

ANTONIO LEONARDO COSTA

**ESTUDO DE UM CASO DE PASSIVO AMBIENTAL: ATERRO
ENCERRADO NO MUNICÍPIO DE ÁLVARES MACHADO – SP**

PRESIDENTE PRUDENTE / SP

2017

ANTONIO LEONARDO COSTA

**ESTUDO DE UM CASO DE PASSIVO AMBIENTAL: ATERRO
ENCERRADO NO MUNICÍPIO DE ÁLVARES MACHADO – SP**

Trabalho de Graduação apresentado como um dos requisitos parciais para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental da Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Orientador: Prof. Dr. José Tadeu Garcia Tommaselli.

PRESIDENTE PRUDENTE / SP

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

C87e Costa, Antonio Leonardo.
Estudo de um caso de passivo ambiental : aterro encerrado no Município de Álvares Machado – SP / Antonio Leonardo Costa. - Presidente Prudente : [s.n.], 2017
101 f. : il.

Orientador: José Tadeu Garcia Tommaselli
Trabalho de conclusão de Curso (bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
Inclui bibliografia

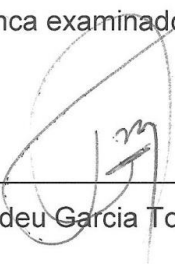
1. Encerramento e manutenção de aterro. 2. Passivo ambiental. 3. Monitoramento ambiental. I. Tommaselli, José Tadeu Garcia. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

TERMO DE APROVAÇÃO

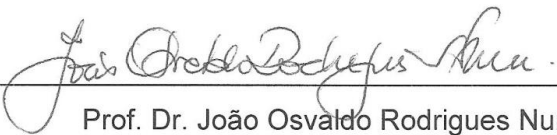
Antonio Leonardo Costa

**"Estudo de um caso de passivo ambiental: aterro encerrado no município de
Álvares Machado - SP"**

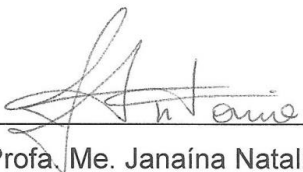
Trabalho de graduação aprovado como um dos requisitos parciais para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Faculdade de Ciências e Tecnologia, *campus* de Presidente Prudente – SP, pela seguinte banca examinadora:



Prof. Dr. José Tadeu Garcia Tommaselli (Orientador)



Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes



Profa. Me. Janaína Natali Antonio

Presidente Prudente, 13 de março de 2017.

Dedico este trabalho a todos os familiares, professores e amigos, que caminharam junto comigo durante esse percurso repleto de conhecimentos e amizades, que diretamente ou indiretamente me apoiaram com conselhos, broncas, paciência e muita compreensão principalmente nos momentos mais difíceis, me mostrando que vale a pena estar do lado de quem realmente se importa conosco.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS pela oportunidade me fornecida para realizar mais essa etapa de minha jornada neste Mundo. Aos meus queridos pais Antonio Clóvis Costa e Laura Cristino Ribeiro Costa, meu adorável avô Pedro Ribeiro, que sempre acreditaram na minha capacidade de ir até o fim, e servindo de pilares fortes de sustentação para superar mais esse desafio, mostrando inúmeras vezes a importância dos estudos, e servindo de exemplo e admiração pela honestidade e caráter, pelo amor e carinho, pelo apoio e força nos mais variados momentos da vida impõe. Eu só tenho que agradece-los eternamente por estarem sempre comigo.

Ao Prof. Dr. José Tadeu Garcia Tommaselli, meu orientador que sempre acreditou na possibilidade na realização deste estudo, dando oportunidade de trabalhar junto a mim, dando várias ideias ótimas para o trabalho. Só tenho a agradecer-lo, meu muito obrigado pela boa vontade, pela paciência, sabedoria e pelo caráter profissional que teve comigo. À Profª Rosane Freire Boina, pela paciência, e sempre boa vontade de me atender, orientando na parte das análises químicas no laboratório. Aos demais professores e funcionários da FCT/Unesp, que foram indispensáveis para minha formação, realizando excelente trabalho para manter a Unesp umas das melhores universidades do Brasil, e sempre buscando desenvolver a evoluir a cada vez mais a excelência do curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental.

Ao meu querido Tio Oronço Fleury Costa, servindo de inspiração (único até então com formação superior na família), mostrando a necessidade e preocupação perante a conservação do meio que sustenta a vida neste planeta, e dando a indicação para eu fazer esse curso, que tanto quis fazer também, mas relutando por causa dos cálculos. Aos meus já falecidos avós Aparecida Ribeiro e José Costa que me direcionaram e iluminaram meu caminho.

Aos amigos sejam das três turmas X, XI e XII da ambiental, que acompanhei durante os momentos de aprendizagem e descontração, bem como a amizade que realizei com a turma XLVI da matemática na qual tive o primeiro contato quando ingressei na Unesp. Em especial ao amigo Renato Onodera e as amigas Nataly Tanno, Gabriela Cenci e Maricielo de Peru, pelos vários momentos de trabalho e estudo.

Muito obrigados a todos por fazerem parte desses momentos maravilhosos, e que irei cultivar durante a vida toda, se DEUS quiser !

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1 – Principais elementos constituintes de um aterro sanitário	28
Figura 2 – Métodos de execução dos aterros sanitários	33
Figura 3 – Balanço hidrológico da formação de chorume	35
Figura 4 – Quantidade de biogás e DQO gerados durante a estabilização da matéria orgânica num aterro de RSU	37
Figura 5 – Formas de manifestação das águas no subsolo	40
Figura 6 – Dinâmica dos metais pesados no solo	46
Figura 7 – Localização da área de estudo no município de Álvares Machado no estado de São Paulo	49
Figura 8 – Distância entre área urbana, atual aterro e o aterro desativado	50
Figura 9 – Série histórica de imagens de satélite do aterro em estudo	54
Figura 10 – Identificação da área diretamente afetada	55
Figura 11 – Identificação da área de influência direta	56
Figura 12 – Identificação da área de influência indireta – UGRHI 21	58
Figura 13 – Climograma de Presidente Prudente (SP): 1969 a 2009	59
Figura 14 – Geologia do extremo oeste paulista, com destaque para o município de Álvares Machado	60
Figura 15 – Mapa geomorfológico da cidade de Álvares machado – SP	62
Figura 16 – Mapa hipsométrico da cidade de Álvares machado – SP	63
Figura 17 – Mapa de declividades da cidade de Álvares machado – SP	64
Figura 18 – Esboço pedológico de Álvares machado – SP	66
Figura 19 – Principais aquíferos do estado de São Paulo	67
Figura 20 – Localização e distância dos poços amostrados até o aterro em estudo	69
Figura 21 - Três perfis altimétricos dos poços levantados na AID	70
Figura 22 – Condutivímetro e pHmêtro utilizados em campo	72

Figura 23 – Exemplo de uma das análises realizadas em campo	72
Figura 24 – Processo de digestão das amostras	75
Figura 25 – Curvas analíticas utilizadas nas análises no EAA	76
Figura 26 – Materiais utilizados durante as sondagens	77
Figura 27 – Localização e disposição dos pontos de sondagem	79
Figura 28 – Acumulação de águas pluviais no interior do aterro	81
Figura 29 – Foco erosivo no interior do aterro, descobrindo resíduos	82
Figura 30 – Vegetações remanescentes do isolamento verde no aterro	83
Figura 31 – Presença de inúmeros resíduos descobertos no aterro	84
Figura 32 - Croqui com a direção do fluxo subterrâneo e profundidade dos poços	85
Figura 33 – Resultados do pH obtidos em campo, comparados aos dados do Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas de SP	87
Figura 34 – Resultados de condutividade elétrica obtidos em campo, comparados aos dados do Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas de SP	88
Figura 35 – Resultados de temperatura obtidos em campo, comparados aos dados do Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas de SP	89
Figura 36 – Resultado significativos dos metais Zn e Pb nas análises realizadas	90
Figura 37 – Primeiras tentativas de sondagem no aterro	91
Figura 38 – Principais resíduos e materiais encontrados na sondagem no ponto PT-01.....	93
Figura 39 – Principais resíduos e materiais encontrados na sondagem no ponto PT-02	95
Figura 40 – Principais resíduos e materiais encontrados na sondagem no ponto PT-03	97
Figura 41 – Principais resíduos e materiais encontrados na sondagem no ponto PT-04	99
Figura 42 – Principais resíduos e materiais encontrados na sondagem no ponto PT-05	101

LISTA DE QUADROS:

Quadro 1 – Síntese dos critérios de classificação dos resíduos sólidos	20
Quadro 2 – Classificação dos resíduos segundo à origem	21
Quadro 3 – Métodos e importância de análises dos RS	24
Quadro 4 – Materiais tóxicos comuns nos RS municipais	25
Quadro 5 – Principais impactos ambientais causados por aterros	31
Quadro 6 – Principais tipos de aterro sanitários, segundo a forma de execução	33
Quadro 7 – Problemas potenciais com lixiviados	41
Quadro 8 – Classificação das substâncias contidas nas águas subterrâneas	43
Quadro 9 – Resultados dos IQR (valas) dos últimos anos do município de Álvares Machado – SP	51
Quadro 10 – Resultados obtidos na investigação de resíduos no ponto PT-01	92
Quadro 11 – Resultados obtidos na investigação de resíduos no ponto PT-02	94
Quadro 12 – Resultados obtidos na investigação de resíduos no ponto PT-03	96
Quadro 13 – Resultados obtidos na investigação de resíduos no ponto PT-04	98
Quadro 14 – Resultados obtidos na investigação de resíduos no ponto PT-05	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos resíduos RS municipais (fundamentalmente domésticos)	23
Tabela 2 – Composição gravimétrica média dos RS gerados no Brasil	24
Tabela 3 – Composição do chorume em aterro de 3 diferentes idades	38
Tabela 4 – Condições analíticas para leitura no EAA	78
Tabela 5 – Profundidade dos poços amostrados	85
Tabela 6 – Resultados obtidos nas análises em campo	86
Tabela 7 – Resultados obtidos na leitura do EAA dos metais analisados	89

LISTA DE SIGLAS:

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública

ADA – Área Diretamente Afetada

AID – Área de Influência Direta

AII – Área de Influência Indireta

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EAA – Espectrofotômetro de Absorção Atômica

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPT – Instituto de Pesquisas tecnológicas

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IQR – Índice de Qualidade de Resíduos

LAAR – Laboratório de Águas, Águas Residuais e de Reuso

PET – Polietileno Tereftalato

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

ND – Não Detectável

PNSB – Plano Nacional de Saneamento Básico

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SMA – Secretária do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

VPM – Valor Máximo Permitido

VRQ – Valor de Referência de Qualidade

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SUMÁRIO:

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	17
2.1 Geral	17
2.2 Específicos	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Resíduos sólidos : definição e classificação	17
3.2 Resíduos sólidos: caracterização	22
3.3 Lixão vs. Aterro sanitário	25
3.4 Chorume: geração e composição	34
3.5 Contaminação dos solos e das águas subterrâneas nos aterros	39
3.6 Monitoramento e encerramento de um aterro de RSU	46
4. LOCALIZAÇÃO, HISTÓRICO E ÁREAS DE INFLUÊNCIA	48
5. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO	58
5.1 Clima	58
5.2 Geologia	59
5.3 Geomorfologia	60
5.4 Hipsometria e declividade	62
5.5 Pedologia	64
5.6 Hidrogeologia	66
6. MATERIAIS E MÉTODOS	68
6.1 Análises físicas e químicas das águas subterrâneas	68
6.1.1 Amostragem e acondicionamento da amostras	68
6.1.2 Análises físicas e químicas realizadas em campo	71
6.1.3 Análise dos níveis de metais pesados nas amostras	73
6.2 Sondagem da condição atual da decomposição no aterro	78
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	80
7.1 Condições gerais sobre a área estudada	80
7.2 Análise física e química da água subterrânea	84
7.3 Sondagem da condição atual de decomposição no aterro	91
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
9. REFERÊNCIAS	105
ANEXO A	110

1. INTRODUÇÃO:

Ao longo da história, a geração de lixo sempre acompanhou a humanidade, visto que sua geração é inevitável, inerente à vida humana. Desde o período dos homens da caverna, no ato mais simples de alimentação, gerava algum resíduo, exclusivamente orgânico. Com advento da atividade agrícola e da produção de ferramentas de trabalho e armas, teve-se início os restos de produção e os próprios objetos inutilizados. Porém esses lixos tinham origem essencialmente natural, gerados em pequenas escalas, não causando impactos significativos ao ambiente (MORELLI; RIBEIRO, 2009).

Historicamente, o lixo tornou-se um problema, quando os homens passaram a não serem mais nômades, tendo a preocupação da eliminação do lixo para locais mais afastados das aglomerações humanas (MORELLI; RIBEIRO, 2009). Atualmente não se mudou muito esse aspecto de dispor o lixo longe dos núcleos urbanos, afastando esse problema para fora do alcance dos olhos dos geradores, criando os chamado lixões.

Os aumentos de habitantes, somados ao elevado consumo de produtos descartáveis, vem se tornando uma das problemáticas socioambientais mais emblemáticas nos últimos anos. Dentre as décadas de 1970 e 1990, a população mundial cresceu 18%, enquanto a geração de lixo cresceu 25%, tais dados alarmou a comunidade internacional, que culminou em pautas na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, promovido pela ONU no Rio de Janeiro, em 1992. No Brasil durante os anos de 1992 a 2000, teve crescimento populacional de 16,4%, já a geração de resíduos sólidos domiciliares ficou em 49%, quase o triplo (MORELLI; RIBEIRO, 2009).

Na maioria dos países, os aterros e os lixões constituem as principais formas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos (RSU), existindo, mesmo que em minoria, nos países desenvolvidos como Alemanha, EUA, Suécia, Bélgica, entre outros, e prevalecendo o uso da incineração gerando energia, além da compostagem e reciclagem (CEMPRE, 2010). Para enfatizar o assunto, a fonte cita (segundo dados de 2006), que Alemanha deposita seus aterros apenas 4 Kg / hab. ano, na Suécia 25 kg / hab. ano, Bélgica 24 Kg / hab. ano, enquanto no Brasil, os aterros e lixões recebem 251 Kg / hab. ano, não existindo quantidade de rejeitos incinerados no Brasil, e tendo somente 33 kg / hab. ano, destinados a compostagem e reciclagem, comparando com o volume compostado e reciclado de 383, 239 e 296 kg / hab. ano, dos países como Alemanha, Bélgica e Suécia respectivamente.

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2008, informa que 50,2% dos brasileiros depositando seus RSU em lixões, 22,5% em aterros controlados e somente 27,7% depositam aterros sanitários. Enquanto a quantidade de RSU coletados no Brasil, alcança um pouco mais de 190 toneladas por dia, com a Região Sudeste produzindo 52,5% desse valor, seguindo da Região Nordeste com 22,2%, Sul com 10,8%, Centro-Oeste com 8,1% e Norte com 6,4%.

Todo esse volume de RSU produzidos no Brasil, que só vem aumento, por exemplo, de 2014 para 2015, teve-se aumento de 1,7% de geração total de RSU, em tonelada por dia, assim como houve aumento no índice de geração per capita, passando de 1,062 para 1,071 Kg / hab. dia (ABRELPE, 2014). Pelos dados apresentados até então, verifica-se que a maior parte dos RSU são dispostos no ambiente, com muitos dos casos, em forma ambientalmente inadequada (lixões e aterros não controlados), gerando grande preocupação devido a interação existente nos sistemas ambientais.

Para tentar reduzir esse montante de resíduos, muitos processos e empresas buscar reutilizar e/ou reciclar. No Brasil, existem cerca de 800 mil catadores, sendo o alumínio o principal produto reciclado, com índice de reciclabilidade em torno de 96,5%, colocando o nosso país em primeiro lugar no ranking de reciclagem de latas de alumínio. Depois do alumínio outros materiais possuem um relativo avanço na reciclagem, como: os frascos plásticos de PET com taxa de reciclagem de 51%, o vidro com 47% e o papel reciclado¹ com taxa de 44,7% (MORELLI; RIBEIRO, 2009).

No Estado de São Paulo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), faz uso do Índice Qualidade dos Resíduos (IQR), avaliando os municípios paulistas em seus gerenciamentos dos resíduos sólidos urbanos. O IQR de 1997 a 2011, enquadra as instalações de disposição final dos resíduos, em inadequada, controlada e adequada. Os municípios inadequados passaram de 77,8% em 1997 para 3,6% em 2011, segundo o Inventário Estadual dos Resíduos Sólidos (Cetesb, 2012). Ou seja, segundo esses dados houve uma adequação da disposição final dos resíduos urbanos, nos últimos 14 anos de implementação do IQR no estado de São Paulo. Apesar do notório avanço paulista nessa temática, a partir de 2012, o IQR sofreu mudanças em sua estrutura, flexibilizando essa avaliação dos municípios, por exemplo, o novo IQR possui apenas duas qualificações finais em vez de três, sendo avaliado agora como adequado ou inadequado.

¹ Para cada tonelada de papel reciclado, poupa o corte de 50 eucaliptos (MORELLI; RIBEIRO, 2009).

Diante dessas informações preocupantes, da quantidade de resíduos gerados, da quantidade de disposições inadequadas que foram muito utilizadas durante décadas, e atualmente ainda existindo a presença de lixões, principalmente na Região Nordeste e Norte (PNSB – IBGE, 2008), mesmo com aplicação da Lei Federal nº 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS, proibindo o lançamento *in natura* e estipulando um ano limite para os municípios se adequarem à Política, é levantado as seguintes indagações: como se encontra as condições atuais e passadas de encerramento dos lixões ou aterros encerrados no país? Há existência de monitoramento e manutenção nessas áreas? Sobre esses questionamentos motivaram a busca de um caso para a realização de um estudo, culminando neste trabalho de conclusão de curso.

Nos tópicos seguintes serão apresentados sequencialmente: os objetivos gerais e específicos deste trabalho; os principais conceitos pertinentes ao assunto; apresentação da área de estudo, com sua localização, um breve histórico e as áreas de influência do aterro na região; caracterização ambiental da área de estudo; a metodologia utilizada para realização da amostragem e análise físico-química da água subterrânea, bem como os procedimentos da tradagem realizada e das condições atuais de uso, pós encerramento do aterro; apresentação e discussão dos resultados obtidos e por fim as considerações finais com as recomendações para trabalhos futuros.

2. OBJETIVOS:

2.1 Geral:

Avaliar a qualidade ambiental da área do aterro controlado encerrado no município de Álvares Machado - SP, bem como investigar possíveis casos de contaminação por metais pesados no aquífero freático.

2.1 Específicos:

O estudo sobre o aterro controlado encerrado será norteado sobre os seguintes objetivos específicos:

- verificar as normas e legislações pertinentes ao encerramento dos aterros;
- realizar a caracterização da área de estudo;
- realizar sondagens de investigação o estado de decomposição e identificação dos resíduos enterrados;
- analisar os níveis dos metais Cu, Ni, Pb e Zn, na água subterrânea de poços em propriedades vizinhas ao aterro encerrado;
- verificar existência de monitoramento e manutenção no aterro encerrado.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

3.1 Resíduos sólidos: definição e classificação:

Inicialmente abordando a etimologia das palavras lixo e resíduo. A primeira palavra possui origem no latim *lix*, que significa cinzas ou lixívia. Já o termo resíduo, também do latim *residuu*, significa o que sobra de determinadas substâncias (MORELLI; RIBEIRO, 2010, p. 19).

Diferenciando os termos lixo, rejeito e resíduo, temos que o termo resíduo, possui denotado a possibilidade de valor econômico, agora lixo e rejeito estão ficam associados diretamente à disposição final, quando inexistente tecnologia para seu aproveitamento, logo sem valor econômico agregado (BARROS, 2012).

De maneira mais específica a Norma Brasileira (NBR) nº 10.004 de 2004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define e caracteriza como resíduo sólido todos os:

[...] resíduos, nos estados sólidos e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos, nessa definição, os lodos provenientes de sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face da melhor tecnologia disponível. (NBR 10.004, ABNT, 2004)

A Lei nº 12.305 de 2010, que institui a PNRS, amplia a definição da NBR citada anteriormente, incorporando também gases, e centrando a preocupação na etapa da destinação final, definindo em seu artigo 3º como:

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (Lei federal nº 12.305, 2010)

A mesma lei da PNRS de 2010 define em seu inciso XV de seu art. 3º, o termo rejeito, como sendo:

Resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (Lei federal nº 12.305, 2010).

Quanto aos riscos potenciais de contaminação que podem ocorrer ao meio ambiente, os resíduos sólidos (RS), segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004), podem ser classificados em duas classes, sendo elas:

- **Resíduos Classe I - perigosos**; aqueles que apresentem, isoladamente ou por mistura, as características de toxicidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, radioatividade e patogenicidade em geral. Ou seja, aqueles resíduos que causam efeitos maléficos ao meio ambiente, bem como riscos à saúde pública, caso sejam manuseados e dispostos inadequadamente.
- **Resíduos Classe II – não perigosos**; esses são sub divididos em:
 - Resíduos classe II A – não inertes; constituem os resíduos que não se enquadram na classe I, apesar de terem características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade.
 - Resíduos classe II B – inertes; constitui os resíduos que não oferecem riscos à saúde e que não acarretam riscos ao meio ambiente, desde que amostrados conforme NBR 10.007 e submetidos a um contato dinâmico e estático com a água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme procedimento da NBR10.006, resultando em nenhuma substancia solubilizada a níveis de concentração superiores aos padrões de potabilidade da água.

Apesar da classificação realizada pela ABNT ser complexa, ela é a mais utilizada, porém vale lembrar a existência de outras classificações, cada uma variando segundo o tipo de enfoque, algumas conflitantes, mas a maioria segue um senso comum, sofrendo poucas diferenças em função dos conceitos (RIBEIRO; MORELLI, 2009). No geral essas classificações criam dificuldades de comparação ou de ordenação entre elas. O Quadro 1, sintetiza alguns exemplos de classificação dos resíduos sólidos, lembrando que um mesmo resíduo poderá pertencer a mais de uma classe.

Quadro 1 - Síntese dos critérios de classificação dos resíduos sólidos.

Crítérios de Classificação	Classes
Quanto à possibilidade de produção de composto:	matéria orgânica; matéria inorgânica.
Quanto à tratabilidade:	biodegradável; descartável; reciclável.
Quanto à economia:	aproveitável; inaproveitável; recuperável; aproveitável para produção de composto.
Quanto ao grau de biodegradabilidade: (Velocidade / condições de degradação)	facilmente degradável; (matérias orgânicas) moderadamente degradável; (papel, papelão, e derivados) dificilmente degradável; (trapos, couros, borracha, madeira, e derivados) não degradável. (entulho, vidro, metal, plástico)
Quanto ao padrão econômico da fonte de Produção:	alto; médio; baixo.
Quanto à possibilidade de reagir:	inerte (inorgânico); reativo (orgânico).
Quanto à possibilidade de recuperação Energética:	alta; média; sem interesse.
Quanto às características físicas:	secos; molhados.
Quanto ao ponto de vista sanitário:	contaminado (séptico); não contaminado (asséptico).

FONTE: BARROS (2012, p. 49).

Outro modelo de classificação muito utilizado é segundo a fonte geradora, que possui como uns dos objetivos principais, o de conhecer o resíduo para propor um encaminhamento adequado, até sua destinação final viável, seja em termos econômicos, seja em termos

ambientais. O Quadro 2, sintetiza a classificação quanto à origem, como também informa as instituições responsáveis pelo gerenciamento de cada uma das classes apresentadas.

Quadro 2: Classificação dos resíduos segundo à origem:

Classificação	Descrição	Exemplo de resíduos	Responsável pelo gerenciamento
Domiciliar	Originado na vida diária das residências.	Restos de alimentos, jornais, papel higiênico, fraldas descartáveis, etc.	Prefeitura.
Comercial	Originado nos diversos setores comerciais e de serviços.	Grande quantidade de papel, plásticos, embalagens, dentre outros, etc.	Prefeitura, desde que gerado quantidades pequenas.
Público	Originado nas limpezas das áreas verdes, ruas, córregos, galerias, praias, feiras livres.	Podas de árvores, varrição, corpos de animais, plásticos, embalagens, etc.	Prefeitura.
Serviços de saúde	Seja resíduos sépticos (possui potencial de patogênicos) ou assépticos.	Sépticos: seringas, algodões, luvas, órgãos ou tecidos removidos, etc. Assépticos: restos de alimento, embalagens, etc.	Gerador (hospitais, dentistas, clínicas de tatuagem, etc).
Portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários	Constitui os resíduos sépticos (risco de patogenicidade) e assépticos.	Materiais de higiene, restos de alimentos, os quais podem vincular doenças provenientes de outros locais.	Gerador (portos, aeroportos, rodoviária, etc).
Industrial	Diversos ramos da indústria como metalúrgica, química, alimentícia, etc.	Resíduos bastante variado, dependendo de cada do setor. Geralmente considerado tóxico.	Gerador (indústrias).
Agrícola	Oriundo de diversas atividades agrícolas.	Embalagens de fertilizantes e defensivos agrícolas, restos de colheita, etc.	Gerador (agricultor).

Construção civil	Conhecido por entulho, geralmente material inerte, passível de reaproveitamento, mas o uso de tintas pode conferir toxicidade.	Seja por materiais de demolição, solos de escavações, embalagens, madeira, lata de solvente e de tintas, etc.	Gerador.

FONTE: VILHENA (2010, p. 30) (adaptado).

3.2 Resíduos sólidos – caracterização:

De acordo com BARROS (2012), as principais características dos RSU, aplicadas durante o gerenciamento dos aterros sanitários, são: produção per capita, constitui variável indispensável nos cálculos da dimensão das células de resíduos na disposição final, bem como área e vida útil do aterro; densidade dos RS, necessária para avaliar a vida útil do aterro, bem como ter primeira noção da quantidade de compactação mecânica que deverá ser empregada nas células; poder calorífico, a fim verificar os potenciais riscos de ocorrência de incêndio no aterro e por fim o teor de umidade, que irá influenciar diretamente na geração de lixiviados.

Sobre a composição gravimétrica, a Tabela 1, nos apresenta a proporção dos RS produzidos em função de três faixas de renda: países de baixa renda (renda *per capita* abaixo de U\$360), países de renda média (renda *per capita* entre U\$ 360 e U\$ 3.500) e países industrializados (renda *per capita* superior a U\$ 3.500), numa pesquisa realizada no ano de 2000. Pelos dados apresentados verifica-se, à medida que aumenta a renda dos países, a produção *per capita* dos RS aumenta e a densidade e teor de umidade diminuem. De acordo com BARROS (2012), com o aumento da renda da população, a composição gravimétrica varia, passando para um resíduo mais seco, ficando mais comburente, e com mais presença de embalagens.

Tabela 1: Características dos RS municipais (fundamentalmente domésticos).

Características	Países de Baixa renda	Países de Renda média	Países Industrializados
• Produção per capita (Kg/hab. Dia)	0,4 – 0,6	0,5 – 0,9	0,7 – 1,8
• Densidade (peso seco em Kg/m ³)	250 - 500	170 - 330	100 – 170
• Umidade (% em peso, no ponto de geração)	40 - 80	40 - 60	20 – 30
• Composição (%)			
- papel	1 - 10	15 - 40	15 – 40
- vidros, cerâmicas	1 - 10	1 - 10	4 – 10
- metais	1 - 5	1 - 5	3 - 13
- plásticos	1 - 5	2 - 6	2 – 10
- couro, borracha	1 - 5	-	-
- madeira, osso	1 - 5	-	-
- panos e trapos	1 - 5	2 - 10	2 - 10
- vegetais putrescíveis	40 – 85	20 - 65	20 – 50
- inertes	1 – 40	1 - 30	1 – 20
- particulados	5 - 35	-	10 - 85

FONTE: BARROS (2012, p.66).

Segundo ALCÂNTARA (2010), o Brasil possui a produção *per capita* de RSU abaixo de outros países desenvolvidos. O autor explica que quanto maior o produto interno bruto (PIB) de um país, maior é a quantidade gerada de resíduos sólidos, apresentando maior fração de materiais como plásticos, papel, alumínio, vidro, dentre outros, e menor fração de materiais orgânicos, em razão ao consumo dos alimentos semi-preparados disponíveis no mercado consumidor. A Tabela 2 informa a composição gravimétrica brasileira dos Resíduos sólidos urbanos (RSU), segundo dados de 2007.

