

ANDRÉ OLIVEIRA SOARES PESSANHA

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS NO ENTORNO DO ATERRO SANITÁRIO DE VISCONDE DO RIO
BRANCO – MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011**

ANDRÉ OLIVEIRA SOARES PESSANHA

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS NO ENTORNO DO ATERRO SANITÁRIO DE VISCONDE DO RIO
BRANCO – MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 15 de fevereiro de 2011.

Prof. Roberto Francisco Azevedo
Co-orientador

Prof. Sergio Tibana

Prof. Eduardo Antônio Gomes Marques
Orientador

Dedico este trabalho aos meus pais, Sérgio e Leila, pilares de minha formação moral e acadêmica, aos meus irmãos companheiros, Guilherme e Marcelo, aos amigos desta jornada de estudo, que estiveram ao meu lado me dando todo apoio necessário, e ao amigo orientador Prof. Eduardo Marques.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me fornecer todas as ferramentas necessárias para estar aqui hoje finalizando mais esta etapa de vida.

Aos meus pais pelo apoio irrestrito em todos os momentos vividos, pela dedicação e os sacrifícios realizados em função de uma educação de qualidade.

Aos meus irmãos, pela amizade incondicional.

Aos amigos que ganhei nesta jornada, Cátia de Paula Martins, Ciro Portela, Marcos Pereira, Ana Amélia Tinôco, Aline Heleno, Mariana Deusdará, Marcelo Beloni, Tadeu Torquato e Cristina Figueiredo.

Às estudantes Geanne Brito, Luiza Betim e Thaís Felicori pela disponibilidade e ajuda durante o período de pesquisa.

À Luana Caetano pelo companheirismo, amizade, apoio e pela força nos momentos de desânimo.

Aos funcionários do aterro sanitário de Visconde do Rio Branco, Maurício e Rui, pelo esforço e dedicação no trabalho, e pela colaboração dada sempre que solicitado.

Ao estudante Luciano Gomes pela ajuda prestada durante a etapa de campo.

Ao amigo Ricardo Oliveira Filho pela tamanha gentileza na ajuda da elaboração de mapas.

Ao professor amigo Eduardo Marques, pela orientação nessa caminhada.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À UFV pela excelência do ensino.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO.....	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Considerações Gerais.....	10
1.2. Objetivos	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1. Introdução	13
2.2. Águas subterrâneas	14
2.3. Monitoramento da água subterrânea	17
2.4. Caracterização da qualidade da água.....	20
2.5. Trabalhos semelhantes	22
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	30
3.1. Localização e acesso	30
3.2. Relevo	32
3.3. Clima	36
3.4. Geologia.....	37
3.5. Solos	41
4. MATERIAIS E MÉTODOS	44
4.1. Generalidades	44
4.2. Coleta e análise da água.....	44
4.3. Área de estudo	47
4.4. Hidrografia e Uso da Água a Jusante do Aterro Sanitário	48
4.5. Caracterização do solo local	48
4.6. Plano de monitoramento da qualidade das águas	49
4.7. Levantamento Planialtimétrico da área	51
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	54
5.1. Monitoramento da qualidade da água	54
6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	72
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	78
ANEXO 01.....	79
ANEXO 02.....	87
ANEXO 03.....	95
ANEXO 04.....	98
ANEXO 05.....	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Temperaturas Médias Mensais do Município de Visconde do Rio Branco.	36
Quadro 3.2- Precipitações Médias Mensais do Município de Visconde do Rio Branco.	37
Quadro 4.1 - Permeabilidades dos Solos.....	49
Quadro 4.2 – Métodos utilizados para as análises de qualidade da água.	50
Quadro 5.1 – Coordenadas geográficas dos poços de monitoramento.	54
Quadro 5.2 – Valores comparativos entre precipitação média mensal e variação do NA.	55
Quadro 5.3 – Padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/08 e pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde.	56
Quadro 5.4 – Resumo das não conformidades encontradas para as águas subterrâneas.	69
Quadro 5.5 –Concentrações de metais pesados em diversos percolados de aterros sanitários.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Visão geral do lixão de Valparaíso (GO).....	13
Figura 2.2 – Corte da seção de um aterro sanitário.	13
Figura 2.3 – Ciclo hidrológico.....	14
Figura 2.4 – Representação esquemática da distribuição vertical da água no solo e subsolo.....	16
Figura 2.5 – Principais atividades humanas poluidoras do lençol freático.	18
Figura 2.6 – Mecanismos de migração de contaminantes em um aterro de resíduos. ..	19
Figura 3.1 – Localização da Cidade de Visconde do Rio Branco (Fonte: AZEVEDO, 2002).	30
Figura 3.2 – Principais acessos rodoviários ao município de Visconde do Rio Branco..	31
Figura 3.3 – Geomorfologia da área de estudo.....	32
Figura 3.4- Vegetação da Zona da Mata Mineira.	35
Figura 3.5 - Temperaturas Médias Mensais do Município de Visconde do Rio Branco. 36	
Figura 3.6 - Precipitações Médias Mensais do Município de Visconde do Rio Branco. 37	
Figura 3.7- Mapa geológico regional da região de Visconde do Rio Branco.....	40
Figura 3.8 - Mapa de solos presente na área de estudo.....	43
Figura 4.1 – Introdução do <i>bailer</i> no poço de amostragem.	45
Figura 4.2 – Medição do nível freático utilizando o “apito”.	46
Figura 4.3 – Vista geral da área na qual foi implantado o aterro sanitário.	47
Figura 4.4 – Levantamento planialtimétrico da área estudada.....	52
Figura 4.5 – Topografia e imagens do local.	53
Figura 5.1 – Comparação entre precipitação média mensal e variação do NA.....	55
Figura 5.2 – Variação do parâmetro E. Coli.	58
Figura 5.3 – Variação do parâmetro OD.	58
Figura 5.4 – Variação do parâmetro DBO.	59
Figura 5.5 – Variação do parâmetro Turbidez.	59
Figura 5.6 – Variação do parâmetro Cor.....	60
Figura 5.7 – Variação do parâmetro Nitrato.	60
Figura 5.8 – Variação do parâmetro pH.	61
Figura 5.9– Variação do parâmetro Cloreto	61

Figura 5.10 – Variação do parâmetro Pb .	62
Figura 5.11 – Variação do parâmetro Cr.	62
Figura 5.12 – Variação do parâmetro Mn.	63
Figura 5.13 – Variação do parâmetro Ni	63
Figura 5.14 – Variação do parâmetro Cd.	64
Figura 5.15 – Variação do parâmetro Zn.	64
Figura 5.16 – Variação do parâmetro Cond. Elétrica.	65
Figura 5.17 – Variação do parâmetro Temperatura.	65
Figura 5.18 – Variação do parâmetro Sólidos Totais.	66
Figura 5.19 – Variação do parâmetro DQO.	66
Figura 5.20 – Variação do parâmetro Alumínio Total	67
Figura 5.21 – Variação do parâmetro Ferro Total.	67
Figura 5.22 – Variação do parâmetro Cobre.	68

RESUMO

PESSANHA, André Oliveira Soares, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Avaliação da contaminação por metais pesados das águas subterrâneas no entorno do aterro sanitário de Visconde do Rio Branco – MG.** Orientador: Eduardo Antônio Gomes Marques. Co-orientadores: Roberto Francisco de Azevedo e Enivaldo Minette.

É de conhecimento que o percolato proveniente da decomposição da matéria orgânica do lixo pode representar um perigo ao meio ambiente, pois é altamente poluidor. Logo, este trabalho objetiva avaliar a qualidade da água subterrânea no entorno do aterro sanitário do município de Visconde do Rio Branco (MG). Resultados obtidos indicam teores superiores aos estipulados pela resolução CONAMA 396/08 dos parâmetros Cor, Turbidez, DBO, OD, Chumbo, Manganês, Crômio, Níquel, E.Coli. Este fato indica que o manejo do lixo está sendo feito de maneira incorreta e que existem fontes pontuais de contaminação dentro da massa de resíduos. A origem deste comportamento também pode ser justificada pelo funcionamento inadequado das lagoas de tratamento do chorume. Também foi observado que a variação do nível d'água (NA) segue a tendência de intensidade de chuvas da região e que o fluxo subterrâneo coincide com o fluxo superficial.

ABSTRACT

PESSANHA, André Oliveira Soares, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2011. **Evaluation of the contamination by heavy metals of the groundwater around the landfill of Visconde do Rio Branco - MG.** Advisor: Eduardo Antônio Gomes Marques. Co-Advisors: Roberto Francisco de Azevedo and Enivaldo Minette.

It is known that the leachate from the decomposition of organic waste represents a danger to the environment, and it is highly pollutant. Therefore, this study aims to evaluate the quality of groundwater around the landfill in the municipality of Visconde do Rio Branco (MG). Results indicate high levels superior than those recommended by CONAMA resolution No. 396/08 of the parameters color, turbidity, biochemical oxygen demand, dissolved oxygen, Lead, Manganese, Chromium, Nickel and E. Coli. This fact indicates that waste management is being done incorrectly and there are sources of contamination within the mass of waste. The origin of this behavior can be justified by the malfunctioning of the manure treatment lagoons. It can be also observed that the variation of water level follows the trend of rain intensity and that the phreatic groundwater flow coincides with the superficial flow.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Gerais

A água é um bem natural essencial à manutenção da vida e equilíbrio dos ecossistemas em nosso planeta, porém este recurso vem sofrendo forte degradação em função do progresso desordenado das nações e do desenvolvimento não sustentável da sociedade. Este quadro se torna ainda mais preocupante quando alguns dados são avaliados.

Embora o volume total de água existente na Terra seja de 1.386 milhões de km³, 97,5 % deste total é constituído pelos oceanos, mares e lagos de água salgada. Na parte formada pela água doce, mais de 2/3 estão nas calotas polares e geleiras, inacessíveis para o uso humano pelos meios tecnológicos existentes. Vendo as coisas dessa forma, restam apenas cerca de 1% da água para a vida nas terras emersas. Nesta parcela a água subterrânea corresponde a 97,5%. Grande parte da água doce consumida por nós não está ao alcance de nossos olhos, pois se encontra armazenada nos vazios presentes nos solos ou em rochas.

As águas subterrâneas, quando comparadas com as águas superficiais, apresentam a vantagem de se encontrarem protegidas de agentes poluidores, porém certas atividades antrópicas têm comprometido de maneira significativa a qualidade deste recurso hídrico que, segundo SANTOS (1996), corresponde a 51% do suprimento de água potável no Brasil.

A disposição final de resíduos sólidos é uma das atividades humanas responsáveis pela contaminação de aquíferos, principalmente quando executados de maneira incorreta ou sem a utilização de parâmetros da engenharia. De acordo com CARVALHO (2002), o Brasil produz cerca de 100.000 toneladas/dia de resíduos sólidos de origem domiciliar e grande parte dele é depositada desordenadamente em lixões. Assim, milhares de municípios brasileiros não possuem tratamento adequado para os resíduos, provocando uma série de impactos sanitários, sociais, ambientais e econômicos.

Uma das grandes preocupações ambientais quanto a empreendimentos de disposição final de resíduos sólidos diz respeito ao contato do líquido produzido pela decomposição da matéria orgânica com a água subterrânea. Este líquido, altamente poluidor, é conhecido por chorume. Tem por característica uma coloração cinza escuro com forte odor fétido, é gerado a partir de reações físicas e químicas a que os materiais depositados estão sujeitos, e da ação de microrganismos na decomposição da matéria orgânica presente em elevada concentração nos resíduos sólidos urbanos (RSUs). Constitui-se basicamente, no caso de RSUs, em água rica em sais, metais pesados e matéria orgânica, podendo a concentração dessa última atingir níveis de até 100 vezes o valor da concentração de matéria orgânica em esgotos domésticos. As concentrações desses constituintes no percolado variam de acordo com a composição dos próprios resíduos sólidos depositados e com as condições ambientes como a umidade, o oxigênio disponível, a temperatura e o pH do meio (JESUS, 2004). Tal preocupação é justificável, pois o tempo médio de permanência da água nos depósitos subterrâneos é de 1.400 anos, contra apenas 16 dias para a água fluvial, segundo REBOUÇAS (2002). Assim, de maneira geral, o acúmulo de poluentes em aquíferos representa um dano ambiental considerável, visto que a renovação de suas águas ocorre de maneira lenta, ao passo que em águas superficiais existe a renovação do recurso com uma frequência maior.

Com o intuito de evitar que o chorume se infiltre no terreno, e alcance o nível d'água sem qualquer tipo de tratamento, se faz necessário dentro de empreendimentos como aterros sanitários a construção de lagoas de tratamento, a fim de devolver o efluente proveniente da decomposição da matéria orgânica em condições aceitáveis ao meio ambiente. Portanto, é importante conferir através das práticas da engenharia a eficiência dos sistemas de tratamento do percolado, impermeabilização e drenagem, através da verificação da qualidade da água subterrânea local, objetivando realizar uma comparação entre os valores máximos permitidos na legislação vigente e os parâmetros analisados, para que caso haja alguma irregularidade, medidas de correção possam ser efetuadas a fim de se minimizar tal passivo ambiental.

1.2 Objetivos

A presente dissertação de mestrado tem como objetivo avaliar qualidade da água subterrânea no entorno da área de disposição final de resíduos sólidos urbanos (ADFRSU) do município de Visconde do Rio Branco. Neste sentido, foram executadas atividades de campo e análises laboratoriais das amostras de campo, seguindo as recomendações da norma CETESB 6410/88.

Como objetivos específicos, podem ser listados:

- Coletar e analisar físico-quimicamente amostras de água.
- Avaliar a ocorrência de contaminantes físico-químicos nas águas subterrâneas do aquífero freático local;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

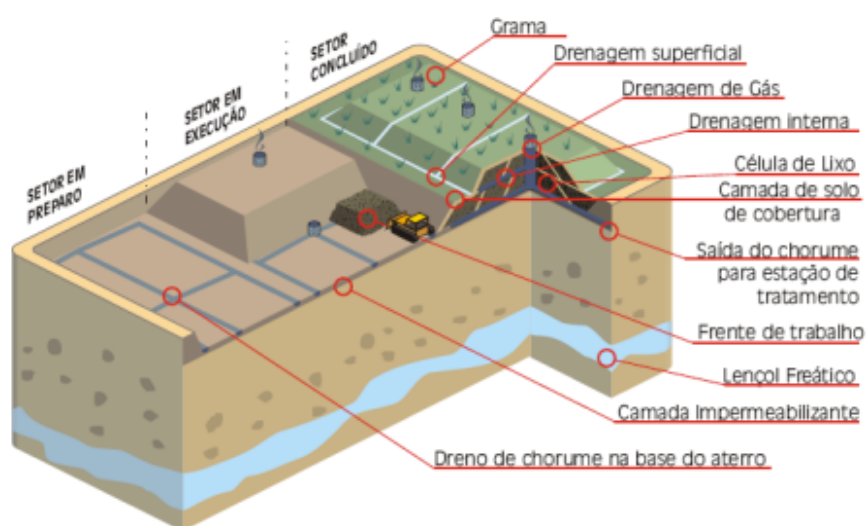
2.1 Introdução

No presente trabalho a definição adotada para os termos *lixo*, *lixão* (Figura 2.1), *aterro sanitário*, *aterro controlado*, *chorume* e *percolato* é aquela que consta do Manual de Operação de Aterros Sanitários (IPT, 2000):



Fonte: Manual de Operações de Aterros Sanitários

Figura 2.1 – Visão geral do lixão de Valparaíso (GO).



Fonte: Manual de Operações de Aterros Sanitários

Figura 2.2 – Corte da seção de um aterro sanitário.

2.2 Águas subterrâneas

A água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos.



Fonte: http://www.cprm.gov.br/publique/media/ciclo_agua.jpg

Figura 2.3 – Ciclo hidrológico.

Este tipo de água é uma das fases do ciclo hidrológico (Figura 2.3), já que representa uma parcela das águas infiltradas (Borghetti, 2004). A quantidade de água infiltrada está diretamente relacionada a certos fatores, que podem contribuir ou não com percolação desta no solo. São eles:

- **Cobertura Vegetal** – A permeabilidade do solo está diretamente relacionada com a presença da vegetação, quanto mais vegetação, mais permeável.
- **Inclinação do Terreno** – Em declividades acentuadas, a água flui mais rapidamente pela superfície do terreno e se infiltra menos no solo.

- **Porosidade do Subsolo** – A água tem maior capacidade de se infiltrar em solos granulares.
- **Tipo de Chuva** – Chuvas de longa duração proporcionam uma maior infiltração de água no solo, enquanto chuvas rápidas e intensas saturam rapidamente o solo.

As forças que retêm a água ao solo são basicamente de três tipos: gravitacional, capilar e atração elétrica. A água retida no solo devido à última destas subdivide-se em água higroscópica, que são porções adsorvidas pelas superfícies dos grãos sólidos, e água peculiar, que é uma fina película sobre a superfície dos grãos sólidos e da água higroscópica. Ambos os tipos citados, são desprezíveis do ponto de vista hidrogeológico, pois a ação da gravidade não as influencia e também não podem ser extraídas por bombeamento. A água retida por forças de capilaridade se encontra na zona vadosa, ocorre devido à diferença de pressão no contato entre o conjunto ar-água, produzida pela tensão superficial que atua sobre as fases em contato. A parcela de água atraída pela força gravitacional alcança zonas mais profundas do solo, compondo a zona saturada, como pode ser visualizado na Figura 2.4.

Segundo FEITOSA & FILHO (2000), a distribuição vertical da água em subsuperfície se dá da seguinte maneira:

- **Zona saturada** – Fica situada abaixo da superfície freática e nela todos os vazios existentes no terreno estão preenchidos com água. A superfície freática é definida como o lugar geométrico dos pontos em que a água se encontra submetida à pressão atmosférica.
- **Zona não saturada, zona de aeração ou zona vadosa** – Situa-se entre a superfície freática e a superfície do terreno e nela os poros estão parcialmente preenchidos por gases (principalmente ar e vapor d'água). De baixo para cima, essa zona divide-se em três partes:
 - **Zona capilar** – se estende da superfície freática até o limite de ascensão capilar da água. A sua espessura depende principalmente da distribuição

de tamanho dos poros e da homogeneidade do terreno. Como a umidade decresce de baixo para cima, na parte inferior, próximo da superfície freática, os poros encontram-se praticamente saturados. Já nas partes mais superiores, somente os poros menores estão preenchidos com águas, de modo que o limite superior dessa zona tem uma forma irregular. Adota-se, porém, o conceito de franja capilar como um limite abaixo do qual o solo é considerado praticamente saturado (cerca de 75%).

- **Zona intermediária** – Compreendida entre o limite de ascensão capilar da água e o limite de alcance das raízes das plantas. A umidade existente nessa zona origina-se de água capilar isolada, fora do alcance das raízes, e água de retenção por forças não capilares.
- **Zona de evapotranspiração** – Situada entre os extremos radiculares da vegetação e da superfície do terreno. A sua espessura, portanto, pode variar de poucos centímetros (na ausência de cobertura vegetal) até vários metros em regiões de vegetação abundante. Nesse domínio as plantas utilizam, para as suas funções de transpiração e nutrição, a água capilar isolada ou suspensa.



Fonte: http://www.abas.org.br/imagens/educacao_image002.jpg

Figura 2.4 – Representação esquemática da distribuição vertical da água no solo e subsolo.

Ainda segundo FEITOSA & FILHO (2000), a água que percola para as camadas mais inferiores, alimentando os aquíferos move-se pelos poros ou vazios da rocha (porosidade primária) ou nas fissuras e cavidades de dissolução, desenvolvidas após sua formação (porosidade secundária). A porosidade primária ocorre geralmente (excetuando-se algumas rochas vulcânicas) nas rochas sedimentares, dando origem aos aquíferos porosos. A porosidade secundária está associada aos chamados meios anisotrópicos, originando o aquífero fissural, no caso de fraturas e fissuras em rochas cristalinas (ígneas e metamórficas), e o aquífero cárstico, no caso da dissolução de rochas carbonáticas.

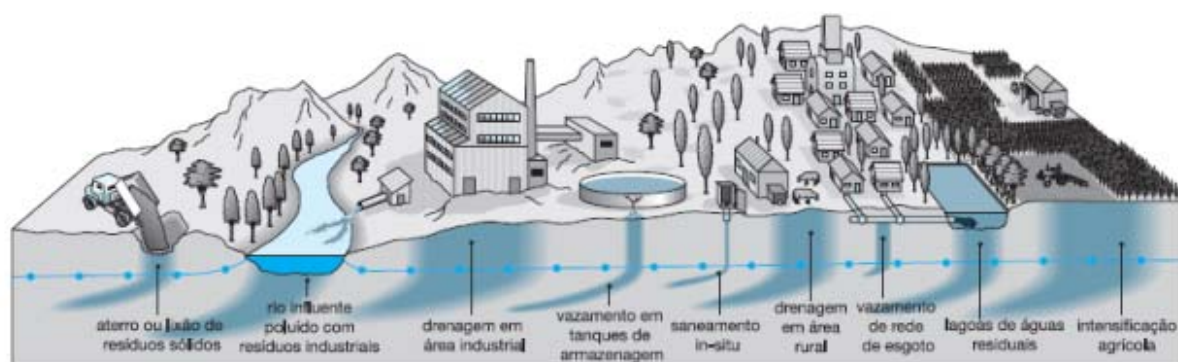
2.3 Monitoramento da água subterrânea

O sistema de monitoramento tem o papel de acusar a influência de uma determinada fonte de poluição na qualidade da água subterrânea. As amostragens são efetuadas num conjunto de poços distribuídos estrategicamente, nas proximidades da área de disposição do resíduo (oferecendo subsídios para o diagnóstico da situação). A localização estratégica e a construção racional dos poços de monitoramento, aliadas a métodos eficientes de coleta, acondicionamento e análise de amostras, permitem resultados bastante precisos sobre a influência do método de disposição dos resíduos, na qualidade da água subterrânea (CETESB, 1988).

A qualidade da água é definida pela sua composição física, química e biológica. A avaliação desses parâmetros permite classificá-las quanto à sua potabilidade, indicando a presença de impurezas, substâncias tóxicas e microbiológicas. O conhecimento dos efeitos que pode causar cada um dos elementos nela contidos, ou o conjunto de todos eles, permite estabelecer as possibilidades de uso. Vale ressaltar que água natural e de boa qualidade não são sinônimos (VIANA et al, 1999).

Este tipo de controle visa detectar a presença de qualquer substância que altere a qualidade da água subterrânea, seja pela presença de percolados ou gases que por ventura tenham se infiltrado no solo, principalmente quando a atividade humana se torna um motivo de preocupação em relação à segurança deste recurso ambiental (Figura 2.5).

O tipo de uso da água subterrânea está intimamente ligado à sua qualidade físico-química, biológica e radiológica. Logo, o estudo hidrogeoquímico torna-se fundamental, pois é capaz de identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos das águas subterrâneas, procurando estabelecer uma relação com o meio físico.



Fonte: FOSTER et al (2002)

Figura 2.5 – Principais atividades humanas poluidoras do lençol freático.

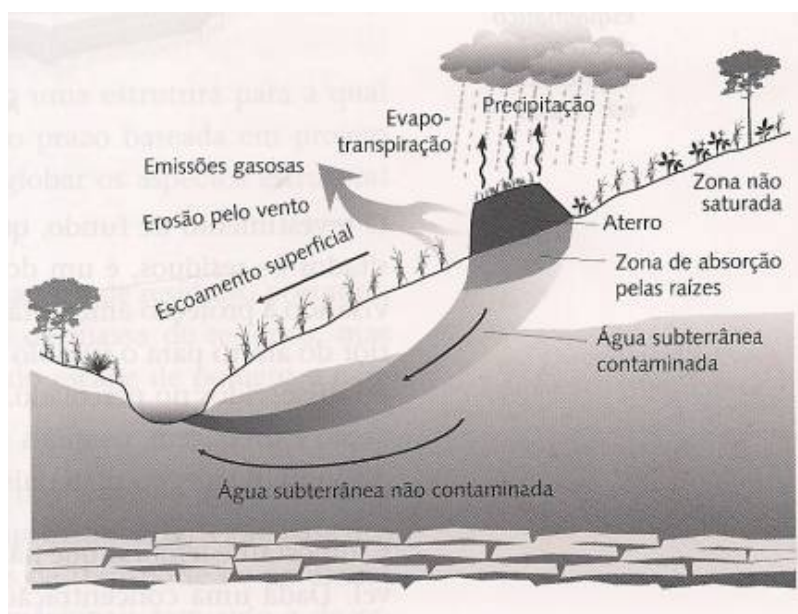
Através do conhecimento dos elementos constituintes da água é possível estabelecer padrões de qualidade da mesma, o que permite classificá-la quanto a seu tipo de uso, seja ele, humano, agrícola ou industrial. De acordo com FEITOSA & FILHO (2000), a água subterrânea tende a aumentar concentrações de substâncias dissolvidas à medida que percola os diferentes aquíferos. No entanto muitos outros fatores interferem, tais como, clima, composição da água de recarga, tempo de contato água/meio físico, além da contaminação causada pelo homem.

O monitoramento constitui-se basicamente na perfuração de poços que interceptam o aquífero, permitindo a retirada de amostras para a realização de análises laboratoriais. Para tanto, deve-se instalar poços a montante e a jusante em relação à possível fonte de contaminação, seguindo-se a direção de fluxo do aquífero (CARVALHO, 2002).

Segundo a CETESB (1988), o poço de montante deve ser locado próximo à área de disposição, mas a uma distância segura da influência do efluente. Os poços de jusante devem ser distribuídos próximo à área de disposição para que a pluma possa ser identificada o mais breve possível, no caso do lixiviado atingir o lençol. Entretanto, a

localização exageradamente próxima dos poços aumenta o risco de contaminação direta dos mesmos.

Dentro do contexto de poluição causada por aterros sanitários, os poluentes podem ser provenientes dos resíduos ou de produtos secundários da decomposição. O percolato ou chorume, efluente da massa de resíduos, resultante da percolação de águas de precipitação e da própria decomposição dos resíduos, pode atingir as águas superficiais e o nível da água subterrânea, formando uma pluma de contaminação, região contaminada por um ou mais poluentes a partir da fonte. A água subterrânea contaminada pode alcançar poços de águas para abastecimento ou irrigação, ou ainda, pelo ciclo hidrológico, as águas superficiais, como lagos e cursos d'água (BOSCOV, 2008). Os principais mecanismos de migração de poluentes em um aterro de resíduos estão indicados na Figura 2.6.



