



Dezembro, 2011

ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS

Projeto Vale do Rio Pardo

Preparado para:

SAM Sul Americana de Metais S.A.
Salinas - MG

RELATÓRIO

Número do Relatório: RT-001_119-515-4003-02-J

Distribuição:

1 e-cópia - SAM Sul Americana de Metais S.A.

1 cópia - Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.





ÍNDICE

1.0	INTRODUÇÃO	1
2.0	INFORMAÇÕES BÁSICAS	1
3.0	ESTUDOS HIDROLÓGICOS	2
3.1	Caracterização Regional	2
3.1.1	Clima	2
3.1.2	Hidrografia	4
3.2	Regime Fluviométrico	5
3.3	Histórico dos Estudos	10
4.0	RESERVATÓRIO PULMÃO	11
4.1	Vazões Mínimas Residuais	15
5.0	ADUTORA: RESERVATÓRIO PULMÃO – PLANTA DE BENEFICIAMENTO	16
5.1	Estruturas de Adução: Pré-dimensionamento	16
5.2	Estimativa Preliminar de Custos	17
6.0	DRENAGEM SUPERFICIAL	18
6.1	Desvio dos Cursos D'água Naturais Afluentes a Área da Cava	19
6.1.1	Estruturas de Desvio: Pré-dimensionamento	20
6.2	Contenção de Sedimentos	26
7.0	BARRAGEM DE REJEITOS	27
8.0	ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS	29
8.1	Introdução	29
8.2	MORFOLOGIA	29
8.3	Aspectos Geológicos	31
8.3.1	Estratigrafia	34
8.3.2	Geologia Local	35
8.3.2.1	Bloco 8	36
8.3.2.1.1	Litologia	36
8.3.2.1.2	Aspectos Estruturais Locais	43
8.3.2.2	Bloco 7	43
8.3.2.2.1	Litologia	43
8.3.2.2.2	Aspectos Estruturais Locais	45
8.4	CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA	45
8.4.1	Unidades Hidrogeológicas	46



8.5	Dados Hidrogeológicos.....	48
8.5.1	Nascentes.....	48
8.5.2	Poços Tubulares.....	53
8.5.3	Piezômetros.....	54
8.5.4	Ensaio de Infiltração.....	57
9.0	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	60
9.1	Bloco 8.....	60
9.1.1	Superfície Freática e Padrão de Escoamento Subsuperficial	60
9.1.2	Recarga e Descarga	63
9.1.3	Interferência com a lavra.....	64
9.2	Bloco 7.....	66
9.2.1	Superfície Freática e Padrão de Escoamento Subsuperficial	66
9.2.2	Recarga e Descarga	67
10.0	CONCLUSÕES.....	68
10.1	Estudos Hidrológicos	68
10.2	Estudos Hidrogeológicos	71
11.0	RECOMENDAÇÕES	71
11.1	Estudos Hidrológicos	71
11.2	Estudos Hidrogeológicos	72
12.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
 TABELAS		
	Tabela 1: Estação Fluviométrica Considerada – Principais Informações.....	6
	Tabela 2: Vazões de referência – Estação Fluviométrica Ponte Vacaria – Código ANA: 54165000	8
	Tabela 3: Regionalização – Vazões Específicas Consideradas.....	10
	Tabela 4: Parâmetros de Projeto Considerados Durante o Último Estudo de Avaliação de Alternativas de Captação de Água Bruta	11
	Tabela 5: Reservatório Pulmão: Comparação das Alternativas Avaliadas	13
	Tabela 6: Reservatório Pulmão - Vazões Mínimas Residuais.....	15
	Tabela 7: Pré-dimensionamento das Estruturas de Adução	16
	Tabela 8: Estruturas de Adução: Estimativa Preliminar de Custos	17
	Tabela 9: Estação Pluviométrica Considerada nos Pré-dimensionamentos	20
	Tabela 10: Altura Diária de Precipitação Máxima Anual - Estação Cancela	21
	Tabela 11: Quantis de Precipitação Máxima para Durações Inferiores a 24h	22
	Tabela 12: Parâmetros Considerados na Modelagem Hidrológica	24



Tabela 13: Vazões de Projeto	24
Tabela 14: Dimensionamento Hidráulico dos Canais de Desvio	26
Tabela 15: Sequenciamento de Diques de Contenção de Sedimentos PropostosTabela	26
Tabela 16: Nascentes Cadastradas no Entorno do Bloco 8	49
Tabela 17: Nascentes Cadastradas no Entorno do Bloco 7	50
Tabela 18: Dados dos Medidores de Nível D'água nas áreas dos Blocos 7 e 8	54

FIGURAS

Figura 1: Variação média da temperatura - Estação INMET Salinas-A552.	3
Figura 2: Variação média da altura pluviométrica - Estação INMET Salinas-A552.	3
Figura 3: Área em estudo - caracterização hidrográfica	5
Figura 4: Localização da estação fluviométrica considerada.	6
Figura 5: Alteração do comportamento das vazões mínimas anuais para o período anterior e posterior a 1993 na estação considerada.	7
Figura 6: Ajuste da distribuição de probabilidades adotada para a estação fluviométrica selecionada.	8
Figura 7: Variação sazonal de vazões mensais médias – estação fluviométrica Ponte Vacaria – Código ANA: 54165000.	9
Figura 8: Alternativas Avaliadas para o Reservatório Pulmão.	12
Figura 9: Reservatório Pulmão: comparação das alternativas avaliadas.	14
Figura 10: Estruturas de adução: NPC – Diferenças percentuais em relação à alternativa 3.	18
Figura 11: Cursos d'água cujos leitos deverão ser relocados devido ao avanço da lavra.	19
Figura 12: Curvas precipitação x duração x frequência.	22
Figura 13: Layouts considerados na modelagem hidrológica.	23
Figura 14: Seção típica dos canais dimensionados.	25
Figura 15: Sequenciamento de diques de contenção de sedimentos determinados pelo sequenciamento de lavra proposto pela SAM.	27
Figura 16: Curva cota x área x volume do reservatório da barragem de rejeitos da SAM.	28
Figura 17: Curva cota x área x volume do reservatório da barragem de rejeitos da SAM.	28
Figura 18: Mapa de Localização das Áreas de Estudos.	29
Figura 19: : Relevo da área de estudos	30
Figura 20: Vista do Vale do Córrego Lamarão, em primeiro plano, com platô coberto por eucaliptal, ao fundo (Bloco 8).	31
Figura 21: Detalhe do Vale íngreme do Córrego Cabeceira do Rego (Bloco 7).	31
Figura 22: Detalhe do Vale do Lamarão onde se observam a escarpa na borda do platô e o eucaliptal presente (Bloco 8).	31
Figura 23: Vista do Vale do Córrego Caiçara com platô coberto por pasto sujo, ao fundo (Bloco 7).	31
Figura 24: O Orógeno Araçuai na região central do Paleocontinente Gondwana (modificado de Alkmim et al., 2006).	32



Figura 25: Componentes geotectônicos do Orógeno Araçuaí representados em perfil (In: Vilela, 2010, modificado de Pedrosa-Soares et al., 2007).....	33
Figura 26: Mapa geológico do Orógeno Araçuaí com a localização da área de estudos (modificado de Pedrosa-Soares et al., 2007).....	35
Figura 27: Aspecto dos clastos do metadiamiccito estéril em afloramento.....	36
Figura 28: Afloramento de metadiamiccito hematítico.....	37
Figura 29: Metadiamiccito Muscovítico.....	37
Figura 30: Metadiamiccito Magnético com Muscovita.....	38
Figura 31: Metadiamiccito Argiloso Estéril em Afloramento.....	39
Figura 32: Coluna Estratigráfica da Área do Bloco 8.....	40
Figura 33: Mapa Geológico da Área do Bloco 8.....	41
Figura 34: Seção geológico-geotécnica típica da área do Bloco 8. DHF: Diamictito Hematítico Friável; DHS: Diamictito Hematítico Semicompacto; DHC: Diamictito.....	42
Figura 35: Mapa Geológico da Área do Bloco 7. Fonte: Vilela, 2010.....	44
Figura 36: Foto do metadiamiccito hematítico bandado em afloramento no Bloco 7.....	45
Figura 37: Seção esquemática típica, representativa das áreas dos Blocos 7 e 8.....	47
Figura 38: Testemunho do Bloco 7 com fraturas preenchidas indicando percolação de água.....	48
Figura 39: Nascentes Cadastradas no Entorno do Bloco 8.....	51
Figura 40: Nascentes cadastradas no entorno do Bloco 7.....	52
Figura 41: Localização dos Poços Tubulares no entorno do empreendimento.....	53
Figura 42: Localização dos Medidores de Nível D'água na área do Bloco 8.....	55
Figura 43: Localização dos Medidores de Nível D'água na área do Bloco 7.....	56
Figura 44: Gráfico apresentando a variação do nível d'água para o Bloco 8.....	57
Figura 45: Gráfico apresentando a variação do nível d'água para o Bloco 7.....	57
Figura 46: Boletim de sondagem a percussão do furo FSF-FP-55 em que se pode observar a variação da condutividade hidráulica.....	58
Figura 47: Mapa de localização dos ensaios de infiltração realizados e respectivas permeabilidades encontradas.....	59
Figura 48: Mapa representado a superfície potenciométrica e as principais direções do fluxo subsuperficial na área do Bloco 8.....	61
Figura 49: Seção geológico-geotécnica típica da área do Bloco 8 apresentando o Nível Freático.....	62
Figura 50: Foto do Córrego Lamarão, a jusante da área do Bloco 8. Próximo à cerca pode-se observar a marca da cheia do córrego.....	63
Figura 51: Seção da área da cava do Bloco 8 apresentando o limite da cava no início da implantação do canal e a projeção esquemática da pilha de rejeitos.....	65
Figura 52: Seção da área da cava do Bloco 8 apresentando o limite final da cava e a projeção da pilha de estéril final.....	65
Figura 53: Superfície potenciométrica da área do Bloco 7.....	68



ANEXOS

Anexo A – Memorando Técnico de Análise do Material da Área de Empréstimo – Projeto Vale do Rio Pardo

Anexo B – Tabela de Medição de Vazão Do Bloco 8

Anexo C – Fichas Técnicas dos Poços Tubulares

Anexo D – Medidas do Nível D'água dos Blocos 7 E 8

Anexo E – Perfis Construtivos dos Piezômetros

Anexo F – Gráficos Apresentando a Variação do Nível D'água para cada Piezômetro

Anexo F – Programa de Monitoramento Hidrogeológico



1.0 INTRODUÇÃO

A Sul Americana de Metais S/A (SAM), detentora dos direitos minerários sobre duas áreas de pesquisa de minério de ferro na região de Salinas/MG, desenvolve há meses uma série de estudos a fim avaliar a viabilidade da exploração de minério nos *sites*. O presente documento enquadra-se neste contexto e propõe-se a apresentar os estudos hidrológicos e hidrogeológicos desenvolvidos com vistas a:

- Avaliação da possibilidade de implantação de uma estrutura de reservação projetada para garantir ao empreendimento minerário um suprimento adicional de água a ser utilizado em situações de escassez hídrica (Reservatório Pulmão);
- Análise da adutora que interligará o Reservatório Pulmão à planta de beneficiamento (Bloco 8), incluindo uma estimativa de custos preliminar;
- Estudo do desvio dos cursos d'água naturais afluentes à área da cava, considerando as restrições impostas pela legislação de Recursos Hídricos;
- Avaliação preliminar do direcionamento dos escoamentos superficiais;
- Avaliação preliminar da viabilidade de aproveitamento da barragem de rejeitos, após descomissionamento, para fins de suprimento de água
- Elaboração de um modelo hidrogeológico conceitual preliminar;

Este documento estrutura-se em 13 capítulos, a contar do presente item, correspondente à Introdução.

No Capítulo 2 estão apresentadas as informações básicas utilizadas, concernentes aos estudos e trabalhos considerados.

Nos Capítulos 3 a 7 estão apresentados os estudos hidrológicos realizados.

Os estudos hidrogeológicos são apresentados nos capítulos 8 a 11.

As conclusões e considerações finais estão apresentadas no Capítulo 12.

Por fim, a bibliografia adotada no presente estudo é apresentada no Capítulo 13.

2.0 INFORMAÇÕES BÁSICAS

As informações básicas utilizadas no presente estudo foram às seguintes:

- Base cartográfica digital referente aos recursos hídricos do Estado de Minas Gerais disponibilizados pelo IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas;
- Base cartográfica digital do programa GeoMINAS disponibilizado pela PRODEMGE – Companhia de Tecnologia da Informação do Estado de Minas Gerais;
- Base cartográfica digital fornecida pela SAM referente a levantamento aerofotogramétrico da área do Bloco 8;
- Dados das estações pluviométricas e fluviométricas operadas pela ANA – Agência Nacional de Águas, disponível no site: <http://hidroweb.ana.gov.br/>;
- Dados de estações climatológicas do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, disponível no site: http://www.inmet.gov.br/html/rede_obs.php;
- Fichas de cadastramento e descrição de nascentes elaboradas pela BRANDT - Meio Ambiente Ltda. e disponibilizadas pela SAM.



Além das informações básicas relacionadas, alguns documentos e estudos existentes foram consultados, destacando-se os desenvolvidos pela Golder abaixo indicados:

- Estudo de viabilidade - Projeto Salinas - Avaliação de disponibilidade hídrica. Relatório Técnico RT-001_109-515-1002_00-B. Agosto de 2010;
- Estudo "Trade-Off" de alternativas de alimentação de água bruta para o Projeto Vale do Rio Pardo. Memorando técnico MT-012_109-515-1002_00-C. Outubro de 2010;
- Estudo "Trade-Off" de alternativas de alimentação de água bruta para o Projeto Vale do Rio Pardo. Memorando técnico MT-001_119-515-4004_03-B. Agosto de 2011.

3.0 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

3.1 Caracterização Regional

3.1.1 Clima

O clima da região em estudo, segundo a classificação de Köppen, corresponde a um clima úmido com inverno seco e verão quente, caracterizado por apresentar elevadas temperaturas anuais e regime pluviométrico marcado pela ocorrência de duas estações: verão chuvoso e inverno seco (tipologia climática Aw).

A região apresenta temperatura média anual em torno de 23°C. De maneira geral, são baixas as amplitudes de temperatura, com uma elevação gradativa ao longo do inverno. Os valores médios absolutos variam entre 14°C e 32°C. Os maiores registros de umidade relativa ocorrem no verão, com valores mínimos em agosto/setembro, quando se verificam valores abaixo dos 70%.

Quanto ao regime pluviométrico, a área caracteriza-se por possuir uma estação chuvosa (outubro a março) e uma estação seca (abril a setembro) bem definida. Os totais anuais pluviométricos giram em torno de 900 mm. O regime pluviométrico é típico das regiões de clima tropical, com ocorrência dos valores mensais máximos no período de verão e dos mínimos no inverno.

O trimestre mais chuvoso contribui com cerca de 53% do total anual precipitado, correspondendo aos meses de novembro, dezembro e janeiro. Já o trimestre mais seco, que corresponde aos meses de junho, julho e agosto, contribui com menos de 3% da precipitação anual.

A estação climatológica, operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET mais próxima da região em estudo é a estação Salinas (código A552), com coordenadas 16°06' S e 42°11'24" W. O comportamento sazonal da temperatura e das alturas de chuva, ambos em termos médios, pode ser visualizado nas Figuras 1 e 2.

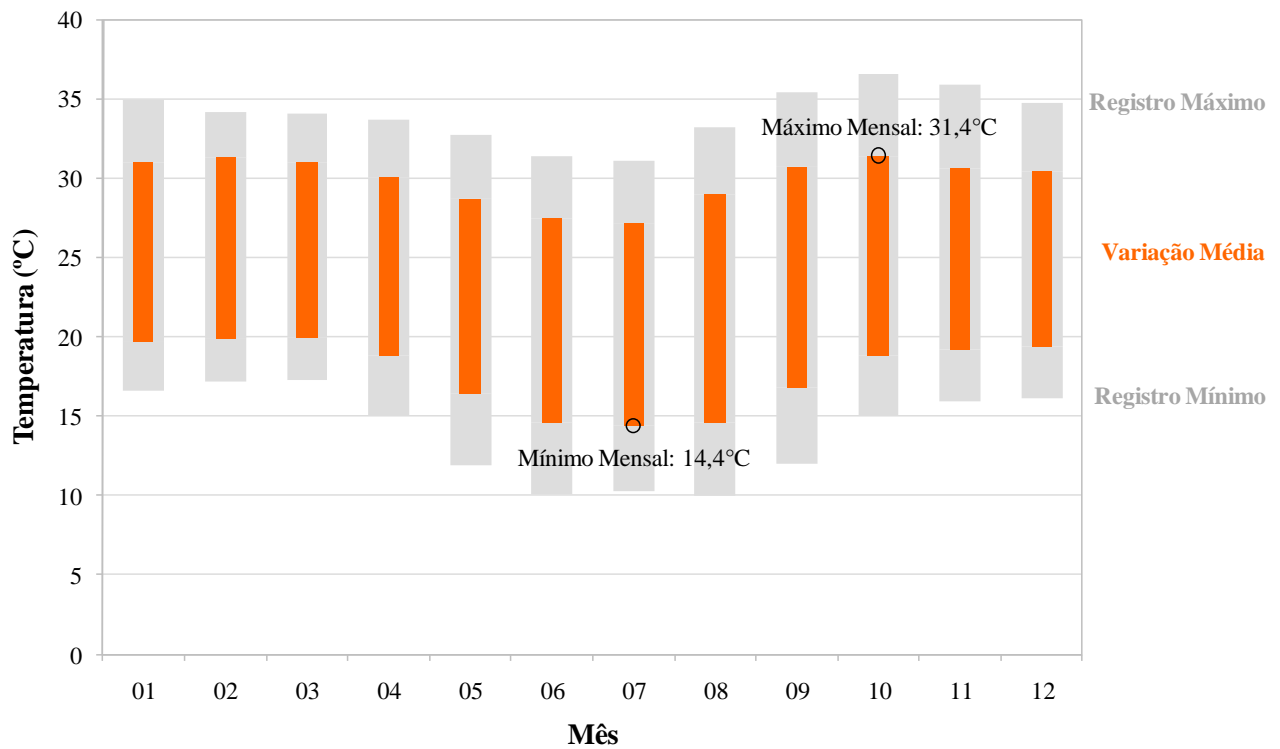


Figura 1: Variação média da temperatura - Estação INMET Salinas-A552.

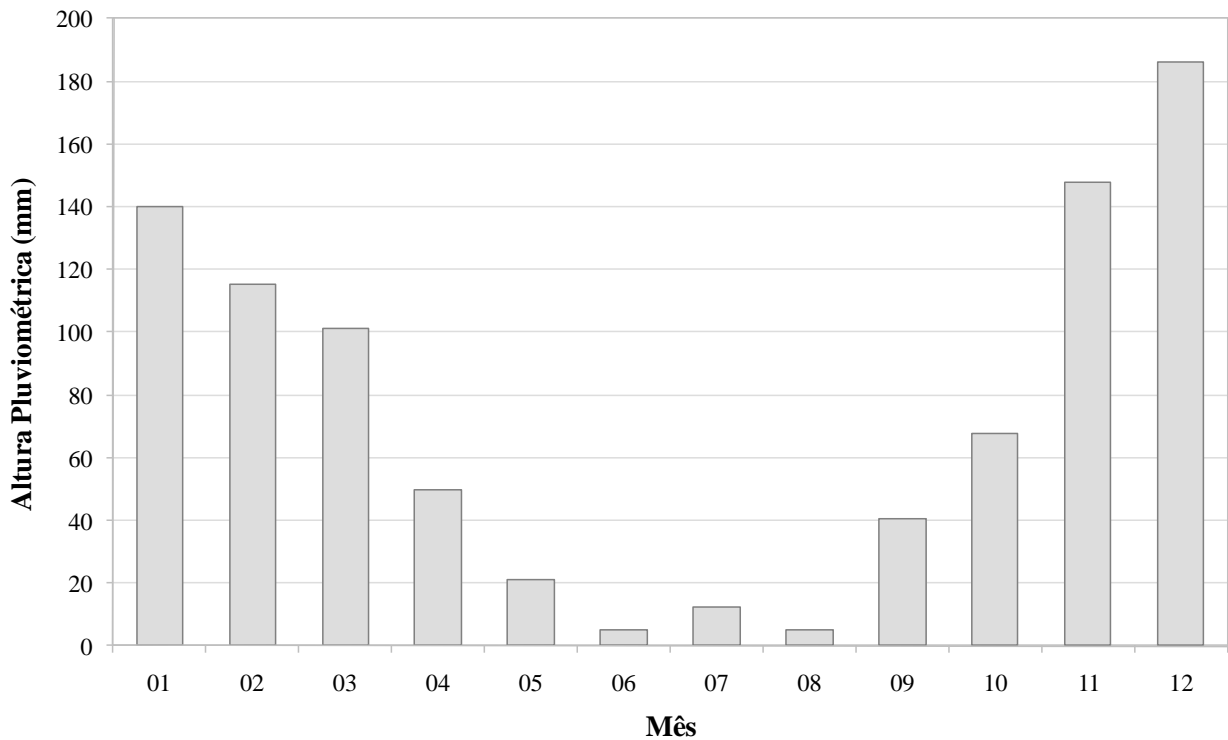


Figura 2: Variação média da altura pluviométrica - Estação INMET Salinas-A552.



Adicionalmente, a fim de caracterizar outros parâmetros climatológicos, consideraram-se os dados relativos à estação Araçuaí (INMET – código 83442, coordenadas 16°31'12" S e 42°02'24" W). As normais climatológicas correspondentes aos registros observados no período de 1970 a 1990 são indicadas a seguir:

- Evaporação Total Anual: 1458,1 mm;
- Umidade Relativa Anual Média: 71,5%;
- Insolação Total Anual: 2.236,2 horas.

3.1.2 Hidrografia

A bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha abrange grande parte do norte de Minas Gerais e pequena parte do sudeste da Bahia, possui uma área total de 70.315 km², dos quais 65.660 km² (93,38%) correspondem à porção mineira e 4.655 km² (6,62%) estão no território baiano.

O rio Jequitinhonha tem suas nascentes localizadas nos arredores da localidade de Capivari, a sul da cidade de Serro, na Serra do Espinhaço. Apresenta desenvolvimento longitudinal no sentido predominante SW-NE, percorrendo cerca de 920 km (760 km na porção mineira e 160 km em território baiano) até alcançar o oceano Atlântico, junto à cidade de Belmonte. Seus principais afluentes são os rios Itacambiruçu, Vacaria, Salinas, São Pedro e São Francisco na margem esquerda, e Araçuaí, Piauí, São Miguel e São João pela margem direita.

A sub-bacia do rio Vacaria situa-se na região do Alto Jequitinhonha e possui uma área de drenagem da ordem de 3.040 km². Ela é formada pelos córregos Jibóia, Lamarão, Curral de Vara, pelo ribeirão Jequi e pelo rio Peixe Bravo. As sedes dos municípios de Fruta de Leite, Grão Mogol, Josenópolis, Novorizonte, Padre Carvalho, Riacho dos Machados, Rio Pardo de Minas, Rubelita, Serranópolis de Minas e Virgem da Lapa localizam-se nesta sub-bacia.

Os sites em análise estão localizados nos municípios de Grão Mogol (bloco 8) e Fruta de Leite (bloco 7).

Na Figura 3 está apresentada a área de estudo.

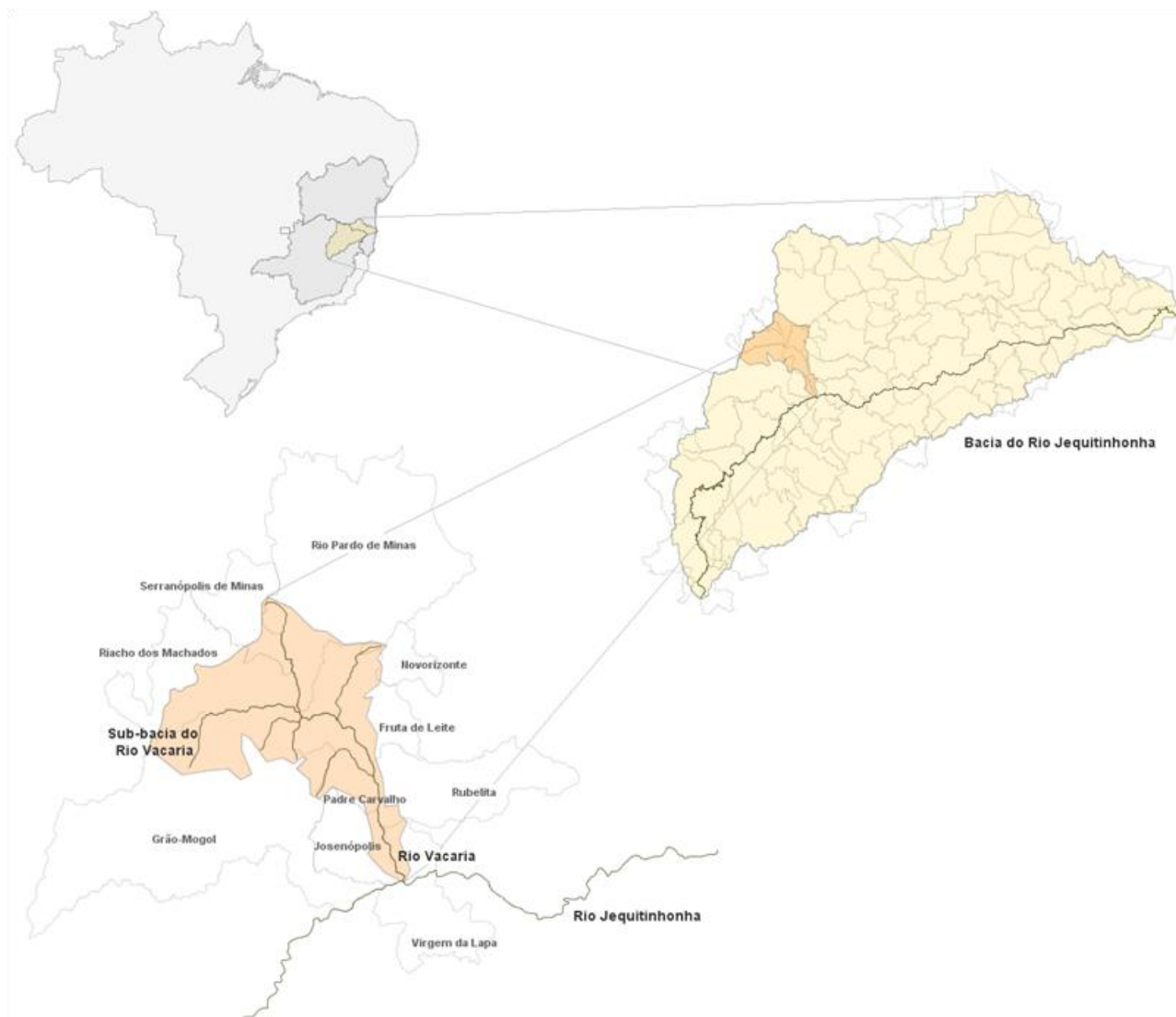


Figura 3: Área em estudo - caracterização hidrográfica.

3.2 Regime Fluviométrico

Para caracterização regional do regime fluviométrico vazões referenciais derivadas da série fluviométrica considerada foram determinadas, a saber: (i) vazão média de longo termo (Q_{MLT}); e (ii) vazão mínima média de sete dias de duração e de dez anos de tempo de retorno ($Q_{7,10}$).

As estações fluviométricas presentes na área em estudo e operadas pela ANA, foram analisadas a fim de obter a série de vazões que melhor representasse o regime fluviométrico da região. A escolha da estação baseou-se nas seguintes características: tamanho da amostra, consistência dos dados e proximidade em relação à área de interesse. Na Tabela 1, são apresentadas as principais informações da estação utilizada.

Na sequência, a Figura 4 apresenta a localização desta estação.



Tabela 1: Estação Fluviométrica Considerada – Principais Informações

Código ANA	Nome	Município	Latitude	Longitude	Área de Drenagem (km ²)	Período Disponível	Período Considerado
54165000	Ponte Vacaria	Salinas	16°11'36"S	42°35'06"W	2.500	Set/1975 Jan/2010	Jan/1994 Jan/2010

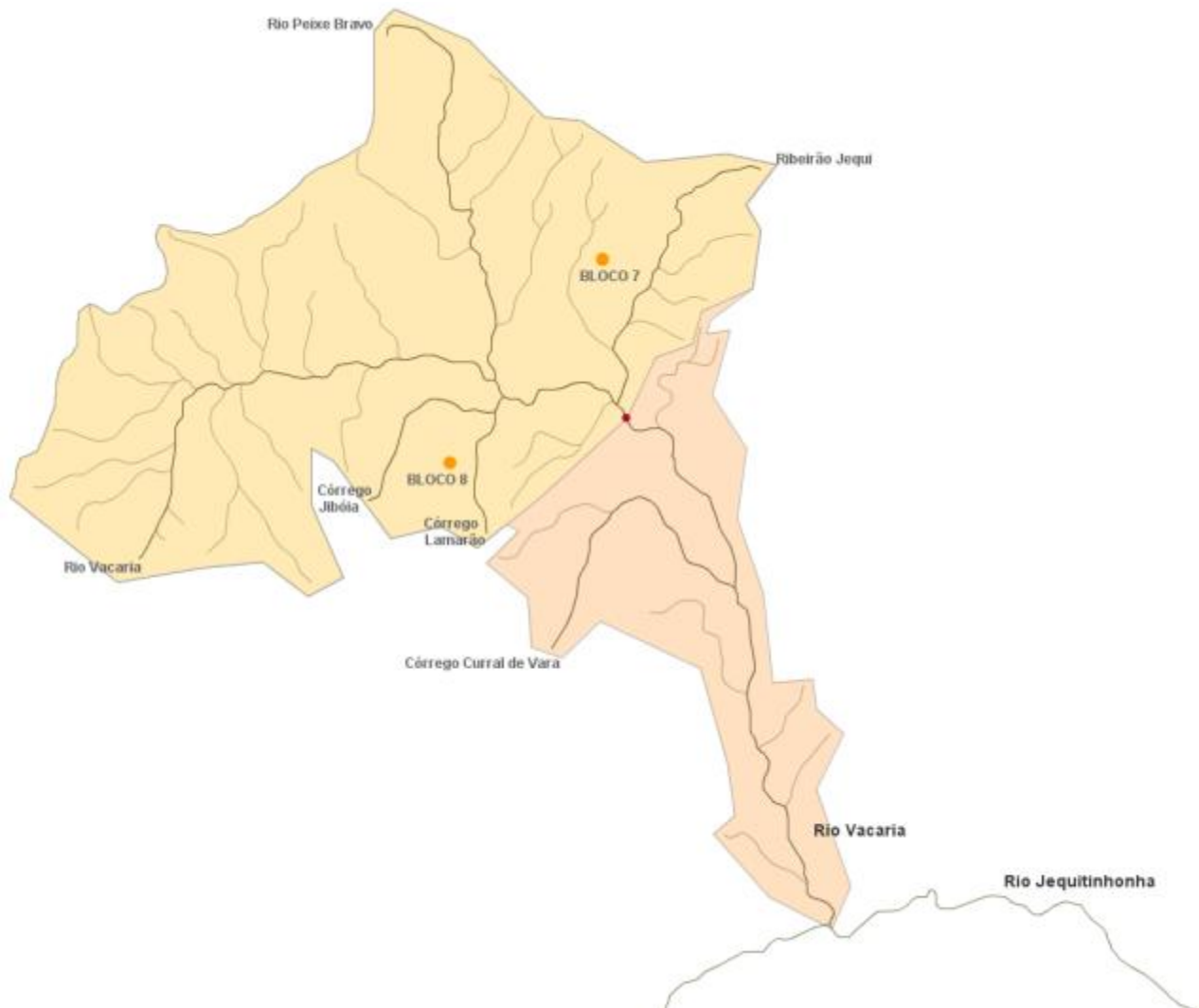


Figura 4: Localização da estação fluviométrica considerada.

A análise do fluviograma da estação de referência revelou uma significativa variação das vazões mínimas observadas nos períodos anteriores e posteriores a Jan/1993. Sabe-se, no entanto, que no caso de Minas Gerais, a operação e consistência das informações geradas pelas estações hidrológicas pertencentes à Rede Hidrometeorológica Nacional passou a ser realizada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) a partir de Jan/1995, ressaltando-se que para algumas bacias específicas, esta consistência foi refeita para um curto período anterior a 1995.

Por consequência, suspeita-se que ocorreram alterações significativas nos ramos inferiores das curvas-chaves da estação Ponte Vacaria quando da alteração da instituição responsável pela consistência do dado bruto. Sendo assim, optou-se por considerar a série somente para período posterior a Jan/1994, descartando-se inclusive o ano de 1993 devido à impossibilidade da definição precisa da data a partir da



qual ocorreram as alterações. A Figura 5, a seguir, apresenta a brusca alteração nas vazões mínimas registradas para os períodos supracitados.

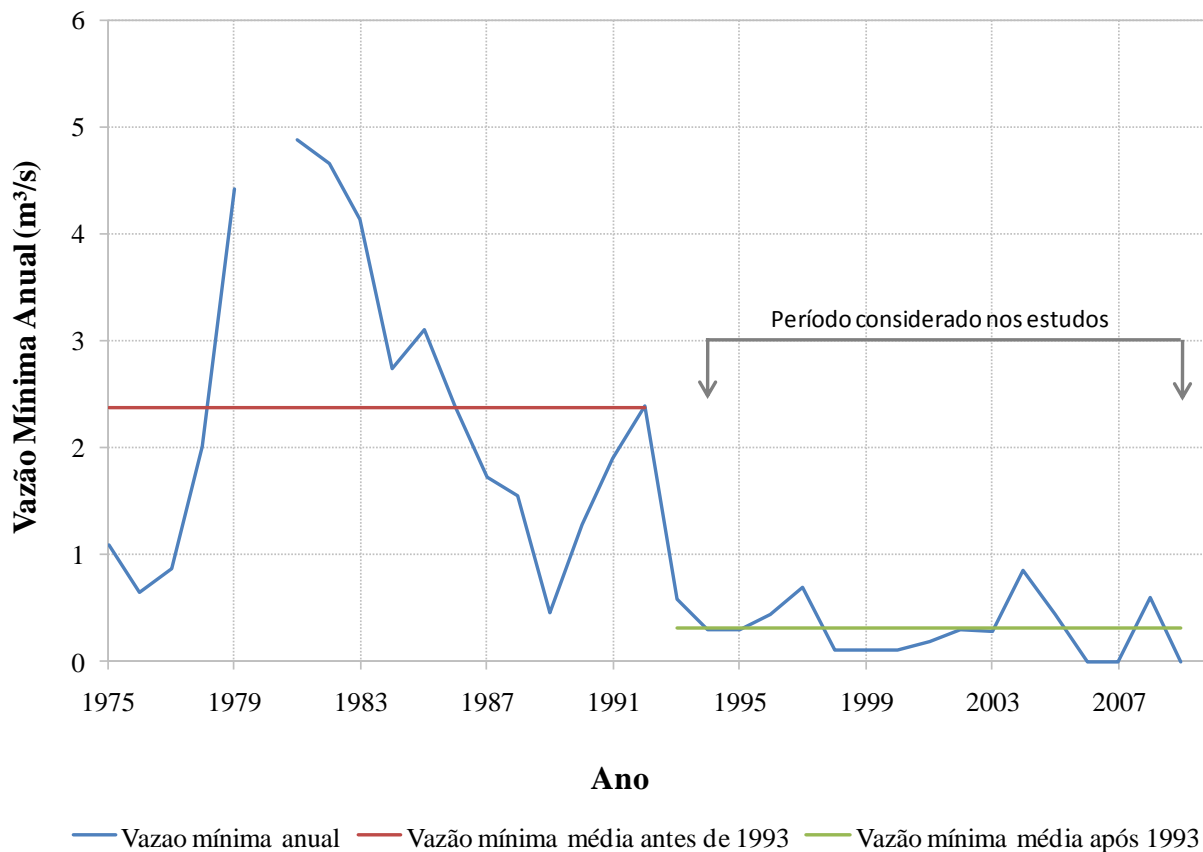


Figura 5: Alteração do comportamento das vazões mínimas anuais para o período anterior e posterior a 1993 na estação considerada.

Vazão Média de Longo Termo

A vazão média de longo termo (Q_{MLT}) corresponde à média aritmética das vazões naturais da série histórica de observações na seção fluvial considerada. A mesma considera a variação sazonal de vazões na bacia hidrográfica em análise, ou seja, inclui períodos chuvosos (vazões máximas) e secos (vazões mínimas). A Q_{MLT} representa a máxima vazão que pode ser regularizada em uma bacia e é frequentemente denotada como disponibilidade hídrica máxima ou potencial.

A Q_{MLT} foi obtida a partir da média das vazões da série hidrológica no período analisado (Jan/1993 – Jan/2010). Analiticamente:

$$Q_{MLT} = \frac{\sum_{t=1}^N Q_t}{N}$$

na qual,

- Q_t são as vazões diárias em cada instante (m^3/s);
- N é o número de pontos da série de dados (adimensional).



Vazão de Referência

A vazão mínima média de sete dias e 10 anos de recorrência ($Q_{7,10}$) é utilizada como vazão de referência característica do comportamento de uma bacia em condições de escoamento mínimo no Estado de Minas Gerais. Em Minas Gerais, é utilizada como valor referencial para análise de processos de outorga do direito de uso dos recursos hídricos.

A $Q_{7,10}$ é obtida ajustando-se uma distribuição de probabilidade ao conjunto de dados (análise de frequência) com o objetivo de relacionar a magnitude de eventos extremos com sua frequência de ocorrência. Foi selecionada a distribuição de probabilidades de Weibull, frequentemente utilizada em estudos que contemplam a análise de eventos extremos mínimos. Os parâmetros da distribuição de probabilidades foram estimados através do Método dos Momentos. Na Figura 6 está apresentado o ajuste da distribuição de probabilidades adotada.



Figura 6: Ajuste da distribuição de probabilidades adotada para a estação fluviométrica selecionada.

