



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA - IICA
REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

Maria Lúcia Portela de Deus Lages

**RELATÓRIO TÉCNICO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PARA
ELABORAÇÃO DO PROJETO TÉCNICO DO ATERRO SANITÁRIO NO
MUNICÍPIO DE SANTO ANTÔNIO DE LISBOA - PI**

Teresina – PI

Janeiro de 2019



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

Autoria: MARIA LÚCIA PORTELA DE DEUS LAGES

Contrato IICA/MMA N°: 118174

Nome do Produto: **RELATÓRIO TÉCNICO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO TÉCNICO DO ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SANTO ANTÔNIO DE LISBOA – PI**

Coordenador Técnico Responsável: Maria Lúcia Portela de Deus Lages

Local: Teresina – Piauí.

Ano e mês: 2018/10.

Área Prioritária de Atuação do IICA: Combate à Desertificação.

Palavras-chave: Destinação final de resíduos sólidos urbanos.

Título do produto: Relatório técnico das atividades desenvolvidas para elaboração do Projeto Técnico do Aterro Sanitário no município de Santo Antônio de Lisboa – PI.

Resumo: Apresentação das atividades desenvolvidas para definição da área a ser selecionada para implantação do aterro sanitário do município de Santo Antônio de Lisboa – PI que atenda, ao máximo, às demandas legais e diagnóstico das condições do ambiente natural e urbano que interferem no processo operacional do aterro sanitário e de encerramento da área do lixão, analisando a possibilidade de uso desta como aterro ou como área recuperada. Foi realizado também levantamento de dados de produção de lixo para efeito de cálculo do projeto do aterro sanitário.

Objetivo: O presente relatório tem por objetivo apresentar a relação das atividades que antecedem e subsidiam a seleção da área do aterro sanitário e a elaboração



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

dos Projetos Técnicos de Encerramento e Remediação do Lixão e do Aterro Sanitário para destinação final adequada dos resíduos sólidos produzidos no município de Santo Antônio de Lisboa – PI.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

PREFÁCIO

Os resíduos sólidos urbanos são na atualidade um dos maiores problemas a serem enfrentados pelas gestões municipais, em decorrências da contaminação dos solos, dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos e do ar a eles atrelados, quando dispostos de forma inadequada e, conseqüentemente, afetando as comunidades com efeitos deletérios sobre a saúde das populações.

O projeto de cooperação técnica Brasil/Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA, representação Brasil com o Ministério do Meio Ambiente – MMA, tem por objetivo definir estratégias para o planejamento e implantação de ações de prevenção, controle e combate à desertificação, face aos cenários de mudanças climáticas, para fortalecimento dos processos de formulação de ações de combate à desertificação, faz uso da ferramenta de correção de passivos ambientais resultantes do lançamento de resíduos sólidos a céu aberto, bem como da implantação de aterro sanitário e com isso consolidar a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos efeitos da seca.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

APRESENTAÇÃO

Esse documento tem por objetivo apresentar a listagem/relação das atividades que subsidiam a elaboração do Projeto de Aterro Sanitário no município de Santo Antônio de Lisboa – PI, contendo a alternativa tecnológica para tratamento e destinação final dos resíduos sólidos produzidos na área urbana do município, em conformidade com a ABNT NBR 15849/2010, que estabelece os critérios para implantação de Aterros Sanitários de Pequeno Porte e especifica as diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento das atividades.

Sua elaboração foi precedida de levantamento de dados institucionais e de etapas de campo os quais subsidiaram o diagnóstico das condições operacionais do sistema de limpeza urbana em funcionamento no município e a tipologia dos resíduos sólidos produzidos, bem como os diversos fatores interferentes no processo de gestão desses resíduos.

Foram considerados os condicionantes municipais como crescimento populacional, melhoria do nível socioeconômico da população, incorporação de novos hábitos e intensificação do consumo, por serem fatores que provocam modificações nas características dos resíduos sólidos produzidos, trazendo consequências operacionais ao seu gerenciamento e destinação final.

Os resíduos sólidos em si, são considerados importantes agentes de degradação do ambiente urbano e rural com efeitos negativos à saúde pública e a qualidade de vida da população, portanto o manejo, tratamento e a destinação final desses resíduos, têm longo alcance como medidas preventivas no processo de desenvolvimento urbano e na implementação de controle da ordem sanitária e ambiental.

Por múltiplas razões, tais como: limitações financeiras, fluxos de caixa desequilibrado, descontinuidade política e administrativa, falta de capacitação técnica e de equipamentos adequados dentre outros fatores típicos de municípios



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

brasileiros de pequeno porte, a prática da destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU em lixões tem sido amplamente difundida. Diante dessa realidade e tendo em vista a transversalidade do tema Desertificação, o Projeto de Cooperação Técnica BRA/IICA/14/001, oportuniza a construção de uma cooperação de organismo internacional com as instituições públicas e a sociedade civil no sentido de reverter esse quadro de adversidade e contribuir para um contexto de sustentabilidade do município.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 ESCOPO DOS SERVIÇOS	13
2.1 REFERÊNCIAS NORMATIVAS	13
2.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO AO MUNICÍPIO	14
2.3 BALANÇO HÍDRICO	16
2.4 ASPECTOS GEOLÓGICOS PREDOMINANTES NO MUNICÍPIO	21
2.5 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DO LIXÃO E DO ATERRO SANITÁRIO	26
2.6 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E DA LIMPEZA URBANA DO MUNICÍPIO	33
2.6.1 Definições	33
2.6.2 Resíduos Sólidos e Limpeza Urbana de Santo Antônio de Lisboa	34
3 ALTERNATIVA TECNOLÓGICA	42
4 PARÂMETROS BÁSICOS DE DIMENSIONAMENTO DO ATERRO	43
4.1 DIMENSÕES DAS CÉLULAS	45
CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS	53
GLOSSÁRIO	55

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	ESBOÇO RODOVIÁRIO DE ACESSO A SANTO DE LISBOA	14
FIGURA 2	RECORTE DO MAPA RODOVIÁRIO DO PIAUÍ, MOSTRANDO O ACESSO DE PICOS A SANTO ANTÔNIO DE LISBOA	14
GRÁFICO 1	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA EM LINHAS DO BALANÇO HÍDRICO NORMAL MENSAL DE PICOS – PI	16
GRÁFICO 2	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA DEFICIÊNCIA, EXCEDENTE, RETIRADA E REPOSIÇÃO HÍDRICA NO SOLO AO LONGO DO ANO NO MUNICÍPIO DE PICOS	17
GRÁFICO 3	PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL DA ESTAÇÃO DE PICOS EM mm NO PERÍODO DE 1981 A 2010	19
GRÁFICO 4	TEMPERATURA MÉDIA COMPENSADA - BULBO SECO (°C) PERÍODO DE 1981 A 2010	20
FIGURA 3	SUBDIVISÃO DA PROVÍNCIA SEDIMENTAR DO MEIO-NORTE EM: BACIA DO PARNAÍBA, BACIA DAS ALPERCATAS, BACIA DO ESPIGÃO-MESTRE E BACIA DO GRAJAÚ	21
FIGURA 4	ESBOÇO GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE SANTO ANTÔNIO DE LISBOA	22
FOTO 1	AFLORAMENTO DE ARENITO GROSSEIRO PERTENCENTE AO GRUPO SERRA GRANDE	24
FOTO 2	AFLORAMENTO DE ARENITO GROSSEIRO PERTENCENTE AO GRUPO SERRA GRANDE, NA ENTRADA DO LIXÃO	24
FOTO 3	VIA DE ACESSO AO LIXÃO E A ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO	26
FOTO 4	ENTRADA DO LIXÃO, NEOSSOLO QUARTZO ARÊNICO NO PRIMEIRO PLANO E RESÍDUOS SÓLIDOS NO SEGUNDO PLANO ...	26
FOTO 5	NEOSSOLO QUARTZOARÊNICO	27
FOTO 6	NEOSSOLO LITÓLICOS	27
FOTO 7	LATERITA FERRUGINOSA (PIÇARRA)	28
FOTO 8	PRESENÇA DE CATADORES E URUBUS E PRÁTICA DA QUEIMA NA ÁREA DO LIXÃO	28
FOTO 9	OBSERVAR O VOLUME DE LIXO ACUMULADO NO LIXÃO	29

FOTO 10	LIXO DOMICILIAR COMERCIAL MISTURADO A LIXO DE OUTRAS FONTES	29
FOTO 11	LIXO DOS SERVIÇOS DE SAÚDE NA ÁREA DO LIXÃO	30
FOTO 12	RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	30
FIGURA 5	IMAGEM DE SATÉLITE DO GOOGLE EARTH, MOSTRANDO A ÁREA DO LIXÃO COM RESÍDUOS SÓLIDOS DISPERSOS CAOTICAMENTE	31
FIGURA 6	IMAGEM DE SATÉLITE DO GOOGLE EARTH, MOSTRANDO A LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO LIXÃO E FUTURA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO	31
FOTO 13	REGISTRO DA PRÁTICA DA QUEIMA DOS RESÍDUOS NO LIXÃO	35
FOTO 14	REGISTRO DE CATADORES E OS PRODUTOS DE SUA ATIVIDADE	36
FOTO 15	ÁREA DO MERCADO E FEIRA LIVRE SEM ACÚMULO DE LIXO.....	38
FOTO 16	ÁREA FEIRA LIVRE SEM ACÚMULO DE LIXO	38
FOTO 17	PRAÇA SEM ACÚMULO DE LIXO	39
FOTO 18	ASPECTO DE LIMPEZA DE VIA PÚBLICA	39
MAPA 1	MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO.	40



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PI	- Piauí
PCT	- Projeto de Cooperação Técnica
BRA	- Brasil
IICA	- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA AGRICULTURA
CONAMA	- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
ABNT	- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
NBR	- Norma Brasileira
SPT	- Sondagem à Percussão com Torque
DNIT	- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
mm	- Unidade de medição de precipitação, ETR, ETP
ETP	- Evapotranspiração potencial
ETR	- Evapotranspiração real
Jan	- Janeiro
Fev	- Fevereiro
Mar	- Março
Abr	- Abril
Mai	- Maio
Jun	- Junho
Jul	- Julho
Ago	- Agosto
Set	- Setembro
Out	- Outubro
Nov	- Novembro
Dez	- Dezembro
INMET	- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA
CPRM	- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
N	- Norte
NNW	- Nor-Noroeste
S	- Sul



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

W	- Oeste
E	- Este
RS	- Resíduos sólidos
RSU	- Resíduos sólidos urbanos
LU	- Limpeza urbana
SIT	- SECRETÁRIA DE INSPEÇÃO DO TRABALHO
RDO	- Resíduos domiciliares
RPU	- Resíduos públicos
hab.	- Habitante
ESALQ	- ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ
Org.	- Organização
MT	- MINISTÉRIO DO TRABALHO
Coor.	- Coordenação
IPT	- INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DE
CEMPRE	- COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM
SINIS	- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
RDO	- Resíduos domiciliares
RDU	- Resíduos públicos



1 INTRODUÇÃO

A disposição final de resíduos sólidos em aterros sanitários é um pressuposto de minimização dos impactos ambientais negativos associados ao processo de degradação dos materiais que compõem os resíduos, tendo em vista que sua concepção prever a proteção dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos bem como a prevenção da degradação do solo, frente a vulnerabilidade imposta pelas mudanças climáticas aos diversos ecossistemas.