Tabela 2 - Composição gravimétrica média dos RS gerados no Brasil.

Materia / amostra	%
Matéria orgânica	64,00
Papelão	5,00
Papel	8,50
Plástico rígido	2,00
Plástico maleável	2,70
Metais	1,50
Vidros	1,50
Outros	17,80
Total	100

FONTE: ALCÂNTARA (2010).

O Quadro 3 abaixo, apresenta os métodos mais utilizados nas análises físicas e químicas dos RS, com destaque em especial na análise de metais pesados, na qual é indicado o método que faz uso do equipamento analítico espectrofotômetro de absorção atômica, sendo uma das metodologias utilizadas nesse trabalho de graduação.

Quadro 3 - Métodos e importância de análises dos RS.

Análise	Método	Utilidade
Umidade	Seco a 100°C + 0,2°C	Determinar a quantidade de água nos sólidos orgânicos.
pH	Potenciômetro	Determina o carácter ácido, básico ou neutro dos RS.
Matéria orgânica	Dicromato de K ou Walkie-Blackie	Determina o aproveitamento dos RS como composto ou outra utilidade.
Metais pesados (Hg, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, dentre outros)	Espectrofotometria de absorção atômica	Em pequenas quantidades são nutrientes; em grandes quantidades são tóxicos.
Cinzas	Calcinação a 600°C	Determina sólidos voláteis e elementos inorgânicos (P, Fe, Ca, MG).

FONTE: OACA² (1992 apud BARROS, 2012, p.54).

² OACA/IDMA. **Manual de tecnologia apropriada para el manejo de residuos sólidos**. (Peru, 1992).

A preocupação dos riscos ambientais sobre um aterro finalizado ou em utilização é o foco deste trabalho, e sobre esse passivo ambiental se faz necessário relatar os possíveis materiais tóxicos que são encontrados entre os RS domésticos. O Quadro 4, informa alguns dos metais analisados neste trabalho, bem como os eventuais efeitos que podem causar à saúde pública.

Quadro 4 - Materiais tóxicos comuns nos RS municipais.

Substância	Fontes	Efeitos na Saúde
Cádmio	Baterias, tintas, pinturas	Carcinogênico, deteriora o rim, podendo causar lesão renal.
Chumbo	Baterias, vernizes, selantes, tinturas de cabelo	Neurotoxina, afeta o sistema nervoso, principalmente nas crianças, causando perda de memória, convulsões e coma dependendo o grau de intoxicação.
Mercúrio	Baterias, tintas, lâmpadas fluorescentes	Ecotoxina, neurotoxina, efeitos reprodutivos.
Cobre	Baterias, pilhas, agrotóxicos, equipamentos eletrônicos	Afeta o sistema nervoso (alterações sensoriais, perceptuais e psicomotoras), insônia, dor de cabeça.
Níquel	Ligas metálicas, resistências elétricas	Dermatoses, dermatites de contato, alergias, alterações tireoideanas e cancerígeno.
Zinco	Pilhas e baterias, galvanização, telhados e usos industriais	Náuseas, insuficiência respiratória, afeta a função imunológica e afeta a fertilidade.

FONTE: TCHOBANOGLIOUS³ (2002, apud BARROS, 2012, p. 56).

3.3 Lixão vs. aterro sanitário:

Antes de abordar as características dos lixões e dos aterros, é importante definir a última etapa do Gerenciamento de RS, na qual constitui a disposição final. A PNRS de 2010, em seu artigo 3º, inciso VIII, define a **disposição final ambientalmente adequada**, como sendo:

³ TCHOBANOGLIOUS, G. **Handbook of solid waste management**. USA: Ed. McGraw-Hill, 2002.

[...] distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (Lei federal nº 12.305, 2010).

Vale sempre citar a diferença entre disposição e destinação dos RS. A PNRS de 2010, em seu artigo 3º, inciso VII, define a **destinação final ambientalmente adequada**, como sendo:

[...] destinação de resíduos que inclui a reutilização, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (Lei federal nº 12.305, 2010).

Segundo VILHENA (2010), o **lixão** compreende a:

[...] forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos municipais, que se caracteriza pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. O mesmo que descarga a céu aberto ou vazadouro. (VILHENA, 2010, p. 243).

No lixão não se tem nenhum sistema de captação e tratamento de lixiviados ou captação e tratamento das emissões gasosas. O terreno onde é implementado, não possui nenhuma cobertura vegetal, os resíduos são depositados sem nenhuma cobertura diária, atraindo diversos vetores de transmissores de doenças, como moscas, roedores, dentre outros, que convivem com os catadores que coletam materiais recicláveis para vender (LIMA, 2011).

Segundo a norma ABNT NBR 8.849/85 (cancelada e que trata da apresentação de projetos de aterros controlados para RS urbanos), o **aterro controlado** é uma:

[...] técnica de disposição final de RSU no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos cobrindo-os com uma camada de terra ou material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho (NBR 8.849, ABNT, 1985).

Esta forma de disposição causa poluição localizada ou difusa, visto que geralmente não dispõe de impermeabilização da base nem de sistemas de coleta e nem tratamento de chorume e dos gases gerados. Tendo casos de deficiência de operação por parte dos municípios, e transformando em lixões (BARROS, 2012).

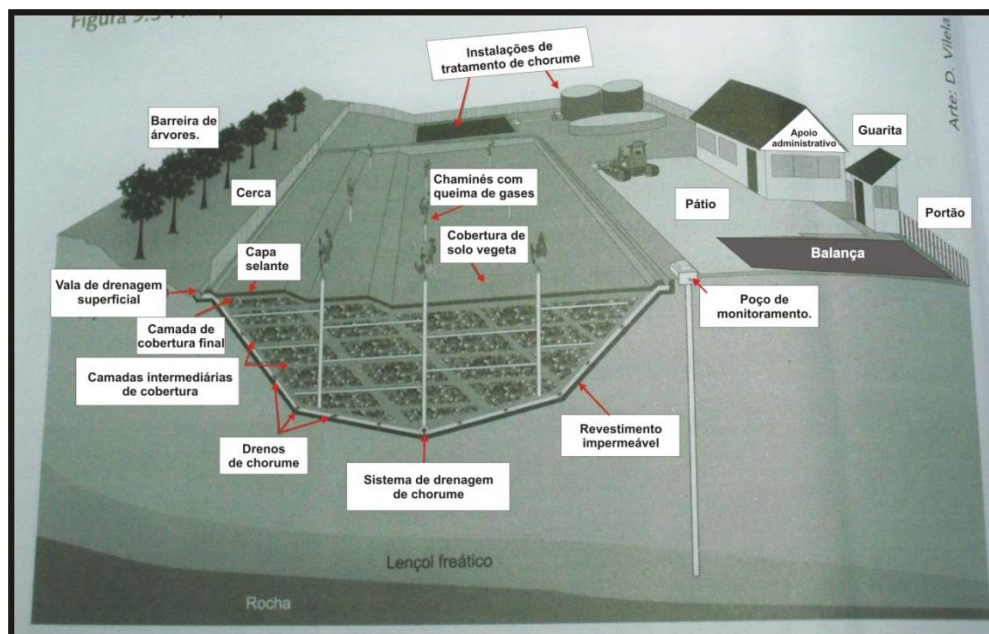
Conforme definição apresentada anteriormente, fica esclarecido que o aterro em estudo, corresponde a um aterro controlado, uma vez que houve recobrimento dos resíduos com um solo de cobertura e não fazendo uso de técnicas de impermeabilização conforme cita o IQR da Cetesb para esse local.

A norma ABNT NBR 8.419/96, fixa as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de **aterros sanitários**, e define com sendo uma:

Técnica de disposição de RSU no solo, sem causar danos à saúde e à sua segurança, minimizando impactos ambientais, métodos este que utiliza princípios de engenharia para confinar os RS 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; sistemas de impermeabilização de base, estruturas de captação e tratamento de lixiviados e biogás, sistemas de drenagem de águas pluviais e instalação de poços de monitoramento do solo, da massa de resíduos e das águas subterrâneas. (NBR 8.419, ABNT, 1996)

Conforme explica BOSCOV (2008), os RSU da classe IIA, deverão ser dispostos em aterros sanitários, os resíduos industriais em aterro industriais, e os resíduos de saúde, destinação especial. Ainda segundo o autor, os aterros de resíduos em geral e sanitários, constituem obras recentes no campo da geotécnica. Os aterros sanitários começaram a ser implementados na década de 70 nos Estados Unidos, e no Brasil, no início da década de 90, com os casos pioneiros na cidade de São Paulo, no subaterro AS-3 e no aterro sanitário Sítio São João. A Figura 1 nos exemplifica as estruturas de um aterro sanitário.

Figura 1: Principais elementos constituintes de um aterro sanitário.



FONTE: BARROS (2012, p. 188)

Segundo BOSCOV (2008, p. 96), o aterro sanitário possui uma particularidade, comparado a demais obras da engenharia: *“a própria obra é o empreendimento”*. Explica que enquanto se constrói uma obra de engenharia (barragem, edifício, dentre outros), somente após término da construção que se tem o uso para determinada função, enquanto nos aterros sanitários, o final de sua obra significa o fim de sua vida útil.

A Resolução CONAMA nº 404 de 2008, estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de **aterros sanitários de pequeno porte**, com disposição diária de até 20 toneladas de RSU, não considerando aqueles que gerem degradação significativa do meio ambiente. Tais aterros podem receber RS domiciliares, de serviço de limpeza urbana e de serviços de saúde do tipo assépticos. No licenciamento dos aterros de pequeno porte são exigidas, segundo o artigo 4º da CONAMA 404, no mínimo, as seguintes condições, critérios e diretrizes:

[...]

- I. vias de acesso ao local com boas condições de tráfego em todo o ano, mesmo no período de chuvas intensas;
- II. respeito às distâncias mínimas estabelecidas na legislação ambiental e normas técnicas;

- III. respeito às distâncias mínimas estabelecidas na legislação ambiental relativas as áreas de preservação permanente, Unidades de Conservação, ecossistemas frágeis e recursos hídricos subterrâneos e superficiais;
- IV. uso de área com características hidrogeológicas, geográficas e geotécnicas adequadas ao uso pretendido, comprovadas por meio de estudos específicos;
- V. uso de áreas que atendam a legislação municipal de uso e ocupação do solo, desde com preferência daquelas antropizadas e com potencial mínimo de incorporação à zona urbana da sede, distritos ou povoados e de baixa valorização imobiliária;
- VI. uso de áreas que garantam a implantação de empreendimentos com vida útil superior a 15 anos;
- VII. impossibilidade de utilização de áreas consideradas de riscos, como as suscetíveis a erosões, salvo a realização de intervenções técnicas capazes de garantir a estabilidade do terreno;
- VIII. impossibilidade de uso de áreas ambientalmente sensíveis e de vulnerabilidade ambiental, como as sujeitas a inundações;
- IX. descrição da população beneficiada e caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos a serem dispostos no aterro;
- X. capacidade operacional proposta para o empreendimento;
- XI. caracterização do local;
- XII. métodos para a prevenção e minimização dos impactos ambientais;
- XIII. plano de operação, acompanhamento e controle;
- XIV. apresentação dos estudos ambientais, incluindo projeto do aterro proposto, acompanhados de anotação de responsabilidade técnica;
- XV. apresentação de programa de educação ambiental participativo, que priorize a não geração de resíduos e estimule a coleta seletiva, baseado nos princípios da redução, reutilização e reciclagem de RSU, a ser executado concomitantemente à implantação do aterro;
- XVI. apresentação de projeto de encerramento, recuperação, monitoramento da área degradada pelo(s) antigo(s) lixo(ões) e proposição de uso futuro previsto da área, com seu respectivo cronograma de execução;
- XVII. plano de encerramento, recuperação, monitoramento e uso futuro previsto para a área do aterro sanitário a ser licenciado;
- XVIII. apresentação de plano de gestão integrada municipal ou regional de RSU ou de saneamento básico, quando existente, ou compromisso de elaboração nos termos da Lei Federal nº 11.445/2007 (que trata do saneamento básico). [...]

Segundo BARROS (2012), a utilização da técnica de aterros sanitários como disposição final de RS, possui as seguintes vantagens:

- Capacidade de absorver grandes quantidades de RS, de diferentes tipos, ou seja, admite grandes flutuações nas quantidades recebidas diariamente;
- Disposição do RS de forma sanitariamente adequada, com drenagem, coleta e tratamento dos líquidos percolados e dos gerados na degradação da matéria orgânica;
- Controle das condições de proliferação de vetores;
- Drenagem das águas pluviais, diminuindo a geração de chorume;
- Possibilidade de recuperação de áreas degradadas e de baixo valor comercial para fins de lazer e de recreação pública;
- Possibilidade de aproveitamento da energia contida nos gases gerados pela decomposição da matéria orgânica;
- Limitação da ação de catadores, podendo fornecer melhores condições a estes (BARROS, 2012, p.175).

Por outro lado, os aterros sanitários também possuem desvantagens, como o não tratamento dos RS, sendo usado simplesmente como forma de armazenamento no solo, requerendo áreas cada vez maiores, desvalorizar terrenos vizinhos. Durante sua vida útil, a operação sofre com os intempéries do clima, exemplo da presença da chuva torrenciais, ficando ao aterro mais susceptível ao risco da contaminação do solo e da água subterrânea. Por conta dessa última desvantagem citada, se considera os aterros sanitários e os controlados, como **passivos ambientais**, e exigido por lei, de monitoramento constante durante seu funcionamento bem como no término (SMA, 2013).

SCHIANETZ (1999, p. 12), define passivo ambiental como sendo: “[...] *deposições antigas e sítios contaminados que produzem riscos para o bem estar da coletividade, segundo a avaliação tecnicamente respaldada das autoridades competentes.*” Os sítios contaminados citados na definição anterior referem-se às áreas industriais fechadas ou abandonadas, tendo como exemplo típico, os postos de combustíveis.

O Quadro 5, informa os principais riscos ambientais que pode ocorrer nos aterros, subdividindo os danos em duráveis ou reversíveis.

Quadro 5: Principais impactos ambientais causados por aterros:

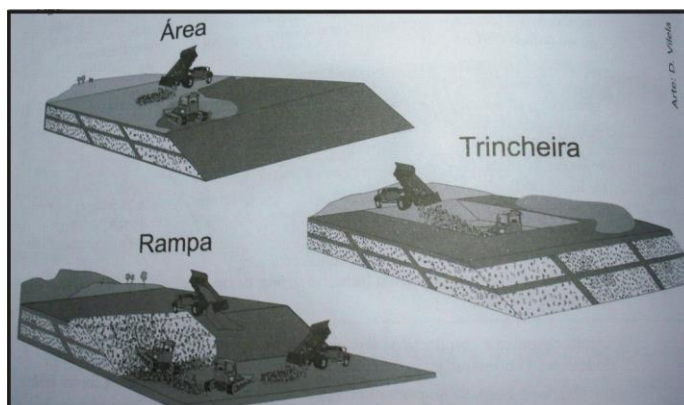
	Riscos	Causas	Tipo de aterro	Evoluções possíveis
DANOS DURÁVEIS	Explosão	Produção de biogás (principalmente metano).	Resíduos fermentáveis na ausência de dispositivo de coleta do biogás.	Riscos ao longo de 30 a 50 anos depois do aterramento.
	Poluição das águas superficiais	Vazamento de chorume na rede hidrográfica devido à falta de dispositivo de coleta.	Quaisquer aterros sem dispositivo adequado ou com instalações antigas	Riscos contínuos até a estabilização orgânica dos resíduos.
	Poluição das águas subterrâneas	Infiltrações das águas no subsolo (por ex.: ruptura da membrana).	Quaisquer aterros sem bom sistema de estanqueidade.	
	Poluição atmosférica	Emissão de Gás. Emissão de fumaça devido às queimas.	Aterro de resíduos domésticos. Lixões e aterros com um queimador de gases	Cessação da produção de biogás e diminuição da carga orgânica a favor da carga mineral.
DANOS REVERSÍVEIS	Contaminação direta	Contatos resíduos com o homem.	Todos os aterros.	Cessa com o fim do aterro.
	Incêndios	Queima dos gases em queimadores.	Todos os aterros.	
	Odores	Fermentação dos resíduos.	Aterro sem cobertura, ou feita gradualmente.	
	Animais	Alimento potencial.	Aterros sem cobertura periódica e sem fechamento correto.	
	Ruído	Atividade do aterro.	Proximidade de habitações.	
	Transporte pelo vento	Falta de cobertura sistêmica dos resíduos estocados.	Aterro de resíduos domésticos.	Cessa se os resíduos forem cobertos.
	Visibilidade do local	Má escolha de implantação.	Aterros em zonas urbanas ou turísticas.	Cessa com a reinserção paisagística.

FONTE: BARROS (2012, p. 176 – 177).

As condições operacionais do aterro devem ser planejadas ainda na fase de projeto, visto que determinarão a manutenção dos aspectos sanitários da instalação, garantindo a mitigação dos impactos ambientais. Segundo SMA (2013), o projeto de um aterro sanitário deverá conter:

- sistema de impermeabilização, isola os rejeitos do solo natural subjacente, minimizando a percolação de lixiviados e biogás;
- sistema de drenagem de lixiviados, conjunto de estruturas de captação e redes de fluxo;
- sistema de tratamento de lixiviados, instalações e estruturas que atenuem as características químicas e biológicas danosas ao ambiente;
- sistema de drenagem de gases, estruturas que possibilita captação e remoção dos biogases gerados na decomposição;
- sistema de tratamento dos gases, estruturas de queima ou convertimento em energia térmica;
- sistema de drenagem de águas pluviais, conjunto de canaletas, revestidas, localizadas em áreas estratégicas para captação e direcionamento do fluxo para fora do terreno do aterro;
- sistema de cobertura (operacional e definitiva), camada de material terroso, aplicada sobre os resíduos compactados, dificultando infiltração das águas pluviais, espalhamento dos resíduos pelo vento, ação de catadores e animais, sustentando a vegetação, bem minimizar a proliferação de vetores (evitar eclosão de ovos de mosquitos);
- sistema de monitoramento, estruturas e procedimentos que possuem objetivo de avaliação sistemática e temporal das atividades do aterro, bem como a influencia nas áreas adjacentes (SMA, 2013, p. 43 – 44).

Por fim abordando os três métodos técnicos de executar um aterro sanitário, temos os aterros em trincheira, aterro em área e o aterro em rampa conforme ilustra a Figura 2, e descrito suas principais características no Quadro 6.

Figura 2: Métodos de execução dos aterros sanitários.

FONTE: BARROS (2012, p. 192).

Quadro 6: Principais tipos de aterros sanitários, segundo a forma de execução.

Tipos	Características	Aplicabilidade
Trincheira	- São escavadas trincheiras com largura entre 6 e 40 m, profundidade entre 2 e 4 m, espaçadas de 1 m; - O material escavado é utilizado nas vias de acesso ou como recobrimento (caso fique temporariamente estocado), ou vai para fora do aterro; - O caminhão de coleta descarrega os RS dentro da trincheira, sendo o lixo espalhado e compactado por trator fazendo rampa de aproximadamente 30 graus.	Áreas levemente inclinadas ou planas, onde o nível alto do corpo freático não seja problema.
Rampa (escavação progressiva)	- A rampa é escavada no próprio solo (2 m acima do corpo freático), o lixo é espalhado e compactado por trator em várias camadas lineares de até 4 m de altura; - Na parte oposta, o material de cobertura é escorado, formando células que vão sendo fechadas ao final de cada jornada de trabalho.	Áreas planas e secas, com boa disponibilidade de material de cobertura.
Área	- O trator espalha e compacta os resíduos na superfície natural do terreno, já preparada; - Um trator cobre no final da jornada de trabalho; - Há necessidade de rebaixamento do corpo freático, de construção de diques, de bombeamento da água existente, de aporte de material de cobertura.	Áreas baixas e úmidas nas quais não se podem adotar trincheiras.

FONTE: BARROS (2012, p. 191).

3.4 Chorume: geração e composição

O lixiviado, percolado ou chorume constituem a parte líquida da massa de resíduos, que percola através destes, carregando materiais dissolvidos ou suspensos, resultando num agente poluidor no solo e nas águas subterrâneas. A sua formação se dá pela digestão da matéria orgânica, pela ação de enzimas produzidas por bactérias decompositoras, conhecidas como mesófilas e termófilas. O primeiro grupo de microrganismo representa aqueles com ação significativa na faixa da temperatura próxima ao ambiente, enquanto o segundo grupo age na faixa de temperaturas mais elevadas, em condições anaeróbicas restritas. Essas bactérias liberam enzimas que solubilizam a matéria orgânica para que a mesma possa ser assimilada pelas células bacterianas (EHRIG⁴, 1992 apud GOMES, 2005).

O chorume constitui num líquido escuro, turvo e malcheiroso proveniente do armazenamento e tratamento dos resíduos constituídos por matéria orgânica. É resultado da umidade presente, da presença significativa de compostos degradáveis e da água externa (águas pluviais, corpos freáticos, por exemplo), compondo um extrato de reações químicas e ação microbiológica no interior do aterro. Em sua composição é característico o alto teor de matéria orgânica e que pode apresentar metais pesados provenientes da decomposição de embalagens metálicas e pilhas (FADINI e FADINI⁵, 2000; SILVA⁶, 2002 apud FRANÇA, 2007).

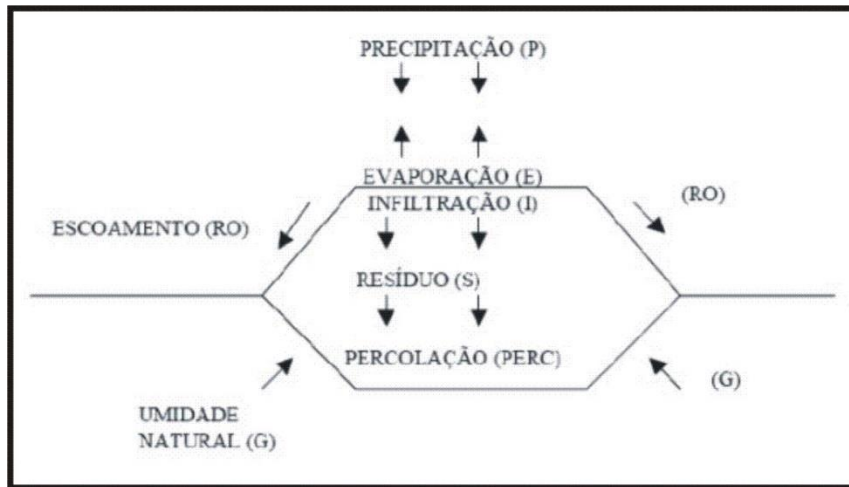
A Figura 3 apresenta um esquema simplificado do processo de formação do líquido percolado.

⁴ EHRIG, H. J., **Cantidad y contenidos de lixiviados de rellenos de desechos domésticos**. Costa Rica, 1992.

⁵ FADINI, P. S.; FADINI, A. B. **Lixo: desafios e compromissos**. Cadernos temáticos de química nova na escola, 2000.

⁶ SILVA, A. C. **Tratamento do percolado de aterro sanitário e avaliação da toxidade do efluente bruto e tratado**. Dissertação de mestrado em engenharia civil – UFRJ, 2002.

Figura 3: Balanço hidrológico da formação do chorume.



FONTE: FRANÇA (2007, p. 46).

O processo de decomposição de RS resume na quebra gradual de compostos de alto peso molecular (carbo-hidratos-proteínas) em compostos de baixo peso molecular. No processo formam-se produtos intermediários como açúcares, ácidos orgânicos, álcoois, e finalizando esse processo de redução e de estabilização, em moléculas menores como gás carbônico, metano e sais inorgânicos (BARROS, 2012).

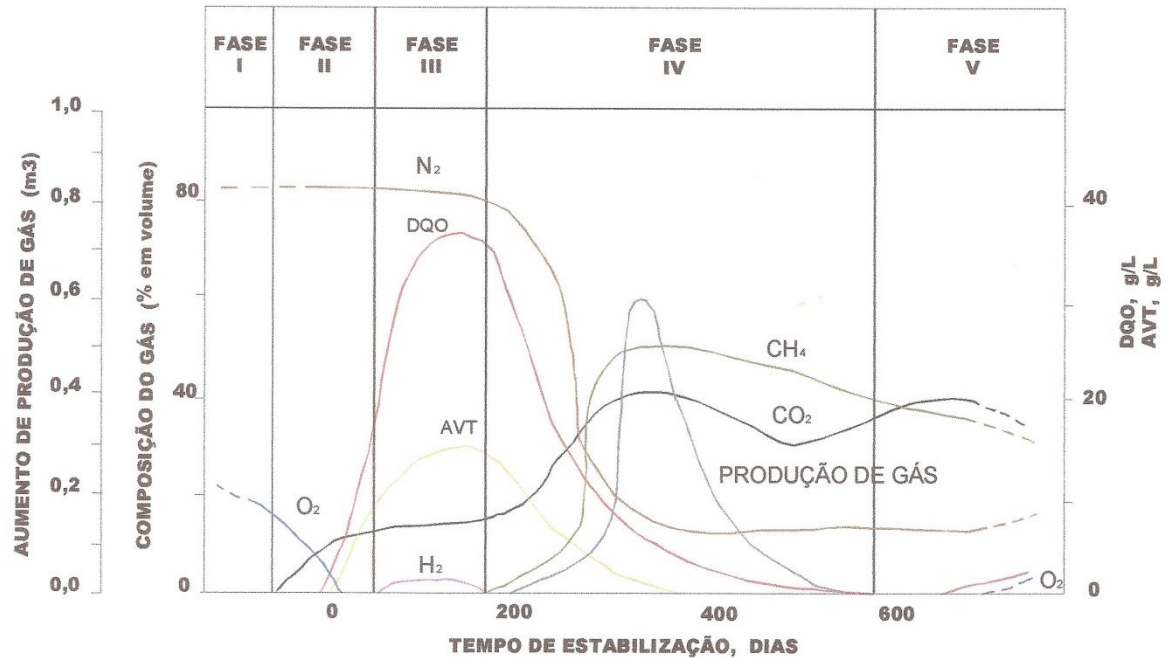
A decomposição dos RSU constitui num processo complexo, que variam ao longo do tempo, e para facilitar o entendimento desses mecanismos de estabilização que ocorre nos aterros, RUSSO (2005) divide esse processo em 5 fases, sendo elas:

- **Fase I – aeróbica:** constitui a etapa de ajuste inicial, etapa em que os componentes mais biodegradáveis passam pela decomposição microbiana e constituindo a fase com duração mais curta. Possui o oxigênio como receptor final de elétrons das reações de oxirredução. Importante ressaltar que os microrganismos que constituem tais processos encontram-se presentes nos resíduos dispostos e/ou no solo de cobertura diária;
- **Fase II – anaeróbica ácida:** constitui a etapa de transição, pois o oxigênio se esgota e começa a se instalar a condição anaeróbica (sem oxigênio). Nos processos, teremos os nitratos (NO_3^-) e os sulfatos (SO_4^{2-}), sendo reduzidos a nitrogênio gasoso (N_2) e sulfeto de hidrogênio (S_2H), este último que atribui odor desagradável característico;

- **Fase III – metanogênica instável:** constitui a etapa ácida, onde as atividades microbianas produzem ácidos orgânicos (*hidrólise* através de enzimas que age sobre os compostos de alto peso molecular – lipídios, polissacarídeos, proteínas e ácidos nucleicos) e posteriormente produzindo gás carbônico e menores quantidades de hidrogênio gasoso (*acidogênese*, onde se converte o ácido fúlvico, ácido acético e outros ácidos orgânicos, nos gases carbônicos e hidrogênio);
- **Fase IV – metanogênica estável:** constitui a fermentação do metano, onde predomina a presença de microrganismo que convertem os ácidos acéticos e hidrogênio gasoso, em gás metano e gás carbônico. Essa condição de decomposição é estritamente anaeróbica.
- **Fase V – maturação:** ocorre depois que a matéria orgânica foi convertida nos gases metanos e carbônico, da fase IV. A água continua a percolar pelos resíduos, ainda carregando material biodegradável, como materiais anteriormente indisponíveis (ácidos orgânicos, por exemplo) que serão (em menor parte) convertidos em metano e gás carbônico, e simultaneamente (a maior parte) solubilizados e levados pelo chorume. Nessa etapa a geração desses gases é a menor de todo o processo.

