

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

**APLICAÇÃO DE INDICADORES DA QUALIDADE
AMBIENTAL EM UM ATERRO SANITÁRIO NO
NORTE DE MATO GROSSO**

CLÁUDIA PEREIRA GUIMARÃES

ORIENTADORA: Prof.^a Dr.^a LUCIANA SANCHES

Cuiabá, MT, Dezembro de 2009

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**APLICAÇÃO DE INDICADORES DA QUALIDADE
AMBIENTAL EM UM ATERRO SANITÁRIO NO
NORTE DE MATO GROSSO**

CLÁUDIA PEREIRA GUIMARÃES

*Dissertação apresentada ao programa de
Pós-graduação em Física Ambiental da
Universidade Federal de Mato Grosso,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Física Ambiental.*

ORIENTADORA: Prof.^a Dr.^a LUCIANA SANCHES

Cuiabá, MT, Dezembro de 2009

Guimarães, Cláudia Pereira.

GXXe **Aplicação de indicadores da qualidade ambiental em um aterro sanitário no norte de Mato Grosso...**/.Cláudia Pereira Guimarães.
Cuiabá, MT 2009 / Instituto de Física
xiii, 79 f. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso.
Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental
2009.

Orientadora: Luciana Sanches

Bibliografia: p. 55 - 63.

1. Aterro sanitário. 2. Qualidade da água superficial e subterrânea. 3.
Contaminação do solo. I. Título.

CDU xxxx.3(8xx.x)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

**Título: APLICAÇÃO DE INDICADORES DA QUALIDADE AMBIENTAL
EM UM ATERRO SANITÁRIO NO NORTE DE MATO GROSSO**

Autora: CLÁUDIA PEREIRA GUIMARÃES

Dissertação defendida e aprovada em 08 de Dezembro de 2009, pela comissão julgadora:

Prof.^a Dr.^a Luciana Sanches (Orientadora)

Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia – UFMT

Prof. Dr. Luiz Airton Gomes (Examinador Interno)

Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia – UFMT

Prof. Dr. Wilson Conciani (Examinador Externo)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT

DEDICATÓRIA

A minha **Família**, em especial a
nova integrante:
“**CLARA GUIMARÃES ÁVILA**”

Com carinho!

AGRADECIMENTOS

Sempre a Deus.

- Aos meus pais, Moacir Amaro Guimarães *in memorian* e Maria Rosângela Pereira Guimarães, pelo amor, incentivo e apoio mesmo distante;
- As minhas irmãs Márcia e Lilian, pelo amor e amizade;
- Ao meu amado esposo Cléber Ávila Ferreira pelo incentivo, paciência e dedicação;
- À Prof^a Dr^a Eliana Beatriz Nunes Rondon Lima pelo incentivo, apoio e acompanhamento da minha vida acadêmica e agora nesta nova fase;
- À Prof^a Dr^a Luciana Sanches por toda colaboração e orientação fundamentais a este trabalho;
- Aos professores Dr. Wilson Conciani e Dr. Luiz Ailton Gomes pelo apoio e contribuição a este trabalho;
- Ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, em especial ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira, pelo trabalho desenvolvido como coordenador e sabedoria;
- Aos Profs. do Mestrado em Física Ambiental pelos momentos agradáveis e principalmente pela contribuição para o meu conhecimento;
- Aos amigos, pelas alegrias de sempre, em especial: Vilidiana Moraes de Moura e Talita Menezes Gomes da Silva;
- A FAPEMAT – Fundação de Amparo e Pesquisa pelo apoio financeiro;
- A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	XX
LISTA DE TABELAS	XXI
LISTA DE ABREVIATURAS	XXII
LISTA DE SÍMBOLOS	XXIII
RESUMO	XXIV
ABSTRACT	XXV
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 CONCEITO DE ATERRO SANITÁRIO.....	3
2.2 POLUIÇÃO AMBIENTAL	3
2.2.1 Poluição da Água	4
2.2.2 Poluição do Solo	8
2.3 IMPACTO AMBIENTAL	12
2.4 ÍNDICES DE QUALIDADE AMBIENTAL APLICADOS A ATERROS SANITÁRIOS	13
2.4.1 Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos.....	14
2.5 ESTUDOS DESENVOLVIDOS SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL DE ATERROS SANITÁRIOS	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	18
3.1.1 Características da Vegetação na Área do Aterro Sanitário	19
3.2 MÉTODO DO TRABALHO	20
3.2.1 Estudos Bibliográficos	20
3.2.2 Estimativa do Índice da Qualidade de Aterros de Resíduos (IQAR) de Alta Floresta.....	20
3.2.3 Monitoramento da Água Subterrânea	22
3.2.4 Estimativa do Índice da Qualidade Natural da Água Subterrânea (IQNAS).....	25
3.2.5 Monitoramento da Água Superficial	27
3.2.6 Estimativa do Índice da Qualidade da Água Superficial (IQA).....	29
3.2.7 Amostragem e Caracterização Física do Solo.....	31

4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1	NÍVEL DA ÁGUA NOS POÇOS DE MONITORAMENTO <i>VERSUS</i> COTA TOPOGRÁFICA.....	34
4.2	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO ATERRO	35
4.2.1	Características Físicas	35
4.2.2	Características Químicas	36
4.2.3	Matéria Orgânica e Oxigênio Dissolvido.....	37
4.2.4	Nutrientes	38
4.2.5	Ânions	39
4.2.6	Metais.....	41
4.2.7	Característica Microbiológica	41
4.3	ÍNDICE DE QUALIDADE NATURAL DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – IQNAS... ..	41
4.4	ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA SUPERFICIAL - IQA.....	43
4.5	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO	43
4.5.1	Potencial Hidrogeniônico - pH.....	43
4.5.2	Limites de Atterberg (Limites de Liquidez (WL) e Plasticidade (WP)).....	44
4.5.3	Granulometria	45
4.6	ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERROS DE RESÍDUOS	46
5.	CONCLUSÕES	52
6.	RECOMENDAÇÕES	54
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
7.1	BIBLIOGRAFIAS CITADAS	55
7.2	BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS	62
8.	APÊNDICE	1

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do aterro sanitário de Alta Floresta.	18
Figura 2: Coleta de amostragem de água do poço de monitoramento (fev.2009).	23
Figura 3: Monitoramento da temperatura da água subterrânea (fev.2009).	23
Figura 4: Coleta de amostragem no manancial superficial á montante do aterro (fev.2009).	28
Figura 5: Coleta de amostragem no manancial superficial à jusante do aterro (fev.2009).	28
Figura 6: Coleta de amostragem do solo. (fev.2009).	31
Figura 7: Amostras do solo. (fev.2009).	31
Figura 8: Variação do nível da água e da altitude nos poços de monitoramento do aterro sanitário.	34
Figura 9: Variação da Turbidez e Sólidos em Suspensão Totais nos Poços de Monitoramento (PM) e Manancial Superficial (S).	36
Figura 10: Resultados dos índices de qualidade natural de águas subterrâneas nos poços de monitoramento.	42
Figura 11: Valores de pH dos solos amostrados nas proximidades dos poços de monitoramento de água subterrânea.	44
Figura 12: Variação dos limites de Atterberg ou consistência nos solos amostrados nas proximidades dos poços de monitoramento.	45
Figura 13: Distribuição granulométrica no perfil do solo localizado nas proximidades do PM1.	46
Figura 14: Disposição dos resíduos sólidos de serviço de saúde. (fev.2009).	50
Figura 15: Vala para recebimento dos resíduos de serviço de saúde(fev.2009).	50
Figuras 16 (a) e (b): Resíduos sólidos sendo dispostos de forma inadequada (fev.2009).	50
Figura 17: Escoamento superficial de chorume. (fev.2009).	51
Figura 18: Barreira de contenção provisória. (fev. 2009).	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Enquadramento das instalações de tratamento e/ou destinação final de resíduos sólidos em função do IQAR	21
Tabela 2: Descrição dos locais amostrados com as respectivas coordenadas geográficas, altitude e nível de água nos poços de monitoramento (PM).....	22
Tabela 3: Métodos utilizados para a determinação dos parâmetros físico, químicos, bacteriológicos e metais nos poços de monitoramento	24
Tabela 4: Equações matemáticas e pesos dos parâmetros químicos para estimativa do IQNAS.....	26
Tabela 5: Classificação dos valores do índice de qualidade natural de águas subterrâneas.....	26
Tabela 6: Descrição dos locais amostrados com as respectivas coordenadas geográficas no manancial superficial.....	27
Tabela 7: Parâmetros, equações matemáticas das notas para traçar as curvas médias da variação da qualidade da água em função das suas respectivas concentrações.	29
Tabela 8: Parâmetros e pesos do IQA	30
Tabela 9: Classificação dos valores do Índice de Qualidade das Águas.....	30
Tabela 10: Resultados das séries de nitrogênio analisados no manancial superficial e subterrâneo	39
Tabela 11: Resultado encontrado do ânion cloreto no manancial superficial e subterrâneo	40
Tabela 12: Característica do local apontado no Índice de Qualidade do Aterro de Resíduos (IQAR).....	47
Tabela 13: Infraestrutura do aterro sanitário apontado no Índice de Qualidade do Aterro de Resíduos (IQAR)	48
Tabela 14: Condições operacionais aterro sanitário apontado no Índice de Qualidade do Aterro de Resíduos (IQAR)	49

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L)
DQO	Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Meteorológico de Mato Grosso
IQA	Índice da Qualidade da água
IQANS	Índice de Qualidade da Água Natural Subterrânea
IQAR	Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos
NKT	Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/L)
pH	Potencial Hidrogeniônico
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SEMA	Secretaria Estadual do Meio Ambiente
ST	Sólidos Totais (mg/L)

LISTA DE SÍMBOLOS

L	Litro
°C	Graus Celsius
Cd	Cádmio
Cu	Cobre
Fe	Ferro
Hg	Mercúrio
Ni	Níquel
P	Fósforo
PB	Chumbo
NMP	Número mais provável
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
Zn	Zinco
WL	Limite de liquidez
WP	Limite de plasticidade

RESUMO

GUIMARÃES, C. P. *Aplicação de indicadores da qualidade ambiental em um aterro sanitário no norte de Mato Grosso*. Cuiabá, 2009. 79p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

A operação inadequada das áreas para disposição dos resíduos sólidos domiciliares e industriais nos municípios brasileiros é preocupante, pois, o número de aterros adequados é ínfimo e os casos comprovados de contaminação não param de crescer, além da proliferação de vetores de doenças atingindo as comunidades mais carentes que utilizam esses locais para sobreviverem. Neste contexto, no presente trabalho, foram determinados os indicadores da qualidade ambiental do aterro sanitário localizado no município de Alta Floresta (MT). Neste levantamento pode-se constatar que o local de disposição dos resíduos, tem características de lixão, como pode ser observado no índice de qualidade de aterro de resíduos (IQAR igual a 3,2), que expressa condição inadequada para aterro. O índice de qualidade da água natural subterrânea (IQANS) baseado em análise hidroquímica, apresentou resultado ótimo nos 5 (cinco) poços monitorados variando de 80 a 87, porém não refletiu o grau de contaminação pelos exames microbiológicos, matéria orgânica e metais quando as variáveis foram analisadas separadamente. Com relação às águas do manancial superficial, estas foram analisadas pelo índice de qualidade da água (IQA), na área de influência do aterro. Para montante e jusante do manancial superficial obteve-se índices considerados bons (67), apesar disso pode-se observar contaminação por bactérias do tipo coliformes termotolerantes ($4,6 \times 10^3$ NMP/100 ml) no manancial superficial.

Palavras chave: Índice de Qualidade de Aterro, Resíduos Sólidos e, Contaminação.

ABSTRACT

GUIMARÃES, C. P. *Implementation of environmental quality indicators in a landfill in northern Mato Grosso*. Cuiabá, 2009. 79p. Dissertation (Master in Physics and Environment) - Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso.

Improper operation of areas for disposal of household and industrial solid waste in the Brazilian municipalities is worrying, therefore, the number of appropriate landfill is minor and proven cases of contamination does not continue to grow, and the proliferation of vectors of diseases hitting the neediest communities that use these sites to survive. In this context, in this work, there were certain of environmental quality indicators of the landfill site located in the municipality of Alta Floresta, Mato Grosso State. In this survey we can see that the waste disposal site, has characteristics of garbage dump, as can be observed in the landfill quality index (3,2) IQAR equal that express condition inadequate to the landfill. The natural underground water quality index (IQANS) based on hydrochemical analysis, presented result good within five (5) monitored wells ranging from 80 to 87 but not reflected the degree of contamination by microbiological examinations, organic matter and metals when the variables are analyzed separately. With respect to the shallow waters from springs, these were analysed by water quality index (IQA) in the area of influence of the landfill. For upstream and downstream to the surface water index considered a good (67), nevertheless it can be observed contamination by bacteria coliform termotolerantes type (4.6×10^3 NMP/100 ml) in the surface water.

Keywords: quality index of solid waste and landfill, contamination.

1. INTRODUÇÃO

A disposição final ou destinação final dos resíduos sólidos urbanos (RSU) consiste em um problema sério que as prefeituras têm dificuldade de equacionar, pois mesmo com o tratamento ou aproveitamento dos resíduos, ainda existem os resíduos remanescentes. Na maioria dos municípios brasileiros, a administração se limita a recolher os resíduos domiciliares de forma nem sempre regular, depositando-os em locais afastados da vista da população, sem maiores cuidados sanitários.

Com relação às formas utilizadas para disposição final dos resíduos sólidos no Brasil, a partir do levantamento realizado pela PNSB – Pesquisa Nacional sobre Saneamento Básico, realizado pelo IBGE em 2000, 63,6% dos municípios utilizam - se de vazadouros a céu aberto para depositarem seus resíduos, 18,4% fazem uso de aterro controlado e apenas 13,8% informaram que possuem aterros sanitários, o restante dos municípios pesquisados não informaram a destinação dos resíduos.

As áreas destinadas a receber toneladas de resíduos sólidos sem, contudo, possuírem infra-estrutura adequada, capaz de evitar os danos procedentes desta atividade, tem seu futuro comprometido e são responsáveis pela degradação ambiental das regiões sob sua influência.

Dentre os problemas oriundos da disposição inadequada de resíduos sólidos, pode-se destacar a poluição das águas, do ar e do solo, além da proliferação de vetores.

O município de Alta Floresta, Estado do Mato Grosso, não sendo uma exceção na situação encontrada no Brasil, deposita seus resíduos sólidos de forma inadequada.

Neste trabalho, é relatada a situação da disposição final de resíduos sólidos no aterro sanitário do município de Alta Floresta/MT, por meio de indicadores da qualidade ambiental, utilizando-se uma metodologia proposta pela Companhia de

Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (1998) apud Consoni et al. (2000), identificando os fatores mais relevantes responsáveis pelos impactos ambientais e, conseqüentemente, demonstrando a intensidade da degradação ambiental.

Nesse sentido, esse trabalho se justifica na necessidade de verificar a situação atual do local de forma que providências futuras sejam tomadas por parte dos responsáveis pela operação do aterro sanitário, bem como contribuir com o órgão ambiental por meio de uma ferramenta suporte com critérios ambientais para o licenciamento deste tipo de empreendimento.

Mais especificamente objetivou-se:

- a) Diagnosticar os problemas por meio de trabalho de campo;
- b) Classificar o aterro de acordo com índice da qualidade de aterros de resíduos (IQAR), sob o ponto de vista ambiental, utilizando metodologia proposta pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (1998) apud Consoni et al. (2000);
- c) Caracterizar qualitativamente o manancial subterrâneo e superficial na área de influência do aterro sanitário de Alta Floresta, MT;
- d) Comparar os resultados obtidos com os valores máximos preconizados pela Portaria Nº 518/04 do Ministério da Saúde e pela Resolução CONAMA nº. 357/05;
- e) Determinar a qualidade da água dos poços de monitoramento, por meio do Índice de Qualidade Natural de Água Subterrânea (IQNAS), baseando-se em análises químicas;
- f) Determinar a qualidade da água no manancial superficial, na área de influência do aterro, por meio do Índice de Qualidade Água (IQA)|National Sanitation Foundation (NSF), e;
- g) Caracterizar fisicamente o solo na área de influência do aterro sanitário.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEITO DE ATERRO SANITÁRIO

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 (LEITE, 2000).