Para obtenção dos objetivos pretendidos, o projeto de destinação final dos resíduos sólidos em aterros sanitário é baseado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, a começar pela rigorosa seleção da área para implantação; da definição dos sistemas de proteção das águas superficiais e subterrâneas por meio de compactação do solo e/ou com aplicação de geossintético impermeabilizante; da apresentação de soluções para drenagem, reservação e tratamento dos lixiviados e de sistema de drenagem dos gases.

O presente relatório abordará as principais etapas que antecedem a elaboração do projeto de aterro sanitário de pequeno porte localizado no município de Santo Antônio de Lisboa – PI, como parte integrante do Projeto de Cooperação Técnica - PCT BRA/IICA/14/001 de “Implementação de Estratégias e Ações de Prevenção, Controle e Combate à Desertificação Face aos Cenários de Mudanças Climáticas e à Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação”.

Inicialmente, serão apresentadas as condições geotécnicas do solo no local a ser implantado o aterro e da área do lixão, do clima da região e os aspectos dos resíduos gerados pela cidade referentes a origem, tipologia e quantidade, seguidos da definição da vida útil do aterro.

As informações constantes no diagnóstico servirão de referência para elaboração do projeto técnico do aterro sanitário e do encerramento do lixão.

Esse trabalho será dividido em tópicos. Primeiramente com informações de dados físicos como: geologia da área, solo, condições climáticas e posteriormente



com informações sobre a população beneficiária, seguida da estimativa dos quantitativos dos resíduos sólidos e sua tipologia, e finalmente análise da área do lixão e a alternativa de uma área nova. Para concluir, serão apresentadas as considerações finais.

2 ESCOPO DOS SERVIÇOS

2.1 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Para desenvolvimento de um projeto técnico de aterro sanitário de pequeno porte, a exemplo do objeto desse relatório são indispensáveis a aplicação dos seguintes documentos referenciais:

- LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências;
- LEI Nº 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências;
- Resolução CONAMA nº 404 de 11 de novembro de 2008, Licenciamento Ambiental de aterros sanitários de pequeno porte;
- ABNT NBR 15849:2010, Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento;
- ABNT NBR 10.004/2004 - Resíduos sólidos – Classificação;
- ABNT NBR 6484, Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio;
- ABNT NBR 8419:1992, Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Procedimento;
- ABNT NBR 13896:1997, Aterros sanitários de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação;



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

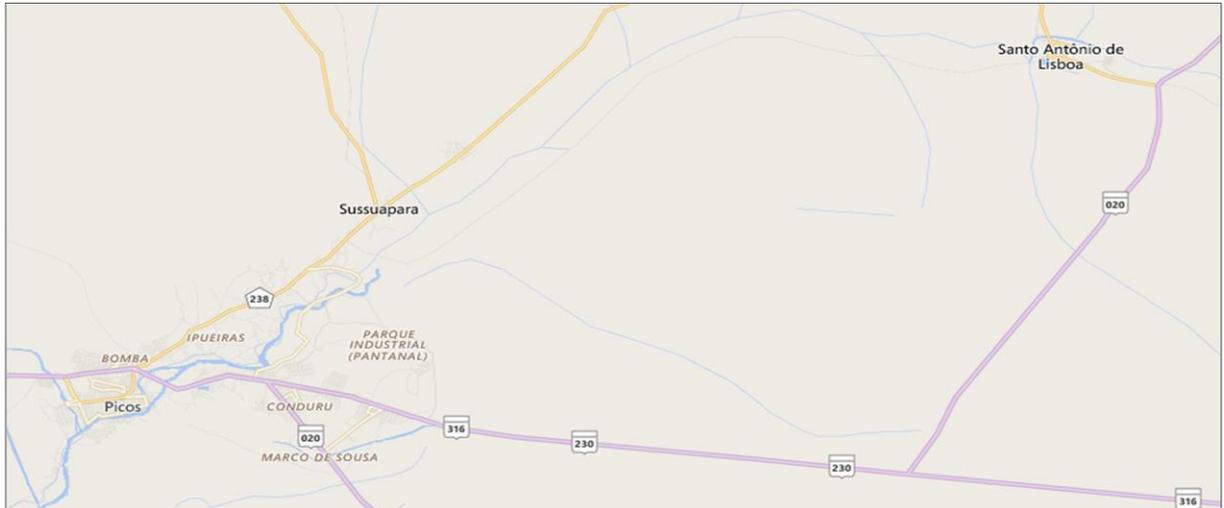
- ABNT NBR 15112, Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto de implantação e operação;
- ABNT NBR 15.114/2004 - Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para o projeto, implantação e operação;
- ABNT NBR 16.156/2013 - Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos - Requisitos para atividade de manufatura reversa. Estabelece requisitos para proteção ao meio ambiente e controle dos riscos de segurança e saúde no trabalho na atividade de manufatura reversa de resíduos eletroeletrônicos;
- ABNT NBR 12.809/2013 - Resíduos de serviços de saúde - Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde intraestabelecimento;
- ABNT NBR 12.980/1993 - Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos – Terminologia.

2.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO AO MUNICÍPIO

O município piauiense de Santo Antônio de Lisboa localiza-se na região sudeste do Estado do Piauí e dista da capital do estado de 349 km.

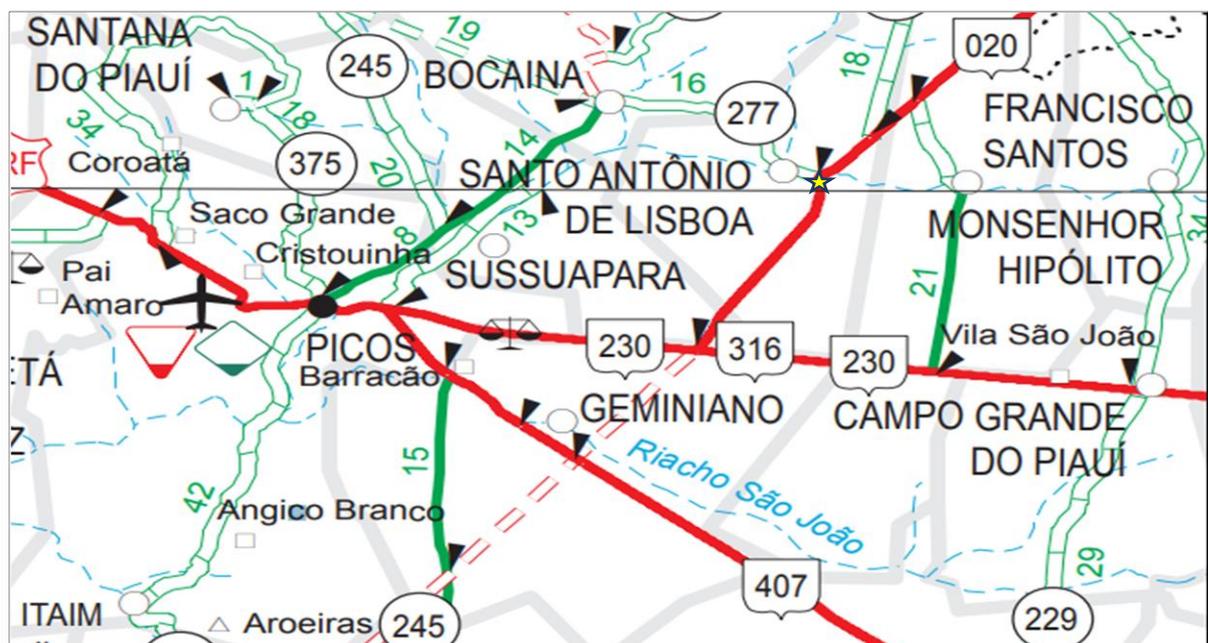
O acesso partindo de Teresina é feito pela BR-316 até a cidade de Picos – PI em um percurso de 312km, e desta cidade até a bifurcação da BR-316 com a BR-020 em um percurso de 17 km. Deste ponto segue-se pela BR-020 até a bifurcação com a PI-227 em um percurso de 17,5Km, seguindo-se pela PI-227 por uma distância de 2,5 Km, chega-se à sede municipal de Santo Antônio de Lisboa. As figuras 1(um) e 2 (dois) mostram a rota de acesso ao município de Santo Antônio de Lisboa a partir da cidade de Picos.

FIGURA 1 – ESBOÇO RODOVIÁRIO DE ACESSO A SANTO ANTÔNIO DE LISBOA A PARTIR DE PICOS - PI



FONTE: MEU-MAPA.COM – Rotas de Brasília – Calcule seu Itinerário

FIGURA 2 – RECORTE DO MAPA RODOVIÁRIO DO PIAUÍ, MOSTRANDO O ACESSO DE PICOS A SANTO ANTÔNIO DE LISBOA



FONTE: BRASIL/DNIT (2013)



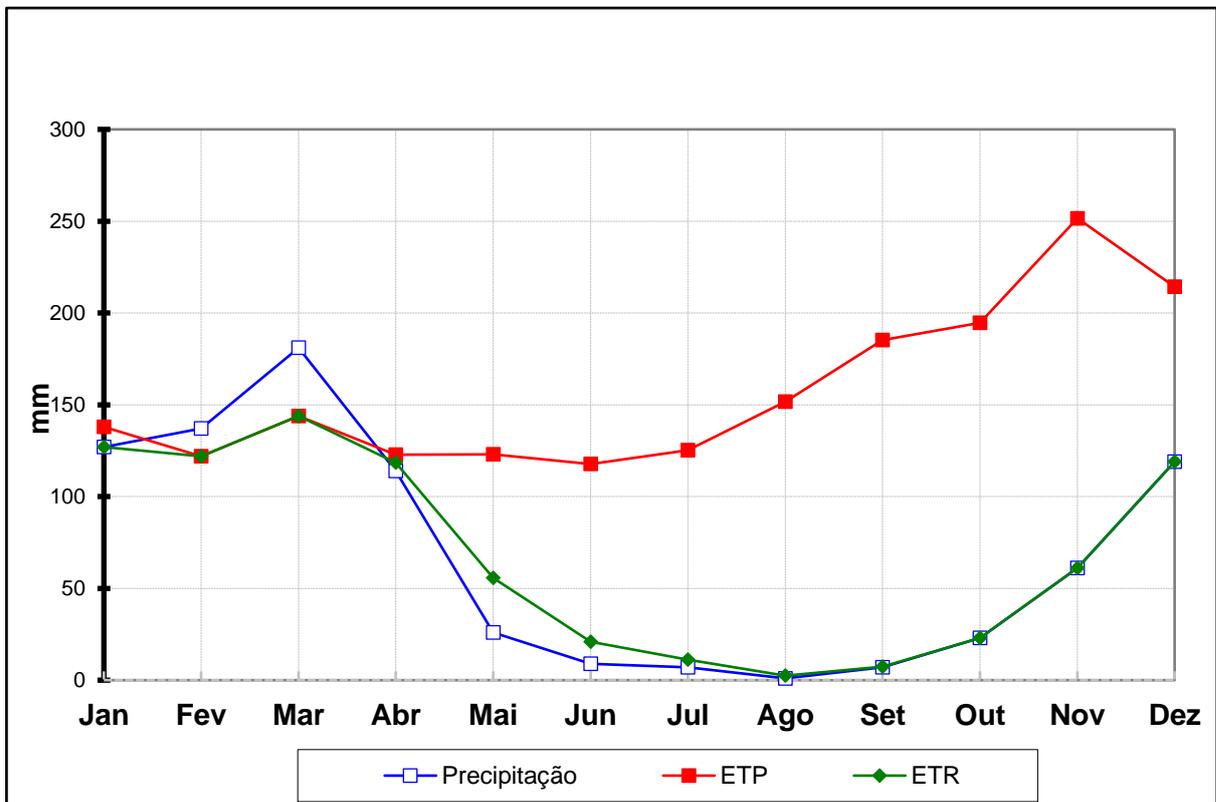
INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

2.3 BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico adotado para este trabalho foi o realizado para a cidade Picos, por Rolim e Sentelhas. (1999), adotando o método de Thornthwaite & Mather (1955). Os “cálculos foram realizados utilizando planilha EXCEL elaborada por Rolim et al. (1998), adotando o método de Thornthwaite & Mather (1955)”, (SENTELHAS, 1999).