Fonte: BOSCOV (2008).

Figura 2.6 – Mecanismos de migração de contaminantes em um aterro de resíduos.

Quando a fonte de poluição em questão é um aterro sanitário é de fundamental importância a prevenção da formação e migração do percolato. Ainda segundo a mesma autora, a geração do percolato pode ser reduzida diminuindo-se a quantidade

de água contida nos resíduos por meio de sua secagem prévia; eliminando líquidos livres que possam se infiltrar no aterro com a utilização de cobertura impermeável e minimizando a área de exposição superficial e coleta das águas superficiais. Para controlar a migração de percolado deve-se revestir a superfície do terreno em contato com os resíduos com camada impermeável; segmentar a área do aterro em células envoltas por materiais impermeáveis; drenar, coletar e tratar o percolado.

2.4 Caracterização da qualidade da água.

Nos últimos anos o crescimento populacional desordenado foi responsável pelo aumento da demanda hídrica e pela poluição ambiental. Neste contexto, visando a proteção e conservação da grande reserva de água subterrânea armazenada em território brasileiro, foi necessário o estabelecimento de classes, parâmetros e padrões de qualidade para o uso da mesma, a fim de assegurar a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, controle e zoneamento das atividades potencialmente poluidoras e o estabelecimentos de padrões de qualidade ambiental. A Resolução nº 396 de 1998 é um exemplo disto, e dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

A Resolução CONAMA nº 396/08 surge da necessidade de integração das políticas de gestão ambiental, de gestão de recursos hídricos, e de uso e ocupação do solo, a fim de garantir as funções social, econômica e ambiental das águas subterrâneas. Com esse objetivo classifica as águas de acordo com as características dos aquíferos em que estão inseridas e estabelece padrões de qualidade para essas classes (ANDRADE, 2010).

Segundo Resolução CONAMA nº 396/08 as águas subterrâneas são classificadas em:

- I. **Classe Especial:** águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial;

- II. **Classe 1:** águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- III. **Classe 2:** águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- IV. **Classe 3:** águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- V. **Classe 4:** águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo; e
- VI. **Classe 5:** águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 396/08 padrão de qualidade é definido como um valor limite adotado como limite normativo de um parâmetro de qualidade de água, estabelecido com base em valores de referência de qualidade e nos valores máximos permitidos para cada um dos usos preponderantes. Valor de referência de qualidade (VRQ) é a concentração ou valor de um dado parâmetro que define a qualidade natural da água subterrânea e Valor Máximo permitido (VMP) é o limite máximo permitido de um dado parâmetro, específico para cada uso da água subterrânea.

As principais características, as fontes de origem e as toxicidades relativas aos parâmetros analisados, serão apresentadas no anexo 01 e foram retiradas da

publicação Projeto Araxá – Estudo Geoambiental das Fontes Hidrominerais, CPRM, 1999.

2.5 Trabalhos semelhantes

BAHIA (2003) determinou a influência dos contaminantes oriundos do depósito de lixo metropolitano de Belém (PA), localizado em Santana do Aurá, sobre os recursos hídricos subterrâneos da área de estudo, Lago Água Preta, principal fonte de abastecimento metropolitano e situado a apenas 1,4 Km do depósito de lixo. Os resultados hidrodinâmicos obtidos com os métodos diretos indicaram que o fluxo subterrâneo segue na direção leste-oeste e leste-sul. No entanto, não foram encontradas evidências de que os fluxos subterrâneos originados no depósito de resíduos se desloquem até os lagos. Os resultados analíticos dos principais traçadores de chorume (pH, condutividade elétrica, alcalinidade, amônia, nitrato, cloreto, sódio, cálcio, magnésio e potássio) realizados nas amostras de água subterrânea, coletadas nos poços de monitoramento, refletiram características ambientais dos recursos hídricos da área, não evidenciando deslocamento da pluma de contaminação na direção dos lagos.

LIMA (2003) avaliou o grau de contaminação das águas subterrâneas pela influência do aterro sanitário do município de São Pedro da Aldeia (RJ), através da instalação de piezômetros e monitoramento de lagoas e poço cacimba a jusante do depósito. O depósito se encontra na área rural da cidade, ocupando cerca de 22.000 m² e recebe aproximadamente 9600 ton/mês, estando em funcionamento aproximadamente há 12 anos até a data do estudo, distante 2 km do centro urbano. Os resultados preliminares das análises físico-químicas das águas superficiais e subterrâneas mostraram que sódio, cloreto, condutividade elétrica, potencial redox e amônio são os melhores indicadores para a contaminação provocada pelo lixão. Os resultados mostraram também que a influência do lixão sobre as águas superficiais e subterrâneas, após 12 anos em atividade, atinge 151 metros de distância. Depois desta distância as concentrações dos parâmetros indicadores no lençol freático atingiram valores naturais. As concentrações dos íons inorgânicos dissolvidos analisados se encontram dentro dos

padrões de potabilidade. As medidas de concentração de cromo total, chumbo, cádmio, cobre e mercúrio, ficaram abaixo do nível de detecção do equipamento. Isso não significa que a água seja boa para o consumo, pois as altas condutividades elétricas evidenciam a contaminação da água. No caso estudado, o lixão parece estar instalado em uma área que minimiza a poluição do lençol freático, já que o mesmo está situado numa área em que o topo da rocha é muito superficial, sobrejacente a uma camada contínua de argila. Devido a estas condições, o fundo do vale age como uma área de descarga do lençol freático, fazendo com que as águas subterrâneas estejam localizadas em pequenas profundidades.

CARVALHO (2002) avaliou o transporte de contaminantes numa área em que o lixo do município de Viçosa (MG) foi depositado durante cerca de dez anos. Para caracterização da área foram realizadas campanhas de sondagem, coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo e realizados ensaios de coluna de lixiviação. Com estes dados realizou-se um estudo numérico para avaliar a movimentação com o tempo da pluma de contaminante de cada metal pesado do solo. Amostras de água em superfície e subsuperfície foram coletadas com o propósito de determinar a concentração de metais pesados (zinco, cádmio, cobre e chumbo) presentes. Por fim, foram feitas comparações entre as concentrações destes metais pesados obtidas com uso das análises numéricas e as encontradas em campo. O zinco e cádmio foram os metais pesados transportados mais rapidamente na encosta abaixo do local de deposição de lixo, enquanto o cobre e o chumbo foram os metais pesados transportados mais lentamente.

BOAVENTURA (1995) estudou a geoquímica de solo e água no aterro sanitário do Distrito Federal, em uma área de aproximadamente 150 ha, localizada a uma altitude de 1125m. A geologia local é constituída principalmente de ardósias com lentes de quartzitos, pertencentes ao grupo Paranoá. Além de resíduos domésticos o aterro recebe resíduos industriais e hospitalares, a uma taxa que chegou a 1800 ton/dia em janeiro de 1995. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Geoquímica da UnB, envolvendo amostragem de águas, solos e sedimentos. As amostras de água e sedimentos foram coletadas em poços e córregos, dentro do aterro sanitário e do

Parque Nacional de Brasília (PNB). As amostras de solos foram coletadas em perfis nos mesmos pontos de amostragem de água. No total foram amostrados 36 pontos no período de maio de 1994 a maio de 1995. O PNB foi utilizado como área de controle, procurando-se estabelecer o nível médio da concentração dos parâmetros avaliados em área preservada, servindo de referência para os estudos realizados. Para a verificação da qualidade da água, foram adotadas, preferencialmente, as técnicas de coleta e análise constantes do “*Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*”, avaliando-se os parâmetros físico-químicos e o teor de metais. A determinação de pH, temperatura, condutividade, total de sólidos dissolvidos, cor, cloro total, cromato, dureza total, alcalinidade, fosfato, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, sulfato, oxigênio dissolvido e consumido usando espectrofotômetro e condutivímetro. A condutividade observada na área ficou entre 4 e 600 mS cm⁻¹, sendo observado alto total de sólidos dissolvidos. Para os teores de nitrito, nitrato, fosfato, oxigênio consumido e oxigênio dissolvido, também foi constatado que alguns resultados estão fora dos limites de tolerância. Os teores de oxigênio dissolvido ficaram dentro de valores aceitáveis, mas para oxigênio consumido foram observadas maiores distorções, indicando ambiente propício à proliferação de bactérias e provavelmente putrefação. A associação dos teores de sólidos dissolvidos, oxigênio consumido e oxigênio dissolvido sugerem a possibilidade de decomposição anaeróbica. Mesmo se estes parâmetros pudessem ser considerados aceitáveis, os teores de fosfato e nitrogênio amoniacal indicam contaminação recente por matéria orgânica, mostrando os efeitos do aterro sanitário sobre a água subterrânea na área. Os elementos Fe, Al, Mg, Ca, Na e K apresentaram concentrações mais elevadas, indicando maior mineralização em relação a estes elementos, situação que pode ser considerada normal em função do tipo de solo do DF. Salienta-se que o aumento na concentração destes elementos ocorreu, principalmente, na área próxima às células de lixo mais antigas, demonstrando que pode existir um processo de alteração ocasionado pelo lixo.

OLIVEIRA & PASQUAL (2004), fizeram a avaliação de parâmetros indicadores de poluição por efluente líquido de um aterro sanitário. O trabalho consistiu em determinar parâmetros químicos (metais pesados e DQO) e físico-químicos (pH), indicadores de

poluição/contaminação do efluente líquido do aterro sanitário municipal de Botucatu-SP, visando a avaliação da qualidade das águas subterrâneas do Aquífero Botucatu. O aterro sanitário estudado localiza-se no município de Botucatu/SP, à Rodovia Intermunicipal Eduardo Zucari - km 2,5; distanciando 14 km do centro urbano; com uma área total de 121.387,2 m² e altitude média de 825m. Os resultados obtidos na determinação dos parâmetros indicam poluição ambiental por metais pesados: cádmio, chumbo, cromo, níquel e zinco. Consequentemente, contaminação do lençol freático por cádmio e chumbo; da solução do solo por cádmio, chumbo e cromo; e da água superficial por níquel.

CATAPRETA *et al* (2007), apresenta objetivos, diretrizes gerais, atividades e importância dos monitoramentos ambiental, operacional e geotécnico desenvolvido no aterro de BH desde o ano de 98, comentando os resultados obtidos ao longo do tempo. O Plano de Controle Ambiental do empreendimento engloba as atividades de monitoramento de águas superficiais e subterrâneas, monitoramento geotécnico, de gases e líquidos lixiviados. O aterro sanitário de BH integra a central de tratamento de resíduos sólidos (CTRS) do município, localizada na região noroeste de BH, às margens da BR-040, ocupando uma área de 144 hectares e teve início de suas atividades em 1975. Estima-se que por dia o aterro receba cerca de 4000 toneladas de lixo, gerados por uma população de aproximadamente 2,5 milhões de habitantes. Foram monitorados 3 pontos de água superficial em 2 córregos existentes, e 5 poços para controle da água subterrânea. Para esta última adotou-se o padrão de potabilidade das águas destinadas ao consumo humano, estabelecido pela Portaria do Ministério da Saúde N.º 518 de 25 de Março de 2004. Os parâmetros monitorados nos mananciais de superfície são comparados com os limites estabelecidos pela DN 10 (COPAM/MG, 1986), para coleções de água com enquadramento Classe 2. As frequências de coleta de amostras foram mensais. O monitoramento das águas subterrâneas apresentou parâmetros com valores superiores aos dos valores de tolerância do Ministério da Saúde (2004). Outros, apesar de não excederem o limite, apresentaram teores mais elevados em algumas campanhas, comparativamente à série histórica dos dados, caso dos fluoretos, substâncias surfactantes e cromo total. Quanto às espécies de ferro,

manganês e alumínio total foram frequentes as ocorrências registradas acima dos valores de referência. Suspeita-se que os aspectos geoquímicos do solo existente na CTRS estejam contribuindo para o aparecimento desses metais na água subterrânea.

De acordo com LOPES *et al* (2006), depósitos de lixo encerrados não significam que não sejam mais um perigo ambiental, necessitando após seu fechamento a implementação de um plano de monitoramento, e quando necessário, estudos de caracterização também devem ser realizados, a fim de se evitar problemas não previstos. Para a criação deste plano, deve-se ter conhecimento da geologia e hidrogeologia local, já que a contaminação de solos e água subterrânea depende essencialmente das características físicas da área, tais como porosidade, permeabilidade e da dinâmica de fluxo local (direção do fluxo e nível freático). O objetivo dos autores foi basicamente elaborar um plano de monitoramento ao redor da área de encerramento do depósito de lixo, e determinar a presença de poluentes na água subterrânea, baseado na experiência portuguesa. De acordo com dados de pesquisas, é notável a eficiência da cobertura na redução da produção de chorume, que diminui com o tempo, pois a infiltração de água de chuva no maciço de lixo é desviada. Além disto, em situações que a dispersão da contaminação é notada é possível caracterizá-la tanto lateral, como profundamente, e também produzir imagens da pluma de contaminação. A metodologia adotada consistiu de vários estágios, a primeira delas é foi investigação preliminar da área, caracterizando a geologia e a hidrogeologia das condições locais. Em seguida o trabalho de campo é realizado, e por último, a integração de todas as informações com a base de dados do GIS é feita. De acordo com a realização destes procedimentos, pesquisas geofísicas são executadas para se determinar a posição e extensão da pluma de contaminação, além da amostragem química da água subterrânea. Finalmente todas as informações são reunidas para se construir um modelo hidrológico de fluxo, no qual permite desenvolver cenários tanto no tempo presente quanto no futuro da migração da contaminação. O passo final da metodologia proposta é a produção do modelo de fluxo dinâmico projetado para representar matematicamente as condições químicas e hidrológicas. As informações requeridas para produzir este modelo são adquiridas durante o trabalho de

campo; alguns dos dados mais importantes são: variação da descrição geológica tanto lateralmente quanto em profundidade, parâmetros hidráulicos (nível d'água, análises químicas da água subterrânea e recarga do aquífero). Entre os parâmetros hidráulicos, a condutividade hidráulica é determinada através de bombeamento ou *slug test*. A construção do modelo hidrológico é baseado na necessidade de prever o movimento do fluido (dispersão da pluma contaminante). Também é conveniente fazer uso da informação experimental no espaço e tempo, sem a qual não é possível calibrar adequadamente o movimento da pluma no simulador da escala real de tempo.

CAPUTO & VACCARO (2006), avaliaram os riscos ambientais associados ao fluxo do chorume nas águas subterrâneas, através do monitoramento hidrogeológico e geoquímico dos dois principais sistemas de aquíferos abaixo do aterro de Saint' Agostino (Província de Ferrara, norte da Itália). Diversas colunas estratigráficas e testes de penetrômetro foram analisados a fim de construir detalhadamente o modelo litológico e hidrogeológico do subterrâneo. A elaboração integrada dos dados permitiu obter informações para se fazer inferências nos seguintes aspectos: influência do aterro na contaminação dos recursos subterrâneos (alta concentração dos elementos Cl, Al, Zn, Pb, Cr, Ni), contribuição da variabilidade litológica (areia, turfa, argila) na propagação do processo de contaminação no sistema aquífero, a importância da posição da rede de monitoramento na identificação do processo de poluição e proteção do recurso aquático. O aterro de Saint'Agostino está localizada na província de Ferrara, norte da Itália, e foi construído sobre um depósito aluvial. Do ponto de vista altimétrico a área pode ser caracterizada por uma morfologia bastante plana, com altitudes variando entre 10 e 11m. O aterro em questão está instalado em uma área rural, onde a necessidade de água para agricultura é satisfeita por uma vasta rede de canais alimentada pelo rio Reno. Dois aterros estão instalados neste local, sendo que um destes já foi encerrado em 1991, e o segundo ainda se encontra em operação. Devido a baixa permeabilidade do solo ao redor da zona de implantação do aterro, e da ausência de leis federais na época, nenhuma impermeabilização foi feita durante a execução do aterro. Do ponto de vista geológico, a área investigada está localizada no setor leste do Vale Po, constituído por sedimentos aluviais holocênicos. Os depósitos

quartenários foram acumulados em diferentes ambientes, tais como no plano de arraste na área de fluxo de um rio em direção ao mar, em ambientes pantanosos e aluviais. Como consequência, os depósitos quartenários são principalmente formados por camadas alternadas de silte - solo orgânico, areia e algumas vezes lentes de pedregulhos. A definição de um modelo conceitual capaz de interpretar a circulação de água subterrânea na área abaixo dos aterros é baseada na interpretação dos dados da estratigrafia e nas observações das medidas feitas diretamente nos poços. De acordo com a interpretação destes dados, foram identificados a presença de dois aquíferos, um livre, bem próximo a superfície do terreno, que se distribui em lentes de areia e silte, e outro confinado cerca de 17 metros do corpo do aterro. A principal fonte de alimentação do aquífero é a infiltração da precipitação e os canais da rede hidrográfica. Logo os poços piezométricos indicam uma variação ao longo do ano devido à variabilidade na quantidade de precipitação, e também pelo nível hidrodinâmico das águas na rede de hidrográfica. O monitoramento dos piezômetros e dos parâmetros físico-químicos do aquífero não-confinado ao longo de um ano, possibilitou a observação da profundidade média do lençol freático, 2-3 m abaixo da superfície do terreno, revelando valores mais profundos (4-5 m) nos trechos mais a leste. Devido à baixa profundidade do aquífero, este se torna extremamente vulnerável ao fenômeno da poluição devido ao cultivo agrícola e as atividades domésticas, assim como pela existência de outro aterro. Além disso, vale lembrar que o fundo do aterro mais antigo está abaixo da superfície piezométrica do aquífero não confinado. Durante a pesquisa de campo, a condutividade elétrica do aquífero não confinado mostrou oscilação entre 500 e 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Vale ressaltar que os maiores valores foram observados nos setores onde o nível piezométrico era menor. Durante o mês de Junho do ano 2000, amostras de água de 30 poços de monitoramento foram coletadas, e através de diferentes técnicas (espectrofotometria, absorção atômica e método volumétrico) parâmetros como condutividade elétrica, pH, temperatura, K, Mg, Ca, NH_4 , Cl, SO_4 , NO_3 , Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Cd, Pb, foram avaliados. O monitoramento hidroquímico do aquífero não confinado permitiu obter as principais características da água e sua distribuição espacial, e constatou valores acima do permitido, segundo a legislação italiana para água potável, de certos íons (K, Na, Cl e SO_4) e alguns metais pesados (Cr, Ni, Co, Mo

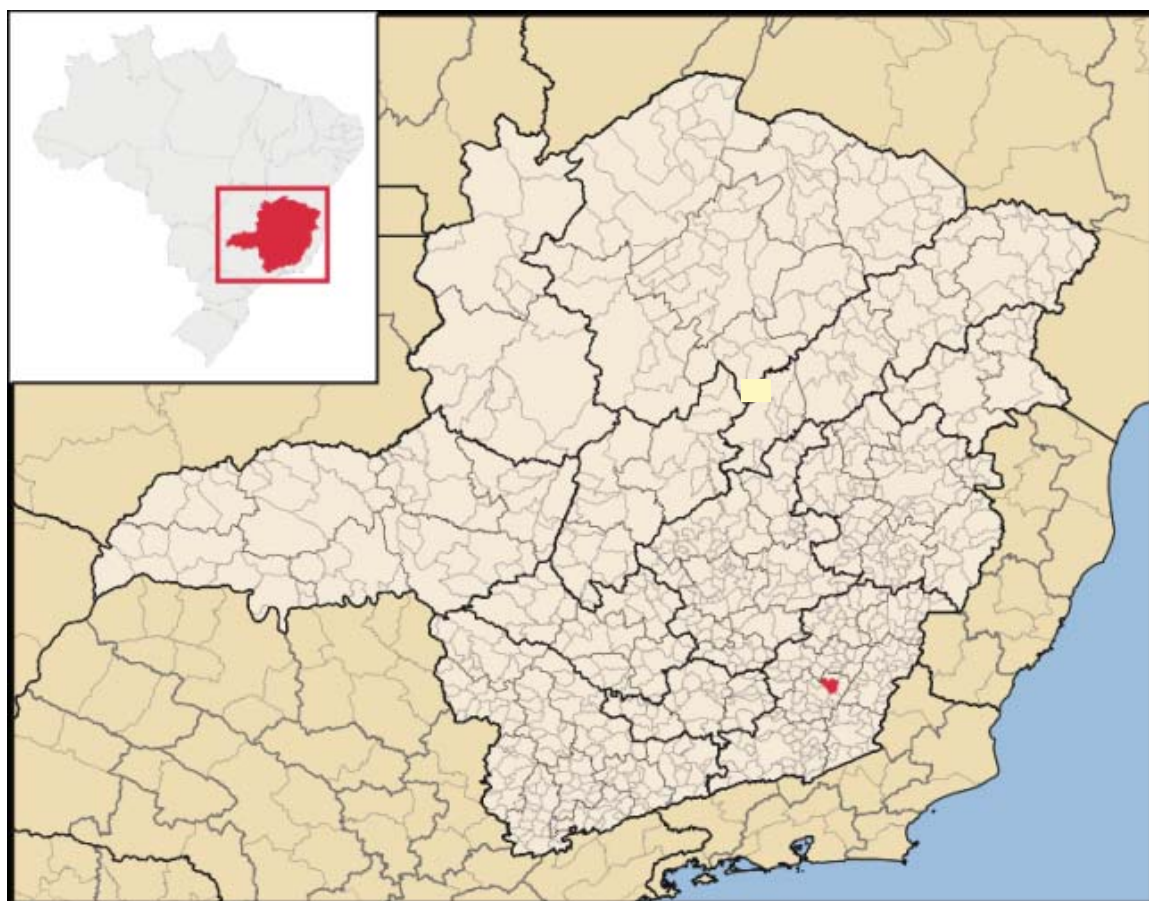
e Sr), especialmente no setor sudeste da área investigada ao longo da direção de fluxo. As altas concentrações de metais pesados não podem ser atribuídas a litologia da região, os valores de pH estão entre 7,16 e 7,9 e o potencial redox entre 17 e 35, indicando a ocorrência de água dura. Nesta condição, o fenômeno da absorção das substâncias iônicas (Cr, Ni, etc), tanto química quanto fisicamente é favorecido e prevalece. Em contrapartida, uma redução do pH poderia aumentar a solubilidade destes elementos e então aumentar a concentração destes na água. Conclui-se que para o aterro em questão, as camadas alternadas com uma distribuição granulométrica variada, obviamente facilitam a propagação de substâncias poluentes. Em particular, a baixa permeabilidade do solo e a ausência ou a não eficiência do trabalho de impermeabilização no fundo do aterro, permite a comunicação hidráulica entre este e o aquífero que se encontra abaixo. Consequentemente a difusão do percolado pode produzir: i) altas concentrações de alguns íons (cloretos e sulfatos) e metais pesados (cobalto, alumínio e níquel), ii) altos valores de condutividade elétrica ao longo da linha de fluxo, causando uma degradação qualitativa do aquífero não confinado. Além disto, a propagação de fluidos poluentes em partes mais profundas pode ser atribuído a propagação do percolado favorecido pela ocorrência de matéria orgânica ou variação de lentes de silte e areia, ou a não completa isolamento do corpo do aquífero durante o bombeamento dos poços.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

3.1 Localização e acesso

O Município de Visconde do Rio Branco está localizado no sudeste brasileiro, na região conhecida por Zona da Mata do Estado de Minas Gerais (Figura 3.1). Faz fronteira, a leste com Guiricema, a oeste com Ubá e Divinésia, ao norte com São Geraldo e, ao sul, com Guidoal. Suas coordenadas geográficas são 21°00' de latitude S e 42°00' de longitude W Gr.

O principal acesso à Visconde do Rio Branco é pela rodovia federal BR-120, tanto a partir de Belo Horizonte, quanto a partir de Juiz de Fora. Além disso, têm-se acesso ao município pelas rodovias estaduais MG-447 e MG-022 (Figura 3.2)

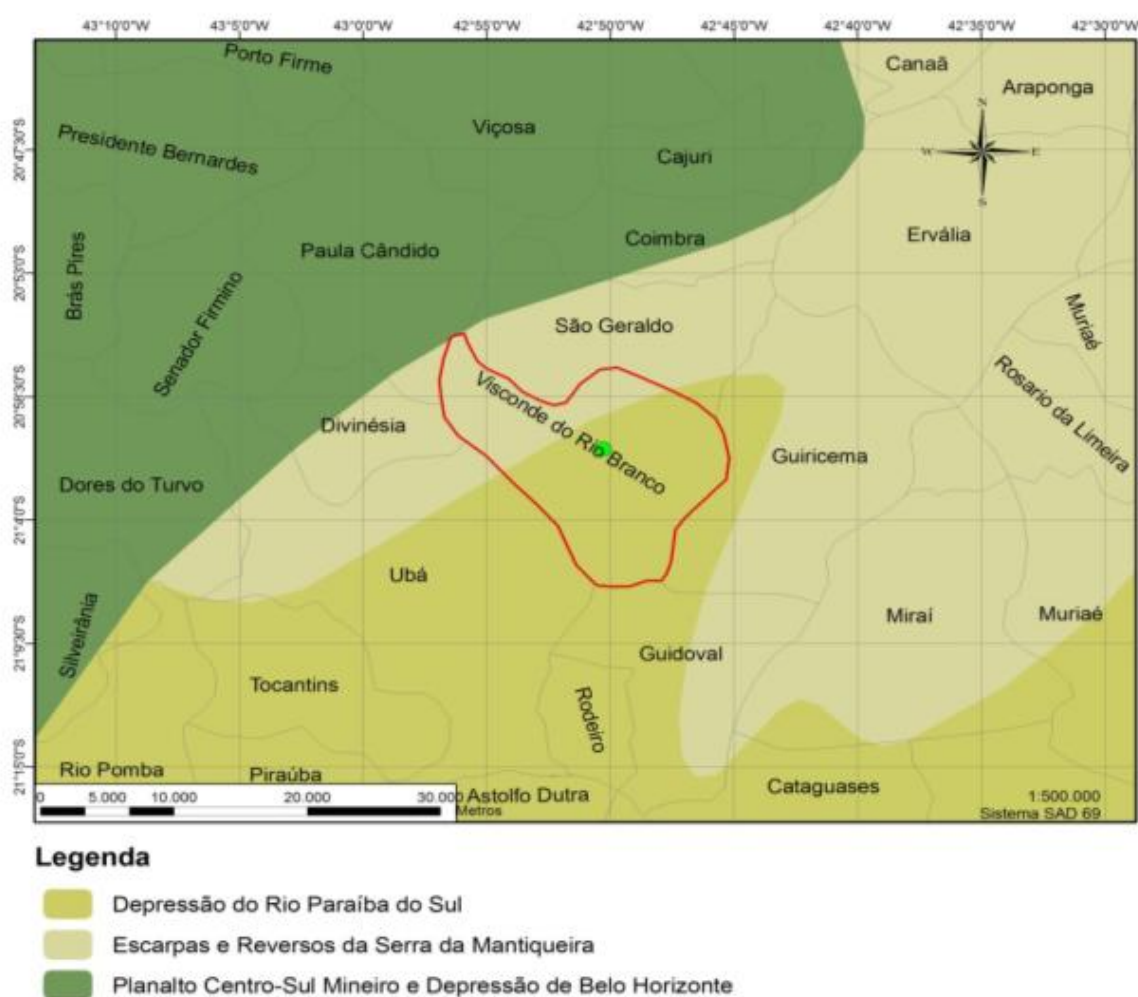


Fonte: AZEVEDO (2002).

