



**UFPB – UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ARTHUR FÉLIX SOUSA**

**ESTUDO SOBRE ESCOLHA DE ÁREA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM ATERRO  
SANITÁRIO NA CIDADE DE BRAGANÇA-PA**

**JOÃO PESSOA – PB**

**Março de 2015**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ARTHUR FÉLIX SOUSA

ESTUDO SOBRE ESCOLHA DE ÁREA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM ATERRO  
SANITÁRIO NA CIDADE DE BRAGANÇA-PA

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como pré-requisito para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil pela Universidade  
Federal da Paraíba.

Área de Concentração: Saneamento.

Orientadora: Aline Flávia Nunes Remígio  
Antunes

JOÃO PESSOA – PB

Março de 2015

S725e

Sousa, Arthur Félix

Estudo sobre escolha de área para implantação de um aterro sanitário na cidade de Bragança-PA./ Arthur Félix Sousa - João Pessoa, 2015.

47f. il.:

Orientadora: Profa. Aline Flávia Nunes Remígio Antunes

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) / Centro de Tecnologia / Campus I / Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

1. Escolha de área 2. Aterro Sanitário 3. Bragança 4. Implantação I. Título.

BS/UFPB

CDU: 911.375(043)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

ARTHUR FÉLIX SOUSA

### ESTUDO SOBRE ESCOLHA DE ÁREA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO NA CIDADE DE BRAGANÇA-PA

Trabalho de Conclusão de Curso em 04/02/2015 perante a seguinte Comissão Julgadora:



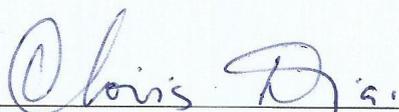
Prof.<sup>a</sup> Aline Flávia Nunes Remígio Antunes, DSc.  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



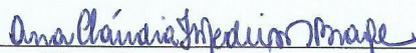
Prof.<sup>a</sup> Cláudia Coutinho Nóbrega, DSc.  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Prof. Clóvis Dias, DSc.  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Prof.<sup>a</sup> Ana Claudia Fernandes Medeiros Braga, DSc.  
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

Dedico este trabalho aos meus pais, Leide e Ribamar, ao meu irmão Carlos Falken e a minha namorada, Daiane, por toda a dedicação e motivação para esta desafiadora jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, minha principal fonte de coragem e ânimo, para sempre lutar com foco em busca de todos os meus objetivos e sonhos, vencendo com honra todas as dificuldades impostas pela vida.

A minha família, por serem o meu alicerce nessa importante etapa da minha vida, que sempre me apoiaram e me deram forças, ajudando-me a buscar energias de onde não existia. Por me servirem de exemplo moral, ético e profissionalmente.

A minha namorada, Daiane, pela dedicação, pela paciência e por todo o amor e fé depositados em mim.

Obrigado a todos!

*“As dificuldades são o aço estrutural que entra na construção do caráter”*

(Carlos Drummond de Andrade)

## RESUMO

Os problemas ambientais gerados por uma má gestão dos resíduos sólidos é um tópico muito importante a ser debatido por toda a sociedade em geral, inclusive as entidades responsáveis pelo seu devido fim. A partir desta temática, este trabalho visa avaliar uma etapa importante para a devida eliminação dos resíduos, que é o local adequado para sua disposição final, analisando a fundo todo o procedimento de funcionamento de um aterro sanitário, visando sempre a preservação ambiental e à saúde pública. Para este estudo, teve-se como embasamento a análise de áreas, características físicas, socioeconômicas do município em questão. Os métodos utilizados tomaram como base as características adotadas por norma regulamentadoras e requisitos básico e indispensáveis para o projeto, atendendo assim todas as expectativas esperadas dos pontos de vista econômico-financeiro, técnicos e sociais. Ao finalizar este trabalho, foi proposta uma possível área de implantação e assumindo uma metodologia não muito complicada capaz de solucionar o problema em questão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Escolha de área; Aterro Sanitário; Bragança; Implantação.

## LISTA DE FIGURAS

Infográfico 01 .....	18
Infográfico 02 .....	19
Figura 01: Caracterização de um lixão. Fonte: COMPERJ (2013).....	24
Figura 02: Caracterização de um Aterro Controlado. Fonte: COMPERJ (2013) .....	25
Figura 03: Caracterização de um aterro sanitário. Fonte: COMPERJ (2013) .....	26
Figura 04: Mapa de localização do município no estado do Pará. Fonte Google Maps.....	31
Figura 05: Mapa Geológico da região. Fonte: IBGE (2008).....	32
Figura 06: Mapa Pedológico da Região. Fonte: IBGE (2008).....	33
Figura 07: Mapa Geomorfológico da Região. Fonte: IBGE (2008) .....	34
Figura 08: Mapa Hidrológico da Região. Fonte: IBGE (2008).....	35
Infográfico 03 .....	36
Infográfico 04 .....	36
Figura 09: Possível Localização do Aterro. Fonte: Software Google Earth (2015).....	38

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação (1.1) .....	39
Equação (1.2) .....	39
Equação (1.3) .....	40
Equação (1.4) .....	40
Equação (1.5) .....	40
Equação (1.6) .....	40
Equação (1.7) .....	40
Equação (1.8) .....	40
Equação (1.9) .....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Produção de resíduos sólidos nas regiões do Brasil.....	18
Tabela 02: Coleta e Geração de RSU no Estado do Pará.....	19
Tabela 03: Dados Censitários Utilizados .....	39
Tabela 04: Variáveis Utilizadas para Cálculo do "r":.....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ABRELPE	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
CONAMA	CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
NBR	NORMAS BRASILEIRAS
PNRS	POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS
RSU	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1 OBJETIVO DO TRABALHO.....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
2.1 DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS .....	17
2.1.1 Contexto Nacional .....	17
2.1.2 Contexto Bragantino .....	19
2.2 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS .....	20
2.3 PRINCIPAIS FORMAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS .....	24
2.3.1 Lixões .....	24
2.3.2 Aterro Controlado .....	25
2.3.3 Aterro Sanitário.....	26
2.4 TÉCNICAS OPERACIONAIS DE UM ATERRO .....	27
2.4.1 Chegada Dos Resíduos Sólidos .....	27
2.4.2 Impermeabilização da Base.....	28
2.4.3 Drenagem Interna.....	28
2.4.4 Disposição dos Resíduos Sólidos.....	28
2.4.5 Espalhamento e Compactação dos Resíduos .....	28
2.4.6 Recobrimento dos Resíduos Sólidos .....	28
2.5 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS .....	29
2.6 IMPACTOS AMBIENTAIS.....	29
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	30
3.1 METODOLOGIA UTILIZADA .....	30
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO .....	30
3.2.1 Localização.....	30
3.2.2 Aspectos Fisiográficos.....	31
3.2.3 Aspectos Socioeconômicos .....	35
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	37
4.1 ESCOLHA DA ÁREA .....	37
4.2 CÁLCULO DE ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO .....	38
4.2.1 Cálculo da estimativa da população.....	38
4.2.2 Cálculo da estimativa da taxa de geração de RSU .....	42
4.3 CÁLCULO DO ATERRO SANITÁRIO .....	43
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	45
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	46

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente no cenário mundial, vê-se um grande problema com a eliminação definitiva de resíduos sólidos, problema este enfrentado por todo o nosso país devido ao crescimento da urbanização e, conseqüentemente, aumento de resíduos sólidos produzidos nas grandes cidades.

Para o descarte desse resíduo sólido, têm-se os aterros sanitários, considerados a melhor opção a ser adotada para a eliminação dos rejeitos. A Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que nos termos da própria lei pode ser conceituado como:

[...] o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. (PNRS, 2010)

A referida lei estabelece que dentre as inúmeras maneiras possíveis para o descarte desse resíduo, os aterros sanitários são a melhor opção a ser adotada para a eliminação destes rejeitos. De modo que seu art. 3º preceitua que:

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

[...]

VII - destinação ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

VIII - disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

Além desses conceitos, o mencionado artigo ainda prescreve que:

XV - rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases

contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2004) aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos:

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, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à 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 for necessário (ABNT, 2004).

Atualmente no país, a forma de descarte de resíduos mais utilizada são os lixões a céu aberto. O Brasil produziu segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – (ABRELPE), em 2013 cerca de 76.387.200 toneladas de resíduos sólidos, sendo que destas 28,8 milhões de toneladas não receberam a destinação correta, ou seja, acabaram em lixões.(ABRELPE, 2013).

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2012), o Brasil ainda conta com 2.906 lixões distribuídos por 2.810 municípios.

Importante ressaltar que uma grande dificuldade enfrentada na implantação de um aterro, é selecionar uma área adequada para localização de instalação do aterro, pois esta área deve listar boas condições econômicas, ambientais e técnicas, e isto requer um estudo minucioso para se determinar a região capaz de satisfazer estas condições, e este é o tema deste trabalho.

A primeira característica estudada relaciona-se aos impactos ambientais possíveis, tendo em vista que estes devem ser extintos ou no mínimo reduzidos através do mapeamento e planejamento ambiental, respeitando todas as exigências elaboradas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA que regem a respeito de aterros sanitários. Portanto, é de extrema importância o desenvolvimento de estudos que auxiliem na avaliação de locais para implantação de aterros sanitários de modo a minimizar os impactos por estes gerados.