Síntese dos Resultados

Na Tabela 2 são apresentadas as vazões de referência obtidas para a estação fluviométrica considerada, enquanto na Figura 7 está apresentada a variação sazonal de vazões mensais médias observadas.

Tabela 2: Vazões de referência – Estação Fluviométrica Ponte Vacaria – Código ANA: 54165000

Estatística	Vazão (m³/s)
Q_{MLT}	6,51
$Q_{7,10}$	0,11

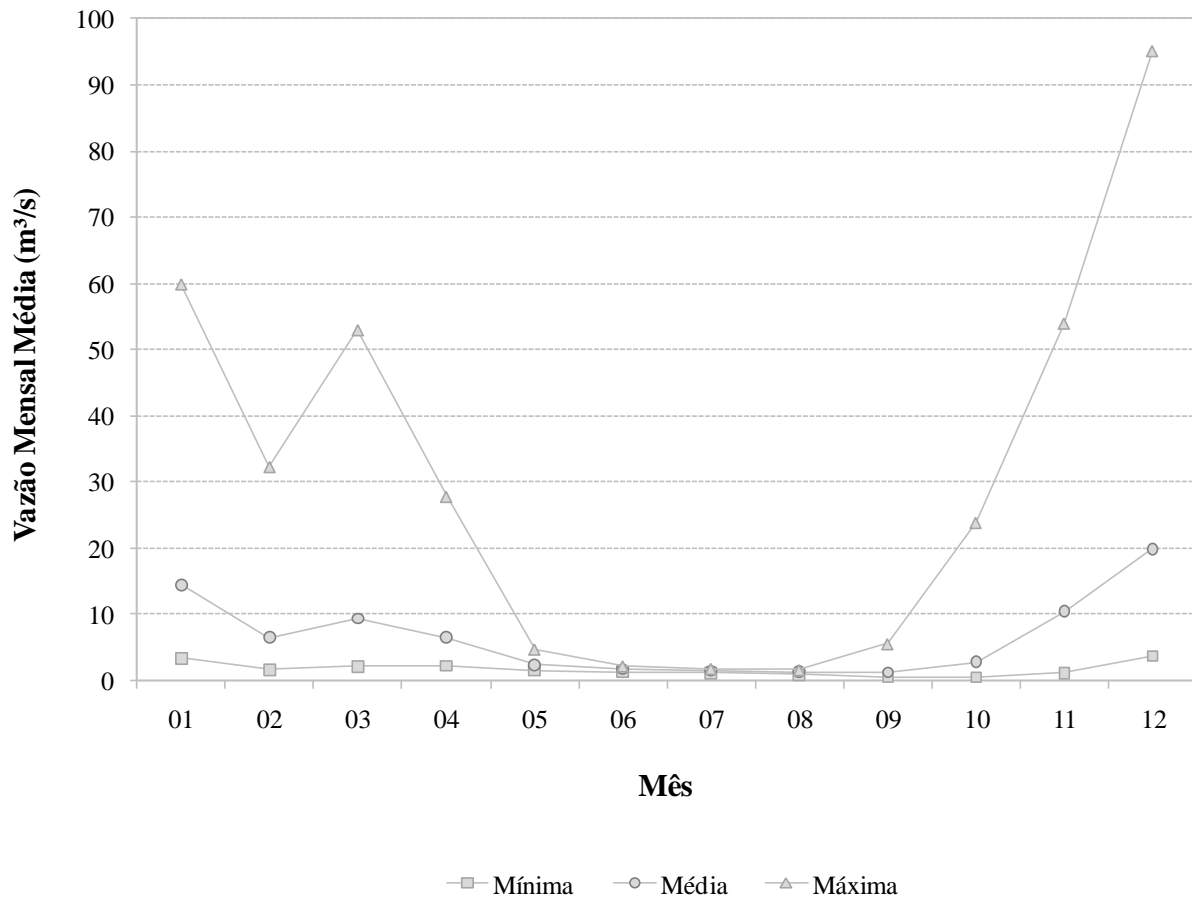


Figura 7: Variação sazonal de vazões mensais médias – estação fluviométrica Ponte Vacaria – Código ANA: 54165000.

Regionalização

A regionalização visa essencialmente à estimativa de variáveis hidrológicas em locais onde os dados sejam insuficientes ou inexistentes a partir de informações de pontos monitorados. No presente estudo, este procedimento foi aplicado com o objetivo de determinar as vazões mínimas residuais referentes às diversas estruturas de reserva analisadas a partir da relação entre áreas de drenagem:

$$q = \frac{Q}{A}$$

na qual,

- q é a vazão de referência específica (L/s.km²);
- Q é a vazão de referência (L/s);
- A é a área de drenagem na estação fluviométrica considerada (km²).

Neste caso, a hipótese primordial é que as vazões específicas sejam constantes para a sub-bacia considerada. Sabe-se *a priori* que esta hipótese é conservadora, no entanto plausível, considerando-se a escassez de informações na área em estudo e atual fase do projeto (Tabela 3).



Tabela 3: Regionalização – Vazões Específicas Consideradas

Estadística	Vazão Específica (L/s.km ²)
Q _{MLT}	2,6
Q _{7,10}	0,044

3.3 Histórico dos Estudos

Os estudos hidrológicos desenvolvidos pela Golder para área dos *sites* iniciaram-se no 1º semestre de 2010, a partir de uma caracterização regional da disponibilidade hídrica. O objetivo deste trabalho era avaliar a oferta hídrica dos cursos d'água na região do empreendimento a partir de uma demanda hídrica estimada em 4.750 m³/h. As principais conclusões derivadas neste estudo foram:

- A oferta hídrica dos cursos d'água localizados nas proximidades do empreendimento não permite o atendimento à demanda estimada em caso de captação a fio d'água (sem barramento);
- A sub-bacia do Rio Vacaria é capaz de regularizar a vazão necessária à manutenção das atividades minerárias, caso seja construído um barramento sobre o curso d'água homônimo, respeitando-se o limite mínimo para área de contribuição de 1.050 km²;
- Os volumes de reservação deveriam variar entre 18,4 Mm³ e 25,0 Mm³, em função da área de contribuição ao barramento;
- Os tributários do Rio Vacaria, localizados a montante da estação fluviométrica considerada no estudo, não possuem capacidade de regularizar a demanda hídrica avaliada.

Na sequência, os estudos orientaram-se por fornecer subsídios para uma análise comparativa entre fontes de captação de água. A água bruta destinada ao empreendimento, conforme descrito acima, em função da demanda estimada e das expectativas quanto à disponibilidade hídrica subterrânea deveria ser captada em um reservatório formado pelo barramento de um curso d'água.

Ao todo foram analisadas 4 fontes primárias para abastecimento, cuja combinação resultou em um total de 5 alternativas. Maiores detalhes quanto às alternativas/ combinações avaliadas podem ser vistas nos documentos supracitados.

No estágio atual, duas alternativas ainda são consideradas:

- i) Captação no reservatório da AHE Irapé, construída para fins de geração hidroelétrica; e
- ii) Barragem a ser construída sobre o rio Vacaria, previamente prevista pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra a Seca) para perenização do trecho fluvial a jusante do barramento.

É válido ressaltar que o último estudo de *trade-off* desenvolvido (agosto de 2011) considerou uma demanda hídrica de 6.200 m³/h, o que corresponde a uma elevação de cerca de 30% em relação à estimativa considerada nos estudos anteriores. Ademais, este estudo indicou que os valores envolvidos na implantação e manutenção da alternativa (ii) são inferiores ao da alternativa (i).

A Tabela 4 apresenta um quadro resumo destas alternativas.



Tabela 4: Parâmetros de Projeto Considerados Durante o Último Estudo de Avaliação de Alternativas de Captação de Água Bruta

Variável ¹	Alternativa	
	(i)	(ii)
Vazão (m ³ /h)	6.200	6.200
Comprimento da adutora (km)	50,0	16,8
Desnível geométrico (m)	563	390
Diâmetro da adutora (mm)	2 x 700	2 x 700
Potência instalada (kW)	18.870	10.584

¹ Verificar o estudo supracitado para maiores informações quanto às premissas consideradas.

4.0 RESERVATÓRIO PULMÃO

Em função da distância entre a área prevista para implantação da planta e a fonte primária de abastecimento de água bruta, a equipe da Golder sugeriu a SAM a avaliação de uma estrutura de reserva secundária para suprimento de água em situações excepcionais. As principais justificativas para implantação desta estrutura são:

- A garantia de abastecimento hídrico em caso de interrupção na adução associada à fonte primária;
- Segurança adicional de atendimento a demanda em situações de escassez hídrica;
- Possibilidade da redução das vazões de pico associadas ao curso d'água cujo leito deverá ser parcialmente relocado devido ao avanço da lavra.

Os critérios considerados para locação da estrutura segundo a ordem de prioridade considerada foram:

- Capacidade de reserva dos vales;
- Proximidade em relação à área da planta;
- Redução das vazões de pico associadas ao curso d'água a ser relocado;
- Interferências decorrentes de decretos de pesquisa DNPM.

A Figura 8 apresenta as alternativas avaliadas.

Para fins comparativos foi realizada uma estimativa, em nível conceitual, dos parâmetros de projeto associados à estrutura de reserva (Tabela 5 e Figura 9), a partir dos seguintes critérios:

- Número de semanas que o Reservatório Pulmão é capaz de suprir a demanda hídrica considerada (6.200 m³/h) caso seja interrompida a adução proveniente da fonte primária de abastecimento;
- Altura do maciço;
- Volume do maciço;
- Área inundada;
- Dimensão do vertedouro de operação;
- Classificação preliminar do potencial de dano ambiental conforme a Deliberação Normativa n° 87 (COPAM, 2005).

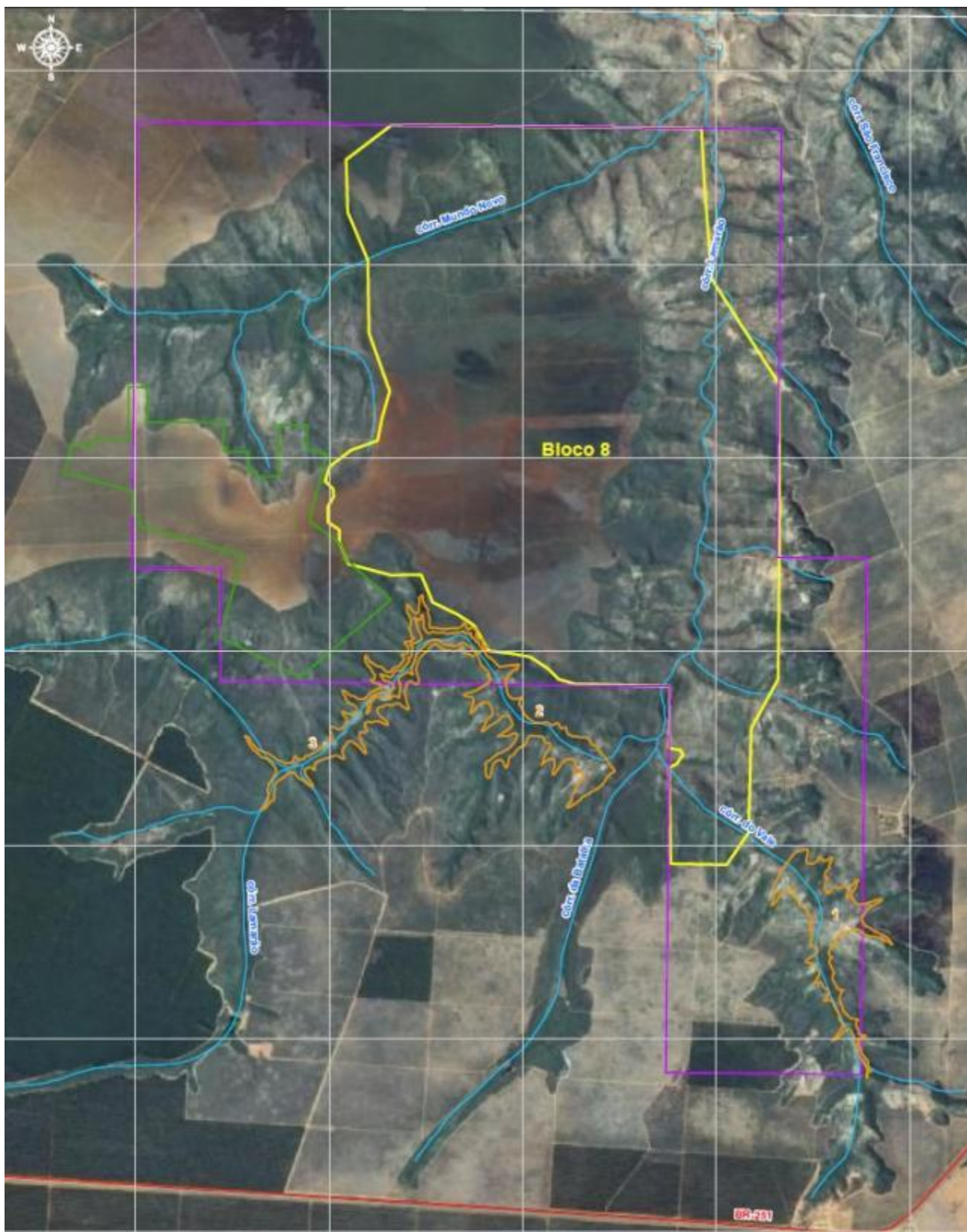


Figura 8: Alternativas Avaliadas para o Reservatório Pulmão.

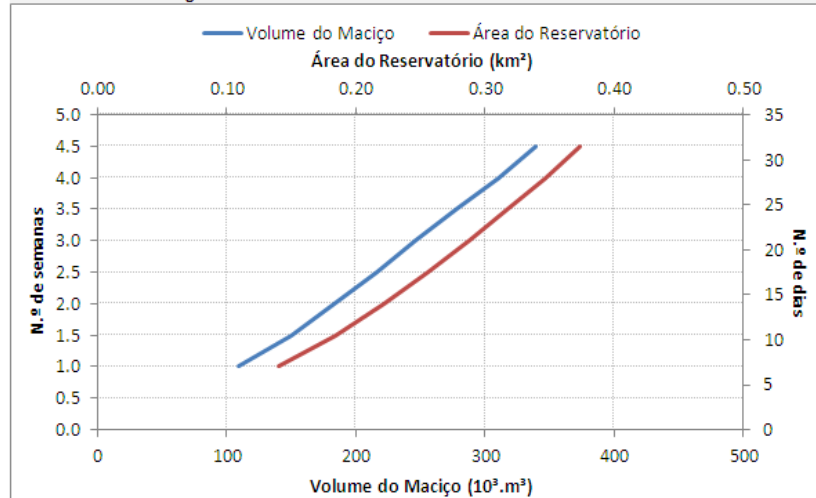


Tabela 5: Reservatório Pulmão: Comparação das Alternativas Avaliadas

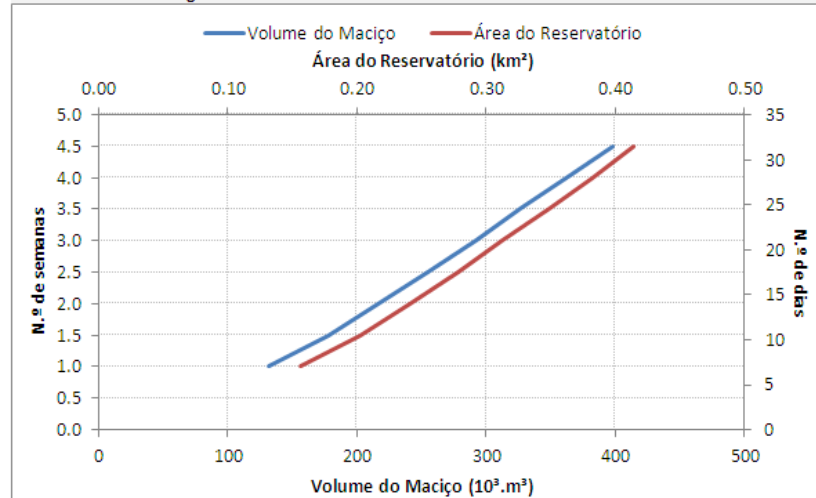
Alternativa	Nº de dias de Regularização	Altura do Maciço (m)	Volume do Maciço (10 ³ m ³)	Área do Reservatório (km ²)	Vertedor (Base x Altura - m)	Avaliação Preliminar do Potencial de Dano Ambiental conforme DN 87/2005
1 - Córrego do Vale	7,0	24,5	110,0	0,14	-	Médio (Classe II)
	10,5	28,0	150,6	0,18	-	Médio (Classe II)
	14,0	30,5	183,3	0,22	-	Alto (Classe III)
	17,5	32,8	216,8	0,26	-	Alto (Classe III)
	21,0	34,7	246,1	0,29	-	Alto (Classe III)
	24,5	36,7	278,8	0,32	-	Alto (Classe III)
	28,0	38,6	310,2	0,35	5 x 3	Alto (Classe III)
	31,5	40,3	338,9	0,37	-	Alto (Classe III)
2 - Córrego Lamarão Jusante	7,0	21,4	132,0	0,16	-	Médio (Classe II)
	10,5	24,5	177,5	0,20	-	Médio (Classe II)
	14,0	26,8	216,6	0,24	-	Médio (Classe II)
	17,5	28,9	254,7	0,28	-	Médio (Classe II)
	21,0	30,7	292,8	0,31	-	Alto (Classe III)
	24,5	32,3	326,9	0,35	-	Alto (Classe III)
	28,0	33,7	361,9	0,38	20 x 4	Alto (Classe III)
	31,5	34,9	398,2	0,41	-	Alto (Classe III)
3 - Córrego Lamarão Montante	7,0	26,6	66,4	0,15	-	Médio (Classe II)
	10,5	29,9	92,0	0,19	-	Médio (Classe II)
	14,0	31,4	114,5	0,23	-	Alto (Classe III)
	17,5	33,2	136,2	0,27	-	Alto (Classe III)
	21,0	35,3	158,1	0,30	-	Alto (Classe III)
	24,5	37,3	177,7	0,33	-	Alto (Classe III)
	28,0	38,8	198,5	0,36	20 x 4	Alto (Classe III)
	31,5	40,1	219,5	0,39	-	Alto (Classe III)



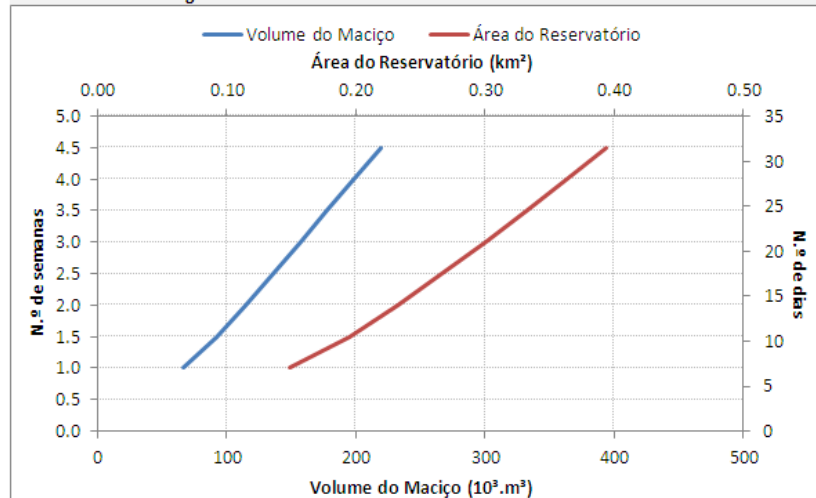
Alternativa 01 - Córrego do Vale



Alternativa 02 - Córrego Lamarão - Jusante



Alternativa 03 - Córrego Lamarão - Montante



Vertedouro

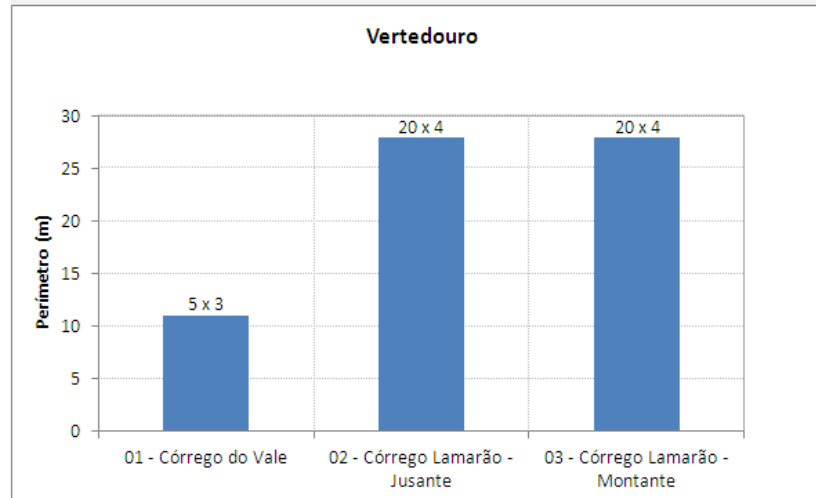


Figura 9: Reservatório Pulmão: comparação das alternativas avaliadas.



Para classificação preliminar do potencial de dano ambiental decorrente da ruptura para as alternativas estudadas (Tabela 5), foram aplicados critérios constantes nas Deliberações Normativas nº 62 (COPAM, 2002) e nº 87 (COPAM, 2005), admitindo-se ocupação humana eventual, interesse ambiental pouco significativo e baixa concentração de instalações na área afetada a jusante. Esta classificação é preliminar e depende da delimitação da área afetada a jusante a partir de estudos de ruptura, que a SAM deverá desenvolver em fases futuras.

A partir dos resultados descritos é possível afirmar:

- Os reservatórios associados às alternativas avaliadas possuem áreas similares;
- O maciço associado à alternativa 3 possui volume em média 37 e 47% inferior ao das alternativas 1 e 2, respectivamente. A alternativa 2 possui os maiores volumes de maciço;
- O vertedor da alternativa 1 possui um perímetro 39% inferior ao das alternativas 2 e 3;
- Em relação aos decretos de pesquisa do DNPM, a alternativa 1 é a única que se encontra 100% dentro da área de pesquisa da SAM. A alternativa 2 é a que possui a maior área fora destes limites;
- As alternativas estudadas foram classificadas em categorias de potencial de dano ambiental nas Classes III (Alto) e II (Médio), o que indica necessidade de acompanhamento anual ou a cada 2 anos, com elaboração de relatório de inspeção de segurança por profissional habilitado a ser protocolizado na FEAM, respectivamente.

É válido ressaltar que as perdas hídricas associadas ao Reservatório Pulmão (percolação e evaporação) foram consideradas constantes e iguais ao volume regularizado em 1 (um) dia para todos os cenários avaliados. O pré-dimensionamento dos vertedouros associados às alternativas avaliadas foram desenvolvidos para um tempo de retorno igual a 10.000 anos. Os materiais de empréstimo para construção destes barramentos foram avaliados conforme o memorando MT-001_119-515-4003_00-C (Anexo A).

4.1 Vazões Mínimas Residuais

De acordo com a Portaria IGAM nº 045/2010, que revoga as Portarias IGAM nº 010/98 e nº 007/99, a vazão mínima a ser garantida a jusante de um barramento deve ser igual a 70% da $Q_{7,10}$. Caso não haja uso consuntivo no reservatório esse percentual deve ser igual a 100%.

Como os volumes captados no Reservatório Pulmão são iguais aos volumes aduzidos da fonte primária de abastecimento (6.200 m³/h) não há captação de água nova. Por conseguinte, o uso relativo ao Reservatório Pulmão é considerado não consuntivo, sendo a vazão mínima residual a ser mantida a jusante dos barramentos é igual a 100% da $Q_{7,10}$. A Tabela 6 apresenta as vazões mínimas residuais associadas às alternativas analisadas.

Tabela 6: Reservatório Pulmão - Vazões Mínimas Residuais

Variável	Alternativa		
	1	2	3
$q_{7,10}$ [(l/s) / km ²]	0,044	0,044	0,044
Área de drenagem (km ²)	7,6	34,8	32,0
100% . $Q_{7,10}$ (l/s)	0,34	1,54	1,42
100% . $Q_{7,10}$ (m ³ /h)	1,23	5,55	5,12

Ressalta-se que não foram identificadas outorgas de águas superficiais emitidas na sub-bacia do córrego Lamarão, a montante dos reservatórios analisados segundo a listagem disponibilizada pelo IGAM em seu *site* até fevereiro de 2011.



5.0 ADUTORA: RESERVATÓRIO PULMÃO – PLANTA DE BENEFICIAMENTO

A seleção de uma das alternativas avaliadas deve considerar também, além dos aspectos apresentados no item anterior, a construção e manutenção da adutora que interligará o Reservatório Pulmão à Planta de Beneficiamento. Este estudo foi desenvolvido em duas etapas:

- Estimativa, em nível conceitual, dos parâmetros de projeto associados às estruturas de adução e reservação:
 - Comprimento da adutora;
 - Altura máxima de bombeamento;
 - Diâmetro da tubulação;
 - Volume de maciço dos barramentos;
- Estimativa preliminar de custos.

5.1 Estruturas de Adução: Pré-dimensionamento

As características geométricas associadas às alternativas avaliadas foram estimadas em nível conceitual com base em imagens da área e base topográfica proveniente de levantamento aerofotogramétrico relativa ao bloco 8 disponibilizado pela SAM.

No presente estudo, não foram elaborados estudos detalhados visando definir as melhores alternativas de caminhamento e posicionamento das estruturas de captação e estações elevatórias. Para o caminhamento das adutoras, considerou-se a projeção em linha reta dos maciços das barragens até a área da planta. A altura máxima de bombeamento foi determinada considerando o desnível entre a área da planta (EL. 880 m) e o nível de água mínimo normal de operação da barragem. O volume morto considerado em todas alternativas foi igual a 200.000 m³. O pré-dimensionamento elaborado baseou-se na estimativa de potências requeridas (cálculo teórico) e em estudos preliminares de definição de diâmetro ótimo de adução.

A Tabela 7 apresenta os parâmetros considerados e resultados obtidos durante o pré-dimensionamento das estruturas de adução associadas a cada uma das alternativas avaliadas.

Tabela 7: Pré-dimensionamento das Estruturas de Adução

Variável	Alternativa		
	1	2	3
Vazão (m ³ /h)	6.200	6.200	6.200
Comprimento da Adutora (km) ¹	4,5	2,9	1,5
Desnível Geométrico Máximo (m)	103	104	123
Diâmetro da Adutora (mm) ²	2 x 700	2 x 700	2 x 700
Potência Instalada (kW)	2.795	2.592	2.806

¹ Projeção em linha reta.

² Foram consideradas duas linhas de adução.

Considerando os resultados apresentados é válido ressaltar:

- A alternativa 3 apresenta uma distância em relação à planta cerca de 46% e 65% inferior ao das alternativas 1 e 2, respectivamente.



- A alternativa 3 apresenta um desnível geométrico cerca de 19% superior as alternativas 1 e 2;
- A potência instalada necessária a adução dos volumes descritos é similar para todas as alternativas avaliadas.

5.2 Estimativa Preliminar de Custos

Foram desenvolvidas estimativas preliminares de custos para cada estrutura de adução associada às alternativas relativas ao Reservatório Pulmão para fins de comparação econômica.

As estimativas contemplam somente os custos associados às estruturas de adução e aos custos de construção dos maciços em solo compactado para 30 dias de reservação na barragem Pulmão. Ressalva-se que os custos unitários para construção de maciços de barragens ora considerados podem apresentar variações significativas em função do porte da empresa contratada e do volume de maciço, embora tenham sido levantados para projetos semelhantes localizados na mesma região do projeto.

Não foram considerados os custos advindos da aquisição de terras em áreas externas aos limites de pesquisa da SAM, devido a incertezas decorrentes do fato que outras empresas do setor minerário desenvolvem estudos de viabilidade de exploração de minério em áreas comuns às avaliadas para implantação do Reservatório Pulmão (alternativas 2 e 3).

Não foram feitas cotações de preços. Todas as estimativas de custo de aquisição e montagem de estruturas de adução foram feitas com base em índices e em bancos de dados da Golder. Todos os valores são apresentados em US\$ (US\$1,00 = R\$ 1,70).

Os custos operacionais (OPEX) foram estimados considerando os custos de energia elétrica e de manutenção dos equipamentos e do maciço da barragem, desconsiderando-se custos de mão de obra. Foi considerado um custo de manutenção anual equivalente a 10% do CAPEX.

Os principais itens adotados para estimativa dos custos das alternativas avaliadas foram:

- Energia elétrica: US\$ 0,09 / kWh (R\$ 0,15 / kWh);
- Construção de maciço de barragem: US\$ 10,00/m³;
- Tubulação: US\$ 3,71 / kg.

Os seguintes indicadores foram considerados:

- Custo de capital (CAPEX);
- Custo operacional (OPEX) anual;
- NPC (*Net Present Cost*) obtido através da projeção de fluxo de caixa descontado considerando o desembolso no tempo (CAPEX e OPEX).

Foi adotado, como critério, uma projeção de fluxo de caixa por um período de 10 anos sem considerar re-investimento (*sustaining* CAPEX). Para as estimativas de NPC (*Net Present Cost*) foi adotada uma taxa de desconto de 8,5% ao ano. A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 8: Estruturas de Adução: Estimativa Preliminar de Custos

Variável	Alternativa		
	1	2	3
(US\$) CAPEX	10.341.841	8.810.692	5.323.505
(US\$) OPEX / ano	2.889.440	2.526.289	2.503.664
(US\$) NPC	25.134.131	21.852.254	18.634.917



A alternativa 3 apresentou os menores valores em todos os indicadores calculados. Tomando-a como caso base, pode-se afirmar:

- Em termos de custos de investimento (CAPEX) as alternativas 1 e 2 apresentam valores cerca de 94% e 66% superiores a alternativa 3, respectivamente;
- A alternativa 2 apresenta custo operacional (OPEX) muito próximo ao da alternativa 3. A alternativa 1, no entanto, apresenta valores aproximadamente 15% superiores aos da alternativa 3;
- O NPC segue a tendência indicada pelos índices anteriores e apresenta valores cerca de 35% e 17% superiores para as alternativas 1 e 2, respectivamente, em relação à alternativa 3.

A Figura 10 sintetiza estas observações em relação ao custo total descontado a valor presente, evidenciando as diferenças percentuais em relação à alternativa 3.

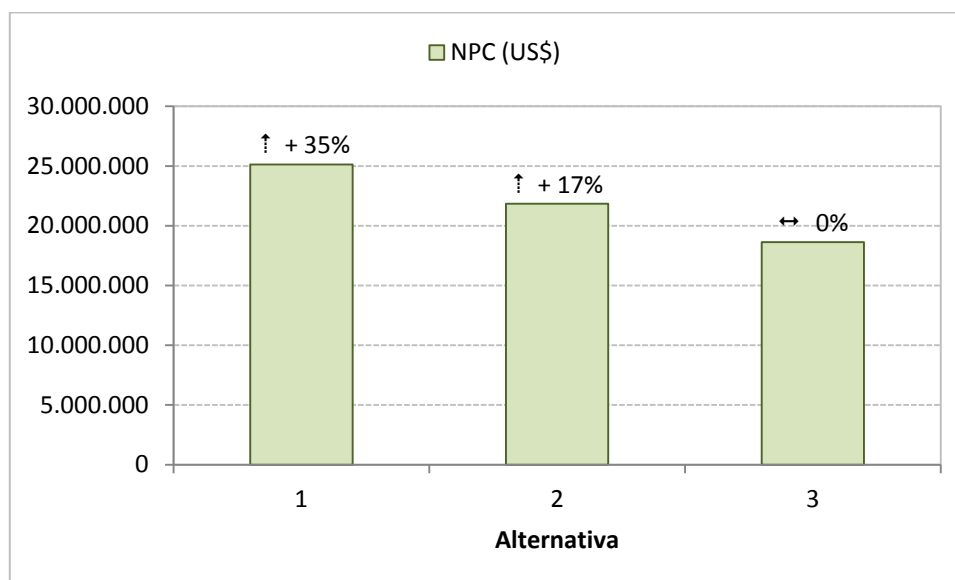


Figura 10: Estruturas de adução: NPC – Diferenças percentuais em relação à alternativa 3.

6.0 DRENAGEM SUPERFICIAL

O sistema de drenagem superficial nas áreas do Bloco 8 abrange as áreas do pátio industrial, da área de lavra e das áreas naturais contribuintes. Este trabalho contempla o dimensionamento do sistema de desvio dos córregos Lamarão e Mundo Novo, abordando as demais áreas em nível apenas descritivo.

O sistema de drenagem da área do pátio industrial deverá contemplar o direcionamento dos volumes escoados para o reservatório da barragem de rejeitos. O mesmo deverá ocorrer com os volumes de escoamento superficial decorrentes de eventos pluviométricos em áreas de lavra em níveis inferiores aos canais de desvio.

Esses volumes serão coletados em *sumps* e bombeados para o reservatório da barragem de rejeitos, onde poderão ser aproveitados para abastecimento da planta industrial. Estes *sumps* também coletarão os volumes de escoamento superficial decorrentes do avanço da frente de lavra sobre camadas que interceptem o lençol freático em níveis inferiores aos canais de desvio dos córregos Lamarão e Mundo Novo



6.1 Desvio dos Cursos D'água Naturais Afluentes a Área da Cava

A área a ser lavrada, segundo as previsões atuais, deve avançar sobre dois cursos d'água naturais durante a vida útil da Mina. São eles (Figura 11):

- Córrego Mundo Novo: cujo leito deverá ser lavrado após aproximadamente dois (2) anos do início da lavra;
- Córrego Lamarão: sobre qual a lavra deverá avançar após cerca de dez (10) anos do início das operações.



Figura 11: Cursos d'água cujos leitos deverão ser relocados devido ao avanço da lavra.

O estudo foi desenvolvido com o objetivo de estimar, em nível conceitual, parâmetros de projeto associados às estruturas de desvio: (i) seção transversal; e (ii) comprimento; considerando a influência do amortecimento gerado pelo Reservatório Pulmão e a Barragem de Rejeitos sobre as vazões em trânsito nos cursos d'água.

É válido ressaltar que, no presente momento, o plano de lavra não se encontra disponível. Por consequência, não é possível determinar uma sequência de implantação das estruturas de desvio.



6.1.1 Estruturas de Desvio: Pré-dimensionamento

Critérios

Os critérios de projeto considerados nos pré-dimensionamentos desenvolvidos foram:

- Tempo de retorno: 50 anos;
- Seção transversal dos canais: trapezoidal;
- Material de revestimento dos canais: enrocamento;
- Declividade longitudinal média: 0,5%.

Análise e consistência de dados pluviométricos

A análise e consistência de dados pluviométricos são desenvolvidas para identificar, dentre as estações disponíveis, a que melhor representa o regime pluviométrico da região. A escolha da estação considerada mais indicada por sua representatividade espacial e temporal baseia-se nas seguintes características: consistência dos dados, tamanho da amostra e proximidade em relação à área de interesse.

Procedeu-se uma análise das estações pluviométricas operadas pela ANA na região do Bloco 8. A estação selecionada para a caracterização da área é apresentada na Tabela 9.

Tabela 9: Estação Pluviométrica Considerada nos Pré-dimensionamentos

Código ANA	Nome	Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período Disponível	Período Considerado
01642003	Cancela	Grão Mogol	16°19'00"S	42°42'00"W	820	Out/1964 Out/2000	Out/1976 Set/2000

Estudos de chuvas intensas

Chuvas intensas podem ser compreendidas como a ocorrência de um evento pluviométrico extremo, com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica. Como, em geral, a disponibilidade de longas séries pluviométricas é muito mais frequente que a de séries pluviométricas, é prática comum na Engenharia Hidrológica o emprego de modelos chuva-vazão para determinação de vazões de projeto.

A partir da análise de frequência, a magnitude dos eventos é relacionada com sua frequência de ocorrência por meio do uso de uma distribuição de probabilidades.

As etapas para análise de frequência, resumidamente, são as seguintes:

- Avaliação dos dados amostrais;
- Definição da distribuição de probabilidade, estimativa de seus parâmetros e verificação de aderência à distribuição empírica;
- Identificação e tratamento de eventuais pontos atípicos, com possível repetição de etapas precedentes;
- Seleção do modelo distributivo mais apropriado.

A variável hidrológica analisada no presente caso foi a altura diária de precipitação máxima anual, sendo utilizado o ano hidrológico. Os *softwares* SEAF e ALEA, ambos de domínio público e disponíveis no sítio <http://www.ehr.ufmg.br/downloads.php>, foram utilizados durante esta etapa. Na Tabela 10 é apresentada a série de dados analisada.



Tabela 10: Altura Diária de Precipitação Máxima Anual - Estação Cancela

Ano Hidrológico	Precipitação Máxima Anual (mm)
	Duração – 1 dia
1976/1977	105,6
1977/1978	71,0
1978/1979	90,0
1979/1980	121,0
1980/1981	76,0
1981/1982	110,0
1982/1983	82,0
1983/1984	71,4
1984/1985	93,2
1985/1986	54,8
1986/1987	40,4
1987/1988	63,0
1988/1989	78,0
1989/1990	70,0
1990/1991	67,0
1991/1992	110,0
1993/1994	75,0
1994/1995	60,0
1995/1996	78,0
1996/1997	73,0
1998/1999	57,0
1999/2000	61,0

A análise de frequência local possibilitou a obtenção dos quantis de altura pluviométrica máxima anual associados aos respectivos tempos de retorno para durações iguais a 1 dia. Uma série distribuições teóricas de probabilidade foram testadas, sendo a distribuição Gumbel considerada a mais adequada para representação dos dados amostrais. Os testes de aderência realizados (Qui-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov ambos ao nível de significância igual a 5%) confirmaram a adequabilidade da distribuição adotada.

Em função da ordem de grandeza da área de drenagem do sistema em estudo, foi necessária a análise de precipitações com durações inferiores à diária. Os quantis diários determinados foram multiplicados por 1,14 para a obtenção daqueles com 24 h de duração. Para as durações inferiores a 24 h foi utilizada a relação sugerida por Silveira (2000), que permite determinar coeficientes de desagregação para diferentes durações, a partir da chuva de 24 h.

Na Tabela 11 e na Figura 12, estão apresentados os resultados obtidos.