Figura 3.1 – Localização da Cidade de Visconde do Rio Branco (Fonte: AZEVEDO, 2002).

3.2 Relevo

O relevo do Município de Visconde do Rio Branco caracteriza-se pela presença de formações montanhosas componentes da serra da Mantiqueira, com topografia acidentada de elevação variável. A sede do município situa-se a 400 metros em relação ao nível do mar, sendo que nos pontos mais altos do município a altitude chega a atingir 900 metros. A geomorfologia do local de estudo é representada Figura 3.3.



Fonte: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>

Figura 3.3 – Geomorfologia da área de estudo.

A densa cobertura florestal, em suas condições originais, deu origem ao nome Zona da Mata. O padrão de explorações agropecuárias que se estabeleceu na região no início

de sua colonização acarretou contínuas derrubadas das matas, que eram, então, substituídas pelas culturas que viriam a ser as tradicionais da região. A vegetação nativa era a floresta tropical, na verdade, expansão da Mata Atlântica das regiões serranas da vertente leste para o interior. Hoje encontra-se quase totalmente inexistente. As matas reduzem-se a pequenas manchas e capoeiras nas encostas íngremes, elas foram substituídas pelos cafezais e posteriormente por pastos e outras lavouras (Figura 3.4).

A maior parte das terras da região está ocupada por pastagens naturais e artificiais (principalmente brachiárias), que suportam rebanhos bovinos predominantes mestiços - dupla finalidade - leite / corte, distribuídos em fazendas de porte médio e pequeno.

Entre as culturas tradicionais da região, o café foi o mais importante na formação de rendas. A erradicação dos cafezais contribuiu para o esvaziamento da economia regional, ao passo que a liberação da mão-de-obra dessa atividade, não absorvida pelos outros setores, reduziu as oportunidades de trabalho, criando tensões sociais. No mapa ainda são observadas as seguintes vegetações:

Floresta Estacional Semidecidual Montana

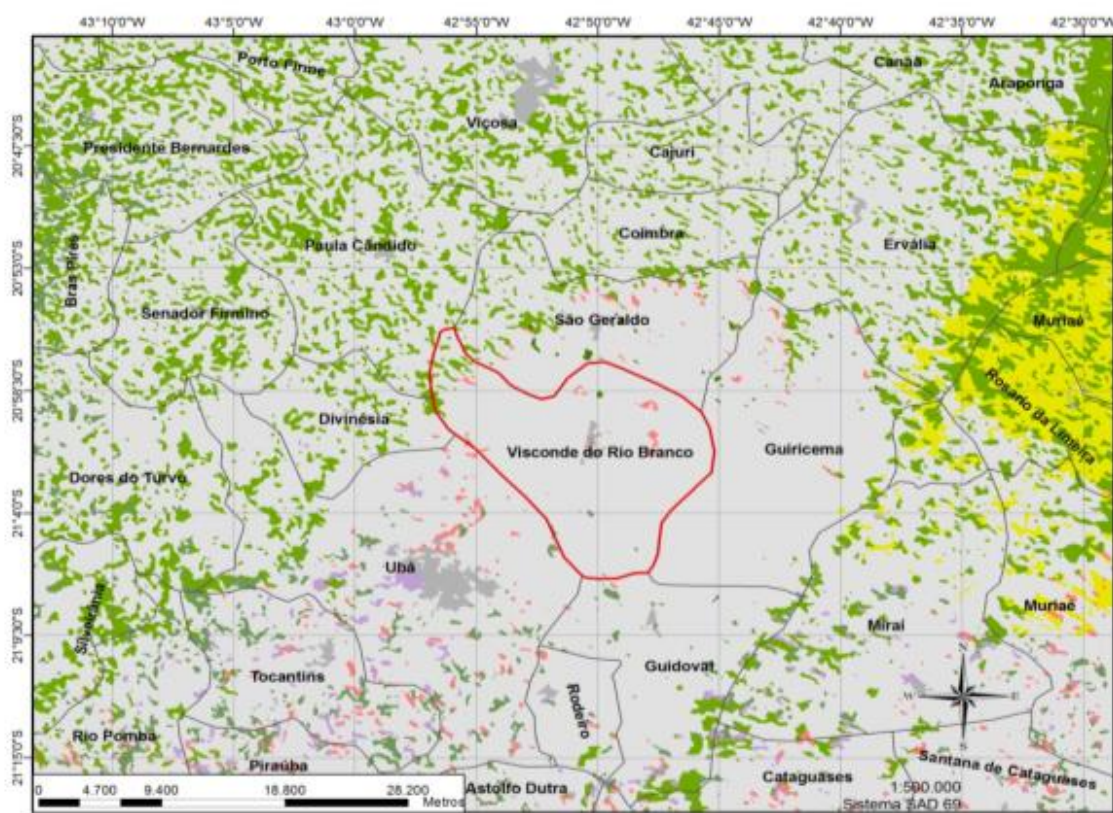
São poucas as áreas ocupadas por esta formação estabelecida acima dos 500 m de altitude. Esta formação Montana é quase sempre dominada pelo gênero *Anadenanthera* que as vezes constitui consorciações de “*ochlospécie*”. A peregrina de origem amazônica, localizada principalmente nos *sills* basálticos ainda conservados. Os gêneros e ecótipos de ampla dispersão e que aí dominam são: *Cássia*, *Anadenanthera* peregrina, *Astronium* e outros.

Floresta Estacional Semidecidual Submontana

Esta formação frequentemente ocorre nas encostas interioranas das Serras da Mantiqueira e dos Órgãos e nos planaltos centrais capeados pelos Arenitos Botucatu, Bauru e Caiuá dos períodos geológicos Jurássico e Cretáceo.

Sua ocupação vai desde o Espírito Santo e sul da Bahia até o Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, norte e sudoeste do Paraná e sul do Mato Grosso do Sul.

Nas encostas interioranas das serras marítimas, os gêneros dominantes, com indivíduos caducifólios, são os mesmos que ocorrem na floresta ombrófila atlântica, como *Cedrela*, *Parapiptdenia* e *Cariniana*, sendo que nos planaltos areníticos os ecótipos deciduais que caracterizam esta formação pertencem aos gêneros *Hymenaea* (Jatobá), *Copaifera* (óleo-vermelho), *Peltophorum* (Canafístula), *Astronium*, *Tabebuia* e muitos outros. Contudo o gênero dominante que a caracteriza é a *Aspidosperma* (peroba-rosa).



Legenda

- | | |
|--|--|
| ■ Agricultura | ■ Influência Urbana |
| ■ Agricultura+ Pecuária+Vegetação secundária | ■ Pecuária (Pastagem) |
| ■ Agropecuária+Vegetação secundária | ■ Refúgios Vegetacionais Alto-Montana |
| ■ Floresta Estacional Semidecidual Montana | ■ Refúgios Vegetacionais Montana |
| ■ Floresta Estacional Semidecidual Submontana | ■ Áreas Antrópicas Indiscriminadas |

Fonte: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>

Figura 3.4- Vegetação da Zona da Mata Mineira.

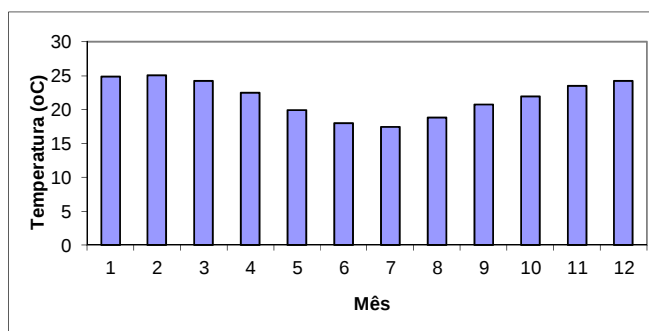
3.3 Clima

O clima predominante é o subtropical úmido caracterizado por duas estações marcantes, inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 21,8°, enquanto que precipitação média anual é de 1250 mm. O Quadro 3.1 apresenta os valores das médias mensais de temperatura do município de Visconde do Rio Branco, enquanto que a Figura 3.5 ilustra estas médias.

Quadro 3.1 – Temperaturas Médias Mensais do Município de Visconde do Rio Branco.

Mês	Temperatura (°C)
Janeiro	24,8
Fevereiro	25,0
Março	24,3
Abril	22,5
Maio	19,9
Junho	18,0
Julho	17,5
Agosto	18,8
Setembro	20,8
Outubro	22,0
Novembro	23,5
Dezembro	24,2

Fonte: AZEVEDO (2001)



Fonte: AZEVEDO, 2001

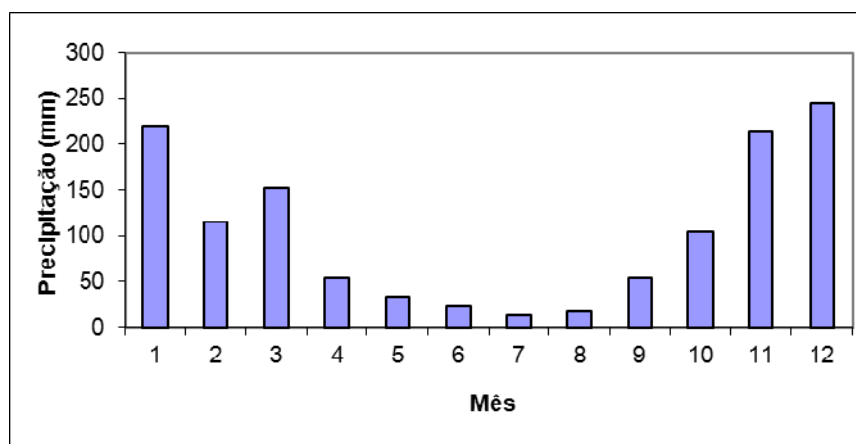
Figura 3.5 - Temperaturas Médias Mensais do Município de Visconde do Rio Branco.

O Quadro 3.2 apresenta os valores das médias mensais de precipitação do município de Visconde do Rio Branco, enquanto que a Figura 3.6 mostra graficamente estas médias.

Quadro 3.2- Precipitações Médias Mensais do Município de Visconde do Rio Branco.

Mês	Precipitação Média Mensal (mm)
Janeiro	220,8
Fevereiro	115,0
Março	152,8
Abril	54,5
Maio	33,4
Junho	24,0
Julho	13,2
Agosto	18,5
Setembro	54,4
Outubro	104,9
Novembro	213,5
Dezembro	245,0

Fonte: AZEVEDO, 2001



Fonte: AZEVEDO (2001).

Figura 3.6 - Precipitações Médias Mensais do Município de Visconde do Rio Branco.

3.4 Geologia

O município de Visconde do Rio Branco está situado em área de ocorrência de uma variedade de rochas metamórficas de alto grau, pertencentes à Província Geotectônica Mantiqueira, mais especificamente por rochas do Complexo Piedade (Figura 3.7). Ao

longo das calhas de drenagens de maior porte é comum a ocorrência de depósitos aluvionares, constituídos por areias, argilas e cascalho.

Em 1954 Barbosa (in: CPRM, 1979) definiu uma série Mantiqueira, que seria a unidade mais antiga do escudo Brasileiro, composta por rochas gnáissicas e migmatíticas aflorantes na própria Serra da Mantiqueira, particularmente na região de Santos Dumont.

Ebert (1956, in: CPRM, 1979) abandonou a denominação série Mantiqueira, colocando as rochas dessa unidade em um Arqueano não sub-dividido, de idade pré-séries Juiz de Fora e Paraíba.

Nas décadas seguintes, nos trabalhos de reconhecimento geológico na escala 1:250.000, executadas pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), foram empregados termos como associação Barbacena, complexo Granítico-Gnáissico Indiviso, complexo Gnáissico-migmatítico, ou mesmo nomes de outras unidades, como gnaiss Piedade, para reunirem parcial ou totalmente as rochas da série Mantiqueira.

No mapa geológico da Figura 3.7, apresenta-se as principais unidades litoestratigráficas que ocorrem na região, com destaque para os complexo Piedade e Juiz de Fora.

O Complexo Mantiqueira é constituído por rochas de composição tonalítica a granodiorítica representadas por biotita-gnaisses, anfibólio-biotita gnaisses, bandados ou foliados (de composição tonalítica, granodiorítica ou até granítica), migmatitos, corpos de anfibolitos, rochas calcissilicáticas (quartzito). Todas estas rochas apresentam-se em metamorfismo de fácies anfibolito.

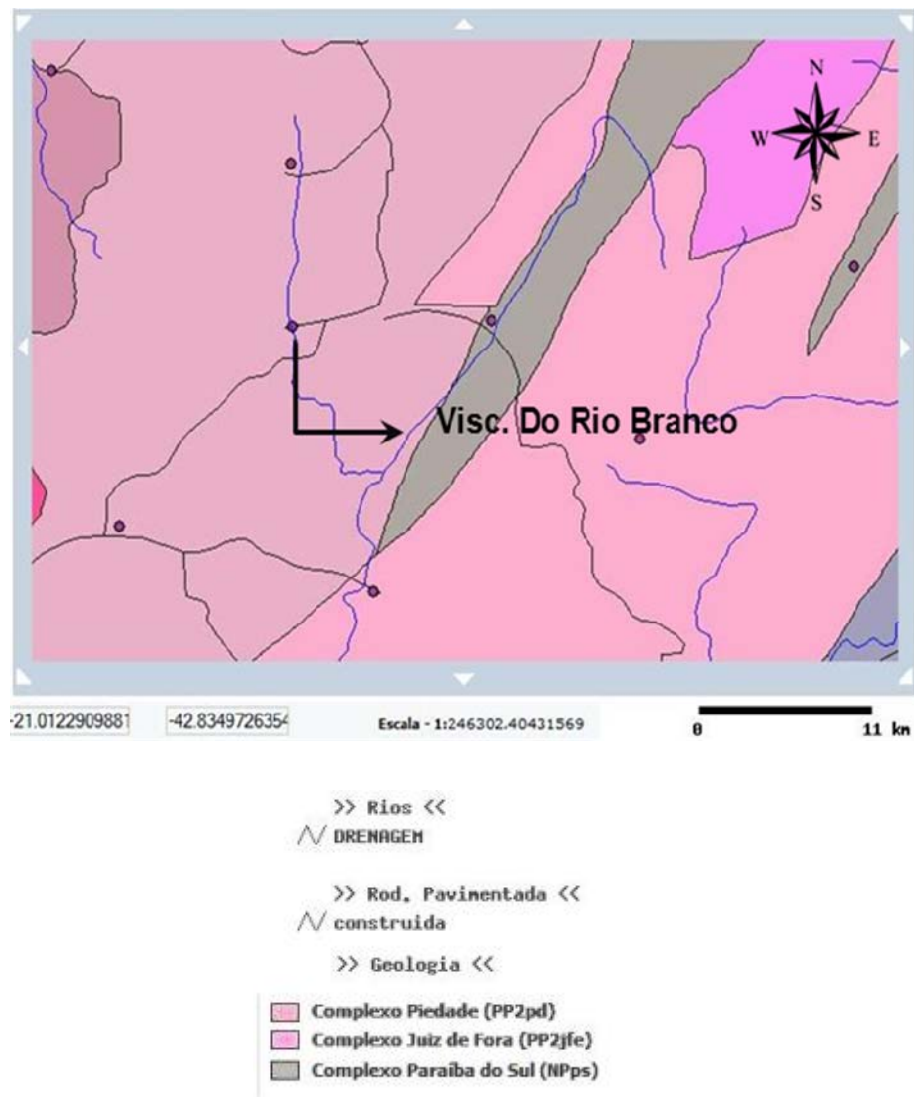
O arranjo estrutural é bastante complexo, resultante de cisalhamento contracional de baixo ângulo que, além de produzir a foliação e/ou bandamento provocou imbricações, colocando lado a lado rochas distintas no espaço e também no tempo. Em geral, apresentam-se bastante intemperizadas, originando extensos saprolitos, sendo poucas as áreas de afloramentos rochosos significativos. Estes solos saprolíticos apresentam-se, em geral, bandados, com níveis quartzo-feldspáticos de cor esbranquiçada a

pardacenta, alternados a níveis cinzentos, arroxeados ou amarelados, mais biotíticos dependentes do estágio de meteorização.

No domínio do Complexo Juiz de Fora ocorrem granitóides de composição granítica-tonalítica (denominados Unidade 3) e biotita-gnaisses, hornblenda-biotita gnaisses e migmatitos dominantes, com anfibolitos e metabásicas com menor expressão areal (chamados de Unidade 2). Todas estas rochas apresentam metamorfismo de fácies anfibolito. Caracterizam-se por um relevo arrasado de poucos morros alçados, muitas vezes ravinados.

As rochas da Unidade 2 apresentam-se, na maior parte, saprolitizadas e sua meteorização atinge graus variados, com transição contínua para solos, gerando cores variadas nesses saprolitos, desde róseas até violáceas até avermelhadas nos estágios mais avançados. Possui uma estruturação marcadamente NE ($N30^{\circ}$ - 40° E).

A Unidade 3 é composta por rochas de granulação média até grosseira, apresentando-se ora isotrópicas ora foliadas e que foram denominadas estruturalmente como granitóides. Está distribuída segundo uma linha marcadamente NE e seus contatos são aproximados ou cisalhados. Via de regra, apresenta relevo elevado, constituindo aglomerados de pães de açúcar que contrastam na topografia em relação às rochas adjacentes.



Fonte: CPRM, 2010

Figura 3.7- Mapa geológico regional da região de Visconde do Rio Branco.

Os contatos entre as rochas destes complexos são, em geral, balizados por zonas de cisalhamento dúctil de baixo ângulo, de caráter compressional, resultando numa transposição generalizada de caráter regional. No caso do complexo Juiz de Fora, os contatos também são, em parte, tectônicos, tendo tornado paralelos e estruturalmente concordantes tipos originalmente discordantes.

3.5 Solos

Dentro do contexto da região onde o município de Visconde do Rio Branco está inserido, observa-se a presença de afloramentos rochosos, cambissolos, latossolos vermelho-amarelos e vermelho escuros, e podzólico vermelho amarelo, este último cobrindo toda a extensão da área estudada. A seguir será realizada uma breve descrição dos solos mencionados. A Figura 3.8 ilustra a disposição destes.

Cambissolo Háptico (CXbd, CXbe E CXve)

São solos minerais, com horizonte (B) incipiente, podendo apresentar argila de atividade alta (Ta) e baixa (Tb), com espessura variando de muito profundos a rasos, fortemente a imperfeitamente drenados. Possuem seqüência de horizontes A, B e C, com pouca diferenciação entre si, e a acumulação iluvial de argila, óxido de ferro e húmus é pouco significativa no horizonte (B) dos solos desta classe.

Este horizonte caracteriza-se por apresentar baixa relação textural, baixa a alta capacidade de troca de cátions, teores de materiais facilmente intemperizáveis variando de ausentes até muito elevados.

Os Cambissolos eutróficos - saturação de bases maior que 50% - possuem boa permeabilidade, são geralmente profundos, com classes de textura argilosa e muito argilosa, ocorrendo em relevo plano e suave ondulado.

Nessa classe se enquadram os antigos: Cambissolo álico e Cambissolo eutrófico.

Latossolo Vermelho (LVd e LVe)

Esta classe compreende solos minerais, não hidromórficos, que apresentam horizonte B latossólico. São solos que têm seqüência de horizontes A, B e C, variando de profundos a muito profundos, forte a moderadamente drenados. Possuem boa permeabilidade, boa porosidade, tendo como característica principal de diferenciação das outras classes de latossolos sua cor mais avermelhada. Observa-se que a ocorrência de ferro, sob a forma de finos cristalitos de hematita, mesmo em baixas percentagens, proporciona aos solos cores mais avermelhadas. Quando estas tendem para o vermelho e vermelho-escuro, comuns a este tipo de solo, indicam não somente

que o teor de ferro total é elevado, mas a presença de certas formas de ferro, que conferem estas cores aos solos. Na área existem exemplos onde o teor de ferro total é mais baixo do que os valores propostos atualmente e estão geralmente relacionados com os solos de classe textural média.

Nesta classe estão incluídas as antigas classes: Latossolo Vermelho-Escuro álico e Latossolo Vermelho-Escuro álico e distrófico.

Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd e LVAe)

Os solos assim classificados são minerais, não hidromórficos, variando de profundos a muito profundos, forte a moderadamente drenados, com boa porosidade, possuindo horizonte B latossólico, apresentam avançado grau de intemperismo, o que resulta na predominância de argilas do grupo 1:1, e acumulação de sesquióxidos na composição da fração mineral coloidal. Possuem sequência de horizontes A, B e C, com pouca diferenciação entre eles, e cores variando do vermelho ao amarelo, com tons intermediários.

São em geral fortemente ácidos, com baixa saturação de bases, distróficos ou álicos. Ocorrem, todavia, solos com média ou alta saturação de bases, normalmente em zonas de clima com estação pronunciada ou em solos formados a partir de rochas básicas.

Nesta classe estão incluídas as antigas classes: Latossolo Variação Una, Latossolo Vermelho-Amarelo álico, Latossolo Vermelho-Amarelo álico e distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e álico, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e eutrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, eutrófico e álico e Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico álico.

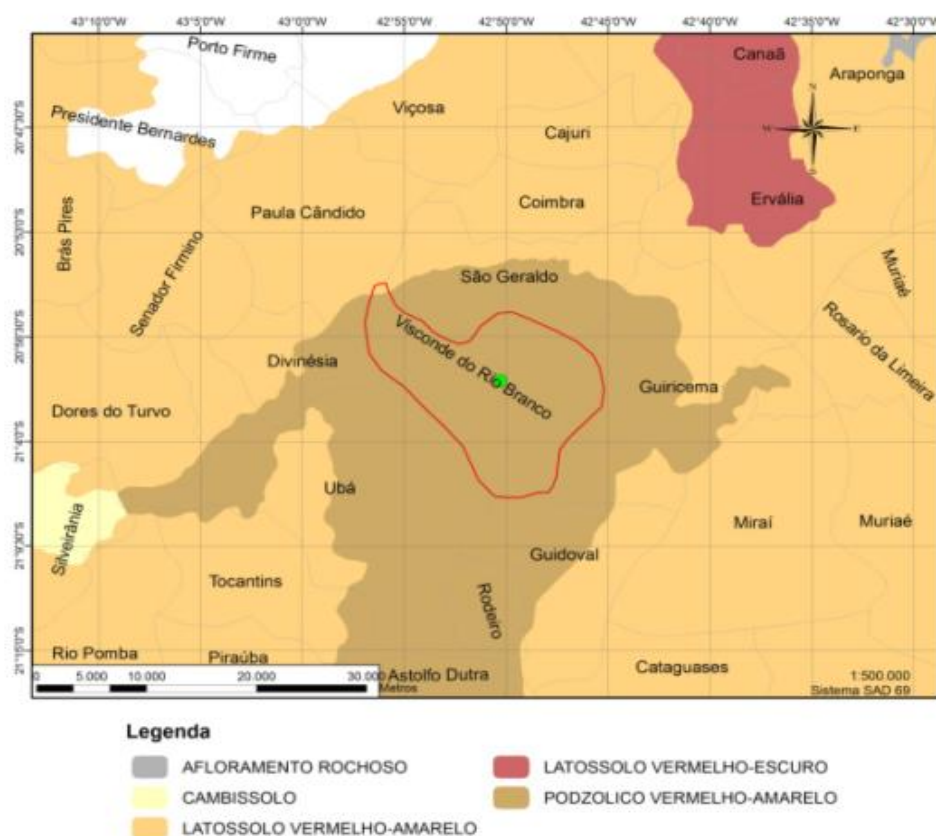
Podzólico Vermelho-Amarelo (PVAd)

Geralmente ocorre em relevo ondulado ou forte ondulado, apresenta cor amarelada ou vermelho-amarelada no horizonte B, o qual em geral apresenta maior teor de argila do que o horizonte A. Normalmente apresenta cerosidade, especialmente se a textura for argilosa ou muito argilosa.

Se for eutrófico, há condições favoráveis para o enraizamento ao longo do perfil. Outro aspecto favorável ao enraizamento ocorre por ser solo normalmente profundo.

Os aspectos da paisagem e do próprio solo contribuem para que o processo erosivo se constitua em um dos fatores dos mais limitantes, pois o relevo é movimentado e o solo apresenta gradiente textural (média do teor de argila do horizonte B dividido pela média do teor de argila do horizonte A) em geral alto, especialmente se ocorrer o caráter abrupto, ou seja, se o teor de argila do horizonte B for muito maior do que no horizonte A na região de contato entre estes horizontes.

Se for álico ou distrófico, há baixo potencial nutricional no horizonte B. Baixo teor de água disponível às plantas se a textura do horizonte A for arenosa. Solo sujeito à compactação se o horizonte A for especialmente de textura média ou mais argilosa.



Fonte: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>

Figura 3.8 - Mapa de solos presente na área de estudo.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Generalidades

A metodologia adotada neste trabalho segue as orientações feitas pela Norma CETESB 6410/88, que fixa condições exigíveis para a construção de poços de monitoramento de aquífero freático e dados mínimos para apresentação de projetos de redes de monitoramento.

A pesquisa foi realizada através da coleta mensal de amostras representativas das águas subterrâneas no entorno do aterro sanitário municipal e, posteriormente pelas análises destas e interpretação dos resultados.

4.2 Coleta e análise da água

O objetivo da amostragem é coletar uma porção de água representativa para análise, cujo resultado fornecerá uma imagem mais próxima do universo estudado.