O estudo de caso foi o município paraense de Bragança, um município de médio porte que atualmente não apresenta descarte apropriado dos resíduos sólidos urbanos (RSU), contando assim com lixões como forma de destinação final do

resíduo sólido produzido e, também não conta com coleta seletiva, eliminando não só RSU, mas resíduos oriundos de serviços de saúde e rejeitos de construção civil.

A base para a escolha do município estudado nessa pesquisa, teve como preceitos a deficiência observada na devida eliminação dos resíduos, uma cidade de médio grande porte, com um poder econômico razoavelmente elevado, que em dias atuais não apresenta uma forma segura e capaz de atender a conceitos importantíssimos como a preservação da saúde da população e do meio ambiente.

Por se tratar de uma cidade litorânea e situada na região amazônica, tem-se a preocupação com a preservação das águas superficiais abundantes na região, além de enormes áreas de manguezais próximas ao litoral.

## 1.1 OBJETIVO DO TRABALHO

### **Objetivo Geral**

Propor área apropriada para implantação de aterro sanitário no município de Bragança no Estado do Pará.

### **Objetivo Específico**

- Analisar por meio de dados secundários as características geológicas, pedológicas, geomorfológicas, climáticas e hidrológicas do Município de Bragança;
- Analisar as características e Critérios Restritivos através da NBR-13896 para melhor sugerir a localização e cálculo da área do Aterro Sanitário.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao serem analisadas as áreas para implantação de um aterro, deve-se levar em consideração as diretrizes existentes nas esferas operacional, ambiental, socioeconômica, legal e geográfica para a escolha do local adequado a execução do aterro, além da metodologia conhecida como análise multicritério. Porém, não deverão ser consideradas apenas as características citadas, haja vista que os critérios restritivos também apresentam grande significância nesta pesquisa.

O processo decisório para análise é tomada primordialmente adotando como base os conceitos imprescindíveis para a obtenção do objetivo, analisando e avaliando todos os meios possíveis, encontrando a melhor opção, lembrando que as decisões podem ser a curto, médio e longo prazo. Para Oliveira (2003), decidir é escolher entre alternativas, tomar decisões é semelhante a emitir opiniões, resolver, optar.

É importante frisar que em problemas desta natureza, a escolha a ser tomada a partir de vários critérios, é uma forma complexa de se tomar a decisão final, não deve ser descartada a compensação de uns fatores pelos outros ou a devida eficiência de apenas alguns dos critérios tomados como base, considerando também que os critérios possuem valores diferentes entre si.

Segundo a resolução do CONAMA 001/1986:

Art. 1º Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais.

Outro artigo importante a ser citado também do CONAMA 001/1986 é o:

Art. 5º: O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às seguintes diretrizes gerais:

I - Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;

II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;

III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto,

considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;  
IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade.

Etapas do processo de seleção de Área:

- Marcação de áreas favoráveis para a pesquisa de áreas
- Seleção de áreas potenciais nas zonas favoráveis
- Escolha da área com aptidão favorável

## 2.1 DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

### 2.1.1 *Contexto Nacional*

Atualmente os problemas ambientais tem se agravado demasiadamente no Brasil, e a morosa atitude tomada pelas entidades responsáveis, estão tornando esse assunto bastante discutido no país, devido aos graves impactos causados pelos resíduos sólidos inadequadamente dispostos.

Depois de prolongadas discussões e debates, foi criada no Brasil em agosto de 2010, a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Essa lei impõe a empresários, governos e cidadãos a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a introdução da logística reversa para o gerenciamento dos resíduos sólidos, além de estabelecer critérios para o financiamento de municípios, priorizando aqueles que praticarem a coleta seletiva dos resíduos sólidos, com base nos preceitos legais.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente MMA (2014), somente 2.202 dos 5.570 municípios brasileiros estabeleceram as medidas adequadas. De acordo com a pesquisa da Confederação Nacional de Municípios-CNM (2014), 32,5% (807) das cidades com até 300 mil habitantes continuavam enviando seus resíduos para lixões uma semana antes do fim do prazo de Agosto de 2014, estipulado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos. O índice entre os municípios com até 100 mil habitantes era de 33,6% (768), contra 19,7% (39) das cidades entre 100 e 300 mil habitantes.

De acordo com a ABRELPE (2012), mesmo com todas as leis restritivas, a maior parte das cidades brasileiras ainda faz o descarte do resíduos de forma

irregular, sendo que a quantidade de resíduos está aumentando de forma demasiada. A Tabela 01 mostra a produção de resíduos sólidos em todo o país.

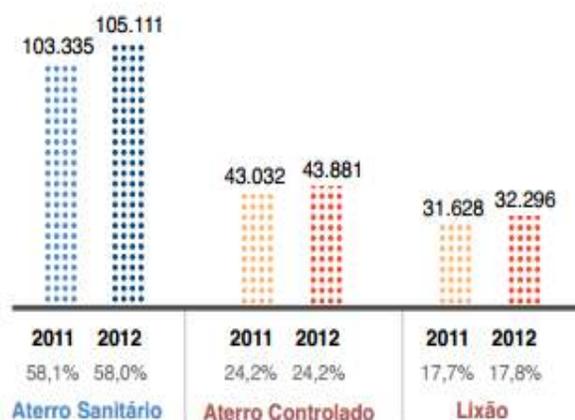
Tabela 01: Produção de resíduos sólidos nas regiões do Brasil.

Regiões	2011	2012	
	RSU Total (t/dia)	Equação*	RSU Total (t/dia)
Norte	11.360	$RSU = 0,000271 (\text{pop urb} / 1000) + 0,805801$	11.585
Nordeste	39.092	$RSU = 0,000175 (\text{pop urb} / 1000) + 0,911145$	40.021
Centro-Oeste	14.449	$RSU = 0,000112 (\text{pop urb} / 1000) + 1,003240$	14.788
Sudeste	93.911	$RSU = 0,000151 (\text{pop urb} / 1000) + 0,873822$	95.142
Sul	19.183	$RSU = 0,000135 (\text{pop urb} / 1000) + 0,787864$	19.752
<b>BRASIL</b>	<b>177.995</b>		<b>181.288</b>

Fonte: ABRELPE (2013)

No que concerne à evolução da disposição final dos resíduos sólidos no Brasil, nos anos 2011 e 2012, a ABRELPE (2013) divulgou as seguintes informações (Infográfico 01):

Infográfico 01: Disposição final De Resíduos Sólidos no Brasil



Fonte: ABRELPE (2013)

## 2.1.2 Contexto Bragantino

O município de Bragança não possui aterro sanitário, contribuindo assim negativamente na relação de municípios nacionais, apresentando assim inúmeros problemas ambientais, como degradação do meio ambiente, proliferação de doenças e, conseqüentemente, prejuízo econômico. A cidade apresenta um ineficaz sistema de eliminação de resíduos, realizado inadequadamente em lixões a céu aberto. Inúmeros problemas socioambientais surgiram no município, devido ao grande aumento da população e a indevida eliminação do resíduo produzido pela cidade.

Pode-se dar uma visão amplificada do estado do Pará, que não difere do seu contexto em si, enquadrando assim todas as suas regiões, também a partir do informativo fornecido pela ABRELPE (2012) tem os dados de coleta e geração de resíduos no estado (Tabela 02).

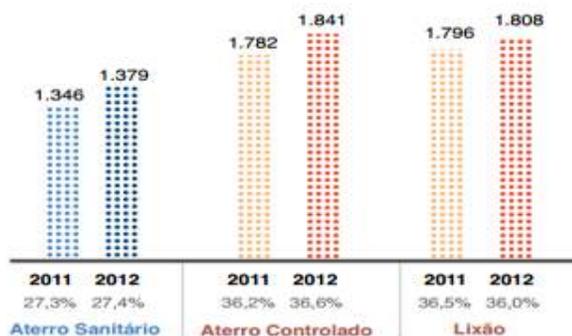
Tabela 02: Coleta e Geração de RSU no Estado do Pará.

População Urbana		RSU Coletado				RSU Gerado (t/dia)	
		(kg/hab./dia)		(t/dia)			
2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
5.263.019	5.343.274	0,936	0,941	4.924	5.028	6.133	6.164

Fonte: ABRELPE (2012)

Pode-se também fornecer informações sobre a destinação final acatada pelas autoridades paraenses (Infográfico 02):

Infográfico 02: Formas de Disposição Final dos Resíduos Sólidos No Pará



Fonte: ABRELPE (2012)

## 2.2 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A ABNT editou a Norma Brasileira – NBR 10004:2004 para tratar sobre a classificação de resíduos sólidos, estabelecendo que devem ser considerados resíduos sólidos

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.

Podendo ser definido também como resíduo domiciliar, comercial, público, de serviços de saúde, industrial, radioativo, agrícola, doméstico especial, de portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários (MONTEIRO, 2001).