As informações referentes ao balanço hídrico de Picos podem ser aplicadas para Santo Antônio de Lisboa, em função da pequena distância que separa os dois municípios. Com isso, o município de Santo Antônio de Lisboa fica dentro do raio de influência da estação meteorológica de Picos, podendo ser aplicada ao projeto. O gráfico 1 (um) mostra a representação do balanço hídrico normal mensal de Picos em forma de linha, conforme Rolim e Sentelhas (1999).

GRÁFICO 1 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA EM LINHAS DO BALANÇO HÍDRICO NORMAL MENSAL DE PICOS - PI



FONTE: ROLIM E SENTELHAS (1999)

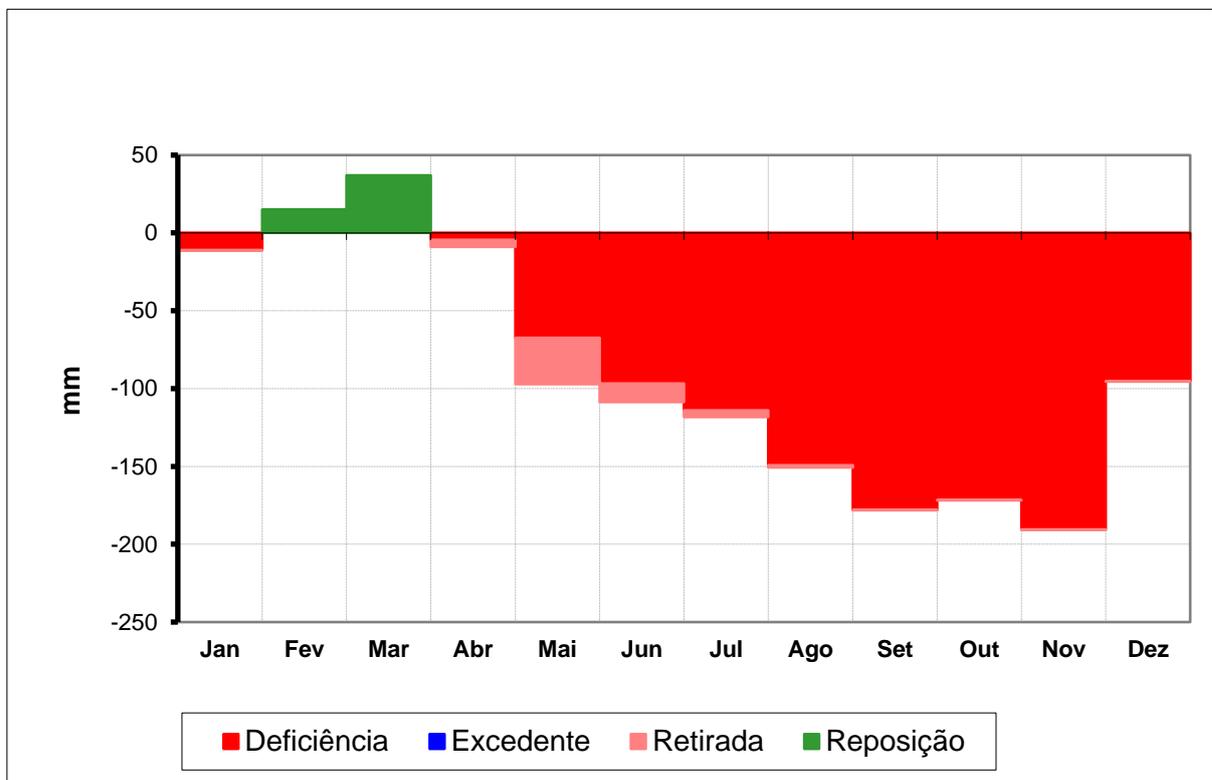
NOTA: Evapotranspiração potencial (ETP), Evapotranspiração real (ETR)

No gráfico 1 (um) observa-se que as precipitações são mais representativas entre os meses de novembro a maio, com os maiores volumes precipitados entre os meses de janeiro a maio. A evapotranspiração potencial (ETP) apresenta-se mais ou menos constante com pequenas variações, entre 118 mm e 144 mm, entre os meses de janeiro a julho. A partir de julho a elevação da ETP é crescente e significativa, que sobe para 252 mm em agosto. Em novembro alcança seu pico máximo de 250 mm, decaindo em dezembro para 214 mm, mais ainda bastante elevada. Já a evapotranspiração real (ETR) apresenta seus menores valores entre os meses de julho a outubro, sendo a menor de 2,5 mm em agosto e de 23 mm em outubro. De outubro a março a ETR é crescente e varia entre 61 mm em novembro a 143 mm em março, que é o mês de pico da ETR. Em abril fica em torno de 118 mm

e maio em 56 mm. Os valores de ETP e ETR favorecem a evaporação e, portanto, possivelmente terá interferência na produção de percolados no aterro sanitário.

O gráfico 2 (dois) exibe a representação gráfica da deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica no solo ao longo do ano no município de Picos.

GRÁFICO 2 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA DEFICIÊNCIA, EXCEDENTE, RETIRADA E REPOSIÇÃO HÍDRICA NO SOLO AO LONGO DO ANO NO MUNICÍPIO DE PICOS



FONTE: ROLIM E SENTELHAS (1999)

No gráfico 2 (dois) observa-se que existe uma deficiência hídrica crescente no solo entre os meses de abril que é de -4 mm a novembro com -191 mm. Já em dezembro reduz para -95 mm e janeiro para -11 mm. Nos meses de janeiro e fevereiro ocorre uma reposição de água no solo, entre 15 mm e 37 mm respectivamente, em decorrência da maior intensificação das precipitações. Entre os



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

meses de abril e agosto registra-se um processo de retirada da água dos solos pelas plantas.

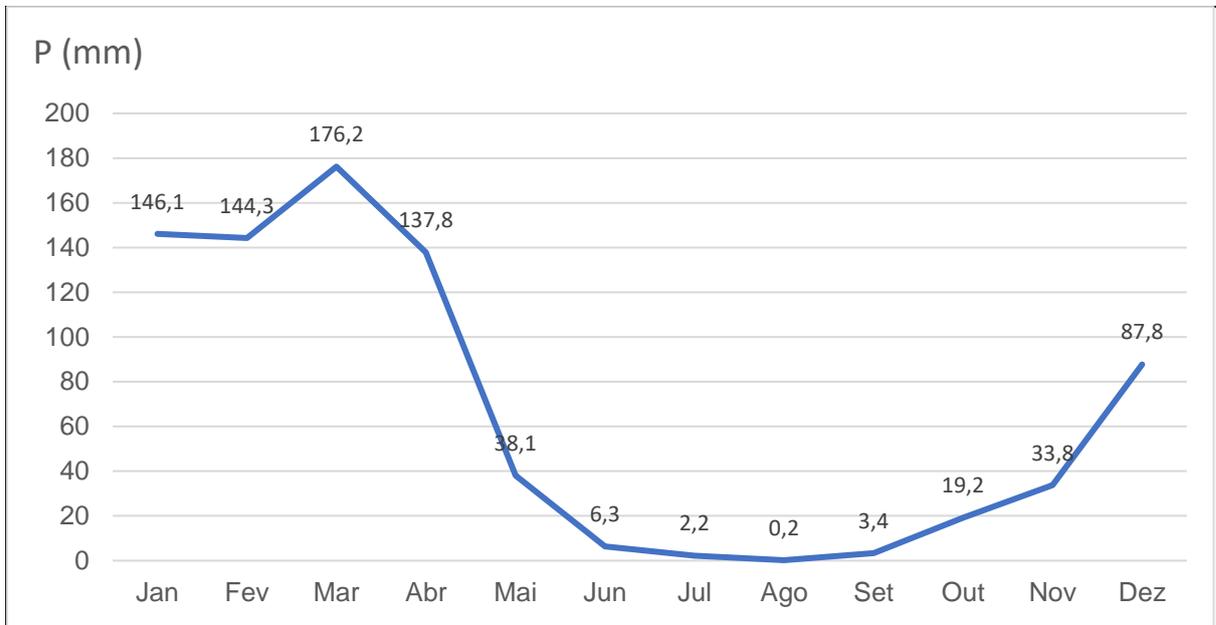
Como pode ser observado no gráfico 2 (dois) a maioria dos meses do ano são de deficiência de água no solo, ou seja, este fato favorece a infiltração de percolados nas células na maior parte do ano, no entanto, a produção de percolados deve ser baixa a ausente na maioria dos meses do ano, em decorrência da elevada ETP e ETR, que deverá favorecer a perda de umidade da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, tornando-os desidratados.