A coleta de amostras de água é uma das etapas mais importantes para a correta interpretação hidroquímica, pois dela dependem todas as demais etapas subsequentes (análises laboratoriais, interpretação de dados, elaboração de relatórios e tomadas de decisões). Portanto, é essencial que a amostragem seja feita com técnicas e equipamentos adequados para evitar todas as fontes possíveis de contaminação e perdas (FEITOSA et al, 2000).

O plano de amostragem, que engloba aspectos como: técnicas de coleta, técnicas de preservação e acondicionamento de amostras, método de análises e procedimentos de encaminhamento de amostras, utilizado na presente pesquisa seguiu a norma 6410 CETESB, a fim de se evitar problemas corriqueiros, exemplificados pela inadequação do esvaziamento dos poços, adoção de equipamentos que possam comprometer a qualidade da água do poço, a não limpeza apropriada do equipamento de amostragem, entre outros. Foram realizadas sete campanhas, com frequência mensal, de junho a dezembro de 2009, englobando os períodos de estiagem e chuva.

No dia anterior à coleta, os poços analisados eram esgotados por funcionários do aterro, com o intuito de se evitar a coleta de amostras não representativas do aquífero, estagnadas e/ou contaminadas. A primeira amostra retirada era utilizada para a medição de pH, temperatura e condutividade elétrica. O acondicionamento das amostras foi feito em garrafas de polietileno, tipo “PET”, previamente higienizadas com água destilada. Antes da coleta era feita a ambientação do recipiente, com a água do próprio poço. Para a análise microbiológica foram utilizados frascos de vidro de 100 mL também limpos e esterilizados. Após a coleta, as amostras eram encaminhadas para o Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos Sólidos, do Departamento de Solos, e para o Laboratório da Divisão de Água e Esgoto, ambos da Universidade Federal de Viçosa.

O esgotamento dos poços era realizado com auxílio de um *bailer* (Figura 4.1), feito de material plástico e com um sistema em que a água pode seguir apenas em uma direção, impedindo seu retorno pela abertura de entrada.



Figura 4.1 – Introdução do *bailer* no poço de amostragem.

Antes da coleta de amostras, o procedimento de medição do nível d'água (NA) era realizado através da inserção de um sensor metálico, que emite um sinal sonoro ao tocar na água (Figura 4.2), acoplado a uma fita de 5 metros de comprimento (“apito”).



Figura 4.2 – Medição do nível freático utilizando o “apito”.

Após o devido acondicionamento das amostras, estas eram transportadas para o Laboratório da Divisão de Água e Esgoto da UFV e o Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos Sólidos do Departamento de Solos da UFV.

Ressalta-se que para a quantificação dos metais pesados foram utilizadas amostras brutas, ou seja, sem filtração, procedendo-se à extração nitroperclórica e identificando-se os valores totais de cada metal presente nas amostras coletadas.

Para os parâmetros ferro total, alumínio total e cobre total foram utilizados, a título de comparação, os valores determinados pela legislação (CONAMA 396/08) para esses elementos na forma dissolvida. Essa comparação é fundamentada no fato de que as concentrações encontradas pelo método de extração utilizado (nitroperclórico) são ambientalmente disponíveis, ou seja, apesar de não estarem prontamente disponíveis, tais elementos podem ser liberados para o meio (ANDRADE, 2010).

4.3 Área de estudo

Em 2004, o município de Visconde do Rio Branco passou a utilizar como depósito final dos seus resíduos sólidos um aterro sanitário, tendo encerrado as atividades do antigo lixão. O atual depósito fica localizado a aproximadamente três quilômetros do centro urbano e possui uma área de 17 hectares (Figura 4.3).



Figura 4.3 – Vista geral da área na qual foi implantado o aterro sanitário.

Seis diferentes localidades foram analisadas como possíveis áreas para o destino final do lixo municipal, mas fatores como proximidade com a rodovia e distância de aglomerados populacionais e do principal curso d'água do município (Rio Xopotó) inviabilizaram a escolha destes locais.

A área escolhida apresenta certas desvantagens, tais como declividade maior que 30% em certos pontos e duas pequenas nascentes, porém foi considerada adequada, já que estes problemas podem ser facilmente contornados em um bom projeto. Por outro lado, podem-se citar algumas vantagens como:

- Pequena distância da sede do município;
- Fácil acesso;
- Afastamento de aglomerados populacionais;

- Possibilidade de compra da área; e
- Boa aceitação da população.

O aterro sanitário de Visconde do Rio Branco foi projetado para ter uma vida útil de 15 anos. Caso haja medidas de minimização da produção de resíduos, tais como reciclagem e compostagem da matéria orgânica, a vida útil do aterro poderá ser prolongada em 7,5 anos.

4.4 Hidrografia e Uso da Água a Jusante do Aterro Sanitário

Na área selecionada existem duas nascentes que originam o córrego Santa Helena. Este córrego é um afluente do rio dos Bagres que, por sua vez, é afluente do rio Xopotó pertencente à sub-bacia do rio Pomba e à bacia do rio Paraíba do Sul. A água do córrego Santa Helena é utilizada na Fazenda Santa Helena através de bacias de acumulação que servem para a irrigação da cultura do café. A água para consumo domiciliar e para consumo das criações da Fazenda é captada de outras nascentes, fora da área de influência do Aterro Sanitário (AZEVEDO, 2002).

4.5 Caracterização do solo local

Durante a fase de projeto, foi executada uma campanha de sondagem à percussão constituída por sete furos com o objetivo de se conhecer e caracterizar o solo da área a receber tal empreendimento ambiental. O anexo 05, apresenta os pontos onde a sondagem foi feita e o relevo original do terreno.

De acordo com os boletins de sondagem, apresentados no anexo 02, é possível observar que duas camadas de solo se destacam: argila arenosa, com frações de silte, e cor variada, e areia fina argilosa, também com frações de silte e de cor variada. Estes dois solos apresentam-se em camadas de diferentes profundidades e espessura, e situam-se sobrejacentes à camada de alteração de rocha.

Deve-se notar que os furos de sondagens SPT04 e SPT05, localizados na área de implantação da primeira célula, apresentaram o nível d'água a cerca de 4,5 m de profundidade no início do mês de abril, início do período de estiagem, época em que foi

realizada a sondagem. Como as bocas dos furos de sondagem SPT04 e SPT05 situam-se, aproximadamente, na cota 623, infere-se que a cota mais elevada do lençol freático encontra-se, aproximadamente, na cota 619, onze metros abaixo da cota de implantação da primeira plataforma (630).

Para o ensaio de infiltração, foram executados 5 furos próximos aos pontos de sondagem para determinação dos coeficientes de permeabilidade no campo. Os resultados obtidos nestes ensaios serão apresentados nos anexos 02 e 03, e os coeficientes calculados no Quadro 4.1, junto com o resultado do ensaio de permeabilidade de carga variável feito em laboratório. O ensaio no solo argila arenosa foi feito com o material compactado com a energia equivalente ao Proctor Modificado, $\gamma_d = 14,8 \text{ kN/m}^3$ e teor de umidade $w = 21,4\%$. O ensaio no solo areia fina argilosa foi feito com o material compactado com a mesma energia, $\gamma_d = 14,7 \text{ kN/m}^3$ e teor de umidade $w = 19,0\%$.

Quadro 4.1 - Permeabilidades dos Solos

Amostra	Permeabilidade	
	Compactada (cm/s)	Infiltração (cm/s)
Solo 1 (Argila arenosa)	$5,46 \times 10^{-7}$	$1,6 \times 10^{-6}$ (média)
Solo 2 (Areia fina argilosa)	$2,65 \times 10^{-7}$	$7,9 \times 10^{-6}$

4.6 Plano de monitoramento da qualidade das águas

A área de disposição final de resíduos sólidos do município de Visconde do Rio Branco conta com a presença de três poços de monitoramento previstos em projeto (Figura 4.4), com a finalidade de coleta de amostras para análise periódica da qualidade da água subterrânea. *A priori* os parâmetros a serem determinados seriam: DBO, DQO, OD, pH, alcalinidade, condutividade elétrica, sólidos totais, turbidez, temperatura e nitrato. A metodologia adotada complementou estas análises com a apreciação dos seguintes parâmetros adicionais: cor, cloretos, ferro total, manganês total, alumínio total, cromo total, zinco total, chumbo total, níquel total, cádmio total e cobre total, totalizando vinte e um parâmetros.

As análises do presente foram realizadas no Laboratório da Divisão de Água e Esgoto da UFV e no Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos Sólidos do Departamento de Solos da UFV, seguindo as metodologias relacionadas no Quadro 4.2

Quadro 4.2 – Métodos utilizados para as análises de qualidade da água.

PARÂMETRO	TÉCNICA ANALÍTICA E/OU MÉTODO	EQUIPAMENTO /REAGENTE	REFERÊNCIA
Temperatura	SM 2550	pHmetro / condutivímetro OAKTON WD-35630-69	APHA, WEF, AWWA (1998)
pH	Potenciometria (SM 4500 - H ⁺)		APHA, WEF, AWWA (2005)
Condutividade elétrica	Condutivimetria (2510 B)		
DBO	Titulometria / incubação por 5 dias a 20°C ± (5210B) e método Winkler - modificação por azida (SM 4500 - O C)	Frascos de DBO, BOD TecnalTE-391	
DQO	Método Oxidimétrico - Refluxo Aberto (SM 5220 B)	Condensador Tecnal SEBELIN TE-188	
OD	Titulometria / método de Wickler - modificação por azida (SM 4500 - O C)	Frascos de DBO, BOD TecnalTE-391	
Sólidos Totais	Gravimetria (SM 2540 B)	Banho-maria TE-056 magTecnal, estufa Ind. Com. Fornos Magnu's LTDA, mufla Nova Técnica	APHA, WEF, AWWA (1998)
Nitrato	Espectrofotometria / método de redução de cádmio (4500 - NO ₃ ⁻ Nitrogen F)	Espectrofotômetro DR2000, reagente NitraVer®5 Nitrate	
Nitrito	Espectrofotometria / método de redução de cádmio (4500 - NO ₂ ⁻ CB)	Espectrofotômetro DR2000, reagente NitraVer®5	
Coliformes totais e E. Coli	Substrato Enzimático (Cromogênico - fluorogênico) (SM 9223 B)	Kit Colilert®	APHA, WEF, AWWA (2005)
Cloretos	Titulometria / método argentométrico (4500- Cl ⁺ B)	-	
Turbidez	Método Nephelométrico (2130 B)	Hach 2100 AN Turbidimeter	
Alcalinidade	Titulometria (SM 2320 B)	-	
Cor	Comparação Visual (SM 2120 B)	Tubos tipo Nessler, aparelho de comparação visual Nessler Quanti 200	
Metais	Espectrofotometria de emissão de plasma	Nitroperclórico, espectrofotômetro de emissão de plasma Perkim-elmer Óptima 3300-Dv	-

4.7 Levantamento Planialtimétrico da área

O levantamento topográfico planialtimétrico da área em que se encontra o aterro sanitário do município de Visconde do Rio Branco (área de depósito, estrada de acesso e poços de monitoramento) foi executado por estudantes de graduação do curso de Engenharia de Agrimensura da Universidade Federal de Viçosa. Para o levantamento dos dados em campo foi utilizado uma Estação Total, marca Trimble modelo 3303DR, e posteriormente os *softwares* Topografh (versão Tg98 SE) para o processamento dos dados, além do AutoCAD 2008, ferramentas estas que possibilitaram uma apresentação gráfica adequada. Na Figura 4.4 apresenta-se o levantamento planialtimétrico do relevo local durante a fase de pesquisa, além de exibir a disposição dos pontos de monitoramento, na Figura 4.5 é mostrada a topografia local e algumas imagens da área.

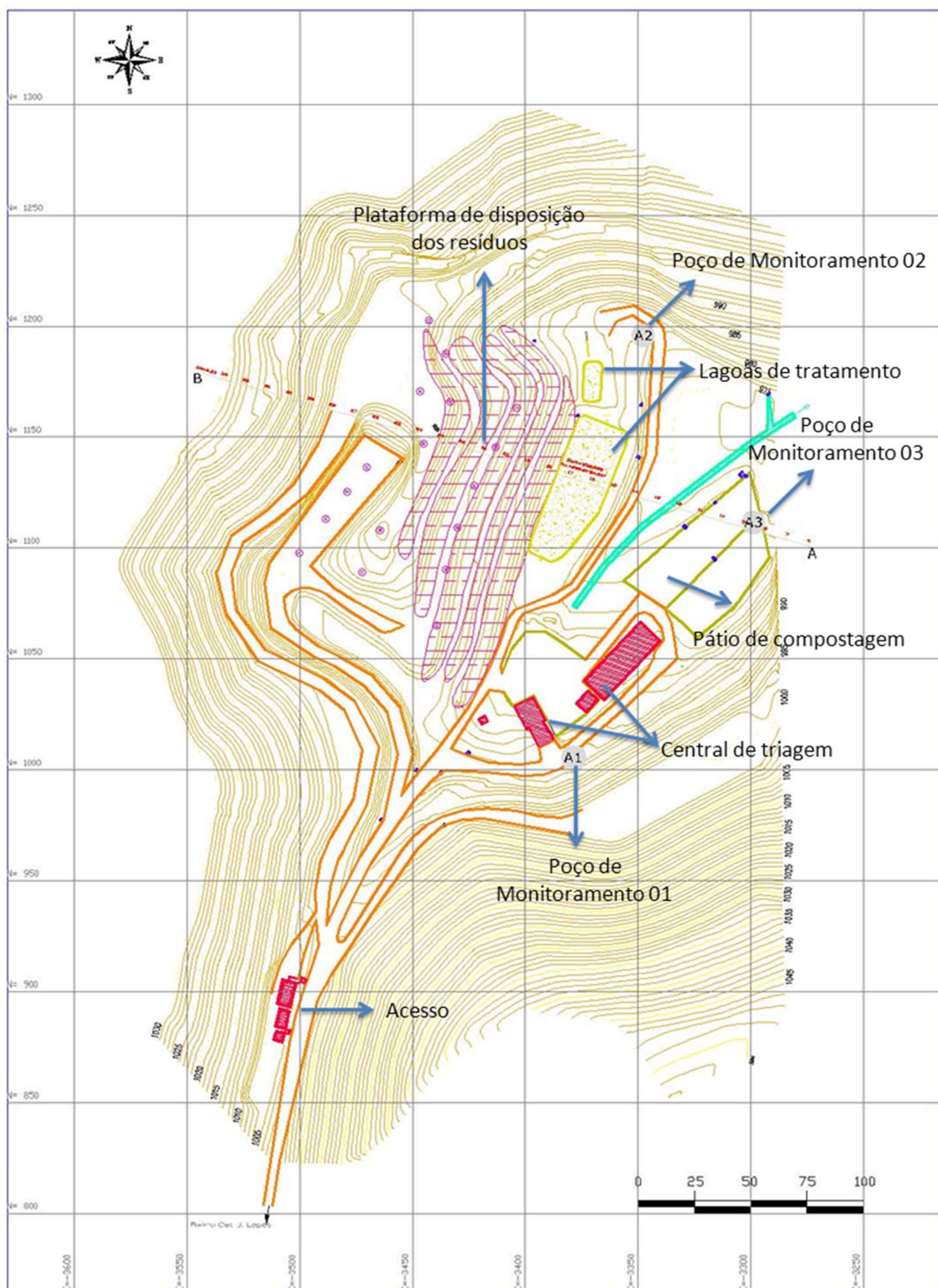


Figura 4.4 – Levantamento planialtimétrico da área estudada.

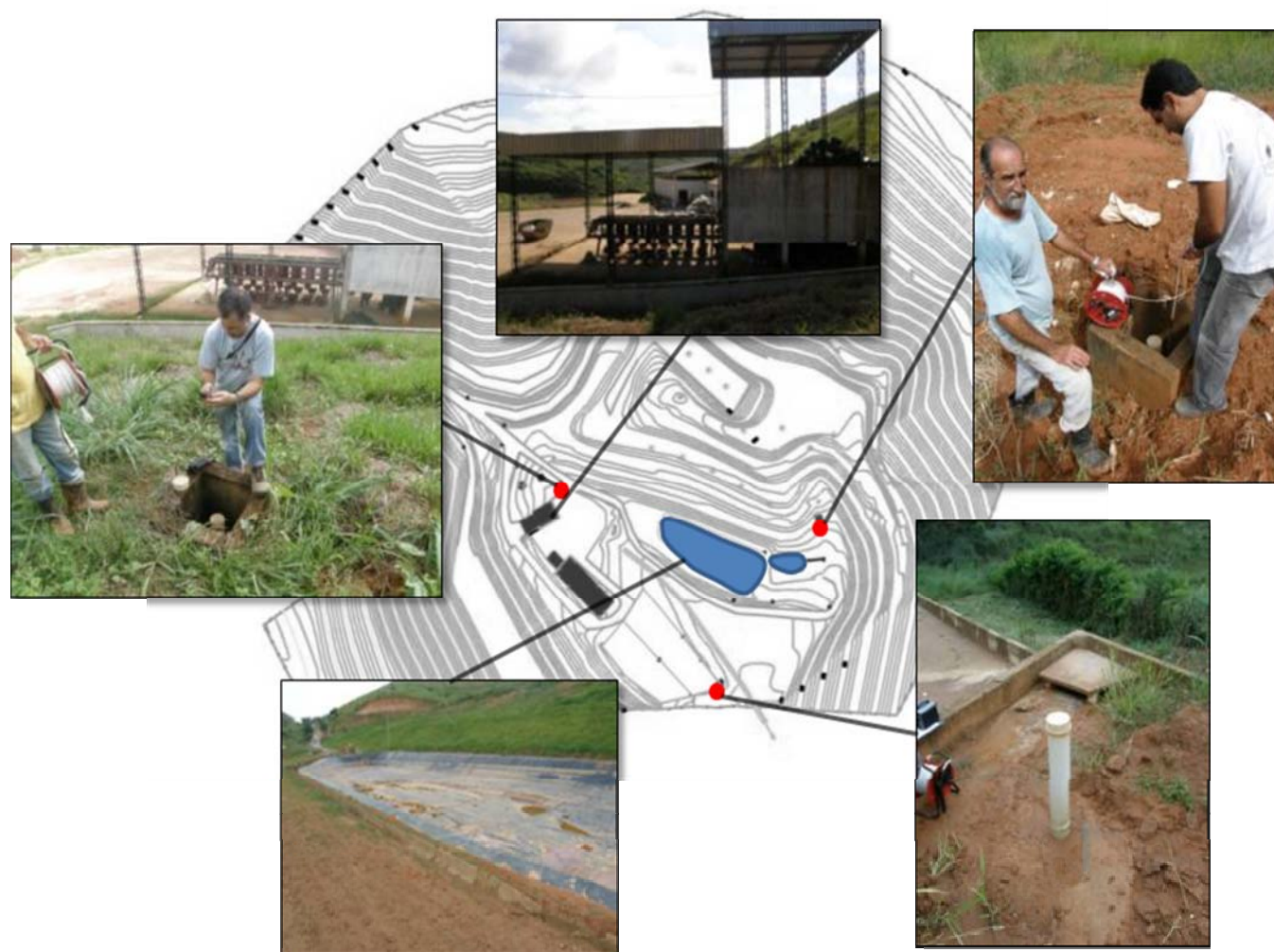


Figura 4.5 – Topografia e imagens do local.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Monitoramento da qualidade da água

O monitoramento da qualidade da água subterrânea seguiu os passos citados a seguir.

- Monitoramento em 3 diferentes poços para verificação da qualidade das águas subterrâneas;
- Análises mensais de diferentes parâmetros físico-químicos durante o período de Junho a Dezembro de 2009;
- Comparação dos resultados obtidos com os valores indicados na legislação vigente.

As coordenadas geográficas dos poços utilizados como ponto de coleta foram devidamente cadastradas através do GPS map 60CSx, o resultado obtido pode ser visto no Quadro 5.1, enquanto que a disposição destes pontos no terreno na Figura 4.4.

Quadro 5.1 – Coordenadas geográficas dos poços de monitoramento.

Informações	A1	A2	A3
Coordenada Geográfica	S 20°59'39,9" / W 42°49'26,7"	S 20°59'33,7" / W 42°49'25,7"	S 20°59'35,6" / W 42°49'23,8"
Profundidade (m)	4,08	1,9	5,56

Como citado anteriormente, as medições foram realizadas tanto no período de estiagem como de chuva. Dados de precipitação média mensal, medidos entre os anos de 1980 a 1991 e 1995 a 1999, retirados de AZEVEDO (2002) foram utilizados como base de comparação entre a variação do NA (unidade em metro) e a quantidade de chuva precipitada. Esta comparação pode ser observada no Quadro 5.2, e é ilustrada graficamente pela Figura 5.1.

Quadro 5.2 – Valores comparativos entre precipitação média mensal e variação do NA.

Mês	Precip. Média Mensal (mm)	Precip. Total Mensal 2009 (mm)	A1	A2	A3
Mar	152.8	159.10	1.27	0.42	2.8
Abr	54.5	86.20	1.71	0.58	2.98
Mai	33.4	1.70	1.74	0.58	3.38
Jun	24	41.20	1.85	0.68	3.29
Jul	13.2	3.60	1.82	0.76	3.38
Ago	18.5	21.40	1.91	0.93	3.41
Set	54.4	83.10	1.93	0.77	3.2
Out	104.9	133.50	-	-	-
Nov	213.5	209.30	1.92	0.92	3.32
Dez	245	341.40	1.75	0.17	2.74

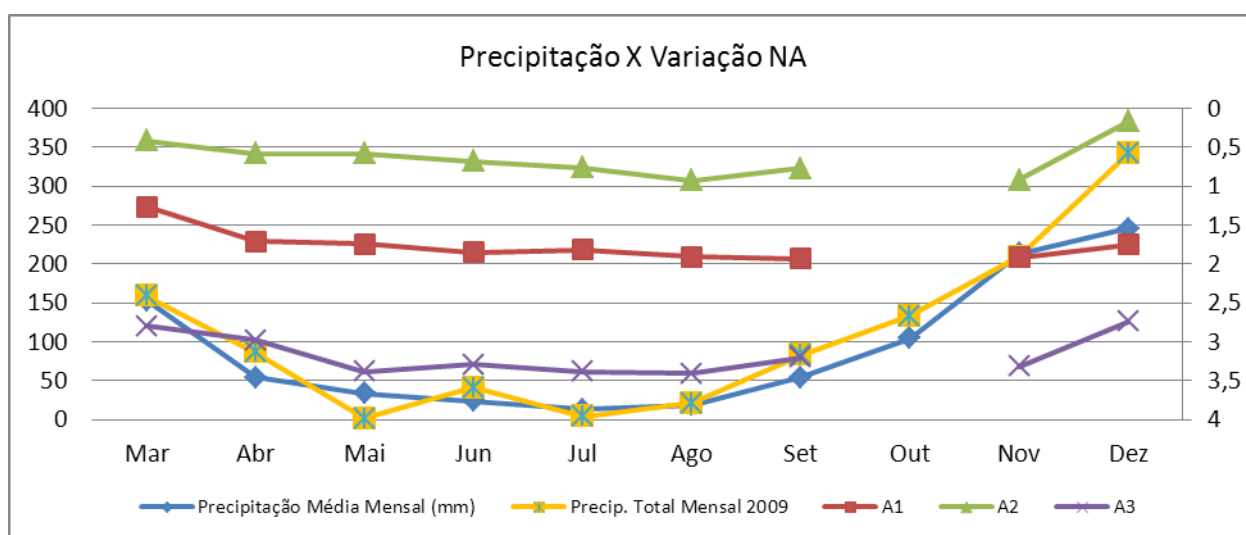


Figura 5.1 – Comparação entre precipitação média mensal e variação do NA.

A observação do gráfico da Figura 5.1 mostra que há uma clara correlação entre a precipitação e a variação do NA, como é normal em aquíferos freáticos em que a zona de recarga encontra-se nas proximidades dos poços de monitoramento, como no presente caso.

Os dados referentes à precipitação total mensal de 2009 foram retirados da estação pluviométrica localizada na Fazenda Varginha, Viçosa-MG, na latitude $-20^{\circ}42'50''$ e longitude $-42^{\circ}59'59''$, identificada pelo código 02042040, inserida na Bacia Atlântico, trecho leste e sub-bacia Rio Doce, de responsabilidade da ANA. A adoção dessa estação se deveu à dificuldade em se encontrar dados do município de Visconde do

Rio Branco, e pela proximidade entre esses locais, tendo-se aceito que os valores acima mencionados são aceitáveis como base das comparações realizadas adiante.

Os padrões utilizados para análise da qualidade da água subterrânea são os estabelecidos pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde e pela Resolução CONAMA 396/08, se encontram listados no Quadro 5.3 – Padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/08 e pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde.

Quadro 5.3 – Padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/08 e pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde.

Parâmetro	Portaria MS nº 518/04	Resolução CONAMA nº 396/08
	Norma de Qualidade da Água para consumo Humano	Consumo Humano
Coliforme Termotolerantes (<i>E. Coli</i>)	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
DBO*	5 mg/L O ₂	5 mg/L O ₂
OD*	> 5 mg/L O ₂	> 5 mg/L O ₂
Turbidez	5,0 UNT	-
Cor	15 uH	-
pH	6,0 a 9,5	-
Nitrato	10,0 mg/L N	10,0 mg/L N
Cloreto Total	250 mg/L Cl	250 mg/L Cl
Chumbo Total	0,01 mg/L Pb	0,01 mg/L Pb
Cromo Total	0,05 mg/L Cr	0,05 mg/L Cr
Manganês Total	0,1 mg/L Mn	0,1 mg/L Mn
Níquel Total	-	0,02 mg/L Ni
Cádmio Total	0,005 mg/L Cd	0,005 mg/L Cd
Zinco Total	5 mg/L Zn	5 mg/L Zn
* Padrões legais estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/05		

Os parâmetros DBO, OD, alcalinidade, condutividade elétrica, temperatura, DQO, alumínio total, ferro total e cobre total não apresentam padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/08 e pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, entretanto, são de grande relevância no que diz respeito à qualidade da água e também são analisados a seguir. Para os parâmetros DBO e OD foram utilizados os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, a título de comparação.

Para melhor visualização das não conformidades e da variação dos parâmetros, foram elaborados gráficos em que são apresentados os resultados obtidos para cada poço ao longo das campanhas realizadas. O anexo 04 apresenta a compilação de todos os dados apresentados em forma de tabelas.