Tabela 11: Quantis de Precipitação Máxima para Durações Inferiores a 24h

Duração da Chuva	Tempo de Retorno (anos)								
	2	5	10	25	50	100	500	1000	10000
5 min	8,6	10,7	12,1	13,8	15,1	16,4	19,3	20,6	24,8
10 min	14,8	18,4	20,7	23,7	25,9	28,1	33,2	35,3	42,6
15 min	18,9	23,4	26,5	30,3	33,1	35,9	42,4	45,1	54,4
20 min	22,0	27,3	30,8	35,2	38,5	41,8	49,3	52,6	63,3
25 min	24,5	30,4	34,3	39,3	42,9	46,6	55,0	58,6	70,6
30 min	26,7	33,1	37,3	42,7	46,7	50,6	59,8	63,7	76,7
1 h	35,3	43,8	49,4	56,5	61,7	67,0	79,0	84,2	101,5
2 h	44,7	55,4	62,5	71,5	78,2	84,8	100,1	106,7	128,5
4 h	54,8	67,9	76,7	87,7	95,9	104,0	122,7	130,8	157,6
6 h	61,0	75,7	85,4	97,7	106,8	115,8	136,7	145,7	175,5
8 h	65,5	81,3	91,8	104,9	114,7	124,5	146,9	156,6	188,6
10 h	69,1	85,8	96,8	110,7	121,1	131,3	155,0	165,2	199,0
12 h	72,1	89,5	101,0	115,5	126,3	137,0	161,7	172,3	207,6
14 h	74,7	92,7	104,6	119,6	130,8	141,9	167,5	178,5	215,0
24 h	84,7	105,1	118,6	135,6	148,3	160,8	189,8	202,3	243,7

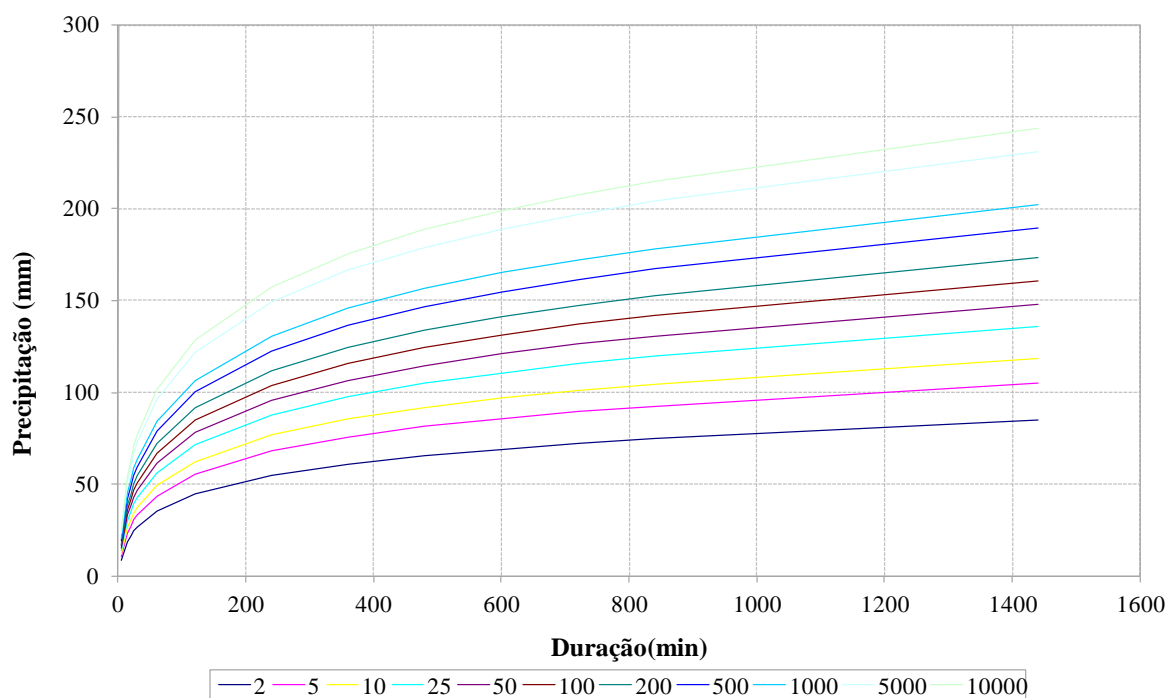


Figura 12: Curvas precipitação x duração x frequência.

Determinação das vazões de projeto

As vazões de projeto foram determinadas indiretamente, aplicando-se modelo matemático chuva-vazão. Utilizou-se o modelo *Hydrologic Modeling System (HMS)*, distribuído pelo *Hydrologic Engineering Center (HEC)* do *U. S. Army Corps of Engineers (USACE)* que se baseia no método do hidrograma unitário e contém opções de procedimentos na simulação dos processos de transformação chuva-vazão.



Para cálculo das precipitações efetivas optou-se pelo método do *U. S. Soil Conservation Service* (SCS). Este se apresenta com um único parâmetro a ser calibrado, o CN, ou número da curva de deflúvio. O valor CN é o parâmetro que expressa a capacidade de infiltração da bacia hidrográfica e as condições antecedentes de umidade do solo.

A precipitação efetiva depende do complexo solo-cobertura vegetal da bacia e das condições de umidade que antecedem o evento pluviométrico. De acordo com a metodologia preconizada pelo SCS, a precipitação efetiva pode ser calculada a partir da precipitação total pelas expressões:

$$P_e = (P - 0,2 \cdot S)^2 / (P + 0,8 \cdot S)$$

$$S = (25400 - 254 \cdot CN) / CN$$

Nas quais,

- P_e é a precipitação efetiva (mm);
- P é a precipitação total (mm);
- S é a capacidade máxima de armazenamento no solo (mm);
- CN é o número da curva de deflúvio (varia de 0 a 100).

Quando se dispõe de dados observados no local, pode-se estimar o parâmetro CN comparando-se os volumes escoados superficialmente com os volumes totais precipitados. Para os estudos, o CN do modelo foi estimado com base nas informações da bibliografia existente sobre o assunto.

A transformação da precipitação efetiva no hidrograma de projeto foi realizada aplicando-se o método do hidrograma unitário (HU) de Clark. Este método deriva o HU da bacia hidrográfica incorporando os processos de translação do escoamento ao longo das áreas de contribuição e de atenuação do escoamento ao longo dos cursos de água (USACE, 2000).

A aplicação do método de Clark depende da definição do parâmetro R, com unidades de tempo, mas que representa o armazenamento temporário dos volumes precipitados ao longo das drenagens. No presente estudo, este parâmetro foi estimado igual ao tempo de concentração de cada sub-bacia.

O tempo de retorno (TR) das vazões de projeto utilizados nos pré-dimensionamentos dos canais foi igual a 50 anos. Os valores de CN utilizados consideraram a ocorrência de precipitações severas nos cinco dias anteriores a ocorrência do evento de projeto (condição antecedente de umidade do solo do tipo III).

Os arranjos considerados na modelagem hidrológica são apresentados na Figura 13. Na Tabela 12 estão apresentados os parâmetros considerados. Na sequência, a Tabela 14 apresenta os resultados obtidos.

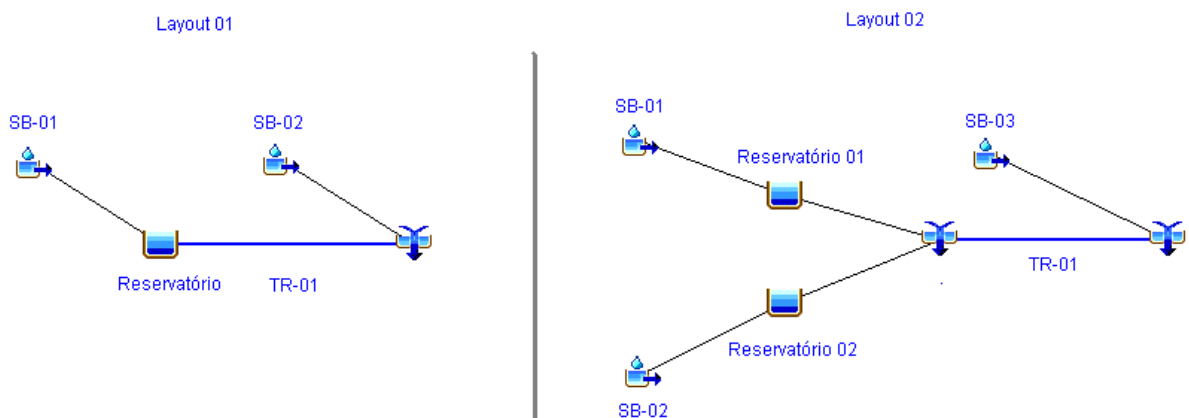


Figura 13: Layouts considerados na modelagem hidrológica.



Tabela 12: Parâmetros Considerados na Modelagem Hidrológica

Curso D'água	Reservatório(s) a Montante do Canal de Desvio	Layout	ID	Área de Drenagem (km ²)	CN	Tempo de Concentração (min)	Lag Time (min)
Córrego Mundo Novo	Barragem de rejeitos	01	SB-01	9,2	87	73	-
			TR-01	-	-	-	47
			SB-02	5,3	84	60	-
Córrego Lamarão	Reservatório Pulmão Alternativa 1	01	SB-01	7,6	81	50	-
			TR-01	-	-	-	108
			SB-02	58,4	84	115	-
	Reservatório Pulmão Alternativa 2	01	SB-01	34,8	81	152	-
			TR-01	-	-	-	100
			SB-02	31,2	84	115	-
	Reservatório Pulmão Alternativa 3	01	SB-01	32,0	81	127	-
			TR-01	-	-	-	100
			SB-02	34,0	84	115	-
	Reservatórios Pulmões Alternativas 1 e 3	02	SB-01	7,6	81	50	-
			SB-02	34,8	81	152	-
			TR-01	-	-	-	108
SB-03			23,6	84	115	-	

Tabela 13: Vazões de Projeto

Curso D'água	Reservatório(s) a Montante do Canal de Desvio	Vazão de Projeto (m ³ /s)
Córrego Mundo Novo	Barragem de rejeitos	33,0
Córrego Lamarão	Reservatório Pulmão – Alternativa 1	247,0
	Reservatório Pulmão – Alternativa 2	143,0
	Reservatório Pulmão – Alternativa 3	150,0
	Reservatórios Pulmões – Alternativas 1 e 3	120,0

Dimensionamento hidráulico

Os canais de drenagem em seção trapezoidal tiveram suas dimensões e características (D_{50}) do enrocamento determinados através da aplicação da metodologia proposta por Robinson *et al.* (1998).

Nesta metodologia, foram ensaiados diversos canais trapezoidais, revestidos em enrocamento, submetidos as vazões de projeto e com declividades longitudinais variáveis. Foram obtidas relações empíricas para o fator de atrito e coeficiente de rugosidade de Manning, bem como para dimensionamento da geometria dos canais e do diâmetro representativo do enrocamento (D_{50}).

Para verificação da estabilidade hidráulica do enrocamento utilizado nos canais em eventos de 50 anos de recorrência foi adotado critério proposto por Annandale (2006). Segundo este critério, o enrocamento deve possuir D_{50} suficiente para suportar a potência imposta do escoamento (ANNANDALE, 2006):

$$P = \gamma \cdot R_h \cdot S_f \cdot U$$



Na qual:

- γ é o peso específico da água (9810 N/m³);
- R_h é o raio hidráulico (m);
- S_f é a declividade da linha de energia (m/m);
- U é a velocidade média de escoamento (m/s)
- P é a potência do escoamento (W/m²).

A capacidade de suporte do enrocamento é traduzida em termos quantitativos pelo índice de erodibilidade (Annandale, 2006), definido para enrocamento por:

$$K = 90 \cdot (D_{50})^3 \cdot \text{tg}(\phi)$$

Na qual:

- D_{50} é o diâmetro mediano dos blocos (m);
- ϕ é o ângulo de atrito do enrocamento (35°);
- K é o índice de erodibilidade da massa de enrocamento (adimensional).

A potência máxima ($P_{\text{máx}}$) imposta pelo fluxo que certo enrocamento suporta é definida por (Annandale, 2006):

$$P_{\text{Máx}} = \begin{cases} 0,48 \cdot K^{0,44} & \dots K \leq 0,1 \\ K^{0,75} & \dots K > 0,1 \end{cases}$$

Desta forma, a partir das condições de escoamento gradualmente variado determinadas pela metodologia proposta por Robinson *et al.* (1998), determinam-se as propriedades hidráulicas e do enrocamento, cuja estabilidade é verificada caso a potência imposta pelo escoamento seja inferior à potência máxima admissível pelo enrocamento

Os canais foram concebidos para funcionar como descidas de água revestidas em enrocamento. Esta afirmação decorre da geometria imposta pela reconformação do terreno. A Figura 14 apresenta uma seção típica dos canais dimensionados.

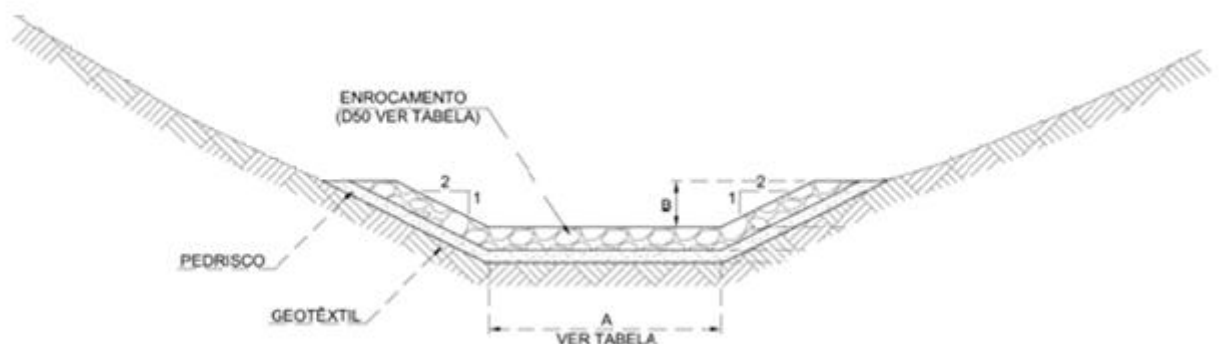


Figura 14: Seção típica dos canais dimensionados.

A Tabela 14 apresenta os resultados dos dimensionamentos realizados.



Tabela 14: Dimensionamento Hidráulico dos Canais de Desvio

Curso D'água	Reservatório(s) a Montante do Canal de Desvio	Dimensões (m)		D ₅₀ (cm)
		A	B	
Córrego Mundo Novo	Barragem de rejeitos	15,0	1,0	300
Córrego Lamarão	Reservatório Pulmão – Alternativa 1	50,0	2,0	300
	Reservatório Pulmão – Alternativa 2	30,0	2,0	300
	Reservatório Pulmão – Alternativa 3	30,0	2,0	300
	Reservatórios Pulmões – Alternativas 1 e 3	20,0	2,0	300

6.2 Contenção de Sedimentos

Durante a operação das áreas de lavra e da planta industrial, são gerados sedimentos pela movimentação de máquinas e equipamentos, bem como nas operações de desmonte e transporte, os quais são carregados pelo escoamento superficial resultante dos eventos pluviométricos. Desta forma, devem estar previstas estruturas para conter estes sedimentos e combater o assoreamento de cursos de água a jusante das operações da SAM.

No caso da planta industrial, os sedimentos serão contidos pela barragem de rejeitos, desde que o sistema de drenagem seja direcionado para aquele reservatório, conforme recomendado pela Golder.

Porém, os canais de desvio dos córregos Mundo Novo e Lamarão receberão escoamento de áreas de lavra, e transportarão os sedimentos por ele gerados, mesmo se tratando de canais com declividades longitudinais baixas (0,5%). Portanto, devem estar previstos diques de contenção de sedimentos a jusante destes canais.

A partir do sequenciamento considerando a projeção da cava derivada do modelo de blocos, a Golder definiu sequenciamento de implantação dos diques de contenção de sedimentos, em nível conceitual, conforme apresentado na Tabela 15 e na Figura 15. Os diques foram estudados com altura de 10 m, exceto o dique DF que contempla 12 m de altura. O dique DF, imediatamente a jusante da área da SAM, foi posicionado de maneira a minimizar o impacto devido à remoção de edificações na área.

Tabela 15: Sequenciamento de Diques de Contenção de Sedimentos Propostos

Ano de Operação		Curso D'água	Estrutura	
Início	Fim		Armazenamento	Eficiência
0	1,5	Mundo Novo	Barragem de rejeitos	D1
1,5	3	Mundo Novo	D1	D2
3	9	Mundo Novo	D2	D3
9	10	Mundo Novo Lamarão	D2 D4	D3 -
10	16	Mundo Novo Lamarão	D3 D4	DF D5
16	19	Mundo Novo Lamarão	D3 D5	DF

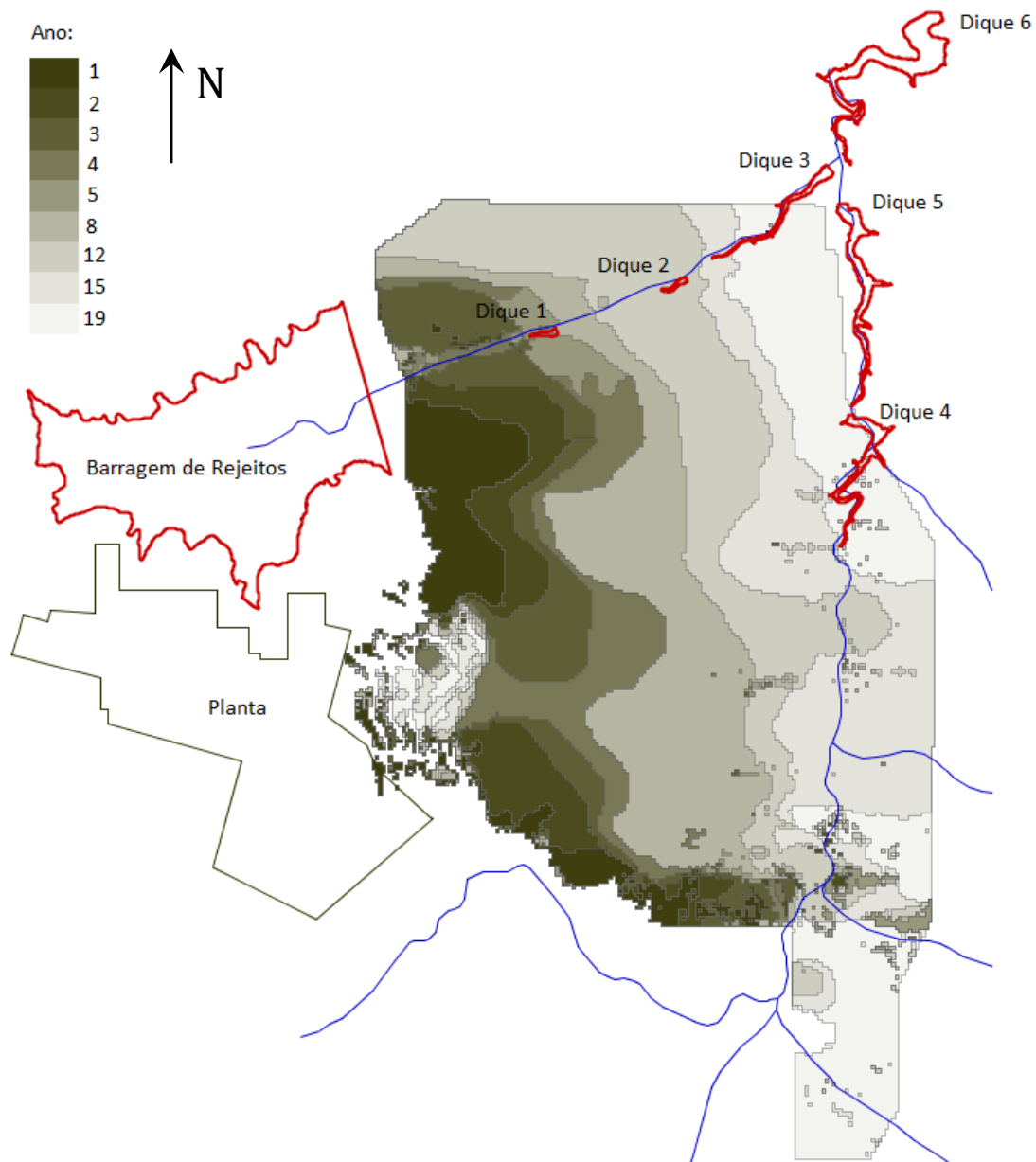


Figura 15: Sequenciamento de diques de contenção de sedimentos determinados pelo sequenciamento de lavra proposto pela SAM.

É importante lembrar que a altura dos diques foi fixada em 10 m, exceto pelo dique DF que tem altura de 12 m, não se estudando ainda o volume de contenção de cada uma destas estruturas em virtude do desconhecimento do plano de drenagem de cada área da cava.

A Golder recomenda a revisão desta localização e do arranjo preliminar tão logo estas informações se tornem disponíveis.

7.0 BARRAGEM DE REJEITOS

A barragem de rejeitos da SAM possui área de drenagem igual a 9,0 km². O arranjo tem nível de água máximo na El. 860,0 m, conforme desenho nº 0617-001-0000-45D1-00001, revisão. A, emitido pela SNC-Lavalin em 29/09/2010. , estando prevista a implantação de uma Pilha de Estéril na ombreira direita do barramento. A Figura 16 apresenta a curva cota x área x volume do reservatório configurado.

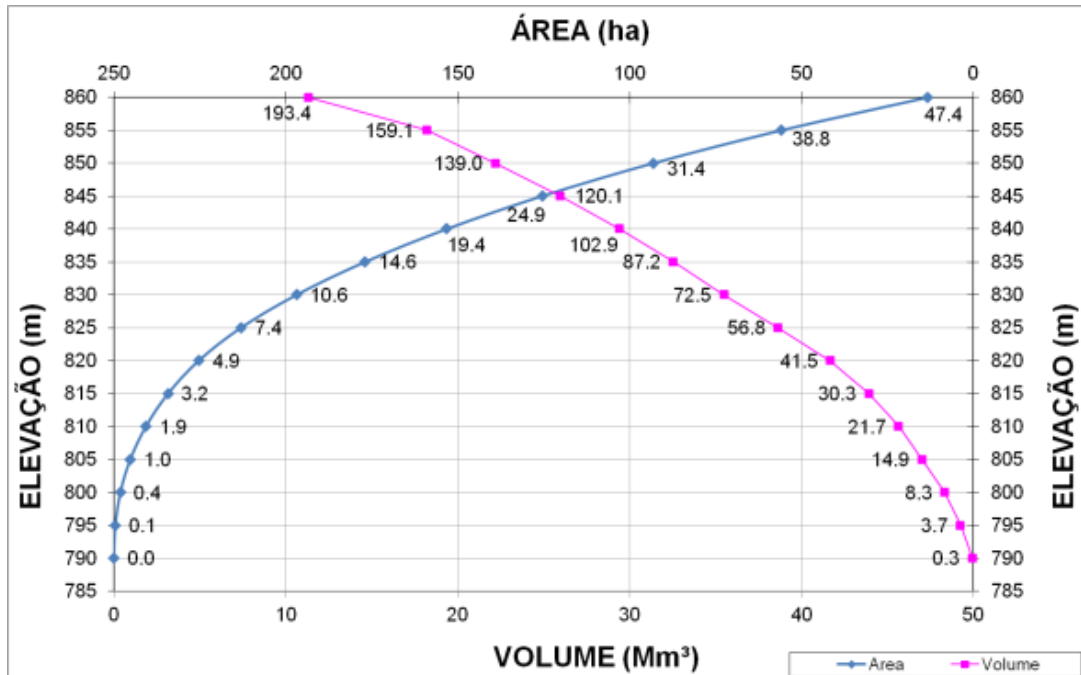


Figura 16: Curva cota x área x volume do reservatório da barragem de rejeitos da SAM.

Nestas condições, admitindo NA normal na EI, 858,0 m e nível máximo dos rejeitos junto à barragem na EI 856,0 m, restariam cerca de 1,7 Mm³ úteis para regularização de vazões para captação neste reservatório, disponibilizando cerca de 40,5 Mm³ para armazenamento de rejeitos em condições de declividade nula de praia.

A partir de dados de vazões monitoradas na estação fluviométrica Ponte Vacaria (código ANA 54165000), construiu-se curva de regularização de vazões deste reservatório, percorrendo a série de vazões naturais (regionalizadas para a área da barragem de rejeitos por proporção entre áreas de drenagem) e avaliando o maior déficit acumulado, correspondente ao volume útil do reservatório, necessário para superar o período crítico atendendo às vazões captadas (Figura 17).

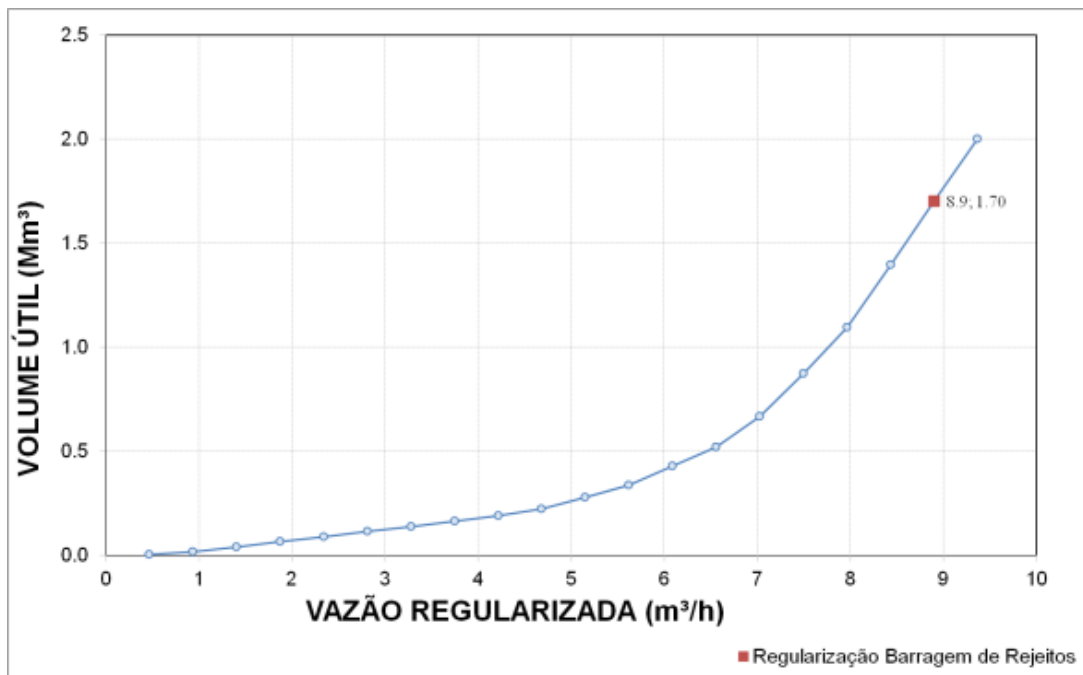


Figura 17: Curva cota x área x volume do reservatório da barragem de rejeitos da SAM.



Na Figura 17 percebe-se que a capacidade de regularização do reservatório da barragem de rejeitos é igual a 8,9 m³/h, mantendo-se um volume útil igual a 1,7 Mm³ para armazenamento hídrico, mantendo o rejeito na El. 856,0 m próximo ao vertedor.

8.0 ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS

8.1 Introdução

A caracterização hidrogeológica, bem como o modelo hidrogeológico conceitual, elaborados com vistas à elaboração do Estudo de Impacto Ambiental para a exploração, pela SAM – Sul Americana de Metais SA, dos Blocos 7 e 8, localizados em áreas que abrangem os municípios de Padre Carvalho, Grão Mogol e Fruta de Leite, MG.

As áreas de estudo distam, aproximadamente, 575 km da capital mineira (Figura 1). O principal acesso, partindo-se de Belo Horizonte, é feito através da rodovia federal BR-040, sentido Brasília, até o município de Paraopeba, cerca de 95 km. A partir daí, segue-se pela rodovia federal BR 135, por aproximadamente 325 km, até o município de Montes Claros. Deste ponto em diante, percorre-se cerca 155 km através da BR-251 até a área do Bloco 8, que fica às margens desta rodovia federal.

O acesso à área do Bloco 7 é feito, a partir do Bloco 8, seguindo-se pela rodovia estadual LMG-626 até a cidade de Fruta de Leite. A partir daí, segue-se por estradas não pavimentadas, na direção NW, até a área de interesse (Figura 18).

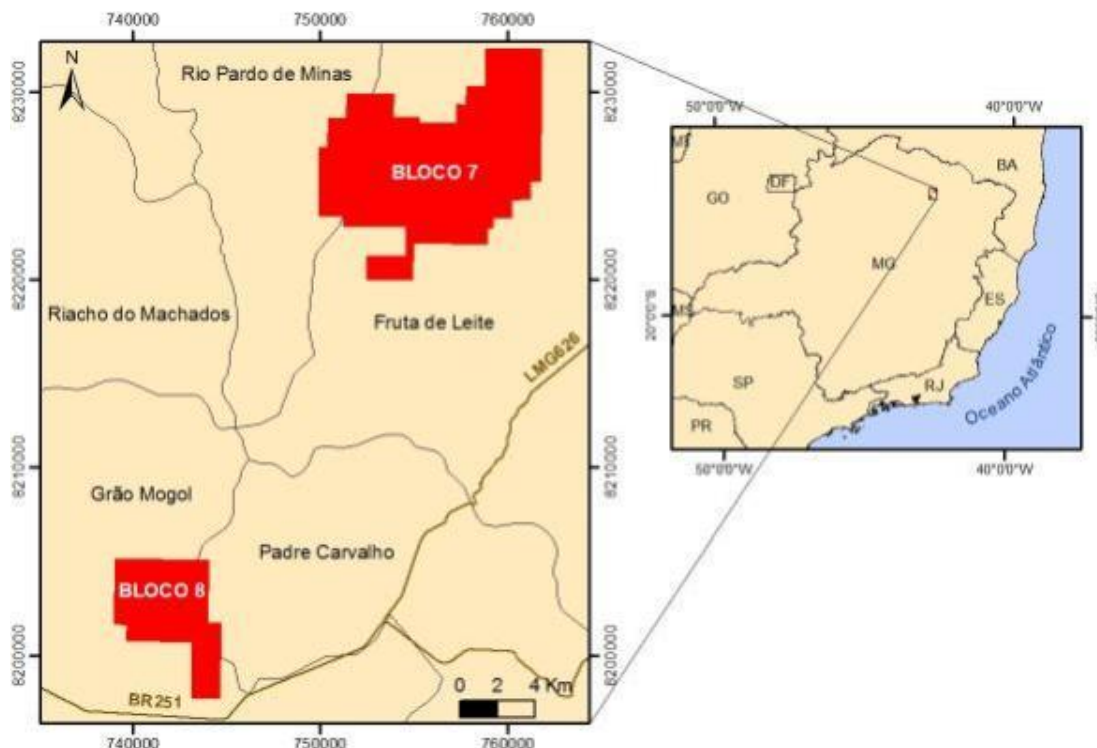


Figura 18: Mapa de Localização das Áreas de Estudos.

8.2 MORFOLOGIA

Ambas as áreas de estudo encontram-se inseridas em domínios de grandes chapadas (Figura 19) que apresentam relevo plano, localmente dissecado por vales íngremes (Figura 20 e Figura 21). Na área do Bloco 8 estas chapadas são em grande parte recobertas por eucaliptais (Figura 22), enquanto que na área do Bloco 7 são observadas grandes áreas de pasto sujo (Figura 23).

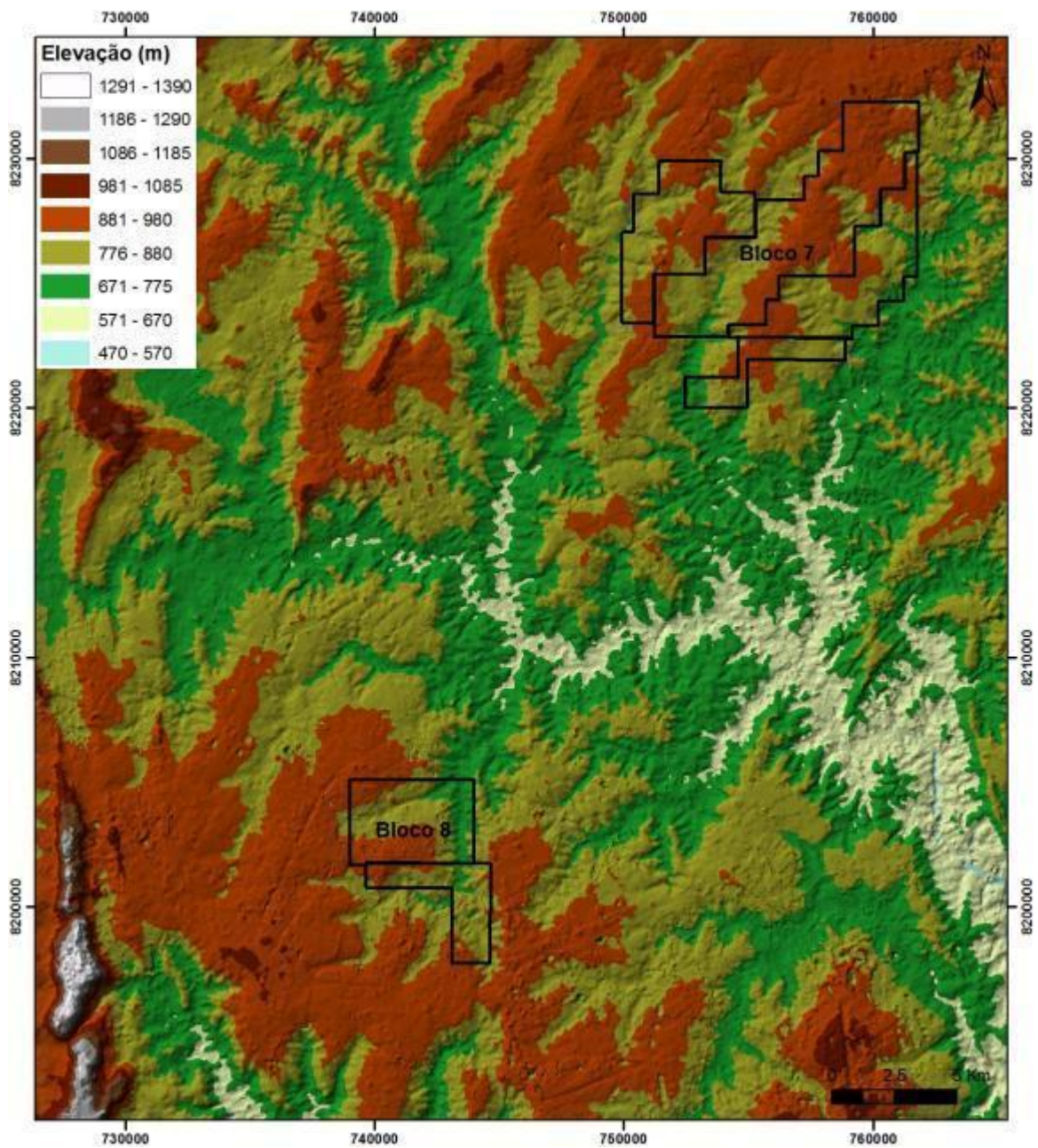


Figura 19: : Relevo da área de estudos .



Figura 20: Vista do Vale do Córrego Lamarão, em primeiro plano, com platô coberto por eucaliptal, ao fundo (Bloco 8).



Figura 21: Detalhe do Vale íngreme do Córrego Cabeceira do Rego (Bloco 7).



Figura 22: Detalhe do Vale do Lamarão onde se observam a escarpa na borda do platô e o eucaliptal presente (Bloco 8).



Figura 23: Vista do Vale do Córrego Caiçara com platô coberto por pasto sujo, ao fundo (Bloco 7).

8.3 Aspectos Geológicos

Os aspectos geológicos regionais e locais foram caracterizados a partir de informações disponibilizadas pela SAM e também a partir de consultas a trabalhos de diversos autores, devidamente referenciados. Cabe citar de forma mais marcante o trabalho de Vilela (2010), o qual apresenta diversas referências, as quais são também citadas neste texto.

O Orógeno Araçuaí (Pedrosa-Soares & Noce 1998, Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000, Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007) é uma região moldada pela orogenia Brasileira, durante o Neoproterozóico e está localizado entre os crátons do São Francisco e Congo (Figura 24).