Um aterro sanitário pode ser definido como um equipamento urbano de infra-estrutura, integrante de um sistema de engenharia sanitária e ambiental, destinado à disposição final e tratamento dos resíduos sólidos, de forma a permitir que os mesmos sejam confinados sob o solo, e que os líquidos e gases resultantes das reações químicas dos processos de decomposição sejam devolvidos ao meio ambiente com o mínimo de impacto.

Consiste numa área delimitada (cercada), onde estão dispostas estrategicamente todas as partes do aterro, as quais, em geral, são: sede administrativa; equipamentos de controle; vias internas; garagens para veículos e utilitários; galpões de triagem; trincheiras ou valas para depósito dos resíduos; e sistema de tratamento final.

2.2 POLUIÇÃO AMBIENTAL

A Organização Mundial de Saúde (OMS) apud Silva (2002) define contaminação como a presença de agente infeccioso na superfície do corpo e também em vestes e roupas de cama, brinquedos, instrumentos, pensos cirúrgicos, outros objetos inanimados ou em substâncias como a água, o leite e os alimentos. A

contaminação é distinta da poluição que implica na presença de substâncias nocivas, mas não infectantes no ambiente. Muitos são os problemas ambientais e sanitários provenientes da disposição inadequada dos resíduos sólidos.

Passarelli (1996) apud Silva (2002) discute o uso dos termos contaminação e poluição e diz que contaminantes ou poluentes são substâncias químicas ou biológicas que excedem as concentrações naturais e podem causar efeitos adversos nos seres vivos ou no ecossistema. Para esse autor, uma conceituação bem simples de poluição é “qualquer alteração quali ou quantitativa da constituição normal da atmosfera/biosfera suficiente para produzir um efeito mensurável sobre o homem, outros animais, vegetais e minerais.”

Oga (1996) diz que a idéia de poluição ambiental abrange uma série de aspectos, que vão desde a contaminação do ar, água e solo, até a desfiguração da paisagem. Poluição ambiental são fatores do ambiente que possam comprometer a saúde e a sobrevivência do homem. Este autor diferencia contaminante de poluente da seguinte forma: contaminante é a substância presente em concentrações anormais e poluente é a substância que causa danos ambientais.

De acordo com Silva (2002), existe uma poluição relacionada ao lixo que é pouco comentada, é a poluição visual. Talvez porque a poluição de ar, água e solo sejam tão mais graves, pesquisadores não dão muita importância à poluição visual. Os aterros sanitários são locais pouco agradáveis de serem visitados, não só pelo odor pútrido, mas também devido ao incômodo visual. Embora aterros só sejam visitados por quem deseja ir, a população que vive no entorno do aterro convive diariamente com a visão do lixo disposto neste local.

Sisinno (1995) diz que um dos impactos ambientais que devem ser avaliados em aterros sanitários é a ruptura da paisagem, quando o aterro não está compatível com a área à sua volta. Vários pesquisadores observaram que há uma desvalorização imobiliária das áreas que se encontram em torno dos aterros sanitários.

2.2.1 Poluição da Água

A infiltração da precipitação por meio do solo é um processo natural e faz parte do ciclo de recarga dos aquíferos. A percolação é a infiltração da água através do solo ou sedimento, carreando com ela as substâncias solúveis. A lixiviação separa

as substâncias por meio da lavagem ou da percolação. Funcionando inicialmente como uma esponja, os resíduos sólidos absorvem a água até atingir a capacidade de retenção, a partir daí, toda água adicional resulta na percolação (OLIVEIRA & PASQUAL, 2000).

O mesmo autor afirma que é a partir da água que ocorre a lixiviação das substâncias poluidoras e contaminantes do lixo para o solo. É importante frisar que a poluição de mananciais de água superficiais leva à contaminação de plantas aquáticas que serão ingeridas por peixes que podem ser consumidos pela população, fechando assim o ciclo e causando danos. Isto ocorre mais diretamente se a poluição alcançar os mananciais subterrâneos que são utilizados pela população através de poços e cacimbas.

2.2.1.1 Substâncias Tóxicas na Água

De acordo com Silva (2002) as substâncias tóxicas solúveis em águas são carregadas para a água pela lixiviação do solo e por precipitação. Isto é exatamente o que acontece com os componentes presentes no chorume produzido a partir do lixo. A eliminação de substâncias tóxicas depende das propriedades químicas da água. Algumas substâncias são decompostas facilmente e outras volatilizam. Várias formam sais insolúveis que precipitam e incorporam-se ao sedimento. Estas são algumas formas em que os metais persistem na água.

Os organismos aquáticos ingerem substâncias absorvidas e também as que estão sedimentando. Ao ingerir estas substâncias eles as transformam em outros compostos que podem ser mais ou menos tóxicos. Estes compostos podem ser acumulados ou excretados. Alguns organismos são capazes de concentrar substâncias sem que estas lhes causem danos. Ao excretar, ou mesmo ao acumulá-las, eles estão amplificando o poder tóxico da substância e aumentando a concentração no ambiente. Os predadores podem acumular as substâncias tóxicas em concentrações muito mais altas que a existente nas presas, pois consomem um grande número de presas. Isto é conhecido por bioacumulação (OGA, 1996).

2.2.1.2 *Poluição e Contaminação da Água Relacionada ao Lixo*

Os mecanismos de contaminação da água em aterros sanitários seguem um comportamento semelhante. A umidade presente na massa do lixo sofre evaporação, e esta pode minimizar a contaminação dos outros compartimentos, uma vez que é a água que carrega os poluentes e contaminantes do lixo para o solo. O escoamento superficial, comum em taludes de despejo de lixo, carrega o líquido para águas superficiais e sofre, durante o trajeto, uma percolação. A percolação é a infiltração de líquidos, seja no solo ou através do resíduo sólido. No lixo, a percolação carrega com ela as substâncias solúveis suspensas no mesmo (SCHALCH, 1984).

De acordo com o mesmo autor esta infiltração é dependente do volume de líquido e da estação do ano. No período de seca a evaporação é maior que a percolação e isto se inverte no período de chuvas contínuas. É compreensível que toda água que seja lançada no solo venha a atingir algum corpo d'água, seja ele superficial ou subterrâneo, principalmente se esta infiltração for constante e diária, como é o caso dos percolados nos aterros sanitários.

Segundo Salomão & Antunes (1998), o processo de migração das substâncias solúveis, sob a forma de sais, através do solo é chamado de lixiviação. Isso ocorre com o chorume. A poluição das águas superficiais decorrentes do lixo ocorre tanto por escoamento do chorume, quanto pelo carregamento do lixo que não foi bem compactado e coberto e também por lixo não controlado, dispostos de forma irregular.

A poluição das águas superficiais pelo chorume ocorre porque este altera as concentrações de matéria orgânica dos corpos d'água, alterando, em consequência, a fauna e a flora destes ambientes. O chorume também é portador de diversos microrganismos patogênicos que levados à água, diminuirão sua potabilidade. Outro risco, dependente do volume de chorume, é a alteração na turbidez da água. As águas subterrâneas podem ser contaminadas pela percolação do chorume no solo. Isto pode ocorrer de forma imediata se o lençol freático for pouco profundo, ou de forma mais demorada se o lençol for bem profundo, dependendo também da formação geológica do solo, uma vez que solos arenosos são mais permeáveis facilitando a infiltração e solos argilosos são menos permeáveis, dificultando a infiltração (OLIVEIRA & BRITO, 1998).

Segundo Segato & Silva (2000), altos teores de umidade favorecem a decomposição anaeróbia que atua na formação do chorume. O excesso de umidade eleva a percolação, portanto, em períodos chuvosos, a contaminação de águas subterrâneas é mais comum. É interessante ressaltar que neste período, no entanto, os contaminantes encontram-se mais diluídos.

Os corpos de água subterrâneos são fontes para poços e cacimbas. Esta forma de obtenção de água é ainda muito comum em populações de baixa renda e periferias. Deve-se chamar a atenção que se houver contaminação dos lençóis freáticos ocorrerá contaminação da população que se serve destes poços.

De acordo com Silva (2002), os metais pesados encontrados na água podem estar dissolvidos ou particulados. Os metais dissolvidos são facilmente incorporados pela fauna e flora, enquanto que os metais particulados estão associados às partículas em suspensão. Esta distribuição está diretamente ligada ao pH. Em valores de pH ácidos os metais são encontrados dissolvidos e em pH alcalino estarão menos dissolvidos. A forma iônica dos metais é a mais tóxica para a biota dos ambientes aquáticos.

2.2.1.3 *Metais no Lixo*

Os metais pesados podem retardar ou inibir o processo biológico aeróbico ou anaeróbico e serem tóxicos aos organismos vivos (OLIVEIRA & PASQUAL, 2000).

Alguns metais são indispensáveis para o desenvolvimento dos seres vivos, e são conhecidos como essenciais (potássio, cálcio, magnésio, cobalto, cobre, ferro, manganês, molibdênio, níquel e zinco). Existem outros que não possuem função biológica nos organismos vivos, são os não essenciais, que causam efeitos tóxicos mesmo em concentrações muito baixas, pois possuem uma alta capacidade de bioacumulação. Entre estes estão o mercúrio, cádmio, cromo, alumínio. É interessante ressaltar que mesmo os metais essenciais, se introduzidos no organismo em doses mais altas que o necessário, torna-se tóxicos (SISINNO, 1995).

Os metais presentes no lixo são provenientes de fontes conhecidas, tais como plástico (Cd e Ni), metais ferrosos (Pb, Cu e Fe), papel (Hg, Pb e Zn), borracha (Zn), pilhas (Hg, Cd, Ni e Zn) e ligas metálicas, fertilizantes, pigmentos, pneus, óleo diesel e óleo lubrificante (Cd) (SISINNO, 1995).

De acordo com Castilho Jr. (1988), citado por Oliveira & Pasqual (2000), a fração de matéria orgânica é a principal fonte de metais pesados no lixo com Cu, Ni, Zn, Cr, Cd e Pb. Afirma também que os plásticos são a principal fonte de Cd, e que os metais ferrosos possuem Pb e Cu enquanto que o papel é fonte de Pb. Dentre os metais presentes no lixo vários deles podem causar algum tipo de distúrbio aos vegetais, aos animais e ao ser humano.

2.2.2 Poluição do Solo

De acordo com Monteiro (2006), a poluição do solo é um problema mundial causado pelo lixo, pesticidas, defensivos agrícolas e demais produtos químicos dispostos diretamente no solo ou lançados na atmosfera e disseminados pelas chuvas. Em ecossistemas naturais, o lixo orgânico é reciclado por organismos decompositores existentes no solo, porém nas cidades, que são grandes produtoras de lixo, não ocorre esta reciclagem natural. O lixo urbano acumulado causa poluição alimentar, da água, do ar, e principalmente do solo, e afeta a saúde humana por contato direto e indireto, pela proliferação de vetores ou transmissores de doenças, roedores, insetos, entre outros.

Em condição natural, a fração sólida do solo se encontra em equilíbrio físico-químico com as frações líquidas e gasosas presentes. Conseqüentemente, a presença de substâncias químicas estranhas ao ambiente natural induz um desequilíbrio físico-químico que, por sua vez, induzirá uma série de transformações no interior da massa de solo, até que seja atingida uma nova condição de equilíbrio.

A poluição do solo é a alteração prejudicial de suas características naturais, com eventuais mudanças na estrutura física, resultado de fenômenos naturais ou de atividades humanas. Os cuidados com a poluição do solo estão principalmente associados ao contato da água com o solo superficial e sub-superficial e à preservação da qualidade das águas (MONTEIRO, 2006).

As fontes de poluição podem ser de origem natural (terremotos, vendavais, inundações) e/ou derivadas das atividades humanas (disposição de resíduos sólidos líquidos, urbanização e ocupação dos solos, atividades agropecuárias e extrativas, acidentes nos transportes de cargas).

A contaminação do subsolo em aterros tem origem na infiltração dos lixiviados através das camadas impermeabilizantes. A interação solo-contaminante é muito complexa, uma vez que muitos fenômenos físicos, químicos e biológicos podem ocorrer simultaneamente (COELHO et al., 2003). Este processo implica em mudanças nos dois agentes envolvidos, solo e contaminante, em relação às suas respectivas condições originais.

Do ponto de vista do solo, estas mudanças se refletem no arranjo estrutural da massa e/ou na sua composição química e mineralógica, onde a propriedade do solo mais sensível às mudanças é a permeabilidade. O movimento dos poluentes não depende apenas do fluxo do fluido no qual essas substâncias estão envolvidas, mas também de mecanismos que por sua vez dependem de processos físicos, químicos e biológicos aos quais essas substâncias são submetidas (COELHO et al., 2003).

Segundo Monteiro (2006) os mecanismos de transporte e retenção de contaminantes em meios porosos saturados têm origem por processos físicos ou químicos.

2.2.2.1 Alguns Metais no Solo com Importância Relevante para o Estudo

Segundo a observação de Raij, Quaggio & Cantarella (1987), os solos em geral apresentam cargas elétricas negativas, que lhes conferem a possibilidade de trocarem cátions. As cargas negativas que existem nos solos têm origem nos argilo - minerais e na dissociação de hidroxilas como, por exemplo, $\text{Al}(\text{OH})_3$, ou da matéria orgânica como R-COOH . Os fatores que influenciam na retenção dos metais no solo são os diversos componentes orgânicos e inorgânicos.

A capacidade do solo de reter os metais depende das suas propriedades químicas, físicas e biológicas, assim como da forma química em que o elemento foi introduzido no solo (TOMÉ JR, 1997).

Segundo Borma, Ehrlich & Barbosa (1999), estudos do comportamento de metais pesados nos solos e sedimentos desenvolvidos nas décadas de 70 e 80 indicam que a disponibilidade de metais pesados para os processos metabólicos ou para migração através dos poros do solo está diretamente associada às espécies químicas formadas.

A adsorção é importante no estudo da migração de contaminantes como os metais no solo. A adsorção é um processo de superfície que envolve a separação de uma substância de uma das fases para acumular-se na superfície de outra fase. Os fatores que afetam a adsorção são a área específica, a natureza do adsorvido e do adsorvente, o pH e a temperatura. Geralmente a capacidade de adsorção de um solo depende do conteúdo de silicatos coloidais, da quantidade de matéria orgânica, dos ácidos húmicos e fúlvicos, dos óxidos de ferro e óxidos de magnésio e finalmente de carbonatos. Os hidróxidos metálicos presentes no solo formam complexos com os metais ao adsorvê-los, a capacidade de formação destes complexos pelas substâncias húmicas são atribuídas ao alto conteúdo de oxigênio nos grupos funcionais carboxílicos, hidroxílicos e carbonílicos (PALACIOS et al., 2000).

O solo é formado por partículas e estas interferem na adsorção das substâncias tóxicas. Quanto menores as partículas mais tempo persistirão as substâncias tóxicas. As pequenas partículas possuem uma grande área específica para a adsorção dos produtos químicos. Este processo exerce um efeito estabilizador. A adsorção das substâncias tóxicas pelas partículas do solo torna indisponíveis estas substâncias para os organismos, tanto vegetais quanto animais. Os componentes do solo mais importantes em relação à persistência de substâncias tóxicas são a matéria orgânica e a argila (DUFFUS, 1983).

PASTORE et al. (1999), ressaltam a importância da sorção na concentração de metais no solo. Sorção é o efeito pelo qual alguns contaminantes dissolvidos tendem a se aderir às superfícies das partículas do solo reduzindo a concentração e/ou velocidade de migração.

Uma das principais formas pela qual o solo perde elementos é através da lixiviação. A lixiviação pode ocorrer com todos os cátions (Ca, Mg, e K e outros), sendo que ocorre mais em solos de baixa capacidade de retenção, que são solos normalmente pobres em matéria orgânica e argilosos. Com o nitrogênio ocorre em todos os tipos de solos, mas só terá importância se o elemento for levado em quantidades excessivas ou para águas subterrâneas ou superficiais (OLIVEIRA & BRITO, 1998).