Segundo a Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 10004/2004, tem-se a seguinte classificação:

- Resíduos Classe I – Perigosos;
- Resíduos Classe II – Não perigosos:
  - ✓ A – Não inertes.
  - ✓ B – Inertes.

### ◆ RESÍDUOS CLASSE I – PERIGOSOS:

#### ***Inflamabilidade:***

Para que um resíduo sólido seja caracterizado como inflamável (código de identificação D001), é necessário que uma amostra representativa dele, obtida conforme a NBR 10007:2004 da ABNT, apresente qualquer uma das seguintes propriedades:

a) ser líquida e ter ponto de fulgor inferior a 60°C, determinado conforme a NBR 14598:2012 da ABNT ou equivalente, excetuando-se as soluções aquosas com menos de 24% de álcool em volume;

b) não ser líquida e ser capaz de, sob condições de temperatura e pressão de 25°C e 0,1 Mega Pascal – Mpa (1 atm), produzir fogo por fricção, absorção de

umidade ou por alterações químicas espontâneas e, quando inflamada, queimar vigorosa e persistentemente, dificultando a extinção do fogo;

c) ser um oxidante definido como substância que pode liberar oxigênio e, como resultado, estimular a combustão e aumentar a intensidade do fogo em outro material;

d) ser um gás comprimido inflamável, conforme a Legislação Federal sobre transporte de produtos perigosos (Portaria nº 204/1997 do Ministério dos Transportes).

### ***Corrosividade:***

Para um resíduo ser considerado corrosivo (código de identificação D002) é preciso que uma amostra representativa dele, obtida segundo a NBR 10007:2004 da ABNT, apresentar uma das seguintes características:

a) ser aquosa e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou, ser superior ou igual a 12,5, ou sua mistura com água, na proporção de 1:1 em peso, produzir uma solução que apresente pH inferior a 2 ou superior ou igual a 12,5, conforme NBR 10004:2004 da ABNT;

b) ser líquida ou, quando misturada em peso equivalente de água, produzir um líquido e corroer o aço (COPANT 1020) a uma razão maior que 6,35 mm ao ano, a uma temperatura de 55°C, de acordo com USEPA SW 846 ou equivalente.

### ***Reatividade:***

Um resíduo é caracterizado como reativo (código de identificação D003) se uma amostra representativa dele, obtida segundo a NBR 10007:2004 da ABNT, apresentar uma das seguintes propriedades:

a) ser normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata, sem detonar;

b) reagir violentamente com a água;

c) formar misturas potencialmente explosivas com a água;

d) gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde pública ou ao meio ambiente, quando misturados com a água;

e) possuir em sua constituição os íons CN<sup>-</sup> ou S<sup>2-</sup> em concentrações que ultrapassem os limites de 250 mg de HCN liberável por quilograma de resíduo ou 500 mg de H<sub>2</sub>S liberável por quilograma de resíduo, de acordo com ensaio estabelecido no USEPA - SW 846;

f) ser capaz de produzir reação explosiva ou detonante sob a ação de forte estímulo, ação catalítica ou temperatura em ambientes confinados;

g) ser capaz de produzir, prontamente, reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25°C e 0,1 MPa (1 atm);

h) ser explosivo, definido como uma substância fabricada para produzir um resultado prático, através de explosão ou efeito pirotécnico, esteja ou não esta substância contida em dispositivo preparado para este fim.

### ***Toxicidade:***

Um resíduo é qualificado como tóxico se uma amostra representativa dele, obtida segundo a NBR 10007:2004 da ABNT, apresentar um dos seguintes atributos:

a) quando o extrato obtido desta amostra contiver qualquer um dos contaminantes em concentrações superiores aos valores constantes e considerados perigosos, segundo a NBR 10005:2004 da ABNT. Neste caso, o resíduo deve ser caracterizado como tóxico com base no ensaio de lixiviação.

b) possuir uma ou mais substâncias constantes que apresentem perigo devido a toxicidade. Para avaliação dessa toxicidade, devem ser considerados os seguintes fatores:

- natureza da toxicidade apresentada pelo resíduo;
- concentração do constituinte no resíduo;
- potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para migrar do resíduo para o ambiente, sob condições impróprias de manuseio;
- persistência do constituinte ou qualquer produto tóxico de sua degradação;
- potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para degradar-se em constituintes não perigosos, considerando a velocidade em que ocorre a degradação;
- extensão em que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, é capaz de bioacumulação nos ecossistemas, conforme NBR 10004:2004 da ABNT;

- efeito nocivo pela presença de agente teratogênico, mutagênico, carcinogênico ou ecotóxico, associados a substâncias isoladamente ou decorrente do sinergismo entre as substâncias constituintes do resíduo;

c) ser constituída por restos de embalagens contaminadas com substâncias tóxicas;

d) resultar de derramamentos ou de produtos fora de especificação ou do prazo de validade que contenham quaisquer substâncias nocivas;

e) ser comprovadamente letal ao homem;

f) possuir substância em concentração comprovadamente letal ao homem ou estudos do resíduo que demonstrem uma DL50 oral para ratos menor que 50 mg/kg ou CL50 inalação para ratos menor que 2 mg/L ou uma DL50 dérmica para coelhos menor que 200 mg/kg.

### ***Patogenicidade:***

Para um resíduo ser caracterizado como patogênico (código de identificação D004) é preciso que uma amostra representativa dele, obtida segundo a NBR 10007:2004 da ABNT, contenha ou haja a suspeita de conter, micro-organismos patogênicos, proteínas virais, ácido desoxirribonucleico (ADN) ou ácido ribonucleico (ARN) recombinantes, organismos geneticamente modificados, plasmídios, cloroplastos, mitocôndrias ou toxinas capazes de produzir doenças em homens, animais ou vegetais, devendo os resíduos oriundos de serviços de saúde ser classificados conforme NBR 12808:1993 da ABNT.

Os resíduos gerados nas estações de tratamento de esgotos domésticos e os resíduos sólidos domiciliares, excetuando-se os originados na assistência à saúde da pessoa ou animal, não serão classificados segundo os critérios de patogenicidade.

#### **▪ *Resíduos Classe II A - Não inertes***

De acordo com a NBR 10004:2002 serão considerados como resíduos não inertes aqueles que não se enquadram na classificação de resíduos classe I – perigosos ou de resíduos classe II B – inertes nos termos desta norma. Ainda segundo a referida NBR, os resíduos considerados como pertencentes a esta classe

podem apresentar características como: a biodegradabilidade, a combustibilidade ou a solubilidade em água.

- **Resíduos classe II B - Inertes**

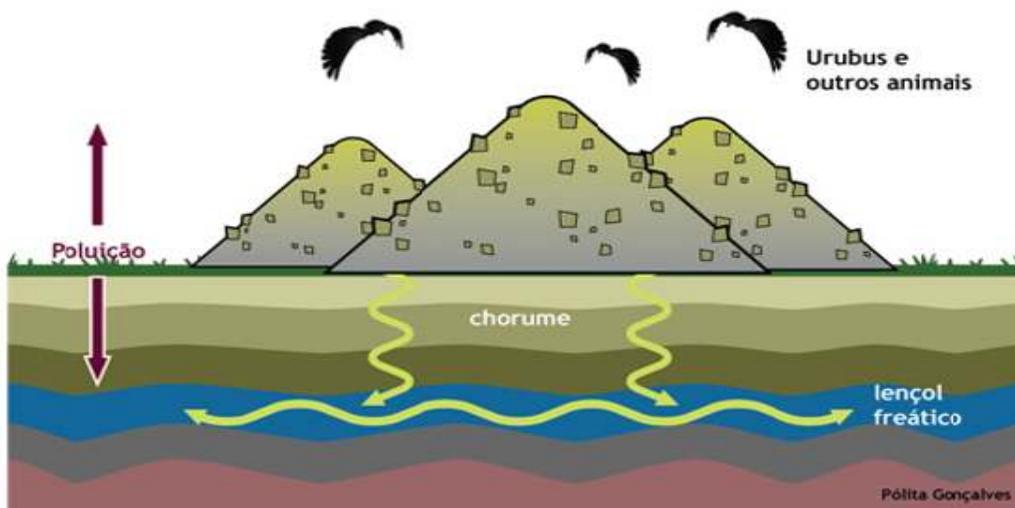
Serão caracterizados como resíduos não perigosos, classe II – B, quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a NBR 10007:2004, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme a NBR 10006:2004, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

## 2.3 PRINCIPAIS FORMAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS

### 2.3.1 Lixões

É o método mais utilizado no Brasil como maneira de descarte de resíduos sólidos, é uma forma inadequada e precária de eliminar o resíduo urbano, os locais onde se situam os lixões não recebem nenhum tipo de preparação prévia para acomodar os detritos. O resíduo ali descartado acarreta inúmeras complicações, tais como: a produção do chorume que infiltra pelo solo contaminando os lençóis freáticos, propicia acidentes e transmissão de doenças em catadores de materiais recicláveis (Figura 01).

Figura 01: Caracterização de um lixão.