O gráfico 3 (três) mostra as precipitações médias mensais das normais climatológicas do Brasil, na estação meteorológica de Picos no período de 1981 a 2010, obtidas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os meses com maiores índices pluviométricos ficam no período de dezembro a abril e os que apresentam os menores índices são os meses de julho a outubro. Os meses de maio e novembro apresentam valores intermediários, caracterizando respectivamente o final e o início do período mais chuvoso.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

**GRÁFICO 3 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL DA ESTAÇÃO DE PICOS EM
mm NO PERÍODO DE 1981 A 2010**

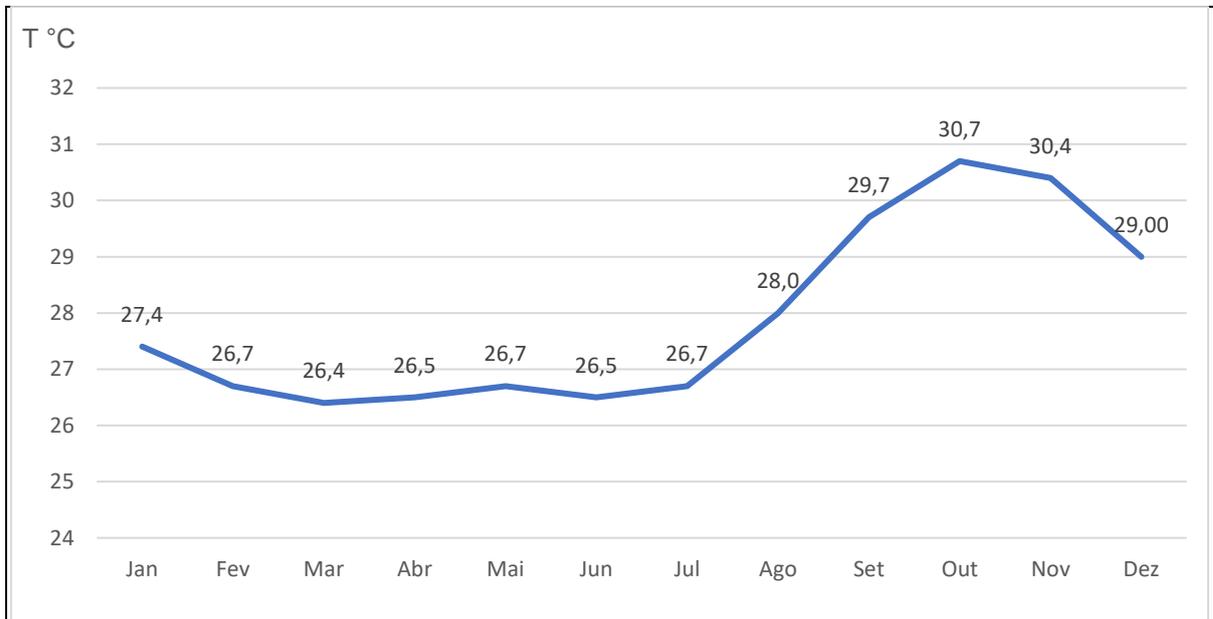


FONTE: INMET

NOTA: Dados obtidos no INMET

O gráfico 4 (quatro) mostra as temperaturas médias mensais compensadas em bulbo seco (°C), obtidas das Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 no INMET. As maiores temperaturas são registradas no período de agosto a dezembro e os meses mais amenos ficam entre janeiro e julho. Fatores esses interferentes no processo de operação do aterro sanitário, por produzir maior lixiviado no período chuvoso e reduzindo a produção deste no período seco, com as temperaturas mais elevadas.

**GRÁFICO 4 – TEMPERATURA MÉDIA COMPENSADA - BULBO SECO (°C)
PERÍODO DE 1981 A 2010**



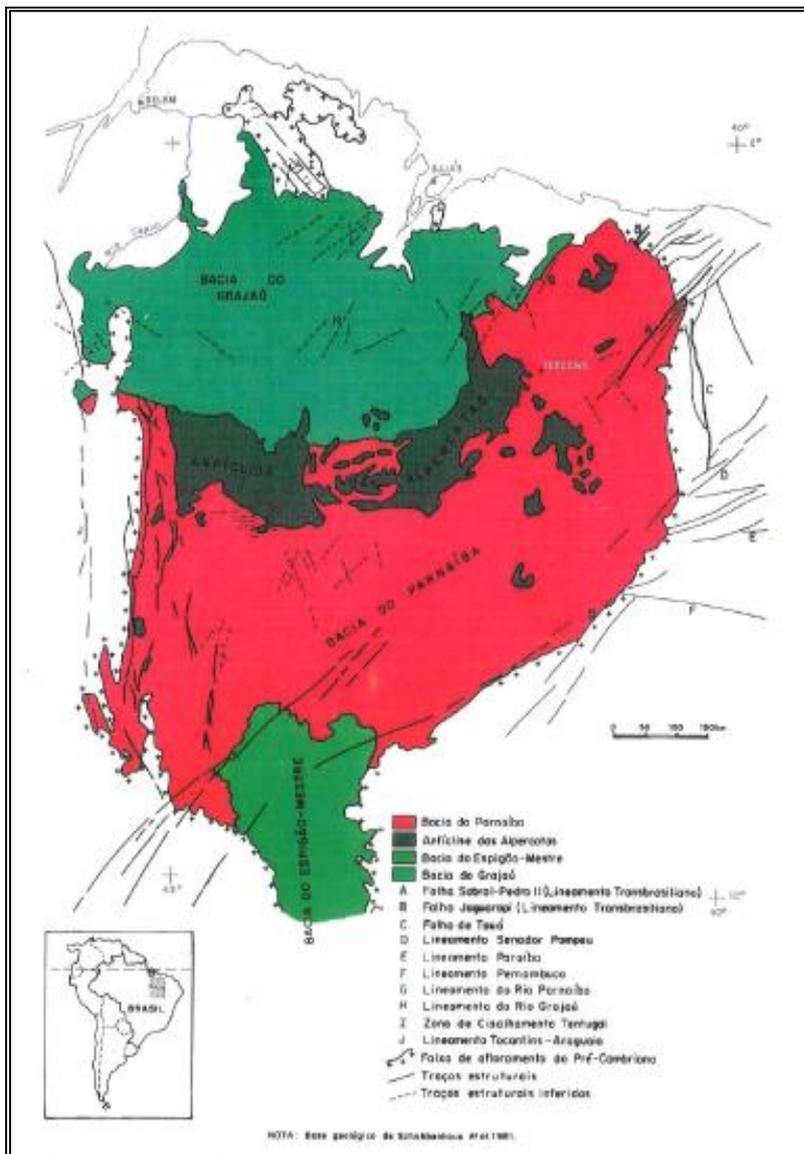
FONTE: INMET

NOTA: Dados obtidos no INMET

2.4 ASPECTOS GEOLÓGICOS PREDOMINANTES NO MUNICÍPIO

De acordo com Góes (1995) a Província Sedimentar do Meio-Norte foi subdividida em quatro unidades geotectônicas, que são: Bacia do Parnaíba, Bacia das Alpercatas, Bacia do Espigão-Mestre e Bacia do Grajaú. Na figura 3 (três) observa-se como cada uma dessas bacias está posicionada espacialmente dentro da Província Sedimentar do Meio-Norte, além de mostrar a área de domínio de cada uma delas.

**FIGURA 3 – SUBDIVISÃO DA PROVÍNCIA SEDIMENTAR DO MEIO-NORTE EM:
BACIA DO PARNAÍBA, BACIA DAS ALPERCATAS, BACIA DO
ESPIGÃO-MESTRE E BACIA DO GRAJÁU**



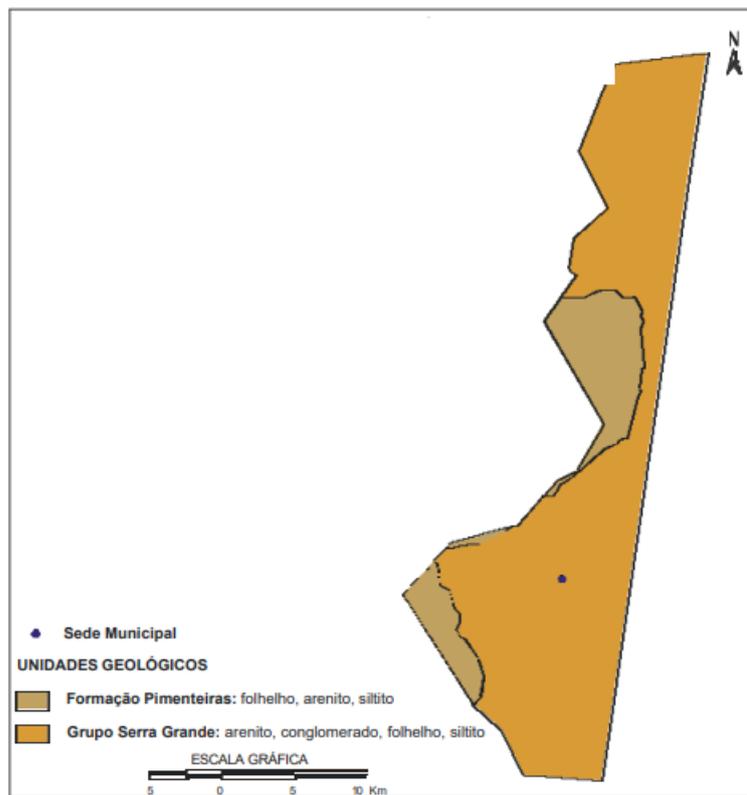
FONTE: GÓES (1995, p.121)

Bacia do Parnaíba é subdividida em três supersequências: uma de idade Siluriana representada pelo Grupo Serra Grande, outra posicionada no Devoniano denominada de Grupo Canindé e a terceira abrangendo o Carbonífero-Triássica designada de Grupo Balsas (PFALTZGRAFF, 2010, p.18).

O município de Santo Antônio de Lisboa assenta-se sobre as rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba pertencentes ao Grupo Serra Grande, constituído pelas formações geológicas de: Ipu, Tianguá e Jaicós e os da Formação Pimenteiras, esta, pertencente ao Grupo Canindé. Neste relatório será detalhado somente as formações ocorrentes no município.

A figura 4 (quatro) mostra um esboço geológico do município de Santo Antônio de Lisboa, revelando as áreas de predominância de ocorrência do Grupo Serra Grande e da Formação Pimenteiras.

FIGURA 4 – ESBOÇO GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE SANTO ANTÔNIO DE LISBOA



FONTE: AGUIAR; GOMES (2004, p. 4)

A seguir serão descritas detalhadamente as informações sobre as formações geológicas que ocorrem no município.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

Segundo Pfaltzgraff (2010, p.18), o Grupo Serra Grande compreende as formações Ipu, Tianguá e Jaicós, com individualização apenas em subsuperfície. Apesar de alguns autores o posicionarem no Devoniano Inferior, revisões baseadas em estudos de fósseis de quitinozoários e acritarcas o posicionam no Siluriano. Marca o início da sedimentação da Bacia do Parnaíba, com a deposição de um pacote de arenitos conglomeráticos e conglomerados na base, passando a arenitos de granulação mais fina no topo, intercalados com siltitos, folhelhos e argilitos. Essa seqüência evidencia uma evolução climática com aumento progressivo da umidade durante o período da sedimentação Serra Grande. É indicado um ambiente deposicional fluvioglacial a glacial, passando a nerítico até condições continentais (fluvial entrelaçado).

De acordo com Pfaltzgraff (2010, p.20), o Grupo Canindé é constituído pelas seguintes formações geológicas: Pimenteiras, Cabeças, Longá e Poti.

Formação Pimenteiras Essa formação, psamítico-pelítica, consiste em uma alternância de estratos pouco espessos de arenitos finos, argilosos, subangulosos, cinza a avermelhados, com folhelhos cinza-escuros a marrom-avermelhados, micáceos, contendo delgadas intercalações de siltitos. A porção inferior é mais arenosa, cinza-clara, com lâminas de siltitos e folhelhos cinza a avermelhados. A paleofauna de braquiópodos, pelecípodos e trilobitas e peixes encontrados nos folhelhos da seção superior da formação confirmam o ambiente francamente marinho para esses depósitos. (PFALTZGRAFF, 2010, p.20).

As fotos de números 1 (um) e 2 (dois) mostram afloramentos arenitos grosseiros do Grupo Serra Grande, a primeira no espaço urbano e a segunda na entrada da área do lixão.