Estudos feitos por Isea et al. (2000), mostram que a concentração de alumínio, cádmio, níquel e chumbo aumentam com a profundidade. Portanto

estes elementos estão sendo lixiviados no solo pela água. Isto não acontece com o cromo que se acumula no solo devido à percolação da água e ao aumento do pH com a profundidade.

Os solos do cerrado caracterizam-se por serem intemperizados e com baixa fertilidade natural. Isto é consequência de sua pobreza em nutrientes. Possui elevada acidez e alta saturação de alumínio. O alumínio é uma substância tóxica que está presente no solo, mas muitas vezes não é prejudicial. Este elemento só se torna tóxico ao se solubilizar devido ao excesso de acidez. A fração de argila é formada por argilo minerais e óxidos de ferro e alumínio. Possui, por isto, uma baixa densidade de carga superficial e baixa capacidade de troca catiônica (VARGAS, 1977).

Muitas são as atividades humanas que geram resíduos poluentes ou contaminantes. Algumas das atividades potencialmente poluidoras do solo estão na área urbana. O destino final dos resíduos e a má administração do saneamento incorrem em poluição local e algumas vezes, como é o caso de resíduos de chorume carregados por chuvas e que irá poluir solos, ou mananciais de água a longa distância.

Na área rural a utilização de fertilizantes de alta concentração e alteração do pH do solo para aumentar a produtividade, favorece a poluição gerando problemas de contaminação. Os processos de irrigação empobrecem o solo o que exige freqüentes aplicações de fertilizantes. A criação intensiva de gado também torna-se fonte de contaminação pelo excesso de nutrientes adicionados ao solo. É importante frisar que uma substância tóxica pode estar presente no solo, mas não será prejudicial se não estiver na forma solúvel. É o que acontece com o alumínio que está presente em todos os solos, mas será tóxico para as plantas somente ao se solubilizar devido ao excesso de acidez (PRIMAVESI, 1990).

O solo, como componente matriz do ecossistema, sofre com constantes desastres ambientais. Assim como a água, o ar e os outros compartimentos do ambiente, o solo possui uma capacidade suporte e cabe ao homem respeitar esta capacidade (ODUM, 1983).

Alguns elementos que serão discutidos neste estudo foram selecionados devido à sua importância como poluidores ambientais, podendo ser transferidos do

lixo para o solo, para a água e atingirem os vegetais e animais. Portanto, são apenas aqueles de maior importância toxicológica ambiental, como o cádmio, cobre, chumbo, ferro, manganês, níquel, zinco, cálcio, magnésio e alumínio.

2.3 IMPACTO AMBIENTAL

Impacto ambiental é uma alteração física ou funcional em qualquer um dos componentes ambientais. Essa alteração pode ser qualificada e, muitas vezes, quantificada. Pode ser favorável ou desfavorável ao ecossistema ou à sociedade humana (TOMMASI, 1994).

A Resolução nº 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 23/01/1986 em seu Art. 1º considera impacto ambiental como 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:

- a) a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) as atividades econômicas;
- c) a biota;
- d) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- e) a qualidade dos recursos ambientais.

Segundo Munn (1979, apud SILVA 2000), a avaliação de impacto ambiental é uma atividade projetada para identificar e prever o impacto de dispositivos legais, políticas, programas, projetos e procedimentos operacionais no meio biogeográfico, na saúde humana e no bem estar do cidadão.

Desde o surgimento do homem na Terra, a frequência e os tipos de impactos ambientais têm aumentado e diversificado. O primeiro tipo de impacto causado pelo homem provavelmente derivou-se do domínio do fogo. À medida que a espécie humana foi desenvolvendo novas tecnologias e ampliando seu domínio sobre os elementos e a natureza em geral, os impactos ambientais foram se ampliando em intensidade e extensão (BRANCO, 1988).

O crescimento desordenado das cidades, especialmente das grandes metrópoles, tem provocado uma série de problemas sócio-econômicos e ambientais. Atualmente são várias as atividades humanas que causam impactos ambientais,

dentre elas pode-se destacar a disposição inadequada dos resíduos sólidos que provocam alterações na qualidade do solo, do ar e dos corpos aquáticos além de representar um risco para a saúde pública.

A responsabilidade pela disposição final dos resíduos sólidos urbanos é das prefeituras e os resíduos sólidos industriais, de serviços de saúde e agrícola é do próprio gerador. No entanto, a grande maioria dos resíduos sólidos gerados no Brasil são dispostos em lixões causando sérios problemas ambientais.

A lei nº 9.605 (Lei da Natureza: lei dos crimes ambientais) de 12.02.1998 em seu art. 54 diz que é crime ambiental causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora. Se o crime ocorrer, por exemplo, pelo lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos: pena de reclusão de 1 a 5 anos.

Apesar das leis existirem, as próprias prefeituras não as cumprem, haja vista, cerca de 80% das mais de 100.000 toneladas de resíduos sólidos urbanos produzida diariamente no Brasil serem depositadas diretamente em lixões.

2.4 ÍNDICES DE QUALIDADE AMBIENTAL APLICADOS A ATERROS SANITÁRIOS

Segundo o Programa Ambiental das Nações Unidas – UNEP (*United Nations Environment Programme*) Monteiro (2006), os indicadores podem se transformar em uma importante ferramenta para tornar acessível à informação científica e técnica para os diferentes grupos de usuários. A função dos indicadores é resumir a grande quantidade de dados, tornando acessível o seu entendimento.

Os índices são instrumentos que medem cada indicador, atribuindo-lhe valores numéricos, ou são resultados da combinação de várias variáveis ou parâmetros em um só valor, assumindo um peso relativo a cada componente do índice. Eles permitem observar e acompanhar a situação do meio ambiente, o impacto e as consequências dos processos de desenvolvimento sobre os recursos naturais, as funções ecológicas e as inter-relações entre os diferentes fatores do desenvolvimento (MONTEIRO, 2006).

A agregação de indicadores para a formação dos índices exige, geralmente, que diferentes medidas sejam transformadas em uma escala comum (Monteiro, 2006). A transformação em escala comum é acompanhada pelo desenvolvimento de um esquema que tenta expressar a distribuição diferencial de cada um dos dados, conforme critérios específicos de decisão. Entre os critérios de padronização ou uniformização de indicadores, podem ser mencionadas as funções lineares (contínuas ou segmentadas), funções não lineares (contínuas ou segmentadas) e o método de normalização. Este último é muito empregado por órgãos ambientais sendo empregado na confecção, por exemplo, do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) das Nações Unidas.

A padronização tem por finalidade expressar os indicadores em unidades comparáveis entre si.

2.4.1 Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos

O Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos – IQAR – é um instrumento criado pelo Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares do Estado de São Paulo e, conforme expresso no Manual de Gerenciamento Integrado, IPT / CEMPRE (2000), é apenas exemplificativo, o que permite alterações.

É composto por quarenta e uma variáveis, sendo estas divididas em três macroconjuntos: características do local, infra-estrutura implantada e condições operacionais. É plotado em um formulário, que, quando preenchido, permite alcançar uma nota que enquadra as instalações de destinação final de resíduos urbanos em três condições: inadequadas, controladas ou adequadas. Desta maneira, permite estabelecer um critério único de avaliação em todo o estado.

A classificação atingida pelo IQAR padroniza as avaliações das condições ambientais das instalações, o que o torna um importante instrumento de decisão para a continuidade de operação ou o fechamento de um local de disposição de lixo. Auxilia, ainda, no estabelecimento de medidas corretivas, visando à evolução da área para galgar uma avaliação satisfatória e a licença de operação. Em São Paulo, tornou-se um instrumento bem sucedido por contar com apoio jurídico do Termo de Ajuste de Conduta– TAC – estabelecendo um comprometimento entre municípios e estado (MONTEIRO, 2006).

Ainda de acordo com o mesmo autor, este trabalho é realizado desde 1997 permitindo comparar e aferir as ações de controle implementadas pela instituição, fornecendo subsídios para os programas desenvolvidos. Os itens e subitens do IQAR estão relacionados da seguinte maneira:

O item I, ou o macro conjunto referente às Características do Local, conta com os seguintes subitens:

- a. capacidade de suporte do solo; proximidade de núcleos habitacionais;
- b. proximidade de corpos d'água; profundidade do lençol freático;
- c. permeabilidade do solo;
- d. disponibilidade de material para recobrimento;
- e. qualidade do material para recobrimento;
- f. condições do sistema viário, trânsito, acesso;
- g. isolamento visual da vizinhança;
- h. legalidade da localização.

O item II, macro conjunto da Infraestrutura Implantada, contempla os seguintes sub-itens:

- a. cercamento da área; portaria / guarita;
- b. impermeabilidade da base do aterro;
- c. drenagem de chorume;
- d. drenagem de águas pluviais definitiva;
- e. drenagem de águas pluviais provisória;
- f. trator de esteiras ou compatível; outros equipamentos;
- g. sistema de tratamento do chorume;
- h. acesso à frente de trabalho;
- i. vigilantes;
- j. sistema de drenagem de gases;
- k. controle do recebimento de cargas;
- l. monitorização de águas subterrâneas;
- m. atendimento a estipulações de projeto.

O terceiro item, referente às condições operacionais, se compõe dos subitens:

- a. aspecto geral; ocorrência de lixo descoberto;
- b. recobrimento do lixo;

- c. presença de urubus, gaivotas;
- d. presença de moscas em grande quantidade;
- e. presença de catadores;
- f. criação de animais (bois, etc);
- g. descarga de resíduos do serviço de saúde;
- h. descarga de resíduos industriais;
- i. funcionamento da drenagem pluvial definitiva;
- j. funcionamento da drenagem pluvial provisória;
- k. funcionamento da drenagem do chorume;
- l. funcionamento do sistema de tratamento do chorume;
- m. funcionamento do sistema de monitoramento das águas subterrâneas;
- n. eficiência da equipe de vigilância;
- o. manutenção dos acessos internos.

2.5 ESTUDOS DESENVOLVIDOS SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL DE ATERROS SANITÁRIOS

Diversos estudos foram realizados sobre a qualidade ambiental em aterros sanitários, entre eles cita-se:

Barros Júnior et al. (2004) realizaram um diagnóstico sobre a disposição final dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Maringá, no estado do Paraná, concluindo a necessidade urgente de uma manipulação adequada para a disposição final dos resíduos urbanos da cidade, a qual foi observada pela avaliação qualitativa dos impactos ambientais, causados pela disposição final inadequada e confirmada por meio do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos – IQAR (2,85).

Guizard et al. (2006) realizaram um diagnóstico ambiental no aterro sanitário na cidade de Limeira/SP, com o objetivo de verificar o desempenho da implantação de medidas de controle para melhoria da qualidade ambiental. Os IQARs foram 7,6; 7,4; 8,5; 6,8; 7,8; 7,9; 9,0 para os respectivos anos 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002 e 2003, sendo considerado adequado e controlado na classificação da CETESB.

Rowe Júnior (2007) realizou o diagnóstico ambiental do aterro sanitário do município de Cascavél – PR, com objetivo de obter dados referentes à contaminação, proveniente da disposição dos resíduos sólidos urbanos, monitorando o fluxo de

contaminantes originados do aterro sanitário, com base num diagnóstico conjugado utilizando-se de análise de solo (feitas por meio de perfurações localizadas ao longo da área do aterro), qualidade do percolado, e monitoramento do lençol freático. Os resultados demonstraram os locais em que o percolado teve influência na qualidade do solo e maiores níveis de variação no pH do solo nas áreas próximas ao aterro e menores variações nas áreas próximas ao sistema de monitoramento. Quanto às águas subterrâneas, o sistema de monitoramento do aterro estava possivelmente comprometido devido à contaminação por águas superficiais.

Com relação a trabalhos de poluição/contaminação de águas subterrânea e superficial provenientes de aterro sanitário segundo Sisinnno & Moreira (1996 apud SANTOS 2008), os resultados encontrados no aterro controlado do Morro do Céu no município de Niterói no Estado do Rio de Janeiro, apresentaram que a qualidade das águas superficiais e subterrâneas é ruim, destacando-se a presença de coliformes nas amostras analisadas, além da evidência – nas águas superficiais – de grande carga de compostos orgânicos expressos pelos valores de DQO e DBO_{5,20} e das concentrações de Fe, Mn, Ni e Zn acima dos limites permissíveis pela legislação ambiental.

Nas águas do córrego Mata-Paca na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu as concentrações de Fe e Mn dissolvidos, Ni (ambas coletas) e Zn (segunda coleta) observadas, encontram-se acima daquelas recomendadas como valores máximos permissíveis, que estabelece a classificação das águas de acordo com seus usos preponderantes SISINNO & MOREIRA (1996 apud SANTOS 2008).

As águas subterrâneas do aterro controlado do Morro do Céu estão em desacordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria Nº 36 do Ministério da Saúde, vigente no período do estudo, uma vez que todas as amostras analisadas mostravam-se contaminadas com organismos do grupo coliforme. Esta contaminação, entretanto, não pode ser atribuída exclusivamente à ação do chorume, uma vez que foi constatada também a possibilidade de influência de águas de infiltração SISINNO & MOREIRA (1996 apud SANTOS 2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi conduzido no Aterro Sanitário Municipal, localizado a 23 Km da sede do município de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil (Figura1), o qual pertence à mesorregião do Norte Matogrossense e da Microrregião de Alta Floresta, localizando-se, entre as coordenadas geográficas de 09°02'29" Latitude Sul e 54°44'55" Longitude Oeste (MATO GROSSO, 2002).

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE ALTA FLORESTA

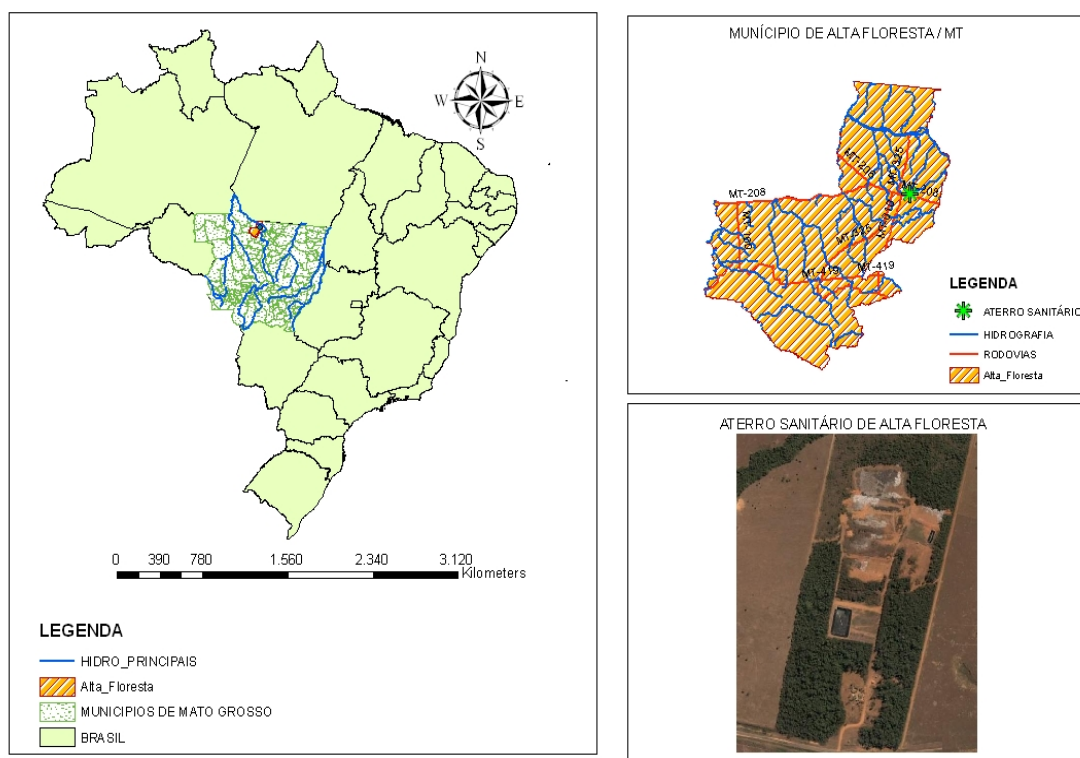


Figura 1: Localização do aterro sanitário de Alta Floresta.