Fonte:COMPERJ (2013)

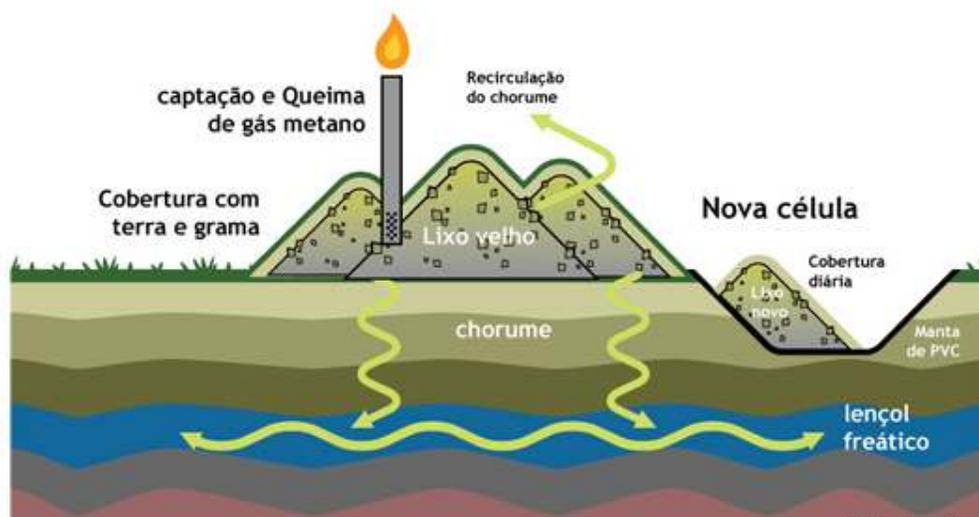
Esse método de disposição não apresenta nenhum critério de proteção ao meio ambiente, tendo em vista que recebe dejetos de todas as naturezas e estes ainda são despejados a céu aberto, gerando inúmeros problemas.

### 2.3.2 Aterro Controlado

Segundo a NBR 8849/1985 aterros controlados são:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e a sua segurança, minimizando impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia de confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho.

Figura 02: Caracterização de um Aterro Controlado



Fonte: COMPERJ (2013)

Esta é uma forma intermediária entre os lixões e os aterros sanitários, No entanto, os aterros controlados não recebem impermeabilização do solo nem sistema de dispersão de gases e de tratamento do chorume gerado, Desta forma, o Aterro Controlado oferece riscos ao meio ambiente e à saúde pública semelhantes aos riscos observados em Lixões.

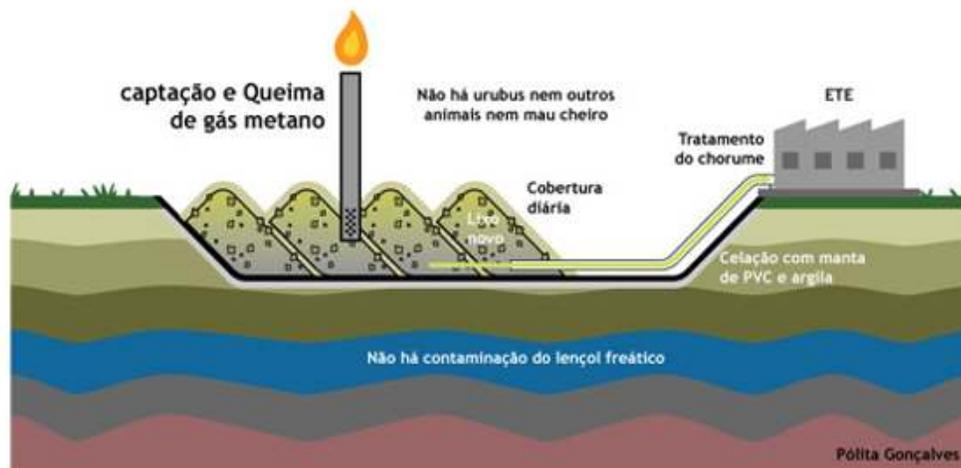
### 2.3.3 Aterro Sanitário

Segundo à Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT 15849 de 2010 aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos

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, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à 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 for necessário (ABNT, 2010).

Dentre todas essas características, o aterro sanitário pode ser apresentado como sendo a forma mais adequada e capaz de proteger o meio ambiente e a saúde da população, é considerado uma solução de baixo custo inicial, porém existem exceções que são necessárias uma devida preparação para sua construção, elevando assim o custo de obra. Entretanto, a longo prazo é uma solução bastante satisfatória, além de ser possível uma posterior recuperação do local, sem falar das vantagens estéticas e sociais. Vejamos uma ilustração de um aterro sanitário (Figura 03)

Figura 03: Caracterização de um aterro sanitário.



Fonte:COMPERJ (2013)

Conforme se observa na Figura 02, nos aterros sanitários, os RSU são dispostos numa área tratada e preparada para receber os referidos sólidos, ou seja, a área deve ser impermeabilizada, preparada com o nivelamento de terra e com a selagem da base com argila e mantas de PVC, impedindo a contaminação do lençol freático juntamente com um sistema de drenagem do chorume, que pode ser direcionado para uma central de tratamento adequado, sem esquecer dos gases gerados na decomposição da matéria orgânica, que são captados e devidamente queimados ou dispostos de uma forma não poluente.

Nesse sentido, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) prescreve que

O projeto de um aterro sanitário deve prever a instalação de elementos para captação, armazenamento e tratamento dos lixiviados e biogás (quando necessário), além de sistemas de impermeabilização superior e inferior. Esses elementos são de fundamental importância, pois, quando bem executados e monitorados, tornam a obra segura e ambientalmente correta, com reflexos diretos na melhoria da qualidade de vida da população do entorno do aterro.

Estas são apenas algumas das vantagens oferecidas pelo aterro sanitário, para sua devida construção é imprescindível à realização de um estudo bastante criterioso, a começar pelo local para sua instalação, temática deste trabalho.

Segundo o inciso XV, art. 3º da PNRS(2010) define o termo “rejeitos”:

Resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

## 2.4 TÉCNICAS OPERACIONAIS DE UM ATERRO

### 2.4.1 *Chegada Dos Resíduos Sólidos*

O ato da recepção do resíduo requer uma série de verificações prévias, realizadas por pessoas devidamente qualificadas, inspecionando o material, anotando informações como o transporte utilizado, origem do resíduo, o tipo de resíduo e fazer a pesagem da carga transportada (CARVALHO; LANZA, 2006).

#### *2.4.2 Impermeabilização da Base*

Esta é uma etapa de suma importância na execução de um aterro, a parte inferior do aterro deve ser muito bem impermeabilizada, utilizando argila com baixa permeabilidade, ou um geotêxtil ou geomembrana sintética que impossibilite a contaminação do solo ou um possível lençol freático logo abaixo da camada inferior do aterro (CARVALHO; LANZA, 2006).

#### *2.4.3 Drenagem Interna*

A drenagem é responsável pelo escoamento de percolados e também de gases, estes últimos necessitam ser queimados logo após sua retirada, para não causar danos a atmosfera, esta estrutura é indispensável para a um bom funcionamento do aterro. (CARVALHO; LANZA, 2006).

#### *2.4.4 Disposição dos Resíduos Sólidos*

Nesta fase, são marcados os limites da área, e a altura projetada que irá atender a demanda diária de resíduos, essa marcação é realizada por uma equipe de topógrafos através de estacas, com atenção especial para dias de chuva, onde deverá ser adicionada uma área emergencial. (CARVALHO; LANZA, 2006).

#### *2.4.5 Espalhamento e Compactação dos Resíduos*

Depois de disposto os resíduos sólidos, é necessária a realização do espalhamento e compactação dos resíduos para que o devido recobrimento seja efetuado, é preferível a execução por um trator de esteira com um peso mínimo de 15 toneladas definido por norma. (CARVALHO; LANZA, 2006).

#### *2.4.6 Recobrimento dos Resíduos Sólidos*

Após a compactação dos resíduos, deve-se aplicar uma camada de solo espalhado de baixo para cima, como uma espessura de 15 a 20 cm, para impedir o arrasto de materiais e a disseminação de odores e vetores como moscas, ratos e insetos. Após o aterro atingir sua capacidade máxima, recomenda-se como recobrimento final, a utilização de argila, com uma camada de aproximadamente 60 cm de espessura. (LANZA, 2006).

## 2.5 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo o Manual do Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos (2005) é uma propriedade importantíssima na elaboração de um projeto de um aterro sanitário, está relacionado à proliferação de microorganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica que será despejada no aterro, são exemplos fungos, bactérias e actinomicetos. É recomendável a realização de um estudo prévio sobre quais tipos de matéria orgânica serão despejados no local, pois estes microorganismos precisam reagir bem de forma que o tratamento dos resíduos seja eficaz, ainda se tem pesquisado inclusive métodos inibidores de odores, retardadores e, principalmente, aceleradores da decomposição da matéria orgânica.

## 2.6 IMPACTOS AMBIENTAIS

As inadequadas maneiras de descarte dos resíduos sólidos vêm sendo discutidas amplamente devido a todas as complicações geradas por uma má gestão final dos resíduos, estes causadores de problemas ambientais e, conseqüentemente, ao homem.

O manuseio adequado dos resíduos é uma estratégia importante de preservação do meio ambiente e da saúde, dentre as inúmeras conseqüências, o descarte inadequado pode devastar um amplo espaço comprometendo a vida e o ambiente ao seu redor.