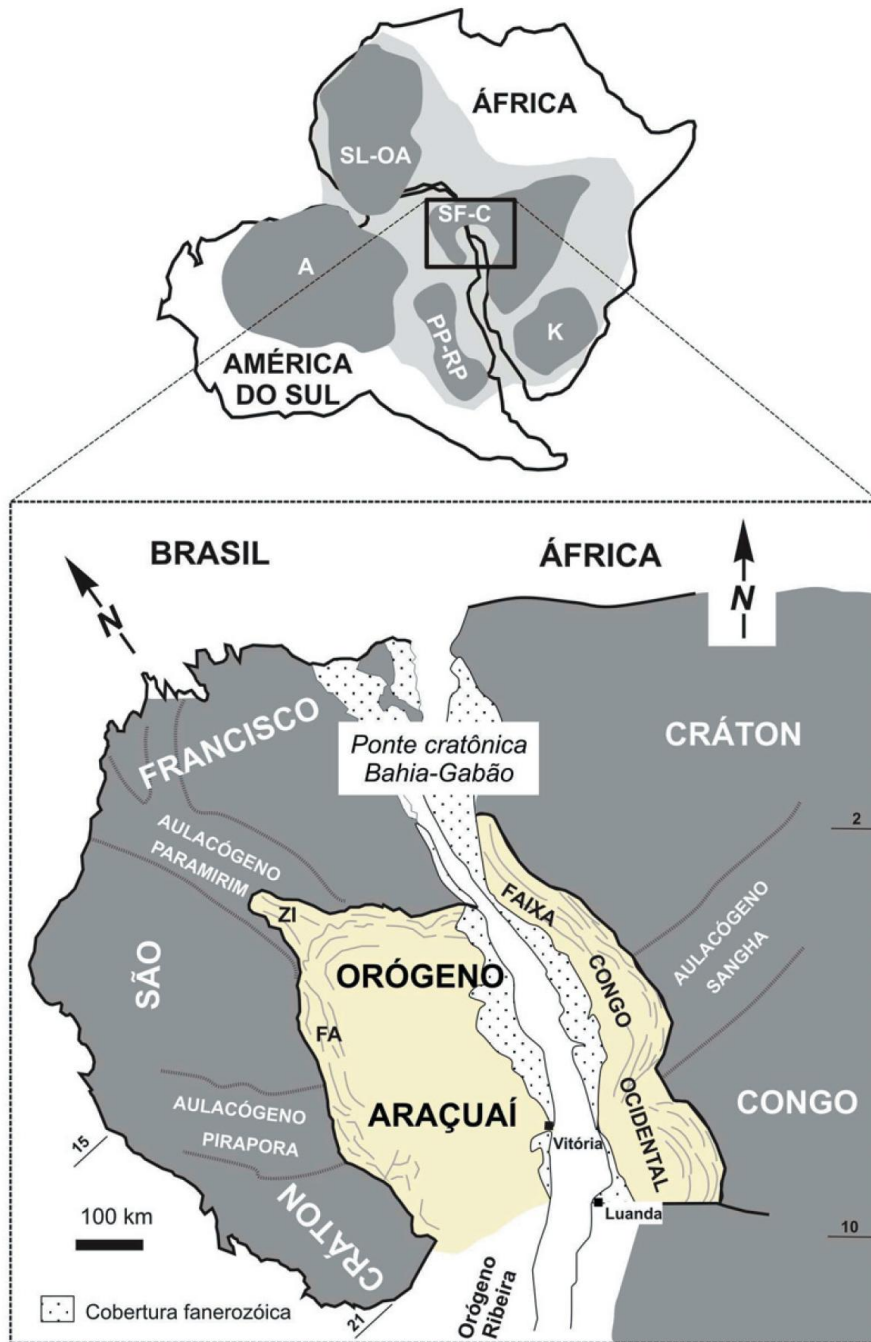
No Neoproterozóico, por volta de 900 Ma, o continente São Francisco-Congo começa a se quebrar, período no qual, segundo Hoffman & Schrag (1999) e Rice *et al.* (2003) a Terra se encontrava em generalizada condição glacial. Tem-se início a fase rifte da bacia Macaúbas. Esse rifte evolui para margem passiva e assoalho oceânico, formando a bacia precursora do Orógeno Araçuaí.

A inversão do movimento, que resulta no fechamento da bacia e formação do Orógeno Araçuaí, é atribuída às colisões envolvendo a península São Francisco e a placa Paraná ou Rio de La Plata por volta de 630 Ma (Alkmim *et al.* 2007). Alkmim *et al.* (2006) sugerem que essa colisão seja



resultado de uma movimentação semelhantemente ao funcionamento de um quebra-nozes, com dissipação de tensões e acomodação de deformações através de riftes no interior das zonas cratônicas.

As idades de, aproximadamente, 900 Ma para a abertura e 630 Ma para o fechamento da bacia balizam a formação do Grupo Macaúbas e possibilitam correlacionar a deposição das unidades glaciogênicas como sendo da glaciação Sturtiana.



FA, traços estruturais da Faixa de Dobramentos Araçuai (*sensu* Almeida, 1977); ZI, zona de interferência do Orógeno Araçuai com o Aulacógeno do Paramirim. Crátons: A, Amazônico; K, Kalahari; PP-RP, Paraná-Paranapanema-Rio de la Plata; SF-C, São Francisco-Congo; SL-AO, São Luís-Oeste Africano. *Fonte:* Pedrosa-Soares *et al.*, 2007.

Figura 24: O Orógeno Araçuai na região central do Paleocôntinente Gondwana (modificado de Alkmim *et al.*, 2006).



Durante a fase de convergência, Pedrosa-Soares *et al.* (2007) reconhecem quatro estágios orogênicos do Orógeno Araçuaí: pré-colisional (ca. 630 - 580 Ma), caracterizado por magmatismo tipo I do arco magmático; sin-colisional (ca. 580 - 560 Ma), marcado pela deformação e metamorfismo regionais e granitogênese do tipo S; tardi-colisional (ca. 560 - 530 Ma), com granitogênese também do tipo S; e pós-colisional (ca. 530 - 490 Ma), onde ocorrem processos deformacionais (Marshak *et al.* 2006, Alkmim *et al.* 2007) e plutonismo relacionados ao colapso gravitacional do Orógeno Araçuaí.

Na configuração atual do Orógeno Araçuaí, Pedrosa-Soares *et al.* (2001) reconhecem três compartimentos tectônicos principais: domínio externo, caracterizado como faixa de dobramentos e empurrões; o domínio interno que é o núcleo metamórfico-anatético do orógeno; e a inflexão setentrional que contém segmentos destes dois domínios, mas apresenta feições tectônicas particulares (Figura 25).

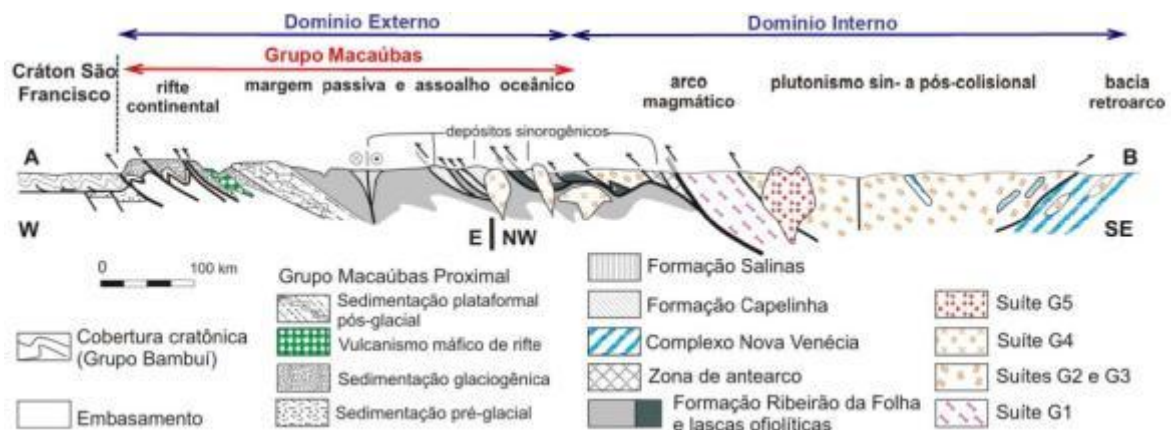


Figura 25: Componentes geotectônicos do Orógeno Araçuaí representados em perfil (In: Vilela, 2010, modificado de Pedrosa-Soares *et al.*, 2007).

As rochas do Grupo Macaúbas, unidade estratigráfica sobre a qual estão localizadas as áreas de estudos, encontram-se no domínio externo do Orógeno Araçuaí (Figura 8), caracterizado por faixa de dobramentos e empurrões mostrando vergência para oeste, metamorfismo da fácies xisto verde a anfíbolito nas rochas supracrustais e ausência de magmatismo orogênico (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007). Estudos mais detalhados na área de enfoque (Pedrosa-Soares *et al.* 1992; Uhlein 1991, 1995; Mourão *et al.* 1997; Marshak *et al.* 2006) reconheceram três conjuntos de estruturas relacionados a três fases de deformação.

A primeira fase (D1), correspondente à deformação dúctil (Pedrosa-Soares *et al.* 1992), é caracterizada pela foliação regional (S1), de direção N-S e mergulho entre 20° e 50°, que é plano axial de dobras apertadas a isoclinais vergentes para oeste, no sentido do Cráton São Francisco.

Nessa foliação também é observada importante lineação mineral e de estiramento de seixos, que assim como as dobras indicam transporte para oeste. A segunda fase (D2), marca a transição dúctil-rúptil (Pedrosa-Soares *et al.* 1992), e apresenta como principal característica uma clivagem de crenulação (S2) que mergulha para oeste com média de 45°.

Essa clivagem de crenulação é plano axial de dobras assimétricas em cascata, vergentes para leste. Essa estruturação da segunda fase de deformação, contrária ao transporte tectônico da fase D1, deve-se a uma larga zona de cisalhamento normal que acomodou deslocamentos da porção interna do Orógeno Araçuaí durante o colapso gravitacional (Marshak *et al.* 2006). A terceira e última fase de deformação (D3), representa a deformação rúptil, caracterizada por dois sistemas de fraturas bem espaçadas, direcionados NW e NE, que parecem estar associados às grandes flexuras regionais.



8.3.1 Estratigrafia

A área de estudos está localizada sobre rochas pertencentes ao Grupo Macaúbas, a leste da Serra da Bocaina (denominação local da Serra do Espinhaço). O Grupo Macaúbas apresenta grande variedade de litotipos que permitem dividir a sequência em várias formações (Figura 9): Duas Barras e Rio Peixe Bravo, pré-glaciais; Serra do Catuni, Nova Aurora, Chapada Acauã Inferior, glaciogênicas; e Chapada Acauã Superior e Ribeirão da Folha, pós-glaciais (Pedrosa Soares *et al.*, 2007).

A sedimentação de fases diversas do rifte continental da Bacia Macaúbas está representada nas formações Duas Barras, Rio Peixe Bravo, Serra do Catuni, Nova Aurora e unidade inferior da Formação Chapada Acauã, do Grupo Macaúbas (Noce *et al.*, 1997).

As formações Duas Barras e Rio Peixe Bravo incluem arenitos, pelitos e raros conglomerados que registram sedimentação fluvial a marinha, sem vestígios de glaciação (Noce *et al.*; 1997, Grossi-Sad *et al.*, 1997; Martins, 2006). Unidades glaciogênicas também se depositaram durante a fase rifte da bacia Macaúbas (*e.g.*, Karfunkel *et al.*, 1985; Karfunkel & Hoppe, 1988; Mourão & Pedrosa-Soares, 1992; Pedrosa-Soares *et al.*, 1992, 1998; Grossi-Sad *et al.*, 1997; Noce *et al.*, 1997; Uhlein *et al.* 1998, 1999, 2007; Martins-Neto *et al.*, 2001; Martins-Neto & Hercos 2002). A mais antiga delas é a Formação Serra do Catuni, constituída por diamictitos maciços com intercalações esparsas de arenitos e pelitos (que, em alguns casos, seriam varvitos), representantes de sedimentação glácio-terrestre a glácio-marinha. A sedimentação glácio-marinha se torna mais espessa e extensa nas formações Nova Aurora e Chapada Acauã.

A Formação Nova Aurora consiste predominantemente de diamictitos (fluxos de detritos) e turbiditos arenosos, com importantes intercalações de formações ferríferas diamictíticas do tipo Rapitan (Viveiros *et al.*, 1978; Uhlein, 1991; Grossi-Sad *et al.*, 1997; Noce *et al.*, 1997). A unidade inferior da Formação Chapada Acauã é uma sucessão cíclica de intercalações de diamictitos, turbiditos arenosos e pelitos, com pelo menos uma espessa lente de calcário dolomítico no topo (Mourão & Pedrosa-Soares, 1992; Pedrosa-Soares *et al.*, 1992; Grossi-Sad *et al.*, 1997; Noce *et al.*, 1997; Pedrosa-Soares & Grossi-Sad, 1997; Martins 2006). Xistos verdes, intercalados em parte da pilha diamictítica da Formação Chapada Acauã (Membro Rio Preto), preservam estrutura almofadada e outras evidências de derrames submarinos.

O estágio de abertura da bacia precursora, que se seguiu ao rifte continental, levou à deposição da pilha sedimentar da margem continental passiva e formação de litosfera oceânica, como indicam os registros litológicos da unidade superior da Formação Chapada Acauã, Formação Ribeirão da Folha, e lascas tectônicas de rochas máficas e ultramáficas ofiolíticas (Pedrosa-Soares *et al.*, 1992, 1998, 2001, 2008; Pedrosa-Soares, 1995, 1997; Grossi-Sad *et al.*, 1997; Noce *et al.*, 1997; Pedrosa-Soares & Grossi-Sad, 1997; Uhlein *et al.*, 1998; Aracema *et al.*, 2000; Suita *et al.*, 2004; Queiroga *et al.*, 2006, 2007). Este estágio transcorreu sem influência glacial, uma vez que as unidades que o representam são livres de diamictito e de qualquer outro indício de glaciação. A unidade superior da Formação Chapada Acauã consiste de intercalações de arenito e pelito, representantes da sedimentação plataformal no setor proximal da margem passiva. A Formação Ribeirão da Folha contém depósitos da margem passiva distal e da sedimentação oceânica.

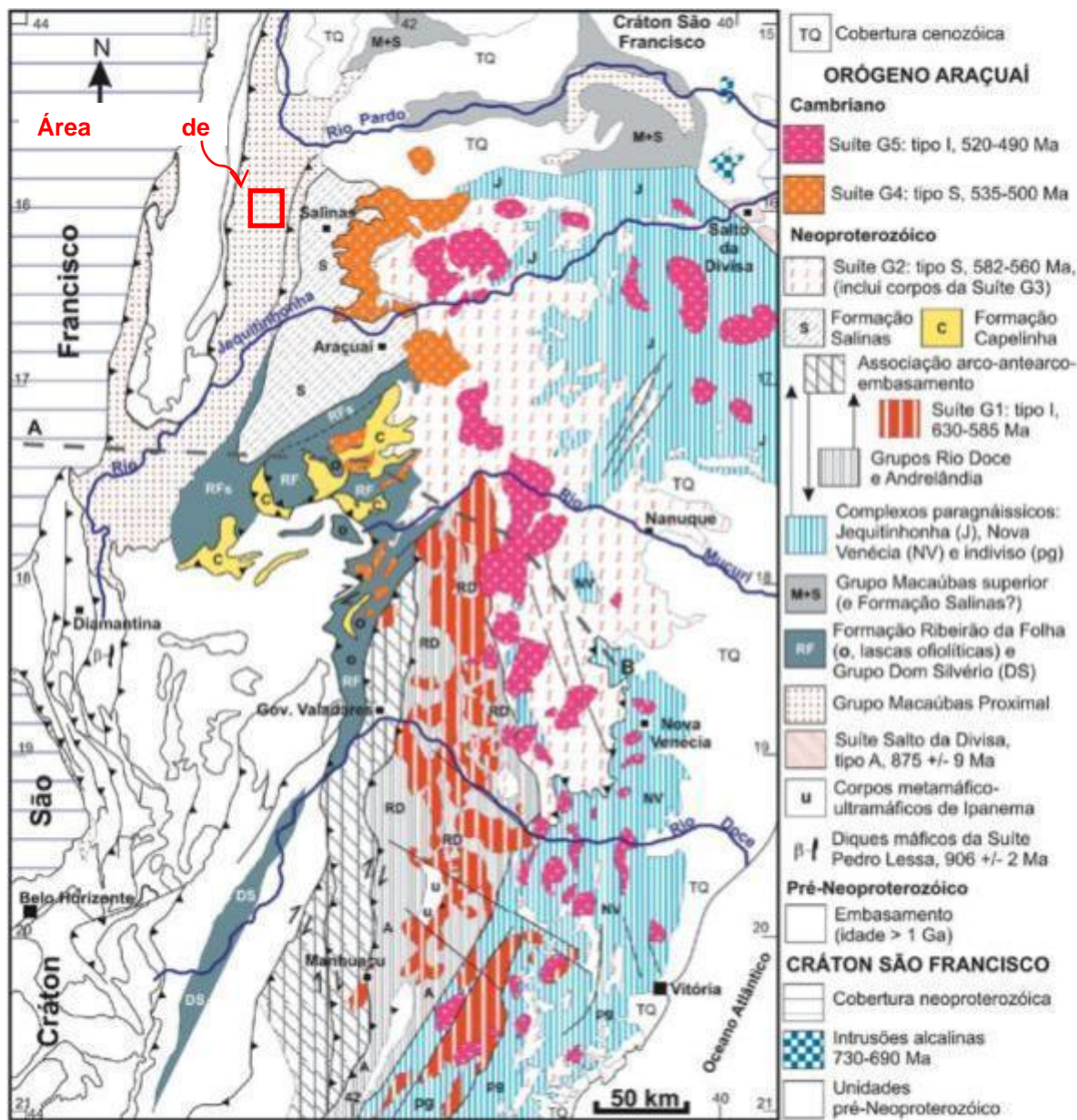


Figura 26: Mapa geológico do Orógeno Araçuaí com a localização da área de estudos (modificado de Pedrosa-Soares et al., 2007).

8.3.2 Geologia Local

As áreas dos Blocos 7 e 8 estão geologicamente inseridas em rochas da Formação Nova Aurora, Grupo Macaúbas, que é constituída predominantemente por metadiamiclitos, com intercalações de quartzitos, filitos e quartzo-mica xistos. Apresenta horizontes enriquecidos em ferro, que foram individualizados como *Membro Riacho Poções* (Viveiros et al., 1978).

Segundo Mourão & Grossi-Sad (1997), o Membro Riacho dos Poções engloba metadiamiclitos, filitos e quartzitos hematíticos, além de formação ferrífera. Existe uma gradação de termos menos enriquecidos em hematita para termos com proporção superior a 50% do mineral (cerca de 35% Fe). Os metadiamiclitos hematíticos mostram um bandamento milimétrico a centimétrico, dado pela alternância de níveis essencialmente hematíticos com níveis constituídos de quartzo com sericita subordinada. Os seixos são, quase sempre, de quartzo e quartzito, e mostram diâmetro médio de 3 cm. Filitos e quartzitos hematíticos são de ocorrência mais restrita.



8.3.2.1 Bloco 8

8.3.2.1.1 Litologia

A área do Bloco 8 foi bem estudada por equipe da Sul Americana de Metais S/A (SAM) estando inteiramente inserida em rochas da Formação Nova Aurora. As rochas associadas a essa unidade, amplamente observadas na região, são rochas glaciogênicas, definidas como metadiamicíticos que apresentam matriz arenoso-argilosa, com quartzo, hematita, magnetita, muscovita, clorita e biotita como minerais principais, além de turmalinas, epidoto e carbonatos, como minerais secundários. Os clastos dos metadiamicíticos têm granulação variando de grânulos a matacões geralmente de quartzitos, quartzo, metapelitos (ocorrem principalmente clorita xistos e quartzo-muscovita xistos) e rochas carbonáticas puras ou não, nas quais os carbonatos encontram-se por vezes dissolvidos e as cavidades geradas encontram-se preenchidas por óxido de manganês. De forma restrita, ocorrem clastos de granitos. Mais raramente intercalam-se aos metadiamicíticos lentes de filitos, xistos e quartzitos.

As principais diferenças entre os litotipos encontrados na área do Bloco 8 estão nas proporções dos minerais da matriz e na presença de intercalações lenticulares de outras rochas. O detalhamento dessas unidades, da base para o topo, será apresentado a seguir:

■ Metadiamicítico areno-argiloso estéril

Esta unidade é caracterizada por um metadiamicítico (considerado estéril pela SAM), composto por matriz areno-argilosa com quartzo e muscovita, a qual suporta clastos de tamanhos variados de quartzitos, quartzo xistos, clorita xistos, clorita-quartzo xistos, rochas carbonáticas e quartzo (Figura 27). É a unidade de lapa da área e encontra-se bastante friável e intemperizada, com cores variando de tons amarelo a vermelho rosado, quando oxidados.

Próximo ao contato com a unidade sobreposta ocorre magnetita disseminada no metadiamicítico, euédrica a subédrica tendo sido associada à recristalização por processos hidrotermais tardios.



Figura 27: Aspecto dos clastos do metadiamicítico estéril em afloramento.

■ Metadiamicítico hematítico

Ocorre na maior parte da área investigada, mas está, em sua maioria, encoberta por solos vermelhos ferruginosos e, em menor quantidade, por cangas lateríticas, em especial nas áreas de chapada, onde ocorre extenso platô laterítico.

Representa a zona mineralizada e é constituída por um metadiamicítico hematítico (Figura 28), com matriz areno-argilosa com quartzo, hematita, muscovita e clorita. Esta matriz sustenta clastos de quartzo, metapelitos e quartzitos. Os clastos podem ser encontrados estirados ou não, dependendo do grau de deformação a que foi submetida a zona na qual estão inseridos.



A coloração dessas rochas depende da quantidade de minerais de ferro presentes, podendo variar de cinza escuro até cinza claro, sendo que, quanto maior a quantidade de hematita, mais escura a rocha.

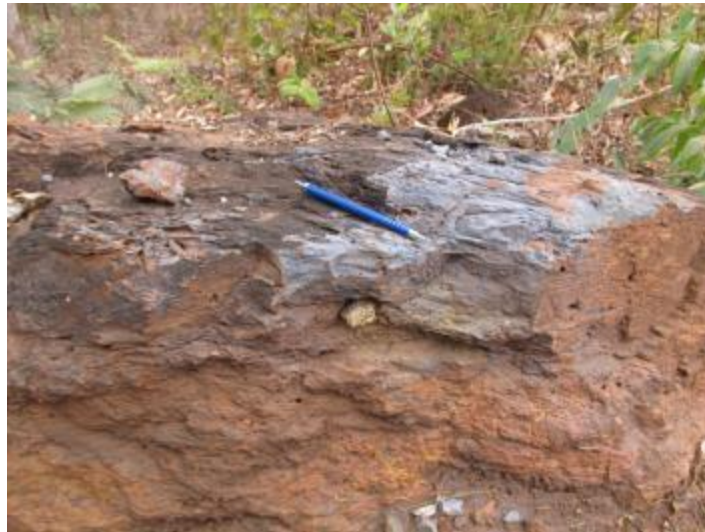


Figura 28: Afloramento de metadiamicrito hematítico.

Observa-se que a base da unidade apresenta uma maior concentração de hematita, formando um nível de hematita especular maciça, sendo observada uma diminuição progressiva desse mineral à medida que se caminha para o topo da unidade.

O contato com os metadiamicritos estéreis da base é nitidamente tectônico, com passagem abrupta do metadiamicrito areno-argiloso estéril de base para a unidade hematítica de topo.

■ Metadiamicrito hematítico muscovítico

Essa unidade constitui o topo da zona mineralizada, apresentando contatos transicionais tanto com a unidade de topo quanto com a de base. Sua espessura média é estimada em 50 m e é caracterizada por metadiamicritos hematíticos com alta porcentagem de muscovita na matriz, que é areno-argilosa com quartzo, hematita e muscovita (Figura 29). Os clastos encontram-se em geral estirados paralelamente à foliação e são, geralmente, de quartzo, metapelitos e mais raramente, rochas carbonáticas.



Figura 29: Metadiamicrito Muscovítico.



■ Metadiamiccito magnético com muscovita

Esta unidade representa o topo da zona mineralizada, sendo composta por metadiamiccito com matriz composta, principalmente, por quartzo, muscovita, magnetita e hematita, esta última, em menor quantidade que na unidade inferior (Figura 30). Apresenta clastos com tamanhos variados de quartzitos, metapelitos e, raramente, rochas carbonáticas.

Constata-se que a quantidade de hematita nessa rocha é inversamente proporcional à quantidade de muscovita, indicando que o decréscimo de hematita em direção ao topo é substituído pelo aumento da porção pelítica. A espessura dessa unidade é de 40 m a 50 m.



Figura 30: Metadiamiccito Magnético com Muscovita.

■ Metadiamiccito argiloso estéril

Esta unidade representa a zona de capa da mineralização de ferro, mas, na área de estudos, sua ocorrência está restrita à zona escarpada a leste do Córrego Lamarão. É composta por metadiamiccito argiloso com matriz de quartzo, sericita e eventualmente clorita. Sua cor varia de amarelo a creme e, em geral, é bastante argilosa (Figura 31).

Foram descritos, em testemunhos de sondagem, sulfetos, principalmente pirita e muito raramente, calcopirita, podendo alcançar, pontualmente, até 5% na moda, não podendo, esses sulfetos, serem observados em superfície, devido ao intenso grau de intemperismo dessas rochas. A presença de sulfetos evidencia uma mudança de ambiente na deposição das rochas já que, o ambiente gerador de hematitas e magnetitas é oxidante e os sulfetos são gerados em ambiente redutor.



Figura 31: Metadiamicctito Argiloso Estéril em Afloramento.

■ Coberturas Neógenas e Paleógenas

Foram identificadas, na área, coberturas de cangas lateríticas, latossolos argilosos vermelhos, latossolos vermelho amarelo areno-argilosos e cambissolos com ocorrência diretamente relacionada à cota topográfica e ao relevo no qual se inserem.

Os latossolos argilosos vermelhos são desenvolvidos nas partes de relevo plano (platôs) que recobrem os metadiamicctitos hematíticos pobres e intermediários. Apresentam, na área, espessura de 2m a 15m.

Os latossolos vermelho amarelo areno-argilosos são encontrados em áreas de relevo ondulado a suavemente ondulado e onde os substratos rochosos não contêm hematita. Sua maior ocorrência na área pesquisada é no extremo leste da mesma.

Os cambissolos são solos rasos e ocorrem principalmente nas regiões dos vales dos córregos Lamarão e Mundo Novo, nos quais o relevo é bastante movimentado e as cotas são mais baixas do que no platô.

As cangas lateríticas são coberturas desenvolvidas acima do nível freático, formadas pela ação do intemperismo químico, o qual lixivia os minerais mais solúveis disponíveis no solo e precipita principalmente hidróxidos e óxidos de ferro, notadamente limonitas. Sua ocorrência na área de estudos é descontínua; quando observada, encontra-se nas bordas dos platôs ou chapadas, em cota aproximada de 900 metros sobre o nível do mar.

Em regiões de vales, essas unidades são recobertas por colúvios contendo principalmente lateritas roladas da região de platô e fragmentos de quartzo, geralmente leitosos e bastante angulosos.

A coluna estratigráfica da área do Bloco 8 está representada na Figura 32; na Figura 33 apresenta-se o mapa geológico regional, fornecido pela SAM.

Na Figura 34 está representada uma seção geológico-geotécnica típica da área do Bloco 8, com a localização das mineralizações classificadas de acordo com suas características geotécnicas. Recobrimo todas as unidades observa-se um DHF que corresponde ao metadiamicctito hematítico friável de capa. O DHS corresponde ao metadiamicctito semcompacto que se apresenta fraturado. Por último, o DHC relaciona-se ao metadiamicctito compacto.

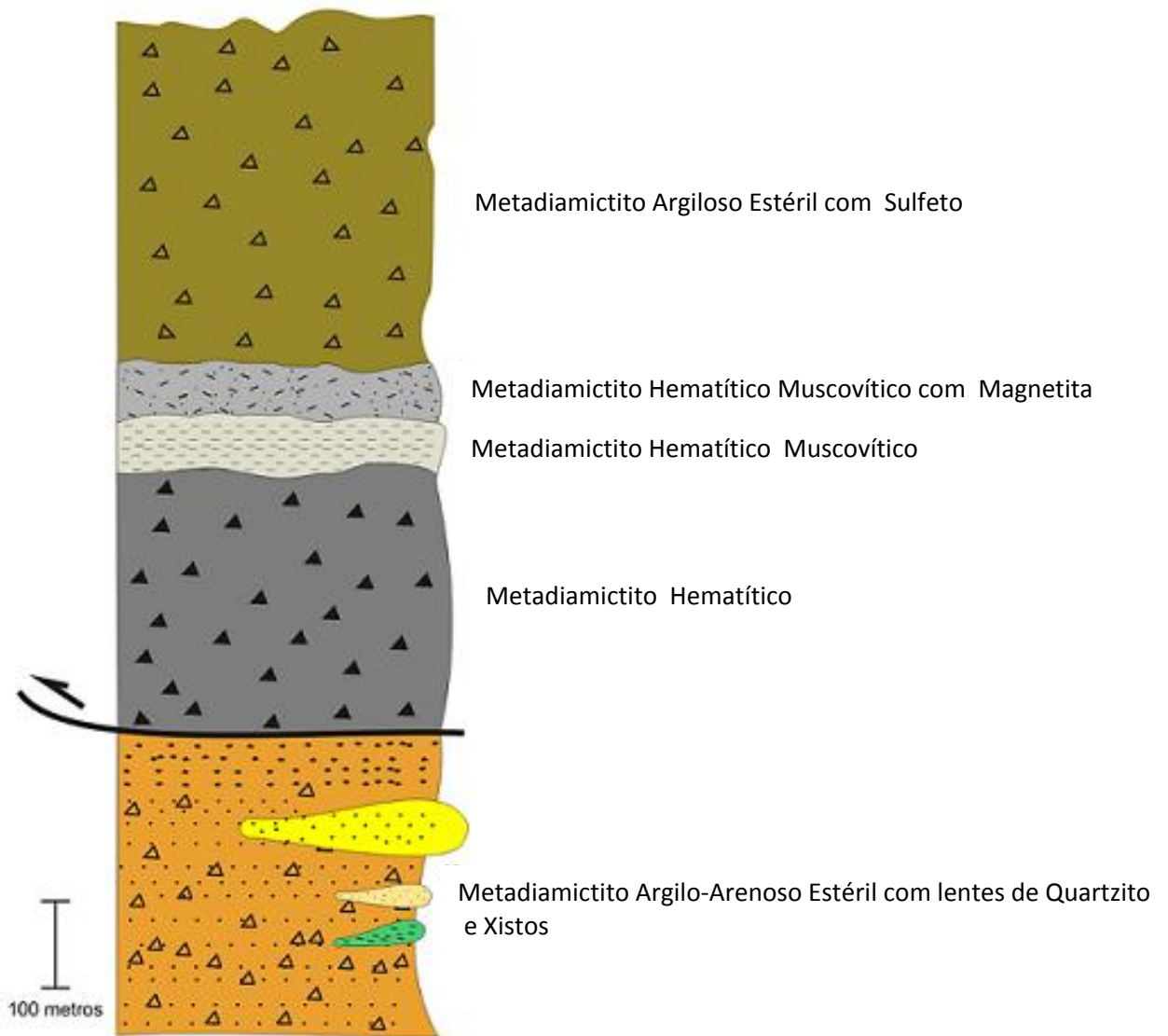
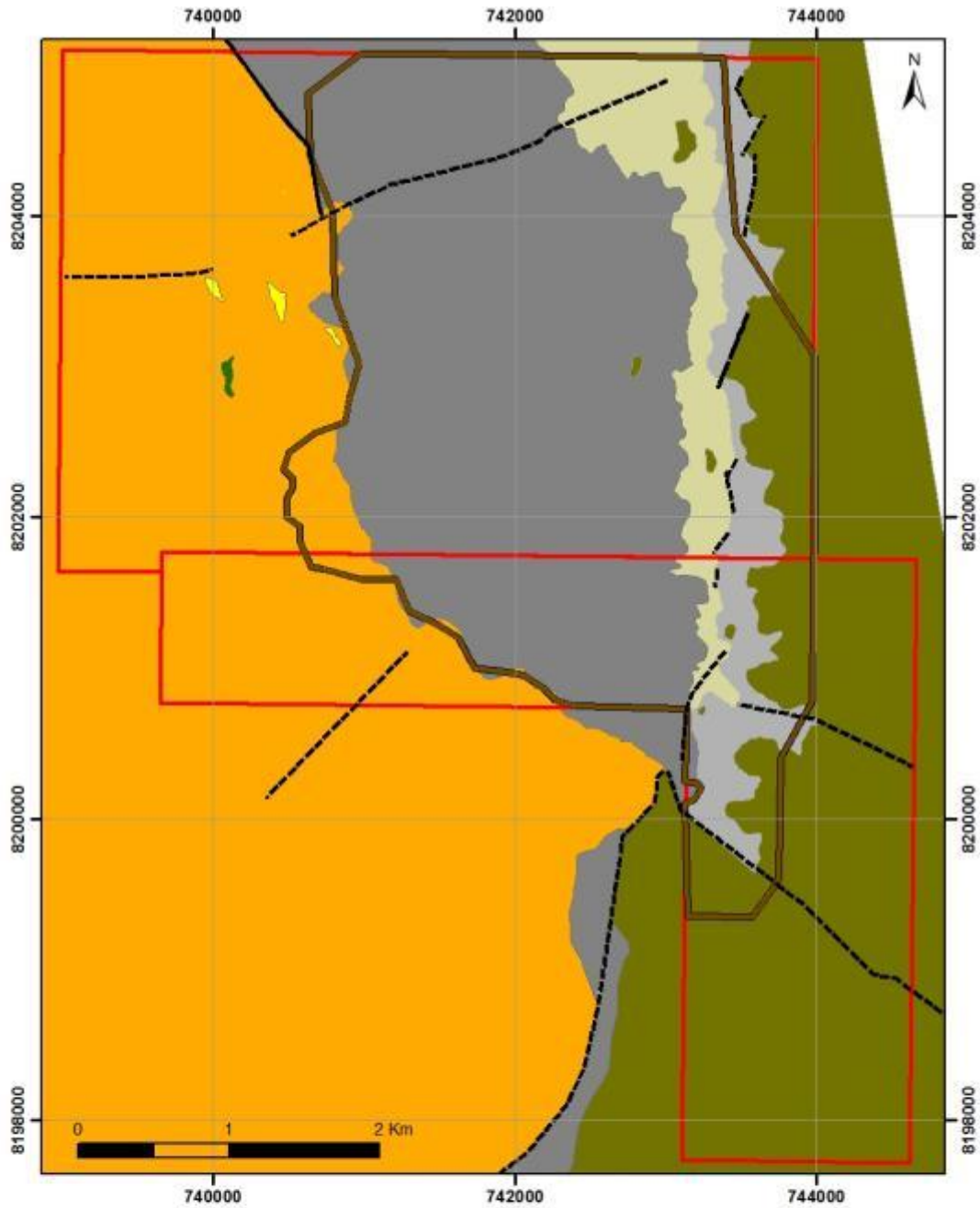


Figura 32: Coluna Estratigráfica da Área do Bloco 8



Legenda

-  Falha indiscriminada
-  Cava final
-  Título Minerário

Unidades








-  Metadiamicrito argiloso estéril com sulfeto
-  Metadiamicrito hematítico muscovítico com magnetita
-  Metadiamicrito hematítico muscovítico
-  Metadiamicrito hematítico
-  Metadiamicrito argilo-arenoso estéril com lentes de quartzito e xistos
-  Quartzito
-  Xisto

Figura 33: Mapa Geológico da Área do Bloco 8



ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS

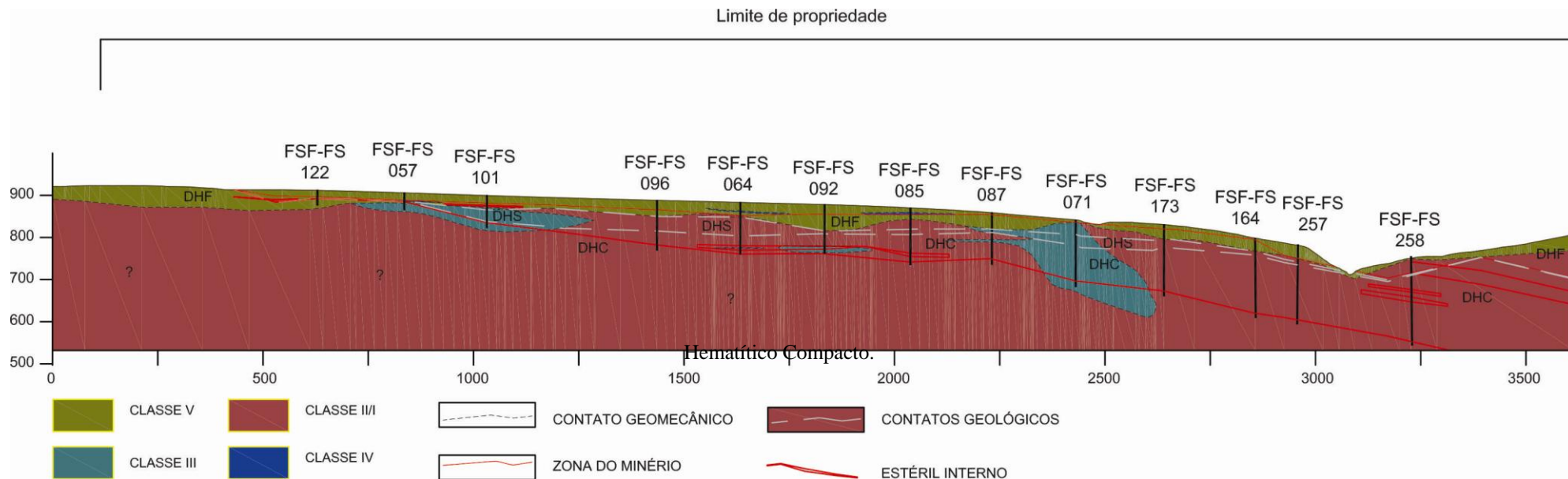


Figura 34: Seção geológico-geotécnica típica da área do Bloco 8. DHF: Diamictito Hematítica Friável; DHS: Diamictito Hematítica Semicompacto; DHC: Diamictito



8.3.2.1.2 Aspectos Estruturais Locais

Estruturalmente, na área do Bloco 8, são reconhecidas três fases de deformação (D1, D2 e D3), possivelmente relacionadas a um mesmo evento deformacional de idade neoproterozóica.

A fase D1 é representada pela foliação principal S1, de baixo ângulo, desenvolvida em caráter dúctil e está associada aos empurrões com vergência para oeste que marcam o fechamento do Orógeno Araçuai-Congo Ocidental.

Esta foliação é evidente em todos os litotipos mapeados e apresenta direção principal praticamente norte-sul, mesma atitude da camada de minério. O mergulho de S1 é predominantemente de baixo ângulo, podendo alcançar, localmente, até 70° para leste, ou mesmo ocorrerem pequenas inversões para oeste. Essa variação não interfere na mineralização que é essencialmente tabular.

A fase D2 é representada pela foliação de crenulação S2 e é menos frequente que S1, sendo mais pervasiva nos metadiamicritos ricos em muscovita e/ou hematita, sendo que, neste último, a hematita tende a se remobilizar e reconcentrar em S2. Esta foliação mergulha, invariavelmente, para oeste com valores variáveis entre 15° e 80°.

A fase D3 é representada pelo sistema de fraturas de direção NE-SW e NW-SE que parece controlar as drenagens, com exceção do Córrego Lamarão que possui direção aproximada N-S, mas que é segmentado por fraturas menores de direção NW-SE, NE-SW, além de um terceiro conjunto de direção N-S. Essa característica em escala de mapa se repete em escala de afloramento ao longo de todo o córrego, indicando serem as fraturas posteriores à deformação D1 e D2.