Fonte: Adaptado (GOOGLE EARTH; acessado, 2009).

O município de Alta Floresta, assim como outros da região, teve colonização iniciada na década de 1970, dependente de atividades baseadas na extração madeireira, agricultura, garimpo e mais recentemente se tornou pólo da atividade pecuária da região norte do Mato Grosso. A população em 2007 era 49.140 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE 2007). Os principais rios são Teles Pires, Cristalino, Santa Helena, Paranaíta e Apiacás, todos tributários do rio Tapajós afluente pela margem direita do rio Amazonas.

De acordo com a classificação climática de Strahler apud Souza (2006), o clima é tropical chuvoso com nítida estação seca entre abril e setembro e a temperatura anual entre 20°C e 30°C, com média 26° C.

As precipitações pluviométricas, que ocorrem entre outubro e março, atingem médias que superam 2.750 mm (SOUZA, 2006).

A área total do aterro sanitário é de 35 hectares, no entorno deste existe um córrego sem denominação em que suas águas são drenadas para o Rio Teles Pires pertencente à Bacia Amazônica.

De acordo com Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município (2005) a geração per capita de lixo é de 0,540Kg/hab.dia sendo gerado diariamente cerca de 20 toneladas.

O relevo divide-se em quatro unidades geomorfológicas: Depressão Interplanáltica da Amazônia Meridional, Planaltos dos Apiacás-Sucunrudi, Planalto Dissecado da Amazônia e Planaltos Residuais do Norte do Mato Grosso. Predominam os solos do grupo Podzólico-Amarelo e Vermelho-Amarelo e, em pequenos percentuais, Latossolos e Hidromórficos.

3.1.1 Características da Vegetação na Área do Aterro Sanitário

A vegetação da área de influência do aterro municipal, segundo o Projeto RADAMBRASIL (1980), pertence à Classe de Formação *Floresta Ombrófila Aberta*, Grupo de formação: Tropical, Formação: *Submontana*, com Subformação: *cipó*.

A Floresta Ombrófila Aberta Tropical Submontana com Cipó ocorre preferencialmente nas depressões, mas ocupa também as encostas das elevações rochosas, principalmente das cristas quartzíticas. Apresenta uma fisionomia bem

típica, caracterizada pelo envolvimento das árvores por lianas lenhosas, que apresentam a paisagem um aspecto de “torres” folhosas, e solos atapetados por um emaranhado de lianas herbáceas. Apresenta as mesmas espécies arbóreas da Floresta Densa Submontana, destacando-se, no entanto, algumas espécies como: *Apuleia molaris* (amarelão), *Bagassa guianenses* (tatajuba), *Astronium grasilis* (aroeira), *Bertholletia excelsa* (Castanha do Brasil), talvez as únicas árvores que apresentam uma regeneração numerosa.

3.2 MÉTODO DO TRABALHO

A descrição dos métodos adotados envolveu estudos bibliográficos no que diz respeito ao Aterro Sanitário de Alta Floresta; avaliação do índice da qualidade de aterros de resíduos, técnicas de coletas de amostragem, estudos hidrogeológicos existentes, qualidade do solo da área do aterro.

3.2.1 Estudos Bibliográficos

Consistiu em reunir documentações relativas ao aterro, bem como publicações técnico - científicas e projetos semelhantes. Foram realizadas consultas aos bancos de dados e acervos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA/MT), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET/MT), literaturas específicas e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

3.2.2 Estimativa do Índice da Qualidade de Aterros de Resíduos (IQAR) de Alta Floresta

Foram realizadas visitas técnicas para avaliar e identificar os aspectos referentes à disposição dos resíduos sólidos, utilizando a metodologia proposta pela Cetesb (1998) apud Consoni et al. (2000), para estimar o Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos – IQAR, por meio de acompanhamento de projeto de disposição de resíduos sólidos: domiciliares, de saúde e industriais no aterro em operação. Esse acompanhamento permitiu analisar, do ponto de vista construtivo e operacional, os elementos de projeto, como: vias de acesso; estruturas de controle (cerca, portaria,

balança, escritório, administração, refeitório e redes: de água, esgoto, elétrica e telefônica); sistema de drenagem; dreno de gases; dreno de águas pluviais; dreno de percolado; sistema de impermeabilização; sistema de tratamento do percolado e sistema de vigilância.

Com a utilização do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQAR), de forma abrangente e fundamentado levando em consideração todos os aspectos relevantes da atividade e disposição de resíduos sólidos permitiu, efetuar um balanço confiável das condições ambientais, além de possibilitar a comparação com as condições de instalação de outros aterros de resíduos.

As informações coletadas e processadas para elaboração do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQAR) é constituído de 3 (três) itens relativos, às características locais, estruturais e operacionais das instalações de tratamento e/ou disposição de resíduos sólidos. As informações reunidas e analisadas permitiram apurar o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQAR), cuja pontuação variou de 0 a 10 (CETESB/1998).

De acordo com o método de avaliação da CETESB, para enquadrar o aterro, nas condições em que o mesmo se encontra, o método abrange somar os pontos dados no Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQAR) e dividir por treze.

Em função do IQAR apurado, a instalação é enquadrada como inadequada controlada ou adequada (Tabela 1).

Tabela 1: Enquadramento das instalações de tratamento e/ou destinação final de resíduos sólidos em função do IQAR

IQAR	Enquadramento
$0,00 \leq \text{IQAR} \leq 6,00$	Condições Inadequadas
$6,01 \leq \text{IQAR} \leq 8,00$	Condições Controladas
$8,01 \leq \text{IQAR} \leq 10,00$	Condições Adequadas

Fonte: CETESB (1998) apud Consoni et al. (2000).

Verifica-se, assim, que o IQAR deve ser utilizado como instrumento de acompanhamento das condições ambientais e sanitárias dos locais de tratamento e disposição de resíduos sólidos.

Por meio do IQAR foi realizada uma análise no sentido de classificar a área nas seguintes situações:

- aterro sanitário;
- remediação do lixão;
- transformação do lixão em aterro sanitário;
- estudos para a viabilização de áreas para instalação de novo aterro sanitário;
- projeto de aterro sanitário em áreas novas.

3.2.3 Monitoramento da Água Subterrânea

Para a verificação das características físicas, químicas e microbiológicas das águas subterrâneas foram construídos 4 (quatro) poços de monitoramento, onde foi removida a massa de lixo para a abertura dos mesmos (Figura 2), sendo estes distribuídos estrategicamente pela área de influência do aterro sanitário, conforme NBR 13.895/97 – Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem (ABNT,1997).

Os poços foram distribuídos segundo a localização e descrição (Tabela 2).

Tabela 2: Descrição dos locais amostrados com as respectivas coordenadas geográficas, altitude e nível de água nos poços de monitoramento (PM)

Poços de Monitoramento	Descrição	Nível da Água (m)	Coordenadas Geográficas	Altitude (m)
PM1	Localizado a montante das células de resíduos.	11,38	09°56'19,5" S 55°54'54,2" O	276
PM2	Localizado na área de disposição dos resíduos.	9,35	09°56'09,5" S 55°54'54,9" O	273
PM3	Localizado na área de disposição dos resíduos.	3,59	09°56'02,9" S 55°54'52,9" O	269
PM4	Localizado na área de disposição dos resíduos.	4,24	09°56'02,7" S 55°54'49,5" O	266
PM5	Localizado a jusante da área de disposição dos resíduos.	6,76	09°56'03,7" S 55°54'45,0" O	275

Posteriormente foi realizada 1 (uma) amostragem em cada um dos poços executados e em 1 (um) poço existente a montante (PM1) do aterro de resíduos. As amostragens de água subterrânea foram efetuadas em fevereiro de 2009, seguindo as recomendações do Guia de Coleta e Conservação de Amostras de Água (CETESB, 1986).

Para os parâmetros físicos e químicos, foram utilizados cerca de 2 litros de amostra e para as análises de metais, foi utilizado cerca de 1 litro de amostra coletado por um amostrador do tipo *bailer*. Com relação à amostragem microbiológica, as amostras eram coletadas em frasco de vidro autoclavável, com capacidade de 250 mL contendo solução de tiosulfato de sódio para preservação.

As determinações de pH e temperatura do ar e da água foram realizadas em campo.

Todas as amostras coletadas eram acondicionadas em caixa de isopor refrigeradas e transportadas até laboratório especializado (Sanelab), para realização das análises, em Cuiabá, MT.

As Figuras 2 e 3 apresentam a realização da coleta e o monitoramento da temperatura da água subterrânea.



Figura 2: Coleta de amostragem de água do poço de monitoramento (fev.2009).



Figura 3: Monitoramento da temperatura da água subterrânea (fev.2009).

Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros químicos, físicos, bacteriológicos e metais são descritos na Tabela 3 e se basearam nas recomendações do *Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF* (1989) 17ª edição.

Tabela 3: Métodos utilizados para a determinação dos parâmetros físico, químicos, bacteriológicos e metais nos poços de monitoramento

Características	Variável (Unidade)	Método Analítico
Físicas	Temperatura do Ar (°C)	Eletrométrico
	Temperatura da Água (°C)	Eletrométrico
	Turbidez (UNT)	Nefelométrico
	Sólidos Totais (mg/L)	Gravimétrico
	Sólidos Suspensão (mg/L)	Gravimétrico
Químicas	pH	Potenciométrico
	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Titulométrico
	DBO _{5,20} (mg O ₂ /L)	Winkler-Ázida
	DQO (mg O ₂ /L)	Dicromato de potássio em meio ácido com leitura Espectrofotômetro Hach
	OD (mg/L)	Winkler, modificado ázida sódica
	NTK (mg/L)	Macro-Kjeldhal, Digestor Buchi – Mod. 426
	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Titulométrico c/ destilação preliminar com destilador Buchi - Modelo B - 324
Nutrientes	Nitrito (mg/L)	Colorimétrico com leitura Espectrofotômetro Hach – 543nm
	Nitrato (mg NO ₃ ⁻ /L)	Colorimétrico com leitura Espectrofotômetro Hach
	Fósforo (mg/L)	Persufato de Potássio, com leitura em Espectrofotômetro DR 2010 – Hach (880nm)
Ânions	Cloretos (mg/L)	Argentométrico de Mohr, utilizando Nitrato de prata – 0,049 N e Cromato de Potássio
	Flúor (mg/L)	Colorimétrico leitura Espectrofotômetro Hach
	Condutividade (µs/cm)	Potenciométrico
Metais Pesados	cádmio, chumbo, cobre, cromo, níquel, zinco, mercúrio, ferro, alumínio, cálcio e manganês.	Espectroscopia de absorção atômica
Microbiológica	Coliformes Totais e Escherichia Coli (UFC/100 mL)	Colilert - (ONPG/MUG)

Fonte: Adaptado de APHA (1989)

3.2.3.1 Profundidade dos Poços de Monitoramento Versus Cota Topográfica

O manancial subterrâneo na área do aterro assemelha-se ao do tipo freático, em que o limite superior é a superfície de saturação ou freática na qual todos os pontos se encontram a pressão atmosférica (FEITOSA et al., 2008). Neste tipo de aquíferos para determinar a posição da superfície freática e sentido de fluxo da água subterrânea é necessário determinar a altitude, ou a altura acima do datum, do nível

da água nos poços. Sob condições naturais, a água subterrânea move-se “ladeira abaixo” até que, no curso do fluxo, atinja a superfície topográfica como uma fonte ou através de descarga ao longo das margens ou fundos de um canal fluvial ou um estuário.

Os cinco poços para fins de amostragem e análise das características físicas, químicas e microbiológicas das águas subterrâneas foram denominados de Poços de Monitoramento (PM), e utilizados para medição do nível estático do aquífero freático, com o intuito de se obter informações sobre o comportamento da superfície potenciométrica do aquífero local. Para isso, a cota topográfica destes poços foram levantadas com o auxílio de GPS – modelo GARMIN ETREX.

Para a interpretação das variáveis e representação gráfica dos valores de profundidade de nível d’água versus a cota topográfica do poço, foi computada a diferença topográfica da maior cota em relação à cota topográfica do poço em análise e somada esta diferença ao valor da profundidade do nível d’água para o referido poço.

3.2.4 Estimativa do Índice da Qualidade Natural da Água Subterrânea (IQNAS)

Dentre os principais parâmetros químicos selecionados que influenciam na qualidade da água, utilizando os padrões de potabilidade do Ministério da Saúde Portaria nº. 518/2004 (Oliveira et al. (2004)) foram selecionados seis: cloreto, pH, sólidos totais, dureza, flúor e nitrato. Estabelecidos pesos para ponderar a influência de cada parâmetro, permitindo assim gerar uma nota global para o Índice da Qualidade Natural da Água Subterrânea (IQNAS), representativo da qualidade da água com fins de potabilidade.

O IQNAS é um produtório de valores de qualidade (q_i) para cada variável, elevado ao peso atribuído a cada variável (w_i), segundo sua importância, de acordo com Tabela 4 e Equação 1.

$$\text{IQNAS} = q_1^{w_1} \times q_2^{w_2} \times q_3^{w_3} \times \dots \times q_n^{w_n} \quad \text{(Equação 1)}$$

Em que, q_1 , q_2 , q_3 e q_n representam a nota ou qualidade da variável i e w_1 , w_2 , w_3 e w_n o peso desta mesma variável.

A cada parâmetro foi atribuído um peso (Tabela 4) de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQNAS.

Tabela 4: Equações matemáticas e pesos dos parâmetros químicos para estimativa do IQNAS

Parâmetros	Equações matemáticas das Notas		Pesos
pH	$Q_{pH}\% = 1,7354 * pH^2$	$[2 \leq pH \leq 7,34]$	0,05
	$Q_{pH}\% = 16405 * pH^{-2,5-17}$	$[pH \geq 7,35]$	
Cloreto (mg/L)	$Q_{Cl}\% = 100$	$[Cl < 4,86]$	0,26
	$Q_{Cl}\% = 138,9 * (Cl^{-0,19561}) - (Cl^{0,42})$	$[4,86 \leq Cl \leq 3000]$	
	$Q_{Cl}\% = 0,0$	$[Cl > 3000]$	
Sólidos Totais (mg/L)	$Q_{st}\% = 79 - 0,167284 * RT + EXP(RT^{0,228})$	$[0 \leq RT \leq 1630]$	0,22
	$Q_{st}\% = 27,7$	$[RT > 1630]$	
Dureza (mg de $CaCO_3/L$)	$Q_{DUR}\% = 100$	$[DUR < 5,4]$	0,16
	$Q_{DUR}\% = 100,1 * EXP(-0,00212 * DUR)$	$[DUR \geq 5,4]$	
Flúor (mg/L)	$Q_F\% = 80 + 21 * F - F^{11,6263}$	$[0 \leq F \leq 1,5]$	0,16
	$Q_F\% = 0,0$	$[F > 1,5]$	
Nitrato (mg/L de NO_3^-)	$Q_N\% = 100 * EXP(-0,0994 * N)$	$[N \geq 0,0]$	0,15
Soma total dos pesos			1,00

Fonte: Oliveira et al. (2004).

Onde: $Q_{pH}\%$ = qualidade do potencial hidrogeniônico, $Q_{Cl}\%$ = qualidade do íon cloreto, $Q_{st}\%$ = qualidade dos sólidos totais, $Q_{DUR}\%$ = qualidade da dureza, $Q_F\%$ = qualidade do flúor e $Q_N\%$ = qualidade do nitrato.

Foi definida, por meio do valor de IQNAS, a qualidade da água de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5: Classificação dos valores do índice de qualidade natural de águas subterrâneas

Classificação	Faixa
Qualidade ótima	80 - 100
Boa	52 - 79
Aceitável	37 - 51
Imprópria	0 - 36

Fonte: Oliveira et al.,(2004).

Com base no valor do IQNAS foi possível elaborar um diagnóstico de qualidade química das águas subterrâneas na área de influência do aterro sanitário de Alta Floresta.

3.2.5 Monitoramento da Água Superficial

As águas superficiais foram coletadas no manancial superficial à montante e jusante da área de influência do aterro sanitário, sendo realizada 1(uma) amostragem em cada local (Tabela 6).