**FOTO 1 - AFLORAMENTO DE ARENITO GROSSEIRO PERTENCENTE AO
GRUPO SERRA GRANDE**



**FOTO 2 - AFLORAMENTO DE ARENITO GROSSEIRO PERTENCENTE AO
GRUPO SERRA GRANDE, NA ENTRADA DO LIXÃO**





2.5 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DO LIXÃO E DO ATERRO SANITÁRIO

O lixão do município de Santo Antônio de Lisboa a situa-se a 3 (três) km a nor-noroeste (NNW) da sede municipal, tendo as seguintes coordenadas geográficas: -06° 55' 20,440" S e -41° 14' 40,441" W e tem área documentada de 1,9 ha. No local predomina associação de solos composta por neossolos litólicos e neossolos quartzarênicos conforme demonstrado nas fotos, ou seja, com predominância de areias quartzosas e afloramentos de rochas, localmente representados por arenitos grosseiros pertencentes ao Grupo Serra Grande, este que compõem a parte basal dos ciclos deposicionais da Bacia Sedimentar do Parnaíba.

A região se enquadra no semiárido do nordeste brasileiro cuja vegetação dominante pertence no bioma caatinga.

A área ocupada pelo lixão é de aproximadamente 0,77 ha, com perímetro de 346,76 m, com seu limite apresentando um declive significativo para E e S, com lixo de todos os tipos dispersos aleatoriamente por todo esse espaço, com uma espessura média estimada de 0,5 m.

Localmente observou-se a presença de catadores e urubus, assim como, a prática da queima, fato esse que associado a ação dos catadores podem reduzir o volume de lixo existente na área em um momento posterior.

As fotos de números 3 (três) a 12 (doze) mostram a situação da área do lixão por ocasião da visita técnica em novembro de 2018, os solos predominantes na área, a área da ocorrência de laterita ferruginosa (piçarra) e os tipos de lixo presentes no lixão.

FOTO 3 – VIA DE ACESSO AO LIXÃO E A ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO



FOTO 4 – ENTRADA DO LIXÃO, NEOSSOLO QUARTZO ARÊNICO NO PRIMEIRO PLANO E RESÍDUOS SÓLIDOS NO SEGUNDO PLANO



FOTO 5 – NEOSSOLO QUARTZOARÊNICO



FOTO 6 – NEOSSOLO LITÓLICOS

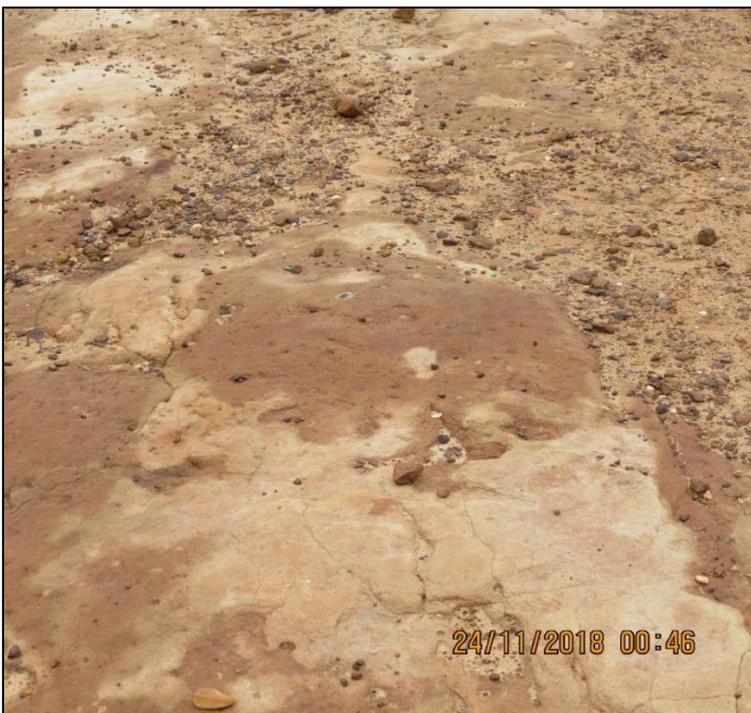


FOTO 7 – LATERITA FERRUGINOSA (PIÇARRA)



**FOTO 8 – PRESENÇA DE CATADORES E URUBUS E PRÁTICA DA QUEIMA NA
ÁREA DO LIXÃO**



FOTO 9 – OBSERVAR O VOLUME DE LIXO ACUMULADO NO LIXÃO



**FOTO 10 – LIXO DOMICILIAR COMERCIAL MISTURADO A LIXO DE OUTRAS
FONTES**



FOTO 11 – LIXO DOS SERVIÇOS DE SAÚDE NA ÁREA DO LIXÃO



FOTO 12 – RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL



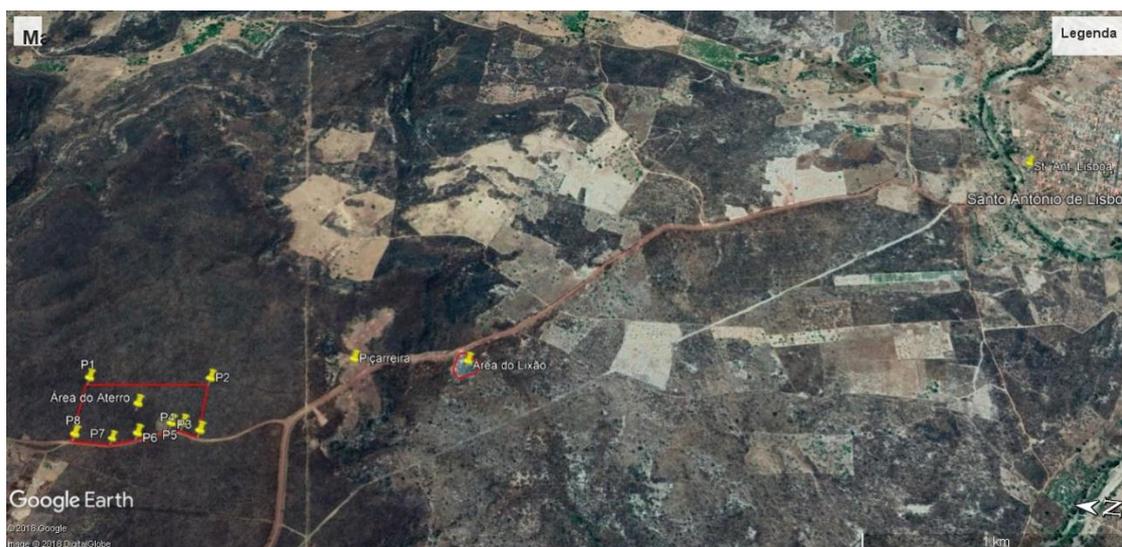
As figuras 5 (cinco) e 6 (seis) mostram imagens de satélite obtida no Google Earth, dezembro de 2018, exibindo a área ocupada por lixo disperso a céu aberto e a localização das áreas do lixão e a área adquirida para a implantação do aterro sanitário, em relação ao núcleo urbano do município.

FIGURA 5 – IMAGEM DE SATÉLITE DO GOOGLE EARTH, MOSTRANDO A ÁREA DO LIXÃO COM RESÍDUOS SÓLIDOS DISPERSOS CAOTICAMENTE



FONTE: GOOGLE EARTH

FIGURA 6 - IMAGEM DE SATÉLITE DO GOOGLE EARTH, MOSTRANDO A LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO LIXÃO E FUTURA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO



FONTE: GOOGLE EARTH



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

Considerando que o lixão se encontra assentado sobre os tipos de solos acima citados, ou seja, com predominância de areias quartzosas e afloramentos de arenitos esses com permeabilidade reconhecidamente elevada, recomenda-se a rejeição desta área para a implantação do aterro sanitário em função de que a uma pequena distância deste local existe afloramento de laterita ferruginosa, que sobrepõe os sedimentos da Formação Pimenteiras, esta constituída por rochas sedimentares de baixa permeabilidade. Essa formação sendo composta por alternância de camadas de siltitos e folhelhos, rochas com baixa capacidade de fluxo de líquidos como água, percolados ou chorume, configura-se como um ambiente mais propício à instalação de um aterro sanitário.

As lateritas ferruginosas têm uma excelente capacidade de impermeabilização quando é submetida a processo de compactação, por essa razão tem sido amplamente utilizada na construção de estradas e outras obras civis, onde essa propriedade é fundamental para uma vida útil prolongada desse tipo de obra, ao contrário das areias quartzosas que apresentam uma ótima permeabilidade e uma capacidade de fluxo elevada.

2.6 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E DA LIMPEZA URBANA DO MUNICÍPIO

As informações obtidas para caracterização dos resíduos sólidos produzidos no município e do sistema de limpeza urbana em operação foram obtidas a partir dos dados disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SINIS 2016, complementadas com dados obtidas em visitas técnicas ao município.

Os resíduos sólidos produzidos no município e o sistema de limpeza urbana em funcionamento foram avaliados considerando os termos e definições normativas da ABNT.

2.6.1 Definições



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

Resíduos sólidos (RS) são definidos segundo a NBR 10.004

como qualquer material encontrado no estado sólido e semissólido resultantes das atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e de varrição, abrangendo ainda os lodos originados de sistemas de tratamento de água, de equipamentos e instalações de controle de poluição, e determinados líquidos inviáveis para o lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) 2004, p.1)

Resíduos sólidos urbanos (RSU) de acordo com NBR15849

resíduos sólidos urbanos são os resíduos provenientes de domicílios, serviços de limpeza urbana, pequenos estabelecimentos comerciais, resíduos industriais e de prestações de serviços, que estejam incluídos no serviço de coleta regular de resíduos, e, que tenham características similares aos resíduos sólidos domiciliares (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) 2010, p.4)

Limpeza urbana (LU) de acordo com a Norma Regulamentadora da Secretária de Inspeção do Trabalho, SIT n.º 588,

limpeza urbana são as atividades que envolvem a coleta de resíduos sólidos, varrição, transbordo, manutenção de áreas verdes, tratamento de resíduos, ponto de recolhimento de resíduos (ecoponto), triagem de recicláveis e destinação final, a partir da sua produção e disposição para recolhimento ao ponto de destino (BRASIL, 2017).

2.6.2 Resíduos Sólidos e Limpeza Urbana de Santo Antônio de Lisboa

Limpeza urbana é um serviço público que compreende, portanto, o manejo de resíduos sólidos envolvendo: coleta, remoção e o transporte dos resíduos sólidos domiciliares, varrição e limpeza de vias e logradouros públicos, remoção e transporte de resíduos das atividades de limpeza de feiras livres, mercados públicos, abatedouros e animais, remoção de resíduos volumosos em vias públicas dispostos em aterros sanitários em conformidade com a legislação ambiental.

A limpeza urbana não está apenas associada à varrição de ruas, mas também a toda a manutenção da limpeza pública, em geral, como de parques e praças, capinação de ruas, podas de árvores e limpeza de bueiros e de cemitérios.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

Os serviços de coleta de todos os tipos de lixo produzidos na área territorial do município de Santo Antônio de Lisboa são efetuados pela própria prefeitura nas áreas urbana e rural. A coleta dos resíduos domiciliares e comerciais na área urbana e suburbana é efetuada 03 (três) vezes por semana em dias alternados e na área rural, uma vez por semana, contemplando as localidades: Acampamento e Barro Branco na terça-feira e Torrões, Lagoa do Campo, Carvalho, Sítio Salvado na quinta-feira.

Os resíduos da feira livre são coletados aos domingos, do matadouro público às segundas-feiras.