Cada uma das 5 fases de decomposição relatadas anteriormente, possuem características intrínsecas, seja pela quantidade e composição do biogás, que é gerado pela ação dos microrganismo, ou pela quantidade da demanda química de oxigênio (DQO) necessitada. O gráfico da Figura 4, informa os volumes dos biogases produzidos em m³, durante o processo de estabilização da matéria orgânica (em dias) num aterro de RSU, quantificando também a DQO em g/L, durante esse período.

Figura 4 – Quantidade de biogás e DQO gerados durante a estabilização da matéria orgânica num aterro de RSU.



FONTE: RUSSO (2005).

A composição do chorume varia muito, dependendo da idade do aterro, da composição gravimétrica e dos índices de chuvas na região. A Tabela 3, temos dados apresentados por VILHENA (2010), dos resultados de um estudo, mostrando a composição do chorume de um aterro em três diferentes idade deste. É marcado na tabela os dados dos metais Zinco (Zn), Cobre (Cu) e chumbo (Pb) na tabela, por se tratar dos elementos analisados neste trabalho, a fim de verificar a possibilidade da existência destes, segundo a idade do aterro em estudo, que é no caso, desde sua implementação, aproximadamente 10 anos de idade.

Tabela 3 - Composição do chorume em aterros de 3 diferentes idades.

Parâmetros	Idade do aterro		
	1 ano	5 anos	16 anos
DBO (mg/l)	7.500 – 28.000	4.000	80
DQO (mg/l)	10.000 – 40.000	8.000	400
Ph	5,2 – 6,4	6,3	6,6 - 7,5
Fósforo total (mg/l)	25 – 35	12	8
Condutividade (microhms/cm)	600 – 9.000	-	-
Alcalinidade (CaCO ₃)	800 – 4.000	5.810	2.250
Dureza (CaCO ₃)	3.500 – 5.000	2.200	540
Nitrato (mg/l)	0,2 – 0,8	0,5	1,6
Cálcio (mg/l)	900 – 1.700	308	109
Cloro (mg/l)	600 - 800	1.330	70
Sódio (mg/l)	450 - 500	810	34
Potássio (mg/l)	295 - 310	610	39
Sulfato (mg/l)	400 - 600	2	2
Manganês (mg/l)	75 - 125	0,06	0,06
Magnésio (mg/l)	160 - 250	450	90
Ferro (mg/l)	210 - 325	6,3	0,6
Zinco (mg/l)	10 – 30	0,4	0,1
Cobre (mg/l)	-	< 0,5	< 0,5
Cádmio (mg/l)	-	< 0,05	< 0,05
Chumbo (mg/l)	-	0,5	0,5

FONTE: VILHENA, 2010.

Observa-se que o chorume coletado durante a fase ácida, teve um pH baixo, porém, parâmetros como DBO₅, DQO e metais pesados apresentaram em níveis elevados. Por outro lado, na fase metanogênica, o pH eleva (entre 6,6 e 7,5) e os valores de DBO₅, DQO e metais pesados ficam significativamente menores, informando mais uma vez as variações existentes dos parâmetros físicos e químicos, durante um processo de decomposição da matéria orgânica em aterros de RSU.

Por fim definindo impacto ambiental, de acordo com a Resolução CONAMA nº 01 de 1986, na qual constitui a alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada pelas atividades humanas que, diretamente ou indiretamente afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio e a qualidade dos recursos naturais. E como visto que os RSU possuem potenciais riscos, seja de toxicidade ou patogênico, se faz indispensável identificar e prever o impacto que um aterro pode gerar, monitorando periodicamente a área.

3.5 Contaminações dos solos e das águas subterrâneas nos aterros:

Inicialmente se faz necessário distinguir dois termos fundamentais nesse trabalho, poluição e contaminação, para somente depois abordar a estrutura e propriedades dos solos e aquíferos. Segundo BOSCOV (2008), **poluição** é: *“uma alteração ecológica provocada pelo ser humano, que prejudica, direta ou indiretamente, sua vida ou seu bem estar, trazendo danos aos recursos naturais e impedindo atividades econômicas.”* O autor relata que nem toda alteração ecológica pode ser considerada uma poluição, ela deve necessariamente causar algum dano negativo as condições de vida ao ser humano.

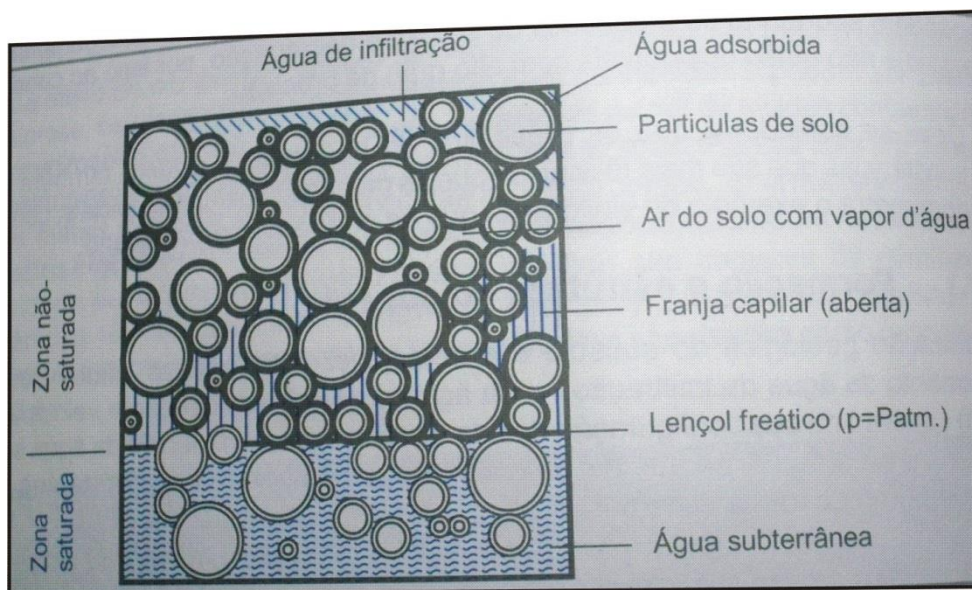
Já a **contaminação**, de acordo com BOSCOV (2008), constitui: *“a presença, em um ambiente, de seres patogênicos ou substâncias em concentração nociva ao ser humano [...]”*. Explica que se a contaminação não resultar numa alteração das relações ecológicas, esta não é uma forma de poluição, exemplificando com um caso hipotético de poluição, que não é uma contaminação, onde ocorrem alterações ecológicas provocando a morte dos peixes de um rio, que recebe grande quantidade de esgoto doméstico, não tendo ação de uma substância tóxica ou patogênica, mas sim, adição de nutrientes em quantidade excessiva ao corpo d'água.

Definindo agora água subterrânea temos que é a:

“[...] água que preenche continuamente os vazios na crosta terrestre e é de terminada em seu movimento exclusivamente ou quase que exclusivamente pela força da gravidade e pelas forças de atrito.” SCHIANETZ (1999, p. 30),

De acordo com SCHIANETZ (1999), as zonas saturadas constituem o reservatório das águas subterrâneas, e sendo denominados de aquíferos. Na superfície do aquífero, temos um local com a característica de apresentar pressão hidrostática igual à pressão atmosférica, constituindo os aquíferos livres. Agora a zona não saturada, não contém água do aquífero, mas sim água de infiltração, como ilustra a Figura 5.

Figura 5 - Formas de manifestação das águas no subsolo.



FONTE: SCHIANETZ (1999, p. 30).

A quantidade de água armazenada numa rocha ou no solo depende, portanto, da porosidade, que ditará o volume de água na qual poderá armazenar a água no subsolo, assim como as variáveis de tamanho, forma e distribuição das partículas, serão cruciais para o estudo da água no subsolo, por exemplo, sedimentos como o cascalho possui diâmetro da partícula maior que 2,0mm, já a areia grossa variando entre 0,2 e 2,0mm e areia fina entre 0,02 e 0,2mm, chegando ao silte e argila constituindo as menores partículas, com pouca capacidade de armazenar água em seus poros, tendo baixa permeabilidade; no caso da argila sendo dotadas de cargas eletrostática, ocorrendo adsorção de certas substância aquosa.

O Quadro 7, informa os principais problemas decorrentes da contaminação da água superficial, e em especial da água subterrânea, por causa da presença de lixiviado nos aterros de RS, e posteriormente será abordado as características e mecanismos principais da movimentação da água no corpo freático, levando consigo a pluma de contaminação.

Quadro 7 - Problemas potenciais com lixiviados.

Parâmetro	Efeito	Problemas associados	
		Águas superficiais	Águas subterrâneas
DBO	Depleção de oxigênio e de cheiro.	Condições sépticas, descoloração, problemas de sabor e de cheiro.	Descoloração, problemas de sabor e cheiro.
Ferro	Manchas de cor de ferrugem.	Descoloração, problemas de sabor e de cheiro, crescimento de limo no fundo do leito.	Manchas em roupas, problemas de sabor e de cheiro.
Redução de pH	Aumenta toxicidade.	Problemas potenciais para uso doméstico, irrigação e dessedentação de animais a jusante.	Idem, das águas superficiais.
Aumento de pH	Precipitação de metais	Deposição no fundo da corrente, toxicidade a longo prazo.	Possível colmatação de aquíferos.
Cálcio e magnésio	Aumenta a dureza.	Interferência com uso de sabões e outros produtos de limpeza.	-
Sólidos totais	Atenuação e aumento	-	Colmatação de aquíferos, possível desorção posterior.
Flúor	Altos níveis de fluoretos	-	Dentes manchados.
Nitrogênio e fósforo	Florescimento de algas	Interferência com uso doméstico e recreacional.	-
Cor	Descoloração	Redução na fotossíntese, depleção de oxigênio, esteticamente desagradável.	Esteticamente desagradável.

FONTE: MATSUFUJI⁷ (1994 apud BARROS, 2012, p. 203).

SCHIANETZ (1999) apresenta e explica os principais parâmetros hidrogeológicos que regem o escoamento da água no solo, sendo eles:

⁷ MATSUFUJI, Y. **Design and Operation of Sanitary Landfill**. Japão: Kita, 1994.

- **Porosidade** – constitui as parcelas de vazios no solo ou rocha, em parte proporcional ao volume total do solo ou rocha. Fator importante que indica a quantidade máxima de água que um solo ou rocha, pode armazenar, quando atingido o estado de saturação;
- **Permeabilidade dos solos** - constitui a condutividade hidráulica de um solo, em dificultar ou não um fluxo de água sob determinadas condições de pressão. Tal fluxo depende do grau elevado do atrito interno, da viscosidade (por sua vez dependendo da temperatura), e da possibilidade de adsorção entre os materiais no sistema.
- **Velocidade do fluxo de água subterrânea** – obtido através de equações, no reordenamento das considerações matemáticas da *Lei de Darcy*, para o transporte de massa. Este valor facilita a determinação da orientação do fluxo subterrâneo, representando teoricamente a velocidade do aquífero;
- **Declividade e direção da água subterrânea** – dado muito importante para estudar a direção do fluxo, e consequentemente a velocidade de escoamento. Para sua obtenção são necessário valores de altitude e distancias entre os pontos interessados. A *linha isopiezométrica* também se faz uso, ela constitui numa linha teórica, onde o aquífero se encontra numa mesma altitude, e como o fluxo segue do ponto mais alto, para o mais baixo, a direção do fluxo subterrâneo sempre será perpendicular às linhas isopiezométricas;

Os comportamentos que as substancias podem apresentar durante seu transporte no solo, são apresentados no Quadro 8, na qual classifica segundo o estado físico - substâncias mescláveis ou não-mescláveis; quanto ao comportamento de deposição e degrabilidade - substâncias persistentes ou degradáveis no solo; e ainda segundo as características hidrodinâmicas – ativas, neutras ou emulsionadas.

Quadro 8 - Classificação das substâncias contidas na água subterrânea.

Estado físico	• Substância dissolvida (mesclável); • Substância em suspensão (mesclável); • Substância emulsionada (não-mescláveis).
Comportamento de deposição e degradação	• Substâncias conservadoras: - substâncias perseverantes, - substâncias persistentes. • Substâncias degradáveis: - substâncias quimicamente neutras degradáveis, - substâncias biodegradáveis.
Características hidrodinâmicas	• Substâncias hidrodinamicamente neutras (mescláveis); • Substâncias hidrodinamicamente ativas; • Substâncias não mescláveis (emulsionadas).

FONTE: SCHIANETZ (1999, p. 42)

De um modo geral, o transporte em meios porosos de um poluente (soluto), se movendo junto com a água subterrânea (solvente), pelos interstícios do meio poroso (solo), tanto na zona saturada como na insaturada, é explicado por BOSCOV (2008) através ação conjunta de 5 mecanismos de transporte, sendo eles:

- **Advecção** – constitui o processo onde o soluto é carregado pela água em movimento, mantendo-se constante a concentração da solução. Solutos não reativos são transportados na mesma velocidade do fluxo da água. A advecção é considerada como um fluxo químico, gerando um gradiente hidráulico ;
- **dispersão mecânica ou hidráulica** – constitui a mistura mecânica que ocorre durante a advecção. É causado devido o movimento do fluido, sendo explicada em escala microscópica, dentro do volume dos vazios, causando uma mistura com efeito similar a turbulência em regimes de águas superficiais;
- **difusão** – constitui o transporte de massa simultâneo à dispersão mecânica e a difusão, resultando em variações na concentração de soluto na fase líquida. A

difusão ocorre mesmo na ausência de qualquer movimento hidráulico na solução, onde os íons ou moléculas se movem em razão da sua energia térmico-cinética na direção da menor para maior concentração;

- **dispersão hidrodinâmica** – constitui o espalhamento no nível microscópico, resultante tanto da dispersão mecânica, como da difusão. A dispersão hidrodinâmica pode ser definida como o fenômeno onde o soluto se espalha para fora do caminho que era esperado que seguisse, de acordo com a hidráulica advectiva do sistema de escoamento;
- **reações químicas** – outro fenômeno a ser considerado, e sendo a mais importante nesse transporte de poluentes nos meios porosos, constitui as reações de adsorção e desadsorção de íons e moléculas na superfície das partículas do solo.

De um modo geral, quanto mais homogêneo for o tamanho e a distribuição dos grãos, maior é a interconexão entre os poros, logo maior a capacidade do aquífero em transmitir água. A relação comum que a literatura faz entre a litologia e a permeabilidade das rochas é: cascalho e arenito com escoamento rápido, arenito silteoso com escoamento moderado, argilito com escoamento lento e o gnaiss considerado impermeável. Tais considerações serão norteadoras para adoção de melhores práticas no caso de impermeabilização dos aterros, a fim de restringir as contaminações nos aquíferos.

Abordando agora mais especificamente a contaminação por metais pesados, primeiramente conceituando a expressão “metal pesado”, que se tornou um termo popular, muito usado para tratar dos elementos causadores de problemas ambientais. Nessa expressão possui englobado tanto os metais, os semimetais e mesmo não metais como o selênio. Os metais compõem todos os elementos químicos com densidade superior a $5,0\text{g/cm}^3$ (MARQUES, 2011).

Os termos “elemento traço” e “metal traço” também devem ser conceituados com cuidado. Muitas vezes considerados como sinônimos, a expressão “traço” na química analítica quantitativa, é tratada como designação de concentrações não detectáveis (ND) de qualquer elemento no uso de alguma técnica instrumental. E dentro da abordagem da concentração, os metais pesados podem ser enquadrados como essenciais ou tóxicos, dependendo do elemento e da dosagem encontrada no organismo. Por exemplo, os metais cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), e zinco (Zn) constituem metais essenciais ao funcionamento fisiológico dos animais, já os metais Cu, Fe, Mn, Ni e Zn essenciais às plantas,

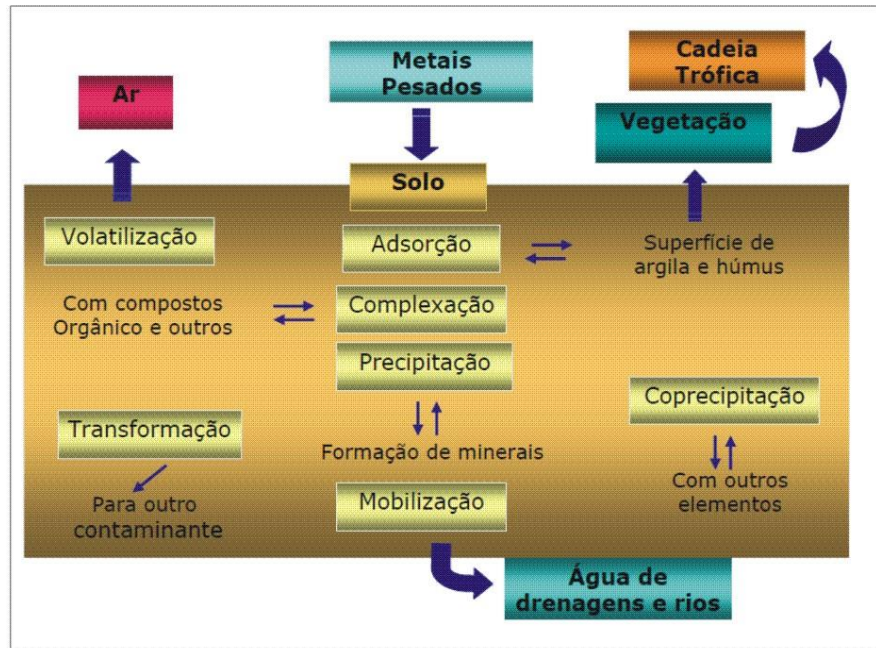
e o cobalto (Co) essencial às bactérias fixadoras de nitrogênio, por exemplo. Agora os metais cádmio (Cd), chumbo (Pb) e o mercúrio (Hg), não possuem nenhuma função fisiológica conhecida (MARQUES, 2011).

A contaminação de solos ou de águas subterrâneas por metais pesados, ocorre devido a concentração passar dos limites máximos permitidos (VMP), definidos na legislação brasileira, seja relacionada a potabilidade da água pela Portaria nº 2.914 de 2011, do Ministério da Saúde, seja pelos valores orientadores de qualidade ambiental desses recursos naturais, como trás a CONAMA nº420 de 2009, que lista os valores orientadores para qualidade dos solos e águas subterrâneas visando o gerenciamento de áreas contaminadas, ou a CONAMA nº396 de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes de enquadramento das águas subterrâneas, definindo seis classes de usos.

Os metais pesados não sofrem degradação, visto que são poluentes elementares, logo não sendo transportados permaneceram no solo, acumulando indefinidamente. Sua concentração acumulada pode não causar impacto, pois dependerá da forma de ocorrência e a mobilidade dos íons. As formas que transmitem risco ambiental são: solúveis (íons livres), trocáveis (retidos em sítios carregados negativamente em argilas e matéria orgânica, por exemplo). Enquanto as formas de metais adsorvidos, retidos em material orgânico insolúvel, oclusos em óxidos de ferro, alumínio ou manganês e precipitados, são considerados de menor potencial de geração de impacto ambiental.

A poluição nos solos por metais pesados encontra-se intrínseco as interações líquido-sólido. Compreende interações complexas, como ilustra a Figura 6. Essas interações envolvem processos de adsorção/dessorção, precipitação/dissolução, complexação e oxirredução, influenciados pelo pH do meio, teor de matéria orgânica e pelo potencial redox. O pH constitui o fator mais relevante, deslocando toda a dinâmica química. Em pH ácido permite a mobilidade de cátions (íons de carga positiva) e adsorção de ânions (íons de carga negativa), enquanto no pH básico inverte a situação. Por exemplo, a disponibilidade de Pb, Ni e Cu (cátions) no solo decresce com aumento do pH de 4 para 6 (CHAVES, 2008).

Figura 6 - Dinâmica dos metais pesados no subsolo.



FONTE: CHAVES (2008, p. 22).

3.6 Monitoramento e encerramento de um aterro de RSU:

Terminada a vida útil do aterro, deverá ser implementado o *plano de encerramento*, na qual deve contemplar a manutenção do aterro (reparo do nível de cobertura nas acomodações dos resíduos, desassoreamento das curvas de nível, isolamento da área, sinalização informando sobre o local, por exemplo), preparando para uma possível utilização futura, como: área de lazer, zonas de preservação, parques, estacionamentos, estruturas leves, estação de compostagem, estação de transbordo de RS, dentre outras possibilidades (VILHENA, 2010).

Dentre as atividades de encerramento do aterro, deve ser complementada a camada de cobertura, solo compactado com mínimo de 60 cm de espessura, a fim de evitar surgimento de vetores de doenças, fixação de vegetação com raízes rasas e minimizar a percolação de gases e águas pluviais (BARROS, 2012).

Dentro do plano de encerramento, temos o *programa de monitoramento*, com objetivo de acompanhar o comportamento geomecânico e desempenho do aterro, permitindo a identificação, em tempo hábil, de alterações no padrão de qualidade ambiental. O monitoramento é composto por observações de campo, com uso de instrumentos específicos de medição; amostragem para realização análises físico-químicas e microbiológicas de amostras de águas superficiais, subterrâneas, solos e de lixiviados (BARROS, 2012).

De acordo com BARROS (2012), existem três tipos de monitoramento, sendo eles:

- **monitoramento ambiental** - avalia a qualidade nos recursos naturais mais vulneráveis (qualidade do solo e das águas subterrâneas e superficiais), ao longo do tempo (muitas das vezes mais de 50 anos), bem como a efetividade das ações de controle adotadas (sistema de coleta e tratamento dos gases e do chorume). Se algum parâmetro estiver em desconformidade com a legislação, um laudo técnico deverá indicar sua causa e as ações adotadas para a solução. Os principais parâmetros do monitoramento ambiental são:
 - condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$);
 - cloretos (mg/L);
 - DBO e DQO (mg/L);
 - *E. Coli* (NMP);
 - Fósforo total (mg/L);
 - Ni, Pb, Cd, Cu, Cr, Zn;
 - Nitratos (mg/L);
 - Nitrogênio amoniacal total (mg/L);
 - Sólidos sedimentáveis (ml/L);

- **monitoramento geotécnico** - averigua os riscos de movimentação da estrutura do aterro. Os principais parâmetros desse monitoramento são:
 - *medidas de porosidade* nos taludes adjacentes e dentro das células de resíduos. Também se faz uso dos piezômetros para analisar o nível de líquidos e dos gases;
 - *medidas de recalques superficiais*, são instalados réguas verticais, para averiguar subsidência dos maciços de resíduos;
 - *medidas de permeabilidade* dos diversos componentes do aterro (camada da base e laterais da célula de resíduo, diques e camadas de cobertura), através do permeâmetro e furos de sondagens;
 - *medidas de movimentações internas*, onde se determina as inclinações laterais nos diques de contenção das células, fazendo uso do inclinômetro;
 - *controle tecnológico dos materiais geotécnicos utilizados*, constitui ensaios de laboratório para caracterizar a compactação,

permeabilidade, adensamento, cisalhamento direto e compressão triaxial;

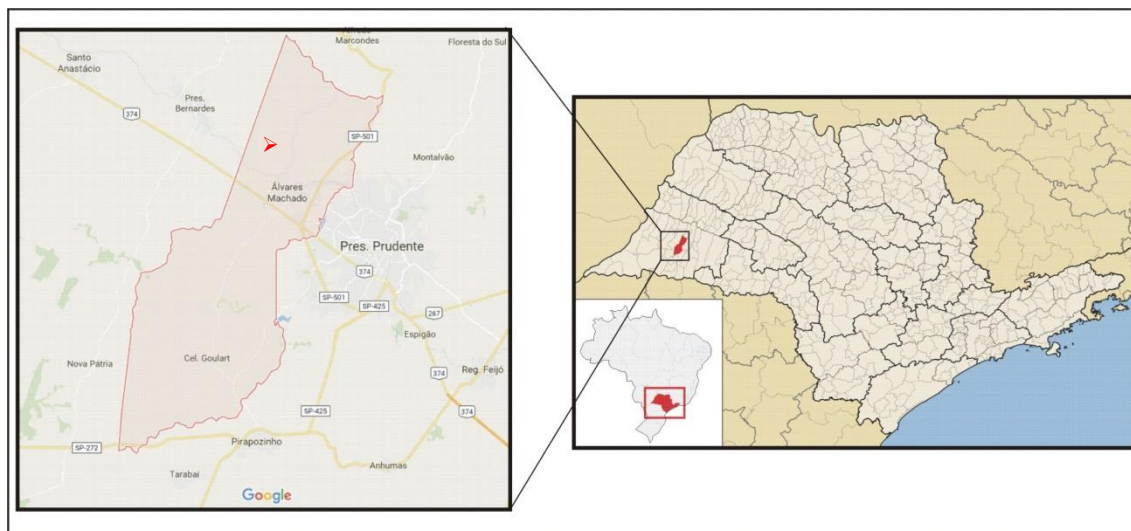
- *inspeções de campo*, realizadas periodicamente para averiguar as condições dos sistemas de drenagem de águas pluviais, a ocorrência de trincas nos taludes e no controle de processos erosivos.
- **monitoramento de operação** - realizado nos aterros em pleno funcionamento, objetivando garantir atendimento às condições legais e de segurança. As principais medidas adotadas são:
 - *controle da densidade dos RS aterrados*, na qual avalia a estabilidade e a vida útil do aterro, através de registro semanal da pesagem dos veículos, características da compactação realizada e inclinação das rampas de resíduos;
 - *controle da inclinação*, onde os maquinários devem operar no sentido ascendente, sempre nos limites delimitados pela equipe de topografia.

Caso os monitoramentos evidenciar focos de contaminação nos solos e/ou nas águas subterrâneas, se faz necessário recuperar o local. A remediação pode ser uma das tecnologias a se adotar, seja com a limpeza total (*clean up*) da área, ou agindo na diminuição do impacto ambiental gerado (BOSCOV, 2008). Outros exemplos de tecnologias aplicadas à recuperação de uma área degradada são as técnicas geotécnicas e de recuperação ecológica.

4. LOCALIZAÇÃO, HISTÓRICO E ÁREAS DE INFLUÊNCIA:

O aterro controlado encerrado em estudo, encontra-se localizado no município de Álvares Machado, sudoeste do estado de São Paulo, fazendo divisa com os municípios de Presidente Bernardes, Pirapozinho, Presidente Prudente, e Alfredo Marcondes, conforme ilustra a Figura 7. Álvares Machado encontra-se na região do Pontal do Paranapanema, nas coordenadas geográficas de latitude -22° 04' 46''S e longitude 51° 28' 19''W.

Figura 7: Localização da área de estudo no município de Álvares Machado no estado de São Paulo.



FONTE: Wikipédia.org e Google Maps.

Segundo dados do IBGE (2010), o município de Álvares Machado possui 23.513 habitantes residentes (90% vivem na área urbana e cerca de 10% na área rural), distribuídos numa área de 347,646 Km², gerando uma densidade demográfica de 67,69 hab/Km². Para o ano de 2016 a população foi estimada em 24.733 habitantes, conforme projeção do IBGE. O município possui o índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM de 2010) de 0,758, tendo como principal atividade econômica, a pecuária (gado de corte, como leiteiro), seguido do comércio e industrial.

De acordo com informações no site oficial da Prefeitura de Álvares Machado, esta é composta por 10 departamentos, sendo o de Agricultura, Abastecimento e Meio Ambiente, o órgão municipal responsável pelo gerenciamento dos RS. Cabe este departamento administrar e coordenar os serviços básicos de saneamento, logo tendo a obrigação de promover a manutenção e controle do aterro sanitário da cidade.