Tabela 6: Descrição dos locais amostrados com as respectivas coordenadas geográficas no manancial superficial.

Local	Descrição	Coordenadas Geográficas
S1	Manancial superficial sem denominação localizado a montante da área de influência do aterro sanitário.	09°55'57,6" S 55°54'56,3" O
S2	Manancial superficial sem denominação localizado a jusante da área de influência do aterro sanitário.	09°55'47,3" S 55°54'38,8" O

As amostragens foram efetuadas no mês de fevereiro de 2009, seguindo as recomendações do Guia de Coleta e Conservação de Amostras de Água (CETESB, 1986).

Para os parâmetros físicos e químicos, foram utilizados cerca de 2 litros de amostra e para as análises de metais, foi utilizado cerca de 1 litro de amostra. Com relação à amostragem microbiológica, as amostras eram coletadas em frasco de vidro autoclavável, com capacidade de 250 mL contendo solução de tiosulfato de sódio para preservação.

As determinações de pH e temperatura do ar e da água, e afiação do oxigênio dissolvido eram realizadas em campo.

Todas as amostras coletadas eram acondicionadas em caixa de isopor refrigeradas e transportadas até laboratório (Sanelab) especializado, para realização das análises, em Cuiabá, MT.

As Figuras 4 e 5 apresentam a realização da coleta nos pontos à montante e jusante do aterro sanitário.



Figura 4: Coleta de amostragem no manancial superficial á montante do aterro (fev.2009).



Figura 5: Coleta de amostragem no manancial superficial à jusante do aterro (fev.2009).

As amostragens de águas superficiais e as análises da água foram realizadas de acordo com os respectivos métodos a NBR 9.898/87 e *Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF* (1989) 17ª edição.

Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros físicos, químicos, nutrientes, ânions, metais pesado e microbiológicos estão descritos no item 3.2.3.

3.2.6 Estimativa do Índice da Qualidade da Água Superficial (IQA)

As águas superficiais foram analisadas pelo índice da qualidade da água (IQA) na área de influência do aterro.

Os resultados dos exames bacteriológicos, físico-químicos e metais das águas superficiais na área de influência do aterro foram comparados com valores máximos preconizados pela Resolução CONAMA nº. 357/05.

Para a caracterização do IQA utilizaram-se alguns parâmetros que representam suas características físico-químicas e biológicas. Segundo Brown & McClelland (1974), a *National Sanitation Foundation* (NSF) nos Estados Unidos, por meio de pesquisa de opinião junto a especialistas da área ambiental, para o desenvolvimento de um índice que indicasse a qualidade da água.

Com isso nove parâmetros foram considerados mais representativos: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. Para cada parâmetro foram traçadas curvas médias da variação da qualidade da água em função das suas respectivas concentrações de acordo com Tabela 7.

Tabela 7: Parâmetros, equações matemáticas das notas para traçar as curvas médias da variação da qualidade da água em função das suas respectivas concentrações.

Parâmetros	Faixa	Equações matemáticas das notas
Temperatura Desvio (°C)	$-5 \leq x \leq 5$	$q_i = (0,018278765968x^4) + (-2,692254207E-3x^3) + (-2,2451338509x^2) + (-1,54324016138x) + (91,708915636)$
	$5 < x \leq 15$	$q_i = (-0,018758383633x^3) + (0,81573998630x^2) + (-13,312797976x) + (8,7483548868E1)$
	$x > 15$	$q_i = 5$
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	$0 \leq x \leq 140$	$q_i = ((2,75440888836E-8)x^5) + ((-8,8414255005E-6)x^4) + ((8,0913178038E-4)x^3) + ((-1,5491736518E-2)x^2) + ((5,0317668331E-1)x) + (2,9860132048x) + (2,9860132048)$
	$x > 140$	$q_i = 50$
DBO _{5,20} (MG/L)	$0 \leq x \leq 30$	$q_i = (9,6705612340E1). E^{-1,2459330506E-1x}} + (3,0123730555)$
	$x > 30$	$q_i = 2$
Coli. Fecal (NMP/100mL)	$1 \leq x \leq 10^5$	$q_i = 1,6462871905E2 * ((x - (-4))^{-3,1464642727E-1})$
	$x > 10^5$	$q_i = 2$
Nitratos (mg/L)	$0 \leq x \leq 100$	$q_i = 9,0892256998E+1 * (e^{-4,5590646942E-2 * x})$
	$x > 100$	$q_i = 1$
Fosfatos (mg/L)	$0 \leq x \leq 10$	$q_i = 1 / ((9,2315245670E-3) + (1,7176906575E-2)x)$
	$x > 30$	$q_i = 2$
pH	$2 \leq x \leq 7,3$	$q_i = ((-1,471716290E-1)x^5) + (2,7864153968x^4) + ((-1,9241573303E1)x^3) + ((6,3503912668E1)x^2) + (-9,9817319350E1)x + 6,16533829183E1$

	$7,3 \leq x \leq 12$	$q_i = ((4,4753472477E-1) x^5) + ((-2,2906621079E1)x^4) + (4,6593095888E2) x^3 + ((-4,7000830350E3) x^2) + (2,3454759541E4)x + (-4,6614017892E4)$
Sólidos Totais (mg/L)	$0 \leq x \leq 500$	$q_i = ((3,589743606E-12) x^5) + (-7,1445221476E-9)x^4 + (5,5134032532E-6)x^3 + (-2,0306235379E-3)x^2 + (2,1180011581E-1)x + (7,9977272746E1)$
	$x > 500$	$q_i = 2$
Turbidez (UT)	$0 \leq x \leq 100$	$q_i = ((-2,083333461E-8)) + (7,3936484113E-6) + (-1,0109994603E-3) + (6,9750147658E-3) + (-2,9960693801) + (9,9977272811E1)$
	$x > 100$	$q_i = 50$

Fonte: Adaptado de Gastaldini et al. (2003).

Onde: x é o parâmetro a ser determinado; q_i é qualidade do parâmetro i obtido por meio da média de qualidade.

A cada parâmetro foi atribuído um peso, de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQA/NSF (Tabela 8).

Tabela 8: Parâmetros e pesos do IQA

Parâmetro	Pesos	Parâmetro	Pesos
Oxigênio Dissolvido	0,17	Nitrato	0,10
DBO _{5,20}	0,10	Fosfatos	0,10
Coliformes Fecais	0,15	Sólidos Totais	0,08
Temperatura	0,10	Turbidez	0,08
pH	0,12		

Fonte: Adaptado de Gastaldini et al. (2003).

O IQA foi calculado, pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros conforme as respectivas fórmulas, de acordo com Equação 2.

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i} \quad \text{(Equação 2)}$$

Em que, IQA representa o índice de qualidade da água, um número de 0 a 100, o q_i (qualidade do parâmetro i obtido por meio da média de qualidade) e o w_i o peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

Os valores do índice variam entre 0 e 100, conforme especificado na Tabela 9.

Tabela 9: Classificação dos valores do Índice de Qualidade das Águas.

Faixa	Classificação (IQA/NSF)
91 – 100	Excelente qualidade
52 – 90	Boa qualidade
37 – 51	Média qualidade
21 – 36	Má qualidade
0 – 20	Péssima qualidade

Fonte: Gastaldini et al. (2003)

Assim definido, o IQA/NSF reflete a interferência por lixiviado e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos na qualidade dos recursos hídricos.

3.2.7 Amostragem e Caracterização Física do Solo

As amostras para as análises física do solo foram coletadas nas proximidades dos poços de monitoramento de água, sendo elas (superfície - 0,3 - 0,5 m) de profundidade, foi realizada a coleta de 1 (uma) amostra para cada poço nas profundidades especificadas, no mês de fevereiro de 2009.

Todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes, devidamente etiquetadas e levados para análise no laboratório de Geotecnia do Instituto Federal Tecnológico – IFMT (Figuras 6 e 7).



Figura 6: Coleta de amostragem do solo. (fev.2009).



Figura 7: Amostras do solo. (fev.2009).

No laboratório, as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas com auxílio de Almofariz e Grall, passadas em peneira com malha # 200 (abertura 0,074 mm), e acondicionadas em sacos plásticos.

As amostras foram utilizadas para traçar as características físicas e também analisar a poluição do solo na área de influência do aterro. Na sequência estão descritos os métodos das variáveis analisadas no solo.

a. Potencial Hidrogeniônico - pH

As leituras de pH foram realizadas segundo Tomé Junior (1997), utilizando-se 10 cm³ de solo seco ao ar e misturou-se a 25 cm³ de água deionizada, homogeneizando-se a mistura com bastão de vidro. Essa mistura repousou por 30 minutos para completo molhamento da amostra. Em seguida agitou-se por 15 minutos em agitador a 220 ciclos por minuto. Novamente esperou-se decantar até obter um sobrenadante límpido, em seguida mediu-se a concentração de íons hidrogênio por meio de eletrodo combinado. A leitura foi feita em potenciômetro.

b. Granulometria

A análise granulométrica refere-se ao tamanho dos grãos que formam o solo. Nessa classificação o solo é agrupado conforme a sua textura, ou seja, o tamanho de suas partículas. A ABNT/ NBR 7181/84 divide os solos nas seguintes frações:

- argila – partícula com diâmetro inferior a 0,002 mm;
- silte – partícula com diâmetro entre 0,002 mm e 0,06 mm, e;
- pedregulho – partícula com mais de 2,0 mm.

Segundo a EMBRAPA (1979), a técnica de análise granulométrica da fração fina do solo, baseia-se na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Utiliza o tempo de deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico (normalmente hexametáfostato de sódio). Pipeta-se um volume da suspensão, para determinação da argila que é seca em estufa e pesada para a obtenção dos respectivos percentuais.

c. Limites de Atterberg (Limites de Liquidez (WL) e Plasticidade (WP))

Segundo Kiehl (1979) os limites de Atterberg são aqueles relacionados com a consistência do solo ao variar sua umidade. Ao mudar de friável para plástico, o solo, por adição de água, ultrapassa o Limite de Plasticidade (WP) e, ao passar de plástico para aderente ou pegajoso, atinge o Limite de Liquidez (WL).

A determinação do Limite de Plasticidade (WP) e Limite de Liquidez (WL) foi realizada de acordo com ABNT/ NBR 7180/84 e NBR 6459/84 respectivamente.

Para a determinação dos Limites Atterberg as amostras foram secas ao ar e posteriormente peneiradas em malhas de 0,42 mm de abertura, sendo estas molhadas gradativamente.

As amostras foram manuseadas até se moldar ao rolar entre os dedos e formar um bastonete de aspecto plástico, em seguida sua umidade foi verificada, e encontrado o Limite de Plasticidade (WP).

A mesma amostra foi molhada até formar uma pasta viscosa, sendo esta levada até o equipamento denominado Casagrande, onde foi cortada por bisel especial e submetida a pancadas até as partes se tocarem numa extensão de 12 mm. Considerando que se o número de pancadas estiver entre 12 e 38, a umidade da pasta representa o Limite de Liquidez (WL).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 NÍVEL DA ÁGUA NOS POÇOS DE MONITORAMENTO *VERSUS* COTA TOPOGRÁFICA

A superfície potenciométrica do aquífero freático possui um comportamento homogêneo acompanhando a declividade do terreno no local (Figura 8), entretanto o poço PM3 apresentou uma profundidade menor do N.A em relação aos outros pontos observados, esta anomalia pode ser imputada a imprecisão do equipamento utilizado para o levantamento topográfico.

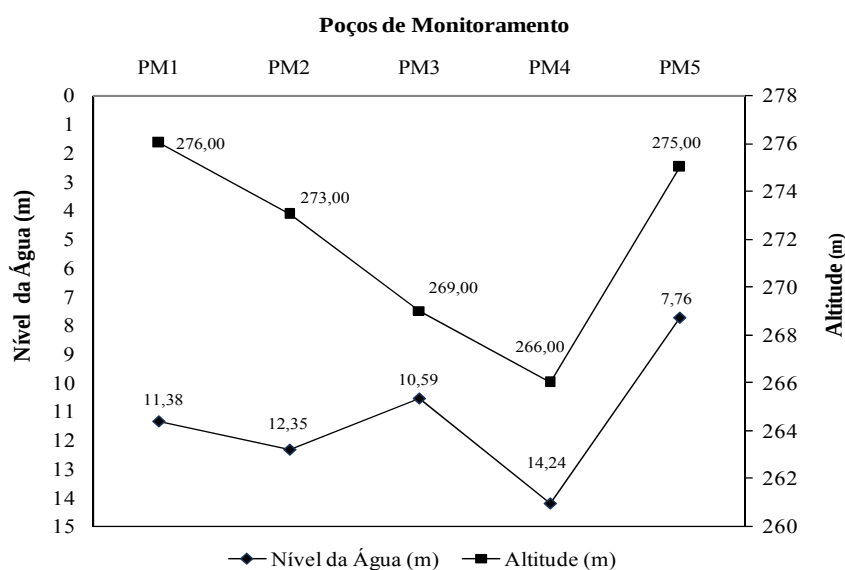


Figura 8: Variação do nível da água e da altitude nos poços de monitoramento do aterro sanitário.

Todavia, quanto ao levantamento de dados de profundidade de nível d'água servirá para monitoramento da superfície potenciométrica e determinação das direções fluxo dos aquíferos, é necessário que se faça a descrição dos perfis pedológicos dos poços perfurados e o nivelamento preciso das cotas das bocas dos

poços de observação. Devido a isso, estes dados apresentados servem apenas como referência da profundidade que se encontra o nível estático do aquífero freático na área do aterro.

4.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO ATERRO

4.2.1 Características Físicas

4.2.1.1 *Turbidez e Sólidos Suspensos Totais*

A turbidez é a medição da resistência da água à passagem de luz. A mesma é provocada pela presença de material fino (partículas) em suspensão (flutuando/dispersas) na água.

De acordo com a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano o valor máximo permissível de turbidez na água é 5,0 NTU.

Nas amostras analisadas no córrego a turbidez variou de 6,95 NTU a jusante e 8,99 NTU a montante da área estudada, enquanto que nos poços de coleta as maiores variações ocorreram nos PM4, PM5 e PM3, apresentando 74, 61 e 40,9 NTU, respectivamente. Estes valores de turbidez foram superiores ao permitido para a água potável.

Os menores valores de concentração de sólidos suspensos totais e turbidez ocorreram no PM1 e mananciais superficiais (S1 e S2). O PM3 apresentou uma queda na concentração de sólidos suspensos totais e aumento da turbidez (Figura 9). Este fato possivelmente deve ter ocorrido em função da presença de materiais dissolvidos como pode ser constatado no item 4.2.6 a presença de ferro em concentração mais elevada neste mesmo local.

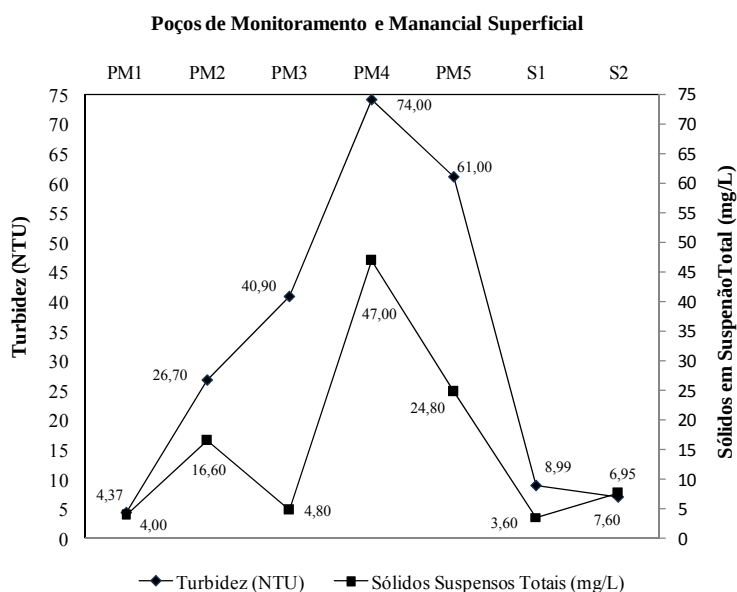


Figura 9: Variação da Turbidez e Sólidos em Suspensão Totais nos Poços de Monitoramento (PM) e Manancial Superficial (S).