Os resíduos de construção civil e demolição bem como os resíduos com grande volume (restos de podas e limpeza de quintal) de acordo com a legislação, são de responsabilidade do gerador. No entanto estes serviços são prestados pela prefeitura sem regularidade e frequência definidas, sendo efetuada por demanda ou quando detectada a necessidade pelo setor responsável.

Os RSU públicos oriundos da Limpeza Urbana como: capina, roçado, poda, corte de árvores, coleta de animais mortos, limpeza de cemitérios, limpeza de estruturas de drenagem é um serviço contínuo praticado durante todo o ano, na área urbana da sede do município, sendo também destinados ao lixão do município.

Os resíduos dos serviços de saúde são gerados na Unidade de Pronto Atendimento em Saúde. Segundo informações prestadas pelos gestores da limpeza pública, estes são enviados para a cidade de Picos onde há um serviço de recolhimento e destinação adequada realizado por empresa privada, porém, durante a visita ao lixão da cidade, constatou-se a presença deste tipo de resíduo no local, conforme pode ser visto na foto 11, na página 31.

O município adota a queima do lixo na área do lixão para redução de volume. Essa prática é demonstrada na foto de número 13 (treze).

FOTO 13 – REGISTRO DA PRÁTICA DA QUEIMA DOS RESÍDUOS NO LIXÃO

A limpeza urbana do município de Santo Antônio de Lisboa faz parte das atribuições da Secretaria de Obras e conta com os seguintes equipamentos: uma caçamba basculante de 5m³ com 10 anos de uso e um trator agrícola com reboque, também com 10 anos de uso.

O efetivo da limpeza urbana é formado por 06 (seis) funcionários, sendo 01 (um) motorista, 01 (um) operador do trator e 04 (quatro) garis. Para os serviços de poda de árvore, capina, limpeza de sarjetas, cemitério, eventualmente, são contratados trabalhadores diarista.

O sistema de limpeza urbana não realiza pesagem do material coletado que é destinado a área do lixão, não dispondo de registro da quantidade de lixo que é coletado diariamente, assim sendo, a avaliação da produção diária dos resíduos domiciliares e comerciais é feita a partir da capacidade dos veículos coletores e do número de viagens que executam.

Conforme dados do SINIS/2016 a produção anual de resíduos domiciliares (RDO) e públicos (RPU) na zona urbana do município é estimada em 960 toneladas por ano. Sendo a população urbana no ano de 2016 correspondente a 4.092 habitantes e a produção *per capita* de resíduos domiciliares e comerciais de 0,64 kg/habitante/dia.

A cobertura da coleta na zona urbana é de 100% e da zona rural de 32%, resultado num total de 4.780 habitantes beneficiados com o serviço de coleta de resíduos.

Para fins de avaliação da produção de lixo que subsidiam o projeto, foi feita a quantificação a partir de dados populacionais e de produção *per capita* (kg/hab/dia) com base nos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINIS, 2016).

No momento da visita técnica à área do lixão, foi observada a presença de catadores. Segunda informações da prefeitura 05 pessoas exercem essa atividade no local regularmente. A foto de número 14 (catorze) mostra o registro da atividade de catadores e o acúmulo de recicláveis.

FOTO 14 – REGISTRO DE CATADORES E OS PRODUTOS DE SUA ATIVIDADE



Para a estimativa do volume de lixo acumulado no lixão foi utilizado o seguinte procedimento: considerando o tempo de uso da área como destino final do lixo a céu aberto com incorporação da prática de queima ao longo dos anos em



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

operação, que no caso de Santo Antônio de Lisboa, segundo informações do gestor, é de 10 anos. Adotou-se *per capita* de 0,5 kg/hab.dia que é o adotado por (VILHENA, 2018, p. 51) para lixo velho. A redução do volume do lixo pela prática de incineração a alta temperatura chega a 70% e da massa 90% (VILHENA, 2000, p. 203). Como na queima a céu aberto as temperaturas são mais baixas do que na incineração, e, portanto, teoricamente apresentando uma menor eficiência, mas levando em conta a degradação biológica que também provoca redução do volume, adotou-se para esse trabalho que a queima a céu aberto associada a biodegradação reduzirá o volume em 70%.

A estimativa feita calculando o valor de produção diária de lixo como o produto do *per capita* de lixo velho (0,5 kg/hab.dia) pela população do município, ao longo de 10 (dez) anos, obtém-se o valor da massa de lixo acumulada correspondente a 8.723 (oito mil setecentos e vinte e três) toneladas. Considerando-se a queima e a decomposição com base em Vilhena (2018), essa massa ficou reduzida a 30 % do valor produzido, ou seja, 2.617 (dois mil, seiscentos e dezessete) toneladas, admitindo-se a densidade do lixo acumulado de 300 kg/m³, o volume de lixo acumulado 8.723 m³ (oito mil, setecentos e vinte e três).

As atividades de limpeza urbana demonstram satisfatória eficiência refletida nas principais vias e equipamentos públicos de aspectos bastante limpos como pode ser observado nas fotos de números 15 (quinze) a 18 (dezoito).

FOTO 15 – ÁREA DO MERCADO E FEIRA LIVRE SEM ACÚMULO DE LIXO



FOTO 16 – ÁREA FEIRA LIVRE SEM ACÚMULO DE LIXO



FOTO 17 – PRAÇA SEM ACÚMULO DE LIXO

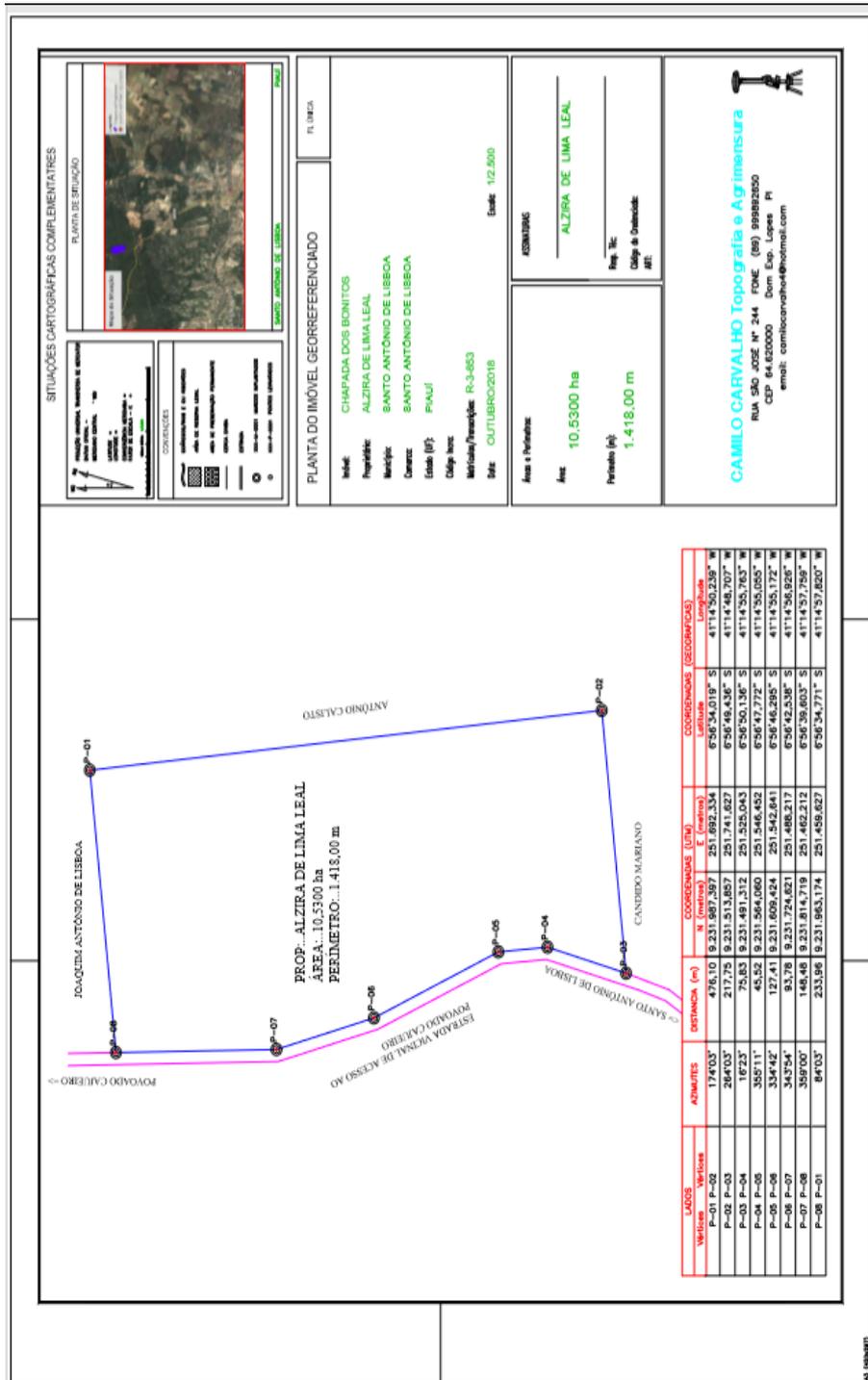


FOTO 18 – ASPECTO DE LIMPEZA DE VIA PÚBLICA



O mapa 1 mostra a área a ser ocupada pelo aterro sanitário de Santo Antônio de Lisboa.

MAPA 1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO





3 ALTERNATIVA TECNOLÓGICA

O Aterro Sanitário terá uma concepção tecnológica operacional em células que serão escavadas no solo, impermeabilizadas com argila e manta de Polietileno de Alta Densidade – PEAD, com drenos para captação de chorume e percolados, sistema de tratamento anaeróbico de chorume com descarga em uma área de charco, pequenas elevações ou drenos no entorno das células de forma a reduzir ou evitar o fluxo de águas pluviais para o interior da células e drenos verticais para liberação dos gases para a atmosfera.

O projeto prever uma vida útil de 20 (vinte) anos, com divisão em 10 células, dimensionadas para um uso de 2 (dois) anos cada, espaçadas uma da outra por uma distância de 5m. Essas células são destinadas aos resíduos públicos, exceto resíduos de construção civil e demolição, que terão um pátio no interior do aterro para esse fim.

A escolha da concepção tecnológica do aterro sanitário por células, deve-se primeiro por se tratar de áreas de desertificação, portanto, susceptíveis a processos erosivos, escorregamentos, desenvolvimento de voçorocas, e movimentação de sedimentos por escoamento das águas pluviais, portanto, a abertura de áreas menores tende a reduzir esses processos, ao contrário da concepção de aterros com abertura de grandes áreas que implicam em limpeza da vegetação de áreas significativas deixando o solo desnudo corroborando para o desenvolvimento e aceleração de alguns desses processos, isolados ou conjugados.

Outro aspecto que justifica a escolha do modelo de células é o fator econômico por não necessitar de grande aporte de capital na fase inicial de implantação do projeto em decorrência da ocupação da área ser de forma gradual. No entanto é necessário que haja comprometimento da administração municipal em dar continuidade ao processo de abertura de novas células antes do fechamento da célula em uso e do plano de encerramento de cada unidade em conformidade com as recomendações do projeto.