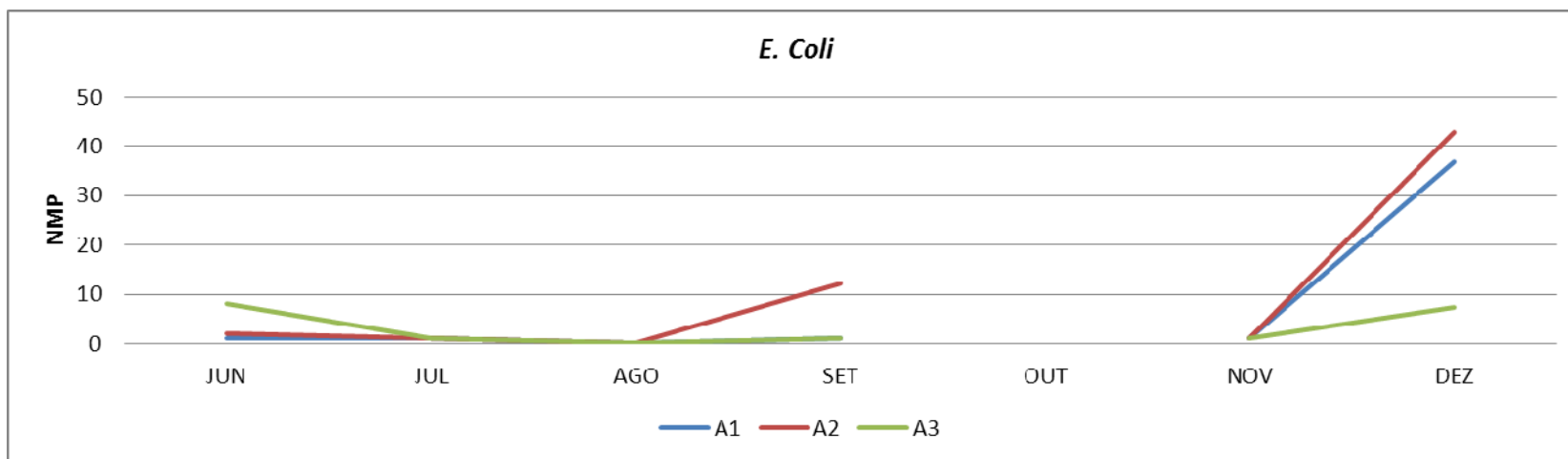


Figura 5.2 – Variação do parâmetro E. Coli.

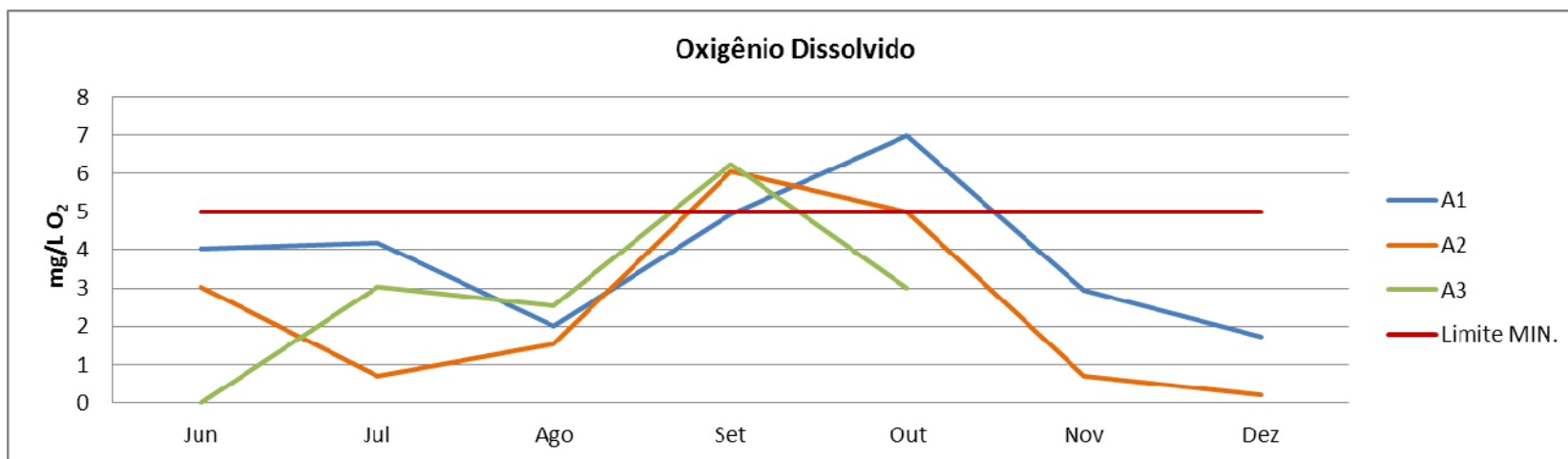


Figura 5.3 – Variação do parâmetro OD.

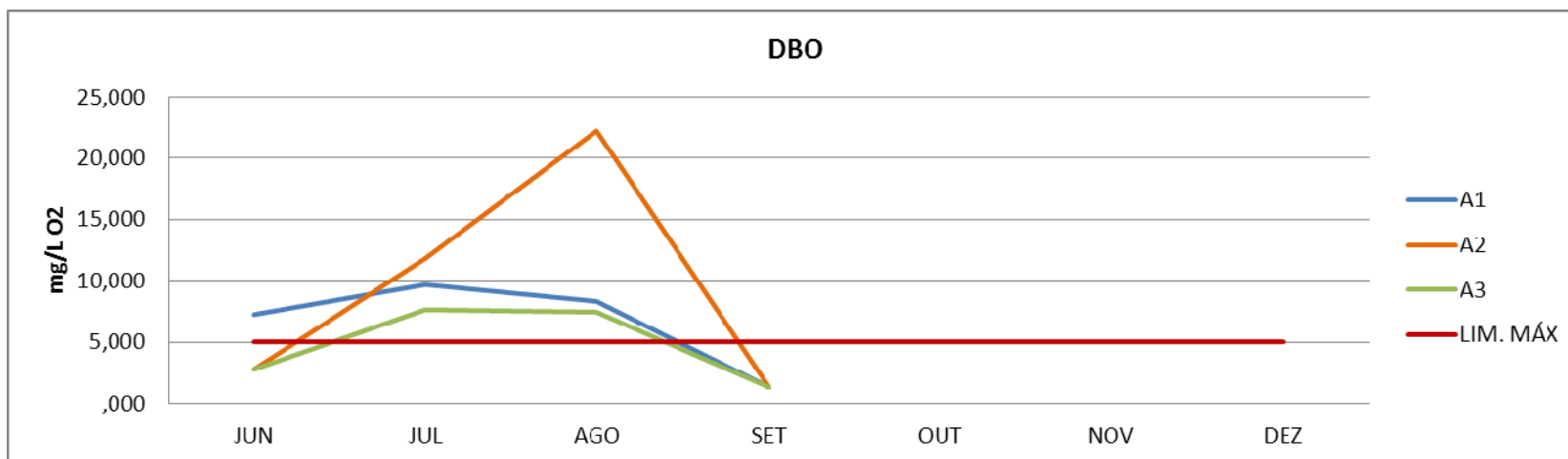


Figura 5.4 – Variação do parâmetro DBO.

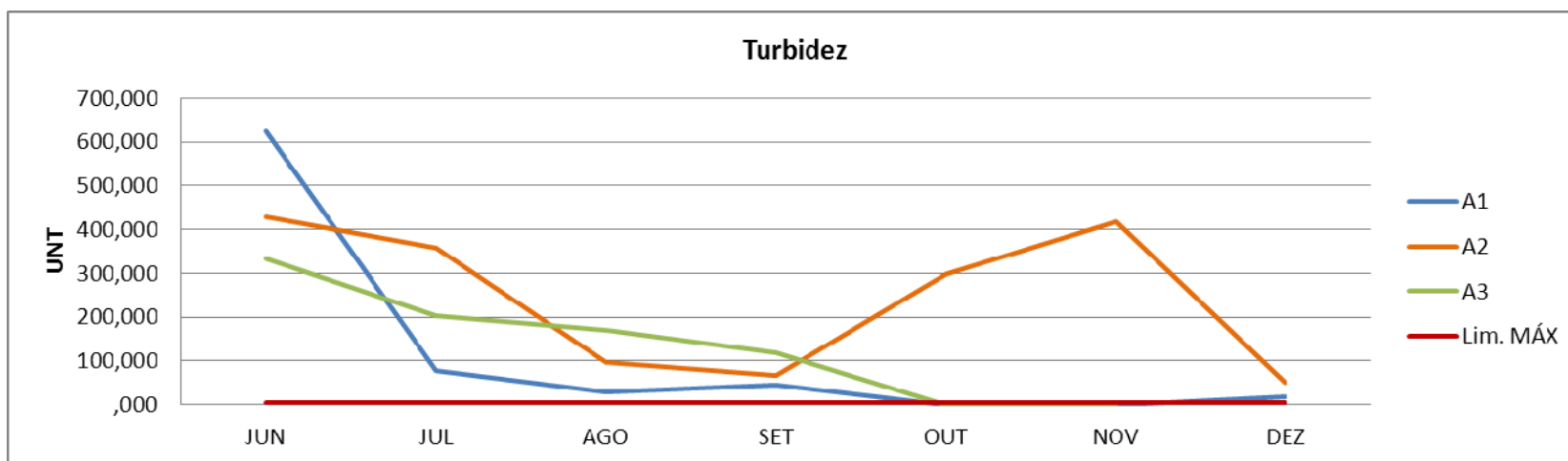


Figura 5.5 – Variação do parâmetro Turbidez.

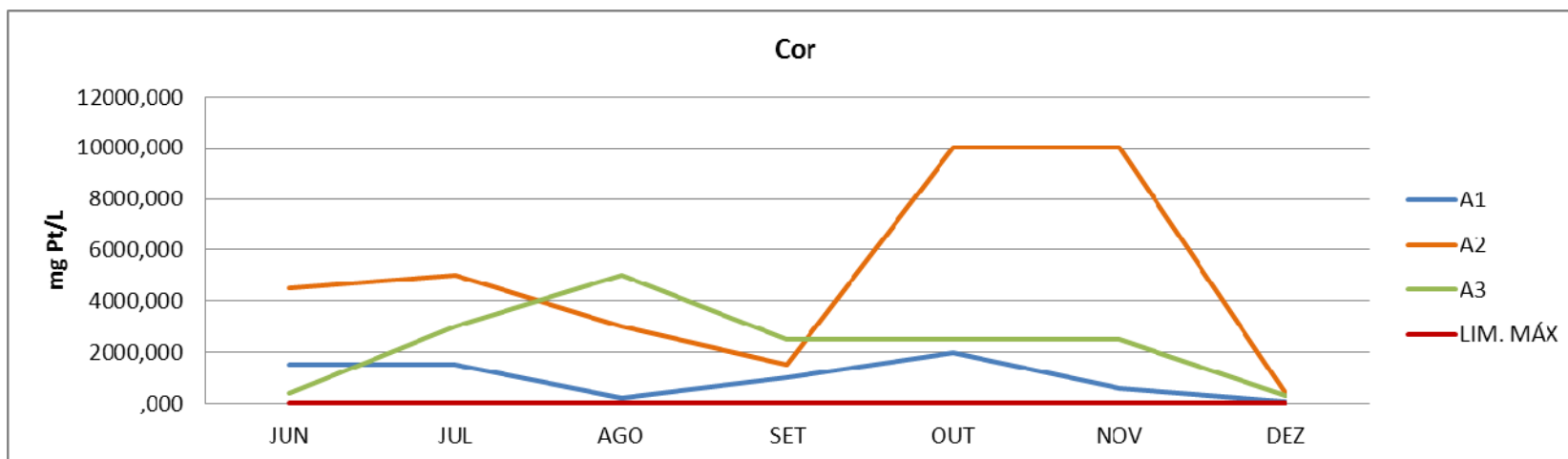


Figura 5.6 – Variação do parâmetro Cor.

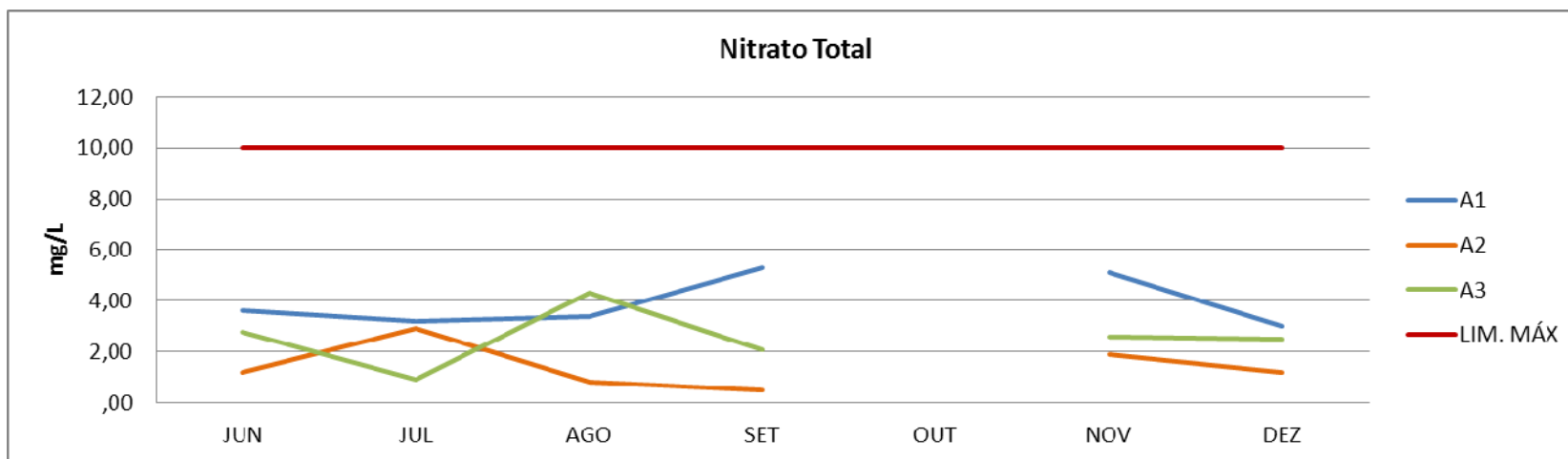


Figura 5.7 – Variação do parâmetro Nitrato.

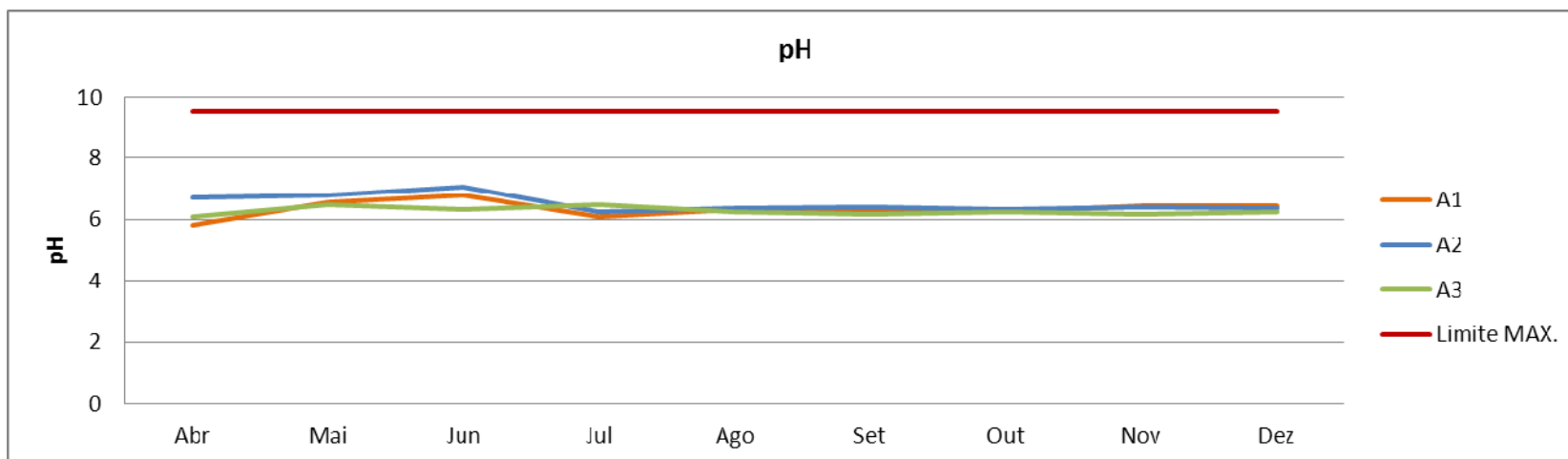


Figura 5.8 – Variação do parâmetro pH.

61



Figura 5.9– Variação do parâmetro Cloreto



Figura 5.10 – Variação do parâmetro Pb .

62

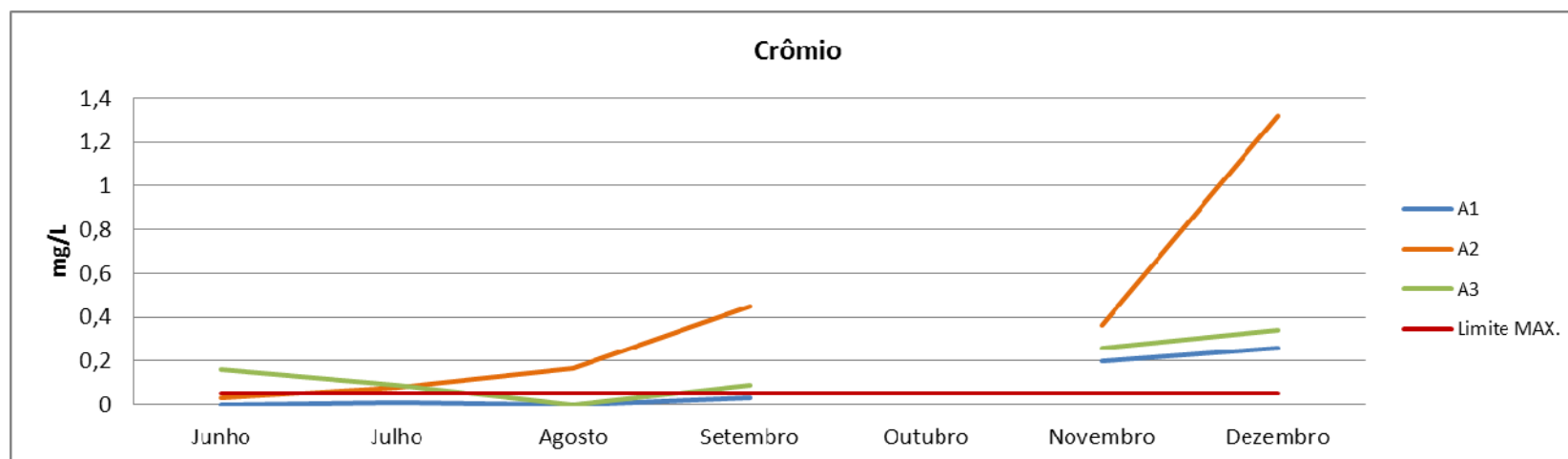


Figura 5.11 – Variação do parâmetro Cr.

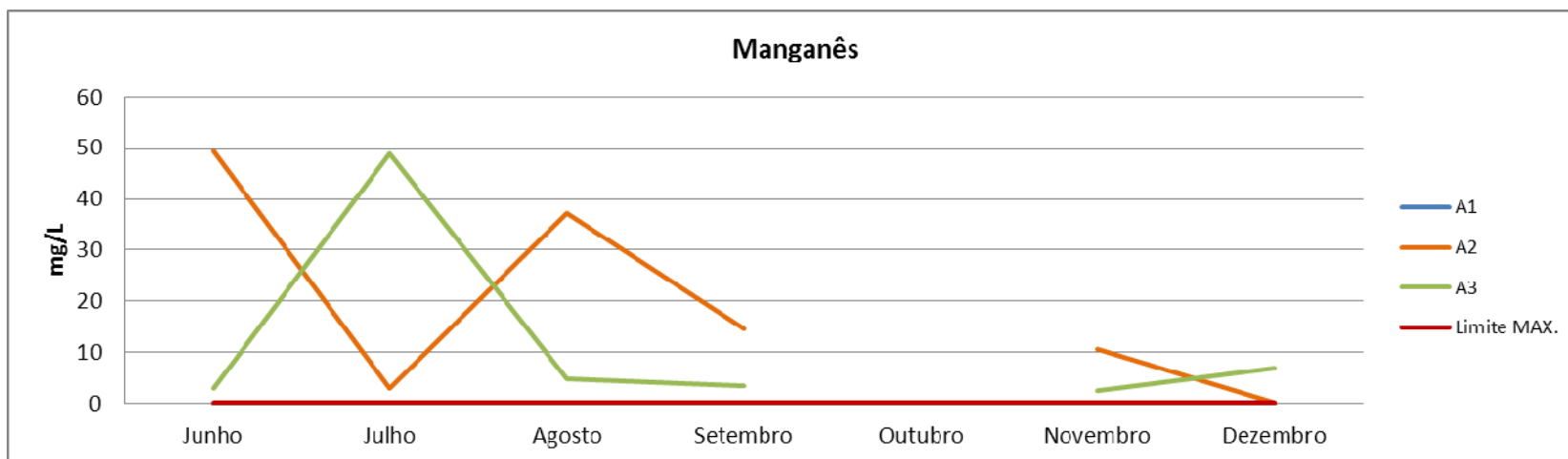


Figura 5.12 – Variação do parâmetro Mn

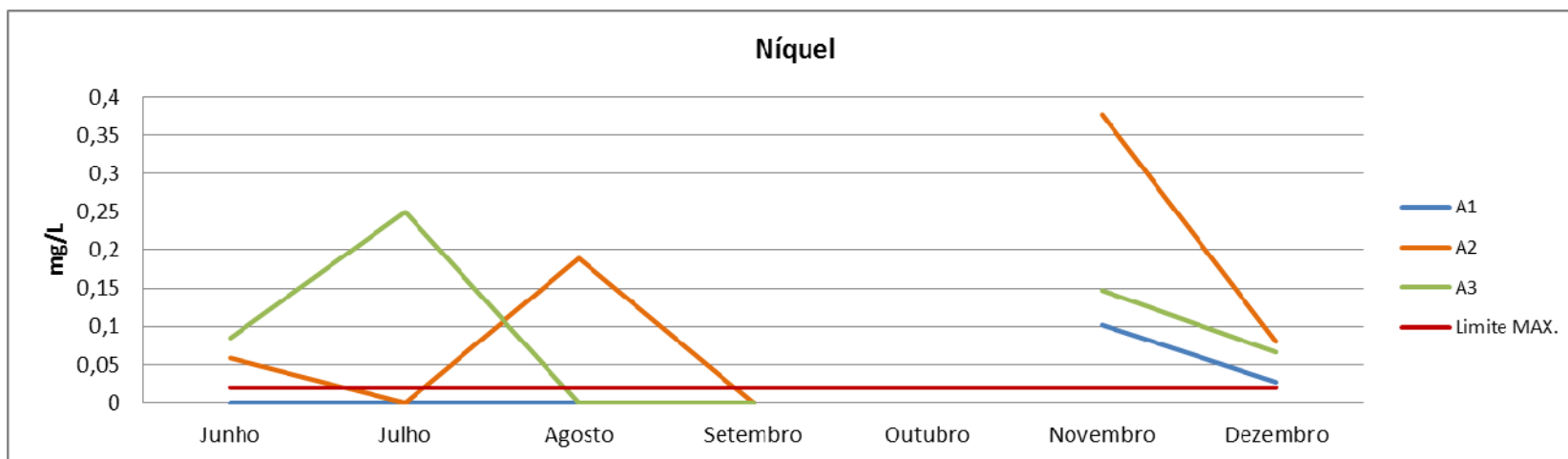


Figura 5.13 – Variação do parâmetro Ni

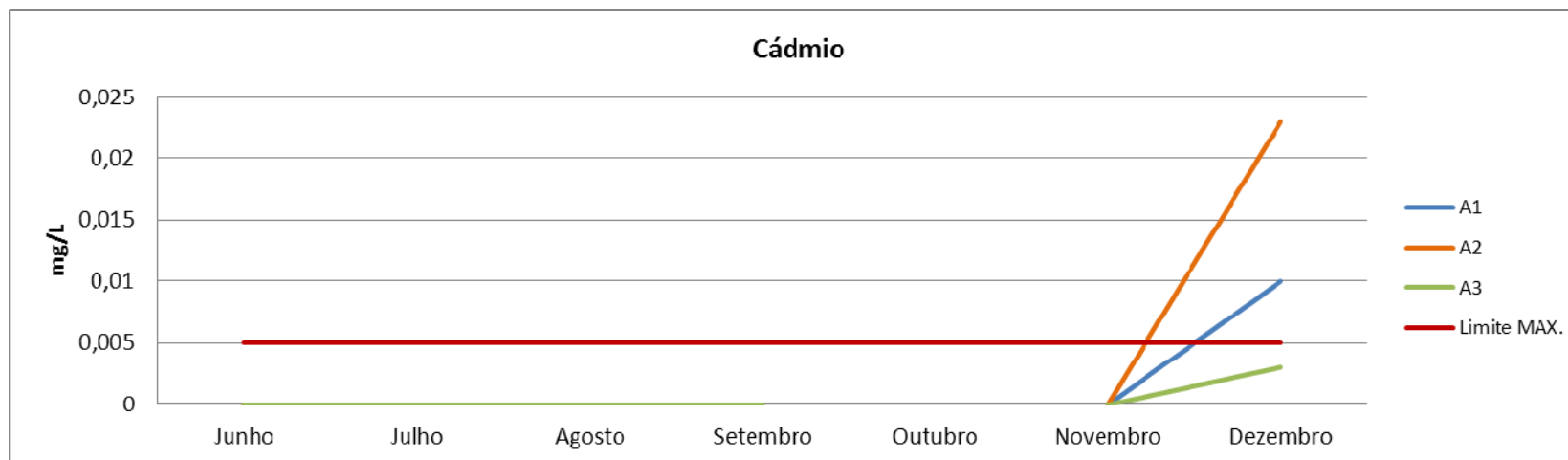


Figura 5.14 – Variação do parâmetro Cd.

