declividade oferece condição mais favorável ao manejo de resíduos (BAHIA, 2007).

A declividade do terreno para a implantação do aterro sanitário, foi o terceiro critério adotado, este configura-se como de suma importância. Nas conformidades da NBR 15.849/2010, a declividade deve ser maior que 1% e menor que 30%. Considerando-se este parâmetro os pontos selecionados, apresentam declividade inferiores a 30%. Ver Fig. 5.8.

Outro critério restritivo e de suma importância para a seleção do local à instalação do aterro sanitário está associado a existência de Unidades de Conservação, segundo Moreira et al. (2016) com base na 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, às atuais gerações, mantendo

seu potencial de satisfazer as necessidades das futuras gerações.

Uma outra condicionante restritiva trata-se da área próxima dos núcleos populacionais. Foi aplicado o critério recomendado pela Norma NBR 15.849/2010, aplicando uma distância mínima de 500 metros em relação à área urbana e demais núcleos populacionais para implantação do Aterro Sanitário de Pequeno Porte. O resultado desta restrição aplicada à área de estudo. O resultado desta restrição aplicada ao local de estudo está apresentado na Fig. 5.9.

Escolha do local para implementação do empreendimento

As reunir os critérios estabelecidos pela Norma, conforme apresentado no Quadro 5.1, foi possível avaliar de modo comparativo os pontos pré-selecionados, posteriormente escolha daquele que mais se apropria à implementação do empreendimento. O Ponto escolhido está apresentado na Fig. 5.10.

5.9 Considerações Finais

Através da aplicação de métodos específicos para a seleção locacional conforme a nova norma brasileira NBR 15849 ABNT, 2010, indicou-se a existência de 03 áreas em condições para implantação do aterro simplificado no município de Boquira/BA. A área com maior restrição foi a indicada no Ponto 3, principalmente por se tratar de uma região de baixa declividade na faixa de 0 a 3 %, além de apresentar-se com maior proximidade do freático, mesmo na ausência destas características não é viável economicamente ao longo prazo, pois localiza-se em uma área muito distante para o acesso do transporte de coleta, gerando assim mais gasto com combustível, manutenção, o que pode ocasionar abandono futuro por parte do gestor em execução. A área intermediária foi a indicada no ponto 2, por se aproximar da Unidade de conservação a APA, e também de núcleos populacionais. A área com melhor indicador, posteriormente a avaliação dos critérios para a implantação do aterro sanitário foi o Ponto 1, pois é o mais adequado aos critérios ambientais.

A escolha de áreas para a implementação de aterro sanitário, constitui-se um importante instrumento de planejamento ambiental, pois ainda que se cumpram todos os critérios técnicos adotados pela Norma, se instalado em uma área desfavorável, poderá vir causar danos ao meio ambiente. Cabe ressaltar que a identificação do local para instalação de aterro sanitário com o uso do SIG se constitui numa importante ferramenta para os estudos prévios de seleção. Os estudos dos aspectos físicos na região permitiram a sumarização das diferenças observadas no contexto de cada ponto, observando-se distinções nos processos técnicos, obtendo assim, locais favoráveis para instalação de aterro sanitário de pequeno porte.

Referencias

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010. NBR15849: Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004. NBR10004: Resíduos Sólidos – Classificação.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985. NBR 8849: Apresentação de Projetos de Aterros Controlados de Resíduos Sólidos Urbanos.
- ABRELPE, 2015. Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil. Disponível em: <www.abrelpe.org.br>. Acesso em 24 de abril 2017.
- ALVES, F. E. A.; BERTOLINO, L. C. Estudo da contaminação do rejeito da mineração de chumbo em Boquira (BA). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.
- ALVES, M. C. M.; BELTRÃO, K.G.Q.B.; JUCÁ, J.F.T. Resíduos Sólidos: Projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: Guia do profissional em treinamento: Nível 2, Salvador, ReCESA:2008.
- BAHIA. Ministério Público. Desafio do lixo: problemas, responsabilidades e perspectivas: Relatório 2006/2007/Ministério Público do estado da Bahia. Centro de Apoio Operacional às Promotorias da Justiça do Meio Ambiente. Salvador: Ministério Público, 2006.125p.: il.
- BARROS, R. T. V. Elementos de gestão de resíduos sólidos. 1ª ed. Belo Horizonte (MG): Editora Tessitura, 2012. 424 p.
- BARRERO, F. M. C. Análise de áreas degradadas pós mineração em municípios da Bacia do rio Paramirim. Salvador – BA, 2008. Disponível em: http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/brasil/Lists/DocumentosTecnicosAbertos/Attachments/489/FI%C3%A1vio_Marques_Castanho_Barreiro_107444_ING%C3%81.pdf. Acesso em 01 de mar. de 2017.
- BICCA, B.; NETO, B.; SOARES, J. Geração de energia através de aterro sanitário. Rio Grande do Sul, 2010. Universidade Federal do Pampa. 11 p.
- BOSCOV, Maria Eugenia Gimenez. Geotécnica ambiental. Oficina de textos. São Paulo, 2008.
- BOSCOV, G. E. M.; BENVENUTO, C. Aterros de inertes e não inertes. São Paulo, 2012 Disponível:http://www.acquacon.com.br/twincities/download/maria_eugenia_boscov_e_clovis.pdf. Acesso em 05 de maio de 2017.
- BRASIL. Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 de ago. de 2010.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 404, de 11 de novembro de 2008. Estabelece Critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Diário Oficial da União. Brasília, 2008.
- Censo demográfico do município de Boquira. 2011. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=113&Itemid=62>. Acesso em maio de 2017.
- DATASUS Tecnologia da Informação a Serviço do SUSAJUDA. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defhttm.exe?ibge/cnv/lixba.def>. Acesso em 21 de abril de 2017.
- ECOS – Projetos Assessoria & Sociambiental. Primeira versão do plano de gerenciamento de resíduos sólidos de Boquira – Ba. Prefeitura Municipal de Boquira. Disponível em: http://boquira.ba.gov.br/arquivos/PGIRS_%20Boquira_Meio_Ambiente.pdf. Acesso em: 20 de março de 2017>
- GARCIA, P. M. P. Análise comparativa de dados geológicos, litogeoquímicos e geofísicos das formações ferríferas do Complexo Boquira e Supergrupo Espinhaço na região de Boquira, BA. Monografia. 2011. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.
- SILVA, K. T. Projeto de um Aterro Sanitário de Pequeno Porte / Karine Trajano da Silva – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2016. IV, 81 p.
- LANGE, L. C.; SIMÕES, G. F.; Resíduos sólidos: Projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: Guia do Profissional em Treinamento: nível 2 / Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 120 p.
- SANTOS, Nelize Lima dos Sustentabilidade ambiental na mineração: estratégias para o plano diretor de mineração no município de Boquira/BA. / Nelize Lima dos Santos.- Salvador, 2016. Folhas 159 f.: il. Color. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências, 2016.
- SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA. https://www.sefaz.ba.gov.br/administracao/ppp/PMI_SEDUR_001_2014_Residuos_Solidos.pdf. Acesso em 20 de maio de 2017.
- SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA – SEI. Mapa da tipologia climática da Bahia. 2003. Disponível em: http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=113&Itemid=62. Acesso em 29 de maio 2017.