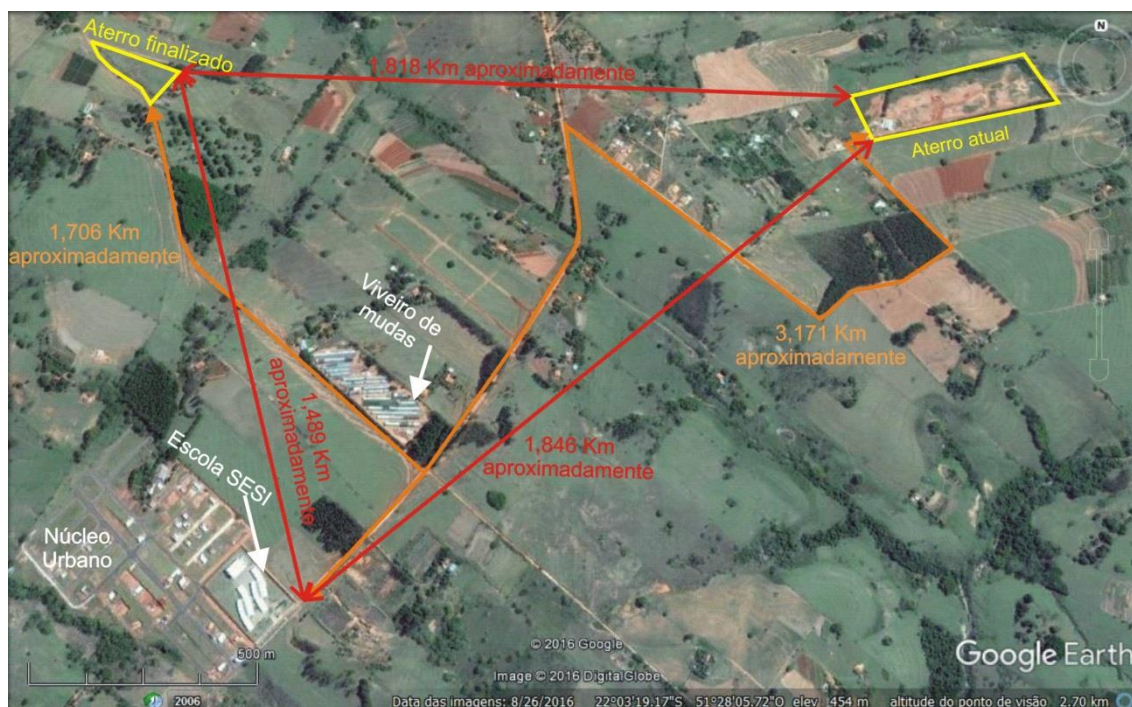
Foi procurado o responsável do departamento da Agricultura, Abastecimento e Meio Ambiente, onde não foi encontrado o secretário, tendo conversado com um engenheiro agrônomo, na qual informou que o aterro controlado encerrado não possui um Plano de Encerramento, não disponibilizando mais informações e dados sobre a área, impossibilitando assim a realização de um histórico mais detalhado da área em estudo.

Segundo o índice de qualidade de aterros de resíduos (IQR - valas) de 2015, atualmente o aterro da cidade encontra-se no bairro Reservado, na zona rural, nas coordenadas em UTM (SAD 69) de latitude 7.561.669(m)N, e longitude 452.408(m)E. Este aterro está em

atividade por oito anos, tendo início no ano de 2009, e com licença de operação válida até janeiro de 2017. Anteriormente a este aterro, foi utilizada outra área, localizada no mesmo bairro (Bairro Reservado), com aproximadamente 1,818Km de distancia entre eles.

A Figura 8, informa as distâncias entre o aterro controlado atual e o aterro controlado encerrado (em amarelo), e suas distâncias até o núcleo urbano mais próximo (ponto que finaliza o asfalto e inicia-se a estrada rural), segundo as linhas vermelhas. Agora em alaranjado, a ilustração informa o trajeto e distância, da estrada rural do final da cidade até os respectivos aterro.

Figura 8: Distâncias entre área urbana, atual aterro e o aterro desativado.



FONTE: Imagem do Google Earth (2016, modificada).

De acordo com dados referentes ao IQR publicados no sítio da Internet da Cetesb, o último aterro em vala com IQR informado, foi em 2003, localizado no bairro Ouro Verde. Após seu encerramento, o município passou a realizar a disposição dos RSU provisoriamente, por um curto período de tempo (2 anos), não se sabe se pagando ou não aluguel (secretaria responsável não informou informações), e obtendo uma péssima avaliação do IQR nesse período. Em 2006, teve aquisição de uma nova área (área do aterro controlado encerrado em estudo), utilizando este terreno como aterro controlado em valas até o começo de 2009, ou seja, o aterro em estudo, teve vida útil de aproximadamente 3 anos, nem a metade da duração do atual aterro do município.

O Quadro 9, informa os IQR realizados pela Cetesb nos últimos 13 anos no município de Álvares Machado, lembrando que a partir de 2012, a avaliação desse índice passou por reformulação. Observa-se destacado em vermelho, o resultado da avaliação na época em que o aterro controlado encontrava-se em pleno funcionamento, com IQR enquadrado como condições adequadas, ou seja, segundo esse método de avaliação, teve uma boa condição de infraestrutura, condições operacionais e características adequadas a legislação e normas.

Quadro 9 - Resultados dos IQR (Valas) dos últimos anos do município de Álvares Machado – SP.

Ano	IQR	Avaliação	Local do aterro	Observações
2003	7,0	Condições controladas	Bairro Ouro Verde	Vida útil suficiente – volume escavado suficiente para 2 semanas ou mais, com dimensões de: 3m de largura, 3m de profundidade e comprimento das valas variável.
2004	3,3	Condições inadequadas	Sítio São José	Vida útil suficiente – volume escavado suficiente para 2 semanas ou mais, com dimensões de: 3m de largura, 3m de profundidade e comprimento das valas variável.
2005	3,7	Condições inadequadas	Sítio São José	-
2006	9,2	Condições adequadas	Bairro Reservado	-
2007	9,0	Condições adequadas	Bairro Reservado	-
2008	8,9	Condições adequadas	Bairro Reservado	-
2009	8,8	Condições adequadas	Bairro Reservado	-
2010	7,6	Condições controladas	Bairro Reservado	-
2011	8,3	Condições adequadas	Bairro Reservado	-
2012	8,5	Condições adequadas	Bairro Reservado	Licença de Operação válida até o dia 6 de janeiro de 2017.
2013	9,0	Condições adequadas	Bairro Reservado	-

2014	7,5	Condições adequadas	Bairro	-
			Reservado	
2015	7,5	Condições adequadas	Bairro	-
			Reservado	

FONTE: Série histórica do IQR, Cetesb.

Na sequência segue uma breve análise dos resultados do IQR no período de 2006 a 2009, quando o aterro controlado em estudo encontrava-se em uso, verificando quanto aos seguintes itens:

- **Características do Local** - nos três anos se obteve a mesma pontuação (37 de 40), obtendo: adequada capacidade de suporte do solo; distância maior que 500m de núcleos habitacionais; distância maior que 200m de corpos de água superficiais; profundidade maior que 3m do corpo freático; disponibilidade suficiente de material de recobrimento; boa qualidade do material de recobrimento; bom isolamento visual da vizinhança; boas condições das estradas de acesso; quanto a legalidade de localização, local permitido; tendo somente pontuação mediana no item de permeabilidade do solo.
- **Infraestrutura** – nos três anos se obteve pontuação máxima (25) neste item, como cerca adequada no terreno; vida útil suficiente das valas, dimensões adequadas das valas, drenagem de águas pluviais tanto definitiva como provisória, suficientes e bom acesso à frente de trabalho, atende a estipulação de projeto.
- **Condições operacionais** – sendo o máximo 35 pontos, obteve 30 pontos em 2006, 28 pontos em 2007 e 27 pontos em 2008. Dentre os principais problemas que ocorreram nesses três anos transcrevo:
 - recobrimento inadequado dos resíduos;
 - presença de catadores (recorrente a existência de resíduos descobertos);
 - funcionamento regular ou inexistente da drenagem pluvial definitiva como a provisória.

O início da utilização da área do aterro controlado ocorreu-se na parte mais larga do terreno triangular, onde se encontrava o portão principal de acesso, e avançado com as valas para a parte mais estreita do terreno, segundo informação dos vizinhos ao aterro. Segundo

IQR de 2006, foram construídas valas com as seguintes proporções: 3m de largura, 3m de profundidade e comprimento variável, dependendo do espaço disponível. Não foi construída nenhuma infraestrutura como barracões para maquinários, guarita no portão, nem balança de caminhão, uma vez que nem se compensa tais construções devido ao curto tempo de vida que esse aterro teve. Ao entorno de todo terreno foi implementado uma barreira vegetais a fim de isolar visualmente, além de servir como barreira para os resíduos leves, facilmente levados pelo vento.

A fim de verificar a evolução do terreno após seu encerramento, bem como identificar sinais de manutenção no aterro e o uso do solo nas áreas vizinhas, foi levantado uma série histórica de imagens de satélite, na qual podem ser observadas na Figura 9. Através do programa Google Earth foram disponibilizadas seis imagens, dos seguintes anos:

- **2006** - com aterro em pleno funcionamento, onde se nota a presença de muitos resíduos não aterrados e distribuídos numa ampla área do aterro;
- **2010** - aterro já finalizado, com vegetação aparentemente se adaptando ao local (coloração esbranquiçada), presença de vegetação de grande porte (presença da barreira vegetal) e presença de uma segunda entrada num ponto com solo exposto próximo a ponta triangular do terreno, indicando existência de movimentação de veículos no terreno;
- **2012** - ainda se verifica solo exposto no ponto descrito anteriormente, quanto a vegetação, com melhor aparência, seja pelo maior porte da barreira vegetal ou pela coloração mais esverdeada;
- **2014** - mudança nas características da vegetação do interior do aterro, presença de áreas esbranquiçadas próximas a área mais estreita do terreno triangular, transparecendo a existência de algum tipo de estresse, e presença da barreira vegetal nas laterais, próximo as estradas;
- **2015** - ainda se verifica a presença dominante da vegetação rasteira, com alguns conglomerados de outras espécies no interior do terreno, não se encontra mais a vegetação de maior porte presente numa das estradas laterais, ficando somente dois indivíduos, que propiciam sombras consideráveis;
- **2016** – por fim a vegetação do aterro com mesmo padrão de coloração das áreas ao redor, diferentemente dos anos 2012, 2014 e 2015 principalmente, e quase que inexistência da barreira vegetal ao entorno do aterro encerrado.

Figura 9 - Série histórica de imagens de satélite do aterro em estudo.



FONTE: FONTE: Google Earth (série histórica).

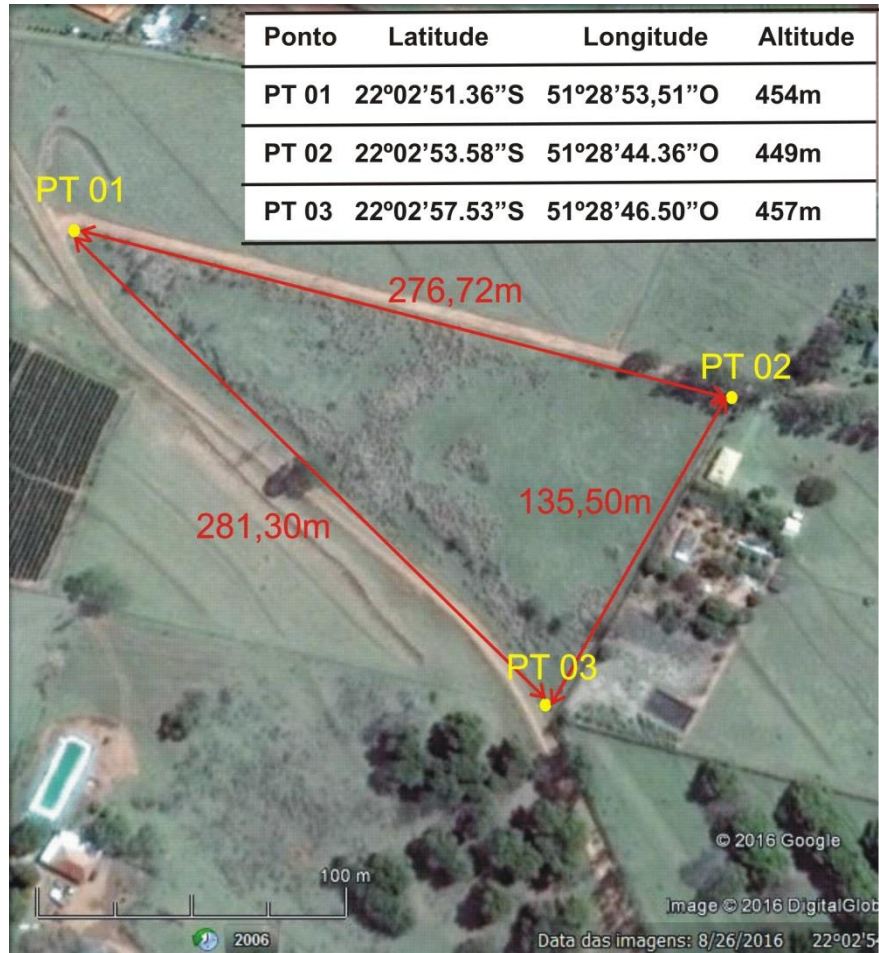
Por fim, foi delimitado três áreas de influência do empreendimento finalizado e caracterizado como potencial gerador de impactos ambientais, identificando as seguintes delimitações:

a) Área Diretamente Afetada (ADA):

A área diretamente afetada considerada foi o próprio terreno na qual se encontra o aterro controlado encerrado, no terreno triangular delimitado pelos vértices de coordenadas e altitudes informadas junto a Figura 10, além de informar as distâncias das laterais do terreno.

Nessa área é fortemente caracterizada pelos depósitos tecnogênicos do período antropoceno, ou seja, solos não naturais, modificados seus horizontes e características pela ação do homem.

Figura 10 - Identificação da área diretamente afetada.



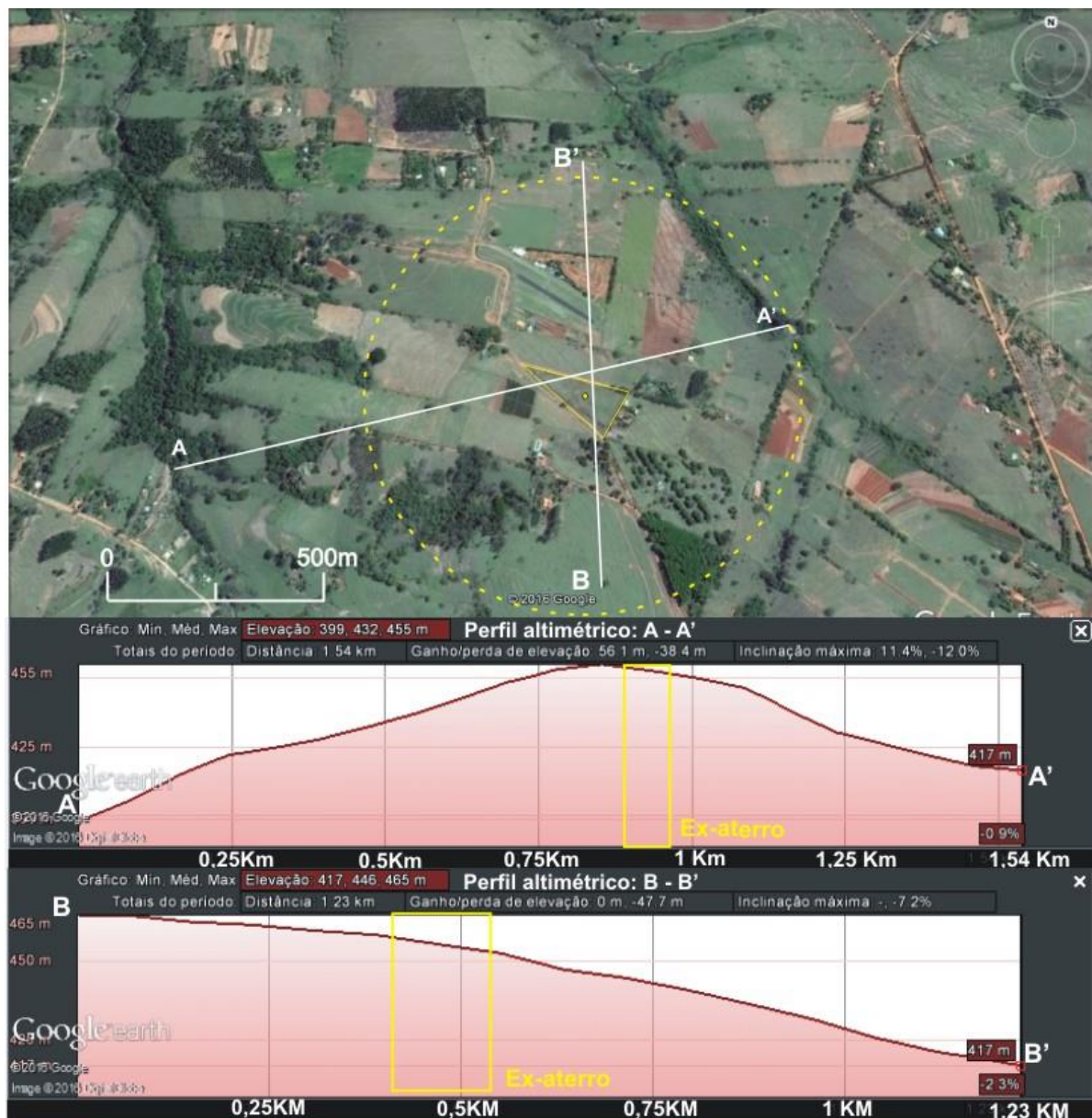
FONTE: Imagem do Google Earth (2016, modificada).

b) Área de Influência Direta (AID):

Para essa área, foi definida uma circunferência de raio de 500 m, centrada no interior terreno do aterro, conforme ilustra a Figura 11. Nela se caracteriza a presença de pequenas propriedades rurais, muitas delas chácaras, encontrando também três áreas de plantações (uma bem próxima a montante do aterro), uma área de lazer a norte e a presença de um curso d'água a nordeste, bem próximo do extremo da AID, além da presença de "ilhas" de vegetações à sul da AID, identificadas a campo, que não constituirão vegetação nativa (cultura de seringueiras abandonadas e outra antiga área de pesque e pague).

Ainda na Figura 11, temos a informação altimétrica, segundo dois perfis altimétricos construídos através do programa do Google Earth. Pelo segmento AA' verifica-se o perfil de uma colina localizada entre os dois fundos de vales que rodeiam o aterro controlado encerrado. Agora pelo segmento BB' temos um perfil próximo à direção norte-sul, ilustrando a outra tendência do relevo, tendo no ponto B a maior altitude. Ambos os perfis perpassam no terreno do aterro encerrado, conforme a demarcação nos quadrados amarelos presentes nos perfis.

Figura 11 - Identificação da área de influência direta.



FONTE: Imagem do Google Earth, 2016.

Na paisagem da AID é notável a intervenção antrópica, com predomínio de pastagem, e alguns pontos de vegetação esparsos, com exceção de uma área maior de vegetação e presença de solos expostos. Dentro dessa área foram levantados os poços de extração de água subterrânea com maior proximidade ao aterro, para realização da amostragem deste trabalho.

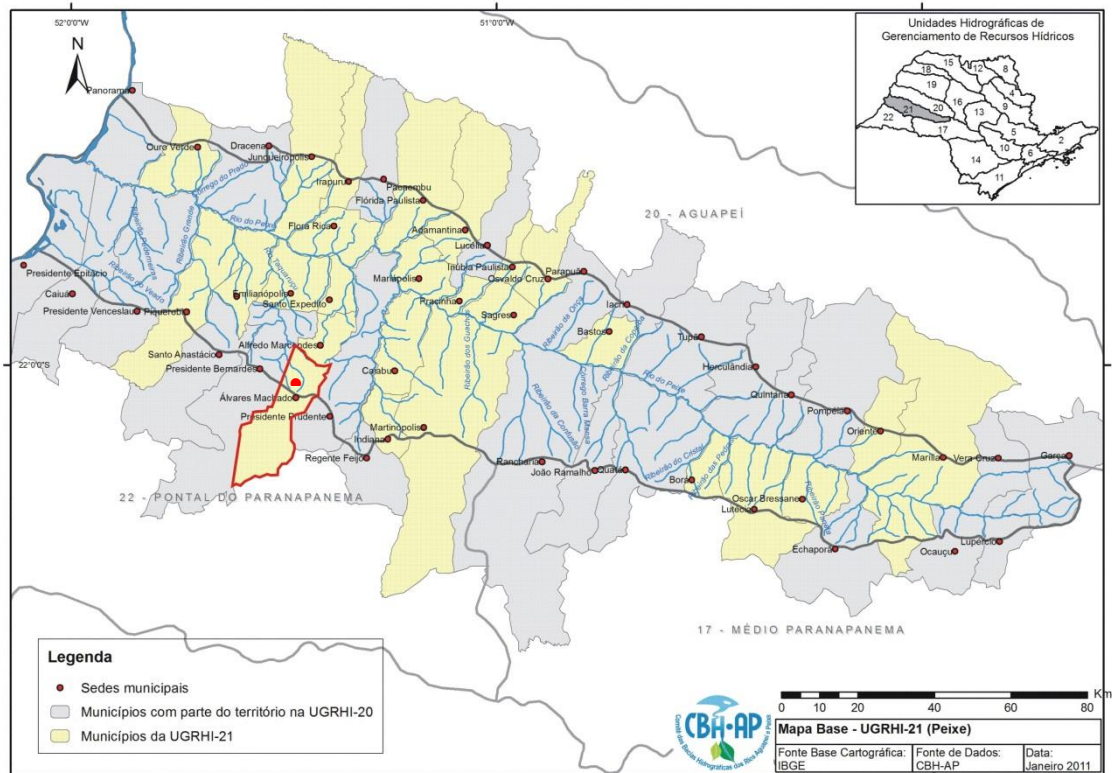
c) Área de Influência Indireta (AII):

Essa área de influência é caracterizada e definida pelos meios físico, biológico e socioeconômico, abrangendo os ecossistemas que poderão ser prejudicados pelo aterro. De acordo com a Resolução CONAMA nº 01 de 1986: *“Definir os limites da área geográfica a ser diretamente ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza”*.

Assim a AII considerada foi a Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe, visto que a localização do aterro estar compreendida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 21, definida junta com a Bacia hidrográfica do Rio Aguapeí – UGRHI 20, pela Lei estadual nº 9.034 de 1994.

A UGRHI 21 possui 27 municípios e compreendendo uma área de 9.156Km² conforme ilustra a Figura 12. Limita-se ao sul com a Bacia do Rio Paranapanema, a oeste com o Rio Paraná e a leste com a Serra dos Agudos e a Serra do Mirante. O Rio do Peixe possui extensão de 380Km, ou seja, constituindo uma AII muito extensa, uma vez que não houve identificação de uma micro bacia na região qual o aterro encerrado se encontra. Ficando somente apresentando a AII, sem realização de nenhuma análise específica sobre ela.

Figura 12 - Identificação da área de influência indireta - UGRHI 21.



FONTE: Comitê de bacia Hidrográfica dos rios Aguapeí e Peixe, 2012.

5. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL:

A caracterização ambiental constitui a base de um estudo ambiental, sendo necessário para conhecer os elementos da paisagem natural presentes no meio físico, que interfiram diretamente ou indiretamente num aterro de RSU. Desta forma na sequência serão abordadas as seguintes temáticas: clima, geologia, pedologia, geomorfologia, hidrogeologia, hipsometria e declividade. Primeiramente abordando numa escala macro (na UGRHI – 21), e posteriormente numa escala micro, tentando aproximar o máximo possível da região em que o aterro controlado encerrado se encontra.

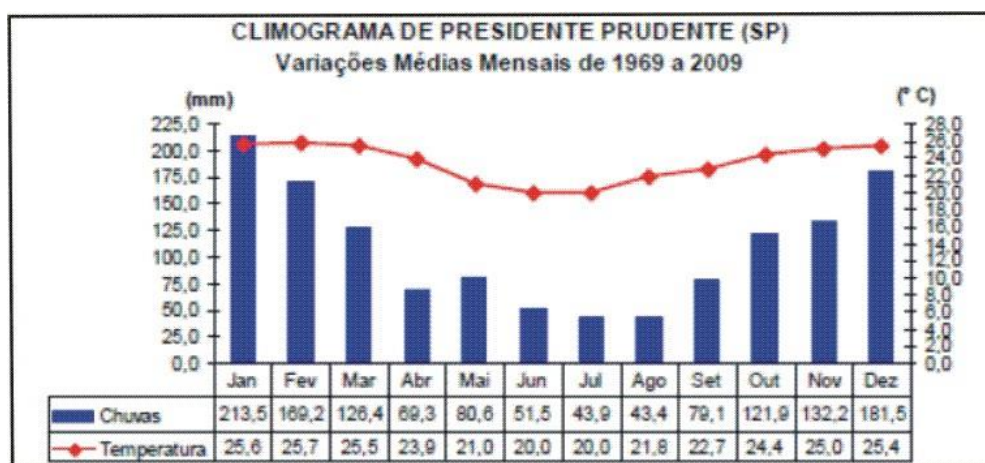
5.1 Clima:

A área em estudo encontra-se inserida no clima tropical continental sub-úmido do centro sul do Brasil, marcado por estações bem definidas durante o ano, com verão quente e chuvoso e inverno ameno e seco (SOARES, 2015).

Segundo o Relatório Zero (1997) das Bacias hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe, a precipitação anual é de 1.250mm, e com temperatura média anual superior a 18°C. Informa ainda que o mês mais chuvoso é janeiro, com precipitação média de 200mm, e o mais seco é em julho, com precipitação média de 25mm.

A Figura 13, informa a variabilidade térmica e o regime hidrológico da região em estudo, informando dados históricos de 40 anos da Estação Meteorológica da FCT/UNESP de Presidente Prudente, sendo a estação mais próxima à área de estudo, situado a aproximadamente 10,7Km do aterro controlado encerrado.

Figura 13: Climograma de Presidente Prudente (SP): 1969 a 2009.



FONTE: SOARES, 2015.

Analisando o climograma, verifica que a estação chuvosa ocorre no trimestre de verão, geralmente com máximas de precipitação no mês de janeiro. Já o período de seca, com precipitações médias de 40 a 50mm, ocorrendo nos meses de junho a agosto. Quanto a temperatura, a distribuição sazonal demonstra ocorrência de duas estações bem definidas, uma mais quente de outubro a março, com médias oscilando entre 24°C e 25°C, e outra mais amena de abril a setembro, variando entre 20°C a 23°C (SOARES, 2015).

5.2 Geologia:

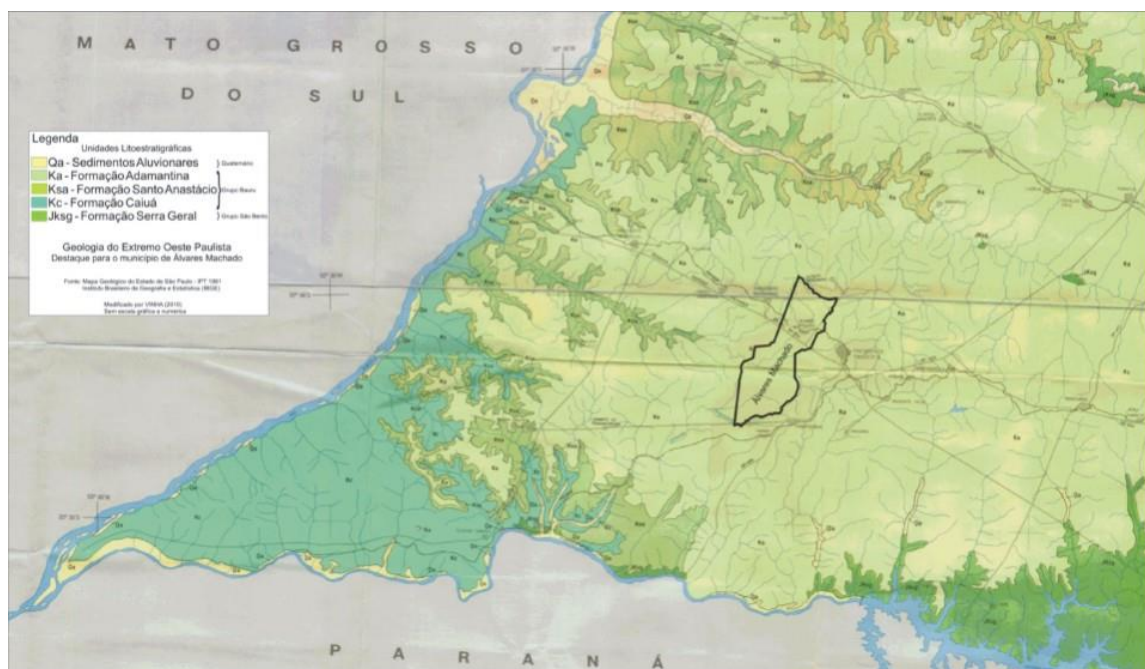
A Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe, encontra-se inserido na Bacia Sedimentar do Paraná, referentes às eras Mesozóica e Cenozóica, constituindo de rochas sedimentares com predominância dos depósitos clásticos de origem continental. Essas rochas sedimentares pertencem ao Grupo Bauru (K), nos domínios da formação Adamantina (Ka). A formação

Adamantina é subdividida em cinco classes (Ka1, Ka2, Ka3, Ka4, Ka5), de acordo com a variação da composição dos conglomerados de argilitos, arenitos e siltitos (TROMBETA, 2015).