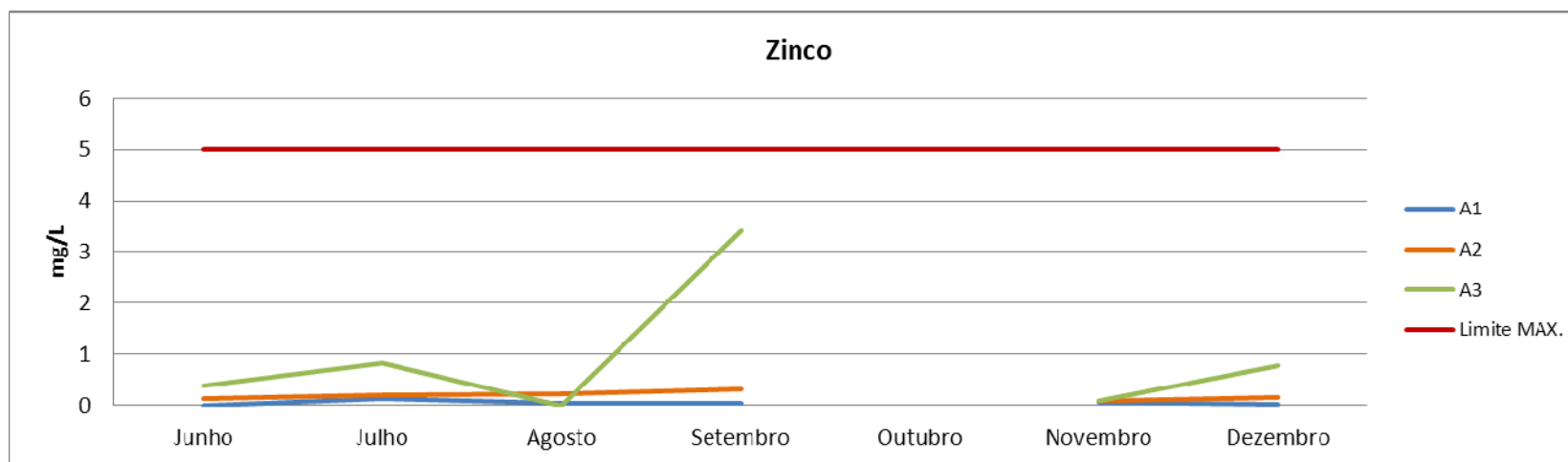


Figura 5.15 – Variação do parâmetro Zn.

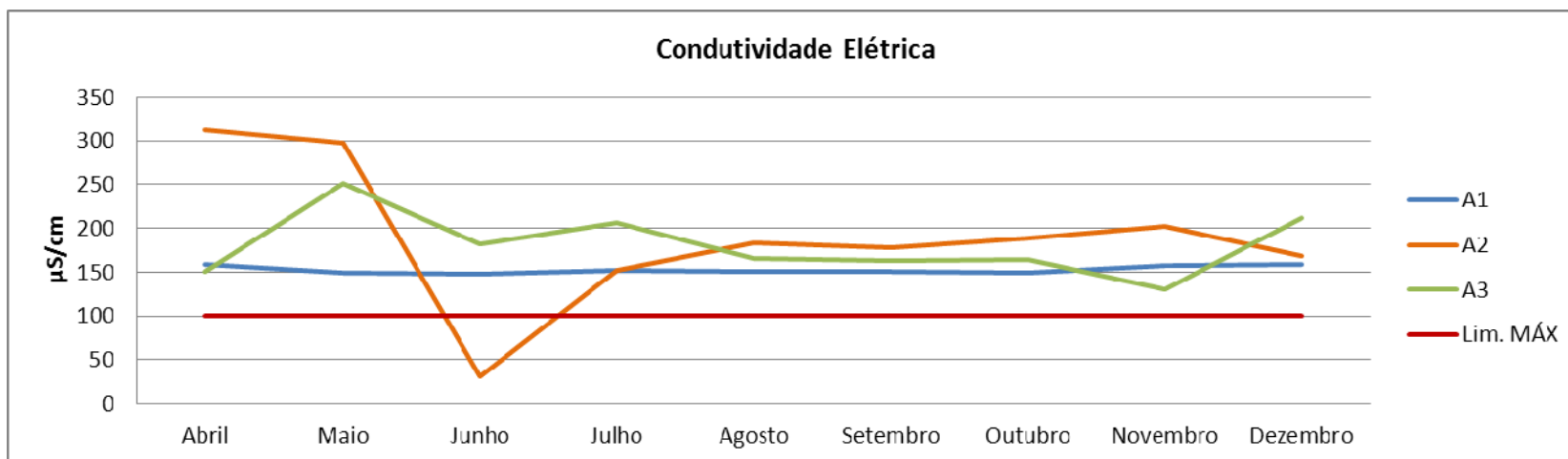


Figura 5.16 – Variação do parâmetro Cond. Elétrica.

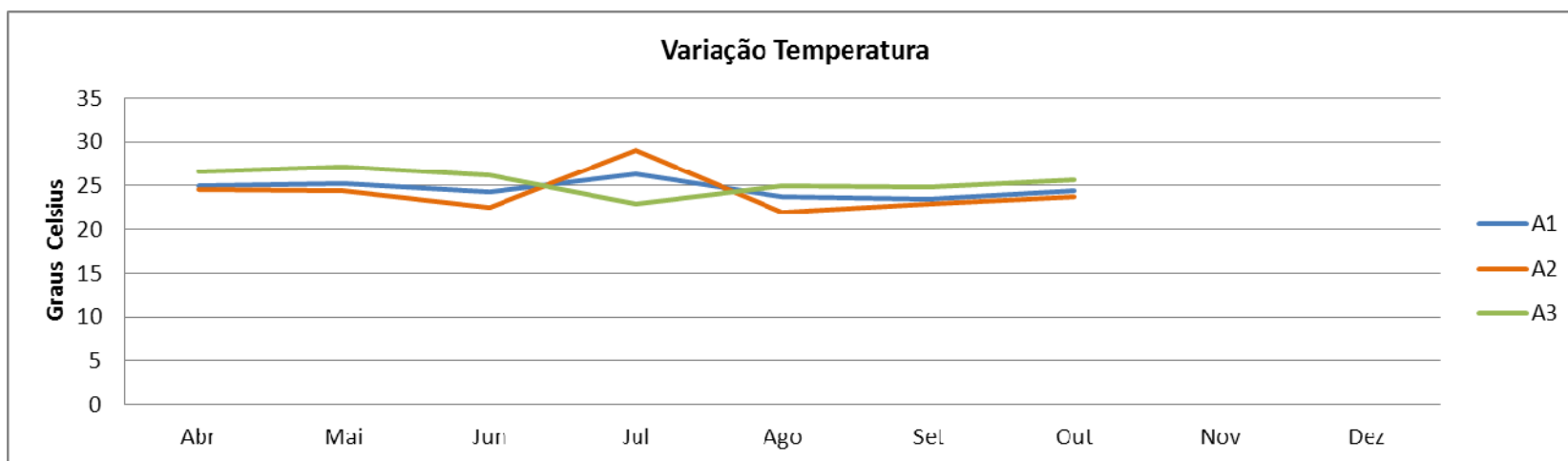


Figura 5.17 – Variação do parâmetro Temperatura.

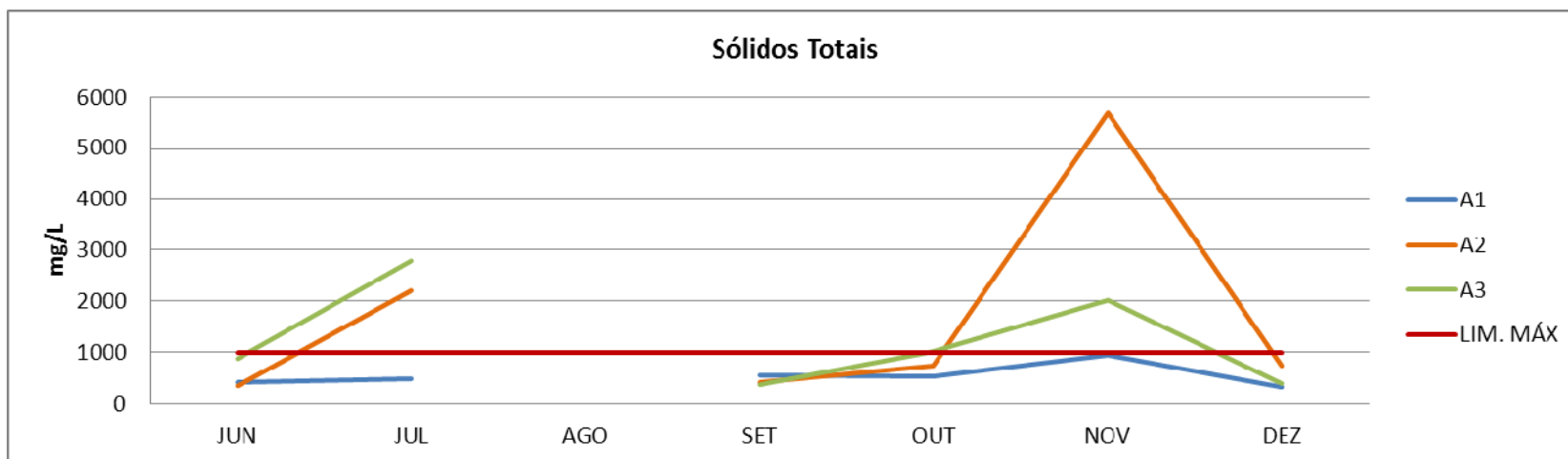


Figura 5.18 – Variação do parâmetro Sólidos Totais.

99

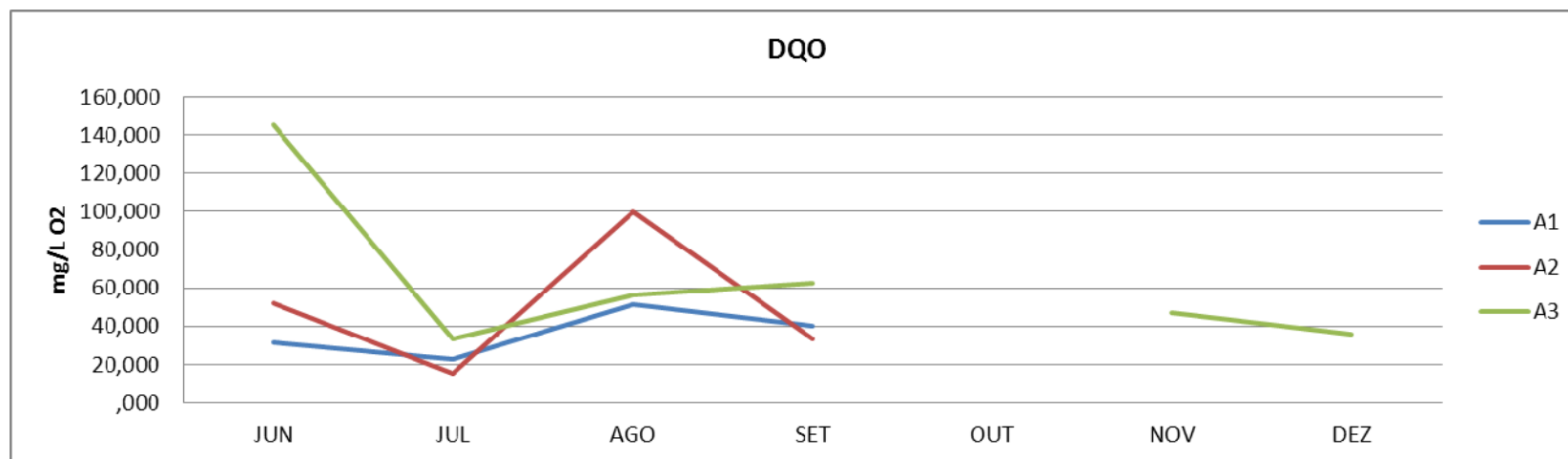


Figura 5.19 – Variação do parâmetro DQO.

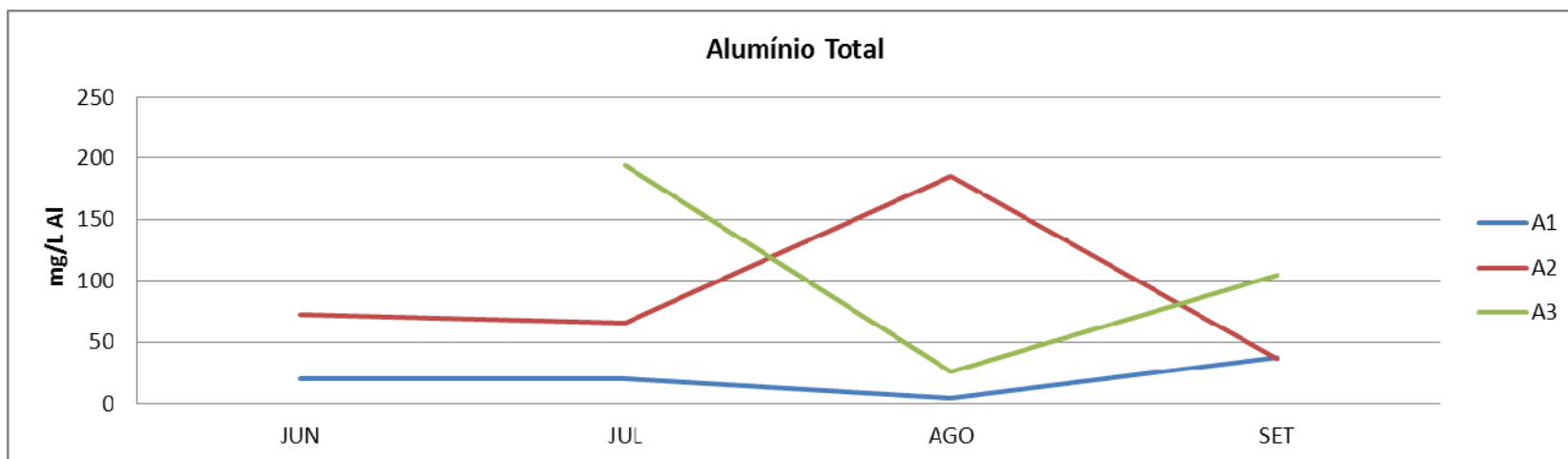


Figura 5.20 – Variação do parâmetro Alumínio Total

67

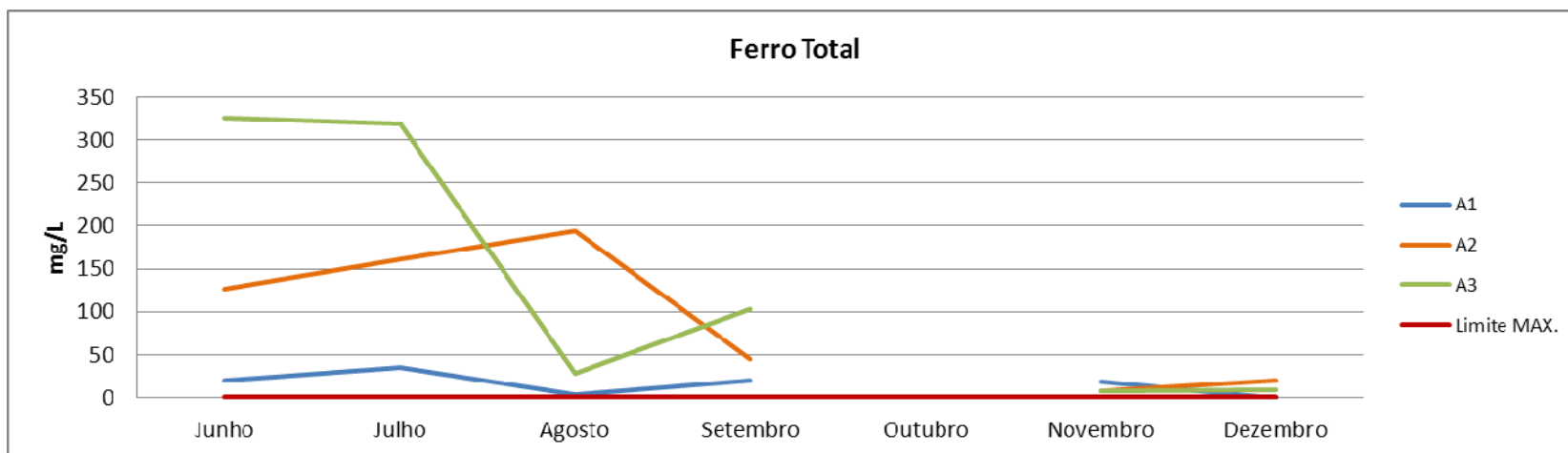


Figura 5.21 – Variação do parâmetro Ferro Total.

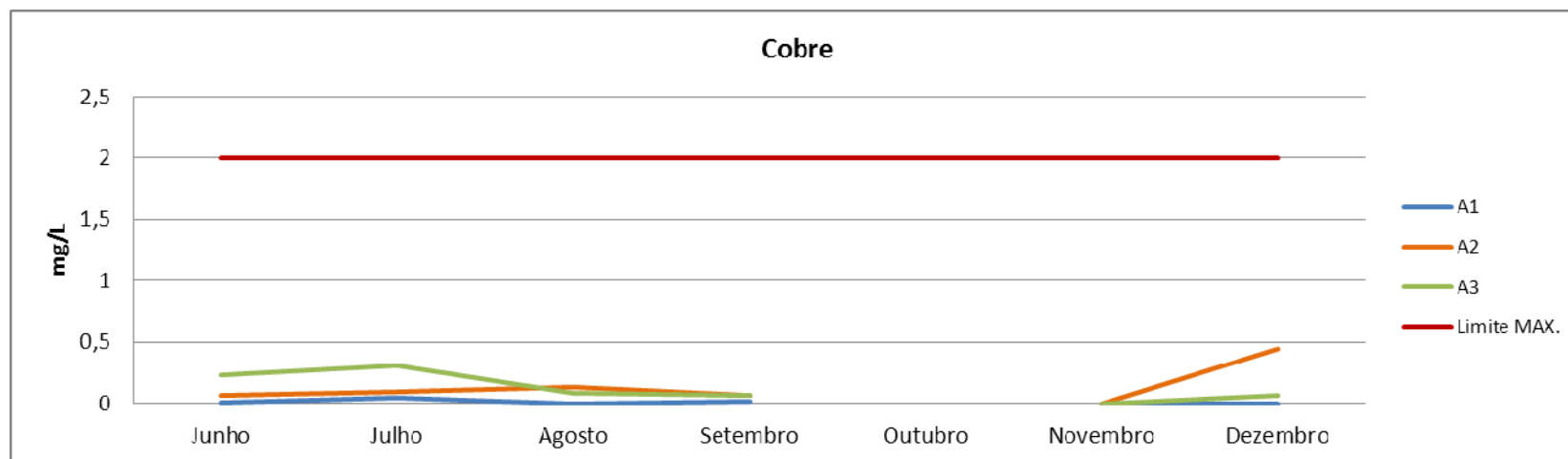


Figura 5.22 – Variação do parâmetro Cobre.

Os VMP para os parâmetros acima são referentes ao uso preponderante da água para consumo humano. Os limites para Ferro, Alumínio, Manganês, Cloretos e Sólidos Totais Dissolvidos têm caráter apenas para efeitos organolépticos.

No Quadro 5.4, apresenta-se um resumo dos parâmetros não conformes em cada poço monitorado, acompanhados do número de alterações e do número de campanhas realizadas.

Quadro 5.4 – Resumo das não conformidades encontradas para as águas subterrâneas.

Poços	Parâmetros não conformes
A1	Cor (7/7), Turbidez (7/7), DBO (3/5), OD (6/7), Chumbo (1/6), Manganês (3/6), Cromio (2/6), Níquel (2/6), E.Coli (1/5)
A2	Cor (7/7), Turbidez (7/7), DBO (2/5), OD (5/7), Chumbo (3/6), Manganês (6/6), Cromio (5/6), Níquel (4/6), E.Coli (3/5)
A3	Cor (7/7), Turbidez (6/6), DBO (2/5), OD (1/6), Chumbo (3/6), Manganês (6/6), Cromio (5/6), Níquel (4/6), E.Coli (2/5)

A DBO apresentou valores maiores que 5 mg/L, padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, entre junho e setembro. De acordo com Santos (2000) nas águas subterrâneas, em geral, a DBO é inferior a 1mg/L de O₂, sendo que valores mais elevados são indícios de contaminação. Os maiores valores foram encontrados nos meses de julho e agosto.

Para OD foi considerado um limite mínimo de 5mg/L O₂, sendo alcançado ou superado apenas em duas campanhas de amostragem. Nota-se que há uma depleção dos valores deste parâmetro entre julho e agosto, coincidindo justamente com o aumento da DBO, e o processo inverso entre os meses agosto setembro. A variação destes dois parâmetros está diretamente relacionada com o aporte de compostos orgânicos na água, Se não há chuva, a infiltração reduz e, portanto o aporte de contaminantes a partir da superfície também é reduzido.

Os parâmetros turbidez e cor apresentaram não conformidades para todos os poços em todas as campanhas, Tais parâmetros estão relacionados ao teor de sólidos na água, sendo a turbidez influenciada pelos sólidos em suspensão e a cor pelos sólidos dissolvidos.

O pH apresenta limite mínimo, para águas subterrâneas, de 6,0 e máximo de 9,5. Nas amostras coletadas este parâmetro variou de 5,82 a 7,05. Em apenas 3 campanhas para o poço A2, e duas para o poço A1 as amostras de água ficaram dentro da faixa limite estabelecida, totalizando 18,5% das amostras. Mesmo assim, os resultados obtidos das outras análises foram bastante próximos da margem inferior permitida.

A presença de *E.Coli* foi observada em 40% das amostras, sendo que o mês de dezembro apresentou os maiores índices para os três poços. A contaminação foi maior neste período por conta da maior produção de chorume em tempo de índices pluviométricos mais elevados.

O elemento chumbo total apresentou picos de contaminação em junho e novembro, havendo o decaimento destes valores até a normalidade, exceto para o poço A2, que na última campanha registrou o maior valor. O Cádmio se comportou de maneira estável por todo período de monitoramento, porém nas duas últimas amostragens, foram registrados valores acima do permitido. Os níveis de manganês foram irregulares ao longo da amostragem, variando bruscamente de mês para mês, porém acredita-se que as propriedades do solo local possam influenciar neste comportamento, pois este elemento está praticamente presente em praticamente todos os solos principalmente na forma de dióxido de manganês, em águas naturais pode ocorrer devido à lixiviação de minerais e solos (CPRM,1999).O elemento zinco total mostrou-se dentro dos valores estabelecidos pela norma ao longo de toda a campanha. Para o parâmetro Crômio foi verificada uma tendência de aumento à medida que o período chuvoso se intensificava, caracterizando a alta mobilidade deste elemento no solo, o que demonstra a relação deste com o aumento da percolação, ocasionada pelo acréscimo da precipitação. Já os resultados para o Níquel apresentaram-se irregulares, com picos de contaminação de até 19 vezes acima do valor legalmente estabelecido.

Os parâmetros nitrato e cloreto total apresentaram alterações reduzidas ao longo do monitoramento.

O parâmetro condutividade elétrica apresentou uma variação mais brusca nos meses iniciais das campanhas, com valor máximo de 312 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e mínimo de

30,8µS/cm, ambas as situações para o poço A2. Altos valores podem indicar características corrosivas da água. A temperatura não registrou variações significativas e suas alterações podem influenciar a maioria dos processos físicos, químicos e biológicos na água como, por exemplo, do oxigênio dissolvido, além de aumentar a taxa de transferência de gases.

Tanto ferro como alumínio estão relacionados com o aporte de sólidos em suspensão nas águas, os altos valores encontrados para águas subterrâneas podem ter influência do estado de conservação dos poços de monitoramento/captação.

A concentração de cobre durante o monitoramento teve sua maior variação no poço A3, com valor mínimo nulo e máximo de 0,306. Considerando o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, nenhuma amostra apresentou não conformidade.

No mês de dezembro, além das amostras usualmente coletadas, também foi retirada um exemplar do líquido percolado no ponto de entrada do sistema de tratamento de efluentes. No Quadro 5.5, mostram-se os valores de alguns metais pesados que foram testados para esta amostra, e as concentrações máximas encontradas em diversos percolados reportados na literatura em diferentes aterros sanitários.

Quadro 5.5 –Concentrações de metais pesados em diversos percolados de aterros sanitários.

LOCAL	CONCENTRAÇÕES (mg/L)			
	Zn	Pb	Cd	Cu
Visc. do Rio Branco	0.262	ND	0.003	ND
Santo André	2.5	3.352	0.02	2.11
Belo Horizonte	0.235	0.02	ND	0.029
Bandeirantes	0.78	0.25	0.01	0.02

Fonte: CARVALHO, 2001

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Através das análises apresentadas anteriormente, observa-se anormalidades no sistema do aquífero livre no qual o aterro sanitário municipal está inserido. A ação antrópica modificou física, visual e qualitativamente o meio ambiente daquele local. Os parâmetros não conformes (teores elevados dos parâmetros Cor, Turbidez, DBO, OD, Chumbo, Manganês, Crômio, Níquel, *E.Coli*) indicam falta de eficácia do sistema de tratamento, e consequentemente ajustes devem ser realizados na operacionalidade do aterro. Ressalta-se que as análises das amostras cobriram um período na qual a lagoa facultativa ficou em manutenção devido a um furo na manta PEAD, logo o percolado era descartado diretamente no ambiente, sem qualquer tipo de tratamento prévio.

Sugere-se que seja implementado um novo poço de monitoramento a montante do maciço de lixo, pois foi detectada influência do percolado nas análises do poço A1, que teoricamente seria o ponto de monitoramento padrão. Além disto, há de se fazer uma análise computacional da área de estudo para uma melhor compreensão de como a propagação dos contaminantes ocorre no subsolo.

As maiores discrepâncias foram percebidas no poço A2, ponto mais baixo do terreno, quando em épocas chuvosas costuma acumular água, justificando as altas concentrações de ferro, manganês e alumínio, estes três parâmetros são especificamente abordados, pois acredita-se que em sua composição, o solo local possua quantidades consideráveis de tais elementos, havendo necessidade de se comprovar cientificamente esta observação.

Portanto, este estudo é apenas o início do trabalho que pode ser feito para se caracterizar, e avaliar a eficiência de uma técnica que visa reduzir o impacto ambiental, que é a deposição do lixo de forma sistemática e preconizada por metodologias próprias. Espera-se que este projeto seja uma contribuição para que medidas de controle sejam postas em prática, e que o aterro municipal de Visconde do Rio Branco volte a operar na mais completa eficiência.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Luana Caetano Rocha de.; **Estudo da influência do meio físico e das atividades antrópicas na qualidade de água na sub-bacia do córrego Palmital – Viçosa (MG).** 154f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9604; Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo com retirada de amostras deformadas e indeformadas.** Rio de Janeiro, 1986

AZEVEDO, R.F. **Projeto Executivo do Aterro Sanitário do Município de Visconde do Rio Branco (MG).** 2002.