Segundo Bellini, Mucelin (2008), as alterações físicas e biológicas de um ecossistema, podem gerar problemas de uma magnitude gigante, interferindo em todo um ambiente e seus componentes. Podem-se citar desde a poluição do solo, de aquíferos, mudanças na paisagem, alteração da qualidade do ar, danos que dificilmente podem ser resolvidos, pois acabam denegrindo o meio ambiente de forma irreversível, gerando enormes prejuízos para toda a sociedade.

É muito importante o desenvolvimento de técnicas cada vez mais eficientes para sanar ou pelo menos diminuir eficazmente esses problemas, esta é uma temática relevante para o meio ambiente, para nós presentes e às futuras gerações. A redução desses impactos deve aliar-se a políticas de redução da produção de resíduos, ou seja, a conscientização da população sobre a importância deste tema e a relevância do mesmo para o futuro do meio ambiente e do ser humano.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 METODOLOGIA UTILIZADA

Este trabalho caracterizou o Município de Bragança-Pa quanto aos aspectos fisiográficos, socioeconômicos e utilizou-se da análise dos critérios restritivos para projeto, implantação e operação de aterros sanitários.

Para os critérios restritivos, toma-se como base a NBR-13896 que regulamenta os critérios para projeto, implantação e operação de aterros sanitários não Perigosos, o Quadro 01 mostra as restrições aos critérios ambientais, operacionais e socioeconômico:

Quadro 01: restrições aos critérios ambientais, operacionais e socioeconômico

Identificação	Descrição
Ra	Restrições ao critério Ambiental
Ra1	Distância mínima de 200m de qualquer coleção hídrica ou curso de água
Ra2	Distância mínima de 200m do sistema viário
Ra3	Distância mínima de 200m de falhas geológicas
Ro	Restrições associadas ao critério Operacional
Ro1	Declividade mínima de 1% e máxima de 30%
Ro2	Limites do Município
Rs	Restrições associados ao critério socioeconômico
Rs1	Distância mínima de 500m do núcleo populacional
Rs2	Distância mínima 500m da sede-área urbanizada
Rs3	Distância mínima de fazendas

Fontes: Norma NBR -13896;

#### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

##### 3.2.1 Localização

O município brasileiro de Bragança fica localizado na Região Norte, no estado do Pará, com as seguintes coordenadas latitude 01° 03' 13" sul e longitude 46° 45' 56" oeste, estando à altitude de 19 metros. Seu clima é equatorial super úmido, com temperatura máxima de 33°C e mínima de 18°C, apresentando média de 27°C e elevada pluviosidade, em média de 2.501 mm/ano, com período chuvoso nos primeiros seis meses do ano (Figura 04).

Figura 04: Mapa de localização do município no estado do Pará.



Fonte: Google Maps (2015)

### 3.2.2 Aspectos Fisiográficos

O município de Bragança difere um pouco da simplicidade geológica dos Municípios de sua microrregião, por apresentar, além dos sedimentos Terciários (Formação Barreiras) e Quaternários Atuais e Sub atuais, rochas graníticas de idade Pré-cambriana, largamente utilizadas como matéria-prima para a construção civil. Destacam-se, ainda, exposições de rochas da sequência carbonática, de idade Cretáceo/Terciário (Formação Pirabas), utilizadas largamente na fabricação de cimento, assim como rochas da Formação Gurupi, constituídas por metassedimentos e metavulcânicas, cortadas por meio de quartzos, alguns deles auríferos.

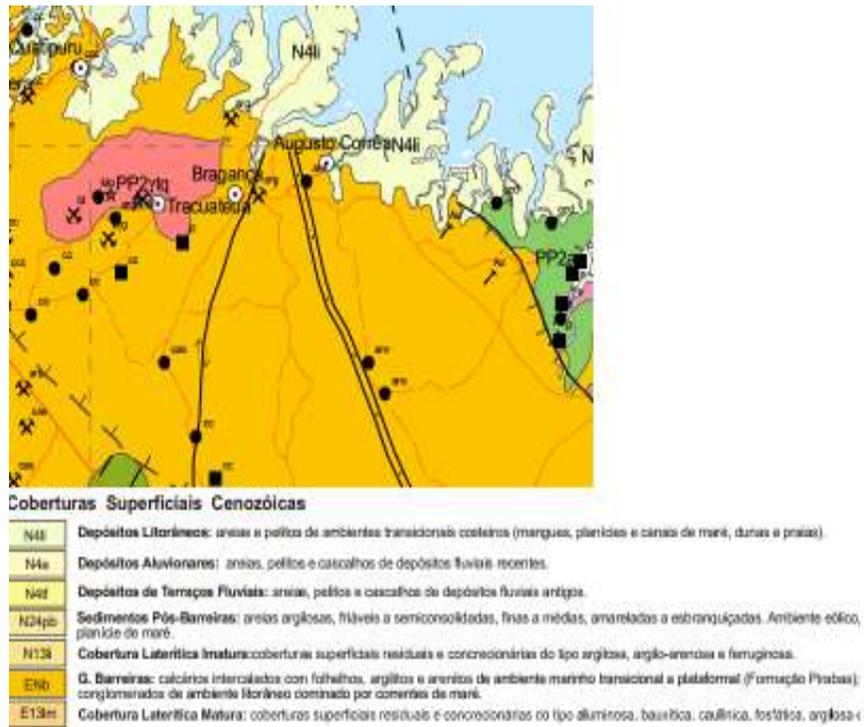
A morfologia geral corresponde à unidade morfo estrutural do Planalto Rebaixado da Amazônia (da Zona Bragantina), constituído pelas áreas tabulares (Formação Barreiras), áreas levemente colinosas (cristalino) e área de planícies fluvio marinha, onde se destacam as ilhas de praias e manguezais (SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ, p.09)

A topografia é bastante modesta, não havendo valores altimétricos expressivos. No Município, as cotas mais elevadas no giram em torno de 30 metros,

posicionadas na sua porção meridional, até atingir o nível do mar, na região litorânea.

Quanto a geologia da área em estudo temos o seguinte mapa (Figura 05):

Figura 05: Mapa Geológico da região.



Fonte: IBGE (2008).

Como pode-se observar na acima, a cidade e seus arredores estão situados em uma região onde predominam as rochas sedimentares formadas principalmente por argilitos e arenitos, esses fragmentos ou sedimentos vão se acumulando ao longo do tempo. As camadas de cima exercem pressão sobre as camadas de baixo, compactando-as.

Desse modo, a areia da praia transforma-se, lentamente, em uma rocha sedimentar chamada arenito. Sedimentos de argila transforma-se em argilito.

A Figura 06 mostra à pedologia da região de estudo:

Figura 06: Mapa Pedológico da Região.



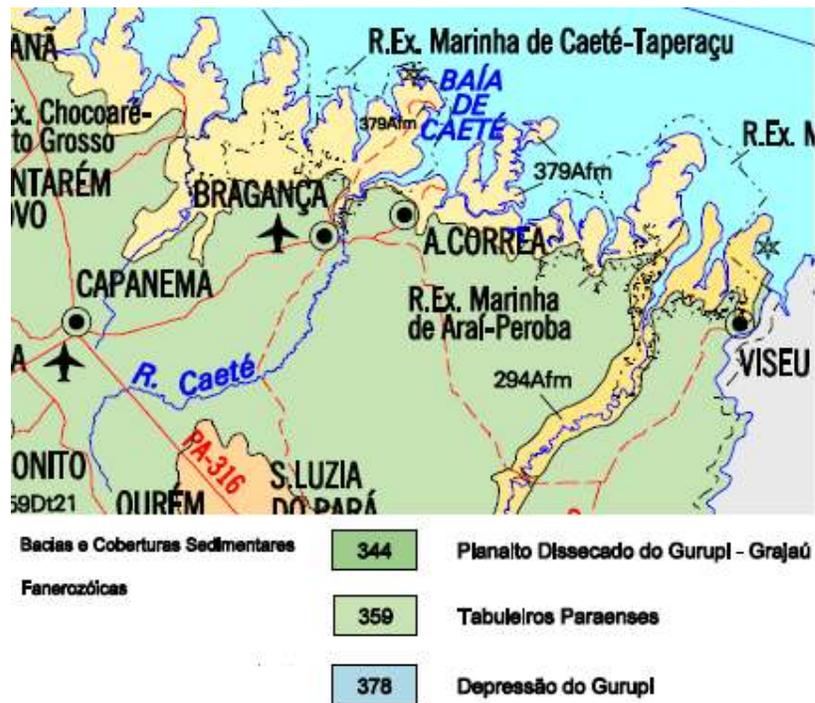
Fonte: IBGE (2008).

Observando a imagem pode-se notar que o solo é considerado argissolo, que segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa):

São solos medianamente profundos a profundos, moderadamente drenados, de cores vermelhas a amarelas e textura argilosa, e de cores mais claras e textura arenosa ou média, com baixos teores de matéria orgânica. Apresentam argila de atividade baixa e saturação, podem ser usados para diversas culturas, desde que sejam feitas correções da acidez e adubação, principalmente quando se tratar de solos distróficos ou álicos.