4.2.2 Características Químicas

4.2.2.1 Potencial Hidrogeniônico - pH

O pH é uma medida que estabelece a condição ácida ou alcalina da água. É um parâmetro de caráter operacional que deve ser acompanhado para otimizar os processos de tratamento e preservar as tubulações contra corrosões ou entupimentos. É um parâmetro que não tem risco sanitário associado diretamente à sua medida.

De acordo com a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde a faixa recomendada de pH na água distribuída é de 6,0 a 9,5. Não houve variação significativa nos resultados de pH das amostras analisadas, encontram-se entre 6,0 e 7,0.

4.2.2.2 Dureza

Segundo a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde o limite máximo permitido para este parâmetro é 500 mg/L.

Os parâmetros medidos em todos os pontos analisados encontram-se abaixo do padrão máximo estabelecido. O maior valor ocorreu no poço PM3, de 3,10 mg CaCO₃/L.

4.2.3 Matéria Orgânica e Oxigênio Dissolvido

4.2.3.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

A DBO_{5,20} de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável.

A DBO_{5,20} é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é freqüentemente usado e referido como DBO_{5,20}.

Na legislação do Estado de São Paulo, o Decreto Estadual n.º 8468, a DBO_{5,20} de cinco dias é padrão de emissão de esgotos diretamente nos corpos d'água, sendo permitido ou uma DBO_{5,20} máxima de 60 mg/L ou uma eficiência global mínima do processo de tratamento na remoção de DBO_{5,20} igual a 80%. Este último critério favorece aos efluentes industriais concentrados, que podem ser lançados com valores de DBO_{5,20} ainda altos, mesmo removida acima de 80%.

Em nenhum dos pontos analisados este parâmetro foi superior a 2,0 mg/L.

4.2.3.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO_{5,20}, sendo o teste realizado num prazo menor. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial.

A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais. A DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO_{5,20} para observar a biodegradabilidade de despejos.

Como na $DBO_{5,20}$ mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais facilmente biodegradável será o efluente. Estudos demonstram que a DQO de esgotos “in natura” estão entre 250 e 1000 mg/L.

As análises demonstraram que nenhum ponto apresentou DQO maior que 5,7 mgO_2/L .

4.2.3.3 Oxigênio Dissolvido - (OD)

As concentrações de oxigênio dissolvido encontradas no córrego à montante e jusante foram de 7,2 mg/L para ambos os pontos. Essa manutenção dos valores de OD à jusante pode ser decorrente do fator diluição no período amostrado, que resultou na estabilização das concentrações de DBO nestes locais.

De forma geral, as concentrações de oxigênio dissolvido mantiveram-se acima do mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios de Classe 2 (5 mg/L).

4.2.4 Nutrientes

4.2.4.1 Série de Nitrogênio - (Amônia, Nitrato, Nitrito e Nitrogênio Orgânico)

São diversas as fontes de nitrogênio nas águas naturais. Os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, devido à hidrólise sofrida pela uréia na água.

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, formas oxidadas.

Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo. Se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes.

Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas.

Pela legislação federal em vigor, a resolução nº 357 do CONAMA/05, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos. A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L.

O nitrato é padrão de potabilidade, sendo 10 mg/L o valor máximo permitido pela Portaria 518/04 do ministério da saúde. Conforme a Tabela 10 nenhum dos pontos analisados apresentou valores superiores ao estabelecido por estas normativas.

Tabela 10: Resultados das séries de nitrogênio analisados no manancial superficial e subterrâneo

Variável / Unidade	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	S1	S2
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Nitrato (mg/L)	0,00	1,25	0,52	2,12	1,14	0,49	0,00
Nitrito (mg/L)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Nitrogênio Kjeldhal Total (mg/L)	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50

4.2.5 Ânions

4.2.5.1 Cloreto

O cloreto é o ânion Cl^- que se apresenta nas águas subterrâneas tendo como fonte os solos e rochas. Nas águas superficiais são fontes importantes das descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 6 g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassem a 15 mg/L.

Para as águas de abastecimento público, a concentração de cloreto constitui-se em padrão de potabilidade, segundo a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde o padrão de aceitação para o consumo humano é de 250 mg/L.

As amostras coletadas a montante – S1 (9 mg/L) e a Jusante – S2 (10 mg/L) foram maiores concentrações nos poços PM3 (32 mg/L) e PM4 (25 mg/L) (Tabela 11).

Tabela 11: Resultado encontrado do ânion cloreto no manancial superficial e subterrâneo

Variável / Unidade	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	S1	S2
Cloreto (mg/L)	11,50	21,00	32,00	25,00	10,00	9,00	10,00

Todos os resultados estão dentro do padrão de aceitação para o consumo humano, da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde. Não é possível dizer que houve predominância de poluição antes ou depois do aterro.

4.2.5.2 Condutividade

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados.

Houve uma variação pequena entre o ponto a jusante – S2 (26,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e a montante – S1 (40,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$), do córrego avaliado.

Entretanto, o PM3 apresentou condutividade elétrica de 468 $\mu\text{S}/\text{cm}$, este resultado indica a poluição deste poço de coleta, que pode ser justificado pelo aumento no mesmo ponto da concentração do íon cloreto conforme item 4.2.5.1. Pois, quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água.

4.2.6 Metais

Dentre os metais analisados, apenas o Ferro encontrou-se acima do padrão máximo estabelecido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, que é de 0,3 mg/L.

Este elemento apresentou à montante – S1 e a jusante – S2, o valor de 0,4 mg/L, cada ponto. Enquanto que o PM2 apresentou 1,0 mg/L e o PM3, 1,5 mg/L, demonstrando assim alta concentração deste elemento nos pontos amostrados.

Este é um elemento característico em solos da região estudada (SOUZA, 2006). Como pode ser observado, até mesmo no ponto a montante do córrego, o valor é maior que o valor máximo estabelecido pelo Ministério da Saúde.

4.2.7 Característica Microbiológica

4.2.7.1 Coliformes

Trata-se de um grupo de bactérias que normalmente vivem no intestino de animais de sangue quente, embora alguns tipos possam ser encontrados também no meio ambiente. Estas análises podem indicar uma possível contaminação microbiológica.

A maior variação de coliformes observada foi no PM3 ($9,3 \times 10^3$ NMP/100 ml), enquanto que a jusante – S2 e a montante – S1 do córrego foram $4,6 \times 10^3$ NMP/100 ml, concluindo-se que não houve aumento ou diminuição na contaminação da água antes e depois do aterro sanitário.

4.3 ÍNDICE DE QUALIDADE NATURAL DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - IQNAS

Os poços de monitoramento PM 1, PM 2, PM 3, PM 4 e PM 5, apresentaram qualidade ótima com valores de 87, 81, 81, 80 e 85 respectivamente (Figura 10, Apêndice 1).

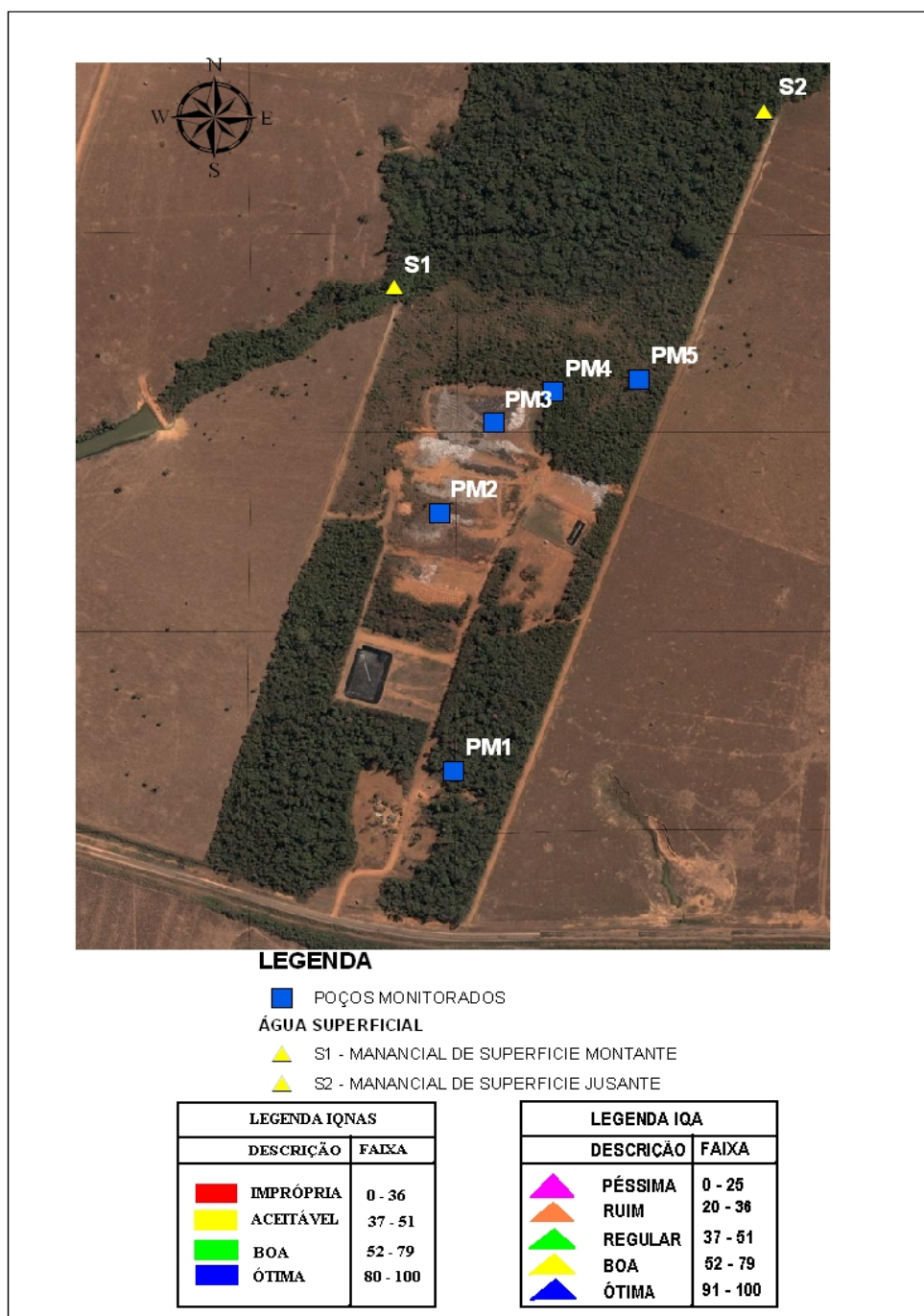


Figura 10: Resultados dos índices de qualidade natural de águas subterrâneas nos poços de monitoramento.

Fonte: Adaptado (GOOGLE EARTH, acessado 2009)

Este índice de qualidade pode ser justificado em função do período chuvoso que possivelmente pode ter influenciado na diluição da amostra. A qualidade ótima do IQNAS não reflete a realidade no que se refere à qualidade da água para o

consumo humano, pois os poços apresentaram resultados de turbidez, coliformes termotolerantes e metal (ferro), com valores superiores ao preconizado pela Portaria nº. 518/04 do M.S.

Os resultados de matéria orgânica (DQO e $DBO_{5,20}$), indicam uma contaminação com valores superiores a 1 mg/L para $DBO_{5,20}$ e DQO acima de 10 mg/L (FEITOSA & FILHO, 2000).

4.4 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA SUPERFICIAL - IQA

O índice de qualidade da água superficial (Figura 10) do ponto S1 (montante) e S2 (jusante) foi 67 para ambos os casos, considerados bons (apêndices 2 e 3), apesar disso quando as variáveis são analisadas de formas separadas, houve uma contaminação por bactérias do tipo coliformes termotolerantes $2,1 \times 10^3$ NMP/100 ml.

4.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO

Como no caso da água, o solo foi investigado em cada um dos poços de monitoramento. Os aspectos estudados foram: granulometria, limites de Atterberg (plasticidade e liquidez), pH. Estes aspectos podem se alterar quando o solo poluído por algumas substâncias e compostos orgânicos ou inorgânicos.

Como mencionado no item 3.2.7 da metodologia as amostras foram coletadas em 3 profundidades: na superfície (retirada a capa orgânica) a 0,3 m e a 0,5 m estes aspectos estudados podem ser consideradas indicadores para avaliar a poluição do solo.

4.5.1 Potencial Hidrogeniônico - pH

A Figura 11 apresenta o pH nos solos. O pH do PM1 foi inferior aos demais, indicando que o solo deste poço foi menos afetado pelo chorume do aterro.

No PM3 o solo da superfície foi mais afetado que as demais posições. Esta percepção vem do fato de que o pH do chorume é sempre maior que 7, podendo

chegar a 9. Nos solos afetados pelo chorume o pH costuma se elevar para valores próximos aos do chorume.

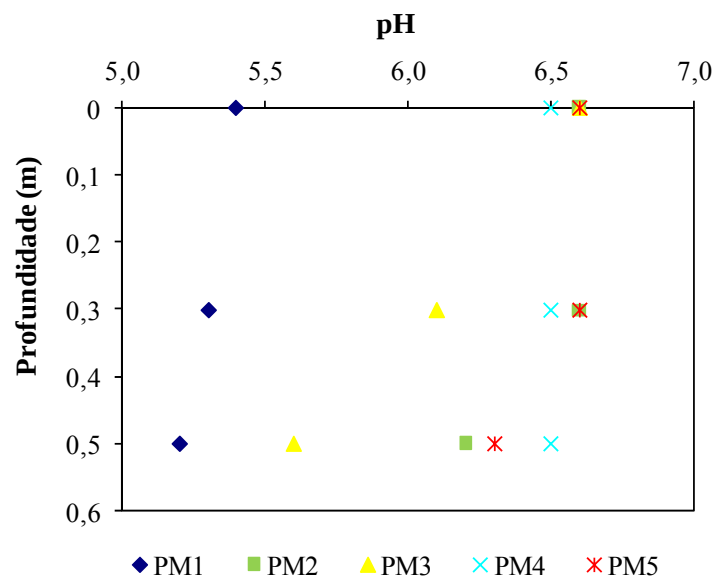


Figura 11: Valores de pH dos solos amostrados nas proximidades dos poços de monitoramento de água subterrânea.

4.5.2 Limites de Atterberg (Limites de Liquidez (WL) e Plasticidade (WP))

Uma das maiores influências do chorume sobre o solo é a variação da plasticidade. O chorume é um “caldo” carregado de matéria orgânica. Este líquido quando percola no solo é filtrado, deixando a matéria orgânica.

Quanto maior o teor de matéria orgânica do solo, maior o seu limite de plasticidade e, portanto, maior o seu índice de plasticidade. De um modo geral, as alterações ocorrem apenas na plasticidade não alterando os valores de limites de liquidez.

O PM1 apresentou uma variação significativa nos valores de limite de plasticidade, em relação aos demais poços (Figura 12).

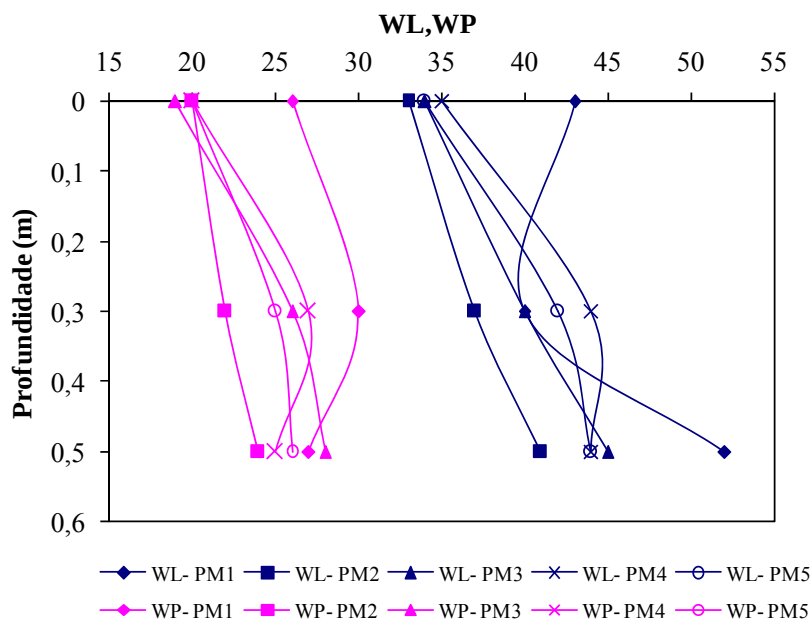


Figura 12: Variação dos limites de Atterberg ou consistência nos solos amostrados nas proximidades dos poços de monitoramento.