De acordo com o mapeamento geológico na escala 1:500.000 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, baseado pelo Relatório Zero (1997), a área em estudo é caracterizada pela presença dos bancos de arenitos de coloração rósea a castanho e espessuras variando de 2 a 20 metros, com alternância de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos de cor castanho avermelhado a cinza castanho. Predominância da variação Ka5, ou seja, presença dos arenitos finos a muitos finos, quartzosos, com frequentes intercalações de argilitos e siltitos.

Numa abordagem mais regional, o mapa da Figura 14 informa a classificação geológica na região do Extremo Oeste Paulista, delimitando em preto, o município de Álvares Machado.

Figura 14 – Geologia do extremo oeste paulista, com destaque para o município de Álvares Machado.



FONTE: IPT (1981, apud VINHA, 2011).

5.3 Geomorfologia:

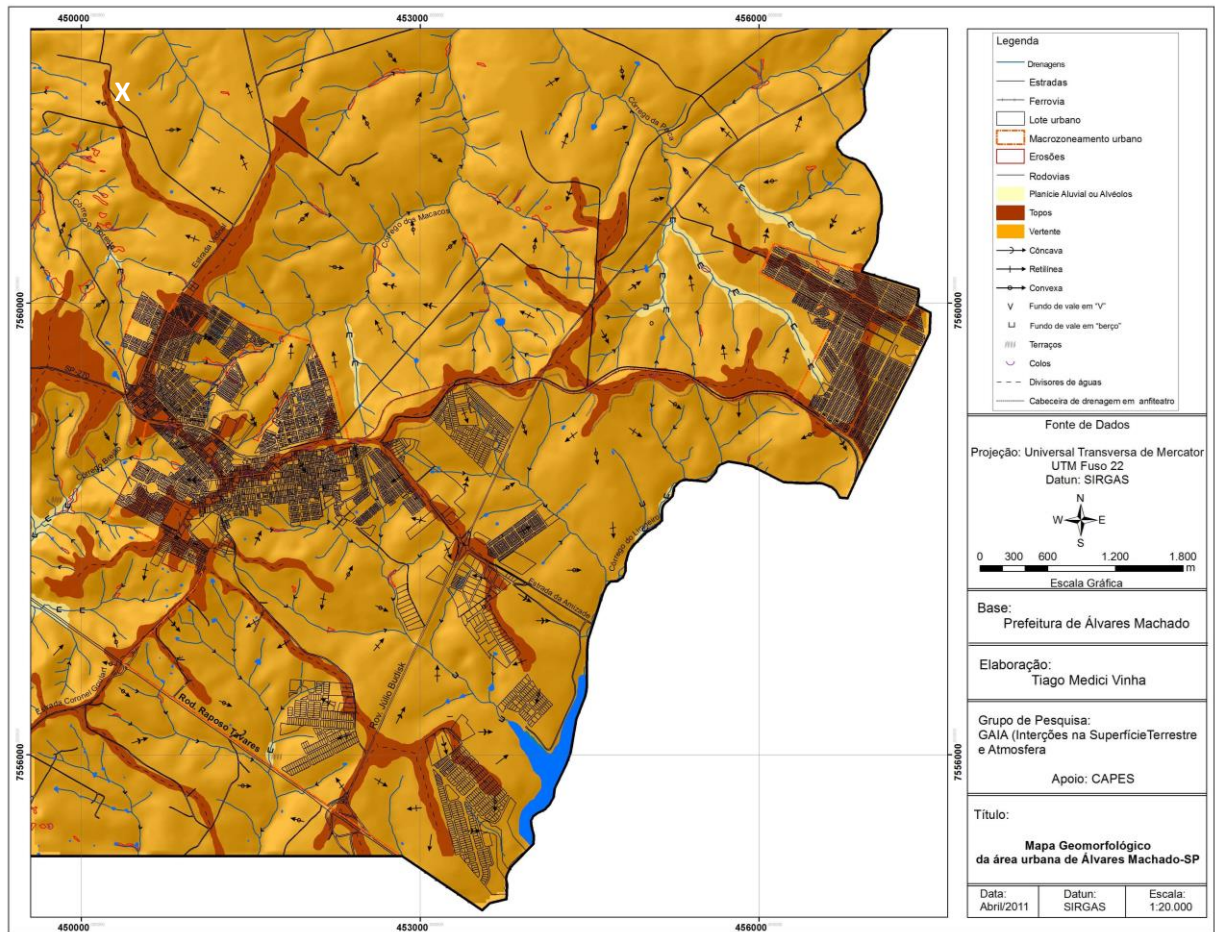
A morfologia que abrange o oeste paulista é o Planalto Ocidental, ocupando cerca de 50% da área do estado de São Paulo, predominando relevos de colinas suavemente onduladas,

como colinas e morretes (regiões de Marília, Garça-Echaporã, Monte Alto e Catanduva). No município de Álvares Machado, predomina-se as colinas médias e os morretes alongados além dos espigões (este último localizado na área urbana de Álvares machado limitando os extremos da Bacia do Médio Paranapanema e a Bacia do Rio do Peixe).

Numa abordagem mais local, VINHA (2011), elaborou um mapa geomorfológico de Álvares Machado (Figura 15), nele comprova-se a presença das colinas amplas e baixas, com altimetria entre 300 a 600m, e declividade média predominante ente 10 e 20%, vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, com forte aptidão há atividade erosiva.

De acordo com a Figura 15, a área de estudo (localizada no mapa pela letra “X”, em branco) encontra-se bem próximo ao final de um topo estreito e suavemente ondulado, de uma colina convexizada. Segundo informa o mapa, a colina possui grande extensão de comprimento e constituindo de ligações com outros topos de colinas, prosseguindo da área urbana de Álvares Machado, até proximidade com o Balneário da Amizade, e ligando a outros tantos topos. Tal complexo forma um compartimento de topo (espigão divisor de águas), o qual direciona as drenagens de Álvares Machado para as duas bacias hidrográficas.

Figura 15 - Mapa geomorfológico da cidade de Álvares Machado – SP.



FONTE: VINHA, 2011.

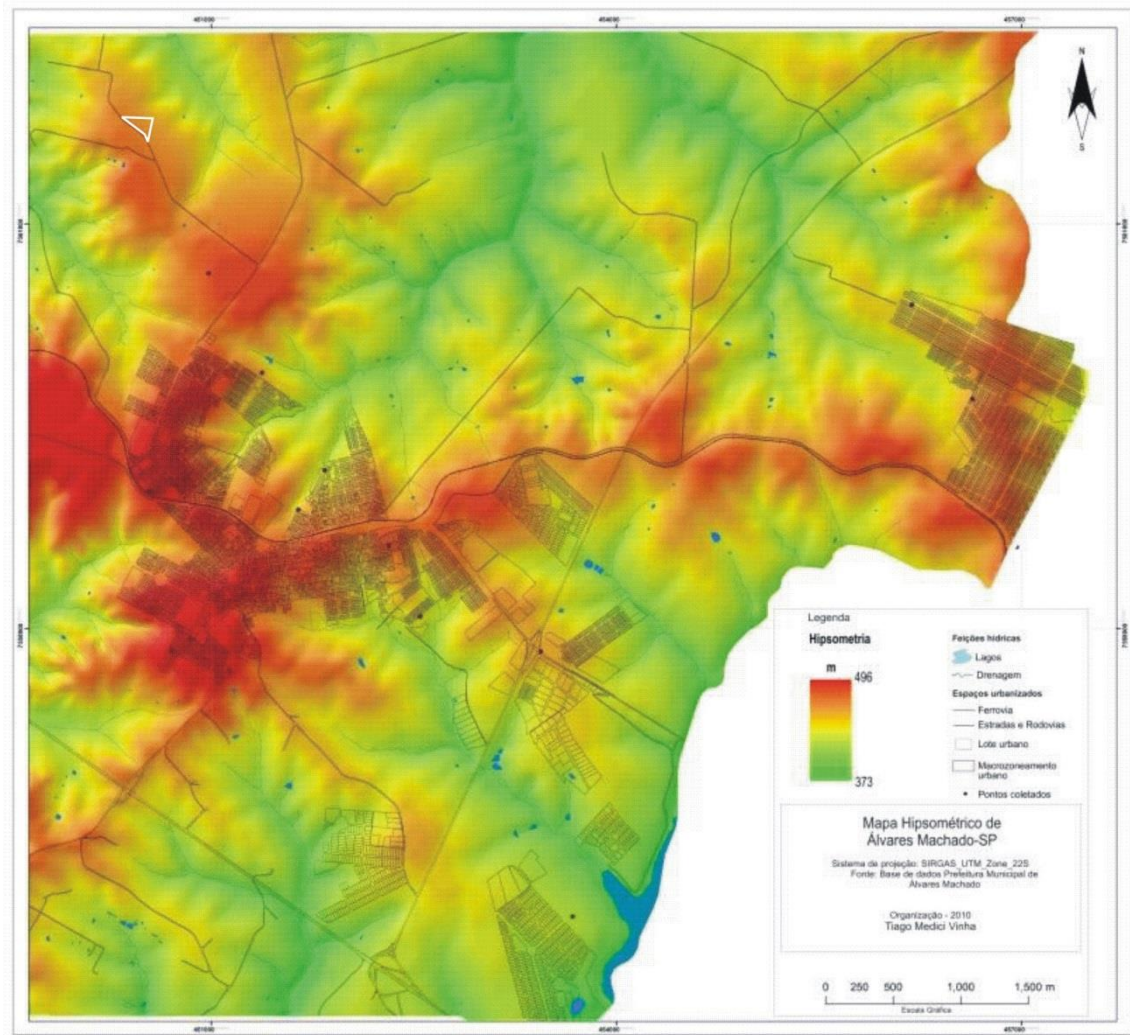
5.4 Hipsometria e declividade:

A fim de entender a direção do fluxo das águas subterrâneas, é necessário conhecer dados planialtimétricos (curvas de nível), bem como o grau de declividade da área de influencia do aterro em estudo. VINHA (2011), elaborou os mapas hipsométrico (utilizando de base, curvas de nível no formato digital de equidistância de 5m) e de declividades (gerado a partir da base plano altimétrica criado anteriormente) do município de Álvares Machado, nas escalas 1:1.500 e 1:2.000, respectivamente.

A Figura 16, ilustra o mapa hipsométrico de Álvares Machado, com variação altimétrica de 373m a 496m. Na área urbana tem-se variação de altitude de até 100m (do topo até o fundo de vale), sendo que à leste e principalmente a sudeste apresenta suavidade altimétrica, com presença de colinas mais amplas. O aterro finalizado encontra-se com

altitude em torno de 486m, muito próximo ao divisor de águas, representando pouca variação de altitude a nordeste do terreno, onde se encontra o fundo de vale mais próximo, marcando uma diferença altimetria em torno de 10m.

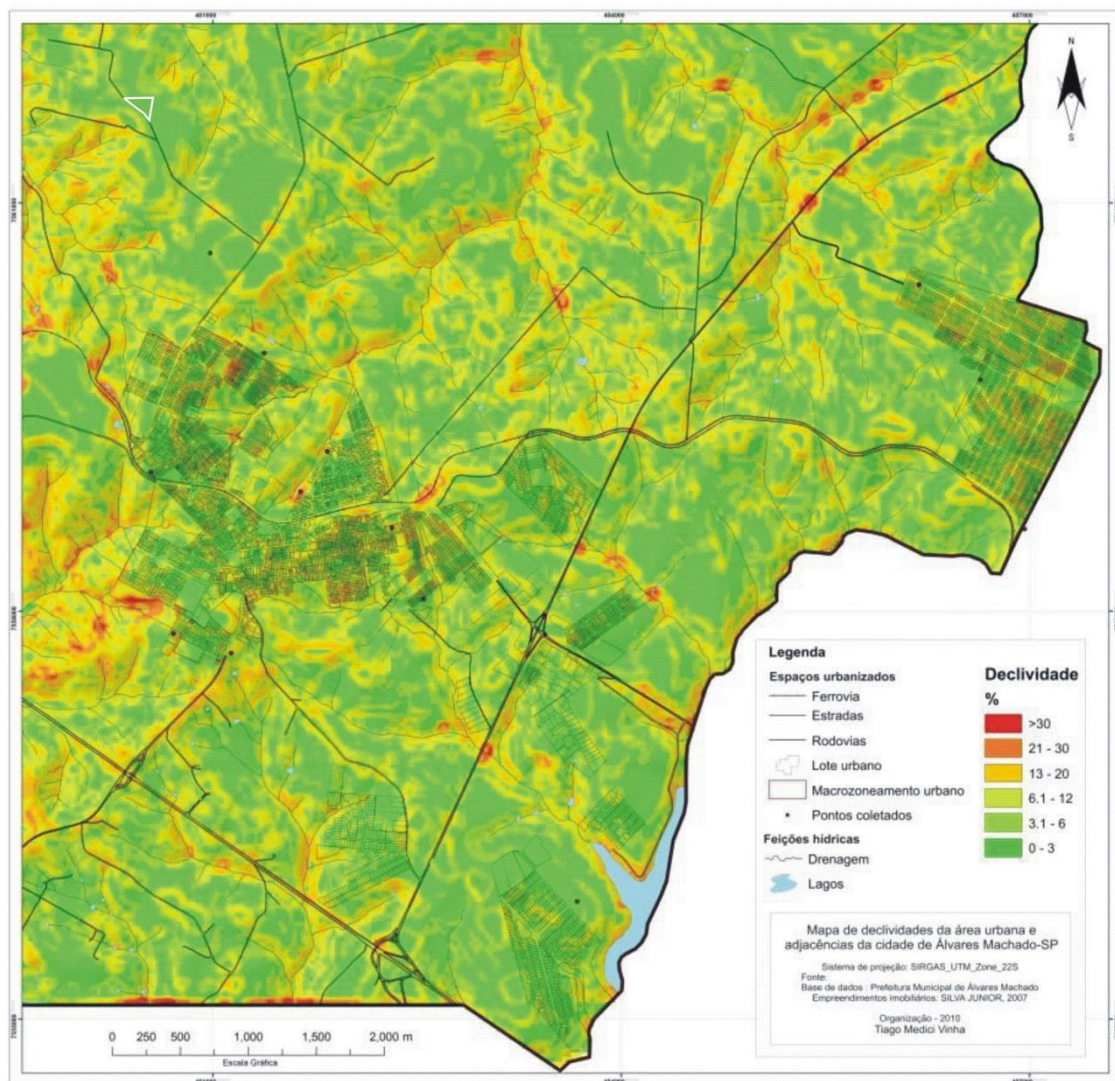
Figura 16 - Mapa hipsométrico da cidade de Álvares Machado – SP.



FONTE: VINHA, 2011.

A Figura 17 ilustra o mapa de declividades de Álvares Machado, na qual divide em seis classes de declividades calculadas em porcentagem (%), e associados a uma escala de cor, tendo o vermelho remetendo a alta declividade. De um modo geral, predomina declividades entre 6 e 20%, com presença de focos com declividade acima de 30%, geralmente associadas a processos erosivos nas vertentes da rede de drenagem. O aterro encerrado em estudo encontra-se presente numa área de transição de declividade, variando de 3,1% a 6%.

Figura 17 - Mapa de declividades da cidade de Álvares Machado – SP.



FONTE: VINHA, 2011.

5.5 Pedologia:

De acordo com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (1999), na escala de 1:500.000, foi levantado sete tipos de solos no Oeste Paulista. No município de Álvares Machado, ocorre predomínio de dois tipos de solos: Argissolos Vermelho Amarelo (PVA) e suas variações e os Latossolos Vermelhos (LV), formados por processos pedogenéticos atuantes nas rochas sedimentares do Grupo Bauru.

Os Argissolos são associados a relevos suavemente ondulados, predominantes de colinas com pouca rampa de declividade e fundo de vale em “V” muito pouco aberto.

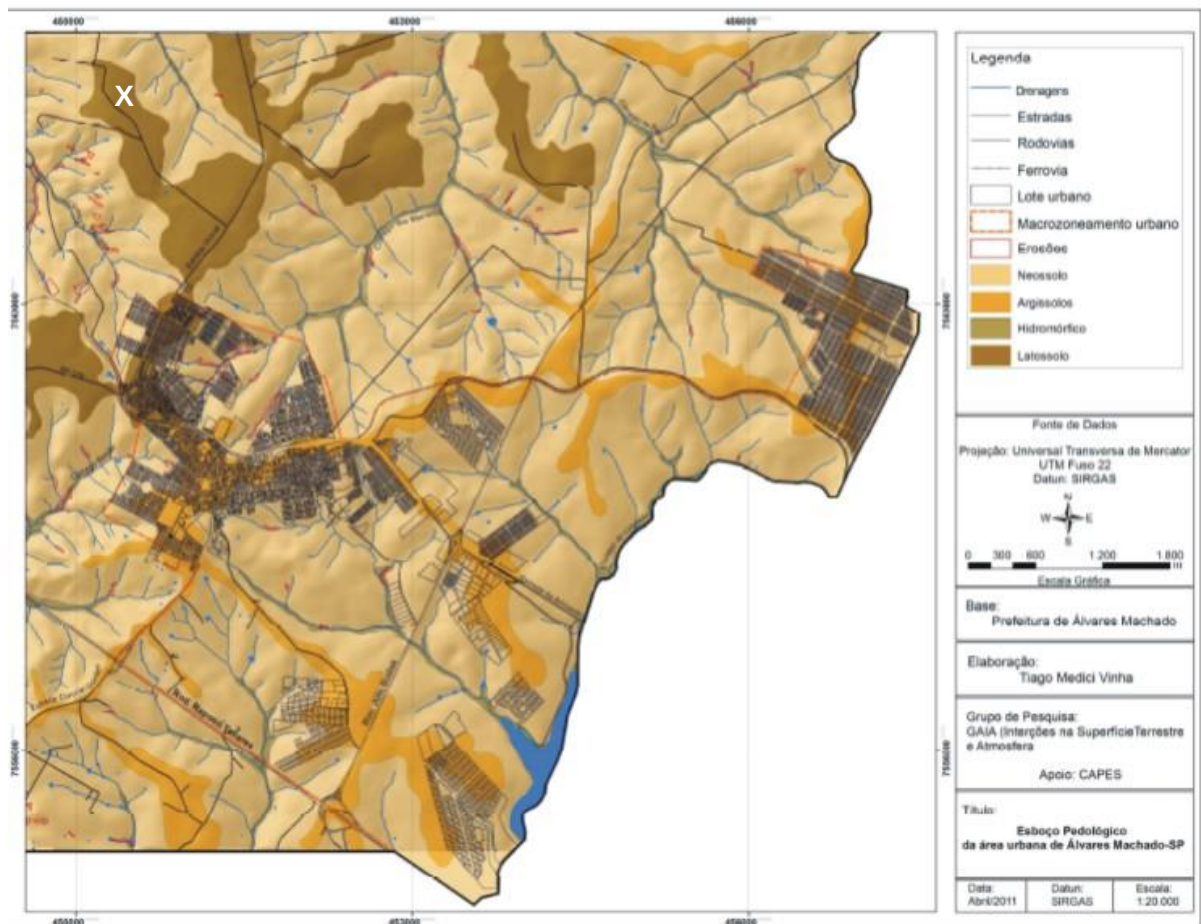
Geralmente constituem solos profundos, ocorrendo de 2 a 3 metros de profundidade, e com característica de terem baixa resistência à erosão, devido sua característica arenosa, modernamente drenado. Esse solo possui acidez considerada, baixa reserva de nutrientes, aumento da fração de argila em profundidade e baixo nível de compactação e adensamento (SOARES, 2015).

Agora os Latossolos, ocupam grande parte do território do estado de São Paulo, cerca de 52% e estando também associados a relevos suavemente ondulados a ondulados, poucos declivosos e profundidade maior de 3 metros (SOARES, 2015).

Nos trabalhos realizados por VINHA (2011), verificou-se a presença de Neossolos Litólicos e solos Hidromórficos nos fundos de vale. O primeiro é característicos de áreas de planície aluvial, com constante encharcamento do solo, devido a proximidade com aquífero freático suspenso, logo são mau drenados, com acúmulo de matéria orgânica e/ou processo de gleização (redução de óxido de ferro ficando com coloração mais acinzentada). Já os Neossolos não são hidromórficos, são solos “novos” pouco evoluídos e de profundidade rasa.

VINHA (2011), esboçou um mapa pedológico para Álvares machado, conforme ilustra a Figura 18, apresentando espacialmente os solos numa escala de detalhes, tendo o aterro encerrado localizado pela letra “X”, em branco no mapa.

Figura 18 – Esboço Pedológico de Álvares Machado – SP.



FONTE: VINHA, 2011.

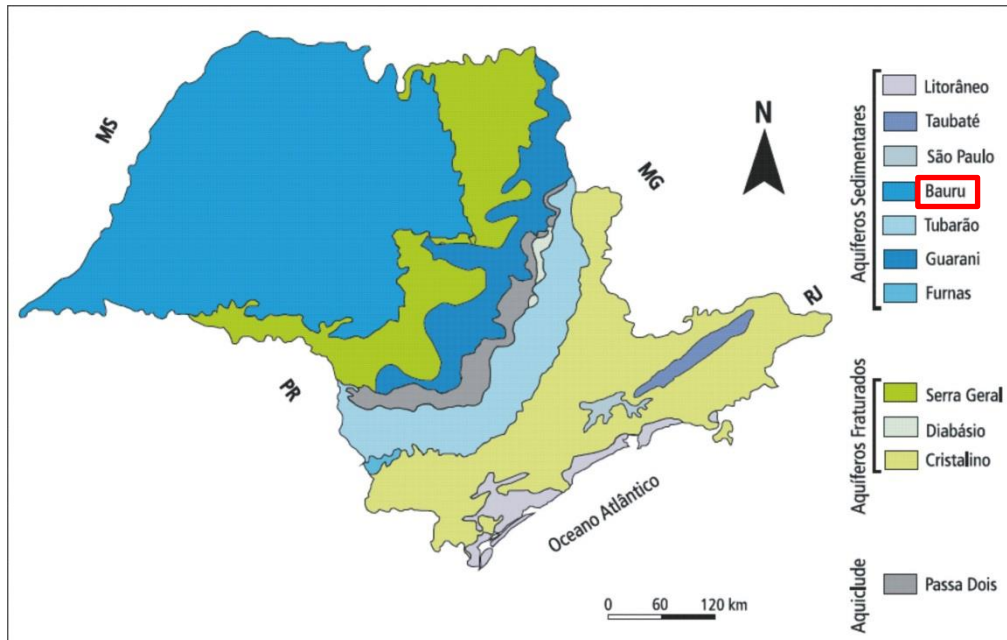
5.6 Hidrogeologia:

Dentre os aquíferos presentes no estado de São Paulo, temos os Aquíferos Sedimentares e os Fraturados. O primeiro se destaca pela maior produção de água subterrânea, tendo como principais representantes os aquíferos Guarani, Bauru, Taubaté, São Paulo e Tubarão. Agora os Aquíferos Fraturados, formados por rochas ígneas e metamórficas, se destacando o Aquífero Serra Geral e o Aquífero Cristalino, incluindo nesse grupo as águas subterrâneas presente nas cavernas e cavidades, de rochas com porosidade cárstica, como as carbonáticas (EZAKI e IRITANI, 2012).

A Figura 19, indica a localização e extensão das onze unidades aquíferas presentes no estado de São Paulo, notando que a área em estudo se encontra sobre a Unidade Aquífera Bauru, do Sistema Bauru/Caiuá, com as seguintes características hidrogeológicas: semi-

confinado, granular, contínuo e não uniforme, com permeabilidade aparente de 1 a 3 m/dia, e transmissividade aparente de 100 a 300 m² /dia (Relatório Zero, 1997).

Figura 19 - Principais aquíferos do Estado de São Paulo.



FONTE: EZAKI e IRITANI (2012, p. 29).

Segundo EZAKI e IRITANI (2012, p. 52), o Aquífero Bauru “[...] ocupa a metade oeste do estado de São Paulo, numa área de 96.900Km², ocorrendo de Barretos a Bauru e estendendo-se até o Pontal do Paranapanema.” Nessa área possui várias superfícies aflorando, isso devido ao fato de não ter nenhuma estrutura geológica confinando as águas subterrâneas, logo constituindo um aquífero livre. Ainda segundo os autores, este aquífero, possui boa qualidade de suas águas, tendo muitos municípios que o utiliza para o abastecimento público, caso do município de Álvares Machado.

De acordo com o Relatório de Situação da UGRHI 21 (2014), o Aquífero Bauru possui espessura que varia de 100m na proximidade da foz do Rio do Peixe, a 300m nas regiões das nascentes do Rio do Peixe, aflorando de forma restrita na calha do Rio do Peixe, entre os municípios de Rancharia e Parapuã. Informa ainda que ele recobre o Aquífero Guarani, uma vez que o Guarani fica situado entre 1000 a 1700m de profundidade.

6. MATERIAIS E MÉTODOS:

O presente estudo foi realizado em três partes, a primeira parte foi realizada uma ampla revisão bibliográfica através de pesquisas em trabalhos acadêmicos, livros, sites da internet, leis, normas e resoluções, além de pesquisa sobre o histórico do aterro.

Na segunda parte foi realizada a caracterização da área, através de visitas a campo levantando dados ambientais do local, identificando os poços vizinhos e conversando com os proprietários sobre a realização deste estudo, agendando uma data da amostragem da água subterrânea. Na terceira parte foram realizadas as amostragens, as análises físicas e químicas das águas subterrâneas, e posteriormente as sondagens na área do aterro. Tais métodos serão detalhados a seguir.

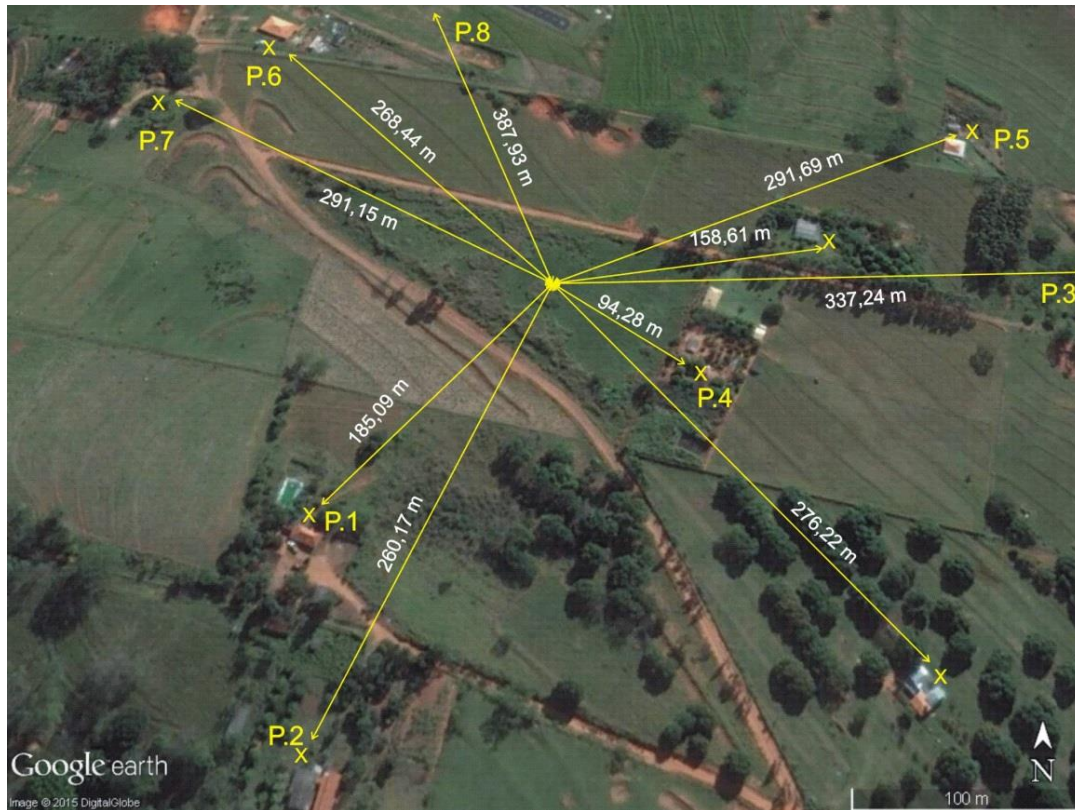
6.1 Análises físicas e químicas da água subterrânea:

6.1.1 Amostragem e acondicionamento das amostras:

Anteriormente a amostragem, foram identificadas as propriedades rurais mais próximas ao aterro em estudo, inicialmente por visualização das imagens de satélite fornecidas pelo programa Google Earth, segundo o requisito de distância adotada na determinação da área de influência direta (AID), ou seja, os núcleos habitacionais interiores ao raio de 500m ao entorno do aterro, sendo levantadas 10 propriedades.