A Figura 07 mostra a geomorfologia da área em análise.

Figura 07: Mapa Geomorfológico da Região.



Fonte: IBGE (2008).

Os Tabuleiros da Zona Bragantina (outrora denominados Planalto Rebaixado da Amazônia por Barbosa e Novaes Pinto, 1973) ocupam o nordeste do estado do Pará, a leste do rio Tocantins, e consistem em um prolongamento da extensa faixa de deposição dos sedimentos do Grupo Barreiras ao longo da costa brasileira. O IBGE (1995) identificou essa unidade como Tabuleiros Costeiros.

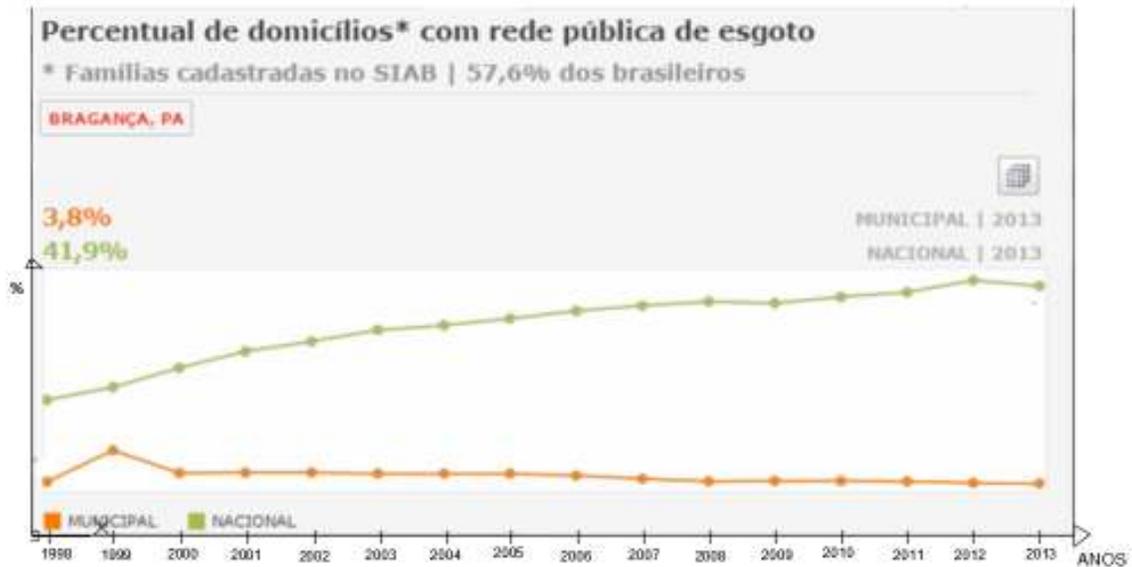
Ross (1985) questiona a terminologia “planalto” ou “planície” para essas vastas terras baixas, porém acima das cotas das cheias fluviais, e introduz o termo “depressão amazônica” para melhor caracterizá-las.

Curiosamente, a dissecção dos tabuleiros exhibe formas de relevo arredondadas que se assemelham a colinas amplas e suaves.

O município de Bragança é banhada pelo rio Caeté, a hidrografia desta bacia posiciona-se no sentido sul-norte, desaguando no Oceano Atlântico, conforme pode-se observar na Figura 08.



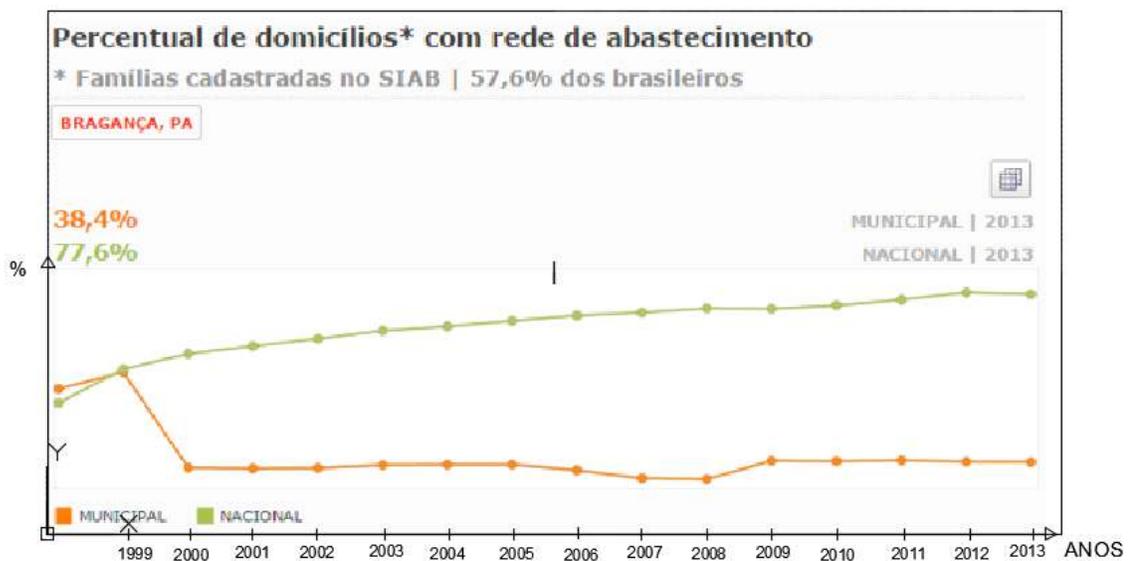
Infográfico 03: Percentual de Domicílios com Rede Pública de Esgoto



Fonte: SIAB (2013).

O município conta com o sistema de distribuição de água portátil em redes de distribuição, o gráfico seguinte apresenta dados sobre a porcentagem de famílias com acesso a rede de abastecimento (Infográfico 04).

Infográfico 04: Percentual de Domicílios com rede de Abastecimento.



Fonte: SIAB (2013).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ESCOLHA DA ÁREA

De acordo com todas as variáveis citadas ao longo da pesquisa, já é possível designar uma área apta a receber o aterro, valendo lembrar que assumiu-se todos os fatores relevantes para esta escolha, desde os fatores geográficos aos sócio-econômicos.

A escolha iniciou a partir do Quadro 01, já citado anteriormente, com todas as restrições designadas por Norma, respeitando todas as citações e distâncias mínimas admitidas. Tomando como preceitos mais importantes as distâncias mínimas do centro populacional, sem esquecer-se de não situá-lo a uma distância consideravelmente grande, onde possa encarecer o seu custo de operação, também foi um fator imprescindível.

Outra característica importantíssima, talvez entre as principais, as características do solo da região, sabe-se que aterros sanitários não deve permitir a percolação de chorume nem outros poluentes. Portanto, solos impermeáveis são recomendados. Pelo mapa pedológico já demonstrado, pode-se observar que entre os municípios de Bragança e Capanema, tem-se uma área vasta de solos argilosos, que facilita nossa escolha já entre esses dois municípios, podendo adiantar um possível consórcio para que ambas despejassem seus resíduos no mesmo aterro, já que ambas as cidades não possuem aterro sanitário.

Para uma melhor utilização do Aterro Sanitário e maior preservação do meio ambiente, a Política Nacional do Resíduo Sólidos apoia a utilização de consórcio, facilitando-se a realização do projeto.

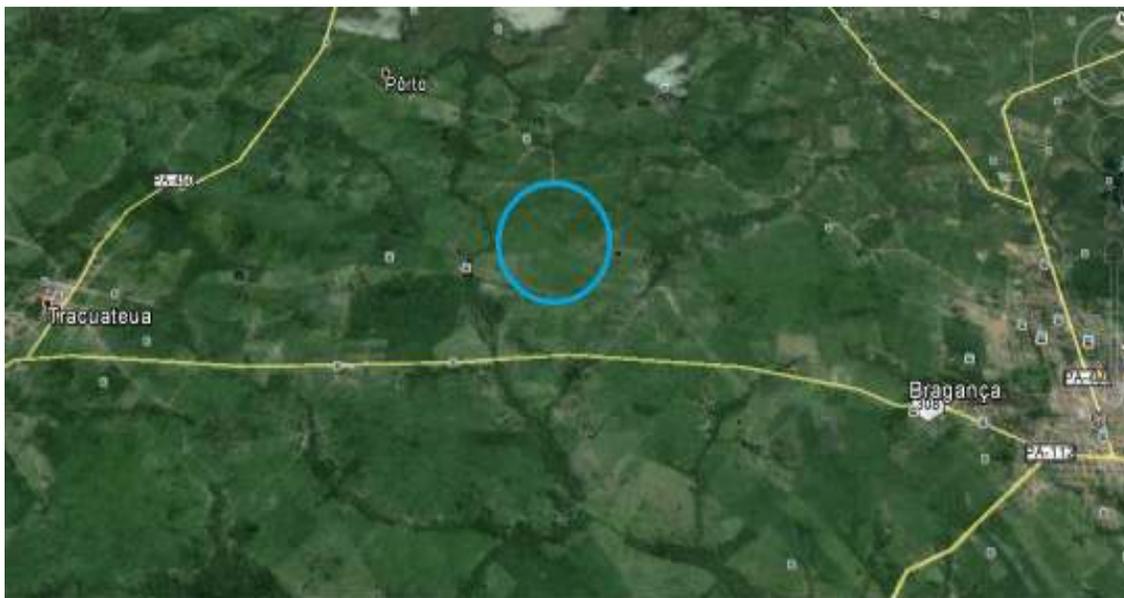
Já para as características geomorfológicas apresenta-se terras com planícies baixas e colinas amplas e suaves, tem-se assim características positivas nesse aspecto, já que não apresenta grandes declividades nem relevos.