4.5.3 Granulometria

O solo apresentou-se argiloso com aproximadamente 50% de argila, 10% de silte e 40% de areia (Figura 13). A granulometria de um solo pode se alterar em função dos sais que estão presentes na solução do solo, sobretudo os solos argilosos se floculam, ou dispersam, para formar grumos. Desta forma, um solo argiloso, passa se comportar como uma areia.

A análise destes parâmetros deve ser feita cuidadosamente, já que pequenas mudanças de posição podem influir nos resultados.

No presente trabalho, possivelmente não houve alteração perceptível, comprovadamente ligada à poluição dos solos e as pequenas mudanças observadas podem ser atribuídas à mudança de posição do poço no terreno.

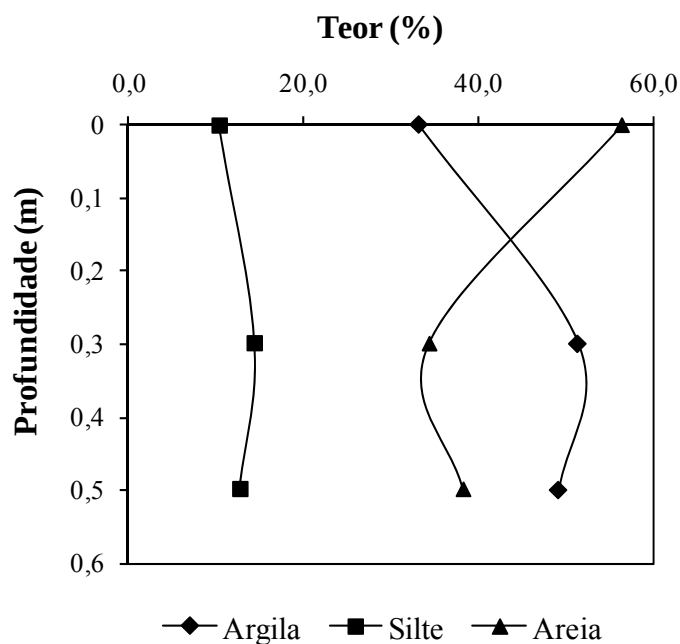


Figura 13: Distribuição granulométrica no perfil do solo localizado nas proximidades do PM1.

4.6 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERROS DE RESÍDUOS

A avaliação dos indicadores de qualidade ambiental em aterros permite analisar as condições de acondicionamento do lixo no aterro em termos de controles de poluição ambiental. Assim, a avaliação deve ser efetuada levando em consideração os aspectos construtivos e operacionais, os elementos do projeto, como: vias de acesso; estruturas de controle; sistema de drenagem; dreno de gases; dreno de águas pluviais; dreno do percolato; sistema de impermeabilização; sistema de tratamento do percolato e sistema de vigilância.

A Tabela 12 apresenta a avaliação das condições de instalação e operação do aterro sanitário do município de Alta Floresta, enfatizando as características do local.

Tabela 12: Característica do local apontado no Índice de Qualidade do Aterro de Resíduos (IQAR)

CARACTERÍSTICA DO LOCAL			
Subitem	Avaliação	Peso	Pontos
Capacidade de suporte do solo	Adequada	5	5
	Inadequada	0	
Permeabilidade do solo	Baixa	5	2
	Média	2	
	Alta	0	
Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500m	5	5
	Próximo	0	
Proximidade de corpos de água	Longe > 200m	3	3
	Próximo	0	
Profundidade do lençol freático	Maior 3 m	4	4
	De 1 a 3 m	2	
	De 0 a 1 m	0	
Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4	2
	Insuficiente	2	
Qualidade do mat. p/ recobrimento	Nenhum	0	2
	Boa	2	
	Ruim	0	
Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3	2
	Regulares	2	
	Ruins	0	
Isolamento visual da vizinhança	Bom	4	4
	Ruim	0	
Legalidade de localização	Loc. Permit.	5	5
	Loc. Proibida	0	
Subtotal 1	Máximo	40	34

O índice da qualidade de aterros de resíduos obtido foi 3,4 e enquadra-se em condições inadequadas ($0 \leq \text{IQAR} \leq 6,0$).

Na Tabela 12, observa-se que as características do local apresentam condições ideais para a instalação e operação do aterro sanitário. Resultado esse obtido devido ao estudo realizado pela prefeitura na escolha da localização da área de implantação do aterro sanitário. Observa-se na avaliação da característica do local que, os aspectos disponibilidade de material para recobrimento e permeabilidade do solo levam pontuação mais baixa.

Com relação à infraestrutura e condições operacionais verifica-se que a pontuação é reduzida em função de vários fatores (Tabelas 13 e 14).

Tabela 13: Infraestrutura do aterro sanitário apontado no Índice de Qualidade do Aterro de Resíduos (IQAR)

INFRAESTRUTURA IMPLANTADA			
Subitem	Avaliação	Peso	Pontos
Cercamento da área	Sim	2	2
	Não	0	
Portaria/guarita	Sim	1	1
	Não	0	
Controle de recebimento de cargas	Sim c/ balança	2	0
	Sim s/ balança	1	
	Não	0	
Acesso à frente de trabalho	Bom	2	0
	Ruim	0	
	Permanente	5	
Trator de esteiras ou compatível	Periodicamente	2	2
	Inexistente	0	
Outros equipamentos	Sim	1	0
	Não	0	
Impermeabilidade da base do aterro	Sim/desneces.	5	0
	Não	0	
	Suficiente	5	
Drenagem de chorume	Insuficiente	1	1
	Inexistente	0	
	Suficiente	4	
Drenagem de águas pluviais definitiva	Insuficiente	2	0
	Inexistente	0	
	Suficiente	2	
Drenagem de águas pluviais provisória	Insuficiente	1	0
	Inexistente	0	
	Suficiente	3	
Drenagem de gases	Insuficiente	1	0
	Inexistente	0	
	Suficiente	5	
Sistema de tratamento de chorume	Insuf./inexist.	0	0
	Suficiente	3	
Monitoramento de águas subterrâneas	Insuficiente	1	1
	Inexistente	0	
Vigilantes	Sim	1	1
	Não	0	
Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2	0
	Parcialmente	1	
	Não	0	
Subtotal 2	Máximo	48	8

Tabela 14: Condições operacionais aterro sanitário apontado no Índice de Qualidade do Aterro de Resíduos (IQAR)

CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Subitem	Avaliação	Peso	Pontos
Aspecto geral	Bom	1	0
	Ruim	0	
Recobrimento diário do lixo	Sim	4	0
	Não	0	
Presença de urubus-gaivotas	Não	1	0
	Sim	0	
Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	2
	Sim	0	
Ocorrência de lixo descoberto	Não	4	0
	Sim	0	
Presença de catadores	Não	3	0
	Sim	0	
Criação de animais (bois, etc)	Não	3	0
	Sim/proximidade	0	
Descarga de res. de serv. de saúde	Não	3	0
	Sim	0	
Descarga de res. Industriais	Não/adequada	4	0
	Sim/inadequada	0	
	Bom	3	
Funcionamento da drenagem de chorume	Regular	2	0
	Inexistente	0	
	Bom	2	
Funcionamento da drenagem pluviosidade definitiva	Regular	1	0
	Inexistente	0	
	Bom	2	
Funcionamento da drenagem pluviosidade Provisória	Regular	1	0
	Inexistente	0	
	Bom	5	
Funcionamento do sistema de tratamento do chorume	Regular	2	0
	Inexistente	0	
	Bom	2	
Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Regular	1	0
	Inexistente	0	
	Boa	1	
Eficiência da equipe de vigilância	Ruim	0	0
	Boas	2	
	Regulares	1	
Manutenção dos acessos internos	Péssimas	0	1
	Regulares	1	
Subtotal 3	Máximo	52	3
Total Máximo		130	45

No sentido de justificar essa pontuação são comentados, a seguir, alguns dos fatores mais relevantes na avaliação do local de disposição final são descritos:

a. constatou-se que o aterro sanitário da cidade de Alta Floresta possui um sistema de proteção bastante precário para controlar o fluxo de caminhões que descarregam resíduos no local e, por esse motivo, vários empreendimentos levam seus resíduos e os depositam no local, o que contribui negativamente para a

qualidade ambiental e para a perda do controle da quantidade de resíduos que o aterro recebe diariamente.

b. os resíduos de serviços de saúde eram coletados pela prefeitura e conduzidos para o aterro e atualmente grande parte estavam sendo queimados (Figura 14) apesar da existência de vala séptica para disposição adequada (Figura 15).



Figura 14: Disposição dos resíduos sólidos de serviço de saúde. (fev.2009).



Figura 15: Vala para recebimento dos resíduos de serviço de saúde (fev.2009).

c. os resíduos sólidos da coleta domiciliar e comercial dispostos no aterro ficam expostos a céu aberto, favorecendo a proliferação de micro e macrovetores (Figuras 16 (a) e (b)) inclusive a presença de catadores.



Figuras 16 (a) e (b): Resíduos sólidos sendo dispostos de forma inadequada (fev.2009).

d. nas imediações do local do aterro observou-se o escoamento superficial de chorume, produto da decomposição biológica dos resíduos e a lixiviação de líquidos em geral por ação da chuva, causada pela ausência de um sistema de drenagem que possibilitaria o escoamento conveniente, para um local onde os mesmos pudessem ser tratados de forma adequada, levando a uma contaminação do ambiente local.

Havia uma barreira de contenção provisória realizada pelo funcionário da prefeitura para que o escoamento não alcance o curso d'água nas proximidades. (Figuras 17 e 18).



Figura 17: Escoamento superficial de chorume. (fev.2009).



Figura 18: Barreira de contenção provisória. (fev. 2009).

Apesar da existência de licença ambiental e projetos para o sistema de tratamento do chorume proveniente da decomposição dos resíduos, observou-se a inexistência de sistema de tratamento.

Neste sentido o percolato proveniente do processo de bioestabilização anaeróbia não sofre nenhum tipo de tratamento, causando impacto ambiental na região do aterro e em seu entorno, através da poluição dos recursos hídricos.

5. CONCLUSÕES

A avaliação e identificação dos indicadores referentes à disposição de resíduos sólidos domiciliares no aterro sanitário em estudo, apresentou um baixo índice de qualidade chegando a (3,4), ou seja, os resíduos são depositados de forma inadequada, aumentando os riscos de poluição ambiental e de saúde pública.

O IQNAS, baseados em análises hidroquímicas da água (cloreto, pH, flúor, nitrato, cloreto e sólidos totais), foram classificados em Ótima. A qualidade Ótima das águas subterrâneas, verificada em todos os poços monitoramento não reflete a qualidade da água para consumo humano, pois os poços apresentaram resultados com valores de turbidez, coliformes termotolerantes e metal (ferro), superiores ao preconizado pela Portaria nº. 518/05.

As análises realizadas nos poços de monitoramento constatarem o aumento da condutividade elétrica da água no PM3 e pode indicar uma contaminação por chorume neste poço. A alteração observada neste mesmo ponto de análise para a alcalinidade pode ser descartada, como um risco de contaminação, se for considerado que não houve alteração significativa de pH em nenhum dos pontos.

O IQA (67) das águas no manancial superficial na área de influência do aterro sendo considerados Bons, porém quando as variáveis são analisadas de forma separada predomina a contaminação por bactérias do tipo Coliformes Tolerantes.

A análise final indicou que, com exceção dos PM3 e PM4, tanto para as amostras de água, quanto para as amostras de solo, não houve contaminação significativa dos pontos amostrados, que os resultados encontrados estiveram sempre dentro dos limites máximos permitidos para a água.

Com relação ao solo, não há parâmetros estabelecidos, dado a variabilidade dos solos brasileiros. Devido a isso foram feitas considerações a cerca do solo original (PM1), o que demonstra variações significantes apenas para os PM3 e PM4.

Percebe-se que a composição do solo predominantemente argiloso favorece a manutenção da qualidade das águas subterrâneas. Contudo numa eventual contaminação, por chorume, esta certamente ocorrerá pela superfície, podendo atingir o manancial superficial mais próximo, cabendo ao município executar um manejo do resíduo existente para vala construída e o excedente deverá ser removido para uma área que possua drenagem de fundação e o tratamento do efluente.

6. RECOMENDAÇÕES

Os estudos efetuados permitem recomendar que:

A área de disposição final dos RSU, portanto, deve ser recuperada para que tais impactos sejam minimizados. Assim, sugere-se a remediação do lixão, que compreende o processo de reduzir ao máximo possível os impactos negativos, causados pela disposição inadequada do lixo urbano no solo, considerando-se também a decisão de terminar a operação do local.

Essa ação de remediação inicia-se com a formulação do modelo tecnológico e estende-se até a implantação do projeto propriamente dito e seu monitoramento, consistindo das seguintes etapas:

- a. formulação do modelo tecnológico: detalhamento técnico-científico dos métodos e técnicas a serem utilizados no tratamento;
- b. projeto de remediação: cálculos e formulações de engenharia conduzidos com o objetivo de atender às metas de recuperação da área, incluindo ainda o detalhamento dos métodos e técnicas operacionais;
- c. monitoramento do projeto: atividade fundamental do empreendimento que tem como princípio o aumento da confiabilidade e eficácia dos métodos adotados.

Aumentar os números de pontos amostrais de água subterrâneas na área de influência do aterro, para que se conheça o fluxo.

Fazer um levantamento do corpo hídrico sem denominação da nascente a foz para que se faça o mapeamento da poluição.

Com relação à parte operacional sugere-se o monitoramento periódico das águas subterrâneas.

Melhorar a infraestrutura do aterro através da proteção basal e sistema de tratamento de lixiviado e drenagem de água superficial.

Dar continuidade a estes estudos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7.1 BIBLIOGRAFIAS CITADAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9898. Preservação e técnica de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, Rio de Janeiro 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13895. Construção de poços de monitoramento e amostragem, Rio de Janeiro 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181. Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, ABNT, 1984 d. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459. Solo - Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, ABNT, 1984 a. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180. Solo - Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, ABNT, 1984c. 3 p.

APHA, AWWA, WPCFC. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Eds. L.S. CLERCERI, A.E. GREENBERG, R.R. TRUSSEL, 17th edition, Washington, USA, Ed. APHA. (1989).

BARROS JUNIOR, C.; TAVARES, C.R.G; BARROS, S.T.D. Diagnóstico sobre a disposição final dos resíduos sólidos urbanos da Cidade de Maringá, Estado do Paraná, Brasil. Revista Acta Scientiarum, v. 26, n. 2, p. 79-84, 2004.

BORMA. L. S.; EHRLICH, M.; BARBOSA, M. C. Caracterização de um sedimento lagunar para efeito de dragagem e disposição em terra. In Congresso Brasileiro de

Geotecnia ambiental (REGEO'99). 1999; São José dos Campos, Brasil. São Paulo: Instituto Tecnológico da Aeronáutica; 1999. P. 275-285.

BRANCO, S. M. O meio ambiente em debate. Coleção Polêmica, Editora Moderna, 5ª edição. São Paulo, 1988.

BRASIL. Resolução CONAMA n°. 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre as classificações dos corpos' água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outra providências.

_____. Resolução CONAMA n° 274 de 29 de novembro de 2000. Revoga os artigos 26 a 34 da Resolução n.º 20/86 (revogada pela Resolução n.º 357/05) e Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS n.º 518/2004 / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação - Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005. 28p.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. Lei n° 9.605 (Lei da Natureza: lei dos crimes ambientais), de 12 de janeiro de 1998. In: Diário Oficial da União. Distrito Federal, 1998.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. Resolução CONAMA n° 001, de 23 de janeiro de 1986. In: Diário Oficial da União. Distrito Federal, 1986.