Em escala de afloramento, as fraturas da fase D3 provocam a basculação de grandes blocos e até mesmo, em alguns locais, a interrupção da mineralização. Feições como essas são, muitas vezes, mascaradas por processos intempéricos e geomorfológicos subsequentes.

Com base em dados de campo e interpretações dos perfis de sondagem, nota-se que algumas dessas falhas são normais, com rejeitos significativos o suficiente para interromper a mineralização. Evidências em testemunhos de sondagem indicam que as fraturas N-S e NE-SW possivelmente são ligadas a escorregamentos nos planos de S2.

8.3.2.2 Bloco 7

A área do Bloco 7 encontra-se, também, inserida em rochas da Formação Nova Aurora, mas ainda está em fase inicial de estudos, não tendo sido elaborado, um mapa geológico de detalhe, de toda a área.

8.3.2.2.1 Litologia

De acordo com os estudos de Vilela (2010), na área do Bloco 7 foram identificados, em campo, litotipos semelhantes ao do Bloco 8: um metadiamicrito estéril, que ocupa a maior parte da área (Figura 35), um metadiamicrito hematítico, pouco representativo na escala do mapa da Figura 35, um metadiamicrito magnetítico, que representa o principal corpo mineralizado da área e também, a principal diferença entre as unidades presentes no Bloco 8. Foram identificados, também, afloramentos de quartzito e coberturas de canga. Devido à semelhança entre as litologias presentes nos dois blocos e visto que estas litologias já foram descritas para o Bloco 8, faz-se aqui, uma descrição apenas do metadiamicrito magnetítico.

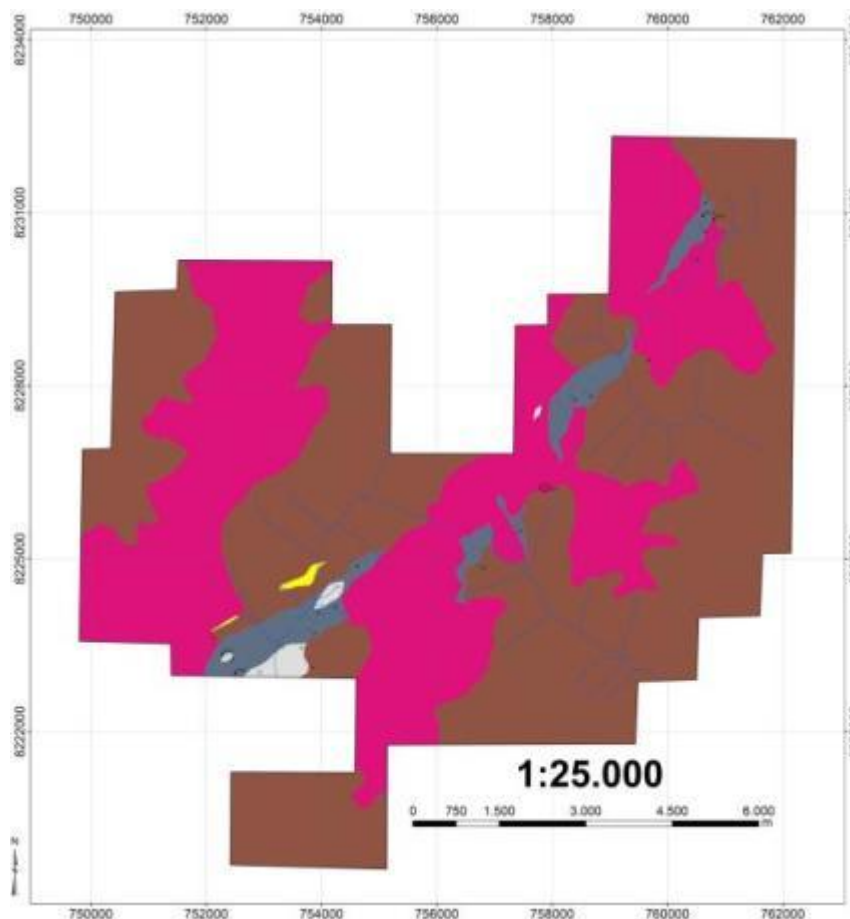
O metadiamicrito magnetítico foi subdividido por Vilela (2010) em metadiamicrito magnetítico cinza e metadiamicrito magnetítico verde. O primeiro caracteriza-se pela inversão na quantidade de hematita (que pode nem estar presente) e magnetita, e também no estado de deformação desse último mineral. A textura dessa rocha é semelhante à textura do metadiamicrito estéril. Apesar da deformação vista nos minerais constituintes da matriz, a magnetita está pouco ou nada deformada, mas, quando alongada, está orientada paralelamente à foliação S1. A hematita é igual



à hematita fina do metadiamicrito hematítico e está orientada paralelamente a direção de estiramento dos cristais da matriz (Vilela, 2010).

A magnetita pode estar disseminada pela matriz, como porfiroblastos euédricos com hábito cúbico, de até 1 mm de diâmetro. O metadiamicrito magnetítico cinza pode ser bandado (Figura 36), com bandas compostas por quartzo e muscovita, semelhante à composição da matriz, e bandas cinza compostas predominantemente por magnetita com tamanho variado. Quando a magnetita está concentrada em bandas observa-se aumento na quantidade de hematita especular (Vilela, 2010).

O metadiamicrito magnetítico verde só pôde ser observado em amostras de furos de sonda do Bloco 7. Possui textura bandada a maciça (Vilela, 2010). Quando bandada, a rocha tem bandas esverdeadas compostas por magnetita, associada à clorita e biotita (predominando uma ou outra); e bandas brancas, ricas em quartzo, com quantidades muito menores de magnetita, as quais são mais delgadas do que as bandas com os filossilicatos (Figura 35). Nas bandas ricas em clorita e biotita, a magnetita pode ter até 0,5 mm e apresenta hábito poligonal, preferencialmente cúbico, euédrico a subédrico. Apesar de estarem pouco deformados, os cristais de magnetita alongados estão orientados paralelamente ao bandamento e foliação (Vilela, 2010).



Legenda

- Canga
- Quartzito
- Metadiamicrito hematítico (DH)
- Metadiamicrito magnetítico cinza (DMC)
- Metadiamicrito (DI)
- Foliação principal (S1)
- Drenagens
- Limite do Bloco 7

Figura 35: Mapa Geológico da Área do Bloco 7. Fonte: Vilela, 2010.



Nas partes maciças, onde clorita e biotita são componentes significativos da matriz, porfiroblastos de magnetita estão disseminados, com hábito cúbico euédrico e tamanhos menores do que a magnetita concentrada nas bandas de clorita e biotita.

Tanto no metadiamicrito magnetítico verde bandado como no maciço os clastos são escassos e têm tamanhos de grânulo a seixo.

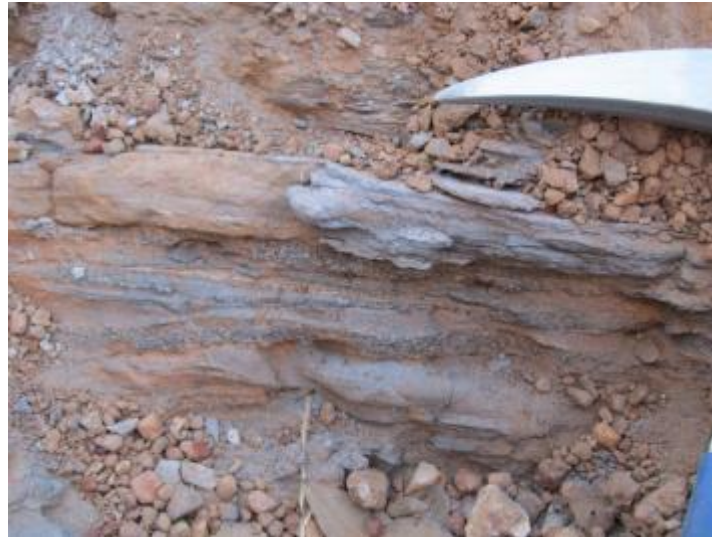


Figura 36: Foto do metadiamicrito hematítico bandado em afloramento no Bloco 7.

8.3.2.2 Aspectos Estruturais Locais

A geologia estrutural da área do Bloco 7 é semelhante à da área do Bloco 8, tendo sido identificadas três fase de deformação (D1, D2 e D3) as quais são representadas pela foliação principal (S1), pela foliação de crenulação (S2) e pelo sistema de fraturas de direção NE-SW e NW-SE, respectivamente (Vilela, 2010).

A fase D1 é representada pela foliação principal S1, que apresenta mergulho predominantemente baixo, com variações locais. Segundo Vilela (2010), a direção de S1 possui variação em torno de NE e SE, mas ocasionalmente pode ter a inversão do mergulho, caindo para W e formando sinclinais e anticlinais, como na parte central do Bloco 7.

A fase D2 é representada pela foliação de crenulação S2, é menos frequente que S1, sendo mais comum no Bloco 8 (Vilela, 2010). Esta foliação mergulha, invariavelmente, para oeste com valores variáveis entre 15° e 80°.

A fase D3 é representada pelo sistema de fraturas de direção NE-SW e NW-SE que parece controlar as drenagens.

8.4 CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

A caracterização hidrogeológica das áreas do Bloco 8 e do Bloco 7 tem como objetivos:

- Avaliar a ocorrência dos recursos hídricos subterrâneos nessas áreas e sua dinâmica;
- Elaborar um modelo hidrogeológico conceitual para a área dos projetos, de forma a antecipar as interferências da água subterrânea nas futuras minas, assim como tecer prognósticos, ainda que preliminares, sobre as interferências das minas nos recursos hídricos, durante sua vida útil e após o descomissionamento.



Para esta caracterização, foram realizadas as seguintes atividades:

- 1) Análise de informações fornecidas pela SAM;
- 2) Compilação de informações em referências bibliográficas (dissertações) e em bancos de dados mantidos por terceiros (ANA);
- 3) Visita de campo para reconhecimento das áreas de estudo, entre os dias 18 e 21/07/2011;
- 4) Reunião com a equipe de geologia da SAM;
- 5) Inspeção de testemunhos de alguns furos de sondagem exploratória, representativos das áreas dos projetos;
- 6) Elaboração de mapas e gráficos referentes às variáveis importantes para a contextualização hidrogeológica das áreas.

Cabe ressaltar que em função da similaridade geológica, morfológica, hidrogeológica e geotécnica entre as duas áreas objeto deste estudo, optou-se por uma caracterização em conjunto das mesmas, sendo feita a devida separação quando pertinente.

8.4.1 Unidades Hidrogeológicas

De acordo com os dados levantados em campo e também observados em testemunhos de sondagens realizadas em grande parte da área de interesse, pôde-se comprovar que as propriedades hidrodinâmicas dos materiais presentes apresentam forte correlação com as suas características geotécnicas, ambas sendo predominantemente definidas em função do grau de faturamento e de intemperismo. Portanto, para a definição das unidades hidrogeológicas, foi considerada a seção geotécnica típica apresentada na Figura 34.

Considerando o exposto acima, nas áreas de interesse foi identificado um sistema aquífero misto do tipo livre sobreposto a um aquíclode, descritos a seguir.

O sistema aquífero misto é assim denominado por apresentar-se composto por uma camada superior de materiais intemperizados e com porosidade essencialmente granular e, outra, de materiais menos intemperizados, mas com porosidade fissural. É importante destacar que a passagem entre esses materiais é gradacional, não apresentando, portanto, um contato bem definido. Assim, o contato hidráulico entre esses dois sistemas (granular e fissural) é direto.

A porção granular do sistema aquífero está topograficamente acima da fissural e é representada, de cima para baixo por:

- Uma cobertura de solo;
- Um saprolito do metadiamicrito, geralmente bastante friável; e,
- Uma camada de metadiamicrito semi-compacto a compacto intemperizado, mas bastante poroso.

Uma representação esquemática deste sistema é mostrada na Figura 37.

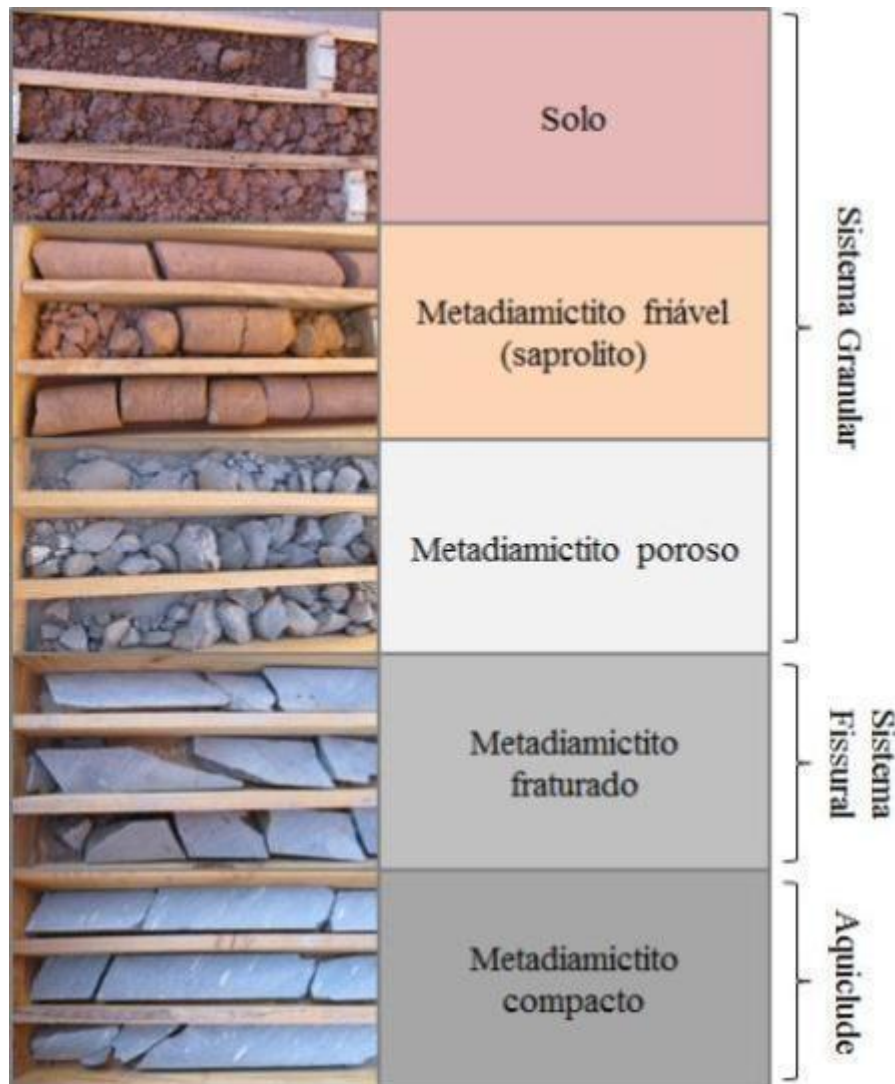


Figura 37: Seção esquemática típica, representativa das áreas dos Blocos 7 e 8.

A partir da observação dos testemunhos de alguns furos de sondagem, esta porção granular apresenta média a alta condutividade hidráulica e elevada capacidade de armazenamento de água nos interstícios dos grãos de sedimentos inconsolidados e de rochas intemperizadas. Está distribuído por toda a área dos Blocos 7 e 8 em formações superficiais, formando aquíferos contínuos, livres, heterogêneos e levemente anisotrópicos que constituem o principal elemento pelo qual a recarga do sistema subsuperficial se processa. As porosidades e permeabilidades são bastante variadas em razão da diversidade dos fatores físico-químicos na formação dos sedimentos e meteorização das rochas. Como verificado em campo, a maior parte das camadas superficiais apresenta-se com textura argilosa, o que dificulta a infiltração da água durante os eventos de precipitação. Porém, em áreas mais restritas, como de coberturas lateríticas, a porosidade e permeabilidade podem apresentar-se relativamente elevadas, permitindo uma maior taxa de infiltração da água.

A porção fissural do sistema aquífero misto está topograficamente abaixo da granular e é composta por metadiamicctitos semi-compactos a compactos, fraturados. Baseando-se na inspeção visual de trechos de testemunhos de sondagem, esses materiais apresentam baixa a média condutividade hidráulica, porosidade secundária, com armazenamento e transmissão da água somente em fraturas. É encontrado em profundidades variadas, e, em geral, encontra-se saturado em água (Figura 38). Está distribuído em toda a área e é delimitado inferiormente por metadiamicctitos compactos. Formam aquíferos livres, heterogêneos e anisotrópicos.



Figura 38: Testemunho do Bloco 7 com fraturas preenchidas indicando percolação de água

O furo de sondagem ENFS 22, do Bloco 7 apresenta, entre as profundidades de 104,80 m e 107,80 m no contato com o metadiamicítico estéril de base, um intervalo sem recuperação indicando existência de uma cavidade que pode ter se desenvolvido num possível plano de falha.

Abaixo do sistema aquífero misto é observado um metadiamicítico compacto que funciona como um aquíclode, restringindo a circulação de água somente às camadas superiores. Na inspeção visual de alguns testemunhos de sondagem não foram observados sinais de percolação de água.

8.5 Dados Hidrogeológicos

Os dados hidrogeológicos disponíveis para a elaboração deste estudo compreendem o inventário de nascentes, os dados de medição de nível d'água, efetuados em alguns piezômetros instalados pela SAM nos Blocos 7 e 8 e alguns ensaios de infiltração. Outros dados (como medições sistemáticas de vazão nas principais drenagens ou resultados de testes de bombeamento) ainda não estão disponíveis em função do estado preliminar da caracterização hidrogeológica do Projeto.

8.5.1 Nascentes

O cadastro das nascentes existentes na área de entorno do empreendimento foi realizado por equipe da Brandt Meio Ambiente. Foram cadastradas, ao todo, 130 nascentes (Tabela 1 e Tabela 2) em duas campanhas. Os pontos definidos como nascentes correspondem aos pontos mais elevados das drenagens onde ocorriam surgências de água. Sempre que possível, foi medida a vazão em cada nascente, como mostrado no Anexo B.

Na área de entorno do Bloco 8 foram conduzidas duas campanhas de inventário de nascentes (uma na estação seca e outra na estação chuvosa). Foram cadastradas 87 nascentes (Figura 39), classificadas entre perenes e intermitentes (Tabela 16), cujas cotas variam entre 719m e 914m, com média de 840m. Foram cadastradas, ainda, 46 drenagens secas. As nascentes ocorrem em praticamente todos os vales escavados no relevo, ao redor do platô principal da área como mostra a Tabela 17. As vazões registradas nas campanhas, assim como demais dados do inventário de nascentes podem ser vistos nas fichas de cadastro elaboradas pela Brandt.

Na área do Bloco 7, somente uma campanha de inventário foi conduzida, tendo sido cadastradas 43 nascentes (Figura 40), cujas cotas variam entre 751m e 944m, com média de 866m. Como não houve uma comparação entre as estações, não foi feita a classificação entre perene e intermitente. Essas nascentes ocorrem em boa parte dos vales escavados, ao redor dos platôs



mais elevados. Foram cadastradas 12 nascentes na subbacia do Córrego Caiçara, 8 nascentes na subbacia do Córrego Buracão, 15 na subbacia do Córrego Cabeceira do Rêgo e 7 nascentes na subbacia do Córrego do Rego. As vazões registradas na campanha, assim como demais dados do inventário de nascentes podem ser vistos nas fichas de cadastro elaboradas pela Brandt.

É importante destacar que, devido à restrição da área abrangida pela topografia de detalhe fornecida pela SAM, as cotas das nascentes listadas foram obtidas a partir de modelo digital de elevação gerado através de imagem ASTER, o que pode causar erro na localização altimétrica.

Tabela 16: Nascentes Cadastradas no Entorno do Bloco 8

Ponto	E	N	Cota (m)	Tipo	Ponto	E	N	Cota (m)	Tipo
135	742966	8203894	788	Perene	206	744540	8198105	819	Intermitente
136	743025	8204265	770	Seca	207	744332	8198727	805	Seca
137	743142	8203749	763	Seca	208	745056	8198654	875	Intermitente
138	743000	8203624	814	Intermitente	209	745105	8198453	863	Perene
139	743046	8203388	800	Perene	210	745224	8198473	886	Perene
140	742887	8202929	812	Seca	211	745290	8197432	893	Perene
141	742977	8203056	818	Perene	212	745460	8197534	910	Perene
142	743085	8202691	796	Perene	213	745231	8197619	892	Perene
143	742800	8202263	839	Perene	214	744877	8196997	908	Perene
144	742664	8201627	852	Perene	215	744818	8196949	895	Perene
145	742585	8201243	853	Seca	216	744446	8196865	894	Intermitente
146	742814	8200334	790	Seca	217	744286	8196823	874	Perene
147	742265	8200911	867	Seca	218	744380	8197496	845	Perene
148	742047	8200998	854	Intermitente	219	739364	8197783	868	Intermitente
149	741553	8201202	845	Perene	220	739821	8198037	855	Seca
150	741148	8201681	891	Intermitente	221	739922	8198309	863	Seca
151	741062	8201428	857	Perene	222	744081	8197604	864	Perene
152	741465	8201038	783	Perene	223	744116	8198004	863	Intermitente
153	740479	8200448	826	Perene	319	742518	8204800	750	Seca
154	740979	8199859	862	Perene	320	742672	8204875	749	Seca
155	739263	8201199	863	Perene	321	-	-	-	Intermitente
156	739054	8201331	869	Perene	322	742956	8204576	780	Seca
157	738472	8201167	880	Intermitente	323	742774	8204184	823	Intermitente
158	738361	8200894	860	Seca	324	742629	8204127	833	Intermitente
159	736688	8200876	912	Perene	325	742553	8204113	813	Seca
160	738647	8199551	875	Seca	326	741990	8204111	817	Perene
161	738559	8199459	885	Perene	327	742011	8204049	820	Perene
162	737562	8197297	914	Perene	328	741103	8203865	845	Seca
163	743986	8205109	771	Intermitente	329	740792	8203023	866	Intermitente
164	744094	8204762	801	Seca	330	740830	8203022	867	Perene
165	743918	8205225	760	Seca	331	740702	8204092	825	Seca
166	744012	8204648	781	Intermitente	332	740640	8203824	809	Perene
167	743544	8204257	720	Intermitente	333	740508	8203772	797	Intermitente
170	744183	8203554	802	Seca	334	740424	8202671	889	Intermitente
171	744189	8203293	783	Seca	335	743051	8204985	719	Intermitente
172	744450	8203300	840	Perene	336	741792	8204890	847	Intermitente
173	744496	8203159	829	Intermitente	337	739584	8203986	875	Seca
174	744452	8202871	841	Perene	338	738642	8203570	857	Intermitente
175	744468	8202694	839	Perene	339	738884	8203459	839	Perene
176	744413	8202577	831	Perene	340	738944	8203543	858	Intermitente
177	743712	8202827	794	Seca	341	739257	8203455	841	Perene
178	744166	8202510	850	Perene	342	738595	8203896	889	Perene
179	743983	8202537	811	Seca	355	744221	8198424	810	Perene
180	743732	8202403	771	Seca	356	744248	8198470	807	Intermitente
181	743832	8202278	792	Seca	357	744312	8198666	802	Intermitente
182	744010	8202054	801	Seca	358	744360	8198803	797	Seca
183	743746	8201913	767	Intermitente	359	744347	8198848	793	Seca
184	744061	8201653	777	Seca	360	744353	8198869	792	Seca



Ponto	E	N	Cota (m)	Tipo	Ponto	E	N	Cota (m)	Tipo
185	744361	8201575	857	Intermitente	361	744316	8198913	789	Seca
186	744055	8201232	838	Intermitente	362	744230	8199157	783	Seca
187	744058	8200947	825	Intermitente	363	743942	8199063	799	Intermitente
188	743877	8200676	772	Seca	364	743597	8198949	842	Perene
189	743781	8200565	765	Seca	365	743618	8198981	826	Perene
190	744184	8200570	786	Seca	366	743621	8199007	817	Intermitente
191	744177	8200825	799	Intermitente	367	742994	8199293	847	Seca
192	744222	8200458	783	Seca	368	741660	8197534	866	Seca
193	744388	8200445	794	Intermitente	369	742542	8200010	774	Seca
194	744807	8200406	856	Perene	370	742513	8200171	785	Seca
196	744954	8200137	880	Perene	371	742323	8200249	776	Seca
198	744180	8199846	831	Perene	372	742255	8200245	770	Seca
199	744154	8199775	805	Intermitente	373	741994	8200327	766	Intermitente
200	744188	8199445	828	Seca	374	742020	8200474	801	Seca
201	744318	8199321	815	Intermitente	375	741862	8200624	788	Intermitente
202	744769	8199368	842	Perene	376	741808	8200762	782	Seca
203	744846	8199093	833	Perene	377	740783	8199354	883	Intermitente
204	744434	8198332	815	Perene	378	739777	8202651	877	Intermitente
205	744869	8198003	865	Intermitente	-	-	-	-	-

Tabela 17: Nascentes Cadastradas no Entorno do Bloco 7

Ponto	E	N	Cota (m)	Ponto	E	N	Cota (m)
300	760468	8230864	902	348	755220	8225726	843
301	760559	8230405	868	349	754362	8224318	840
302	760578	8230263	861	350	754192	8224149	802
303	758806	8229482	916	351	754201	8224453	824
304	759034	8229549	936	352	753856	8223754	795
305	758985	8229614	939	353	754030	8222893	787
306	758870	8229615	944	354	753573	8222910	751
307	758230	8228835	882	379	753428	8225360	819
308	758229	8228812	877	380	753293	8225858	839
309	758894	8228141	860	381	753365	8229156	843
310	758680	8227179	901	382	760906	8230130	862
311	758796	8227010	848	383	760938	8231078	902
312	760057	8226580	839	384	752312	8226789	886
313	758150	8225976	871	385	757079	8226080	929
314	757953	8225600	848	386	757347	8223955	812
315	756661	8224911	845	387	757300	8224028	838
316	757226	8224687	811	388	758446	8229166	922
317	760692	8228548	890	389	759759	8228817	910
318	760518	8228539	891	390	759512	8229057	902
345	758222	8225155	886	391	761679	8229915	851
346	755968	8225751	896	392	761157	8231079	895
347	755700	8225911	866	-	-	-	-

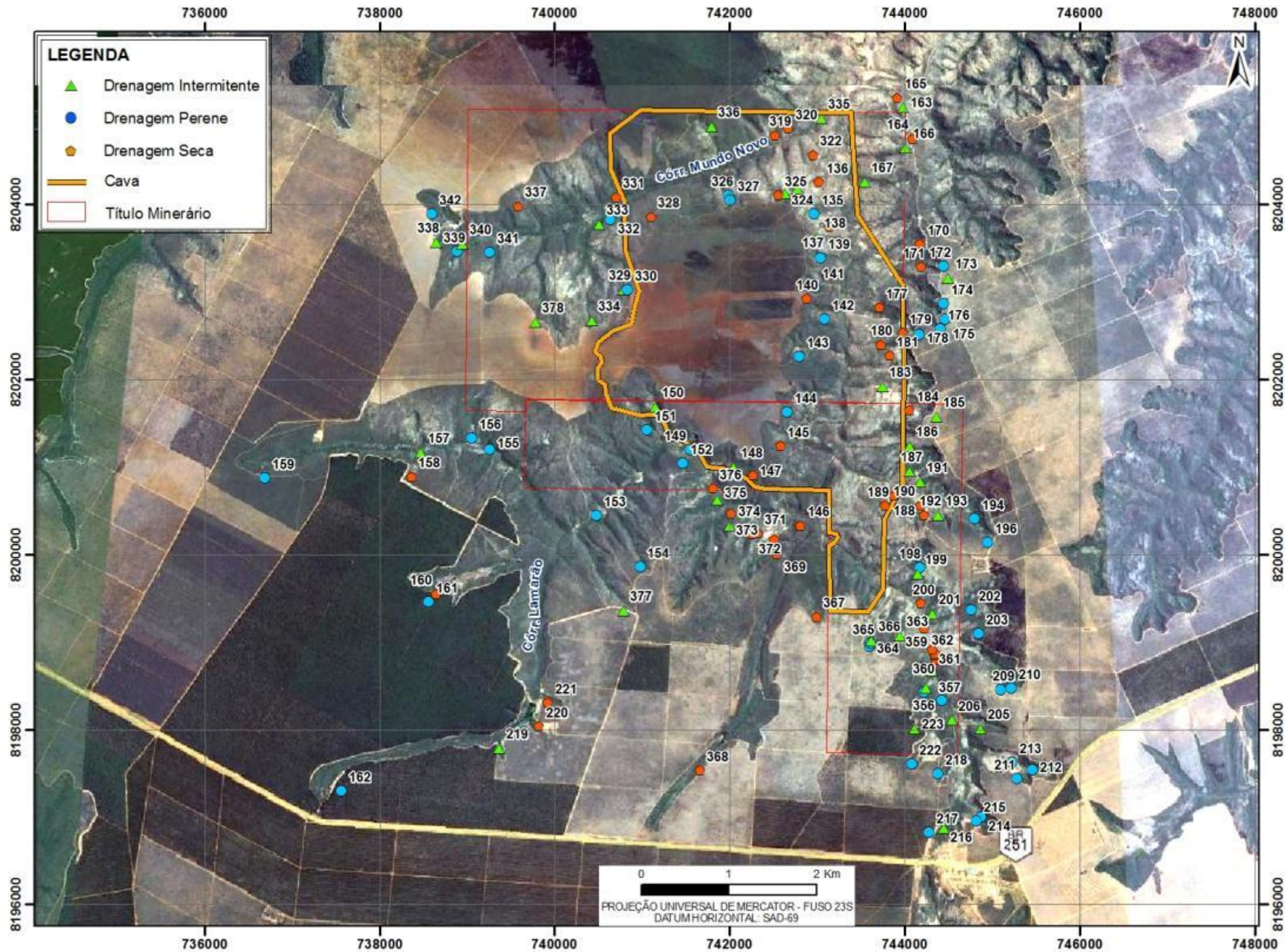


Figura 39: Nascentes Cadastradas no Entorno do Bloco 8.

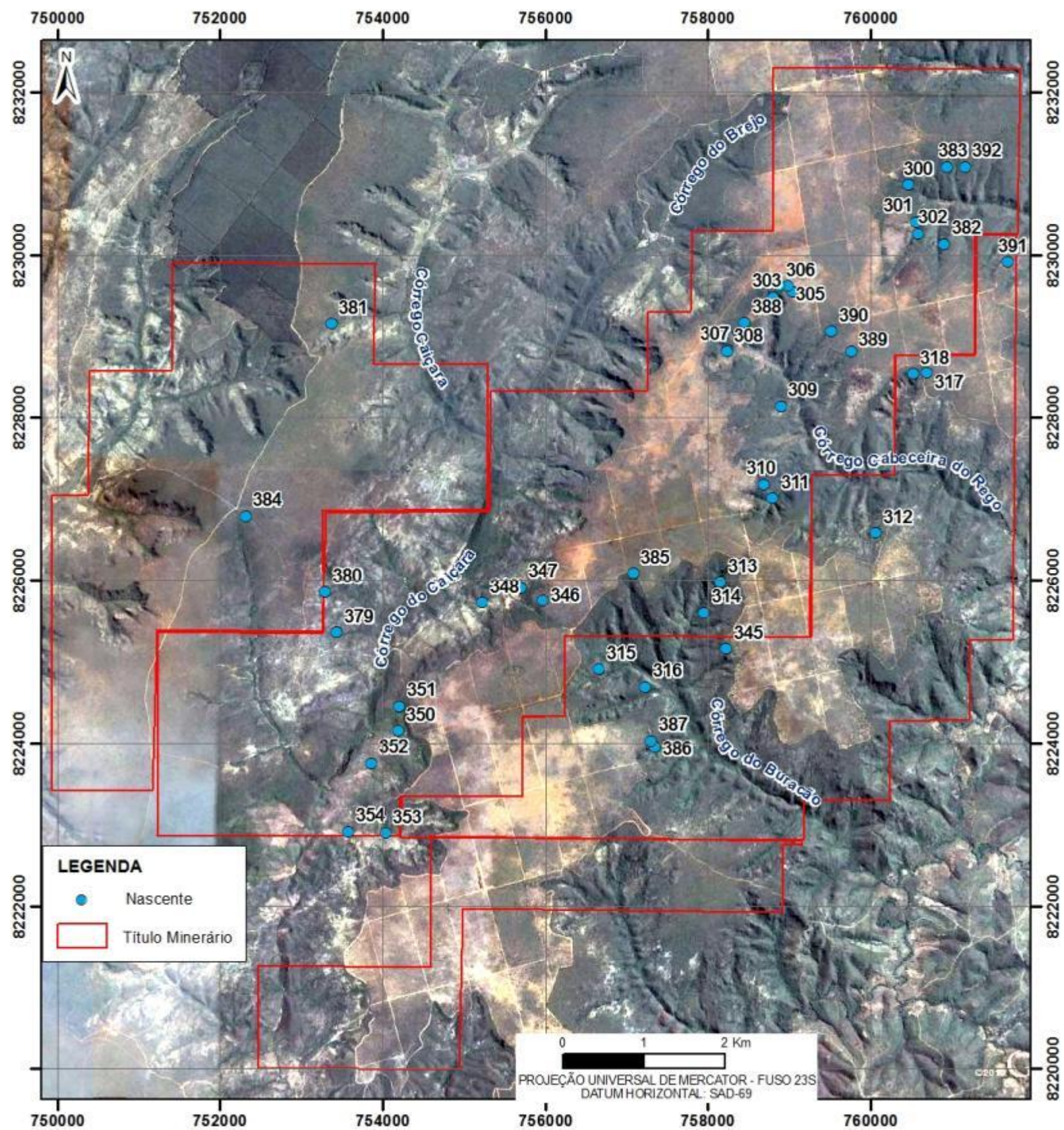


Figura 40: Nascentes cadastradas no entorno do Bloco 7.



8.5.2 Poços Tubulares

De acordo com os dados do CPRM (SIAGAS, 2011), próximo à área do Projeto existem somente 5 poços tubulares cadastrados, todos localizados na área de entorno do Bloco 8 (Figura 41). Desses poços, 4 estão instalados dentro da localidade do Vale das Cancelas, sendo 2 da Prefeitura de Grão Mogol e 2 de propriedade particular. O quinto poço está instalado na localidade de Campo Alegre e é de propriedade da COPASA. O Anexo B apresenta as fichas técnicas completas de cada poço, obtidas junto ao site da CPRM.

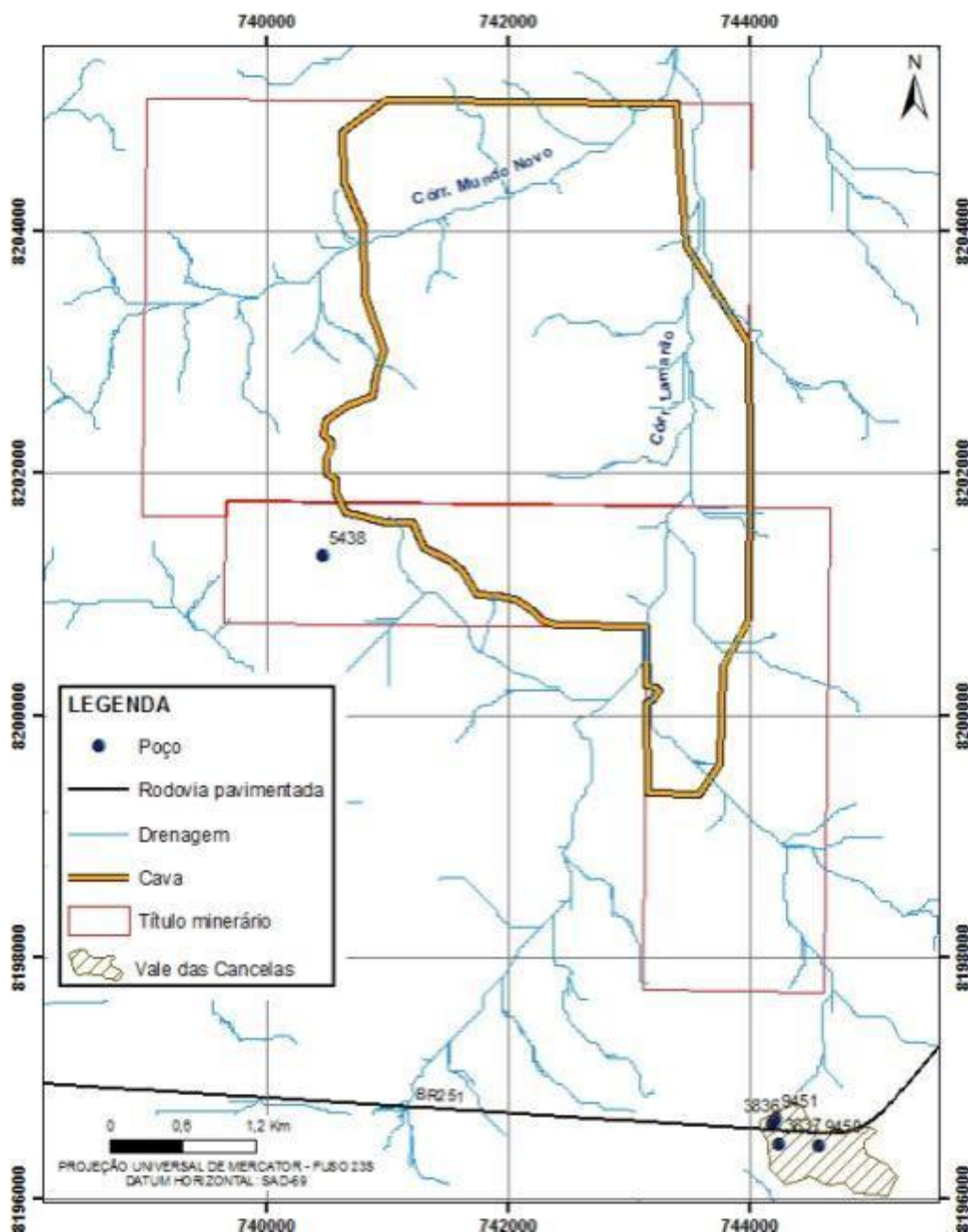


Figura 41: Localização dos Poços Tubulares no entorno do empreendimento.