Dessa forma foram confirmadas 10 propriedades ao entorno do aterro. A Figura 20 identifica os 10 poços mais próximos, nas quais foram amostrados apenas 8 pontos de coleta da água subterrânea, informando as distâncias dos poços até um ponto central no interior do aterro. Assim, verifica-se que o poço do ponto P.4 tendo a maior proximidade com o aterro controlado encerrado, e poço do ponto P.8, sendo mais distante do ex-aterro.

Figura 20 - Localização e distância dos poços amostrados até o aterro em estudo.

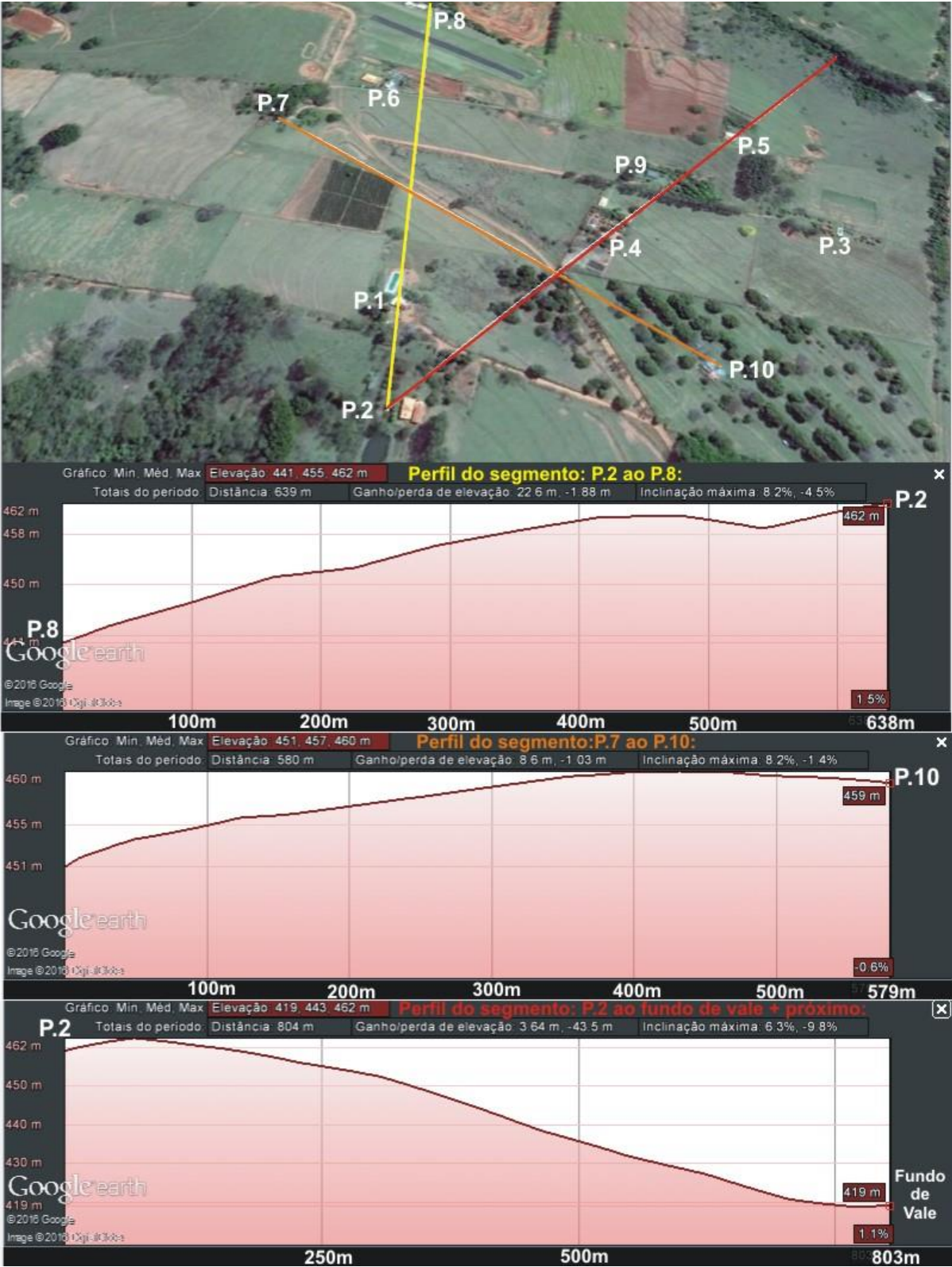


FONTE: Imagem Google Earth, adaptada, 2015.

Os pontos P.1 e P.2 encontram-se a montante do aterro controlado encerrado, enquanto os demais localizados a jusante, tendo o ponto P.4 localizado praticamente na mesma altimetria do terreno do aterro em estudo. Os poços com maior diferença de altimetria são dos pontos P.8 e P.5 e P.3.

Em busca de uma noção da localização dos poços segundo o perfil topográfico da AID, até mesmo para tentar entender a dinâmica do fluxo das águas subterrâneas (fluxo subterrâneo segue a lei da gravidade, sempre do ponto de maior altitude no terreno, para o de menor altitude), a Figura 21 informa dados altimétricos do Google Earth, com três perfis altimétricos: o segmento de reta na cor amarela, levantando um perfil de dois poços em extremidades opostas; o segmento alaranjado, também com um perfil entre dois poços, e o terceiro com segmento de reta em vermelho, do poço com maior altimetria, até o fundo de vale mais próximo ao terreno do aterro em estudo.

Figura 21 – Três perfis altimétricos dos poços levantados na AID.



FONTE: Imagem Google Earth, adaptada, 2016.

Na realização da amostragem, foram utilizados os seguintes materiais:

- dez garrafas PET de 2 litros, devidamente enxaguadas;
- luvas descartáveis;
- etiquetas já recortadas e fita adesiva transparente;
- lápis para preenchimento das etiquetas;
- dois isopores de 50 litros;
- saco de gelo de 20 kg.

A cada ponto de amostragem, foi ligada a bomba do poço (este passou o dia anterior desligado), usando sempre a saída d'água anterior à caixa d'água da propriedade e esperando cinco minutos para sair toda a água presente no encanamento, procedimentos esses a fim de diminuir possíveis alterações nos resultados das análises. Na sequência do procedimento, foi realizando a tríplex lavagem, enxaguado três vezes a garrafa PET, e somente então capturando um volume de aproximadamente 2 litros de água para cada poço.

Por fim, após captação da amostra, foi etiquetado o frasco, devidamente fixada e protegido contra umidade pela fita adesiva transparente e então armazenado refrigerado na caixa de isopor com gelo. Esse acondicionamento tem validade de 24 horas, de acordo com a metodologia de conservação da amostra recomendado pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Por causa da quantidade de amostras, foi necessário o uso de um veículo para realização do transporte dos isopores. Foi utilizado um isopor inicialmente vazio, inserindo as amostras mais gelo conforme foram realizadas as coletas, e o segundo isopor inicialmente usado para acondicionar e conservar o saco de gelo.

6.1.2 Análises físicas e químicas realizadas em campo:

Foram emprestados do laboratório TIE da Faculdade de Ciências e Tecnologia de P. Prudente, dois aparelhos de medição a campo, conforme a Figura 22, um condutivímetro modelo CD-830 da marca Instrutherm, e um pHmetro modelo HI 8424 da marca Hanna. Ambos os equipamentos foram devidamente calibrados três dias antes do uso em campo. Na maleta do condutivímetro tinha um frasco de solução padrão, na qual foi possível em campo, averiguação da calibração. Assim, a cada três amostra se verificava o funcionamento do

equipamento, sempre batendo o valor da solução. Já pHmetro, não tinha disponível a solução de calibração em sua maleta, uma vez que esta solução deve ser armazenada refrigerada.

Figura 22 - Condutivímetro e pHmetro utilizados no campo.



Fonte: Imagem própria.

Para realização da medição, foi utilizada uma garrafa PET cortada ao meio, captando água do poço, realizando a tríplice lavagem, e posteriormente colocando os sensores dos equipamentos nesse recipiente, sempre sobre uma superfície de suporte. A Figura 23 exemplifica um caso na qual fez uso de superfície de suporte, uma bancada de um forno à lenha.

Figura 23 - Exemplo de uma das análises realizadas em campo.



FONTE: Imagem própria.

Além do frasco cortado de PET, foram utilizados os seguintes materiais: uma pisceta de água destilada, planilha de anotação e lápis. Em ambos os equipamentos foi seguido o seguinte procedimento:

- enxague do sensor e do termômetro com a pisceta de água destilada;
- ligar o equipamento, caso do condutivímetro, periodicamente sendo averiguando a acurácia do valor medido, fazendo uso da solução padrão fornecida. Caso lido um valor não contundente, se realiza calibração, e caso contrário se realiza a medição;
- é seguido os passos de utilização no display de cada equipamento, realizando a medição;
- aguardo da estabilização da leitura;
- anotação na planilha de campo, identificando o poço analisado, o horário e a profundidade do poço;
- desligamento dos equipamentos e lavagem dos sensores com a água destilada;
- descarte da amostra utilizada.

6.1.3 Análise dos níveis de metais pesados nas amostras:

O procedimento que será citado a seguir é referente ao método de análise de metais por Espectrometria de Absorção Atômica – EAA do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

A análise foi realizada em duplicata no Laboratório de Águas, Águas Residuais e de Reuso – LAARR, da Faculdade de Ciências e Tecnologia. Tal procedimento foi dividido em três partes, sendo eles a preparação da amostra, digestão da amostra e a determinação dos metais através do EAA.

Os materiais utilizados foram:

- Vidrarias:
 - seis béqueres de 250ml;
 - um béquer de 50ml;
 - seis vidros de relógio;
 - seis balões volumétricos de 50ml;

- provetas de 100ml e de 50ml;
- 17 frascos de vidro âmbar com tampas;
- funil.
- Equipamentos:
 - chapa de aquecimento;
 - pipetador;
 - estufa;
 - geladeira;
 - espectrofotômetro de absorção atômica.
- Outros:
 - algodão para filtração;
 - luvas descartáveis;
 - etiquetas;
 - caneta;
 - pisceta com água destilada.

Para realização desta análise foram necessárias as seguintes soluções:

- *Mistura Digestora para Abertura da Amostra*: composta por 500ml de água deionizada, 500ml de ácido clorídrico (37% de concentração) e 185,2ml de ácido nítrico (54% de concentração).
- *Solução de Limpeza*: constitui solução de ácido nítrico com 5% de concentração.
- *Padrões analíticos*: constitui as soluções padrões para calibrar o EAA, através destas que se é possível montar as curvas analíticas no equipamento. Estas soluções podem ser preparadas por diluições de 1000ppm de cada metal a ser analisado na amostra.

Garantido que as vidrarias a serem utilizadas estejam devidamente limpas, enxaguadas com a solução de limpeza, seguida do enxague com água destilada. Temos na sequência os procedimentos de cada uma das etapas realizadas.

a) Pré-preparo das amostras:

Esta etapa inicial da análise, possui o objetivo de auxiliar a preservação da amostra, visto que não é possível realizar toda análise de uma só vez, devido ao tempo demandado na próxima etapa da análise, como também a falta de vidrarias no laboratório.

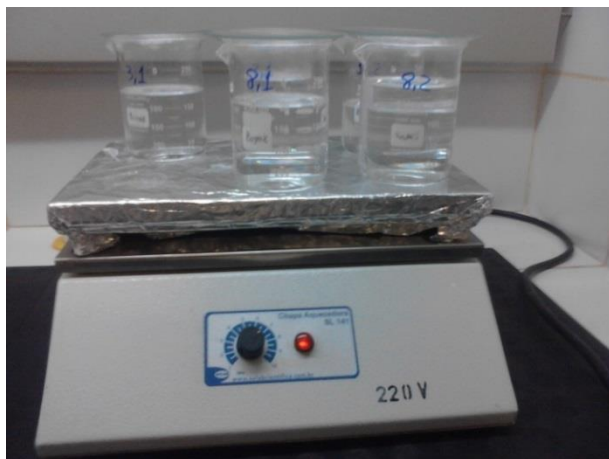
Em cada um dos oitos PET contendo as amostras refrigeradas (devido passarem a noite dentro do isopor e imersos no gelo), foram adicionados, com a pipeta de 1ml, 2ml de ácido nítrico 54%, em cada PET, dentro da capela, com o exaustor devidamente ligado, e utilizando luvas de proteção. Na sequência os PET's foram armazenados numa das geladeiras do LAARR, tendo agora a validade de preservação das amostras aumentadas para 30 dias.

b) Digestão das amostras:

Através de uma proveta de 100ml, mede-se 250ml da amostra transferindo-a para o béquer de 250ml, sempre agitando o PET antes de medir na proveta, garantido a homogeneidade. Na capela com o exaustor ligado, foi medido transferido 30ml de solução digestora através da proveta de 50ml.

Tampou-se o béquer com um vidro de relógio, colocando-o sobre a chapa aquecedora no interior da capela com exaustor ligado, tendo início a digestão. A chapa deve ser mantida a temperatura de 60°C a 80°C, terminando a digestão quando reduzir o volume por evaporação de 280ml para 50ml, não podendo ocorrer a fervura no processo. A Figura 24, mostra a realização da digestão de um conjunto de béqueres, na qual é possível verificar a identificação com números em cada um deles. Foi adotado a mesma correlação numérica da sequência dos poços no dia da realização da amostragem.

Figura 24 - Processo de digestão das amostras.



FONTE: Imagem própria.

Terminada a redução do volume para aproximadamente 50ml, foi usado algodão para filtrar a mistura digerida, através de um funil para dentro de um balão volumétrico de 50ml, completando caso necessário o volume com água destilada. Transfere-se esse volume padronizado para dentro de um frasco de vidro âmbar, devidamente tampado e com rótulo de identificação. Na sequência os frascos com 50ml foram armazenados numa das geladeiras do LAARR, aguardando o término do processo de digestão, para então poder prosseguir a análise, para sua terceira e última etapa.

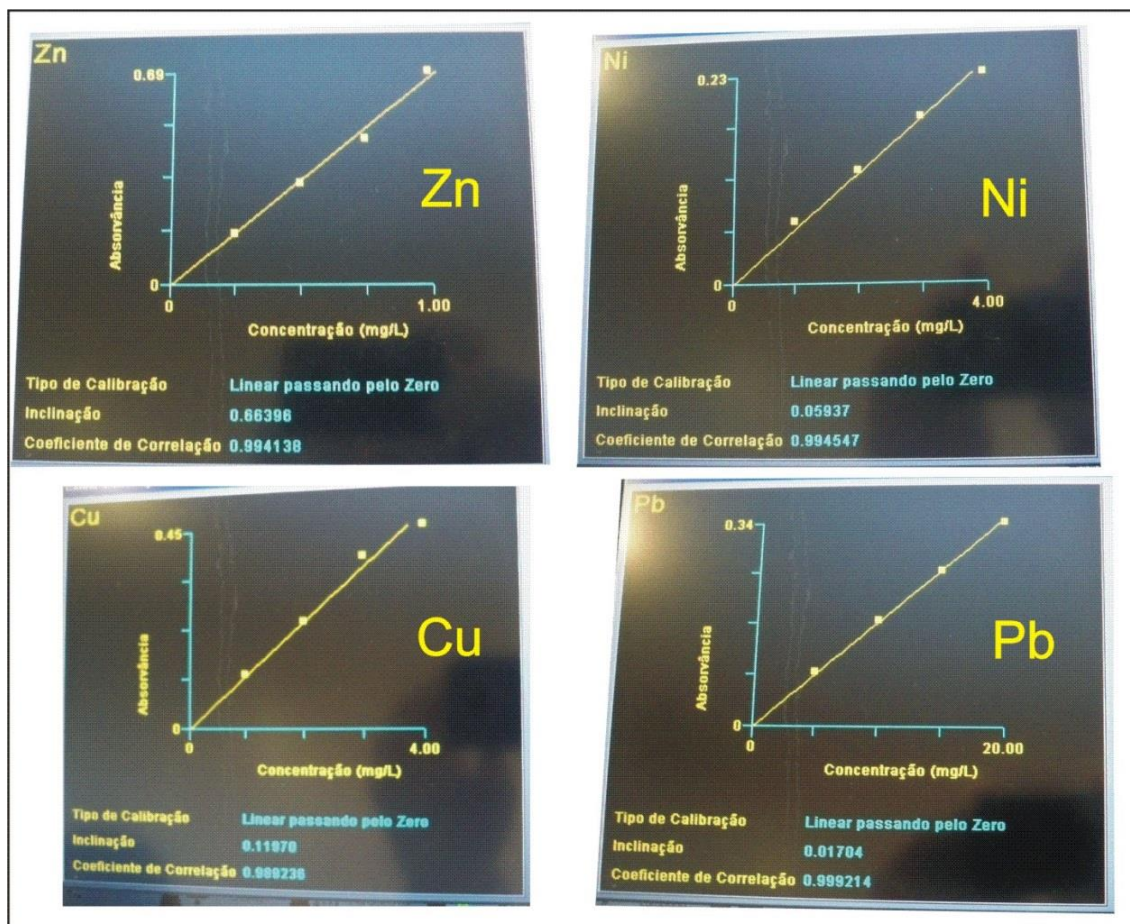
Como a análise de metais pesados foi feita em duplicata, foram colocados pra digerir 16 béqueres, mais o branco, na qual realiza o mesmo procedimento acima, substituindo a amostra por água destilada. A chapa comporta seis béqueres por vez, e cada remessa de seis béqueres levou em média uma semana para reduzir o volume, durando 3 semanas esta etapa da análise.

c) Determinação dos metais através do EAA:

O EAA utilizado é da marca PerkinElmer precisely, modelo AA 200, tendo a última performance verificado em 19 de maio de 2010. Após devidamente ligado o EAA, e realizados os devidos ajustes, é colocado para ler as quatro soluções padrões do respectivo metal em análise, montando uma curva analítica no aparelho.

A Figura 25 ilustra as quatro curvas formadas no dia 26 de janeiro de 2017, a partir das 9h00. A análise que melhor teve coeficiente de correlação na calibração foi o chumbo, seguido do níquel, zinco e cobre.

Figura 25 - Curvas analíticas utilizadas nas análises no EAA.



FONTE: Imagem própria.

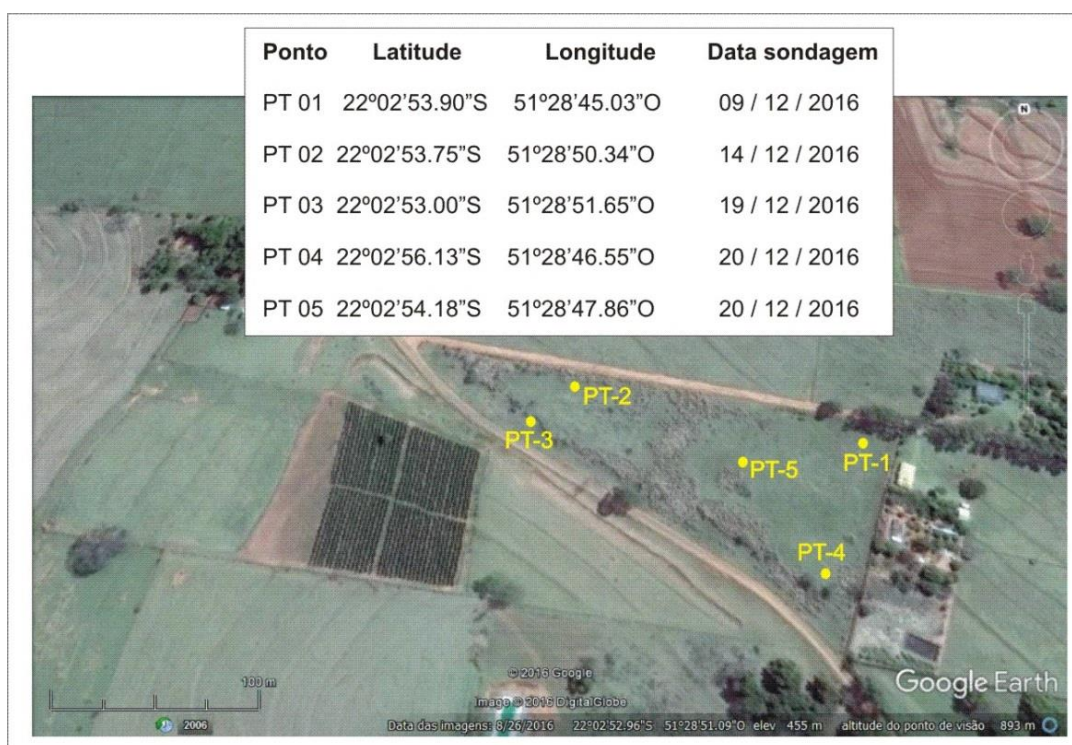
Na sequência é lido o branco, verificando estar próximo do zero sua leitura, para então seguir com as leituras de cada ponto em duplicata. O processo de leitura é rápido e simples, onde o EAA possui um cano de espessura capilar, puxando uma quantidade ínfima da amostra, e pulverizando em micro gotículas sobre a chama, e instantaneamente passa ao estado gasoso, e nesse momento é emitido uma luz de comprimento de onda específica ao metal analisado que absorve a luz conforme a quantidade dele vaporizado, sendo que maior a concentração do metal, mais é absorvido, e a diferença de luz emitida com a chegada após passar nos vapores é correspondida na curva analítica, resultando no valor da concentração do metal.

A Tabela 4 informa as condições de medida feitas no EAA durante a medição das amostras, como o gás utilizado para manter a chama, o comprimento de onda que o metal absorve e o limite de detecção.

Foi emprestado do Laboratório de Geologia da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, o trado tipo caneca, que extrai amostras de solo em formas cilíndricas, com 7cm de diâmetro. O trado conectado a primeira haste possui 1,20 metros de comprimento, sendo composto por hastes extensoras de 1 metro, luvas de conexão de 4cm de comprimento, tê de 4cm e duas cruzetas de 30cm cada, nas quais são o suporte de pegada para transferir a força mecânica para o trado.

Para determinar os pontos de sondagem, foi adaptado no terreno triangular, o critério de cinco pontos representativos, tendo quatro deles situando nas extremidades da área do terreno e um central, como ilustra a Figura 27, informando as coordenadas e disposição de cada ponto.

Figura 27 - Localização e disposição dos pontos de sondagem.



FONTE: Imagem Google Earth, adaptada, 2016.

Foram utilizados quatro dias de sondagens, realizadas no período da manhã a fim de encontrar uma temperatura mais amena. Já identificado os pontos, as sondagens começaram a serem feitas nos locais propostos. Inicialmente foi limpo o local de tradagem com a enxada, e com o trado já previamente montado e amolado, começa-se a prospecção no aterro.

A cada bloqueio na sondagem, ou quando a caneca do trado estive-se toda preenchida, é pausado a tradagem, retirando os materiais do trado, com auxílio de uma chave de boca, batendo no trado para liberar os materiais aderidos no interior da caneca do trado, dispondo-os sobre o papel toalha desenrola, a fim de servir de suporte pra montar sequencialmente as amostras obtidas a cada prospecção, sempre medindo com auxílio da trena, a qual profundidade foi até então sondado, e anotando todas as observações recorrentes.

Assim, a cada sondagem realizada, foram sendo realizados registros fotográficos e descrições na planilha, identificando os resíduos encontrado e as características físicas na qual se encontravam, avaliando o estado de decomposição segundo os critérios: identificação do resíduo, coloração, textura, grau de resistência e disposição do resíduo enterrado. Também foi averiguado o estado dos solos tecnogênicos, verificando características físicas como a textura, cor, presença de particulados, espessura da camada de cobertura e presença de matéria orgânica.

Somente quando o trado ficava totalmente bloqueado, impossibilitando de continua a sondagem manual, que se concluía a perfuração. Todos os resíduos e solos tradados, sendo retornados ao furo realizado, e compactando bem com auxílio da enxada, a fim de que o local pesquisado volte mais próximo possível das condições na qual se encontravam anteriormente a sondagem.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES:

7.1 Condições gerais sobre a área estudada:

Neste primeiro sub tópico dos resultados será abordado às condições atuais de manutenção do aterro, segundo as observações em campo, comparando com a fundamentação teórica estudada sobre como se deve ocorrer a finalização e acompanhamento, após o fim da vida útil de um aterro de RSU.

O aterro em estudo é do tipo área, com a escavação de valas de volumes não identificados, tendo o município de Álvares Machado pertencente ao Programa aterro em valas do estado de SP. Logo o município teve orientações técnicas e financiamento para destinar de forma ambientalmente adequada seus resíduos urbanos, uma vez que a cidade encontra-se enquadrado ao programa, tendo população menor de 25.000 habitantes e gerando menos de 10 toneladas/dia (SMA, 2005).

O primeiro problema observado foi que um dos proprietários vizinhos, faz uso do terreno para **criação de gados leiteiros**, instalando coxo de sal e caixa d'água num ponto do aterro, uma vez que é cercado e predomina gramíneas no terreno, servindo de alimento farto para criar uma certa quantidade de gado. Em um dos dias de visita, foi contado cerca de 8 cabeças de gado na área.

Ao redor do aterro foi constatado considerável distância dos corpos hídricos superficiais (distância acima de 200 metros), além do aterro se encontrar próximo ao divisor de águas, tendo pouca declividade, cerca de 4% de declividade. Na primeira visita de campo foi observado que a estrada a montante do aterro, capta e libera suas águas dentro do aterro. Foi visto pelo menos quatro lombadas da estrada que direcionam metade das suas águas de escoamento superficial, para o interior do aterro encerrado.

Assim, a Figura 28 ilustra uma **acumulação de águas pluviais** registrada no dia 22 de janeiro de 2017, originada pelas águas pluviais vinda da estrada. Foi observada pegada de gado ao entorno dessa acumulação de água, indicando muito possivelmente que consomem essa água. Em outra visita, numa semana depois, ainda verificou água acumulada, num volume menor e apresentando coloração cinza escuro indicando ter ocorrido alguma interferência/contato com os resíduos do aterro.

Figura 28 - Acumulação de águas pluviais no interior do aterro.

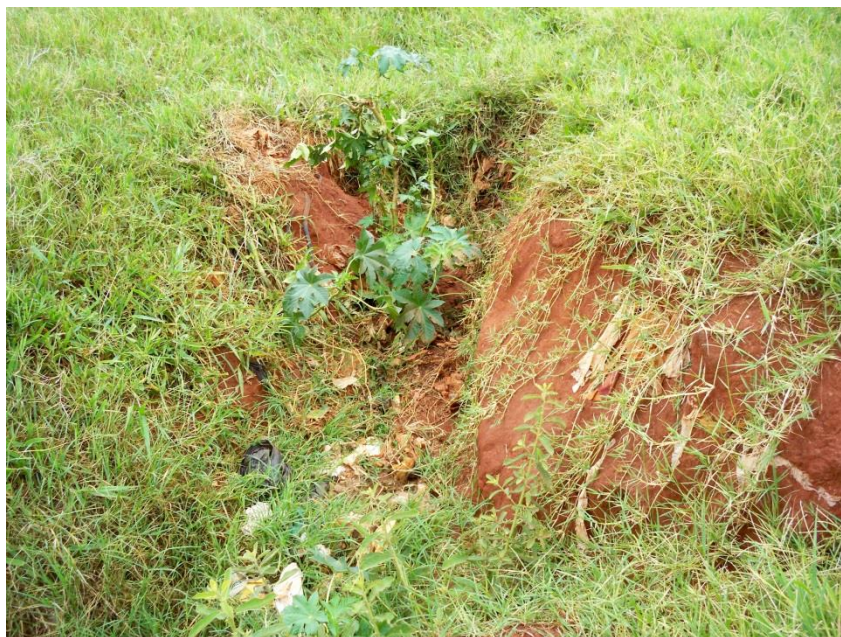


Fonte: Imagem própria.