BROWN, R. M. & McClelland, N. I. Up from chaos: the water quality index as an effective instrument in water quality management. Michigan: National Sanitation Foundation. 1974. 27 p.

CASTILHOS JR., A. B. de. Estimativa da distribuição e dos teores dos metais pesados nas diversas frações dos resíduos urbanos no Brasil. BIO - Rev. Bras. de San. e Meio Amb., p.57-60, 1988.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Acessado em 30 de novembro de 2007. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Guia de coleta e conservação de amostras de água. São Paulo, CETESB, 1986.

COELHO, H. M. G; SIMÕES, G. F.; LANGE, L. C.; FERREIRA, C. F. A., 2003. Transporte de Contaminantes em Meios Porosos Saturados. In: Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte. PROSAB, Florianópolis, SC;

CONSONI, A.J. et al. Manual de Gerenciamento Integrado. In: JARDIM, N. S.; WELLS, C. (Ed.). Disposição final do lixo. 2. ed., capítulo V, São Paulo: SP, IPT/CEMPRE, 2000.

DUFFUS, J. H. Toxicologia Ambiental. Barcelona: Omega, 1983.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979.

FEITOSA, F. A.C. & MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia. Conceitos e Aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 2000. 2ª edição.

FEITOSA, F. A.C. & MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia. Conceitos e Aplicações / Organização e Coordenação Científica. Rio de Janeiro: CPRM, LABHID, 2008. 3ª Ed. ver. e ampl., 812p.

GASTALDINI, M. C. C, TEIXEIRA, E. C. Avaliação da qualidade da água. Capítulo 16. In: PAIVA, J.B.D, PAIVA, E.M.C.D. (Org.) Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias. Reimpressão ver. Aum. Porto Alegre: ABRH, 2003.

GASTALDINI, M. C. C, OPPA, L. F., MISSIO, D. Modelagem da qualidade da água do rio Vacacaí Mirim. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24. 2007. Minas Gerais. **Anais...** Minas Gerais: ABES, 2007. CD ROM.

GOOGLE EARTH. Imagem Satélite. Disponível em: www.google.earth.com.br. Acesso em 26 de fevereiro de 2009.

GUIZARD, J. B. R.; RAFALDINI, M.E.; PONTES, F.F.F.; BRONZEL, D.; PERES, C.R; FERREIRA, E.R.; REIS, F.A.G.V. Aterro sanitário de limeira: Diagnóstico Ambiental. Revista Engenharia Ambiental- Espírito Santo do Pinhal, v. 3 n. 1, p. 72-21, jan/jun de 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. População do município de Alta Floresta. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acessado em 12 de maio 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, CEMPRE – Compromisso Empresarial para a Reciclagem, 2000. Lixo Municipal – Manual de Gerenciamento Integrado. In: <www.cempre.org.br> Acesso em 12/05/2006;

ISEA, D.; VARGAS, L.; BELLO, N.; DELAGADO, J. G. Lixiviación de metales no nutriente en suelos sometidos a riego com aguas residuales tratadas. In: XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS/2000); 2000; Porto Alegre, Brasil. Porto Alegre: Asociación Interamerican de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental/ Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2000. I-194.

LEITE, Wellington Cyro A. *Aterro Sanitário – resíduos sólidos urbanos e industriais*. Fortaleza. ABES, 2000. 168 p. (Apostila de curso).

MATO GROSSO, Governo de; Assembléia Legislativa do Estado de Mato Grosso; Associação Matogrossense dos Municípios; SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Mato Grosso. Fórum Regional de Desenvolvimento Sustentável. Cidade Pólo-Alta Floresta. Cuiabá (MT), Março de 2002.

MONTEIRO, A. E. Índice de Qualidade de Aterros Industriais - IQRI. 2006. 201f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:

<<http://www.coc.ufrj.br/dissertação/mestrado/rs/2006/dissertação>. Acesso em: 15 de janeiro de 2008.

MUNN, R. E. (ed.). Environmental Impact Assessment. Principles and Procedures. John Willey e Sons, 1979.

ODUM, E. P. Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara; 1983.

OGA, S., editor Fundamentos de toxicologia. São Paulo: Atheneu; 1996.

OLIVEIRA, F.J.S.; JUCÁ, J.F.T. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 9, n. 3, p. 211-217, jul./set. 2004.

OLIVEIRA, S.; PASQUAL, A. Monitoramento do lixiviado de aterro sanitário. XXVII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitária y Ambiental (AIDIS/2000); 2000; Porto Alegre, Brasil. Porto Alegre: Asociación Interamerican de Ingenieria Sanitária y Ambiental/Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

OLIVEIRA, M. A. S.; BRITO, S. N. A., coordenadores. Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

PALACIOS, J. L. M.; MORENO, M. G. U.; CABALLERO, E. C.; VÁZQUEZ M. A. M. Efecto de la digestión y filtración en la adsorción de cadmio en suelo. XXVII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental (AIDIS/2000); 200; Porto Alegre, Brasil. Porto Alegre: Asociación Interamerican de Ingenieria Sanitaria Y Ambiental/Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2000. XI-031.

PASTORE, E. L.; COLMANETTI, J. P.; MONTEIRO, A. S.; PEREIRA, J. H. F. Avaliação da eficiência de alternativas de impermeabilização da base do aterro sanitário de Brasília – DF através de simulação numérica. 4º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental (REGEO'99). 1999; São José dos Campos, Brasil. São Paulo: Instituto Tecnológico da Aeronáutica; 1999. p. 448- 455.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel; 1990.

RADAMBRASIL. Projeto. Departamento Nacional da Produção Mineral. Levantamento de recursos naturais. Folha SC. 21 Juruena; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso do potencial da terra. Rio de Janeiro: Gráfica Alvorada Ltda., 1980.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA H. et al. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas: Fundação Cargil; 1987.

ROWE JUNIOR, E. Diagnóstico ambiental da área do aterro sanitário do Município de Cascavel/PR. 2007. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavél, 2007. Disponível em <http://www.unioestepr.br/dissertação/mestrado/rs/2007>. Acesso em: 15 de janeiro de 2008.

SALOMÃO, F. X. T.; ANTUNES, F. S. Solos em pedologia. In: OLIVEIRA, M. A. S. & BRITO, S. N. A., editores. Geologia de engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p.87-99.

SANTOS, A.A. **Qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do aterro sanitário de Cuiabá-MT.** 2008. 148p. Dissertação (mestrado em Física e Meio Ambiente) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso. 2008.

SÃO PAULO. **Decreto n.8468**, de 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gob.br/leis_internet/estadual/txt_decreto.htm. Acesso em 25/02/2008.

SCHALCH, V. Produção e características do chorume em processo de decomposição de lixo urbano. São Carlos; 1984. [Dissertação apresentada à Escola

de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre em Hidráulica e Saneamento].

SEGATO, L. M.; SILVA, C. L. Caracterização do chorume do aterro sanitário de Bauru. XXVII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y ambiental (AIDIS/2000); Porto Alegre, Brasil. Porto Alegre: Asociación Interamerican de Ingenieria Sanitaria Y Ambiental/ Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2000. III-039

SILVA, S.R.C.M. **Chorume como poluente em uma área experimental no aterro sanitário de Cuiabá - MT**. 2002. 130p. Dissertação (mestrado em Saúde Coletiva) – Instituto de Saúde Coletiva, Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva, Universidade Federal de Mato Grosso. 2002.

SILVA, W. L; LOPES, V. D. ; PRASAD, S. D. Avaliação dos impactos ambientais causados por lixões: um estudo de caso. XXVII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y ambiental (AIDIS/2000); Porto Alegre, Brasil. Porto Alegre: Asociación Interamerican de Ingenieria Sanitaria Y Ambiental/ Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2000. III-046

SISINNO, C. L. S. Estudo preliminar da contaminação ambiental em área de influência do Aterro Controlado do Morro do Céu (Niterói – RJ). Rio de Janeiro; 1995. [Dissertação apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, para obtenção do título de mestre em Saúde Pública – Área de Toxicologia Ambiental]. Disponível em: <<http://www.fundacaooswaldocruz.br/dissertação/mestrado/rs/1995>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2008.

SOUZA, Suzethe Costa. Desmatamento e Clima em Alta Floresta – Amazônia Matogrossense. Dissertação de Mestrado. Fundação Universidade Federal de Mato Grosso. Instituto de Ciências Humanas e Sociais. Cuiabá, MT. 2006.

TOMÉ JUNIOR, J. B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária, 1997.

TOMMASI, L. R.. Estudos de Impacto Ambiental. CETESB: Terragraph Artes e Informática. São Paulo, 1994.

VARGAS, M. Introdução à mecânica dos solos. São Paulo: Edusp, 1977.

7.2 BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. Classificação de resíduos sólidos, Rio de Janeiro 2004.

AVELAR, A. S., 2002. Curso de Capacitação técnica e gerencial de órgãos ambientais. Convênio FEEMA/SEMADS-COPPETEC-UFRJ, Pirai, RJ; In: <www.feema.rj.gov.br>. Acesso em 14/11/2008.

BIDONE, F. R. A.; COTRIM, S. L. S.; BALLESTRIN, R.A. C. Monitoramento do lixiviado/percolado do Aterro Sanitário de Extrema, no bairro Lami. Porto Alegre/ In: II Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Porto Alegre, RS; 1998. P. 365-368.

GARCIA, R. L. ; TUCCI, C.E.M. 2000. Simulação da qualidade da água em rios em regime não-permanente: rio dos Sinos. In: **Recursos Hídricos**: Lisboa Vol. 21 n.2 (2000). Disponível em: <http://www.rhama.net/download/artigos/artigo26.pdf>>. Acesso em: 20 de junho de 2007.

GOVERNO DE MATO GROSSO. Assembléia Legislativa do Estado de Mato Grosso. Associação Matogrossense dos Municípios. SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Mato Grosso. Fórum Regional de Desenvolvimento Sustentável. Cidade Pólo-Alta Floresta. Cuiabá (MT), Março de 2002.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, PNSB 50, Limpeza Urbana e Coleta do Lixo. Rio de Janeiro,RJ, Brasil, www.ibge.gov.br/, 2002.

KIEHL, E.J. Manual de edafologia. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264p.

LEITE, W.C.A. Estudo do comportamento da temperatura, pH e teor de umidade na decomposição de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários. São Carlos; 1991. [Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre em Hidráulica e Saneamento].

LEITE, L. E. H. B, MAHLER, C. F., FILHO, L.. F. B., Avaliação do potencial de receitas derivadas do biogás de aterros. 23º Congresso Brasileiro de Eng. Sanitária e Ambiental. 2005. Campo Grande, Brasil.

LIMA, Luís Mário Q. Lixo - Tratamento e Bioremediação. São Paulo. ABES, 1995.

MALAVOLTA E. Manual de química agrícola. São Paulo: Agronômica CERES; 1976.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba: POTAFOS, 1985.

OLIVEIRA, I. B.; Negrão, F.I. & Rocha, T. S. Determinação do índice de qualidade da água subterrânea – IQAS, com base nos dados de poços tubulares do Estado da Bahia: área piloto: Recôncavo e Platô de Irecê. XIII Congresso Brasileiro de águas subterrâneas. 2004; Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. p.307.

SEPLAN (2000). Zoneamento sócio-econômico-ecológico: diagnóstico sócioeconômico- ecológico do estado de mato grosso e assistênciatécnica na formulação da 2ª aproximação. Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do estado de Mato Grosso Parte 2: Sistematização das Informações Temáticas nível compilatório.

SEINFRA, Manual Técnico para Implantação de Aterros Sanitários. Fortaleza, 2001. 145 p.

8. APÊNDICE

Apêndice 1: Resultados dos índices de qualidade de águas subterrâneas – IQNAS

ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS															
Análises	PM 1	Eq. mat. notas (Q%)	Pesos	PM 2	Eq. mat. das notas (Q%)	Pesos	PM 3	Eq. mat. das notas (Q%)	Pesos	PM 4	Eq. mat. das notas (Q%)	Pesos	P.M 5	Eq. mat. das notas (Q%)	Pesos
pH	7,10	87,48	0,05	6,22	67,14	0,05	6,69	77,67	0,05	6,09	64,36	0,05	6,14	65,42	0,05
Cloreto (mg/l)	11,50	83,35	0,26	21,00	72,98	0,26	32,00	66,23	0,26	25,00	70,14	0,26	10,00	85,90	0,26
Sólidos Totais (mg/l)	70,00	81,23	0,22	122,00	78,48	0,22	33,00	82,68	0,22	67,00	81,37	0,22	78,00	80,83	0,22
Dureza (mg/l)	0,40	100,00	0,16	1,60	100,00	0,16	3,10	100,00	0,16	2,90	100,00	0,16	1,30	100,00	0,16
Flúor (mg/l)	0,00	80,00	0,16	0,00	80,00	0,16	0,00	80,00	0,16	0,00	80,00	0,16	0,00	80,00	0,16
Nitrato (mg/l)	0,00	100,00	0,15	1,25	88,32	0,15	0,52	94,96	0,15	2,12	81,00	0,15	1,14	89,29	0,15
IQNAS		87			81			81			80			85	

Apêndice 2: Resultados dos índices de qualidade de águas superficial – córrego a montante do lançamento.

ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAL – CÓRREGO SEM DENOMINAÇÃO À MONTANTE DO LANÇAMENTO								
Altitude (m):		257						
Temperatura do líquido (°C):		24						
OD da amostra (mg/L)		7,2						
Parâmetro	Nomenclatura	Unidade	Resultados da análise de água	Nota qi (0 a 100)	Peso	i^w	qi^w máximo possível (=100^w)	Porcentagem do qi^w máximo possível (%) (nota/(qi máx poss))
Coli termotolerantes	Coli	NMP/100mL	2100	6,2	0,15	0,52	2,00	76,1%
pH	pH		6,93	0,3	0,12	0,72	1,74	98,8%
DBO5	DBO	mg/L	2,00	8,1	0,10	0,55	1,58	97,6%
Nitrogênio total	NT	mgN/L	2,17	3,7	0,10	0,56	1,58	98,2%
Fósforo total	PT	mgP/L	0,06	3,6	0,10	0,56	1,58	98,2%
Difer. temperat.	DifT	°C	0,00	4,0	0,10	0,58	1,58	99,4%
Turbidez	Turb	NTU	8,99	9,2	0,08	0,42	1,45	98,2%
Sólidos totais	ST	mg/L	55,0	5,6	0,08	0,43	1,45	98,8%
OD	OD	% satur	87,7	1,4	0,17	0,15	2,19	98,5%
				IQA =	67			

Apêndice 3: Resultados dos índices de qualidade de águas superficial – córrego a jusante do lançamento.

ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAL – CÓRREGO SEM DENOMINAÇÃO À JUSANTE DO LANÇAMENTO								
Altitude (m):		267						
Temperatura do líquido (°C):		24						
OD da amostra (mg/L)		7,2						
Parâmetro	Nomenclatura	Unidade	Resultados da análise de água	Nota qi (0 a 100)	Peso w	i^w	qi^w máximo possível (=100^w)	Porcentagem do qi^w máximo possível (%) (nota/(qi máx poss))
Coli termotolerantes	Coli	NMP/100mL	2100	16,2	0,15	1,52	2,00	76,1%
pH	pH		6,23	71,1	0,12	1,67	1,74	96,0%
DBO5	DBO	mg/L	2,00	78,1	0,10	11,55	1,58	97,6%
Nitrogênio total	NT	mgN/L	0,00	100,0	0,10	1,58	1,58	100,0%
Fósforo total	PT	mgP/L	0,04	88,5	0,10	0,57	1,58	98,8%
Difer. temperat.	DifT	oC	0,00	94,0	0,10	0,58	1,58	99,4%
Turbidez	Turb	NTU	6,95	83,4	0,08	0,42	1,45	98,6%
Sólidos totais	ST	mg/L	76,0	86,1	0,08	0,43	1,45	98,8%
OD	OD	% satur	87,8	91,5	0,17	0,15	2,19	98,5%
				IQA =	67			