As células do Aterro Sanitário serão escavadas no solo e impermeabilizadas em sua base por uma camada compactada de 0,50 m de argila, onde será escavada uma canaleta central longitudinal à dimensão maior da célula, em forma de “U” com 0,4m de largura e 0,35m de profundidade e outras inclinadas em ângulo de 45° em relação à canaleta central, em forma de “V” com 0,30m de largura e 0,25m de profundidade, espaçadas de 20 m uma da outra, formando uma estrutura do tipo espinha de peixe. Após as escavações das canaletas o fundo e as laterais da célula serão impermeabilizados com manta de Polietileno de Alta densidade - PEAD com espessura 2mm. As canaletas deverão ser preenchidas com seixos de granulação grossa e recobertas por uma manta filtrante. Após essas operações será colocada uma camada de 0,40m sobre a manta do solo retirado da escavação. Esse sistema drenará os percolados das células para o sistema de tratamento do tipo lagoa de estabilização, seguido de encaminhamento a um charco.

4 PARÂMETROS BÁSICOS DE DIMENSIONAMENTO DO ATERRO

A seguir serão apresentados os parâmetros básicos de dimensionamento do Aterro Sanitário que foram usados no cálculo dos volumes de resíduos acumulados e das áreas das células de confinamento dos resíduos até o final da vida útil projetada. Os valores obtidos estão apresentados na Tabela 1:

- a) vida útil do Aterro = 20 anos;
- b) densidade média do resíduo público (RPU) compactado = 0,7 t/m³;
- c) contribuição per capita do lixo público = 0,65 kg/hab.dia;
- d) per capita dos resíduos de construção e demolição = 0,8 kg/hab.dia;
- e) massa de lixo gerada por dia = M kg/dia, (TABELA 1);
- f) volume do resíduo público por ano compactado = V m³/ano (TABELA 1);
- g) volume do lixo gerado em 20 (vinte) anos considerando 20% para cobertura das camadas de lixo = V₂₀ m³;
- h) volume gerado com cobertura a cada 2 (dois) anos = V₂ m³.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

**TABELA 1 - ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DIÁRIA DE RESÍDUOS DO PERÍODO DE SANTO ANTÔNIO DE LISBOA
PARA O PERÍODO DE 2019 A 2038**

TEMPO (ano)	POPULAÇÃO (hab)	RPU M (kg.dia)	RDC M (kg.dia)	RPU M (t/ano)	RDC M (tano)	VOLUME RPU COMP. V(m ³)	VOLUME RPU COMP. COB. V (m ³ /ano)	VOLUME RPU V ₂ (2 anos)
2019	6 454	4 195,1	5163,2	1531,2	1884,6	2187,4	2624,9	5270,9
2020	6 506	4 228,7	5204,5	1543,5	1899,6	2204,9	2645,9	
2021	6 558	4 262,5	5246,1	1555,8	1914,8	2222,6	2667,1	5355,5
2022	6 610	4 296,6	5288,1	1568,3	1930,2	2240,4	2688,4	
2023	6 663	4 331,0	5330,4	1580,8	1945,6	2258,3	2709,9	5441,6
2024	6 716	4 365,6	5373,1	1593,4	1961,2	2276,4	2731,6	
2025	6 770	4 400,5	5416,0	1606,2	1976,9	2294,6	2753,5	5529,0
2026	6 824	4 435,7	5459,4	1619,0	1992,7	2312,9	2775,5	
2027	6 879	4 471,2	5503,0	1632,0	2008,6	2331,4	2797,7	5617,8
2028	6 934	4 507,0	5547,1	1645,1	2024,7	2350,1	2820,1	
2029	6 989	4 543,1	5591,4	1658,2	2040,9	2368,9	2842,7	5708,0
2030	7 045	4 579,4	5636,2	1671,5	2057,2	2387,8	2865,4	
2031	7 102	4 616,0	5681,3	1684,9	2073,7	2406,9	2888,3	5799,7
2032	7 158	4 653,0	5726,7	1698,3	2090,3	2426,2	2911,4	
2033	7 216	4 690,2	5772,5	1711,9	2107,0	2445,6	2934,7	5892,9
2034	7 273	4 727,7	5818,7	1725,6	2123,8	2465,2	2958,2	
2035	7 332	4 765,5	5865,3	1739,4	2140,8	2484,9	2981,9	5987,6
2036	7 390	4 803,7	5912,2	1753,3	2157,9	2504,8	3005,7	
2037	7 449	4 842,1	5959,5	1767,4	2175,2	2524,8	3029,8	6083,8
2038	7 509	4 880,8	6007,2	1781,5	2192,6	2545,0	3054,0	

FONTE: Censo Demográfico IBGE (2010) e Estimativa da População IBGE (2018).

NOTA 1: Com base nos dados do IBGE (2010, 2018) foi calculado a taxa de crescimento populacional e a evolução demográfica do município para a vida útil do Projeto.

NOTA 2: Todos os dados da TABELA 1 foram obtidos com base na população e na produção per capita do município.

NOTA 3: M = massa de lixo gerada; V = volume de lixo gerado por ano; RPU = resíduo público; COMP. = compactado; COB. = cobertura; V₂ = volume gerado com cobertura a cada dois anos; RCD. = Resíduo de construção e demolição.



4.1 DIMENSÕES DAS CÉLULAS

As células para recebimento dos Resíduos Públicos – RPU terão seção transversal do tipo trapezoidal com as seguintes características:

- talude = 1:0,5;
- altura útil = 3,0m;
- largura da base = 10m;
- largura do topo = 13m.

$$S_t = [(13 + 10) \div 2] \times 3 = 34,5m^2$$

Fórmula de cálculo da superfície ocupada pelas células.

$$s_n = \text{largura do topo da célula "n"}(m) \times L_n(m) = \text{área célula } m^2 \text{ ou em ha}$$

Célula “1”:

O comprimento da célula “1” L_1 será:

$$L_1 = V_2 \div S_t \therefore L_1 = 5\,270,7 \div 34,5 = 152,8m \cong 153m$$

Onde:

- S_t = seção transversal;
- L_1 = comprimento da célula “1”;
- V_2 = volume da célula “1”.

Superfície ocupada pela célula “1”:

$$s_1 = \text{largura do topo da célula "1"}(m) \times L_1(m) = \text{área célula } m^2 \text{ ou em ha}$$



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

$$s_1 = 13m \times 153m = 1\,989m^2 = 0,1989ha \cong 0,2ha$$

Onde:

- s_1 = superfície ocupada pela célula "1";
- largura do topo da célula em m = 13 m;
- L_1 = comprimento da célula "1" em m = 153 m.

Célula "2":

O comprimento da célula "2" L_2 será:

$$L_2 = V_2 \div S_t \therefore L_2 = 5\,355,5 \div 34,5 = 155,2m \cong 155m$$

Onde:

- S_t = seção transversal;
- L_2 = comprimento da célula "2";
- V_2 = volume da célula "2".

Superfície ocupada pela célula "2":

$$s_2 = 13m \times 155,2m = 2\,018m^2 = 0,2018ha \cong 0,2ha$$

O comprimento da célula "3" L_3 será:

$$L_3 = V_2 \div S_t \therefore L_3 = 5\,441,6 \div 34,5 = 157,7m \cong 154m$$

Onde:

- S_t = seção transversal;
- L_3 = comprimento da célula "3";
- V_2 = volume da célula "3".

Superfície ocupada pela célula "3":



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

$$s_3 = 13m \times 157,7m = 2\,050,1m^2 = 0,2050ha \cong 0,2ha$$

O comprimento da célula "4" L_4 será:

$$L_4 = V_2 \div S_t \therefore L_4 = 5\,529,0 \div 34,5 = 160,2m \cong 160m$$

Onde:

- S_t = seção transversal;
- L_4 = comprimento da célula "4";
- V_2 = volume da célula "4".

Superfície ocupada pela célula "4":

$$s_4 = 13m \times 160,2m = 2\,083,0m^2 = 0,2083ha \cong 0,21ha$$

O comprimento da célula "5" L_5 será:

$$L_5 = V_2 \div S_t \therefore L_5 = 5\,617,8 \div 34,5 = 162,8m \cong 163m$$

Onde:

- S_t = seção transversal;
- L_5 = comprimento da célula "5";
- V_2 = volume da célula "5".

Superfície ocupada pela célula "5":

$$s_5 = 13m \times 162,8m = 2\,116,8m^2 = 0,2117ha \cong 0,21ha$$

O comprimento da célula "6" L_6 será:

$$L_6 = V_2 \div S_t \therefore L_6 = 5\,708,0 \div 34,5 = 165,4m \cong 165m$$



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

Onde:

- S_t = seção transversal;
- L_6 = comprimento da célula "6";
- V_2 = volume da célula "6".

Superfície ocupada pela célula "6":

$$s_6 = 13m \times 165,4m = 2\,150,8m^2 = 0,2151ha \cong 0,21ha$$

O comprimento da célula "7" L_7 será:

$$L_7 = V_2 \div S_t \therefore L_7 = 5\,799,7 \div 34,5 = 168,1 \cong 168m$$

Onde:

- S_t = seção transversal;
- L_7 = comprimento da célula "7";
- V_2 = volume da célula "7".

Superfície ocupada pela célula "7":

$$s_7 = 13m \times 168,1m = 2\,185,4m^2 = 0,2185ha \cong 0,22ha$$

O comprimento da célula "8" L_8 será:

$$L_8 = V_2 \div S_t \therefore L_8 = 5\,892,9 \div 34,5 = 170,8m \cong 171m$$

Onde:

- S_t = seção transversal;
- L_8 = comprimento da célula "8";
- V_2 = volume da célula "8".

Superfície ocupada pela célula "8":



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

$$s_8 = 13m \times 170,8m = 2\,220,5m^2 = 0,2221ha \cong 0,22ha$$

O comprimento da célula "9" L_9 será:

$$L_9 = V_2 \div S_t \therefore L_9 = 5\,987,6 \div 34,5 = 173,5m \cong 174m$$

Onde:

- S_t = seção transversal;
- L_9 = comprimento da célula "9";
- V_2 = volume da célula "9".

Superfície ocupada pela célula "9":

$$s_9 = 13m \times 173,5m = 2\,256,2m^2 = 0,2256ha \cong 0,23ha$$

O comprimento da célula "10" L_{10} será:

$$L_{10} = V_2 \div S_t \therefore L_{10} = 6\,083,8 \div 34,5 = 176,0m \cong 176m$$

Onde:

- S_t = seção transversal;
- L_{10} = comprimento da célula "10";
- V_2 = volume da célula "10".

Superfície ocupada pela célula "10":

$$s_{10} = 13m \times 176,0m = 2\,292m^2 = 0,2292ha \cong 0,23ha$$

A área total ocupada pelas células será de 21360 m² o que corresponde a 2,13 ha. A área do aterro sanitário será acrescida de 60% da área superficial das células para viabilizar as vias de serviço, área de preservação ambiental, sede da administração do aterro, sistema de tratamento dos percolados e charco.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

Também terá acréscimo de área para disposição temporária dos resíduos de construção e demolição que será disponibilizada como espaço para um ano de uso, tendo em vista que esses resíduos poderão ser aproveitados, dentre outras possibilidades, na operacionalização do aterro.

Tendo como referência o ano de 2038 que é o final da vida útil do projeto, onde a estimativa de produção dos resíduos de construção e demolição é de 2192,5 t/ano e que a densidade desses resíduos, segundo o IPT/CEMPRE (2000) é de $1,8\text{t/m}^3$ o volume previsto é de 1218 m^3 . Prevendo uma altura de 2m para a pilha de resíduos, a área superficial será de 609 m^2 aproximadamente 0,07 ha.