Dessa forma foi constatado a não existência de um sistema de drenagem de águas pluviais, muito menos sua devida manutenção. Outro ponto a ser descrito neste contexto, é sobre a **subsidência do solo de cobertura** de alguns pontos do aterro. Tal fenômeno deve ser típico em aterro de resíduos sólidos em valas, pois conforme avanço da decomposição (perda de volume na massa de resíduos enterrada), o terreno vai se rebaixando em alguns pontos, necessitando nivelar novamente estes locais a fim de evitar acumulação das águas pluviais, evitando a infiltração da água, que contribuirá diretamente na geração de lixiviados.

Foi encontrado também um **processo erosivo no terreno do aterro**, de aproximadamente 1,0m de profundidade, com uma mamona crescendo em seu interior, como ilustra a Figura 29. A água acumulada, muito possivelmente nas subsidências da cobertura do aterro, transborda gerando um fluxo e escoando para os pontos baixos do terreno, gerando esse foco erosivo. Pela imagem é possível observar resíduos sendo descobertos e alguns até pendurados na lateral da erosão.

Figura 29 - Foco erosivo no interior do aterro, descobrindo resíduos.



Fonte: Imagem própria.

Quanto ao isolamento do aterro, apesar da existência de cerca com mourões de concreto, não foi observado **nenhuma presença de placas de sinalização**, seja de identificação da área, seja informando dos possíveis riscos existentes. Sobre o isolamento formado por vegetação, não foi verificado **quase nenhuma barreira de vegetação**, tendo somente alguns eucaliptos próximos à estrada a montante do aterro, e alguns remanescentes

da espécie de sanção do mato, plantados em fileira, paralelo ao cercamento do terreno, e que ainda resiste na área (não deve estar se adaptando muito bem as condições do local – pouca folhagem e muitos galhos secos), conforme ilustra as fotos da Figura 30.

Figura 30 - Vegetações remanescentes do isolamento verde no aterro.



Fonte: Imagem própria.

Na sequência histórica das imagens de satélite levantadas, é possível identificar a presença de vegetação, contornando o terreno em grande parte, comprovando que realmente existiu o isolamento verde. Em campo foi verificado a presença de inúmeros troncos cortados e queimados, além de algumas árvores caídas, em estado de decomposição. Desta forma foi constatado nenhuma prática de manutenção da vegetação após a desativação do aterro em estudo.

Mesmo não sendo o caso da área ter sido um aterro sanitário, e sim controlado, verificou-se a não existência de captação e tratamento de lixiviados nem de biogás, muito menos monitoramento geotécnico da movimentação da massa de resíduos. Foi encontrada presença de vários **resíduos sólidos descobertos no terreno**, como embalagem de pasta de dente, embalagens plásticas em geral, fragmentos de sacolas plásticas, frascos de vidro inteiros (esmalte de unha) ou quebrados, bem como resquícios de **deposição materiais de construção civil** no terreno, como ilustra a Figura 31.

Figura 31 - Presença de inúmeros resíduos descobertos no aterro.



Fonte: Imagem própria.

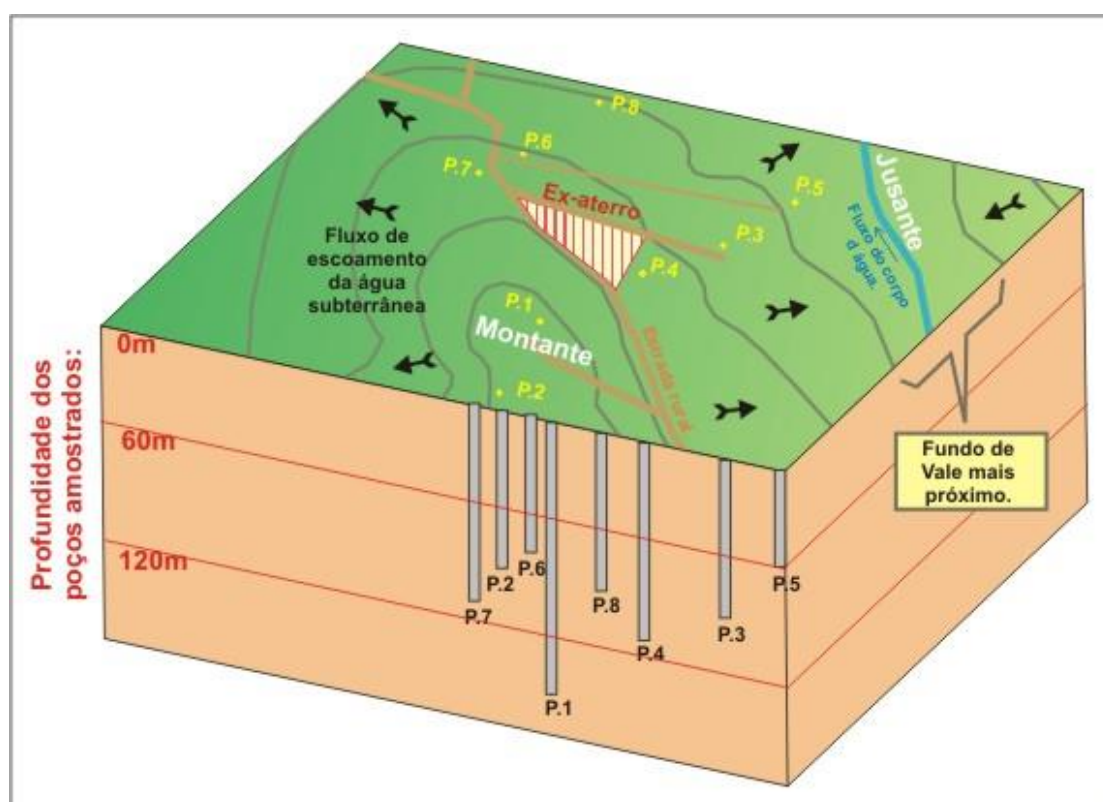
7.2 Análises físicas e químicas da água subterrânea:

Devido a não estabilização da leitura do pHmetro, foi anotado na planilha de campo, leituras em triplicata do pH. No ANEXO A, encontra-se disponibilizado todos os resultados obtidos nas análises feitas em campo, com a digitalização das planilhas utilizadas no dia.

Durante a visita nas propriedades rurais identificadas para a realização da amostragem, foi sendo perguntado aos proprietários quanto à profundidade dos poços e a profundidade da bomba, a fim de verificar os níveis de captação de água, e o alcance dos poços no aquífero. A Tabela 5 informa os valores de profundidade dos oitos poços analisados, seguindo com a identificação destes, pelo croqui da Figura 32, que tenta representar a condição dos fluxos de escoamento das águas subterrâneas, subsidiando, caso exista, a direção da pluma de contaminação.

Tabela 5: Profundidade dos poços amostrados.

	PT-01	PT-02	PT-03	PT-04	PT-05	PT-06	PT-07	PT-08
Profundidade da bomba (metros):	96	60	60	50	40	54	40	60
Profundidade do poço (metros):	130	75	75	85	60	68	80	75

Figura 32 – Croqui com a direção do fluxo subterrâneo e profundidade dos poços.

Fonte: Imagem própria.

Pela Figura 32, nota-se que o fluxo das águas subterrâneas que perpassa o terreno do aterro, tende a seguir para o fundo de vale mais próximo, logo os poços dos pontos P.1 e P.2, constituem os poços a montante, com muito pouca probabilidade de serem afetados pela presença do aterro encerrado. Já os poços dos pontos P.4, P.6 e P.7, encontram-se praticamente numa mesma altimetria, devido sua proximidades ao aterro, como também a topografia da área. E os poços dos pontos P.3, P.5 e P.8 constituem os poços a jusante, logo com maior risco de serem contaminados pela pluma gerada pela lixiviação do aterro.

O poço do ponto P.5, é o mais raso, e localizado próximo ao fundo de vale. Já o poço do ponto P.1, possui maior profundidade, usado para irrigação de uma pequena produção agrícola. Os demais poços possuem profundidade média de 72 metros, e média de 54 metros de profundidade da bomba. Com exceção do P.1, os poços possuem extração para usos domésticos, manter piscina, tratar dos animais e aguar as mudas dos pomares.

A Tabela 6 apresenta os valores mínimos, máximos e médios resultantes da medição do pH, além dos valores de condutividade elétrica e média da temperatura. Na Tabela temos também a informação do Valor Máximo Permitido (VMP) referente ao intervalo de pH recomendado para consumo (conforme orientação do Ministério da Saúde) e os Valores de Referência de Qualidade (VRQ), estabelecidos pela Cetesb desde o ano de 2006.

Tabela 6 - Resultados obtidos nas análises em campo.

Amostra	pH mínimo	pH (média)	pH máximo	Temperatura média (°C)	Condutividade (µS/cm)
PT-01	6,84	6,86	6,88	24,6	284,7
PT – 02	6,91	6,93	6,96	24,9	357,7
PT- 03	6,52	6,54	6,56	25,2	106,9
PT -04	5,20	5,24	5,29	24,9	91,97
PT – 05	5,94	5,97	6,00	26,2	112,1
PT – 06	5,55	6,57	6,60	26,25	188,9
PT – 07	6,81	6,85	6,89	26,75	283,5
PT – 08	6,67	6,72	6,78	25,9	201,6
VMP do pH ^(a)	6,0 – 9,5			--	--
VRQ ^(b)	7,5			26,0	240

(a) Recomendação de pH para água destinada ao consumo humano, segundo a Portaria nº 2.914 de 2011, do Ministério da Saúde.

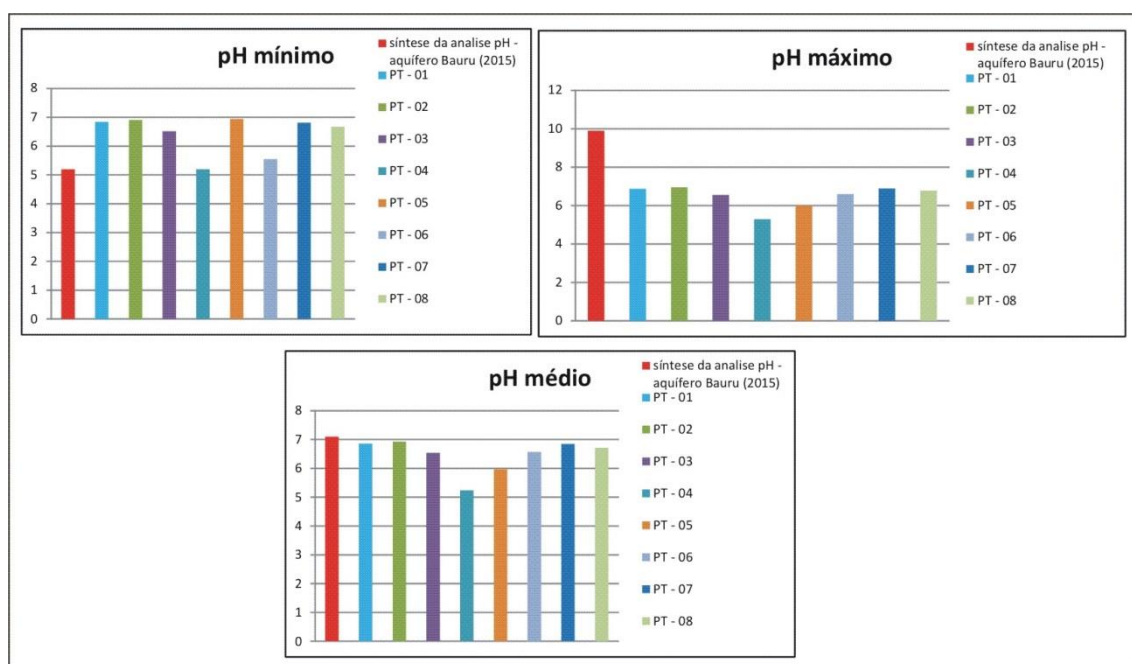
(b) Valores de Referência de Qualidade das águas subterrâneas referentes ao aquífero Bauru (Cetesb 2016).

O ponto com maior pH foi o PT-02, seguido dos pontos PT-01 e PT-07, tendo relatos dos proprietários dos poços dos pontos PT-02 e PT-01, de que a água extraída não gera espuma nas atividades de lavagem. Tais pontos ficam próximos entre si, cerca de 100m, e compreendendo os pontos localizados próximos ao topo da colina, indicando que estas águas podem estar sobre influência da formação litológica.

O pH menor encontrado foi no ponto PT-04, constituindo o poço mais próximo do aterro, com menos de 20m de distância com a cerca divisa com o terreno do aterro. O poço PT-04 mais o PT-05, foram os únicos pontos com pH abaixo da recomendação do Ministério da Saúde (6,0 a 9,5), e não tendo nenhum poço com pH acima desse intervalo de recomendação. Em geral todos os pontos tendendo para um carácter mais ácido, encontrando-se no intervalo de 5,0 a 6,5 de pH.

A Figura 33, informa através de três gráficos, a variação nos resultados obtidos nas análises de pH (valores mínimos, máximos e médio), comparados aos dados sínteses da qualidade das águas subterrâneas do aquífero Bauru no período de 2013 a 2015, presentes no Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo no ano de 2015.

Figura 33 - Resultados de pH obtidos em campo, comparados aos dados do Relatório de Qualidade das águas subterrâneas de SP.

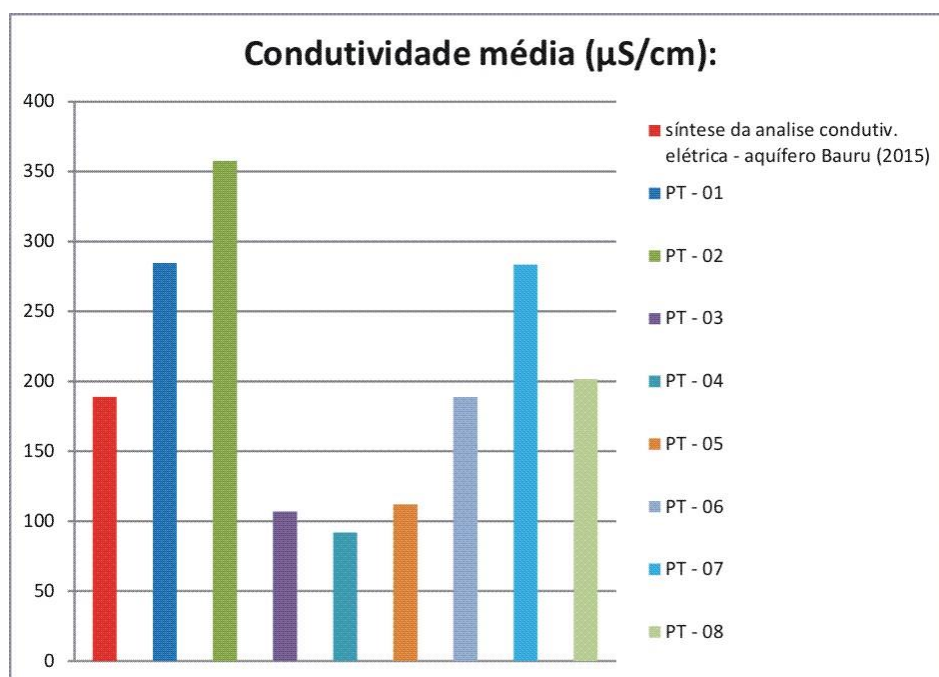


Fonte: Imagem própria.

Quanto aos resultados da análise de condutividade elétrica, foi verificado quatro pontos amostrados, abaixo do valor médio encontrado no aquífero Bauru, nos monitoramentos realizados pelas Cetesb. Apesar deste parâmetro não constituir nenhum critério para a qualidade das águas subterrâneas, dando somente indícios da quantidade de íons dissolvidos. Seu alto valor pode indicar grande presença metais pesados nas amostras, quanto sais inorgânicos.

Conforme informa o gráfico da Figura 34, os pontos PT-01, PT-02 e PT-07, foram que tiveram maiores valores de condutividade elétrica, ultrapassando a média deste parâmetro na análise do aquífero Bauru (189 $\mu\text{S}/\text{cm}$), como o VRQ adotado para este aquífero (240 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Tais poços podem encontrar-se sobre da litologia, uma vez que a região na qual se encontram, ficam no topo da colina, ou seja, poços a montante do aterro em estudo.

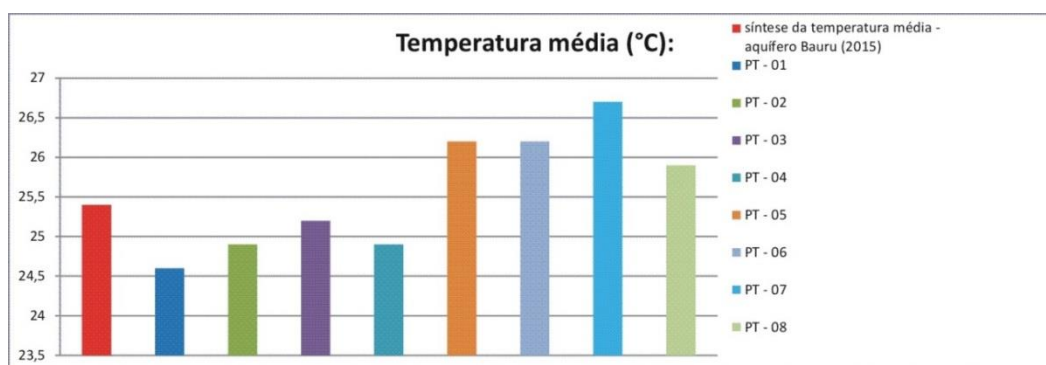
Figura 34 - Resultados de condutividade elétrica, obtidos em campo, comparados aos dados do Relatório de Qualidade das águas subterrâneas de SP.



Fonte: Imagem própria.

Quanto à verificação da temperatura, metade dos pontos analisados, do PT-05 ao PT-08, tiveram suas medições maiores que 25°C, e a outra metade abaixo desse valor médio, conforme pode ser verificado pelo gráfico da Figura 35, que informa as médias das temperaturas dos pontos analisados e a média do aquífero Bauru nos últimos anos. A temperatura constitui outro parâmetro sem valores máximos definidos por lei, representando apenas uma análise qualitativa da condição na qual se encontra o aquífero.

Figura 35 - Resultados da temperatura obtida em campo, comparada aos dados do Relatório de Qualidade das águas subterrâneas de SP.



Fonte: Imagem própria.

Por fim abordando os resultados obtidos das análises dos metais zinco, níquel, cobre e chumbo, a Tabela 7 informa as determinações em duplicatas de cada um dos oitos pontos amostrados, mais o branco. Pelos dados obtidos, verifica-se a presença dos metais zinco e chumbo, e a determinação de traços de níquel e cobre.

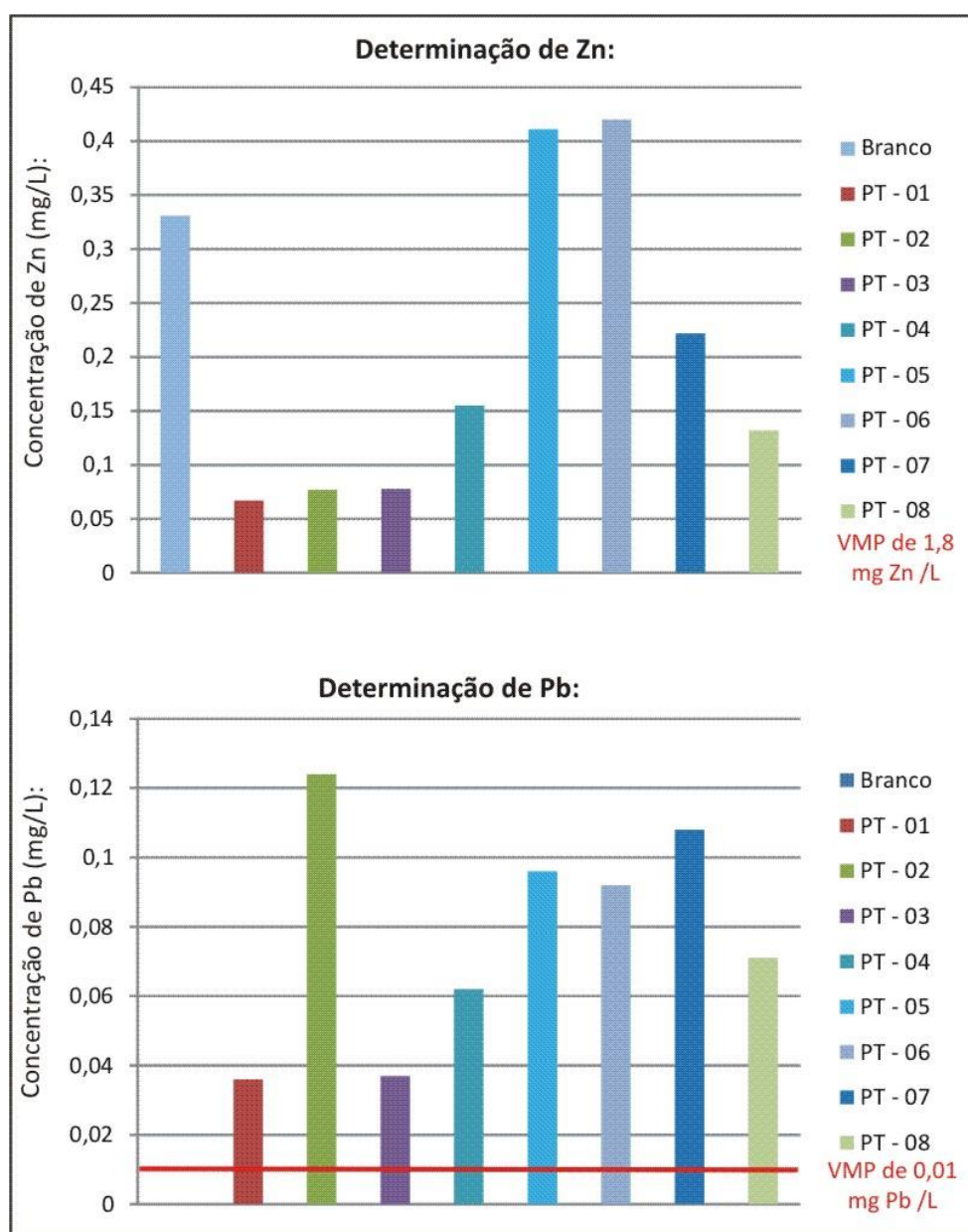
Tabela 7: Resultados obtidos na leitura do EAA dos metais analisados.

Metal analisado: Zinco (unidade: mg/L)				Metal analisado: Níquel (unidade: mg/L)			
Amostras	1º leitura	2º leitura	Média	Amostras	1º leitura	2º leitura	Média
Branco	0,331	--	0,331	Branco	ND ^(a)	--	ND
PT-01	0,067	0,068	0,067	PT-01	ND	ND	ND
PT-02	0,070	0,084	0,077	PT-02	ND	ND	ND
PT-03	0,086	0,071	0,078	PT-03	ND	ND	ND
PT-04	0,146	0,165	0,155	PT-04	ND	ND	ND
PT-05	0,358	0,464	0,411	PT-05	ND	ND	ND
PT-06	0,473	0,368	0,420	PT-06	ND	ND	ND
PT-07	0,299	0,146	0,222	PT-07	ND	ND	ND
PT-08	0,068	0,196	0,132	PT-08	ND	ND	ND
Metal analisado: Cobre (unidade: mg/L)				Metal analisado: Chumbo (unidade: mg/L)			
Amostras	1º leitura	2º leitura	Média	Amostras	1º leitura	2º leitura	Média
Branco	0,001	--	0,001	Branco	ND	--	ND
PT-01	ND	ND	ND	PT-01	0,027	0,046	0,036
PT-02	ND	ND	ND	PT-02	0,144	0,105	0,124
PT-03	ND	ND	ND	PT-03	0,015	0,060	0,037
PT-04	ND	ND	ND	PT-04	0,043	0,082	0,062
PT-05	ND	ND	ND	PT-05	0,134	0,056	0,096
PT-06	ND	ND	ND	PT-06	0,100	0,085	0,092
PT-07	ND	ND	ND	PT-07	0,098	0,119	0,108
PT-08	ND	ND	ND	PT-08	0,034	0,109	0,071

(a) Valores não detectados na leitura do EAA.

A Figura 36 representa graficamente os resultados dos metais que obtiveram valores detectáveis nas leituras feitas no EAA, observa-se que na análise do Zn, o branco obteve uma concentração considerável do metal, mesmo calibrando novamente o equipamento e realizando outra leitura. Isso dificulta a interpretação sobre as concentrações para esse metal, já que não tem comparação direta com um zero, ou próximo do zero. O zinco possui valor máximo permitido (VPM), definido pela Portaria nº 2.914/11, de 1,8mg/L. Constituindo um limite bem superior se comparados a outros metais, e não tendo nenhuma das análises ultrapassando esse limite de potabilidade da água.

Figura 36 - Resultados significativos dos metais Zn e Pb nas análises realizadas.



Fonte: Imagem própria.

Quanto à análise de chumbo, a leitura do Branco não foi detectada pelo equipamento, ou seja, esta abaixo do limite de detecção do EAA, resultando numa análise mais condizente se comparada com o zinco. Todas as amostras resultaram em concentrações de chumbo muito acima do valor máximo permitido para a potabilidade das águas de consumo humano, com limite máximo permitido de 0,1mg/L. Os pontos PT-02 e PT-07, resultaram nas maiores concentração de Pb, lembrando que os VRQ do Aquífero Bauru é de 0,002mg Pb /L.

7.3 Sondagem da condição atual de decomposição dos resíduos no aterro:

As primeiras tentativas de tradagens ao entorno do ponto PT-01, conforme a localização descrita pela Figura 27 no tópico da metodologia. Na primeira foi perfurado 15cm de solo até obstrução do trado por material concretado, muito provavelmente resíduo de material de construção. Na segunda tentativa, agora mais próximo a cerca do terreno, foi perfurado a profundidade total do trado, não sendo encontrado nenhum massa de resíduo enterrado, como pode ser observado pela Figura 37, na qual ilustra essa primeira sondagem, não encontrando muitos resíduos, somente alguns pedaços de isopor branco e materiais retorcidos de difícil identificação do material e da sua provável origem, aparentando ser alguma resina plástica, de coloração escurecida.

Figura 37 - Primeiras tentativas de sondagem no aterro.



(A) Segunda tentativa de sondagem realizada, não encontrando a massa de resíduos aterradas. Perfurado 1,40m, sem uso do extensor do trado.

(B) Alguns fragmentos de resíduos de isopor e material indeterminado na coloração mais escura, encontrados nos primeiros 40cm de solo sondado.

Ainda no primeiro dia de sondagem, foi realizada uma terceira tentativa de sondagem, agora mais para o interior do terreno, nas proximidades do PT-01 (1,30m de distancia da sondagem anterior), sendo atingida a massa de resíduos, numa sondagem de 1,18m de profundidade. O Quadro 10, informa os resultados obtidos e anotados na planilha de campo conforme o andamento da sondagem.

Quadro 10 - Resultados obtidos na investigação de resíduos no ponto PT-01.

Espeçura na sondagem	Resíduos / materiais encontrados	Descrições
0 2cm	- folhas secas; - raízes das gramíneas.	Matéria orgânica compondo a camada do horizonte A alterado, junto com o solo de cobertura.
22cm	- solo avermelhado de cobertura; - fragmentos de isopor e resíduos plásticos .	Trado fragmentou algum material de isopor, em várias pedaços menores. Presença de parte de uma embalagem de feijão, com a coloração opaca. Figura 39 – foto (a).
61cm	- saco de rafia envolto a solo avermelhado mais claro.	Após bloqueamento do trado, foi retirado grande parte de um saco de rafia junto a solos, mais isopor fragmentado e material cinza claro, muito granulado e esfarelado. Figura 39 – foto (b).
108cm	- embalagem de: bala de hortelã, salgadinho Fandangos, chocolate branco da Nestlé. - cartela vazia de comprimidos; - solo mais claro muito desagregado.	Junto a um solo mais seco e bem fino, arenoso, encontrou-se uma variedade de materiais que são possíveis de serem reciclados. Encontrado resíduo sólido de serviço de saúde, ainda que sem nenhum comprimido ainda encapsulado. Figura 39 – fotos (c) e (d).
118cm	- solo avermelhado mais escurecido com grânulos maiores, bem agregado. - fragmentos de: sacolas plásticas , fragmentos de borracha preta e vidros.	Encontrado mais materiais, muitos deles descartáveis como sacolas, embalagens de Tetra Park e alguma embalagem de vidro quebrada, devido ação da sondagem, que começou a bloquear a continuação da perfuração, resultando no fim do levantamento no ponto PT-01.