O mesmo foi analisado para a bacia hidrográfica, respeitando-se a distância mínima de cursos de água.

Assim, de acordo com a interseção de todas essas variáveis optou-se por uma área viável tomando em consideração que o aterro seja exclusivo de Bragança, porém não a única, existindo assim outras áreas capazes de receber um projeto de aterro sanitário, e ainda sim a possibilidade de uma futura expansão do aterro, caso a demanda aumente.

O local do aterro foi situado com ajuda do software Google Earth, entre os municípios de Bragança e Tracuateua. A Figura 09 mostra a área escolhida:

Figura 09: Possível Localização do Aterro.



Fonte: Software Google Earth (2015).

Nesta posição, o aterro possui uma ótima via de acesso, que é a BR-308, apresentando todos os quesitos para sua implantação.

## 4.2 CÁLCULO DE ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO

### 4.2.1 Cálculo da estimativa da população

Para o cálculo da área de um aterro sanitário, toma-se como base a produção de resíduos per capita da população atendida pelo devido aterro, e a população final do alcance de projeto, que será calculada através dos dados censitários obtidos através do IBGE para os seguintes anos na Tabela 03:

Tabela 03: Dados Censitários Utilizados

Ano	População
2010	113.227
2007	101.728
2000	93.779
1996	102.114
1991	97.149

Fonte: IBGE (2014)

Segundo a NBR12211/1992, a população residente deve ser avaliada de acordo com:

- Aplicação de Modelos matemáticos (mínimos quadrados) aos dados censitários fornecidos pelo IBGE utilizados na tabela 03, com dados censitários de 1991 a 2010. Deve ser escolhida a melhor curva representativa de crescimento futuro, ou seja, a curva onde o valor de "r" chegue mais próximo de 1, ou seja, aquela que melhor se ajustar aos dados censitários.

Esses dados populacionais são necessários para achar a equação de crescimento da cidade e conseqüentemente do bairro. Ela fornece tanto a população inicial (base) quanto a final (alcance do projeto). A equação do crescimento da população foi obtida através dos métodos dos mínimos quadrados, onde se analisa qual dos coeficientes de correlação ( $r^2$ ) das funções linear, potencial, exponencial e logarítmica se aproxima mais de 1.

**- Função linear:**

$$y = a \cdot x + b (y_i \neq 0) \text{ e } r^2 = \frac{(n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i)^2}{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] [n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]} \quad \text{Equação (1.1)}$$

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \text{ e } b = \frac{\sum y_i \sum x_i^2 - \sum x_i \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad \text{Equação (1.2)}$$

Fonte: NBR12211:1992

**- Função Potencial:**

$$y = a \cdot x^b (a > 0) \text{ e } r^2 = \frac{[n\sum(\ln x_i) \cdot (\ln y_i) - (\sum \ln x_i) \cdot (\sum \ln y_i)]^2}{[n\sum(\ln x_i)^2 - (\sum \ln x_i)^2] \cdot [n\sum(\ln y_i)^2 - (\sum \ln y_i)^2]} \quad \text{Equação (1.3)}$$

$$a = \exp \left[ \frac{\sum \ln y_i}{n} - b \frac{\sum \ln x_i}{n} \right] \text{ e } b = \frac{n\sum(\ln x_i) \cdot (\ln y_i) - (\sum \ln x_i) \cdot (\sum \ln y_i)}{n\sum(\ln x_i)^2 - (\sum \ln x_i)^2} \quad \text{Equação (1.4)}$$

Fonte: NBR12211:1992

**- Função Exponencial:**

$$y = a \cdot e^{bx} (y_i > 0 \text{ e } a > 0) \text{ e } r^2 = \frac{[n\sum(x_i \cdot \ln y_i) - (\sum x_i) \cdot (\sum \ln y_i)]^2}{[n\sum(x_i)^2 - (\sum x_i)^2] \cdot [n\sum(\ln y_i)^2 - (\sum \ln y_i)^2]} \quad \text{Equação (1.5)}$$

$$a = \exp \left[ \frac{\sum \ln y_i}{n} - b \frac{\sum x_i}{n} \right] \text{ e } b = \frac{n\sum x_i \cdot (\ln y_i) - (\sum x_i) \cdot (\sum \ln y_i)}{n\sum(x_i)^2 - (\sum x_i)^2} \quad \text{Equação (1.6)}$$

Fonte: NBR12211:1992

**- Função Logarítmica:**

$$y = a + b \cdot \ln(x), (x_i > 0) \text{ e } r^2 = \frac{[n\sum y_i \cdot \ln x_i - \sum \ln x_i \cdot \sum y_i]^2}{[n\sum(\ln x_i)^2 - (\sum \ln x_i)^2] \cdot [n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]} \quad \text{Equação (1.7)}$$

Fonte: NBR12211:1992

$$a = \frac{1}{n} (\sum y_i - b \sum \ln x_i) \text{ e } b = \frac{n\sum y_i \ln x_i - \sum \ln x_i \sum y_i}{n\sum(\ln x_i)^2 - (\sum \ln x_i)^2} \quad \text{Equação (1.8)}$$

onde:

$y$  : população em habitantes;

$x$  : número de anos (diferença entre ano  $i$  e o ano inicial);

$a$  e  $b$  : coeficientes das funções;

$r^2$ : coeficiente de correlação;

$n$  : número de dados censitários;

$i$  : 1, 2, ...  $n$ .

Usando a função que melhor se ajusta ao crescimento populacional, calcula-se a taxa média de crescimento segundo a equação (1.9) :

$$P = P_0(1 + X)^n. \text{ onde: } \text{Equação (1.9)}$$

P: População para final de plano;

P<sub>0</sub>: População de início de plano;

X: taxa média de crescimento populacional;

n: diferença entre ano de final de plano e início de plano.

A partir destes dados, calcula-se a taxa de crescimento populacional através do Software Excel, e assim, foram obtidos dos seguintes dados descritos na Tabela 04:

Tabela 04: Variáveis Utilizadas para Cálculo do “r”:

n	Ano	x <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	lnx <sub>i</sub>	(lnx <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	y <sub>i</sub>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>	lny <sub>i</sub>	(lny <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	x <sub>i</sub> ·y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> ·lny <sub>i</sub>	y <sub>i</sub> ·lnx <sub>i</sub>	lnx <sub>i</sub> ·lny <sub>i</sub>
-	1991	0	-	-	-	97.149	-	-	-	-	-	-	-
1	1996	5	25	3,219	10,361	102.114	10.427.268,996	11,534	133,030	510.570	57,669	328.692,29	37,126
2	2000	9	81	4,394	19,311	93.779	8.794.500,841	11,449	131,073	844.011	103,038	412.107,05	50,311
3	2007	16	256	5,545	30,749	101.728	10.348.585,984	11,530	132,942	1.627.648	184,481	564.099,81	63,936
4	2010	19	361	5,889	34,679	113.227	12.820.353,529	11,637	135,423	2.151.313	221,106	666.779,98	68,530
Σ	-	49	723	19,047	95,100	410,848	42.390.709,350	46,150	532,468	5.133,542	566,294	1.971.679,13	219,903

- **Função Linear:  $y = ax + b$ .**

$$r^2 = \frac{[4 \cdot (5.133.542) - (49) \cdot (410.848)]^2}{[4 \cdot (723) + (49)^2] \cdot [4 \cdot (42.390.709.350) - (410.848)^2]} = 0,4306 = 43,06\%$$

Para não estender os cálculos, verifica-se que o valor de r mais próximo de 1 foi pela forma linear, e o valor não foi mais próximo devido a discrepância nos valores, onde em alguns censos a população diminui.

A seguir calculamos os valores de a e b segundo as equações (1.1) e (1.2):

$$a = \frac{n\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \text{ e } b = \frac{\sum y_i \sum x_i^2 - \sum x_i \sum x_i y_i}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Sendo a igual:

$$a = \frac{4x5133542 - 49x410848}{4x723 - (49^2)}$$

$$a = 819,99$$

E b igual a:

$$b = \frac{\Sigma y_i \cdot \Sigma x_i^2 - \Sigma x_i \cdot \Sigma x_i y_i}{n \Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2}$$

$$b = \frac{410.848x723 - 49x \cdot 5.133.542}{4x723 - (49)^2}$$

$$b = 92.667$$

Então a função que expressa pela a equação (1.1) o crescimento populacional é:

$$y = 819,99x + 92.667$$

$$y_{2014} = 819,99 \cdot (2014 - 1991) + 92.667$$

$$y_{2014} = 111.527$$

e para 2044:

$$y_{2034} = 819,99 \cdot (2034 - 1991) + 92.667$$

$$y_{2034} = 127.926 \text{ Habitantes.}$$

#### 4.2.2 Cálculo da estimativa da taxa de geração de RSU

Para este cálculo tomou-se os valores da taxa dos anos de 2012, 2011 e 2010, comparando as variações de aumento da taxa e calculou-se uma média, para então poder estimar o valor aproximado da taxa para o fim de plano.