8.5.3 Piezômetros

Durante os trabalhos de sondagem exploratória, foram instalados 20 piezômetros nas áreas dos Blocos 7 e 8 (Tabela 18), sendo 16 medidores instalados dentro da área da cava do Bloco 8 (Figura 42) e 04 instalados na área do Bloco 7 (Figura 43). As leituras para o Bloco 8 foram iniciadas em novembro de 2010 e as do Bloco 7, em fevereiro de 2011, sendo coletada uma medida a cada semana (Anexo C). No Anexo D são mostrados os perfis construtivos desses instrumentos e, a partir desses dados, observa-se que todos foram selados, mas o fato de terem um pré-filtro muito extenso, faz com que esses dispositivos se aproximem mais de medidores de nível d'água do que de piezômetros propriamente ditos.

A Figura 44 apresenta o gráfico com a variação do nível d'água de novembro de 2010 a julho de 2011 para o Bloco 8 e a Figura 45 apresenta a variação do nível d'água para o período de fevereiro a julho de 2011 para o Bloco 7. A partir da análise desses gráficos, verifica-se que o NA varia muito pouco em cada piezômetro e que as cotas do NA variam de aproximadamente 710 m a 870 m para a área do Bloco 8 e, na área do Bloco 7 essa variação fica entre 810 m e 870 m. No Anexo F, são apresentados os gráficos para cada piezômetro, onde se pode observar melhor a variação de cada um.

Tabela 18: Dados dos Medidores de Nível D'água nas áreas dos Blocos 7 e 8

Bloco	PZ	E	N	Cota (m)	Profundidade Executada (m)	Profundidade Média NA (m)	Cota Média NA (m)
8	FSF-FS-012	742300,92	8202458,98	875,13	124,06	33,15	841,98
	FSF-FS-235	741407,42	8201402,91	861,76	41,60	37,69	824,07
	FSF-FS-280	741400,77	8204194,88	809,05	114,20	8,29	800,76
	FSF-FS-024	741252,36	8203220,34	880,5	80,09	34,81	845,69
	FSF-FS-285	741175,17	8204618,5	848,55	165,30	27,29	821,26
	FSF-FS-231	742167,25	8204800,88	807,42	174,45	32,11	775,31
	FSF-FS-073	742403,83	8201400,22	869,81	118,50	40,58	829,23
	FSF-FS-242	743217,67	8200056,05	771,32	77,60	4,28	767,04
	FSF-FS-240	743591,52	8203199,4	725,63	227,10	16,72	708,91
	FSF-FS-270	742820,67	8205016,71	773,58	239,20	25,25	748,33
	FSF-FS-258	743596,64	8202399,79	755,65	212,50	24,62	731,03
	FSF-FS-263	743437,82	8201271,67	767,74	125,85	38,09	729,65
	FSF-FS-057	741205,01	8202399,89	906,79	42,15	39,10	867,69
	FSF-FS-065	742007,65	8203197,98	884,29	115,80	31,06	853,23
	FSF-FS-168	742970,22	8203571,53	839,45	214,10	45,21	794,24
	7	EN-FS-008	754611,84	8224777,51	852,96	98,00	26,01
EN-FS-016		759007,91	8228182,56	863,89	127,75	22,32	841,57
EN-FS-021		760567,4	8230709,36	883,92	79,05	13,15	870,77
EN-FS-052		752756,04	8223534,91	834,7	136,45	26,16	808,54

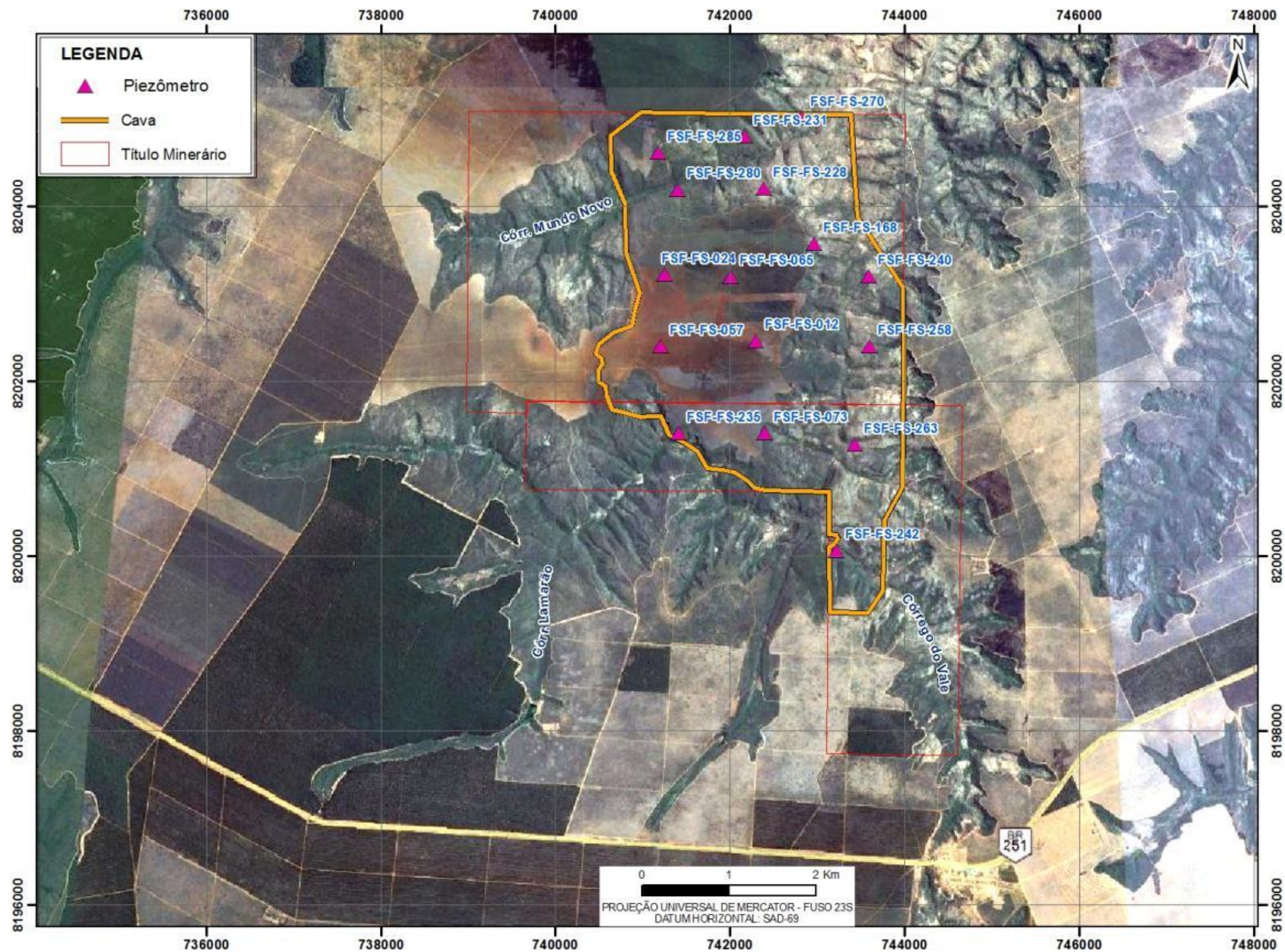


Figura 42: Localização dos Medidores de Nível D'água na área do Bloco 8.

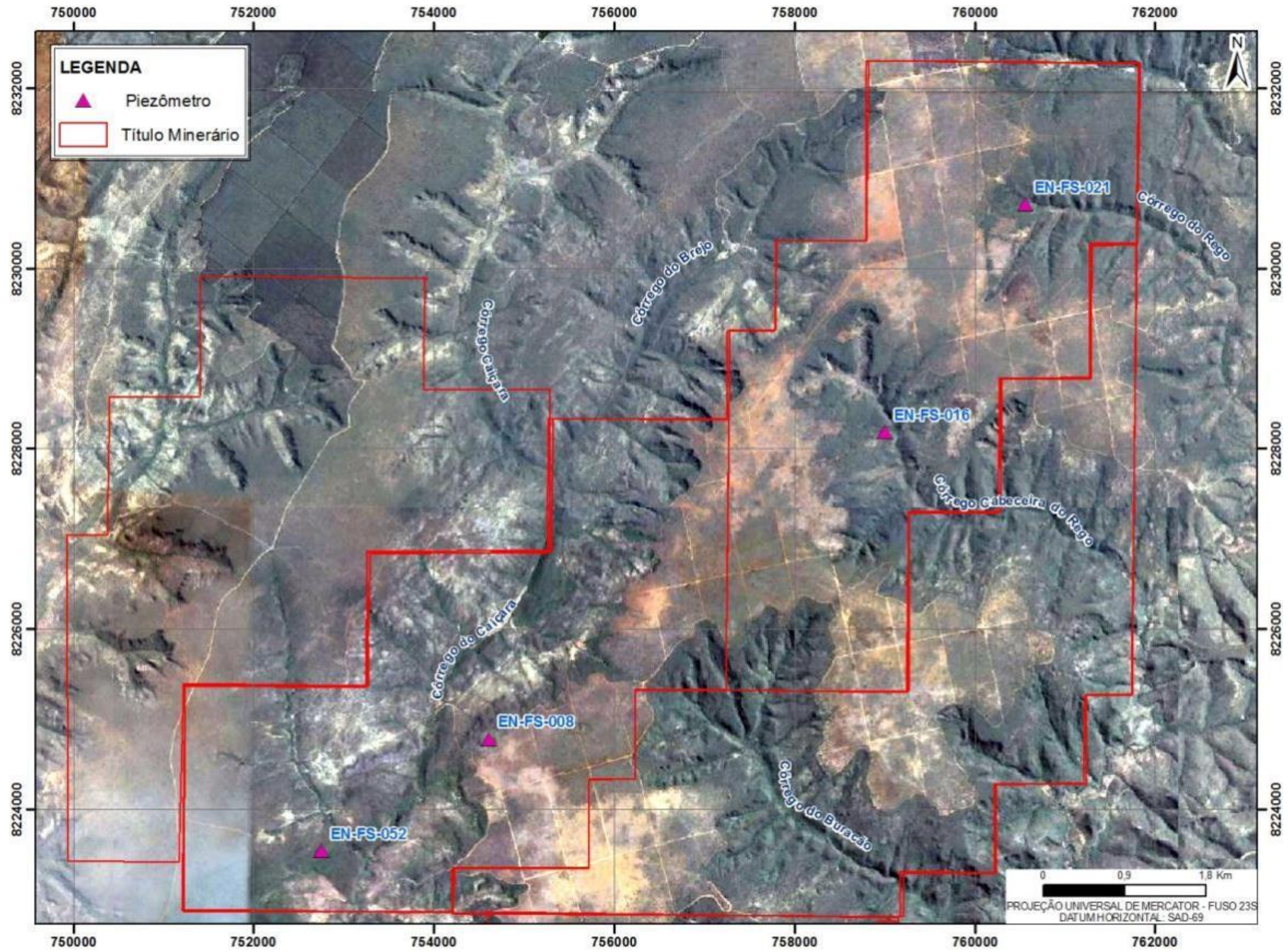


Figura 43: Localização dos Medidores de Nível D'água na área do Bloco 7.

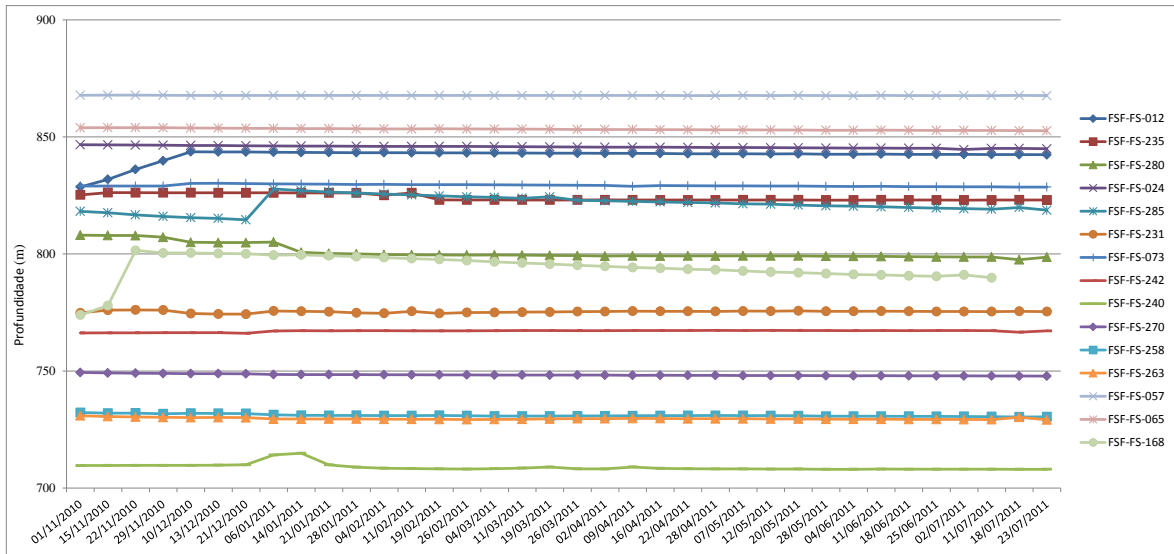


Figura 44: Gráfico apresentando a variação do nível d'água para o Bloco 8

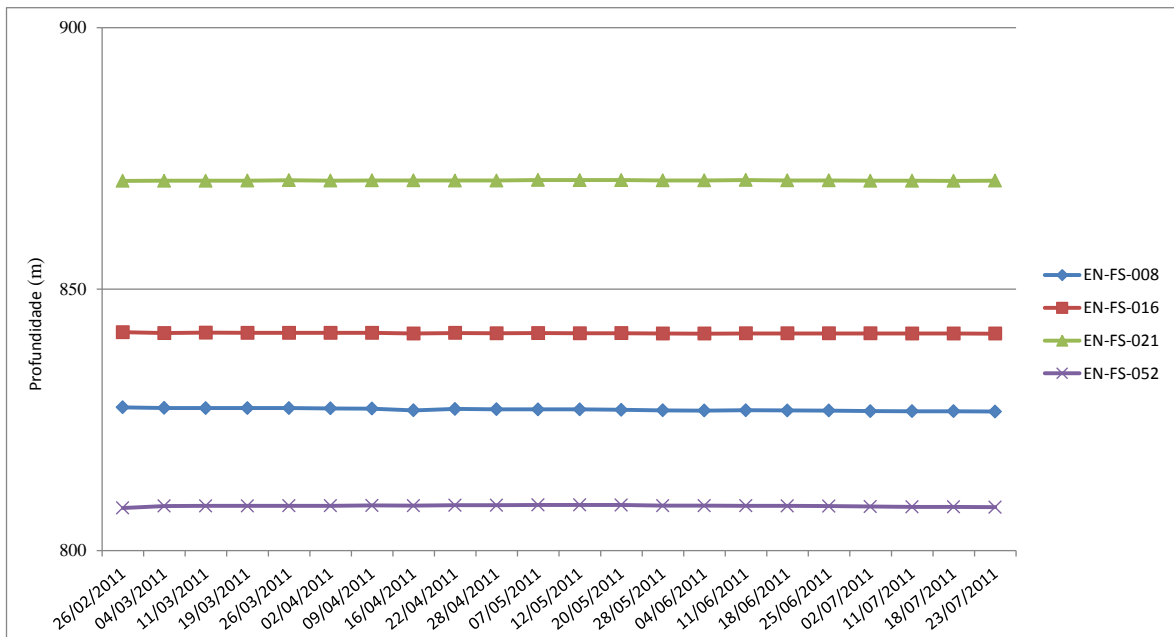


Figura 45: Gráfico apresentando a variação do nível d'água para o Bloco 7

8.5.4 Ensaios de Infiltração

A partir dos ensaios de infiltração, realizados durante a perfuração dos furos de sondagem à percussão (Figura 46), pode-se observar que a condutividade hidráulica do sistema granular é, em geral, alta apresentando algumas intercalações de camadas menos condutivas.

Cabe ressaltar que os furos de sondagem a percussão alcançam profundidades rasas, não representando o sistema fissural, onde encontra-se armazenada a água subterrânea, e onde espera-se obter valores altos de condutividade hidráulica.



ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS

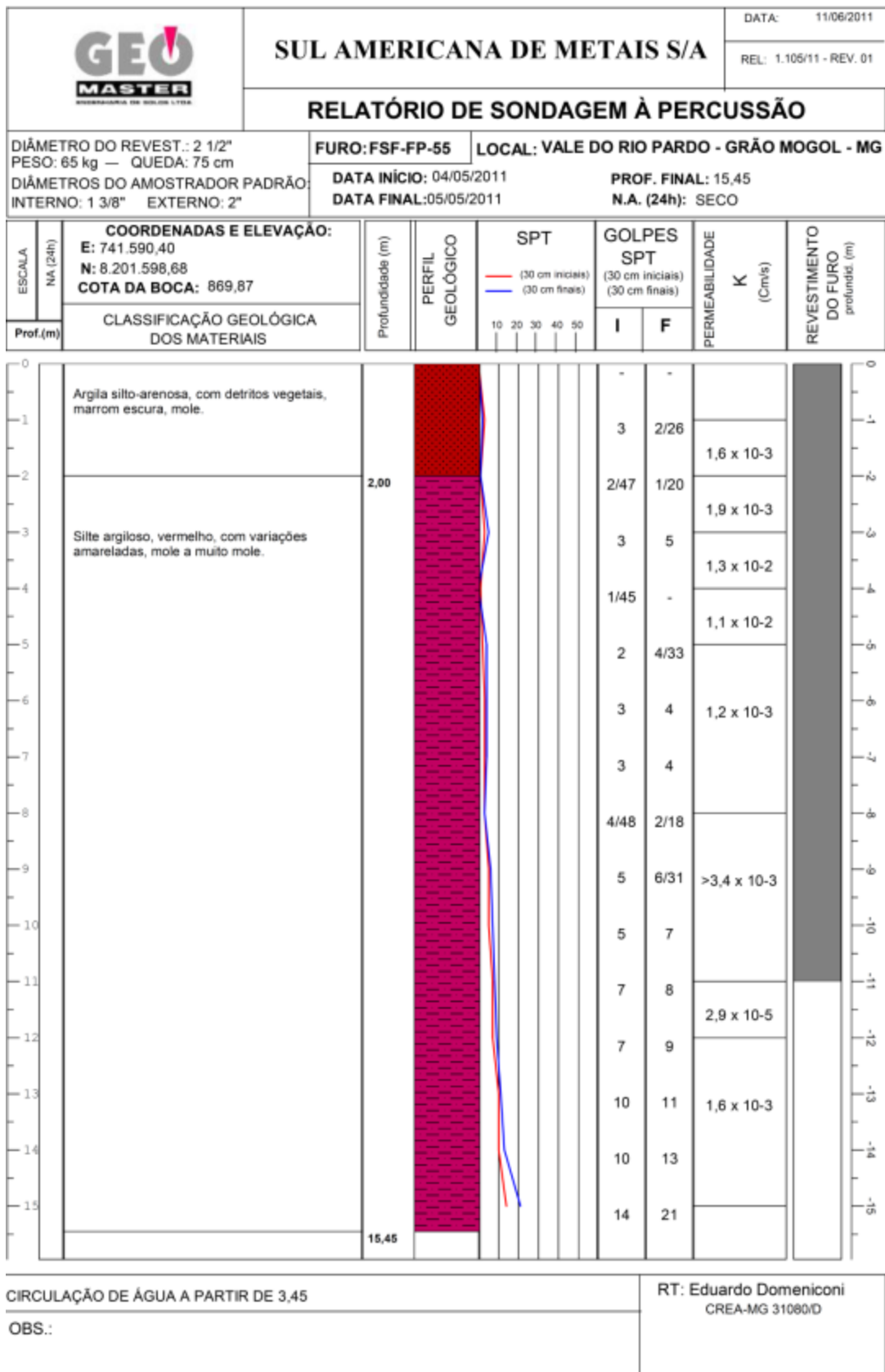


Figura 46: Boletim de sondagem a percussão do furo FSF-FP-55 em que se pode observar a variação da condutividade hidráulica

Os testes de infiltração em solo na área do Bloco 8 foram feitos nas áreas da cava e da planta industrial, principalmente. Os resultados desses testes sugerem que a permeabilidade dos solos



ali presentes tem grande variabilidade na sua ordem de grandeza, tanto lateralmente quando verticalmente, mas que, de modo geral, se correlacionam com as texturas dos metadiamicictitos que ocorrem nessas áreas (Figura 47).

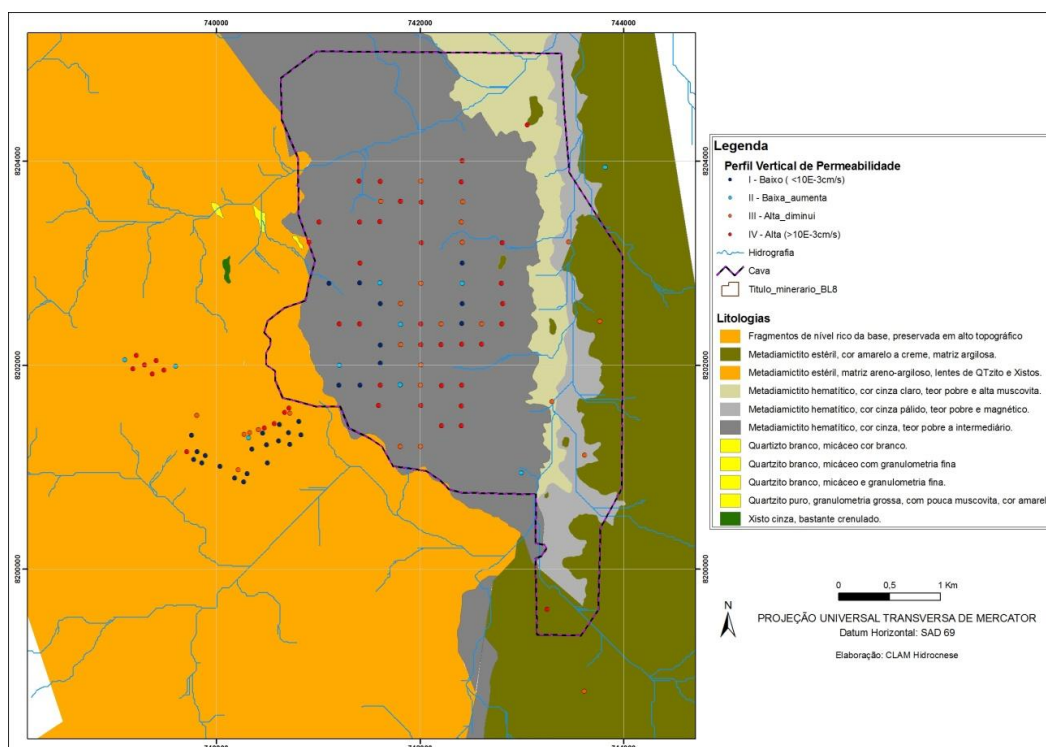


Figura 47: Mapa de localização dos ensaios de infiltração realizados e respectivas permeabilidades encontradas.

Na área da cava (Bloco 8), onde afloram os metadiamicictitos hematíticos, os perfis verticais de permeabilidade obtidos pelos testes de infiltração demonstram não haver um padrão típico, ou seja, a permeabilidade não varia de maneira constante. De maneira geral, nessa área prevalecem perfis com valores mais elevados de permeabilidade, especialmente próximo das bordas do platô.

Já na área da planta industrial, predominam perfis de solos com menor permeabilidade, derivados do metadiamicictito estéril, de característica argilosa.

Portanto, do ponto de vista de contaminação de solos por óleos e graxas, a área da cava apresenta-se mais vulnerável, enquanto a área da planta apresenta-se naturalmente menos vulnerável.

Não foram disponibilizados testes de infiltração na área da barragem de rejeitos. Entretanto, partindo-se da constatação de que o reservatório da barragem ocupará uma área onde também ocorrem metadiamicictitos estéreis argilosos (semelhantes ao da área industrial), pode-se, preliminarmente, supor que esta região também seria menos vulnerável do ponto de vista de contaminação do solo por infiltração. Ressalta-se, todavia, que a bacia de rejeitos deverá ser uma estrutura permanente no projeto.

Portanto, se por um lado a área da barragem pode ser menos vulnerável a contaminações eventuais (ou pontuais) devido à ocorrência de solos de baixa permeabilidade, por outro, essa região estará submetida a uma contínua e duradoura exposição, o que, no longo prazo, poderá se materializar em vulnerabilidade para a região da estrutura, caso os rejeitos apresentem algum componente com potencial contaminante.



9.0 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL

As informações obtidas durante a condução dos estudos hidrogeológicos nas áreas dos Blocos 7 e 8 permitem que se elabore um modelo hidrogeológico conceitual preliminar. Salienta-se ainda, que os dados de nascentes foram obtidos no início da estação seca podendo, portanto, receber influência da estação chuvosa.

9.1 Bloco 8

9.1.1 Superfície Freática e Padrão de Escoamento Subsuperficial

A partir dos dados de elevação dos pontos d'água obtidos no inventário hidrogeológico (cadastro de nascentes e dados dos piezômetros) foi possível estabelecer uma superfície representativa do nível d'água nas áreas de estudo, correspondente ao início do período de estiagem.

A Figura 48 apresenta a superfície potenciométrica referente à área do Bloco 8 onde pode ser observado que as maiores elevações do nível freático são obtidas nos locais de topografia mais elevada, onde o lençol é atingido a partir de 30m de profundidade, em média. Mais próximo dos talwegues, a profundidade média do lençol diminui. Dessa forma, a conformação da superfície freática seassemelha à da topografia local, porém mais suavizada, conforme já era esperado nesse tipo de conformação morfológica. Cabe destacar que as isolinhas da Figura 48 são uma primeira representação do nível freático, precisando, ainda, de um melhor refinamento a partir de uma maior coleta de dados.

Medidas de profundidade do nível freático no período de novembro de 2010 até julho de 2011 (Anexo C) indicam que no período de chuvas (meses de novembro a março), a cota média da superfície freática é de 796 m, caindo para 795 m no período de seca (meses de abril a julho). De acordo com os perfis geotécnicos analisados, na área do Bloco 8, a porção granular deste sistema apresenta uma espessura média de 25 m. O metadiamicrito semi-compacto, fraturado, possui espessura média em torno de 15 m.

Dessa forma, concebe-se que, na área do Bloco 8, a água subterrânea encontra-se efetivamente armazenada no sistema fissural, ficando o armazenamento no sistema granular restrito a porções menos expressivas nessa área. Ressalta-se, também, que o assim chamado "aquífero granular", atua principalmente como unidade de transmissão para a água que efetivamente infiltra em subsuperfície e menos como unidade de armazenamento de água subterrânea, um conceito intrínseco à definição de aquífero (Figura 49).

Na área em questão, as unidades estratigráficas apresentam suave mergulho para leste. Levando-se em conta a natureza argilosa dos materiais, essa distribuição das camadas ajuda a condicionar a direção preferencial de escoamento subsuperficial da água, como pode ser observado na Figura 49.

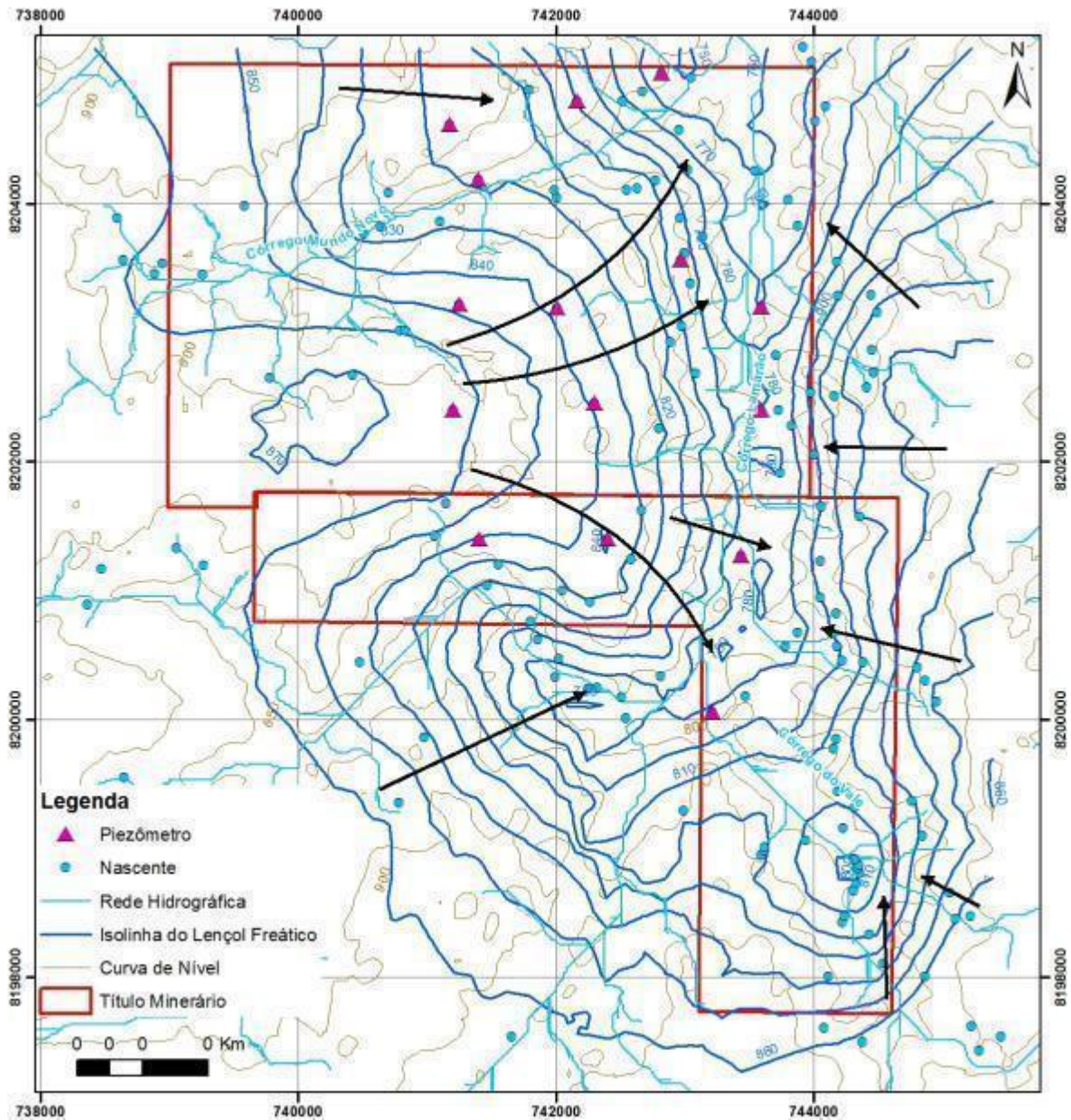


Figura 48: Mapa representado a superfície potenciométrica e as principais direções do fluxo subsuperficial na área do Bloco 8.



ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS

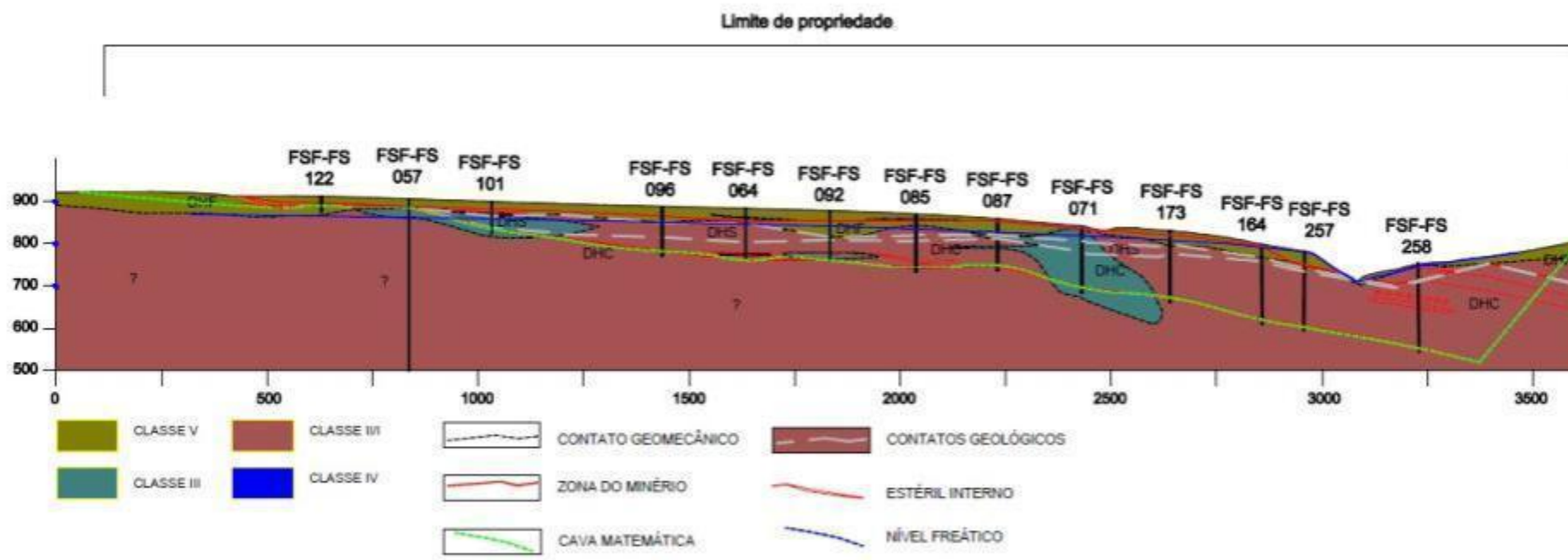


Figura 49: Seção geológico-geotécnica típica da área do Bloco 8 apresentando o Nível Freático.



9.1.2 Recarga e Descarga

A recarga do sistema aquífero na área do Bloco 8 se faz por infiltração direta da precipitação atmosférica nos solos, em áreas que coincidem com os topos dos platôs, onde a topografia é mais elevada. Concebe-se que a taxa de recarga seja baixa devido à natureza argilosa dos materiais que propicia a formação de barreiras hidráulicas. Esse fato pode ser corroborado pela constatação, em campo, dos altos níveis alcançados pela água durante os eventos de precipitação (Figura 50). Segundo relatos de moradores locais, os níveis nos córregos do entorno da área elevam e baixam seu nível muito rapidamente durante a ocorrência de chuvas, o que indica uma elevada taxa de escoamento superficial.



Figura 50: Foto do Córrego Lamarão, a jusante da área do Bloco 8. Próximo à cerca pode-se observar a marca da cheia do córrego.

Uma estimativa precisa da taxa de recarga local só poderá ser feita após a coleta e análise de dados de medição de vazão dos cursos d'água no entorno, durante um ciclo hidrológico completo, pelo menos, por meio de dispositivos tais como vertedouros ou estações limimétricas.

Observando-se o grande número de nascentes encontradas na região (Figura 48) e a pequena distância entres esses pontos e as áreas de recarga, pressupõe-se que o tempo de permanência das águas subterrâneas nesse aquífero superficial seja relativamente curto.

A descarga deste sistema é feita em nascentes que se localizam em praticamente todos os talwegues modelados no terreno. Na área do Bloco 8 todas estas nascentes drenam para o Córrego Lamarão. É importante destacar que, a montante da área da cava, na porção sul do Bloco 8, todas as nascentes drenam para este córrego.

De acordo com os dados medidos nos piezômetros (Anexo C), para o período de 20/05/2011 a 23/07/2011, o nível freático na área do platô do Bloco 8 foi rebaixado (em função da estiagem) a uma taxa de 0,6 cm/dia. Tomando-se a área da bacia do ponto mostrado na Figura 48 como sendo, aproximadamente, 76,34 km² e tomando-se a estimativa de vazão média naquele ponto como sendo de 105 L/s (estimativa feita durante a visita técnica, em período de plena estiagem), pode-se calcular, preliminarmente, a porosidade efetiva do aquífero fissural, cujo valor foi calculado em torno de 2%.

Nota-se que este resultado vai de encontro com a caracterização do sistema feita anteriormente, e ajuda a corroborar alguns pontos importantes deste estudo: primeiro, a constatação da baixa disponibilidade hídrica subterrânea na área dos projetos (em especial do Bloco 8), em função tanto da baixa pluviosidade no local como da baixa taxa de infiltração de água durante os eventos de precipitação. Caso a infiltração de água para subsuperfície fosse maior, haveria capacidade de seu armazenamento no aquífero granular; por último, a constatação de que o armazenamento de água subterrânea nas áreas é baixo e se concentra, principalmente, no sistema aquífero fraturado.



9.1.3 Interferência com a lavra

Considerando a seção esquemática W-E, conforme mostrado na Figura 51 e Figura 52, nota-se que o avanço da lavra na área da cava ocorrerá concomitantemente à disposição de estéril e rejeito na área já lavrada. Dessa forma, a mina do Bloco 8 deverá ser desenvolvida em tiras (*strip mining*), que correrão na direção N-S. Para a análise de como a água subterrânea deverá intervir na mina, é necessário considerar essas duas frentes de avanço: a da escavação e a do preenchimento da cava com o estéril/rejeito.

Na frente da escavação

No início da lavra, quando as tiras estiverem sendo desenvolvidas na parte oeste da cava, não haverá interferência com o lençol freático. Esta somente se manifestará quando a escavação começar a ultrapassar, aproximadamente, 30 m de profundidade (Figura 49). A partir deste ponto, o aporte de água subterrânea na cava será uma constante durante toda a vida do projeto.

As informações coletadas e organizadas neste estudo permitem que se esboce, de forma conceitual, o que seria essa interferência. Ressalta-se que esse esboço é calcado em algumas informações muito preliminares sobre a evolução da cava e em informações qualitativas coletadas e observadas em campo. Somente o desenvolvimento dos estudos hidrogeológicos, em fases posteriores, permitirá aperfeiçoar quantificar as interferências e os aportes de água para a cava.