A Figura 39 ilustra quatro registros fotográficos, feitos nessa primeira sondagem e já descritos no Quadro 10. Dos resíduos encontrados, muitos destes poderiam ser reciclados como as embalagens plásticas e as sacolas plásticas, vistos que tais resíduos são muito pouco degradáveis. A maioria destes resíduos é de origem domiciliar, com exceção da cartela de comprimidos constituindo um resíduo de serviço da saúde, que deveria ter uma destinação diferenciada, do restante dos resíduos.

Figura 39 - Principais resíduos e materiais encontrados na sondagem no ponto PT-01.



Fonte: Imagem própria.

O próximo ponto de sondagem foi o PT-02, cujo local escolhido pra realizar a sondagem, foi numa pequena área de solo exposto, constituindo um local de triagem do gado. O Quadro 11 elenca os principais resultados obtidos nesse segundo dia de sondagem, na qual foi possível alcançar profundidade de 73 cm.

Quadro 11 - Resultados obtidos na investigação de resíduos no ponto PT-02.

Espessura na sondagem	Resíduos / materiais encontrados	Descrições
0	- solo arenoso, de coloração acinzentado.	Solo arenoso nos primeiros 4 cm de sondagem, mudando drasticamente as características, para um solo avermelhado, com maior aderência a parede interna do trado. Figura 40 – foto (a).
22cm	- presença de palha de gramíneas.	
43cm	- presença de algum composto orgânico com muito pouca consistência; - fragmentos de sacola branca misturado junto a um solo avermelhado claro.	Junto ao conglomerado de materiais variados, foram extraídos do aterro uns pequenos agregados orgânicos bem poroso, de coloração esverdeado - acinzentado, com muito pouca adesão misturado junto a fragmentos de sacolas brancas, aparentando ser descarte de sacolas de comida. Figura 40 – foto (b).
61cm	- continua predominando fragmentos de sacolas plásticas junto a um material poroso com muitos particulados, mais solo.	Trado fica enroscado nas sacolas plásticas, dificultando muito a continuação da sondagem, até conseguir romper esse conglomerado. Presença de material de granulometria muito fina, junto a partículas inorgânicas de varias cores e sem indício de umidade, uma vez que a presença das sacolas sobre, deve dificultar a infiltração das águas pluviais nesse ponto. Figura 40 – foto (c).
73cm	- material de coloração avermelhada bem porosos, e fibrosos, pouco agregados e adensados.	Continua a presença de material orgânico decomposto, com pequenos fragmentos de matérias plásticos misturados. Figura 40 – foto (d). Bloqueio do trado por material não identificado. Especula-se ser presença de raízes, devido na proximidade existirem vários troncos cortados de vegetação de médio porte, que depois foram queimados.

Figura 40 - Resíduos e materiais encontrados na sondagem no ponto PT-02.



Fonte: Imagem própria.

Na sondagem do segundo ponto, teve-se o predomínio de solos tecnogênicos, junto a muito resquícios de decomposição de matéria orgânica, como fibras, coloração diferenciada e porosidade alta. Também foi encontrado muitos fragmentos de sacolas plásticas e outros fragmentos plásticos na qual não foi possível classifica-los quanto a origem.

Na sequência será apresentados as principais descrições referentes aos próximos 3 pontos de sondagens, através dos Quadros sínteses 12, 13 e 14, seguidos por alguns registros fotográficos realizado nessas averiguações de campo.

Quadro 12: Resultados obtidos na investigação de resíduos no ponto PT-03.

Espessura na sondagem	Resíduos / materiais encontrados	Descrições
0	- presença de raízes e folhas secas das gramíneas.	Iniciou a sondagem apresentando boa capacidade de tráfego no solo de cobertura encontrado.
16cm	- solo cinza claro, lembrando argila.	Figura 41 – foto (a).
31cm	- solo mais seco, pouco agregado, misturado a fibras ; - fragmentos quebradiços de sacolas plásticas; - presença de embalagens plásticas não passíveis de identificação sua origem.	Rápida mudança das características do solo, passando de acinzentado a avermelhado, numa parte mais coesa e seguindo com solo desagregado, bem poroso e acinzentado claro. Presença de muitas particulados inorgânicos plásticos, fragmentados junto ao solo de variadas cores. Figura 41 – foto (b).
39cm	- solo avermelhado bem agregado, misturado a trapos de tecidos de variadas textura ; - material de borracha, aparentando recortado de câmara de pneu.	Solo úmido imerso a retalhos de panos, tanto de espessura grossa como fina, envolto a uma cordão fino e borracha preta no meio. Figura 41 – foto (c).
47cm	- mais pedaços de tecidos misturados ao solo.	Ao desenrolar um dos pedaços de pano se verificou constituir num esparadrapo de grande comprimento. Esse tipo de pano é muito utilizado em curativos. Figura 41 – foto (d). Na sequência a sondagem foi encerrada devido ao bloqueio persistente da continuação da perfuração.

Figura 41 - Resíduos e materiais encontrados na sondagem no ponto PT-03.



Fonte: Imagem própria.

A realização desse ponto de sondagem, foi uns dos pontos de tradagem que durou menos tempo, devido encontro de poucos obstáculos ao longo da perfuração. Assim teve mais presença de solo tecnogênico, e encontrando mais resíduos próximo ao limite da sondagem, onde o encontro com a massa de resíduos dificultava o avanço do trado.

Foi notado as composições da umidade nos diferentes níveis da sondagem. Muitas vezes associadas a presença de uma aglomerado de resíduos que poça servir de bloqueio para a infiltração em camadas mais profundas. Nesse terceiro ponto da sondagem foi marcado pela presença de um longo esparadrapo, indicando possível presença de resíduos de serviço de saúde no aterro, mas deve-se considerar que tal resíduo possa ter originado por alguma uso doméstico também, onde por falta de orientação, a população descarta os resíduos de saúde junto aos resíduos domiciliares, onde não poderia ter essa mistura de um resíduo Classe I (perigosos) com resíduos Classe II (não perigosos).

Quadro 13: Resultados obtidos na investigação de resíduos no ponto PT-04.

Espessura na sondagem	Resíduos / materiais encontrados	Descrições
0	- fina camada orgânica natural do solo, com palha das folhas secas e raízes.	Presença da iniciação da serrapileira, devido a presença das gramíneas no ponto analisado.
2cm	- solo cinza claro.	
27cm	- solo de cobertura avermelhado.	Uma das mais espessas camadas de solo encontrado até então nas sondagens investigatórias. Figura 42 – foto (a).
43cm	- solo avermelhado com cor mais escurecida, mistura com recortes de espuma amarela. - pedaços de embalagens plásticas de molho de tomate e pirulito ao meio de fragmentos de sacolas plásticas.	Nessa profundidade o trado começou a trepidar, avançando lentamente na sondagem, indo cortando o objeto de espuma compactado ali presente. Figura 42 – foto (b).
	- embalags plásticas de pão de forma, chocolate branco e fragmentos do copinho de Danoninho misturado com solo avermelhado, mais pedaços isolados e indeterminados de resíduos plásticos.	Essa etapa teve menor espessura, devido algum material começar bloquear a ação do trado. Depois de muita persistência, resolvi começar ou furo ao lado, na tentativa de chegar no matéria aterrado. Figura 42 – foto (c).
47cm	- tentativa de driblar o bloqueio encontrado na tradagem, perfurando ao lado, a fim de extrair os resíduos presentes. - presença de um aglomerado de graúdas descartáveis.	Após tradar uns 45cm de profundidade chegou ao objeto plástico que embolava o trado bloqueando a sondagem. Sendo encontrado um conjunto de fraudas. Após tirar duas, confirmando o aglomerado desses materiais, foi finalizado a sondagem devido a dificuldade em continuar a tradagem. Figura 42 – foto (d).

Figura 42 - Resíduos e materiais encontrados na sondagem no ponto PT-04.



Fonte: Imagem própria.

Praticamente inexistente a espessura orgânica, nas sondagens até então realizadas, com uma singela camada tecnogênica de cobertura, não se pode associar ao horizonte O, comum em áreas com solo com forte presença de vegetação já bem consolidada, sendo o correto a denominação de camada AP alterado. Assim, não temos a ocorrência do processo pedogenético, um dos danos diretos, causado pelo aterro.

Novamente foi encontrado muitos fragmentos de embalagens plásticas, passíveis de serem recicladas, mas que ainda encontra-se muito presente nas sondagens até então realizadas no aterro, mostrando o alto índice de descartabilidade das embalagens dos produtos, principalmente alimentícios. Os plásticos em geral apresentavam com pouco estado de decomposição, no mais a coloração dos dizeres encontram-se desbotados.

Quadro 14: Resultados obtidos na investigação de resíduos no ponto PT-05.

Espeçura na sondagem	Resíduos / materiais encontrados	Descrições
0	- folhas secas; - raízes das gramíneas.	Resquícios de matéria orgânica natural do solo, devido a presença da vegetação rasteira.
2cm	- solo marrom claro.	
21cm	- solo avermelhado de cobertura; - aglomerado de sacolas plásticas, fragmentadas pelo trado.	Trado fragmentou um conjunto de sacolas plásticas enterradas, chegando até bloquear o processo de tradagem. Figura 43 – foto (a).
27cm	- mais sacola plástica; - conglomerado de solo com inúmeras partículas plásticas triturado junto; - fragmentos de vidro alaranjado.	Presença de material plástico quase que moído junto ao solo, levanta a hipótese que seja um solo com resíduos muito revirado pelos maquinários no período de funcionamento do aterro. Presença de vidro bloqueia a sondagem, tendo que tentar quebrar este material para dar prosseguimento da sondagem. Figura 43 – foto (b).
35cm	- conglomerado de sacolas com solo negro, materiais plásticos e pilha tipo AA tamanho médio da marca Eveready.	Junto a uma mistura predominante de sacolas plásticas, foi encontrado uma pilha alcalina bem corroída em suas extremidades, e outra cortada ao meio, muito possivelmente devido a tradagem. Estranha presença de um solo negro, aparentando que essa massa ainda possa estar com o processo de decomposição ativa, gerando chorume. Figura 43 – foto (c).
51cm	- mistura de solo avermelhado junto a inúmeras partículas plásticas triturada junto; - embalagem: açúcar da marca Alto Alegre, suco em pó da marca ki-suco, Treta Park; - saco de rafia.	Foram encontrados mais resíduos plásticos descartáveis e passíveis de reciclagem. Devido ao encontro de um conglomerado de sacos de rafia, a perfuração foi novamente comprometida, finalizando esse último ponto da sondagem investigatória no aterro. Figura 43 – foto (d).

Figura 43 - Resíduos e materiais encontrados na sondagem no ponto PT-05.



Fonte: Imagem própria.

No último dia de realizações das sondagens, foi encontrado uma alta variedade de resíduos, num só ponto. Como nas outras verificações, teve-se o predomínio das sacolas plásticas, e de embalagens também plásticas constituindo resíduos de origem doméstica, até ocorrência de cacos de vidros alaranjados. Quanto a proporção de resíduos encontrados, citando na ordem decrescente de quantidade encontrada cito: os fragmentos de sacolas plásticas predominando em todas as sondagens; as embalagens plásticas (balas, açúcar, suco em pó, chocolate, feijão, pão de forma, salgadinhos dentre outros produtos); embalagens plásticas mais rígidas, muitos delas não sendo possível levantar sua origem, devido o trado fragmentar; panos e sacos de rávia; cacos de vidro e por fim resíduos da Classe I.

Interessante relatar que o conglomerado de resíduos na qual se encontrava as pilhas (resíduos da Classe I perigosos, com as características de reatividade, corrosividade e toxicidade), tinha coloração muito escurecida, até então não encontrado. Uma vez os polos das pilhas estarem bem corroídos, sua presença poderia ser o motivo que explicaria essa característica de decomposição que destoa dos resultados anteriores até então encontrados.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS:

O aterro em estudo está localizado próximo ao topo de uma colina, numa área com pouca declividade, cerca de 4%, inserido numa região de predomínio dos latossolos e argissolos vermelhos, com características de serem solos profundos, bem friáveis (baixo nível de compactação e adensamento), com tendência de serem solos ácidos e baixa resistência a erosões, conforme descrito por SOARES (2015).

Logo se suspeita que as águas subterrâneas tenderem a pH mais baixo devido a característica ácida dos solos da região, e encontrados todos os poços com pH com suas águas com carácter ácido. Os poços mais preocupantes foram dos pontos PT-04, PT-05 e PT-03 com pH menores que 6,0, já considerados pela Portaria 2.914 de 2011, como águas não recomendadas para consumo humano. Se ingeridas por 10 ou 20 anos podem causar gastrites, úlceras ou complicações maiores de saúde, como câncer de estômago. Seria então necessário a instalação de bombas dosadoras na saída desses poços, para aplicar reagentes neutralizantes de pH, a fim de adequar a potabilidade referente ao pH.

Quanto aos valores de condutividade elétrica, verificou-se que os poços dos pontos PT-01, PT-02 e PT-07, possuem condutividade acima do valor de referência de qualidade para o aquífero Bauru, indiciando a presença considerável de metais dissolvidos, ou sais. Por outro lado, tais resultados da condutividade, não transmitem qualquer impedimento quanto à potabilidade da água, não sendo um parâmetro de qualidade da água.

Como relatado anteriormente, os proprietários dos poços dos pontos PT-01 e PT-02, comentaram características presente, que relaciona como fatores de dureza, não podendo afirmar neste momento, que seja dureza temporária (marcada pela grande presença de carbonatos e magnésio) ou dureza permanente (presença dos íons do cálcio ou magnésios formando sulfatos, cloretos, nitratos e outros sais). O primeiro tipo de dureza é facilmente resolvida, bastando ferver a água a ser utilizada, promovendo a precipitação dessas substâncias químicas. Agora o segundo tipo de dureza não pode ser revertida pelo aquecimento da água, sendo necessário o uso de bombas dosadoras para um produto comercial, denominado Econox, na qual reduzirá drasticamente a dureza da água, além de diminuir as incrustações formadas na rede hidráulica das propriedades em questão.

Quanto à temperatura foi verificado que as análises resultaram numa faixa de 24° a 27°C. Portanto no geral os poços amostrados obtiveram temperatura pouca amena, não caracterizando como um problema de potabilidade, uma vez que a temperatura não constitui

um parâmetro que traga grandes problemas, somente servindo de fator de interferência nas reações químicas, como também na forma e mobilidade dos metais pesados.

Foi verificado que os poços dos pontos PT-05 ao PT-08, temperaturas mais elevadas, sendo esses poços de menores profundidades e estando presentes em altitudes menores, principalmente os pontos PT-05 e PT-08. Além dessas considerações anteriores, ressalto as profundidades das bombas, principalmente nos pontos PT-05 e PT-07, com as menores profundidades de captação subterrânea. Assim, surge a hipótese de que quanto mais raso está o poço, mais alta tende ser a temperatura da água subterrânea. Uma vez que, na condição contrária, temos que o poço mais profundo (PT-01), obtendo menor temperatura média do todos os pontos analisados.

Quanto as análises dos metais pesados Cu, Ni, Pb e Zn, foi verificado a presença de elementos traços de Ni e Cu, enquanto aos metais Zn e Pb, obtendo valores consideráveis, mas somente o metal Pb com concentração acima do valor máximo permitido para potabilidade das águas para consumo humano, logo esses oito poços, contaminados estão contaminados por chumbo. Estudos recentes demonstraram que na região do oeste paulista é marcada pela presença de falhas geológicas, e por tal característica geológica, verificou-se o decaimento nuclear do Radônio (elemento quimicamente instável), que com o passar dos anos, vem a se transformar no elemento chumbo, aumentando a concentração deste nas rochas e consecutivamente nos solos, ou seja, a presença marcante do chumbo, é devido a um fenômeno natural.

Apesar das considerações anteriores sobre a presença do Pb, MARQUES (2011), relata que esse metal possui muito pouca baixa mobilidade nos solos, logo sendo de difícil remoção, ligando-se às partículas do solo por adsorção, troca catiônica, precipitação e complexação com a matéria orgânica sorvida. Informa também que as formas do Pb encontrados no solo, são: íon dissolvido, íon trocável, carbonato e oxi-hidróxido, orgânico ou precipitado.

Assim, a alta concentração do Pb nas águas subterrâneas, não poderia ser somente devido a presença do aterro controlado encerrado, mas por motivos naturais da composição e mudanças naturais que a rocha local vem sofrendo. Deve-se considerar também os possíveis erros na execução da análise, como na performance do EAA (última averiguação no ano de 2010), até mesmo uma possível liberação de metais pelo processo de corrosão das bombas dos poços.

No aterro foram identificados vários casos de descuido do poder público municipal em relação à manutenção e monitoramento do ex-aterro. Como abordado nos resultados, tem-se a

necessidade da adequação de: estruturas de desvio das águas pluviais como provindo dos escoadas da estrada ao lado; retirada dos gados ali presente; correção do nível do solo de cobertura nos pontos de subsidência; inserir sinalização, informando quanto aos possíveis perigos ao se adentrar no terreno, e para auxiliar no isolamento deste terreno, recompor a vegetação de entorno (barreira verde), e recuperar um foco erosivo.

Em seu período ativo, a Cetesb classificou o aterro como adequado, uma avaliação a ser revista, questionada, pois os resultados levantados demonstraram: terreno com pequena área para se instalar um aterro controlado, não suportando 15 anos de vida útil (idade mínima descrita pela NBR 13.896); falta de impermeabilização do solo nas valas (solos do local são bem friáveis); proximidade à residências, tendo distâncias menores que 500m, conforme estabelecido pela NBR13.896 (casa sede de um sítio tida como consolidada, verificado que está a distância menor de 30m).

Apesar do aterro obter boas avaliação no IQR, quanto a distância maior de 200m de corpos de água superficiais, profundidade maior de 3m dos corpos freáticos subterrâneos e distância das áreas de preservação permanente (maiores que 500m), bem como estar num local topograficamente aceitável. Mas deve-se considerar também a distância do aterro até a área urbana, estando o atual como o desativado aterros controlados do município, às distâncias inferiores a 2Km. Importante ressaltar que a região encontra-se em franca expansão urbana em direção ao Bairro Reservado, com implementação de dois condomínios, além de uma unidade da escola SESI, e tendo a literatura sugerindo valores de distâncias mínimas de 5Km de distância entre o aterro e a área urbana.

A falta de manutenção nos aterros é crucial para minimização dos impactos ambientais, e nesse estudo foi verificado um exemplo de caso e que deve ocorrer muitos casos parecidos pelo Brasil, principalmente em pequenas cidades, não tendo a elaboração dos Planos de Encerramento, como sua implementação, inexistindo o acompanhamento dessas áreas, fornecidos as mínimas condições de manutenção.

9. REFERÊNCIAS:

Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015**. Abrelpe, 2015. 92 f.

ALCANTARA, A. J. O. **Composição gravimétrica dos resíduos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres – MT**. 2010. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade Estadual de Mato Grosso, Cáceres, MT, Brasil. Disponível em: <<http://www.unemat.br/prppg/ppgca/teses/2010/02.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

ÁLVARES MACHADO, **Prefeitura Municipal**. Disponível em: <http://www.alvaresmachado.ps.gov.br/arquivos_/historia.pdf>. Acesso em: 16 de novembro de 2016.

APHA. **Standard methods: for examination of water and wastewater**. 21th ed. Baltimore: APHA, AWWA, WPCP, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – ABNT. **Apresentação de projetos de aterro sanitários de resíduos sólidos urbanos – procedimento**; NBR 8.419. Rio de Janeiro, 1996. 7 f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – ABNT. **Apresentação de projetos de aterro controlados de resíduos sólidos urbanos - Procedimento**; NBR 8.849. Rio de Janeiro, 1985. 9 f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – ABNT. **Resíduos sólidos – Classificação**; NBR 10004. Rio de Janeiro, 2004. 77 f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – ABNT. **Aterros de resíduos não perigosos – Critério para projeto, implantação e operação**; NBR 13896. Rio de Janeiro, 1997. 12 f.

BARROS, R. T. V. **Elementos de Gestão de resíduos sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012. Cap. 2, 3, 4 e 9.

BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 248 f.

BRASIL. COMITE DA BACIA HIDRGRÁFICA DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE. **Relatório Zero de Situação dos Recursos Hídricos das UGRHI 20 e 21**. Disponível em: <<http://cbhap.org/publicacoes/relatorioz/>>. Acesso em novembro de 2016. 228 f.

BRASIL. COMITE DA BACIA HIDRGRÁFICA DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2014 – ano base 2013**. Disponível em: <<http://cbhap.org/publicacoes/relatorios/>>. Acesso em novembro de 2016. 59 f.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Lei/L12305.html>. Acesso em: 12 nov. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama n. 01, de 17 de fevereiro de 1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental**. Alterada pelas Resoluções n.05, de 1987, n. 11, de 1987, e n. 237, de 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama n. 396, de 7 de abril de 2008. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 27 de nov. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama n. 404, de 11 de novembro de 2008. **Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=592>>. Acesso em: 27 nov. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama n. 420, de 30 de dezembro de 2009. **Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.** Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 27 de nov. 2016.

CHAVES, E. V. **Absorção de metais pesados se solos contaminados do aterro sanitário e pólo industrial de Manaus pelas espécies de plantas *Senma multijuga*, *Schizolobium amazonicum* e *Caesalpinia echinata*.** 2008. 67 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) Universidade Federal do Amazonas - UFAM. Manaus, Amazônia, Brasil. Disponível em: < <http://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/3107/1/Tese%20Edson%20Valente.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Mapa de destinação de resíduos sólidos. UGRHI 21. Município de Álvares Machado.** Disponível em: < http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/mapa_ugrhis/mapa.php#>. Acesso em: 7 dez. 2016.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo 2013 - 2015.** Disponível em: < http://aguassubterraneas.cetesb.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/42/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasSubterraneas2015_Web_20-07.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2017.

EZAKI, S.; IRITANI, M. A. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo.** Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA e Instituto Geológico - IG (Caderno de educação ambiental 1). 3 ed. São Paulo: SMA, 2012. 104 f.

FRANÇA, M. L. S. **Estudo dos impactos ambientais gerados pelo chorume do aterro controlado de Morretes – PR.** 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) Centro Universitário Positivo – UnicenP, Curitiba, PR, Brasil. Disponível em: <http://www.nossolitoral.doparana.com/arquivos/trabalho/phpl/WPIja_1081795938.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2016.

GOMES, T. L. **Avaliação Quali-quantitativa do percolado gerado no aterro controlado de Santa Maria – RS**. 2005. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_arquivos/20/TDE-2007-12-06T165830Z-1102/Publico/TIAGO%20GOMES.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: 12 de novembro de 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – 2008**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: 12 de novembro de 2016.

IWAI, C. K.; ASSUMPÇÃO, M. H. P. L. (coord.) **Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos 2015**. CETESB, São Paulo: Companhia ambiental do estado de São Paulo, 2016. 110 f.

LIMA, V. L. **Condições mínimas para o encerramento de áreas que abrigaram resíduos sólidos domiciliares**. 2011. 83 f. Trabalho de conclusão (Bacharel em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, São Paulo, Brasil. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119662/lima_vl_tcc_guara.pdf?sequence=1>. Acesso em: 3 nov. 2016.

MANSOR, M. T. C et al. **Resíduos sólidos**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA, Coordenadoria de Planejamento Ambiental (Caderno de educação ambiental 6). 2. ed. São Paulo: SMA, 2013. 165 f.

MARQUES, R. F. P. V. **Impactos ambientais da disposição de resíduos urbanos no solo e na água superficial em três municípios de Minas Gerais**. 2011. 95 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras. Lavras. Minas Gerais. Brasil. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3047/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Impactos%20ambientais%20da%20disposi%C3%A7%C3%A3o%20de%20res%C3%ADduos%20s%C3%B3lidos%20urbanos%20no%20solo%20e%20na%20%C3%A1gua%20superficial%20em%20tr>

%C3%AAs%20munic%C3%ADpios%20de%20Minas%20Gerais.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2016.

RIBEIRO, D. V.; MORELLI, M. R. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade?** Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 158 f.

RUSSO, M. A. T. **Avaliação dos processos de transformação de resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário.** 2005. 320f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade do Minho. Escola de engenharia. Minho. Portugal. Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/7126/1/TESE%20PhD%20Vers%25C3%25A3o%20Final.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

SOARES, F. B. **Planejamento e zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do manancial Balneário da Amizade nos municípios de Álvares Machado e Presidente Prudente.** 2015. 226 f. Dissertação (Mestre em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Disponível em: <http://www2.fct.unesp.br/pos/geo/dis_teses/15/ms/fernanda_soares.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2016.

TROMBETA, L. R. **Planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Guaiaçarinha, município de Álvares Machado, São Paulo, Brasil.** 2015. 205 f. Dissertação (Mestre em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/132072>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

VILHENA, A. (coord.). **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado.** 3. ed. São Paulo: CEMPRE, 2010. 324 f.

VINHA, T. M. **Mapeamento geomorfológico da área urbana e adjacências da cidade de Álvares Machado – SP.** 2011. Dissertação (Mestre em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Disponível em: <<http://www2.fct.unesp.br/semanas/geografia/2011/geografiaambientaledasaude/TCGAS11%20%20Tiago%20Medici%20Vinha.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

ANEXO A :

Resultados dos Parâmetros da Análise físico-química de campo:

Poço: Marcos Franco (PT-01) Dia 11/12/16Profundidade do Poço: 130 m. Horário: 10 h 25 min.Profundidade da Bomba: 96 m

PH	6,84	6,88	6,86
Temperatura:	23,9°C		

Condutividade:	284,7		
Temperatura:	25,4°C		

Resultados dos Parâmetros da Análise físico-química de campo:

Poço: Ivonele Felipa (PT-02) Dia 11/12/16Profundidade do Poço: 75 m. Horário: 10 h 50 min.Profundidade da Bomba: 60 m

PH	6,96	6,93	6,91
Temperatura:	24,3		

Condutividade:	357,7		
Temperatura:	25,5		

Resultados dos Parâmetros da Análise físico-química de campo:

Poço: Hamilton (PT-03) Dia 11/12/16Profundidade do Poço: 75 m. Horário: 11 h 15 min.Profundidade da Bomba: 60 m

PH	6,56	6,54	6,52
Temperatura:	24,3°C		

Condutividade:	106,9		
Temperatura:	26,1°C		

Resultados dos Parâmetros da Análise físico-química de campo:

Poço: Wilson Silvestrino (PT-04) Dia 11/12/16Profundidade do Poço: 85 m. Horário: 11 h 50 min.Profundidade da Bomba: 50 m

PH	5,29	5,23	5,20
Temperatura:	24,6°C		

Condutividade:	91,97		
Temperatura:	25°C		

Resultados dos Parâmetros da Análise físico-química de campo:

Poço: banco (PT-05) Dia 11/12/16
 Profundidade do Poço: 60 m. Horário: 12 h 15 min.
 Profundidade da Bomba: 40 m

PH	6,00	5,97	5,94
Temperatura:	25,4 °C		
Condutividade:	112,1		
Temperatura:	27 °C		

Resultados dos Parâmetros da Análise físico-química de campo:

Poço: Roney (PT-07) Dia 11/12/16
 Profundidade do Poço: 68 m. Horário: 14 h 10 min.
 Profundidade da Bomba: 54 m

PH	6,60	6,57	6,55
Temperatura:	25,7 °C		
Condutividade:	188,9		
Temperatura:	26,8 °C		

Resultados dos Parâmetros da Análise físico-química de campo:

Poço: Salato (PT-07) Dia 11/12/16
 Profundidade do Poço: 80 m. Horário: 14 h 25 min.
 Profundidade da Bomba: 40 m

PH	6,89	6,84	6,81
Temperatura:	25,9		
Condutividade:	283,5		
Temperatura:	28,6°C		

Resultados dos Parâmetros da Análise físico-química de campo:

Poço: Clóvis (PT-08) Dia 11/12/16
 Profundidade do Poço: 75 m. Horário: 14 h 45 min.
 Profundidade da Bomba: 60 m

PH	6,78	6,72	6,67
Temperatura:	25,2		
Condutividade:	201,6		
Temperatura:	26,8°C		