Como está previsto que o lixão será encerrado e remediado na própria área em que está instalado não será necessário disponibilizar espaço para esse fim na área do Aterro sanitário, portanto a área correspondente ao total de 10 (dez) células de lixo novo (2,13 ha), acrescida de 60%, da área para tratamento de percolados e chorume com charco e áreas de circulação, e de administração, além de espaço dos de resíduos de construção civil e demolição (0,07 ha), totalizará uma área de 3478 m^2 aproximadamente 4(quatro) ha.

Como a área adquirida pelo município é superior a 10 (dez) ha, a área restante além de ser usada como cinturão verde e Reserva Legal, ficara disponível para estruturação futura do Aterro Sanitário com garagem para os veículos coletores e trator também galpão de triagem de resíduos.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

CONCLUSÃO

O levantamento de dados bibliográficos e institucionais, bem como as informações coletados em visita técnica ao município foram ferramentas decisivas na caracterização dos resíduos sólidos produzidos no município, do sistema de limpeza urbana praticada pela gestão municipal, no diagnóstico da área do lixão e também, da seleção da área que mais se aproximou dos requisitos normativos para a instalação do aterro sanitário.

A implantação do aterro sanitário na área selecionada, por sua vez, representará a interrupção de práticas inadequadas de destinação final dos resíduos sólidos em lixão e seus efeitos deletérios ao meio ambiente, principalmente por se tratar de ambiente vulnerável ao processo de desertificação e por abrigar um dos aquíferos mais importantes do estado do Piauí, O Aquífero Serra Grande. Este sem os devidos cuidados ficará exposto aos processos de contaminação de suas águas, principalmente, por que o município tem um grande percentual de sua área territorial encravado na zona de recarga deste aquífero.

A área do lixão atual foi descartada como possibilidade de aproveitamento para a instalação do aterro sanitário, por várias questões técnicas e legais. Primeiro por está assentada sobre o Aquífero Serra Grande sem proteção de material impermeabilizante; segundo por não apresentar material para cobertura dos resíduos, em decorrência das rochas estarem aflorantes na área e em seu entorno imediato, e por último, por apresentar declividade com rochas aflorantes na área de seu entorno, desta forma não permitindo uma ampliação da área para um tempo maior de uso que possa atender a vida útil do projeto.

Embora a área do lixão seja inadequada para implantação do Aterro Sanitário, será feito um processo de adequação para encerramento do lixão no próprio local por meio de abertura de duas células de pequena profundidade com fundo impermeabilizado com argila e manta de PEAD e cobertura com material argiloso a ser transportado da área destinada ao Aterro Sanitário, seguida dos



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

demais procedimentos de requalificação de áreas degradadas por acúmulo de lixo a céu aberto.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Resíduos sólidos urbanos – aterro sanitário de pequeno porte – diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.** NBR 15849. Rio de Janeiro, 2010. 24p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Resíduos sólidos – classificação.** NBR 10004. Rio de Janeiro, 2004. 71p.

AGUIAR, R. B. GOMES, J. R. de. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Estado do Piauí:** diagnóstico do Município de Santo Antônio de Lisboa. Atlas Digital dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Piauí. Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16500/Rel_SantoAntoniodeLisboa.pdf?sequence=1. Acessado em: 04/12/2019.

BRASIL, Ministério do Trabalho. Secretária de Inspeção do Trabalho. **SIT n.º 588, de 30 de janeiro de 2017.** Norma regulamentadora dispõe sobre os requisitos mínimos para a gestão da segurança, saúde e conforto nas atividades de limpeza urbana. Portaria MT. DOU nº 22, Seção 1, pág. 62. 30 de janeiro de 2017. Disponível em: [http://www.fundacentro.gov.br/Arquivos/sis/EventoPortal/AnexoConteudoProgramatico/Norma_Regulamentadora_-_Limpeza_Urbana%20\(1\).pdf](http://www.fundacentro.gov.br/Arquivos/sis/EventoPortal/AnexoConteudoProgramatico/Norma_Regulamentadora_-_Limpeza_Urbana%20(1).pdf). Acesso em 14 de janeiro de 2019.

CAMPOS, J. E. G; DARDENNE, M. A. **Estratigrafia e sedimentação da bacia sanfranciscana:** uma revisão. Revista Brasileira de Geociências, v.27, n 3: 269-282, setembro de 1997, p. 14. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/11291>. Acesso em: 25 de janeiro de 2019.

GOES, A. M. **A formação Poti (carbonífero inferior) da bacia do parnaíba.** Tese Doutorado – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995, 171p. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44136/tde-11022014-105309/pt-br.php>. Acesso em: 04/12/ 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Glossário geológico.** Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 214 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv8304.pdf>. Acesso em: 04/01/2019.

INMET. **Normais climatológicas do Brasil.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas> . Acesso em: 03/12/2018.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA – IICA. Representação do IICA Brasil. **Manual para apresentação de relatórios técnicos, produtos e consultorias**. 1. ed. Brasília: IICA, 2009. 135p. Disponível em: <http://www.iica.int>. Acessado entre nov/2018 a jan/2019.

PFALTZGRAFF, P. A. dos S. (Org.). **Geodiversidade do estado do Piauí**. Recife: CPRM, 2010. 260 p. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16772?show=full>. Acesso em: 04/12/2018.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C. **Balanço Hídrico Normal por Thornthwaite & Mather (1955)**. Piracicaba. ESALQ, 1999. CD-ROM.

SECRETARIA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Sistema nacional de informações sobre saneamento**: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos 2016. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2017. Disponível em: <http://www.sinis.gov.br>. Acesso em:16/01/2019

SÍTIO IBGE cidades. Disponível em: <https://ww.ibge.gov.br.censo>. Consultado em: 04/12/2018.

VILHENA, A; D´ALMEIDA, M. A. O. (Coor). **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. 370 p.

VILHENA, A. (Coor). **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. 4. ed. São Paulo: CEMPRE, 2018. 316 p. Disponível em: http://cempre.org.br/upload/Lixo_Municipal_2018.pdf . Acesso em:16/01/2019



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

GLOSSÁRIO

Os termos e definições relacionado a resíduos sólidos urbanos foram retirados na íntegra da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Normas Brasileiras (NBR), que trata de resíduos sólidos urbanos – aterros sanitários de pequeno porte, NBR 15849/2010. As definições geológicas foram retiradas do Glossário Geológico (IBGE, 1999).

aqüífero Unidade geológica que contém e veicula água em quantidades econômicas, de modo a servir como fonte de abastecimento.

ATERRO SANITÁRIO DE PEQUENO PORTE EM TRINCHEIRAS: instalação para disposição no solo de resíduos sólidos urbanos, em escavação sem limitação de profundidade e largura, que se caracteriza por confinamento em três lados e operação mecanizada.

ATERRO SANITÁRIO DE PEQUENO PORTE EM VALAS: instalação para disposição no solo de resíduos sólidos urbanos, em escavação com profundidade limitada e largura variável, confinada em todos os lados, oportunizando operação não mecanizada.

ATERRO SANITÁRIO DE PEQUENO PORTE: aterro sanitário para disposição no solo de resíduos sólidos urbanos, até 20 t por dia ou menos, quando definido por legislação local, em que, considerados os condicionantes físicos locais, a concepção do sistema possa ser simplificada, adequando os sistemas de proteção ambiental sem prejuízo da minimização dos impactos ao meio ambiente e à saúde pública.

CONDICIONANTES AMBIENTAIS: conjunto de fatores ambientais locais, físicos, bióticos e antrópicos, que determinam os procedimentos e sistemas necessários para a minimização dos impactos e para a proteção ambiental.

EXCEDENTE HÍDRICO: valor resultante do balanço entre diversos parâmetros climáticos e hidrológicos locais que incorpora características típicas de diferentes tipos de solos.

fácies sedimentar Mudanças laterais das características Etológicas e paleontológicas dentro de uma unidade estratigráfica, como resultado das variações que existem naturalmente dentro dos ambientes sedimentares.

formação (Geologia) Unidade fundamental da classificação litoestratigráfica. Trata-se de um corpo rochoso caracterizado pela relativa homogeneidade litológica, forma comumente tabular, geralmente com continuidade lateral e mapeável na superfície terrestre ou em subsuperfície.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

grupo (Geologia) Unidade litoestratigráfica formal, de categoria superior à formação, e constituído necessariamente pela associação de duas ou mais formações, relacionadas por características ou feições litoestratigráficas comuns ou por referências litoestratigráficas que o delimitam.

LIXIVIADO: líquido resultante da infiltração de águas pluviais no maciço de resíduos, da umidade dos resíduos e da água de constituição de resíduos orgânicos liberada durante sua decomposição no corpo do aterro sanitário.

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: resíduos que, em conformidade com o estabelecido na Resolução CONAMA no 404/2008, sejam 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.

SISTEMA DE COBERTURA FINAL: camada de material aplicada sobre os resíduos, destinada ao fechamento da área aterrada, garantindo a integridade do maciço, minimizando a infiltração das águas de chuva e possibilitando o uso futuro da área.

SISTEMA DE COBERTURA OPERACIONAL: camada de material aplicada sobre os resíduos ao final de cada jornada de trabalho, destinada a minimizar a infiltração das águas de chuva, evitar o espalhamento de materiais leves pela ação do vento, a presença de animais, a proliferação de vetores e a emanção de odores.

SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS: conjunto de estruturas que tem como objetivo captar e dispor de forma adequada as águas da chuva incidentes sobre as áreas aterradas e seu entorno.

SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES: conjunto de estruturas que tem por objetivo possibilitar a remoção adequada dos gases gerados no interior dos aterros.

SISTEMA DE DRENAGEM DE LIXIVIADOS: conjunto de estruturas que tem por objetivo possibilitar a remoção e destinação adequada do lixiviado gerado no interior dos aterros.

SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO: elemento de proteção ambiental destinado a isolar os resíduos do solo natural de maneira a minimizar a infiltração de lixiviados e de biogás.

SISTEMA DE ISOLAMENTO FÍSICO: dispositivos que têm por objetivo controlar o acesso às instalações dos aterros, evitando desta forma a interferência de pessoas não autorizadas e animais em sua operação ou a realização de descargas irregulares de resíduos, bem como diminuir ruídos, poeira e odores no entorno do empreendimento.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA -
IICA REPRESENTAÇÃO DO IICA NO BRASIL

SISTEMA DE MONITORAMENTO: estruturas, instrumentos e procedimentos que têm por objetivo a avaliação sistemática e temporal do comportamento dos aterros, bem como sua influência no ambiente.

SISTEMA DE TRATAMENTO DE LIXIVIADOS: instalações e estruturas destinadas à atenuação das características do lixiviado dos aterros sanitários atendendo à legislação no que tange ao descarte de efluentes.

SISTEMAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO ATERRO: componentes do aterro sanitário de pequeno porte destinados a minimizar os impactos ambientais decorrentes da disposição dos resíduos sólidos urbanos no solo. Inclui a condição natural favorável do subsolo, a camada impermeabilizante do solo, sistema de recobrimento, sistema de manejo de águas pluviais, sistema de manejo de lixiviados, sistema de manejo de emissões gasosas e paisagismo.