BAHIA, V.E ; **Estudo hidrogeológico da área localizada entre o depósito de lixo metropolitano de Belém (Aurá) e o Lago Água Preta,** 2003. 117 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Pará, Belém – PA, 2003.

BATISTA, G. ; NETO, M.. **Recursos Hídricos e Ambiente,** Ed Centro Educacional Objetivo, Brasília, 1995.

BOAVENTURA, G. R.; BISPO, R. S.; BRITO, V. E. B.; ARAÚJO, R. N. G.; **Geoquímica do Solo e Água no Aterro Sanitário (lixão) do Distrito Federal.** Resumo expandido. V Congresso Brasileiro de Geoquímica e III Congresso de Geoquímica dos países de Língua Portuguesa, Niterói-RJ, 1995

BORGHETTI, N. R. B; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. **Aquífero Guarani. A verdadeira integração dos países do Mercosul:** Curitiba. 2004. 214p.

BOSCOV, M.E.G. ;**Geotecnia Ambiental.** São Paulo. Ed. Oficina de Textos, 2008.

CARVALHO, André Luciano de ;AZEVEDO, Roberto Francisco de ; AZEVEDO, Izabel C A D ; MATOS, Antônio Teixeira de . **Contaminação de águas subsuperficiais na área do antigo lixão de Viçosa, MG, Brazil.** In: 8º Congresso Nacional de Geotecnia, 2002, Lisboa. A Geotecnia portuguesa e os desafios do futuro. Lisboa : Sociedade Portuguesa de Geotecnia, 2002. v. 3. p. 1715-1724.

CATAPRETA, C.A.A.; SIMÕES, G.F.S.; BATISTA, H.P.; **Monitoramento ambiental, operacional e geotécnico de aterros sanitários – A experiência de do aterro sanitário de Belo Horizonte, MG.** 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte - MG, 2007.

CELERE, Marina Smidtetal . **Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, Apr. 2007 . Availablefrom<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102311X2007000400021&lng=en&nrm=iso>. accesson 06 Apr. 2010. doi: 10.1590/S0102-311X2007000400021.

COELHO, M. G. ; LIMA, Samuel Do Carmo ; LEMOS, Jureth C ; ALBUQUERQUE, Yaico T ; MARAGNO, Ana Luiza F C ; SANTOS, Cristiane L ; BRANDÃO, Selis Luiz . **Contaminação das águas do lençol freático por disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos em Uberlândia-MG/Brasil.** In: XXVIII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitária y Ambiental, 2002, CANCUN. ANAIS DO XXVIII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitária y Ambiental, 2002.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Construção de Poços de Monitoramento de Aquíferos Freáticos.** São Paulo, 1988, 32p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Guia de Coleta e Preservação de Amostra.** São Paulo, 151p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº396**, de 03 de abril de 2008.

CPRM (2010). **Mapa geológico do Brasil ao milionésimo** - Folha SF.23 - Rio de Janeiro. Consulta no sítio www.cprm.gov.br, acessado em junho de 2010.

CPRM (1979). **Programa de Levantamentos Geológicos Básicos** – Folha Rio Espera. SF-23-X-B-IV. Estado de Minas Gerais, 1:100.000, Belo Horizonte, DNPM/CPRM, 200 p.

DUARTE, B. P. **Evolução tectônica dos ortognaisses dos Complexos Juiz de Fora e Mantiqueira na região de Juiz de Fora, M.G: geologia, petrologia e geoquímica.** 1998. 280 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

FOSTER, S. ; HIRATA, R. ; GOMES, D. ; D'ELIA, M. ; PARIS, M. ; **Groundwater Quality Protection: A Guide For Water Service Companies, Municipal Authorities and Environment Agencies**, 2002, 105p.

FEITOSA, F.A.C. ; FILHO, J.M. ; **Hidrogeologia – Conceitos e aplicações**, Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000. 391p il.

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA; **Manual de Operações de Aterros Sanitários.**

LIMA, José da Silva ;RITTER, Elisabeth ; FERREIRA, J. A. ; ALMEIDA, Rodrigo Menezes Raposo de . **Contaminação do Lençol Freático no Lixão do Município de São Pedro da Aldeia.** In: V Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental - REGEO2003, 2003, Porto Alegre. Anais do V Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental -REGEO. São Paulo : ABMS, 2003. v. 1. p. 1-10.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira – Série Manuais Técnicos em Geociências.** Rio de Janeiro, 1992. 92 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado.** 2. Ed. São Paulo, 2000. IPT Publicação 2.622.

JESUS, Simone Cristina de.; **Difusão de zinco em camada compactada de solo residual de gnaiss**, 2004. 75f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2004.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Dados do Brasil para a 1ª avaliação regional 2002 dos serviços de manejo de resíduos sólidos municipais dos países da América Latina e Caribe.** Ministério das Cidades, 2003. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.

NAVAL, L. P. ; CAVALCANTE, L. A. S. ; BRITO, T. G. . **Avaliação da Qualidade da Água Subterrânea na área de Influência do Aterro Sanitário de Palmas - TO.** In: IX Jornada de Iniciação Científica da Universidade do Tocantins, 2002, Palmas. Anais da IX Jornada de Iniciação Científica da Universidade do Tocantins, 2002.

OLIVEIRA, S. ; PASQUAL, A. . **Avaliação da qualidade da água subterrânea a jusante do depósito de resíduos sólidos municipais de Botucatu/SP.** Energia na Agricultura, Botucatu, v. 16, p. 25-36, 2001.

OLIVEIRA, Selene de; PASQUAL, Antenor. **Avaliação de parâmetros indicadores de poluição por efluente líquido de um aterro sanitário.** Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, Sept. 2004. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141341522004000300010&lng=en&nrm=iso>. Access on 06 Apr. 2010. DOI: 10.1590/S1413-41522004000300010.

PEREIRA, G. C. ; ALMEIDA, G. W. ; MARTINS-JÚNIOR, D. . **MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA SOB O ATERRO SANITÁRIO DA CENTRAL DE RESÍDUOS DO VALE DO AÇO - MG.** In: VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007, Caxambu, MG. Avanços nos estudos de ecossistemas terrestres, marinhos, e de águas continentais, 2007.

REBOUÇAS, Aldo da C., (coord.), **Águas Doces do Brasil, Ed. Escrituras, SP, 2003. 770p., São Paulo.**

SANTANA, Genilson Pereira; BARRONCAS, Priscila de Souza Rosa. **Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus (AM).** Acta Amaz., Manaus, v. 37, n. 1, 2007 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S004459672007000100013&lng=en&nrm=iso>.access on 06 Apr. 2010 doi: 10.1590/S0044-59672007000100013.

SANTOS, A. C.; **Noções de Hidroquímica.** In. FEITOSA, F. A. C.; SANTOS, A. C. (coord.). **Hidrogeologia – conceitos e aplicações.** 2ª Edição . Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID – UFPE, 2000. 391p. p81-108.

SILVA, Paulo Lopes da ; FERREIRA, A. . **Riscos de contaminação do lençol freático em Goiânia. Nupenge, Goiânia- GO**, 2004.

SOUSA, Helio Antonio de; ROESER, Hubert Mathias Peter; MATOS, Antônio Teixeira de. **Métodos e técnicas aplicados na avaliação ambiental do aterro da BR-040 da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - MG**. Rem: Rev. Esc. Minas, Ouro Preto, v. 55, n. 4, Oct. 2002 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037044672002000400011&lng=en&nrm=iso>.access on 06 Apr. 2010. doi: 10.1590/S0370-44672002000400011.

VIANA, H.S. ; DAVIS, E.G. ; BEATO, D.A.C. ; CABRAL, J.A de L. ; **Projeto Araxá – Estudo Geoambiental das Fontes Hidrominerais**, Belo Horizonte, 2009, 125p.

WORLD WATCH INSTITUTE, **Estado do Mundo**, site www.worldwatch.org.br, 2003.

ANEXOS

ANEXO 01 - CARACTERÍSTICAS DAS FONTES E AS TOXICIDADES RELATIVAS
AOS PARÂMETROS ANALISADOS

ANEXO 02 – BOLETIM DE SONDAÇÃO SPT

ANEXO 03 – ENSAIO DE INFILTRAÇÃO *IN SITU*

ANEXO 04 – RESUMO DOS DADOS COLETADOS

ANEXO 05 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS SPT

ANEXO 01

Características das fontes e as toxicidades relativas aos parâmetros analisados

Temperatura da água - Influencia processos biológicos, reações químicas e bioquímicas, caracterizando outros parâmetros como a densidade, viscosidade e pressão de vapor do meio líquido. É inversamente proporcional à solubilidade de gases dissolvidos e diretamente proporcional à solubilidade de sais minerais. Varia naturalmente nas águas de acordo com a temperatura do ar. Apresentando no Brasil valores entre 12 e 30 °C. Aumentos significativos de temperatura nos corpos hídricos são geralmente decorrentes de despejo de origem industrial e descargas de usinas termoelétricas. Variações súbitas de temperatura nas águas causam efeitos danosos aos ecossistemas aquáticos que se adaptam apenas a pequenas variações. Aumentos de temperatura resultam na redução do oxigênio dissolvido e no consumo de oxigênio devido à estimulação das atividades biológicas.

Potencial hidrogeniônico (pH) - É a relação numérica que expressa o equilíbrio entre íons (H^+) e (OH^-). Apresenta variação entre 0 e 14. Águas com $pH < 7,0$ são ácidas, e com $pH > 7,0$ são básicas. Alterações naturais advêm da presença de ácidos carbônicos e húmicos dissolvidos. As maiores alterações no pH são provocadas por despejos industriais e águas residuárias de minas. Águas com pH baixo ou elevado são agressivas, podendo causar corrosão em tubulações. Alterações bruscas de pH ($<5,0$ ou $>9,0$) podem causar o desaparecimento de espécies aquáticas.

Condutividade elétrica - É a capacidade da água de transmitir corrente elétrica. Apresenta relação proporcional à concentração de substâncias iônicas dissolvidas. Em águas doces varia de 30 a 2000 $\mu S/cm$ a 25°C. É determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. Grandes variações decorrem de lançamentos de despejos industriais e de mineração e esgotos domésticos.

Oxigênio dissolvido - Fundamental para a manutenção das comunidades aquáticas aeróbicas. Provéem naturalmente de processos cinéticos e fotossintéticos. Varia em função da temperatura da água e pressão atmosférica. Reduções significativas nos teores de oxigênio dissolvido são provocadas por despejos principalmente de

matéria orgânica. Apesar de essencial à vida aeróbica, o oxigênio é fator significativo na corrosão de tubulações de ferro e aço.

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) - É a quantidade de oxigênio consumida na oxidação biológica da matéria orgânica. É o parâmetro mais usual de indicação de poluição orgânica. Ocorre naturalmente nas águas em nível reduzido em função da degradação de matéria orgânica (folhas, animais mortos, fezes de animais). Aumento de DBO é provocado por despejo de origem predominantemente orgânica. Altos índices podem gerar a diminuição e até a extinção do oxigênio presente nas águas; nessas condições, os processos aeróbicos de degradação orgânica podem ser substituídos por outros anaeróbicos, gerando alterações substanciais no ecossistema, inclusive com a extinção das formas de vida oxigênio-dependentes.

Demanda química de oxigênio (DQO) - É a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Parâmetro utilizado no monitoramento de sistemas de tratamento de efluentes e na caracterização de efluentes industriais. Aumentos de DQO decorrem principalmente de despejos de origem industrial.

Cloretos – O cloreto na forma iônica Cl^- é um dos principais ânions inorgânicos presentes na água e em efluentes. As concentrações de cloretos são geralmente mais altas em águas residuárias do que em esgotos domésticos. Ocorrem em águas naturais teores variados devido ao contato com depósitos minerais ou com a água do mar. Maiores concentrações decorrem da contaminação por esgotos domésticos, efluentes industriais diversos (químicos, de tintas, explosivos, fósforos, papel de galvanoplastia, bebidas carbonatadas, processamento de alimentos) e do retorno de águas de irrigação.

Nitrato (NO_3) – Composto estável, decorrente da decomposição do nitrito pela ação de nitrobactérias em ambientes aeróbios. Em condições anaeróbicas pode ser reduzido a nitrito. Constitui-se um nutriente fundamental ao desenvolvimento das plantas. Ocorre naturalmente nas águas por dissolução de rochas ou, principalmente, por oxidação bacteriana de matéria orgânica de origem predominantemente animal. Maiores concentrações decorrem da utilização de fertilizantes e do lançamento anterior de esgotos orgânicos.

Turbidez – Mede a resistência da água à passagem da luz. É uma característica das águas correntes, podendo aumentar nos períodos chuvosos. Em águas dormentes apresenta geralmente valores baixos. Decorre naturalmente da presença de material em suspensão, plâncton, microorganismos, argilas e siltes nas águas. Sua principal fonte é o aporte de partículas de solos provenientes da superfície da bacia hidrográfica, em função de desmatamentos, processos erosivos e atividades de mineração. Pode também advir do lançamento de efluentes que contenham material fino.

Cor – Resulta da presença de sólidos totais nas suas diversas frações.

- Origem natural: decomposição da matéria orgânica (principalmente vegetais – ácidos húmicos e fúlvicos) e presença de ferro e manganês.
- Origem antropogênica: resíduos industriais e esgotos domésticos.

Sólidos - Quanto ao tamanho, podem ser classificados em dissolvidos e em suspensão. Os sólidos em suspensão dividem-se em sedimentáveis e não - sedimentáveis. Os sólidos dissolvidos incluem os colóides e os efetivamente dissolvidos. Quanto à caracterização química, são classificados em voláteis e não voláteis se apresentam ou não conteúdo orgânico. Os sólidos dissolvidos são naturalmente encontrados nas águas devido ao desgaste das rochas por intemperismo. Grandes concentrações decorrem do lançamento de esgotos domésticos e despejos industriais. Os sólidos em suspensão provêm do carreamento de solos pelas águas pluviais, devido a processos erosivos e desmatamentos na bacia, do lançamento de esgotos domésticos, efluentes industriais, e da dragagem para remoção de areia e atividades de garimpo. Excesso de sólidos dissolvidos na água pode causar alterações de sabor e problemas de corrosão em tubulações de distribuição. Em águas utilizadas para irrigação, pode gerar problemas de salinização do solo. Os sólidos em suspensão aumentam a turbidez das águas, prejudicando seus aspectos estéticos e a produtividade do ecossistema pela diminuição da penetração da luz.

Alcalinidade total - É a capacidade apresentada por substâncias presentes na água de se ligarem a ácidos fortes equivalentes em concentração. Os cátions associados a bases fracas, bicarbonatos, carbonatos, ácidos orgânicos e íon hidroxila

pertencem a esta classe de compostos. Decorre da presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, quase sempre de alcalinos ou alcalinos terrosos (sódio, potássio, cálcio, magnésio, etc.). Grandes teores provêm de despejos de industriais, químicos, lavanderias e curtumes. Pode inibir a ação de microorganismos presentes nos processos biológicos de sistemas de tratamento. Interferem com a autodepuração dos cursos de água.

Ferro -Existe em grande quantidade na natureza, sendo encontrado em solos e minerais, principalmente na forma de óxido férrico insolúvel e sulfeto de ferro, solúvel em água na presença de dióxido de carbono. Pode também ocorrer como carbonato de ferro, fracamente solúvel. Nas águas superficiais pode ser encontrado sob as formas de (ferro ferroso) e trivalente (ferro férrico), como solução, colóide, suspensão ou em complexos orgânicos minerais. Em águas não poluídas seu teor varia muito em função da litologia da região e do período chuvoso, quando pode ocorrer carreamento de solos com teores de ferro mais elevados. Pode ocorrer em maiores concentrações devido à drenagem de áreas de mineração, ou ao lançamento de efluentes industriais de metalurgia ou de processamento de metais. Confere sabor e coloração avermelhada às águas. Sua presença causa depósitos em tubulações. Pode causar manchas em aparelhos sanitários e roupas durante a lavagem. Por promover o crescimento de ferrobactérias causam problemas no sistema de distribuição.

Zinco - É essencial em baixos teores para o metabolismo humano e animal. Em maiores concentrações torna-se tóxico. Ocorre em pequenas concentrações em águas naturais, devido a lixiviação de solos e rochas. Maiores concentrações são decorrentes do lançamento de despejos industriais principalmente de galvanoplastia e fábricas de papel e tintas. Em concentrações mais altas torna-se tóxico para a vida aquática, estando sua toxicidade relacionada com as concentrações de oxigênio e dureza da água. Altas concentrações também podem causar problemas pulmonares nos homens.

Manganês -Está presente em praticamente todos os solos, principalmente na forma de dióxido de manganês, insolúvel em águas que contenham dióxido de carbono. Sob condições anaeróbicas, o dióxido de manganês é reduzido para formas solúveis. Em águas naturais pode ocorrer em pequenas concentrações devido à

lixiviação de minerais e solos. Maiores concentrações decorrem do lançamento de efluentes industriais. Confere sabor, coloração marrom e turbidez às águas, além de formar depósitos em tubulações. Pode causar manchas em roupas.

Alumínio - Condições físico-químicas particulares favorecem ou não a solubilidade deste íon. Alumínio é abundante nas rochas e minerais. O aumento de seu teor nas águas é decorrente do lançamento de efluentes industriais, esgotos domésticos, resíduos industriais, de minerações e de produtos utilizados na agricultura bem como através de fontes minerais. Não é considerado tóxico ou prejudicial à saúde, mas há interesse em se controlar a concentração nas águas de abastecimento público e industrial, para prevenir precipitações e sedimentações.

Níquel - É um elemento utilizado na produção de várias ligas como da prata chinesa, prata alemã, na fabricação de moedas, magnetos, baterias de acumulação, entre outros. Maiores concentrações provêm de efluentes de fábricas de tintas e de processos de galvanoplastia. A ingestão de sais solúveis pode provocar náuseas, vômitos e diarréias.

Cromo - Em baixos teores é necessário ao metabolismo humano e animal. Em grandes concentrações tornam-se prejudicial à saúde humana. É um elemento raramente encontrado em águas naturais não poluídas. O cromo trivalente presente nas águas decorre principalmente do lançamento de despejos de curtumes. A presença do cromo hexavalente advém de despejos de indústrias que utilizam processos de piquelagem e cromagem de metais, galvanoplastias industriais de corantes, explosivos, cerâmica, vidro, papel. Na forma trivalente apresenta menos toxidez que na hexavalente. Apesar de não ser cumulativo, por bloquear enzimas responsáveis por determinados processos metabólicos, pode ser prejudicial à saúde humana em grandes concentrações, maiores que 11,0 mg/l. Quando inspirado pode ser cancerígeno.

Chumbo - É um metal tóxico ao homem e animais. O chumbo ingerido é absorvido parcialmente pelos organismos; entretanto, o contido no ar inspirado é absorvido rápida e completamente pelos pulmões, entrando na corrente sanguínea e distribuindo-se por todo organismo. Em condições naturais apenas traços são encontrados nas águas, da ordem de 0,01 mg/l ou menos. Maiores concentrações

são decorrentes da contaminação por efluentes de indústrias ou minas, ou como resultado da ação corrosiva em canalizações contendo este metal. Na forma trivalente apresenta menos toxidez que na hexavalente. Apesar de não ser cumulativo, por bloquear enzimas responsáveis por determinados processos metabólicos, pode ser prejudicial à saúde humana em grandes concentrações, maiores que 11,0 mg/l. Quando inspirado pode ser cancerígeno.

Cobre - Em pequenas concentrações participa dos processos metabólicos e sua ausência pode causar anemia. Ocorre em águas naturais em pequenas concentrações. Maiores teores são decorrentes de sua utilização como algicida, do lançamento de despejos industriais e do desgaste de canalizações de cobre. Causa sabor às águas de abastecimento. Concentrações elevadas são danosas para os organismos aquáticos, podendo ocasionar problemas ao fígado do homem.

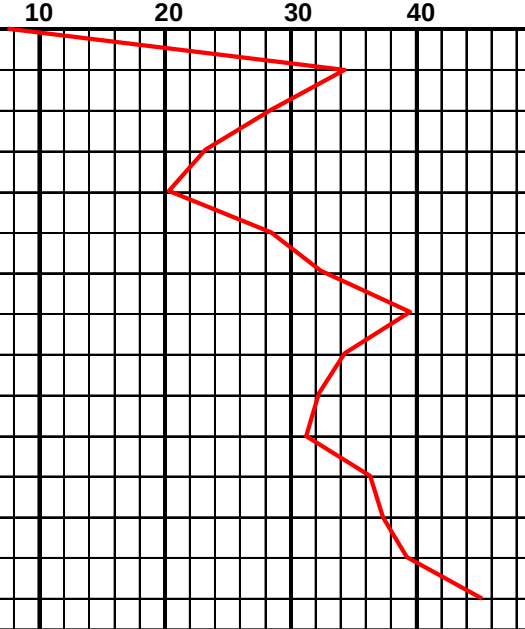
Cádmio - É um elemento de elevado potencial tóxico apresentando efeito cumulativo nos organismos aquáticos e não aquáticos com meia vida da ordem de 10 anos, podendo, portanto, integrar-se às cadeias alimentares. Em condições naturais é encontrado nas águas em traços mínimos. A ocorrência de concentrações mais elevadas nas águas está relacionada ao contato com recipientes e canalizações que contenham este elemento, inclusive plásticas, ao uso de fertilizantes e ao lançamento de despejos industriais de galvanoplastia, de mineração e metalurgia do zinco bem como de processos de combustão. Em pequenas doses afeta órgãos reprodutores de alguns animais. No homem, provoca irritação gastrointestinal com a ocorrência de vômitos, ataca a medula óssea com consequente redução dos glóbulos vermelhos gerando anemia, causa hipertensão, doenças cardiovasculares, diminuição da massa óssea, retardo do crescimento em crianças, prejudica a capacidade excretora dos rins. Sua ação tóxica é incrementada na presença de zinco, cobre e selênio.

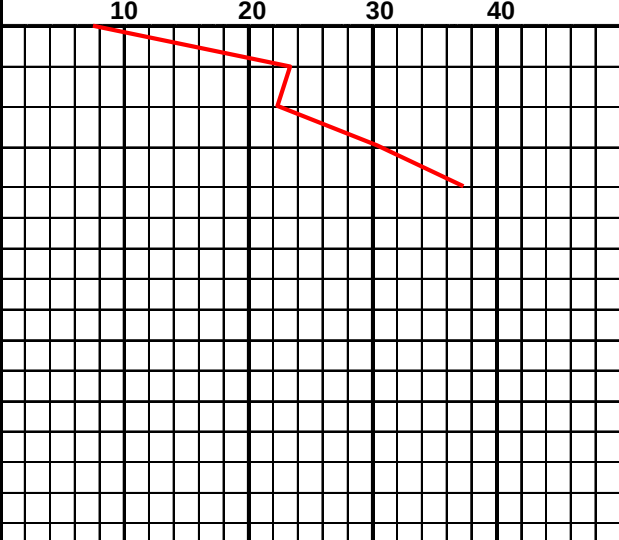
Coliformes totais e fecais - Esta classe abrange todos os bacilos gram negativos não esporulados, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos que fermentam lactose. Os microorganismos do gênero coliforme constituem-se os melhores indicadores da possível presença nas águas de material fecal de origem humana ou de animais de sangue quente e, conseqüentemente, de organismos patogênicos. Apresentam maior resistência que estes organismos, sendo encontrados em grandes

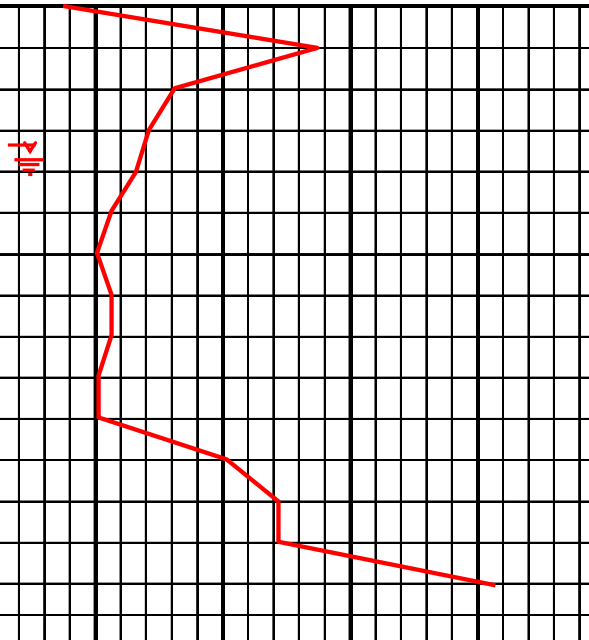
quantidades nas fezes ou nos solos e plantas. Ocorrem nas águas devido a contaminação com excrementos fecais de homens e de animais de sangue quente. A presença de coliformes nas águas por si só não representa problemas à saúde, indicando apenas a possível presença de fezes e, portanto de outros organismos presentes nas fezes, transmissores de doenças como a febre tifóide e paratifóide, disenteria bacilar, cólera, hepatite, dentre outras.