Para os anos de 2012 e 2011:

População Urbana		RSU Coletado				RSU Gerado (t/dia)	
		(kg/hab./dia)		(t/dia)			
2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
5.263.019	5.343.274	0,936	0,941	4.924	5.028	6.133	6.164

Fonte: ABRELPE e IBGE (2012)

Para 2011 e 2010:

População Urbana		RSU Coletado				RSU Gerado (t/dia)	
		(kg/hab/dia)		(t/dia)			
2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
5.197.118	5.263.019	0,881	0,936	4.579	4.924	5.625	6.133

Fontes: Pesquisa ABRELPE 2010 e 2011, PNAD (2002 a 2010) e IBGE 2011

Então tem-se que de 2010 para 2011, a variação foi de 5,87%, já de 2011 para 2012, o aumento foi de 5,54%.

Totalizando assim uma média de 5,7% de aumento por ano, para o ano de 2034, considerado o fim de plano, estima-se que a sua taxa para o ano 2014 será de:

A taxa para 2014:

$$P_{2014} = P_{2010} \cdot (1 + 0,0057)^{2014-2010}$$

$$P_{2014} = 0,881 \cdot (1,0057)^4$$

$$P_{2014} = 0,901 \text{ kg/hab/dia}$$

Para 2034:

$$P_{2014} = P_{2014} \cdot (1 + 0,0057)^{2034-2014}$$

$$P_{2014} = 0,901 (1,0057)^{20}$$

$$P_{2014} = 1,01 \text{ kg/hab/dia}$$

#### 4.3 CÁLCULO DO ATERRO SANITÁRIO

Para o cálculo de um aterro dividido em valas, segundo o manual para implantação de aterros sanitários em pequenas valas:

População em final de plano: 127.926 Habitantes.

Período Administrativo: 20 anos

Quantidade de Lixo Gerado: 127.926 hab. x 1,01kg / hab. dia = 129 t/dia

Largura de Vala Ideal: 10 metros (para facilidade de cobrimento)

Altura de Vala Ideal: 10 metros (para segurança)

Peso Específico do Lixo recomendado segundo o Engenheiro João Antonio Fuzaro(2005):  $0,5\text{t}/\text{m}^3$

Comprimento Variável:

$(127.926 \text{ hab} \times 0,001\text{t} / \text{hab. dia} \times 30 \text{ dias})/0,5\text{t}/\text{m}^3 = 7.675 \text{ m}^3 = \text{volume da vala}$

$\therefore (7.675)/(10 \times 10) = C_v = 76,75 \text{ metros} = \text{comprimento da vala}$

Quantidade de Lixo para Aterramento:

$129 \text{ t} \times 30 \text{ dias} \times 12 \text{ meses} \times 20 \text{ anos} = 928.800 \text{ t}$

$928.800 \text{ t} : 0,5 \text{ t}/\text{m}^3$

$= 1.857.600 \text{ m}^3 \text{ de lixo}$

$1.857.600 \text{ m}^3 : 7.675 \text{ m}^3$

$= 242 \text{ valas}$

Área Necessária por Vala:

$76,75 \times 10 = 767,5 \text{ m}^2$

$767,5 \text{ m}^2 \times 242 \text{ valas} = 185,73\text{ha.}$

ÁREA TOTAL NECESSÁRIA PARA O EMPREENDIMENTO: 185,73ha.

Porém, esta área destina-se apenas para a disposição dos resíduos, pois deve-se ter em mente os cálculos de áreas para instalações, balanças, área de empréstimo, área de circulação. Que não serão debatidas nem calculadas neste trabalho.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao término deste trabalho, teve-se a oportunidade de selecionar um local adequado para disposição final dos resíduos sólidos, tendo como um importante resultado a finalização de uma etapa para fundamentação de um projeto de um aterro sanitário, possibilitando assim a sua execução.

A partir de métodos de simples acesso e informações, podem-se escolher uma área capaz de atender os critérios normatizados, buscando informações criteriosas e de acordo com a legislação ambiental.

Esse é somente o trabalho primário do que engloba a construção de uma obra de grande porte como a de um aterro sanitário, ou seja, a seguir ainda têm-se muitos fatores e projetos a serem analisados e estudados para uma devida adequação as necessidades da população e do meio ambiente local.

Através de métodos estatísticos pode-se calcular a estimativas de população e sua taxa de produção de RSU, possibilitando assim o cálculo da área do aterro sanitário para final de plano.

Não se deve descartar a iniciativa conjunta entre órgãos públicos e privados, visto que é uma necessidade de todos, além de uma possível integração de mais de um município, podendo aprimorar a utilização do aterro, visto que uma única obra pode atender a mais de um município, maximizando a sua eficiência e diminuindo os gastos e também os danos gerados ao meio ambiente.

Fica assim a disposição das entidades responsáveis à tomada de atitudes para melhoramento das condições ambientais e para o benefício da sociedade em geral, foi visto que a forma de disposição mais adequada devido a inúmeros fatores estudados neste trabalho, não sendo apenas um meio adequável, mas um meio necessário e mais sensato a eliminação de resíduos sólidos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2012**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>>. Acesso em: 10 de set. de 2014

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12211**: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 12808**: Resíduos de serviço de saúde: classificação. Rio de Janeiro, 1993.

\_\_\_\_\_. **NBR 10004**: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10005**: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólido. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 15849**: Resíduos sólidos urbanos: aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 14598**: Produtos de petróleo: determinação do ponto de fulgor pelo aparelho de vaso fechado Pensky-Martens. Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 23 de nov. de 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. MC. **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília, 2013. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/AECBF8E2/Plansab\\_Versao\\_Consehos\\_Nacionais\\_020520131.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/AECBF8E2/Plansab_Versao_Consehos_Nacionais_020520131.pdf)>. Acesso em: 01 de dez. de 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. MMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução nº. 001, de 23 janeiro de 1986**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 10 de set. de 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. MMA. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos: versão preliminar para consulta pública**. Brasília, 2011. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/253/\\_publicacao/253\\_publicacao02022012041757.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf)>. Acesso em: 11 de dez. de 2014.

BORGES, Caio Pompeu. Conhecendo o município de Bragança-PA: aspectos geográficos (solo, vegetação, clima, relevo, hidrografia). [s.l.], 08 de junho de 2013. Disponível em: <<http://atividade2-portalbragan.blogspot.com.br/2013/06/aspectos-geograficos-solo-vegetacao.html>>. Acesso em: 15 de jan. de 2015.

CARVALHO, André Luciano de; LANZA, Vera Cristina Vaz. **Orientações Básicas para Operação de Aterro Sanitário**. Belo Horizonte: FEAM, 2006.

ELK, Ana Ghislane Henriques Pereira Van. **Mecanismos de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos: Redução de emissões na disposição final**. Rio de Janeiro: IBAM, 2007. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu\\_urbano/\\_publicacao/125\\_publicacao12032009023918.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_publicacao/125_publicacao12032009023918.pdf)>. Acesso em: 30 de out. de 2014.

Famílias com coleta de lixo: Veja número de domicílios atendidos, com lixo a céu aberto, queimado ou enterrado na sua cidade. **Deepask**. São Paulo, [2013, 2014]. Disponível em: <<http://www.deepask.com/goes?page=Confira-a-coleta-de-lixo-no-seu-municipio---lixo-coletado-a-ceu-aberto-queimado-ou-enterrado>>. Acesso em: 10 de jan. de 2015.

FUZARO, João Antonio. Apostila Aterros Sanitários em Valas. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo: 2005. Disponível em [http://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariaAmbiental/SandroD.Mancini/Aterro\\_em\\_Valas.pdf](http://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariaAmbiental/SandroD.Mancini/Aterro_em_Valas.pdf) Acesso em 25 de fev. 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas: Geologia. 2008. Disponível em: <[ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/geologia/unidades\\_federacao/pa\\_geologia.pdf](ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/geologia/unidades_federacao/pa_geologia.pdf)>. Acesso em 03 de fev. 2015.

\_\_\_\_\_. Mapas: Geomorfologia. 2008. Disponível em: <[ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/geomorfologia/unidades\\_federacao/pa\\_geomorfologia.pdf](ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/geomorfologia/unidades_federacao/pa_geomorfologia.pdf)>. Acesso em 03 de fev. 2015.

MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, Marta. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & natureza**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v20n1/a08v20n1>>. Acesso em: 20 de nov. de 2014.

OLIVEIRA, S.T. J e MORAES, L. F. R. de. Avaliação multicritério de projetos de produção da indústria de petróleo no Brasil: uma análise comparativa dos métodos PROMETHEE e TODIM, p.122, Mestrado, Eng. De Produção, UFF, 2003.

ROSS, Jurandy LS. Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 4, p. 25-39, 1985.