ANEXO 02

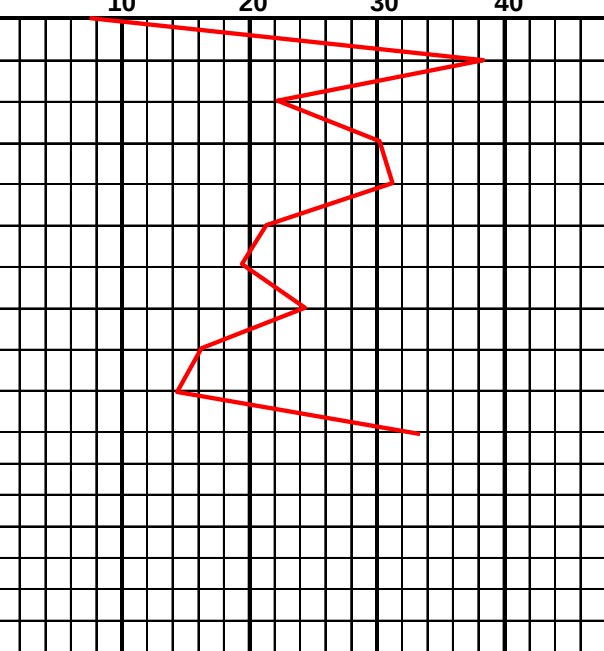
Boletins de sondagem SPT

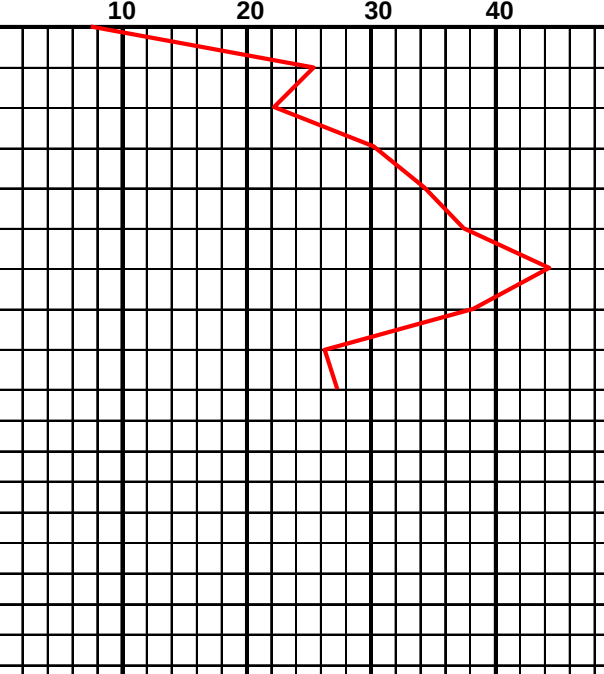
			Universidade Federal de Viçosa Departamento de Engenharia Civil Laboratório de Mecânica dos Solos			SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO (SPT) NBR 6484/80 - NBR 7250/82			
REVESTIMENTO..... $\varnothing = 2 \frac{1}{2}"$ AMOSTRADOR..... $\varnothing_{ext} = 2"$ PESO.....65 kg ALTURA DE QUEDA.....75 cm						SONDAGEM N.º: SPT 02 FURO N.º: 02 COTA (m): Fornecedor pelo Cliente (VER MAPA ANEXO)			
CLIENTE: Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco OBRA : Aterro Sanitário Municipal LOCAL: Fazenda Santa Helena S/N – V. R. Branco/MG DATA Início: 03/04/01 DATA Término : 04/04/01						PROFUNDIDADE DO NÍVEL DE ÁGUA (m) INICIAL: 04/04/01 - Não observado FINAL : 05/04/01 - Não observado PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO : 2 m PROFUNDIDADE TOTAL (m) : 14,45 m FOLHA 02 / 07			
A V A N Ç O	A M O S T R A	G O L P E S	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO CONVENÇÕES	COTAS PI BOCA DO FURO	N.A. (m)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO			
						N (SPT)			
						10	20	30	40
TH	1R	27	Argila arenosa amarela	1.00 a 1.45					
TH	2R	21		2.00 a 2.45					
TH	3R	16		3.00 a 3.45					
TH	4R	13		4.00 a 4.45					
TH	5R	21		5.00 a 5.45					
TH	6R	25	Argila arenosa vermelha	6.00 a 6.45					
TH	7R	32	Areia fina silteosa variegada micácea	7.00 a 7.45					
CA	8R	27		8.00 a 8.45					
CA	9R	25		9.00 a 9.45					
CA	10R	24		10.00 a 10.45					
CA	11R	29		11.00 a 11.45					
CA	12R	30		12.00 a 12.45					
CA	13R	32		13.00 a 13.45					
CA	14R	38	Alteração de rocha	14.00 a 14.45					
DESENHO: DATA: 16/04/01						RESPONSÁVEL Roberto Azevedo CREA: 89010/D			

		Universidade Federal de Viçosa Departamento de Engenharia Civil Laboratório de Mecânica dos Solos		SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO (SPT) NBR 6484/80 - NBR 7250/82	
REVESTIMENTO..... $\varnothing = 2 \frac{1}{2}"$ AMOSTRADOR..... $\varnothing_{ext} = 2"$ PESO.....65 kg ALTURA DE QUEDA.....75 cm				SONDAGEM N ^o : SPT 03 FURO N ^o : 03 COTA (m): Fornecedor pelo Cliente (VER MAPA ANEXO)	
CLIENTE: Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco OBRA : Aterro Sanitário Municipal LOCAL: Fazenda Santa Helena S/N – V. R. Branco/MG DATA Início: 04/04/01 DATA Término : 05/04/01				PROFUNDIDADE DO NÍVEL DE ÁGUA (m) INICIAL: 05/04/01 - Não observado FINAL : 06/04/01 - Não observado PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO : Não utilizado PROFUNDIDADE TOTAL (m) : 4,00 m FOLHA 03 / 07	
A V A N Ç O	A M O S T R A	G O L P E S	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO CONVENÇÕES	COTAS P/ BOCA DO FURO	N.A. (m)
RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO					
N (SPT)					
10 20 30 40					
TH	1R	16	Areia fina siltosa vermelha micácea	1.00 a 1.45	
TH	2R	15	Argila siltosa vermelha	2.00 a 2.45	
TH	3R	23	Argila arenosa amarela	3.00 a 3.45	
TH	4R	30	Areia grossa argilosa com pedregulhos	3.50 a 3.95	
-	-	-	Impenetrável ao trépano	4.00	
DESENHO:					DATA: 16/04/01
RESPONSÁVEL Roberto Azevedo CREA: 89010/D					

			Universidade Federal de Viçosa Departamento de Engenharia Civil Laboratório de Mecânica dos Solos			SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO (SPT) NBR 6484/80 - NBR 7250/82											
REVESTIMENTO..... $\varnothing = 2 \frac{1}{2}"$ AMOSTRADOR..... $\varnothing_{ext} = 2"$ PESO.....65 kg ALTURA DE QUEDA.....75 cm						SONDAGEM Nº: SPT 04 FURO Nº: 04 COTA (m): Fornecido pelo Cliente (VER MAPA ANEXO)											
CLIENTE: Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco OBRA : Aterro Sanitário Municipal LOCAL: Fazenda Santa Helena S/N – V. R. Branco/MG DATA Início: 05/04/01 DATA Término : 06/04/01						PROFUNDIDADE DO NÍVEL DE ÁGUA (m) INICIAL: 06/04/01 - 4,40 FINAL : 09/04/01 - 4,50 PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO : 2 m PROFUNDIDADE TOTAL (m) : 14,60 m FOLHA 04 / 07											
A V A N Ç O	A M O S T R A	G O L P E S	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO CONVENÇÕES	COTAS P/ BOCA DO FURO	N.A. (m)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO N (SPT)											
						10 20 30 40											
TH	1R	20	Argila arenosa Vermelha micácea	1.00 a 1.45													
TH	2R	9	Areia fina argilosa amarela	2.00 a 2.45													
TH	3R	7		3.00 a 3.45													
TH	4R	6		4.00 a 4.45													
TH	5R	4	Areia siltosa amarela com pedregulho	5.00 a 5.45													
CA	6R	3	Areia argilosa amarela micácea	6.00 a 6.45													
CA	7R	4		7.00 a 7.45													
CA	8L	4	Argila arenosa cinzenta	8.00 a 8.45													
CA	9R	3		9.00 a 9.45													
CA	10L	3		10.00 a 10.45													
CA	11R	13	Areia fina variegada micácea	11.00 a 11.45													
CA	12R	17	Areia fina micácea marrom	12.00 a 12.45													
CA	13R	17		13.00 a 13.45													
CA	14R	34	Alteração de rocha	14.00 a 14.45													
-	-	-	Impenetrável ao trépano	14.60													
NOTAS: 1) TC = TRADO CONCHA TH = TRADO HELICOIDAL 2) CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA 3) R = AMOSTRA RECUPERADA 4) L= AMOSTRA RECUPERADA POR LAVAGEM																	
DESENHO: DATA: 16/04/01						RESPONSÁVEL: Roberto Azevedo CREA: 89010/D											

			Universidade Federal de Viçosa Departamento de Engenharia Civil Laboratório de Mecânica dos Solos			SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO (SPT) NBR 6484/80 - NBR 7250/82			
REVESTIMENTO..... $\varnothing = 2 \frac{1}{2}"$ AMOSTRADOR..... $\varnothing_{ext} = 2"$ PESO.....65 kg ALTURA DE QUEDA.....75 cm						SONDAGEM N ^o : SPT 05 FURO N ^o : 05 COTA (m): Fornecedor pelo Cliente (VER MAPA ANEXO)			
CLIENTE: Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco OBRA : Aterro Sanitário Municipal LOCAL: Fazenda Santa Helena S/N – V. R. Branco/MG DATA Início: 09/04/01 DATA Término : 10/04/01						PROFUNDIDADE DO NÍVEL DE ÁGUA (m) INICIAL: 10/04/01 - 4,50 FINAL : 11/04/01 - 4,50 PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO : Não utilizado PROFUNDIDADE TOTAL (m) : 14,45 m FOLHA 05 / 07			
A V A N Ç O	A M O S T R A	G O L P E S	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO CONVENÇÕES	COTAS P/ BOCA DO FURO	N.A. (m)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO N (SPT)			
TH	1R	35	Argila siltosa Vermelha	1.00 a 1.45		10	20	30	40
TH	2R	15	Argila arenosa amarela	2.00 a 2.45					
TH	3R	10		3.00 a 3.45					
TH	4R	7		4.00 a 4.45					
TH	5R	5	Argila arenosa cinzenta	5.00 a 5.45					
CA	6R	7		6.00 a 6.45					
CA	7R	3	Argila arenosa escura C.M.O	7.00 a 7.45					
CA	8L	3	Argila mole	8.00 a 8.45					
CA	9R	8	Areia fina siltosa variegada micácea	9.00 a 9.45					
CA	10R	8		10.00 a 10.45					
CA	11R	14		11.00 a 11.45					
CA	12R	17		12.00 a 12.45					
CA	13R	15		13.00 a 13.45					
CA	14R	16		14.00 a 14.45					
NOTAS: 1) TC = TRADO CONCHA TH = TRADO HELICOIDAL 2) CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA 3) R = AMOSTRA RECUPERADA 4) L= AMOSTRA RECUPERADA POR LAVAGEM						OBS.:			
DESENHO: DATA: 16/04/01						RESPONSÁVEL: Roberto Azevedo CREA: 89010/D			

			Universidade Federal de Viçosa Departamento de Engenharia Civil Laboratório de Mecânica dos Solos			SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO (SPT) NBR 6484/80 - NBR 7250/82																								
REVESTIMENTO..... $\varnothing = 2 \frac{1}{2}"$ AMOSTRADOR..... $\varnothing_{ext} = 2"$ PESO.....65 kg ALTURA DE QUEDA.....75 cm						SONDAGEM Nº: SPT 06 FURO Nº: 06 COTA (m): Fornecido pelo Cliente (VER MAPA ANEXO)																								
CLIENTE: Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco OBRA : Aterro Sanitário Municipal LOCAL: Fazenda Santa Helena S/N – V. R. Branco/MG DATA Início: 10/04/01 DATA Término: 11/04/01						PROFUNDIDADE DO NÍVEL DE ÁGUA (m) INICIAL: 11/04/01 - Não observado FINAL : 12/04/01 - Não observado PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO : Não utilizado PROFUNDIDADE TOTAL (m) : 10,45 m FOLHA 06 / 07																								
A V N Ç O	A M S T R A	G O L P E S	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO CONVENÇÕES		COTAS PI BOCA DO FURO	N.A. (m)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO N (SPT)																							
							10203040																							
TH	1R	31	Argila arenosa vermelha		1.00 a 1.45																									
TH	2R	15			2.00 a 2.45																									
TH	3R	23			3.00 a 3.45																									
TH	4R	24			4.00 a 4.45																									
CA	5R	14			5.00 a 5.45																									
CA	6R	12			6.00 a 6.45																									
CA	7R	17			7.00 a 7.45																									
CA	8R	9	Areia fina argilosa marrom micácea		8.00 a 8.45																									
CA	9R	7			9.00 a 9.45																									
CA	10R	26	Alteração de rocha		10.00 a 10.45																									
NOTAS: 1) TC = TRADO CONCHA TH = TRADO HELICOIDAL 2) CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA 3) R = AMOSTRA RECUPERADA 4) L= AMOSTRA RECUPERADA POR LAVAGEM						OBS.:																								
DESENHO: DATA: 16/04/01						RESPONSÁVEL: Roberto Azevedo CREA: 89010/D																								

			Universidade Federal de Viçosa Departamento de Engenharia Civil Laboratório de Mecânica dos Solos			SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO (SPT) NBR 6484/80 - NBR 7250/82											
REVESTIMENTO..... $\varnothing = 2 \frac{1}{2}"$ AMOSTRADOR..... $\varnothing_{ext} = 2"$ PESO.....65 kg ALTURA DE QUEDA.....75 cm						SONDAGEM N ^o : SPT 07 FURO N ^o : 07 COTA (m): Fornecedor pelo Cliente (VER MAPA ANEXO)											
CLIENTE: Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco OBRA : Aterro Sanitário Municipal LOCAL: Fazenda Santa Helena S/N – V. R. Branco/MG DATA Início: 11/04/01 DATA Término : 12/04/01						PROFUNDIDADE DO NÍVEL DE ÁGUA (m) INICIAL: 12/04/01 - Não observado FINAL : 13/04/01 - Não observado PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO : Não utilizado PROFUNDIDADE TOTAL (m) : 9,45 m FOLHA 07 / 07											
A V A N Ç O	A M O S T R A	G O L P E S	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO CONVENÇÕES	COTAS P/ BOCA DO FURO	N.A. (m)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO N (SPT)											
						10 20 30 40											
TH	1R	18	Argila arenosa vermelha	1.00 a 1.45													
TH	2R	15	Areia fina argilosa vermelha	2.00 a 2.45													
TH	3R	23	Argila siltosa vermelha	3.00 a 3.45													
TH	4R	27		4.00 a 4.45													
CA	5R	30	Argila siltosa vermelha com pedregulhos	5.00 a 5.45													
CA	6R	37	Argila arenosa vermelha	6.00 a 6.45													
CA	7R	31	Areia fina argilosa vermelha	7.00 a 7.45													
CA	8R	19		8.00 a 8.45													
CA	9R	20	Areia fina siltosa variegada micácea	9.00 a 9.45													
NOTAS: 1) TC = TRADO CONCHA TH = TRADO HELICOIDAL 2) CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA 3) R = AMOSTRA RECUPERADA 4) L= AMOSTRA RECUPERADA POR LAVAGEM						OBS.:											
DESENHO: DATA: 16/04/01						RESPONSÁVEL: Roberto Azevedo CREA: 89010/D											

ANEXO 03

Ensaio de infiltração *in situ*.

Ensaio de Infiltração ao lado da Sondagem SPT01

Dados	$k = \Delta h / \Delta t * (d_1^2 / (8 \cdot h_0 \cdot (d \cdot L)^{1/2}))$	Tempo (seg)	Leitura (cm)	Altura(cm)	Δh (cm)	Δt (seg)	k(cm/s)
a= 100 cm	altura tubo do tubo acima do solo	0	0	330			
b= 180 cm	altura do tubo abaixo do solo	15	0.2	329.8	0.2	15	7.80E-06
d ₁ = 6.2 cm	diâmetro interno do tubo	30	0.4	329.6	0.2	15	7.80E-06
d= 6.2 cm	diâmetro do furo	60	0.8	329.2	0.4	30	7.80E-06
h ₀ = 330 cm	a+b+L/2	120	1.6	328.4	0.8	60	7.80E-06
L= 100 cm	comprimento não-revestido do furo	240	3.3	326.7	1.7	120	8.28E-06
		480	6.7	323.3	3.4	240	8.28E-06
		900	12.6	317.4	5.9	420	8.21E-06
		1800	24.6	305.4	12	900	7.80E-06
		3000	39.9	290.1	15.3	1200	7.46E-06
k_{médio} (cm/seg)							7.91E-06

Ensaio de Infiltração ao lado da Sondagem SPT02

Dados	$k = \Delta h / \Delta t * (d_1^2 / (8 \cdot h_0 \cdot (d \cdot L)^{1/2}))$	Tempo (seg)	Leitura (cm)	Altura(cm)	Δh (cm)	Δt (seg)	k(cm/s)
a= 100 cm	altura tubo do tubo acima do solo	0	0	330			
b= 180 cm	altura do tubo abaixo do solo	15	0.05	329.95	0.05	15	1.95E-06
d ₁ = 6.2 cm	diâmetro interno do tubo	30	0.1	329.9	0.05	15	1.95E-06
d= 6.2 cm	diâmetro do furo	60	0.17	329.83	0.07	30	1.36E-06
h ₀ = 330 cm	a+b+L/2	120	0.3	329.7	0.13	60	1.27E-06
L= 100 cm	comprimento não-revestido do furo	240	0.6	329.4	0.3	120	1.46E-06
		480	1.2	328.8	0.6	240	1.46E-06
		900	2.3	327.7	1.1	420	1.53E-06
		1800	4.6	325.4	2.3	900	1.49E-06
		3600	9.2	320.8	4.6	1800	1.49E-06
		7200	18.4	311.6	9.2	3600	1.49E-06
k_{médio} (cm/seg)							1.55E-06

Ensaio de Infiltração ao lado da Sondagem SPT03

Dados	$k = \Delta h / \Delta t * (d_1^2 / (8 \cdot h_0 \cdot (d \cdot L)^{1/2}))$	Tempo (seg)	Leitura (cm)	Altura(cm)	Δh (cm)	Δt (seg)	k(cm/s)
a= 100 cm	altura tubo do tubo acima do solo	0	0	330			
b= 180 cm	altura do tubo abaixo do solo	15	0.05	329.95	0.05	15	1.95E-06
d ₁ = 6.2 cm	diâmetro interno do tubo	30	0.1	329.9	0.05	15	1.95E-06
d= 6.2 cm	diâmetro do furo	60	0.2	329.8	0.1	30	1.95E-06
h ₀ = 330 cm	a+b+L/2	120	0.37	329.63	0.17	60	1.66E-06
L= 100 cm	comprimento não-revestido do furo	240	0.65	329.35	0.28	120	1.36E-06
		480	1.3	328.7	0.65	240	1.58E-06
		900	2.5	327.5	1.2	420	1.67E-06
		1800	5.1	324.9	3.8	1320	1.68E-06
		3600	10.2	319.8	7.7	2700	1.67E-06
		7200	20.3	309.7	15.2	5400	1.65E-06
k_{médio} (cm/seg)							1.38E-06

Ensaio de Infiltração ao lado da Sondagem SPT04

Dados	$k = \Delta h / \Delta t * (d_1^2 / (8 \cdot h_0 \cdot (d \cdot L)^{1/2}))$	Tempo (seg)	Leitura (cm)	Altura(cm)	$\Delta h(\text{cm})$	$\Delta t(\text{seg})$	k(cm/s)
a= 100 cm	altura tubo do tubo acima do solo	0	0	330			
b= 180 cm	altura do tubo abaixo do solo	15	0.05	329.95	0.05	15	1.95E-06
d ₁ = 6.2 cm	diâmetro interno do tubo	30	0.1	329.9	0.05	15	1.95E-06
d= 6.2 cm	diâmetro do furo	60	0.17	329.83	0.07	30	1.36E-06
h ₀ = 330 cm	a+b+L/2	120	0.35	329.65	0.18	60	1.75E-06
L= 100 cm	comprimento não-revestido do furo	240	0.7	329.3	0.35	120	1.71E-06
		480	1.5	328.5	0.8	240	1.95E-06
		900	2.5	327.5	1	420	1.39E-06
		1800	5	325	3.5	1320	1.55E-06
		3600	10.1	319.9	7.6	2700	1.65E-06
		7200					
k_{médio} (cm/seg)							1.51E-06

Ensaio de Infiltração ao lado da Sondagem SPT05

Dados	$k = \Delta h / \Delta t * (d_1^2 / (8 \cdot h_0 \cdot (d \cdot L)^{1/2}))$	Tempo (seg)	Leitura (cm)	Altura(cm)	$\Delta h(\text{cm})$	$\Delta t(\text{seg})$	k(cm/s)
a= 100 cm	altura tubo do tubo acima do solo	0	0	330			
b= 180 cm	altura do tubo abaixo do solo	15	0.05	329.95	0.05	15	1.95E-06
d ₁ = 6.2 cm	diâmetro interno do tubo	30	0.13	329.87	0.08	15	3.12E-06
d= 6.2 cm	diâmetro do furo	60	0.3	329.7	0.17	30	3.31E-06
h ₀ = 330 cm	a+b+L/2	120	0.55	329.45	0.25	60	2.44E-06
L= 100 cm	comprimento não-revestido do furo	240	1.1	328.9	0.55	120	2.68E-06
		480	2.2	327.8	1.1	240	2.68E-06
		900	4.1	325.9	1.9	420	2.65E-06
		1800	8.15	321.85	5.95	1320	2.64E-06
		3600	16.1	313.9	12	2700	2.60E-06
		7200	31.5	298.5	23.35	5400	2.53E-06
k_{médio} (cm/seg)							2.15E-06

ANEXO 04

Resumo dos dados coletados.

Profundidade do NA (m)			
Mês	A1	A2	A3
Jan			
Fev			
Mar	1,27	0,42	2,8
Abr	1,71	0,58	2,98
Mai	1,74	0,58	3,38
Jun	1,85	0,68	3,29
Jul	1,82	0,76	3,38
Ago	1,91	0,93	3,41
Set	1,93	0,77	3,2
Out			
Nov	1,92	0,92	3,32
Dez	1,75	0,17	2,74

pH			
Mês	A1	A2	A3
Jan			
Fev			
Mar			
Abr	5,82	6,71	6,08
Mai	6,56	6,8	6,46
Jun	6,8	7,05	6,33
Jul	6,07	6,24	6,49
Ago	6,33	6,37	6,23
Set	6,26	6,4	6,17
Out	6,25	6,34	6,23
Nov	6,42	6,38	6,15
Dez	6,45	6,35	6,23

Temperatura (°C)			
Mês	A1	A2	A3
Jan			
Fev			
Mar			
Abr	25	24,6	26,6
Mai	25,3	24,5	27,2
Jun	24,3	22,6	26,2
Jul	26,3	29,1	22,9
Ago	23,8	22	25
Set	23,5	22,9	24,8

Temperatura (°C)			
Out	24,4	23,7	25,7
Nov			
Dez	24,4	24,2	23,8

Condutividade Elétrica (µS)			
Mês	A1	A2	A3
Jan			
Fev			
Mar			
Abr	158,6	312	150,1
Mai	149	297	251
Jun	147,1	30,8	182,1
Jul	152,2	151,8	206
Ago	150,9	183,1	165,9
Set	150,2	177,5	162,1
Out	149,4	188	163,9
Nov	157,2	202	129,8
Dez	158,1	168,5	212

Oxigênio Dissolvido (mg/L)			
Mês	A1	A2	A3
Jan			
Fev			
Mar			
Abr			
Mai			
Jun	4,02	3,04	0
Jul	4,2	0,71	3,04
Ago	2	1,54	2,54
Set	4,92	6,04	6,25
Out	7	5	3
Nov	2,95	0,71	
Dez	1,74	0,22	0,09

SÓLIDOS TOTAIS (mg/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	418	470		554	522	954	314
A2	334,6	2210		420	740	5674	734
A3	882	2798		366	1014	2020	384

NITRATO TOTAL (mg/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	3,6	3,2	3,4	5,3		5,1	3
A2	1,2	2,9	0,8	0,5		1,9	1,2
A3	2,8	0,9	4,3	2,1		2,6	2,5

ALUMÍNIO TOTAL (mg/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	20,3	20,065	4,692	37,181	37,181		
A2	72,0	66,000	185,503	36,415	36,415		
A3		194,348	25,546	104,987	104,987		

CLORETOS (mg/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	3,605	4,120	3,09	4,12	16,7	2,5	2,2
A2	2,060	2,575	0,515	1,03	1,3	1,8	1,9
A3	5,575	2,060	0,515	3,605	1,4	2,3	2,4

E. COLI (NMP/1000 ml)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	1	1		1,0		1	36,9
A2	2	1		12,1		1	42,8
A3	8	1		1,0		1	7,4

DBO (mg/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	7,28	9,728	8,3	1,3			2,14272
A2	2,80	11,776	22,2	1,3			2,4552
A3	2,80	7,68	7,4	1,3			2,54448

COR (mg Pt/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	1500,00	1500,00	225,0	1000,0	2000	600	80
A2	4500,00	5000,00	3000,0	1500,0	10000	10000	400
A3	400,00	3000,00	5000,0	2500,0	2500	2500	300

TURBIDEZ (UNT)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	624,00	78,20	28,60	44,50	57,8	32,1	17,3
A2	430,00	359,00	95,90	66,00	298	418	51,7
A3	334,00	204,00	169,00	118,00	70,2	52,1	

DQO (mg/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	31,20	23,04	51,20	40,48		2,48	
A2	52,00	15,36	99,84	33,12			8,4
A3	145,60	33,28	56,32	62,56		47,12	36,00

ALUMÍNIO TOTAL (mg/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	20,312	20,065	4,692	37,181			
A2	72,025	66,000	185,503	36,415			
A3		194,348	25,546	104,987			

COBRE (mg/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	0,01	0,047	0	0,02		0	0
A2	0,062	0,097	0,136	0,06		0	0,444
A3	0,225	0,306	0,08	0,065		0	0,06

CRÔMIO (mg/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	0	0,009	0	0,029		0,198	0,261
A2	0,03	0,079	0,165	0,45		0,361	1,323
A3	0,16	0,09	0	0,09		0,259	0,339

NÍQUEL (mg/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	0	0	0	0		0,102	0,028
A2	0,059	0	0,189	0		0,378	0,081
A3	0,085	0,25	0	0		0,147	0,067

ZINCO (mg/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	0	0,121	0,027	0,046		0,051	0,006
A2	0,125	0,201	0,228	0,323		0,072	0,158
A3	0,395	0,838	0	3,418		0,087	0,779

CHUMBO (mg/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	0	0	0	0		0,053	0
A2	0,063	0	0	0		0,213	0,235
A3	0,176	0	0	0		0,109	0

CÁDMIO (mg/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	0	0	0	0		0	0,01
A2	0	0	0	0		0	0,023
A3	0	0	0	0		0	0,003

FERRO (mg/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	19,723	35,322	3,097	20,11		18,605	0,017
A2	126,267	160,825	194,367	45,33		7,152	19,61
A3	325,11	319,022	29,144	102,551		7,747	8,62

MANGANÊS (mg/L)							
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
A1	0	0,162	0	0,108		0,115	0,006
A2	49,47	2,834	37,138	14,574		10,726	0,182
A3	3,03	48,788	4,708	3,447		2,553	6,827

ANEXO 05

Mapa de localização das sondagens SPT.