Em primeiro lugar, observa-se que, conforme expressado anteriormente, a água subterrânea na área do Bloco 8 encontra-se armazenada principalmente na porção fissural do aquífero ali presente; portanto, a maior parte da cobertura de solo e de saprolitos encontra-se não saturada (Figura 49). Do ponto de vista de lavra da mina esse fato é positivo, pois o armazenamento de água nas fraturas (sendo claramente menor do que seria se a porção granular estivesse saturada) acarreta em menor aporte de água para a cava, quando esta estiver sendo desenvolvida em níveis inferiores ao nível freático no entorno. Quando a lavra começar a entrar nos materiais compactos, a água presente na cava será advinda dos materiais superiores, uma vez que o material compacto praticamente não armazena água (aquiclude).

Considerando a baixa armazenabilidade de água subterrânea no aquífero fissural, a grande extensão das tiras de lavra no sentido N-S e baixa taxa de infiltração de água no platô ainda não lavrado, concebe-se que o aporte de água subterrânea para a cava deverá ocorrer por escoamento natural nos taludes, próximo do contato entre o material fraturado e o material compacto. O desaguamento da cava, portanto, poderá ser feito mediante uso de *sumps* estrategicamente localizados nas bermas das cava (tiras), sendo dali, bombeadas para fora da cava. Essa água, portanto, poderá ser interceptada em cotas elevadas (próximas da cota 790 m).

Por fim, ressalta-se que a constante detonação do maciço para promoção da lavra poderá aumentar a densidade do faturamento no maciço. Do ponto de vista do manejo de água subterrânea isso também é positivo, pois permite um escoamento mais rápido da água subterrânea e promove um alívio maior das pressões de água subterrânea nos taludes da cava.

Na frente de disposição de estéril/rejeito

Situação bastante distinta deverá ocorrer na frente de disposição de estéril e rejeito, os quais deverão ocupar a área antes ocupada pelo corpo mineralizado. Em primeiro lugar, nota-se que esse material, disposto de forma combinada, deverá formar um maciço bastante heterogêneo (Figura 51 e Figura 52), formado de blocos de rocha de tamanhos variados assim como de sólidos em fração fina (provavelmente com distribuição granulométrica similar à de uma areia).

Dessa forma, esse maciço poderá apresentar boas condições de armazenamento de água nas suas porções inferiores, na medida em que a fração fina for se deslocando verticalmente e se adensando. Além disso, o material superior deverá se apresentar totalmente favorável à infiltração de água. Assim, a pilha de estéril/rejeito que se formará na retaguarda da frente de lavra deverá se constituir em material com boa capacidade de armazenamento e condução de água subsuperficial (o que a define como aquífero), cuja quantidade de água (em termos de volume/área de infiltração) deverá ser muito superior àquela presente no aquífero original.



ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS

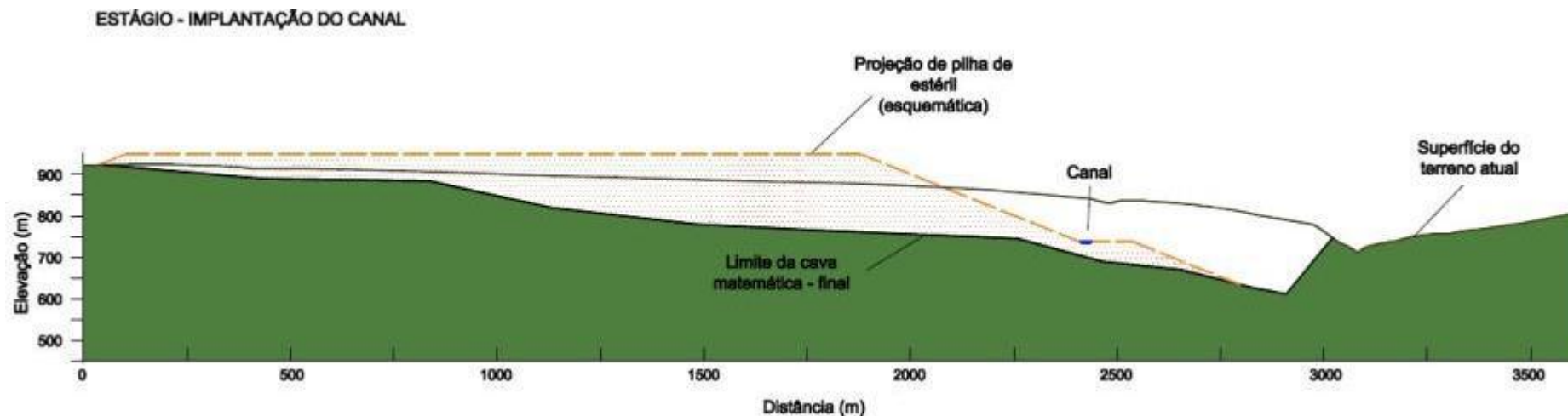


Figura 51: Seção da área da cava do Bloco 8 apresentando o limite da cava no início da implantação do canal e a projeção esquemática da pilha de rejeitos.

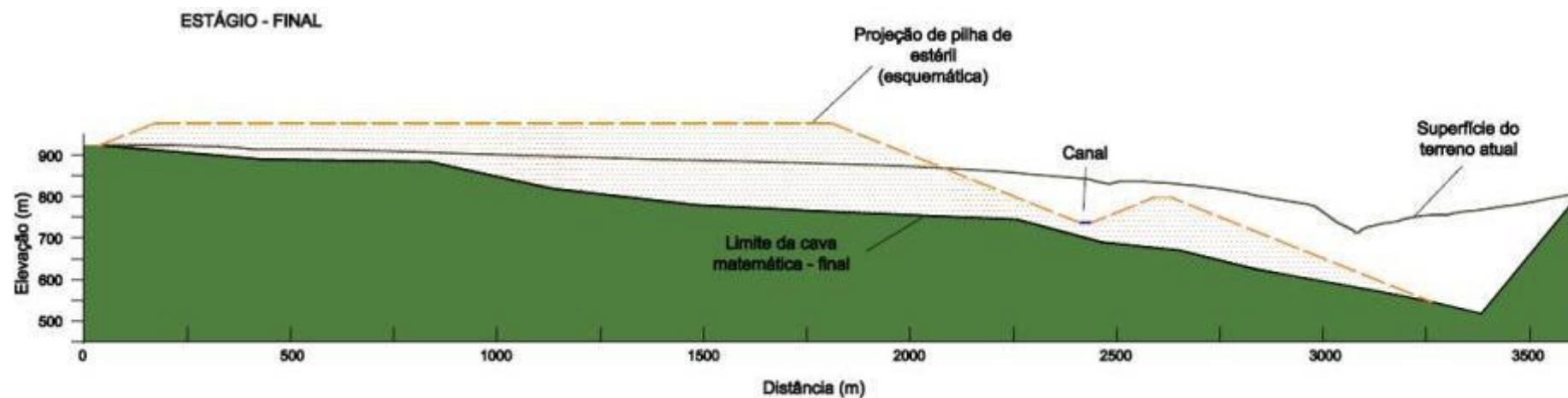


Figura 52: Seção da área da cava do Bloco 8 apresentando o limite final da cava e a projeção da pilha de estéril final.



Assim, concebe-se que o pé da pilha de estéril/rejeito, assentado sobre o maciço compacto, deverá ser uma área com constante descarga de água subterrânea, provinda da própria pilha.

Dessa forma, o manejo de água subterrânea para prover o desaguamento da frente de lavra deverá levar esse fato em consideração. Caso o maciço da pilha não receba nenhum tratamento específico (como construção de barreiras horizontais), o desaguamento dessa água deverá ser realizado quase sempre nas cotas mais inferiores da frente de lavra, mediante uso de *sumps*, possivelmente.

Após o cessamento da lavra, a tendência natural é de que se forme um lago na área compreendida entre o canal de desvio e a borda leste da cava. O ponto extravasor desse lago deverá ser no encontro do eixo original do córrego Lamarão e a borda da cava, na sua porção norte. De certa forma, o crescimento dessa pilha de rejeito/estéril sobre a área lavrada acarretará, também, uma mudança no regime hidrológico dos cursos d'água no entorno da cava, especialmente no córrego Lamarão, após o descomissionamento da mina. Isso porque essa pilha de rejeito/estéril deverá ter comportamento oposto àquele presente na área nas condições atuais, quais sejam: o maciço promoverá uma maior taxa de infiltração de águas meteóricas que, uma vez infiltradas, poderão ser liberadas mais uniformemente nos pontos de descarga, notadamente no lago que se formará na parte leste da cava.

Ressalta-se, aqui, que este modelo de interferência da água subterrânea com a lavra é somente um esboço e não considera diversas questões geotécnicas relevantes tais como a estabilidade da pilha de estéril/rejeito em condições de saturação parcial ou total. Também não foram consideradas questões do desaguamento da cava relativas à precipitação direta que, via de regra, condiciona de forma preponderante o dimensionamento dos componentes do sistema de desaguamento (sumps, bombas, adutoras etc.)

9.2 Bloco 7

Diferentemente do Bloco 8, o Bloco 7 encontra-se em estágio ainda preliminar de pesquisa geológica e mineral. Para a elaboração deste relatório, ainda não estavam disponíveis informações referentes às cavas operacionais neste Bloco e nem a classificação geotécnica dos maciços ali presentes. Portanto, o modelo hidrogeológico conceitual para o Bloco 7, aqui apresentado, também reflete esse caráter preliminar dos estudos, ficando restrito a uma primeira descrição da dinâmica hídrica subsuperficial daquela área.

9.2.1 Superfície Freática e Padrão de Escoamento Subsuperficial

Na área do Bloco 7, a direção do fluxo subsuperficial se dá de forma radial (Figura 53), sendo que as maiores elevações do nível freático, também coincidem com as maiores elevações topográficas, como já era esperado. Nas áreas mais elevadas, o lençol é atingido a partir de uma profundidade média de 22 m. Na medida em que se aproxima dos fundos de vales, essa profundidade diminui. No Bloco 7, as camadas estratigráficas apresentam mergulho para sudeste, o que parece exercer alguma influência sobre o fluxo subsuperficial que, apesar de se apresentar de forma radial, parece ser mais proeminente nesta direção.

É importante ressaltar que a conformação do lençol freático mostrado na Figura 53 é tão somente uma primeira representação, baseada em escassos dados; portanto, passível de aprimoramento quando mais dispositivos para medição de nível d'água forem instalados na área.

Com base nas poucas informações disponíveis para o estudo da área do Bloco 7 (essencialmente testemunhos de sondagem e inspeções de campo), estima-se que a porção granular do sistema aquífero apresenta espessura média de 40 m. A porção fissural, por sua vez, apresenta, em média, 30 m de espessura. As medidas de profundidade do nível freático realizadas no período de Fevereiro a Julho de 2011 na área mostram uma cota média para a superfície freática de 837 m para todo o período (Anexo C).



Desta forma, conclui-se que, diferentemente da área do Bloco 8 e em caráter preliminar que, na área do Bloco 7, a água subterrânea encontra-se armazenada tanto na porção fissural quanto na porção granular do sistema aquífero misto. Portanto, partindo-se desta premissa, pode-se deduzir que haja uma maior capacidade de armazenamento de água em subsuperfície na região do Bloco 7 do que na área do Bloco 8. Somente estudos mais aprofundados das vazões de deflúvio nas duas áreas poderiam corroborar ou refutar essas afirmativas.

Isto posto, pode-se esperar, também, que haja maiores interferências da mina do Bloco 7 com o lençol freático, acarretando em maiores aportes de água subterrânea para cava. Porém essa afirmativa tem caráter mais especulativo, visto que seria necessário ter uma configuração da cava para que fossem feitos prognósticos mais precisos.

9.2.2 Recarga e Descarga

A recarga do sistema aquífero na área do Bloco 7 também se faz por infiltração direta da precipitação atmosférica nos solos, ocorrendo principalmente nas áreas de topografia mais elevada, ou seja, nos platôs. Mas, também em virtude da natureza argilosa dos materiais na área, concebe-se que a taxa de recarga seja baixa. Uma estimativa de recarga mais precisa só poderá ser feita após a coleta e análise de dados de vazão dos cursos d'água, no entorno, durante, pelo menos, um ciclo hidrológico completo.

A descarga de água subterrânea é feita por diversas nascentes localizadas nas bordas dos platôs, muitas vezes em locais de difícil acesso. Embora o número de nascentes cadastradas na área do Bloco 7 seja menor, não está claro, ainda se este menor número se deve ao estágio ainda preliminar dos estudos naquela área.

Um primeiro cálculo da porosidade efetiva do sistema, usando a descarga líquida estimada no córrego Caiçara (125 L/s para uma área de contribuição de 57,1 km²), concomitantemente a uma depleção do lençol freático de 0,5 cm/dia, resulta num valor de aproximadamente 4%. Este valor é praticamente o dobro daquele verificado no Bloco 8 e que corrobora, de forma muito preliminar, um aumento do armazenamento no sistema aquífero causado pela saturação de parte do aquífero granular.

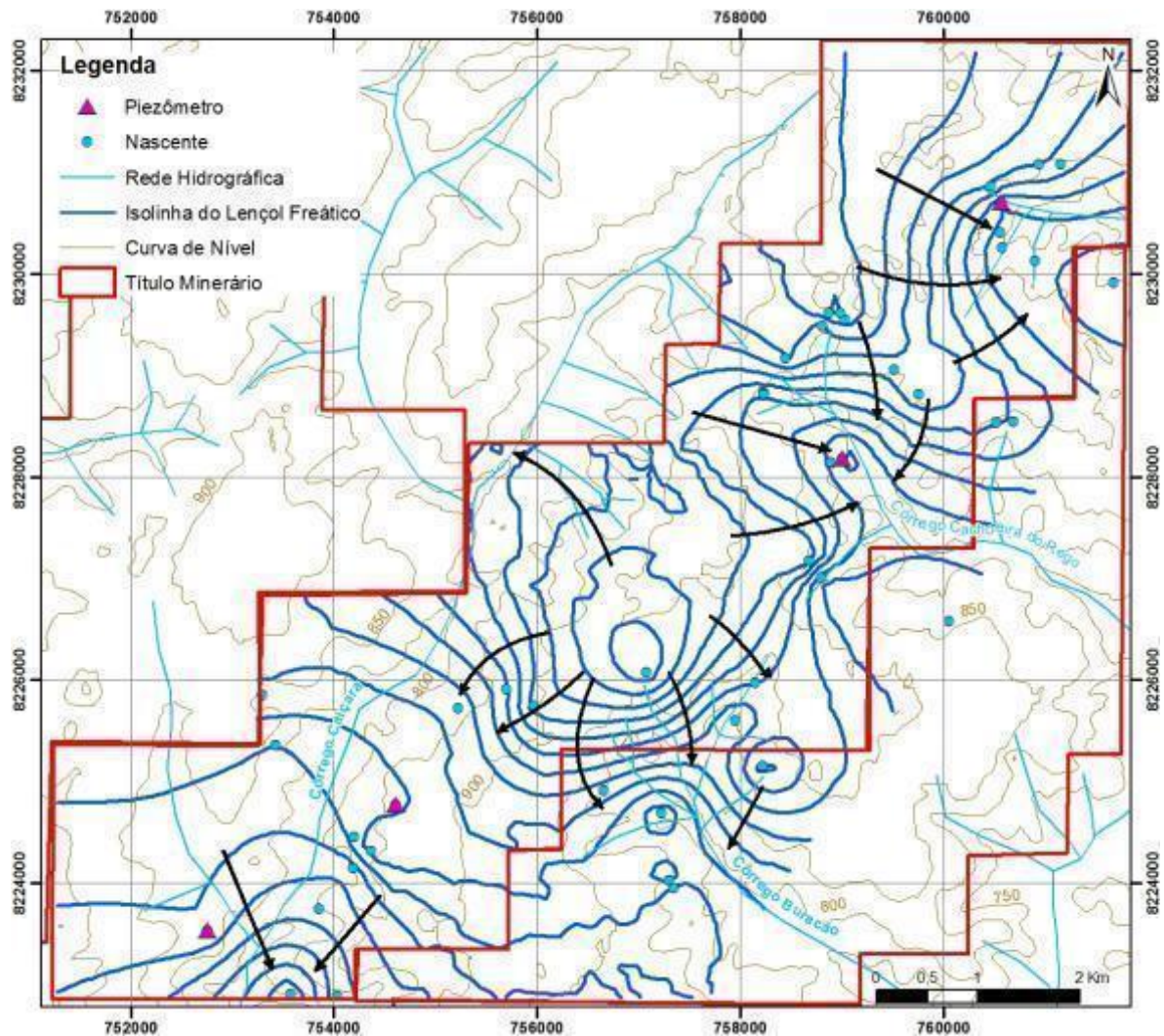


Figura 53: Superfície potenciométrica da área do Bloco 7.

10.0 CONCLUSÕES

10.1 Estudos Hidrológicos

Os estudos hidrológicos desenvolvidos pela Golder para área dos sites iniciaram-se no 1º semestre de 2010, a partir de uma caracterização regional da disponibilidade hídrica. O objetivo deste trabalho era avaliar a oferta hídrica dos cursos d'água na região do empreendimento a partir de uma demanda hídrica estimada (4.750 m³/h). As principais conclusões derivadas naquele estudo foram:

- A oferta hídrica dos cursos d'água localizados nas proximidades do empreendimento não permite o atendimento à demanda estimada em caso de captação a fio d'água (sem barramento);
- A sub-bacia do rio Vacaria é capaz de regularizar a vazão necessária à manutenção das atividades minerárias, caso seja construído um barramento sobre o curso d'água homônimo, respeitando-se o limite mínimo para área de contribuição de 1.050 km²;



- Os volumes de reservação deveriam variar entre 18,4 Mm³ e 25,0 Mm³, em função da área de contribuição ao barramento;
- Os tributários do rio Vacaria, localizados a montante da estação fluviométrica considerada no estudo, não possuem capacidade de regularizar a demanda hídrica avaliada.

Na sequência, os estudos orientaram-se por fornecer subsídios para uma análise comparativa entre fontes de captação de água. A água bruta destinada ao empreendimento, conforme descrito acima, em função da demanda estimada e das expectativas quanto à disponibilidade hídrica subterrânea deveria ser captada em um reservatório formado pelo barramento de um curso d'água.

Ao todo foram analisadas 4 fontes primárias para abastecimento, cuja combinação resultou em um total de 5 alternativas. Maiores detalhes quanto às alternativas/ combinações avaliadas podem ser vistas nos documentos supracitados.

No estágio atual, duas alternativas ainda são consideradas:

- i) Captação no reservatório da AHE Irapé, construída para fins de geração hidroelétrica; e
- ii) Barragem a ser construída sobre o rio Vacaria, previamente prevista pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra a Seca) para perenização do trecho fluvial a jusante do barramento.

É válido ressaltar que o último estudo de *trade-off* desenvolvido (agosto de 2011) considerou uma demanda hídrica de 6.200 m³/h, o que corresponde a uma elevação de cerca de 30% em relação à estimativa considerada nos estudos anteriores. Ademais, este estudo indicou que os valores envolvidos na implantação e manutenção da alternativa (ii) são inferiores ao da alternativa (i).

Em função da distância entre a área prevista para implantação da planta e a fonte primária de abastecimento de água bruta, a equipe da Golder sugeriu a SAM a avaliação de uma estrutura de reservação secundária para suprimento de água em situações excepcionais. Foram estudadas três alternativas locais (Tabela 5 e Figura 9), permitindo obter as seguintes conclusões:

- Os reservatórios associados às alternativas avaliadas possuem áreas similares;
- O maciço associado à alternativa 3 possui volume em média 37 e 47% inferior ao das alternativas 1 e 2, respectivamente. A alternativa 2 possui os maiores volumes de maciço;
- O vertedouro associado à alternativa 1 possui um perímetro 39% inferior ao das alternativas 2 e 3;
- Em relação aos decretos de pesquisa do DNPM, a alternativa 01 é a única que se encontra 100% dentro da área de pesquisa da SAM. A alternativa 02 é a que possui a maior área fora destes limites;
- As alternativas estudadas foram classificadas em categorias de potencial de dano ambiental nas Classes III (Alto) e II (Médio), o que indica necessidade de acompanhamento anual ou a cada 2 anos, com elaboração de relatório de inspeção de segurança por profissional habilitado a ser protocolizado na FEAM, respectivamente.

As perdas hídricas associadas ao Reservatório Pulmão (percolação e evaporação) foram consideradas constantes e iguais ao volume regularizado em 1 (um) dia para todos os cenários avaliados. Estas premissas devem ser reavaliadas em um estudo de balanço hídrico dos reservatórios. O pré-dimensionamentos dos vertedouros associados às alternativas avaliadas foram desenvolvidos para um tempo de retorno igual a 10.000 anos.



A seleção de uma das alternativas avaliadas deve considerar também a construção e manutenção da adutora que interligará o Reservatório Pulmão à Planta de Beneficiamento. No presente estudo, não foram elaborados estudos detalhados visando definir as melhores alternativas de caminhamento e posicionamento das estruturas de captação e estações elevatórias.

Para o caminhamento das adutoras, considerou-se a projeção em linha reta dos maciços das barragens até a área da planta. A altura máxima de bombeamento foi determinada considerando o desnível entre a área da planta (El. 880 m) e o nível de água mínimo normal de operação da barragem. O volume morto considerado em todas as alternativas foi igual a 200.000 m³. O pré-dimensionamento elaborado baseou-se na estimativa de potências requeridas (cálculo teórico) e em estudos preliminares de definição de diâmetro ótimo de adução. Os resultados apresentados na Tabela 7 indicam que:

- A alternativa 3 apresenta uma distância em relação à planta cerca de 46% e 65% inferior ao das alternativas 1 e 2, respectivamente.
- A alternativa 3 apresenta um desnível geométrico cerca de 19% superior as alternativas 1 e 2;
- A potência instalada necessária a adução dos volumes descritos é similar para todas as alternativas avaliadas.

Em termos econômicos, a alternativa 3 apresentou os menores valores em todos os indicadores calculados, considerando-se os custos para implantação (CAPEX) e operação (OPEX) dos sistemas de adução e da construção dos maciços dos barramentos para reservação de 30 dias, pois:

- Em termos de custos de investimento (CAPEX) as alternativas 1 e 2 apresentam valores cerca de 94% e 66% superiores a alternativa 3, respectivamente;
- A alternativa 2 apresenta custo operacional (OPEX) muito próximo ao da alternativa 3. A alternativa 1, no entanto, apresenta valores aproximadamente 15% superiores aos da alternativa 3;
- O NPC segue a tendência indicada pelos índices anteriores e apresenta valores cerca de 35% e 17% superiores para as alternativas 1 e 2, respectivamente, em relação à alternativa 3.

Em relação ao dimensionamento do sistema de desvio dos córregos Lamarão e Mundo Novo, o estudo foi desenvolvido com o objetivo de estimar, em nível conceitual, parâmetros de projeto associados às estruturas de desvio: (i) seção transversal; e (ii) comprimento; considerando a influência do amortecimento gerado pelo Reservatório Pulmão e a Barragem de Rejeitos sobre as vazões em trânsito nos cursos d'água.

Os critérios de projeto considerados nos pré-dimensionamentos desenvolvidos foram:

- Tempo de retorno: 50 anos;
- Seção transversal dos canais: trapezoidal;
- Material de revestimento dos canais: enrocamento;
- Declividade longitudinal média: 0,5%.



10.2 Estudos Hidrogeológicos

Este relatório apresentou a caracterização hidrogeológica preliminar para as áreas dos Blocos 7 e 8, onde a Sul Americana de Metais pretende implantar projetos para exploração de minério de ferro.

No Bloco 8, em função do adiantamento dos trabalhos de pesquisa exploratória, o conhecimento geológico e hidrogeológico encontra-se mais avançado do que no Bloco 7, onde os estudos de pesquisa ainda estão incipientes. Não obstante, foi possível elaborar, a partir de dados secundários e de dados primários, um modelo hidrogeológico conceitual preliminar para ambos os Blocos.

No Bloco 8, a água subterrânea encontra-se armazenada principalmente em sistema aquífero fissural, composto pelos metadiamicititos semicompatos fraturados. Apesar de existir uma capacidade latente de armazenamento muito grande no sistema granular sobrejacente, concebe-se que esta não se realiza principalmente pela baixa pluviosidade anual na área, e, também, principalmente, pela baixa taxa de infiltração de águas pluviais para subsuperfície, causada pela presença de coberturas argilosas nos topos dos platôs.

O desaguamento do sistema aquífero fraturado na frente de lavra do Bloco 8 muito provavelmente poderá ser gerenciado aproveitando-se do escoamento natural da água subterrânea pelos taludes, por gravidade, sendo usados *sumps* estrategicamente escavados nas bermas para coleta e recalque da água para fora da cava. Por outro lado, o empilhamento de estéril/rejeito na retarguarda da frente de lavra poderá alterar significativamente o comportamento hidrológico na área, pela eventual criação de um novo sistema aquífero granular na pilha (onde esta for composta predominantemente por materiais de granulometria fina).

No Bloco 7, a quantidade de dados primários e secundários é menor. No entanto, dados de profundidade do nível freático coletados em piezômetros instalados na área, associados à inspeção de alguns testemunhos de sondagem exploratória, dão a entender que o armazenamento de água subterrânea é feito tanto na parte inferior do aquífero granular quanto no aquífero fissural sotoposto. Desta forma, de maneira muito preliminar, pode-se conceber que a futura mina na área do Bloco 7 poderá sofrer maior interferência de águas subterrâneas do que a mina do Bloco 8. Entretanto, como ainda não existem informações sobre os planos de lavra para o Bloco 7, não é possível tecer comentários mais elaborados sobre este aspecto.

11.0 RECOMENDAÇÕES

11.1 Estudos Hidrológicos

A Golder recomenda como atividades subsequentes a este trabalho:

- Implantação do plano de monitoramento de águas superficiais e subterrâneas de forma a ampliar o conhecimento sobre as vazões e o regime nos cursos de água atingidos pelo empreendimento. Uma proposta para este plano é apresentada no Anexo G;
- Elaboração do plano diretor de drenagem que contemple o desenvolvimento do plano de lavra incluindo o sequenciamento das estruturas para desvio dos cursos de água e contenção de sedimentos e *sumps* para desaguamento das cavas;
- Elaboração do balanço hídrico do empreendimento, que integrará todas as fontes de suprimento hídrico (barragem Vacaria, reservatório Pulmão, barragem de rejeitos, *sumps* da cava) acoplado ao manejo do reservatório da barragem de rejeitos para minimizar as captações no rio Vacaria;
- Elaboração do plano do manejo de rejeitos no reservatório da barragem de rejeitos e do plano de disposição de estéréis e rejeitos no interior da cava, avaliando alternativas tecnológicas, visando otimizar a ocupação e reduzir os custos de disposição, se possível



contando com resultados de ensaios acerca das propriedades dos rejeitos (declividade de praia, adensamento, etc);

- Em relação às barragens, uma vez selecionadas as alternativas, desenvolvimento de projetos conceituais, básicos e executivos, sendo que este último contemplando manual de operação e plano de descomissionamento;
- Uma vez que as barragens situam-se a montante da área das cavas, elaboração de análise de risco e plano de emergência que contemple as ações a tomar em caso de ruptura das barragens, visando à mitigação dos riscos ao meio ambiente, vidas humanas e ao patrimônio.

11.2 Estudos Hidrogeológicos

Para que o conhecimento sobre o comportamento hidrogeológico dos aquíferos nas áreas dos projetos seja aprofundado e para que seja possível refinar o modelo hidrogeológico ora apresentado, são feitas as seguintes recomendações:

- Implantar o plano de investigações hidrogeológicas e de monitoramento que contemplem, além da implantação e operação dos dispositivos apresentados no Anexo G, a caracterização hidroquímica das águas superficiais e subterrâneas;
- Incrementar o número de piezômetros na área do Bloco 7, para o aprimoramento da conformação do lençol freático naquela região;
- Elaborar um modelo hidrogeológico computacional para simulação do comportamento hidrodinâmico subsuperficial e para estabelecimento de cenários para estudo quantitativo das interferências da lavra nos recursos hídricos e vice-versa.

12.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKMIM, F.F., MARSHAK, S., PEDROSA-SOARES, A.C., PERES, G.G., CRUZ, S.C.P., WHITTINGTON, A. Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during The Neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambrian Research*, 149: 43-64, 2006.

ALKMIM, F.F., PEDROSA-SOARES, A.C., NOCE, C.M., CRUZ, S.C.P. Sobre a evolução tectônica do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental. *Geonomos*, 15(1): 25-43. Hoffman, P.P., Schrag, D.P. 1999. The Snowball Earth. Disponível em: http://wwweps.harvard.edu/people/faculty/hoffman/snowball_paper.html, 2007.

ANANNDALE, G. W. Scour Technology. Mechanics and Engineering Practice. McGraw –Hill Civil Engineering Series. 1a ed. 2006. 430 p.

ARACEMA, L.W., NEVES, A.C., FERREIRA, J.C., PEDROSA-SOARES, A.C., LOBATO, L.M. & NOCE, C.M. Novas evidências de remanescentes oceânicos na Faixa Araçuaí: As rochas metaultramáficas de São José da Safira. *Geonomos*, 8 (1): 55-61, 2000.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM. Deliberação Normativa COPAM nº 62, de 17 de dezembro de 2002. Dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Diário do Executivo “Minas Gerais”, 21 de dezembro de 2002.

_____. Deliberação Normativa COPAM nº 87, de 17 de junho de 2005. Altera e complementa a Deliberação Normativa COPAM N.º 62, de 17/12/2002, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte:



- Diário do Executivo “Minas Gerais”, 18 de junho de 2005. Republicada em 06 de setembro de 2005.
- CPRM – Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais. Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS). Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php, 2011.
- GROSSI-SAD, J.H., LOBATO, L.M., PEDROSA-SOARES, A.C. & SOARES-FILHO, B.S. Projeto Espinhaço em CD-ROM. CODEMIG, Belo Horizonte, 2693 p. e 23 mapas, 1997.
- KARFUNKEL, J. & HOPPE, A. Late Precambrian glaciation in central-eastern Brazil: Synthesis and model. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 65, 1-21, 1988.
- KARFUNKEL, J., PEDROSA-SOARES, A. C. & DOSSIN, I. A. O Grupo Macaúbas em Minas Gerais: revisão dos conhecimentos. *Boletim do Núcleo Minas Gerais – Sociedade Brasileira de Geologia*, 5: 45-59, 1985.
- MARSHAK, S., ALKMIM, F.F., WHITTINGTON, A., PEDROSA-SOARES, A.C. Extensional collapse in the neoproterozoic Araçuaí orogen, eastern Brazil: a setting for reactivation of symmetric crenulation cleavage. *Journal of Structural Geology*, 28: 129-147, 2006.
- MARTINS-NETO, M.A., PEDROSA-SOARES, A.C. & LIMA, S.A.A. Tectono-sedimentary evolution of sedimentary basins from Late Paleoproterozoic to Late Neoproterozoic in the São Francisco craton and Araçuaí fold belt, eastern Brazil. *Sedimentary Geology*, 141/142: 343-370, 2001.
- MARTINS-NETO, M.A. & HERCOS, C. M. Sedimentation and tectonic setting of Early Neoproterozoic glacial deposits in southeastern Brazil. In: Altermann, W. & Corcoran, P. L. (eds) *Precambrian Sedimentary Environments: A Modern Approach to Ancient Depositional Systems*. International Association of Sedimentologists, Special Publications, 33, 383-403, 2002.
- MARTINS, M. S. Geologia dos diamantes e carbonados aluvionares da bacia do Rio Macaúbas, MG. PhD thesis, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- MOURÃO, M. A. A. & PEDROSA-SOARES, A. C. Evidências de sedimentação turbidítica no Grupo Macaúbas, Faixa Araçuaí. *Revista Escola de Minas de Ouro Preto*, 45, 94-96, 1992.
- NOCE, C.M., PEDROSA-SOARES, A.C., GROSSI-SAD, J.H., BAARS, F.J., GUIMARÃES, M.L.V., MOURÃO, M.A.A., OLIVEIRA, M.J.R., ROQUE, N.C. Nova Divisão Estratigráfica Regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: O Registro de uma Bacia Neoproterozóica. *Boletim do Núcleo Minas Gerais - Sociedade Brasileira de Geologia*, 14: 29-31, 1997
- PEDROSA-SOARES, A.C., NOCE, C.M., VIDAL, PH., MONTEIRO, R.L.B.P., LEONARDOS, O.H. Towards a new tectonic model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil)-West Congolian (SW African) Belt. *Journal of South American Earth Sciences*, 6(1/2): 33-47, 1992
- PEDROSA-SOARES, A.C. Potencial aurífero do Vale do Araçuaí, Minas Gerais: história da exploração, geologia e controle tectono-metamórfico. Brasília, IG-UnB, Tese de Doutorado, 1995.
- PEDROSA-SOARES, A.C. Geologia da Folha Jenipapo. In: J.H. Grossi-Sad, L.M. Lobato, A.C. Pedrosa-Soares & B.S. Soares-Filho (eds), *Projeto Espinhaço em CD-ROM*. Belo Horizonte, CODEMIG, p. 1053-1198, 1997.
- PEDROSA-SOARES, A.C. & GROSSI-SAD, J.H. Geologia da Folha Minas Novas. In: J.H. Grossi-Sad, L.M. Lobato, A.C. Pedrosa-Soares & B.S. Soares-Filho (eds), *Projeto Espinhaço em CD-ROM*. Belo Horizonte, CODEMIG, p. 952-1052, 1997.



- PEDROSA-SOARES, A.C. & NOCE, C.M. Where is the suture zone of the Neoproterozoic Araçuaí-West-Congo orogen? In: Conference on Basement Tectonics, 14, Ouro Preto. UFOP, Extended Abstracts, p. 35-37, 1998.
- PEDROSA-SOARES, A.C., VIDAL, P., LEONARDOS, O.H. & BRITO-NEVES, B.B. Neoproterozoic oceanic remnants in eastern Brazil: Further evidence and refutation of an exclusively ensialic evolution for the Araçuaí-West Congo orogen. *Geology*, 26: 519-522, 1998.
- PEDROSA-SOARES, A.C. & WIEDEMANN-LEONARDOS, C.M. Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, Eastern Brazil. In: U. Cordani, E. Milani, A. Thomaz-Filho & D. A. Campos (eds), *Tectonic Evolution of South America*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 265-285, 2000.
- PEDROSA-SOARES, A.C., NOCE, C.M., WIEDEMANN, C.M. & PINTO, C.P. The Araçuaí–West Congo orogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanland assembly. *Precambrian Research*, 110: 307-323, 2001.
- PEDROSA-SOARES, A.C., NOCE, C.M., ALKMIM, F.F., SILVA, L.C., BABINSKI, M., CORDANI, U., CASTAÑEDA, Corógeno Araçuaí: Síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. *Geonomos*, 15(1): 1-16, 2007.
- PEDROSA-SOARES, A.C., ALKMIM, F.F., TACK, L., NOCE, C.M., BABINSKI, M., SILVA, L.C. & MARTINS-NETO, M.A. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí-West Congo orogen. In: Pankhurst, R. J., Trouw, R. A. J., Brito Neves, B. B. & De Wit, M. J. (eds) *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region*. Geological Society, London, Special Publications, 294, 153-172, 2008
- QUEIROGA, G. N., PEDROSA-SOARES, A. C., QUÉMÉNEUR, J. & CASTAÑEDA, C. A unidade metassedimentar do ofiolito de Ribeirão da Folha, Orógeno Araçuaí, Minas Gerais: petrografia, geotermobarometria e calcografia. *Geonomos*, 14, 9-12, 2006.
- QUEIROGA, G.N., PEDROSA-SOARES, A.C., NOCE, C.M., ALKMIM, F.F., PIMENTEL, M.M., DANTAS, E., MARTINS, M., CASTAÑEDA, C., SUITA, M.T.F. & PRICHARD, H. Age of the Ribeirão da Folha ophiolite, Araçuaí Orogen: The U-Pb Zircon (la-icpms) dating of a plagiogranite. *Geonomos*, 15(1): 61-65, 2007
- RICE, A.H.N., HALVERSON, G.P., HOFFMAN P.F. Three for the Neoproterozoic: Sturtian, Marinoan and Varangerian Glaciations. *Geophysical Research Abstracts*, 5: 11425, 2003.
- ROBINSON, K. M. RICE, C. E. KADAVY, K. C. Design of Rock Chutes. *Transactions of the ASAE*. v. 41. n. 3. p.621-626. 1998.
- SUITA, M.T.F., PEDROSA-SOARES, A.C., LEITE, C., NILSON, A.A. & PRICHARD, H. Complexos Ofiolíticos do Brasil e a Metalogenia Comparada das Faixas Araçuaí e Brasília. In: E. Pereira, R. Castroviejo & Ortiz, F. (eds), *Complejos Ofiolíticos en Iberoamérica: guías de prospección para metales preciosos*. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-CYTED, Madrid, p. 101-132, 2004.
- UHLEIN, A. Transição craton-faixa dobrada: um exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (Ciclo Brasileiro) no Estado de Minas Gerais: Aspectos estratigráficos e estruturais. São Paulo, IG-USP, Tese de Doutorado, 1991.
- UHLEIN, A., TROMPETTE, R.R. & EGYDIO-SILVA, M. Proterozoic rifting and closure, SE border of the São Francisco Craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 11(2): 191-203, 1998.
- UHLEIN, A., TROMPETTE R. & ALVARENGA, C. Neoproterozoic glacial and gravitational sedimentation on a continental rifted margin: The Jequitá-Macaúbas sequence (Minas Gerais, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 12, 435-451, 1999.



UHLEIN, A., TROMPETTE, R.R. & EGYDIO-SILVA, M., VAUCHEZ, A. A Glaciação Sturtiana (~750 Ma), a Estrutura do rifte Macaúbas-Santo Onofre e a Estratigrafia do Grupo Macaúbas, Faixa Araçuaí. *Geonomos*, 15(1): 45-60, 2007.

VILELA, F. T. Caracterização de Metadiamicrititos Ferruginosos de Formação Nova Aurora (Grupo Macaúbas, Orógeno Araçuaí) a Oeste de Salinas, MG. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

VIVEIROS, J.F.M., SÁ, E.L., VILELA, O.V., SANTOS, O.M., MOREIRA, J.M.P., HOLDER-NETO, F. & VIEIRA, V.S. Geologia dos vales dos rios Peixe Bravo e Alto Vacaria, norte de Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Recife. SBG, Anais, v. 1, p. 243-254, 1978.

GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.

Aloysio P. M. Saliba
Engenheiro Civil, Dr. Recursos Hídricos EEUFMG

Honório Lima
Engenheiro de Minas Master

AS/HL/ib

Golder, Golder Associates e os símbolos GA e globo são marcas registradas da Golder Associates Corporation.

q:\3-projetos\2011\4-recursos hidricos\119 515 4003_sam\3-relatorio\rt-001_119-515-4003_02-j\1-texto\rt-001_119-515-4003_02-j.docx



ANEXO A

MEMORANDO TÉCNICO DE ANÁLISE DO MATERIAL DA ÁREA DE EMPRÉSTIMO – PROJETO VALE DO RIO PARDO

DATA 20 de Outubro, 2011**Nº DE REFERÊNCIA** MT-001_119-515-4003_00-C**PARA** Marco Túlio
SAM - Sul Americana de Metais S/A.**CC** aportes@golder.com.br; ssilva@golder.com.br; jmafra@golder.com.br**DE** Francisco Eustáquio**E-MAIL** fesilva@golder.com.br**ANÁLISE DO MATERIAL DA ÁREA DE EMPRÉSTIMO – PROJETO VALE DO RIO PARDO****1.0 INTRODUÇÃO**

O presente memorando tem o objetivo de apresentar a análise dos ensaios realizados na trincheira da área de empréstimo, objetivando a seleção de materiais para compactação da Barragem do Reservatório Pulmão.

2.0 ENSAIOS LABORATORIAIS

A Tabela 1 apresenta a programação de ensaios laboratoriais para as amostras deformadas da trincheira localizada na área de empréstimo analisada. Foram analisadas ao todo 6 amostras.

Tabela 1: Ensaios Analisados nos Solos da Área de Empréstimo (Amostras Deformadas)

Tipo de Ensaio	Amostras
Granulometria conjunta	2011.4187, 2011.4188, 2011.4190, 2011.4191, 2011.4192, 2011.4193
Massa específica dos grãos	
Determinação do teor de umidade natural	
Limites Atterberg (LL e LP)	
Compactação na energia do "Proctor Normal"	

2.1 Caracterização e Classificação das Amostras

A partir dos ensaios de granulometria conjunta e limites de liquidez e plasticidade pode-se caracterizar os tipos de amostras de solos que ocorrem nas áreas de empréstimo, classificá-los de acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) e elaborar a carta de plasticidade do solo. A Figura 1 apresenta a carta de plasticidade com os valores dos ensaios de limites de liquidez e plasticidade e a Tabela 2 apresenta a classificação SUCS.

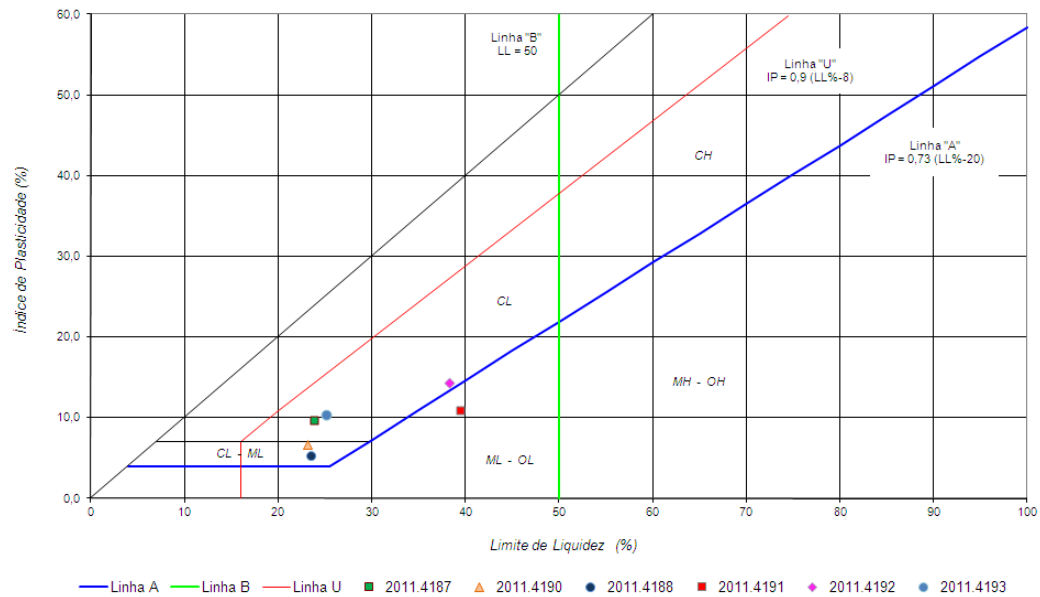


Figura 1: Carta de plasticidade do solo analisado.

Tabela 2: Tabela de Classificação SUCS

CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA - ÁREA DE EMPRÉSTIMO SUL AMERICANA DE METAIS S/A											
REGISTRO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	VALOR	GRANULOMETRIA - NBR 6502/95		CATEGORIA DO SOLO	ATIVIDADE DA ARGILA		SÍMBOLO DO GRUPO SUCS	CLASSIFICAÇÃO SUCS	
				(%)	(%)		(A _c)	ATIVIDADE			
2011.4187	Limite de Liquidez (LL)	%	23,80	Argila	f < 0,002 mm	SOLO GRANULAR	2,33	ATIVA	SC	Areia argilosa	
	Limite de Plasticidade (LP)	%	14,10	Silte	(0,002 < f < 0,06) mm						
	Índice de Plasticidade (IP)	%	9,80	Areia fina	(0,06 < f < 0,2) mm						
	Umidade Natural	%	6,40	Areia média	(0,2 < f < 0,6) mm						
	Umidade Higroscópica	%	2,80	Areia grossa	(0,6 < f < 2,0) mm						
	Massa específica real dos grãos	(g/cm³)	2,589	Pedregulho	f > 2,0 mm						
	Permeabilidade (K)	cm/s	-	Solos Grossos	% Passante # 4						
	Profundidade do ensaio	m	-	Solos Finos	% Passante # 200						
2011.4188	Limite de Liquidez (LL)	%	23,50	Argila	f < 0,002 mm	SOLO GRANULAR	1,96	ATIVA	GP-GC-GM	Pedregulho malgradoado silto-argiloso com areia	
	Limite de Plasticidade (LP)	%	18,20	Silte	(0,002 < f < 0,06) mm						
	Índice de Plasticidade (IP)	%	5,30	Areia fina	(0,06 < f < 0,2) mm						
	Umidade Natural	%	4,90	Areia média	(0,2 < f < 0,6) mm						
	Umidade Higroscópica	%	4,00	Areia grossa	(0,6 < f < 2,0) mm						
	Massa específica real dos grãos	(g/cm³)	3,152	Pedregulho	f > 2,0 mm						
	Permeabilidade (K)	cm/s	-	Solos Grossos	% Passante # 4						
	Profundidade do ensaio	m	-	Solos Finos	% Passante # 200						
2011.4190	Limite de Liquidez (LL)	%	23,10	Argila	f < 0,002 mm	SOLO GRANULAR	1,06	NORMAL	SC-SM	Areia argilo-siltosa	
	Limite de Plasticidade (LP)	%	16,40	Silte	(0,002 < f < 0,06) mm						
	Índice de Plasticidade (IP)	%	6,80	Areia fina	(0,06 < f < 0,2) mm						
	Umidade Natural	%	7,20	Areia média	(0,2 < f < 0,6) mm						
	Umidade Higroscópica	%	0,20	Areia grossa	(0,6 < f < 2,0) mm						
	Massa específica real dos grãos	(g/cm³)	2,691	Pedregulho	f > 2,0 mm						
	Permeabilidade (K)	cm/s	-	Solos Grossos	% Passante # 4						
	Profundidade do ensaio	m	-	Solos Finos	% Passante # 200						
2011.4191	Limite de Liquidez (LL)	%	39,40	Argila	f < 0,002 mm	SOLO FINO	0,24	INATIVA	ML	Silte arenoso	
	Limite de Plasticidade (LP)	%	28,40	Silte	(0,002 < f < 0,06) mm						
	Índice de Plasticidade (IP)	%	10,90	Areia fina	(0,06 < f < 0,2) mm						
	Umidade Natural	%	22,50	Areia média	(0,2 < f < 0,6) mm						
	Umidade Higroscópica	%	19,20	Areia grossa	(0,6 < f < 2,0) mm						
	Massa específica real dos grãos	(g/cm³)	2,611	Pedregulho	f > 2,0 mm						
	Permeabilidade (K)	cm/s	-	Solos Grossos	% Passante # 4						
	Profundidade do ensaio	m	-	Solos Finos	% Passante # 200						
2011.4192	Limite de Liquidez (LL)	%	38,30	Argila	f < 0,002 mm	SOLO FINO	0,33	INATIVA	CL	Argila de baixa plasticidade arenosa	
	Limite de Plasticidade (LP)	%	24,00	Silte	(0,002 < f < 0,06) mm						
	Índice de Plasticidade (IP)	%	14,30	Areia fina	(0,06 < f < 0,2) mm						
	Umidade Natural	%	21,30	Areia média	(0,2 < f < 0,6) mm						
	Umidade Higroscópica	%	19,60	Areia grossa	(0,6 < f < 2,0) mm						
	Massa específica real dos grãos	(g/cm³)	2,654	Pedregulho	f > 2,0 mm						
	Permeabilidade (K)	cm/s	-	Solos Grossos	% Passante # 4						
	Profundidade do ensaio	m	-	Solos Finos	% Passante # 200						
2011.4193	Limite de Liquidez (LL)	%	25,10	Argila	f < 0,002 mm	SOLO GRANULAR	1,53	ATIVA	SC	Areia argilosa com pedregulho	
	Limite de Plasticidade (LP)	%	14,70	Silte	(0,002 < f < 0,06) mm						
	Índice de Plasticidade (IP)	%	10,40	Areia fina	(0,06 < f < 0,2) mm						
	Umidade Natural	%	11,70	Areia média	(0,2 < f < 0,6) mm						
	Umidade Higroscópica	%	4,60	Areia grossa	(0,6 < f < 2,0) mm						
	Massa específica real dos grãos	(g/cm³)	2,615	Pedregulho	f > 2,0 mm						
	Permeabilidade (K)	cm/s	-	Solos Grossos	% Passante # 4						
	Profundidade do ensaio	m	-	Solos Finos	% Passante # 200						

2.2 Ensaios de Compactação

Realizaram-se 6 ensaios de compactação Proctor Normal em amostras deformadas, para a determinação do teor de umidade ótima e densidade seca máxima. A Figura 2 apresenta os dados de ensaios obtidos para cada amostra e a Figura 3 apresenta os valores de umidade ótima e massa específica seca máxima.

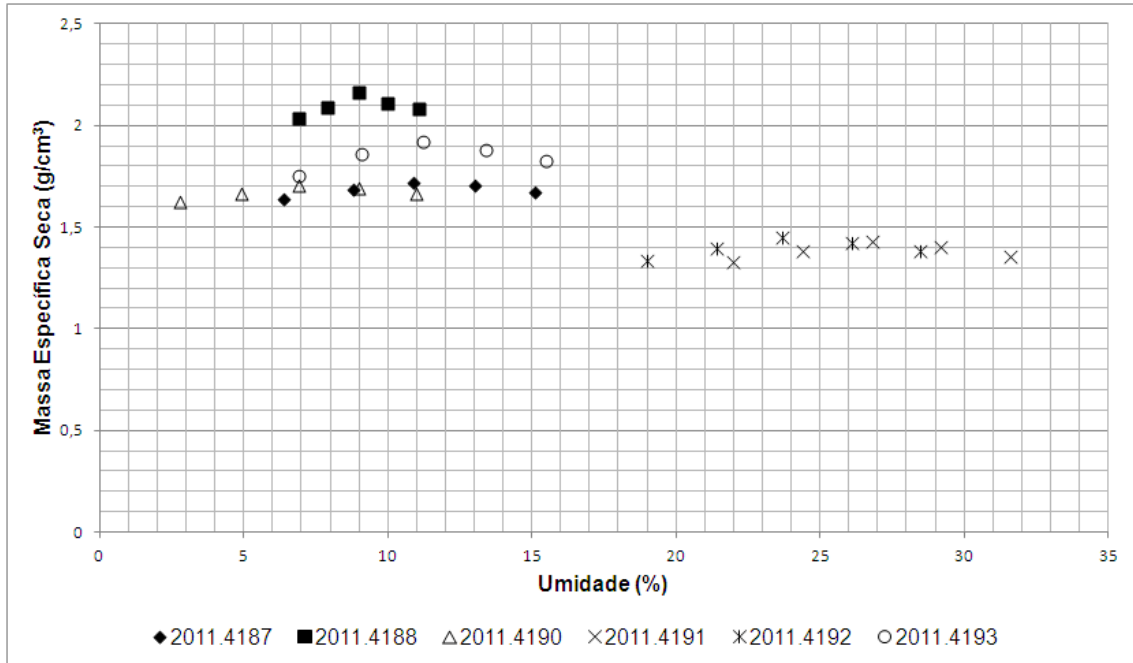


Figura 2: Dados de massa específica seca e umidade obtidos dos ensaios Proctor Normal.

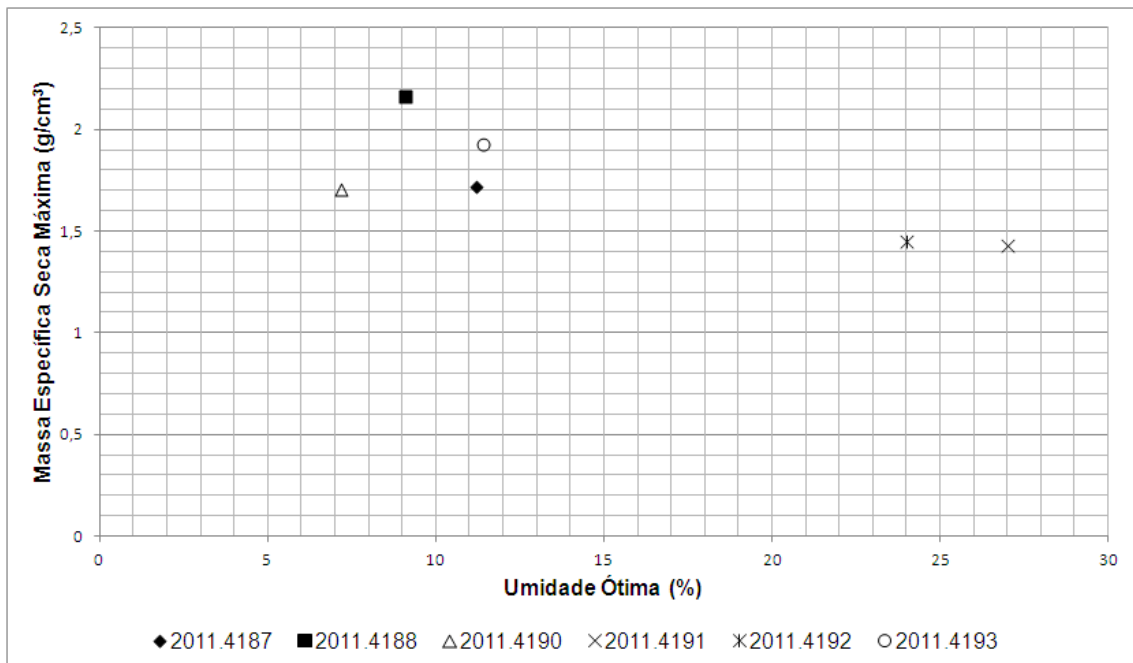


Figura 3: Valores obtidos para massa específica seca máxima e umidade ótima dos ensaios Proctor Normal.

3.0 COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE

De um total de 133 sondagens percussivas foram realizados ensaios de infiltração até uma profundidade máxima de 24,15 m. Para cada metro foram determinados os coeficientes de permeabilidade “*in situ*” até uma profundidade máxima de 20,0 m. O valor médio obtido foi de 10^{-04} cm/s.

4.0 CONCLUSÕES

A princípio e em conformidade com os dados fornecidos, o material representativo das amostras 2011.4187, 2011.4188, 2011.4190 e 2011.4193 apresentou características de comportamento geotécnico (de acordo com a classificação SUCS) e propriedades de compactação propícias a serem utilizadas para compor a região de jusante do maciço. O material representativo das amostras 2011.4191, 2011.4192, por sua vez, pode ser utilizado na compactação do maciço na região de montante, devido ao comportamento de solo fino e às características de compactação.

Os coeficientes de permeabilidade obtidos “*in situ*” sugerem que seja possível obter uma boa permeabilidade para o maciço do aterro, na condição de compactado.

Portanto, os solos podem ser utilizados na construção da Barragem do Reservatório Pulmão.

Andréa Portes e Sueli Silva
Engenheira Geotécnica Júnior

José Mário Mafra
Engenheiro Geotécnico Master, Associate

AP/SS/JM/ib

q:\3-projetos\2011\4-recursos hidricos\119 515 4003_sam\3-relatorio\rt-001_119-515-4003_02-j\4-anexos\mt-001_119-515-4003_00-c.docx



ANEXO B

TABELA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO DO BLOCO 8



ANEXO B
TABELA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO DO BLOCO 8

Ponto	1ª Campanha						2ª Campanha								
	Tempo em segundos	Litros	Largura	Profundidade	Vazão(L/s)	Vazão Média(L/s)	Tempo em segundos	Litros	Largura	Profundidade	Vazão(L/s)	Vazão Média(L/s)			
135	1	10,42	2,5	2m	15cm	0,239923225	0,218120344	1	7,88	7,0	2m	15cm	0,8883249	0,957373723	
	2	10,46	2,3					2	8,64	8,5					0,9837963
	3	10,28	2					3	7,97	7,97					
136	1		Seca	x				1		Seca	x				
	2		Seca					2		Seca					
	3		Seca					3		Seca					
137	1		Seca	x				1		Seca	x				
	2		Seca					2		Seca					
	3		Seca					3		Seca					
138	1	10,35	3	1,20m	7cm	0,289855072	0,285002978	1		Seca	1,20m	7cm	-	-	
	2	10,19	2,9					2		Seca					
	3	9,98	2,8					3		Seca					
139	1	10,25	1	7cm	2m	0,097560976	0,065648829	1	28,24	2,0	7cm	2m	0,0708215	0,072190474	
	2	9,92	0,0008					2	26,12	2,0					0,0765697
	3	10,07	1					3	28,91	2,0					
140	1			Área brejosa.				1			Área brejosa.				
	2							2							
	3							3							
141	1	36	1,5	1m	5cm	0,041666667	0,047238728	1	26,54	3,5	1m	5cm	0,1318764	0,133134363	
	2	34,4	1,8					2	30,5	4,0					0,1311475
	3	27,24	1,3					3	29,33	4,0					
142	1	50	2,3	3m	60cm	0,046	0,043086338	1	27,27	4,0	3m	60cm	0,1466813	0,127652072	
	2	50,42	2,1					2	40,60	5,0					0,1231527
	3	50,47	2,1					3	35,36	4,0					
143	1	15,13	2	60cm	6cm	0,132187707	0,132424449	1	30,91	2,0	60cm	6cm	0,064704	0,067222156	
	2	15,18	2					2	37,32	2,6					0,0696677
	3	15	2					3	37,15	2,5					
144	1	20,02	1,5	2m	70cm	0,074925075	0,070221738	1	37,40	2,1	2m	70cm	0,0561497	0,054381219	
	2	20,13	1,5					2	38,50	2,0					0,0519481
	3	19,6	1,2					3	38,15	2,1					
145	1		Seca	x				1		Seca	x				
	2		Seca					2		Seca					
	3		Seca					3		Seca					
146	1		Seca	x				1		Seca	x				
	2		Seca					2		Seca					
	3		Seca					3		Seca					
147	1		Seca	x				1		Seca	x				
	2		Seca					2		Seca					
	3		Seca					3		Seca					
148	1	47,26	3	90cm	10cm	0,063478629	0,068122353	1		Seca	90cm	10cm	-	-	
	2	47,53	3,3					2		Seca					
	3	47,58	3,4					3		Seca					
149	1	12,19	2,8	15cm	3cm	0,229696473	0,234406713	1	29,81	3,5	15cm	3cm	0,1174103	0,12552474	
	2	12,01	2,8					2	29,99	4					0,1333778
	3	12,48	3					3	31,8	4					
150	1	15,51	1,8	50cm	6cm	0,116054159	0,111844768	1		Seca	50cm	6cm	-	-	
	2	15,47	1,6					2		Seca					
	3	15,51	1,8					3		Seca					
151	1	10,33	3,5	1,1m	30cm	0,338818974	0,364406945	1	10,95	6,0	1,1m	30cm	0,5479452	0,52788189	
	2	10,95	4					2	12,16	6,0					0,4934211
	3	10,28	4					3	10,88	5,9					
152	1	3,8	2,7	70cm	10cm	0,710526316	0,721154065	1	29,81	3,5	70cm	10cm	0,1122875	0,135590349	
	2	4,61	3,3					2	29,99	4					0,1520334
	3	4,07	3					3	31,8	4					
153	1	11,46	2,6	3m	2cm	0,226876091	0,220910772	1	31,17	2,2	3m	2cm	0,0705806	0,073844633	
	2	11,8	2,6					2	26,31	2,0					0,076167
	3	11,6	2,5					3	28,08	2,1					
154	1	13,2	1	15cm	50cm	0,075757576	0,077096092	1	24,91	1,1	15cm	50cm	0,044159	0,040763161	
	2	13,45	1,1					2	28,77	1,2					0,0417101
	3	13,56	1					3	38,44	1,4					
155	1	5,32	3	2m	12cm	0,563909774	0,564271759	1	10,39	2,2	2m	12cm	0,2117421	0,184355948	
	2	5,34	3					2	10,30	1,5					0,1456311
	3	5,29	3					3	10,22	2,0					
156	1	3,93	8	2m	30cm	2,03562341	2,061164361	1	10,30	6,0	2m	30cm	0,5825243	0,568844097	
	2	3,99	8					2	10,55	6,1					0,5781991
	3	3,5	7,5					3	10,26	5,6					



ANEXO B
TABELA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO DO BLOCO 8

157	1 2 3	10,14 9,94 9,99	1,6 1,5 1,5	80cm	13cm	0,157790927 0,150905433 0,15015015	0,152948837	1 2 3	Seca Seca Seca	80cm	13cm	- - -	-	
158	1 2 3		Seca Seca Seca	x				1 2 3	Seca Seca Seca	x				
159	1 2 3	5,56 5,66 5,46	2 1,75 1,9	80cm	6cm	0,35971223 0,309187279 0,347985348	0,338961619	1 2 3	10,23 10,45 10,44	5,5 5,5 5,6	80cm	6cm	0,5376344 0,5263158 0,5363985	0,533449555
160	1 2 3		Seca Seca Seca	x				1 2 3	Seca Seca Seca	x				
161	1 2 3	32,22 30,59 30,6	3 3 3	80cm	5cm	0,09310987 0,098071265 0,098039216	0,096406783	1 2 3	9,33 8,60 8,86	3,9 3,6 3,5	80cm	5cm	0,4180064 0,4186047 0,3950339	0,410548314
163	1 2 3	15,92 15,7 15,84	3 3 3	60cm	5cm	0,188442211 0,191082803 0,189393939	0,189639651	1 2 3	seca seca seca		60cm	5cm	- - -	-
162	1 2 3	1,58 1,52 1,37	8 7,5 7	40cm	30cm	5,063291139 4,934210526 5,109489051	5,035663572	1 2 3	10,5 9,8 10,7	5,10 4,92 6,39	40cm	30cm	0,4857143 0,5020408 0,5971963	0,528317121
164	1 2 3		Seca Seca Seca	x				1 2 3	Seca Seca Seca	x				
165	1 2 3		Seca Seca Seca	x				1 2 3	Seca Seca Seca	x				
166	1 2 3	14,7 14,61 14,56	2,5 2,5 2,4	1m	15cm	0,170068027 0,171115674 0,164835165	0,168672955	1 2 3	seca seca seca		1m	15cm	- - -	-
167	1 2 3	17,42 17,4 17,27	2,8 2,8 2,8	80cm	12cm	0,160734788 0,16091954 0,162130863	0,16126173	1 2 3	seca seca seca		80cm	12cm	- - -	-
170	1 2 3		Seca Seca Seca	x				1 2 3	Seca Seca Seca	x			- - -	
171	1 2 3		Seca Seca Seca	x				1 2 3	Seca Seca Seca	x			- - -	
172	1 2 3	7,76 7,42 7,48	2,3 2,3 2,3	15cm	5cm	0,296391753 0,309973046 0,307486631	0,304617143	1 2 3	58,99 57,11 59,39	7,69 7,00 7,71	15cm	5cm	0,1303611 0,1225705 0,1298198	0,127583797
173	1 2 3	10,63 10,63 10,65	3 3 3	25cm	7cm	0,282220132 0,282220132 0,281690141	0,282043468	1 2 3	seca seca seca		25cm	7cm	- - -	-
174	1 2 3	11,5 11,96 11,81	4,8 4,9 4,9	17cm	3cm	0,417391304 0,409698997 0,414902625	0,413997642	1 2 3	78,29 57,11 62,07	8,00 7,00 7,85	17cm	3cm	0,1021842 0,1225705 0,1264701	0,117074926
175	1 2 3	10,38 10,79 10,82	7 7 7,1	60cm	15cm	0,674373796 0,648748842 0,656192237	0,659771625	1 2 3	22,32 22,96 21,00	7,00 7,05 7,00	60cm	15cm	0,3136201 0,3070557 0,3333333	0,318003051
176	1 2 3	5,98 6,09 5,96	6,9 7,1 6,8	0,5cm	25cm	1,153846154 1,165845649 1,140939597	1,1535438	1 2 3	11,96 11,56 12,24	8,60 8,30 9,00	0,5cm	25cm	0,7190635 0,7179931 0,7352941	0,724116914
177	1 2 3		Seca Seca Seca	x				1 2 3	Seca Seca Seca	x				
178	1 2 3	18,77 18,75 18,96	2 2 2	1m	2cm	0,10655301 0,106666667 0,105485232	0,10623497	1 2 3	10,16 10,04 10,29	3,5 3,5 3,6	1m	2cm	0,3444882 0,3486056 0,3498542	0,347649331
179	1 2 3		Seca Seca Seca	x				1 2 3	Seca Seca seca	x				
180	1 2 3		Seca Seca Seca	x				1 2 3	seca Seca Seca	x				
181	1 2		Seca Seca	x				1 2	Seca Seca	x				



ANEXO B
TABELA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO DO BLOCO 8

182	3		Seca					3	Seca					
	1		Seca	Área brejosa.				1	Seca	Área brejosa.				
	2		Seca					2	Seca					
	3		Seca					3	Seca					
183	1	6,5	5,5	1m	12cm	0,846153846	0,882626548	1	Seca	1m	12cm	-	-	
	2	6,53	5,9			0,903522205		2	Seca			-		
	3	6,68	6			0,898203593		3	Seca			-		
184	1			Intermitente. Baixa vazão.				1	Seca	x				
	2							2	Seca					
	3							3	Seca					
185	1	47,26	5,13	20cm	5cm	0,108548455	0,111392782	1	Seca	20cm	5cm	-	-	
	2	47,53	5,2			0,109404587		2	Seca			-		
	3	47,58	5,53			0,116225305		3	Seca			-		
186	1	30,47	0,75	30cm	5cm	0,024614375	0,024086142	1	Seca	30cm	5cm	-	-	
	2	30,92	0,75			0,024256145		2	Seca			-		
	3	29,93	0,7			0,023387905		3	Seca			-		
187	1	8,06	6,5	50cm	2cm	0,806451613	0,79993788	1	Seca	50cm	2cm	-	-	
	2	8,13	6,5			0,799507995		2	Seca			-		
	3	7,81	6,2			0,793854033		3	Seca			-		
188	1			x				1	Seca	x				
	2							2	Seca					
	3							3	Seca					
189	1			x				1	Seca	x				
	2							2	Seca					
	3							3	Seca					
190	1			x				1	Seca	x				
	2							2	Seca					
	3							3	Seca					
191	1	4,13	2,5	20cm	3cm	0,605326877	0,599111049	1	Seca	20cm	3cm	-	-	
	2	4,64	3			0,646551724		2	Seca			-		
	3	3,85	2,1			0,545454545		3	Seca			-		
192	1			x				1	Seca	x				
	2							2	Seca					
	3							3	Seca					
193	1	10,21	1,8	30cm	3cm	0,176297747	0,175042849	1	Seca	30cm	3cm	-	-	
	2	10,72	1,9			0,177238806		2	Seca			-		
	3	10,49	1,8			0,171591992		3	Seca			-		
194	1	4,65	2,9	60cm	7cm	0,623655914	0,627204548	1	30,70	1,40	60cm	7cm	0,0456026	0,045941217
	2	4,62	2,9			0,627705628		2	31,57	1,60			0,050681	
	3	4,76	3			0,630252101		3	49,35	2,05			0,04154	
196	1	2,46	4,1	40cm	7cm	1,666666667	1,592035554	1	32,05	3,00	40cm	7cm	0,0936037	0,099441485
	2	2,77	4,3			1,55234657		2	28,44	2,90			0,1019691	
	3	2,89	4,5			1,557093426		3	28,71	2,95			0,1027517	
198	1	24,19	1,9	20cm	12cm	0,078544853	0,08626422	1	10,49	1,0	20cm	12cm	0,0953289	0,10022316
	2	25,19	2,1			0,083366415		2	10,42	1,1			0,1055662	
	3	25,01	2			0,079968013		3	10,02	1,0			0,0998004	
199	1	11,36	0,9	30cm	1cm	0,079225352	0,081781183	1			30cm	1cm	-	-
	2	11,05	0,9			0,081447964		2					-	
	3	11,22	0,95			0,084670232		3					-	
201	1	11,01	2	1m	40cm	0,181653043	0,18564097	1	10,11	3,20	1,0m	40cm	0,3165183	0,298191
	2	11,69	2,2			0,188195038		2	10,46	3,10			0,2963671	
	3	11,76	2,2			0,18707483		3	10,65	3,00			0,2816901	
200	1			x				1	Seca	x				
	2							2	Seca					
	3							3	Seca					
201	1			x				1	10,11	3,2	50cm	6cm		0,297291
	2							2	10,46	3,1				
	3							3	10,65	3				
202	1	2,79	3,5	40cm	5cm	1,254480287	1,246625043	1	10,11	3,2	40cm	5cm	0,3165183	0,298191851
	2	2,92	3,5			1,198630137		2	10,46	3,1			0,2963671	
	3	2,72	3,5			1,286764706		3	10,65	3,0			0,2816901	
203	1	1,45	2,5	25cm	4cm	1,724137931	1,716607472	1	8,70	7,1	25cm	4cm	0,816092	0,82437162
	2	1,56	2,7			1,730769231		2	7,46	6,1			0,8176944	
	3	1,77	3			1,694915254		3	8,34	7,0			0,8393285	
204	1	34,29	1,3	30cm	1cm	0,037911928	0,039317546	1	10,02	2,0	30cm	1cm	0,1996008	0,194616045
	2	33,39	1,4			0,041928721		2	10,43	2,0			0,1917546	
	3	34,11	1,3			0,038111991		3	10,39	2,0			0,1924928	
205	1	4,37	2,2	Área brejosa. Foi aberta uma vala para medir vazão		0,503432494	0,512160512	1	Seca	x			-	-



ANEXO B
TABELA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO DO BLOCO 8

	2	4,6	2,3		0,5		2	Seca		-	
	3	4,69	2,5		0,533049041		3	Seca		-	
206	1	8,11	1,5	Área brejosa. Foi aberta uma vala para medir vazão		0,184956843	1	Seca		-	
	2	8,76	1,6		0,182648402	0,184339779	2	Seca	x	-	-
	3	8,09	1,5		0,185414091		3	Seca		-	
207	1			Área brejosa.			1		Área brejosa.		
	2						2				
	3						3				
208	1	27,51	2	Área brejosa. Foi aberta uma vala para medir vazão		0,072700836	1	Seca		-	
	2	27,94	2		0,071581961	0,071490399	2	Seca	X	-	-
	3	27,07	1,9		0,0701884		3	Seca		-	
209	1	27,86	1,15	20cm	2cm	0,041277818	1	90,71	2,1	0,0231507	
	2	27,98	1,2			0,042887777	2	107,97	2,2	0,020376	0,02370685
	3	27,51	1,15			0,041802981	3	108,72	3,0	0,0275938	
210	1	1,57	2,9	Área brejosa. Foi aberta uma vala para medir vazão		1,847133758	1	32,37	3,0	0,0926784	
	2	1,56	3			1,923076923	2	24,20	2,6	0,107438	0,102122992
	3	1,52	2,5			1,644736842	3	24,47	2,6	0,1062526	
211	1	5,92	3,8	30cm	2cm	0,641891892	1	8,08	4,80	0,5940594	
	2	5,72	3,5			0,611888112	2	6,49	3,95	0,6086287	0,613888567
	3	5,19	3,1			0,597302505	3	6,26	4,00	0,6389776	
212	1	2,88	4,9	50cm	3cm	1,701388889	1	9,40	4,7	0,5	
	2	2,78	4,8			1,726618705	2	9,57	4,8	0,5015674	0,48433848
	3	2,72	4,7			1,727941176	3	11,74	5,3	0,451448	
213	1	9,76	1,8	Área brejosa. Foi aberta uma vala para medir vazão		0,18442623	1	13,25	3,1	0,2339623	
	2	9,47	1,7			0,179514256	2	13,48	3,1	0,2299703	0,235419641
	3	9,49	1,7			0,179135933	3	12,38	3,0	0,2423263	
214	1	29,66	1	Área brejosa. Foi aberta uma vala para medir vazão		0,033715442	1	10,43	2,5	0,2396932	
	2	29,86	1			0,033489618	2	10,22	2,0	0,1956947	0,21179597
	3	29,66	1			0,033715442	3	10,50	2,1	0,2	
215	1	5,46	1,8	Área brejosa. Foi aberta uma vala para medir vazão		0,32967033	1	10,41	4,0	0,3842459	
	2	5,44	1,8			0,330882353	2	10,62	4,0	0,3766478	0,381590304
	3	5,58	1,85			0,331541219	3	10,42	4,0	0,3838772	
216	1	10,48	2,4	30cm	4cm	0,229007634	1			Vazão baixa, não deu para medir	-
	2	10,68	2,475			0,231741573	2				-
	3	10,68	2,475			0,231741573	3				-
217	1	2,19	1	30cm	4cm	0,456621005	1	10,29	2,7	0,2623907	
	2	2,44	1,1			0,450819672	2	10,36	2,5	0,2413127	0,246976563
	3	2,12	1			0,471698113	3	10,96	2,6	0,2372263	
218	1	8,48	1,5	1,20m	40cm	0,176886792	1	10,11	1,0	0,098912	
	2	8,32	1,5			0,180288462	2	10,41	1,0	0,0960615	0,09643769
	3	8,59	1,5			0,174621653	3	10,60	1,0	0,0943396	
219	1	17,24	0,75	20cm	10cm	0,04350348	1		Seca	20cm	10cm
	2	17,65	0,75			0,042492918	2		Seca		
	3	17,6	0,75			0,042613636	3		Seca		
220	1						1		Seca		
	2			x			2		Seca	x	
	3						3		Seca		
221	1						1		Seca		
	2			x			2		Seca	x	
	3						3		Seca		
222	1	5,05	8	1m	15cm	1,584158416	1	4,2	5,5	1,3095238	
	2	5,47	8,8			1,608775137	2	5,2	6,3	1,2115385	1,180490145
	3	5,59	8,9			1,592128801	3	5,88	6,0	1,0204082	
223	1	6,1	0,8	10cm	2cm	0,131147541	1		Seca	10cm	2cm
	2	6,16	0,8			0,12987013	2		Seca		
	3	6,49	0,9			0,138674884	3		Seca		
319	1	x				-	1		Seca		
	2	x		x		-	2		Seca	x	
	3	x				-	3		Seca		
320	1	x				-	1		Seca		
	2	x		x		-	2		Seca	x	
	3	x				-	3		Seca		
321	1	75,9	3,5			0,046113307	1		Seca		
	2	85,8	3,5	x		0,040792541	2		Seca	x	
	3	103	3,5			0,033980583	3		Seca		
322	1	x				-	1		Seca		
	2	x		x		-	2		Seca	x	
	3	x				-	3		Seca		



ANEXO B
TABELA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO DO BLOCO 8

323	1	31,5	3,5	60x5cm	0,111111111	0,110732504	1	Seca	60x5cm	-	-
	2	30,6	3,5		0,114379085		2	Seca		-	-
	3	32,8	3,5		0,106707317		3	Seca		-	-
324	1	109,9	3,5	25x5cm	0,031847134	0,078740305	1	Seca	25x5cm	-	-
	2	182,4	3,5		0,019188596		2	Seca		-	-
	3	18,9	3,5		0,185185185		3	Seca		-	-
325	1	x	x	x	-	-	1	Seca	x	-	-
	2	x	x		-		2	Seca		-	-
	3	x	x		-		3	Seca		-	-
326	1	15,5	10	25x5cm	0,64516129	0,690567352	1	10,45	0,8	0,076555	0,081498467
	2	14,7	10		0,680272109		2	11,21	1,2	0,1070473	
	3	13,4	10		0,746268657		3	14,78	0,9	0,0608931	
327	1	15,5	10	25x5cm	0,64516129	0,690567352	1	31,68	2,0	0,0631313	0,050211464
	2	14,7	10		0,680272109		2	42,11	2,0	0,0474947	
	3	13,4	10		0,746268657		3	47,49	1,9	0,0400084	
328	1	x	x	x	-	-	1			-	-
	2	x	x		-		2			-	-
	3	x	x		-		3			-	-
329	1	6,5	10	1m x7cm	1,538461538	1,708587709	1		Seca	1m x7cm	-
	2	6,3	10		1,587301587		2		Seca		-
	3	5	10		2		3		Seca		-
330	1	6,5	10	1m x7cm	1,538461538	1,708587709	1	5,00	8,0	1,6	1,489657537
	2	6,3	10		1,587301587		2	5,50	8,0	1,4545455	
	3	5	10		2		3	7,07	10,0	1,4144272	
331	1	x	10	42 x7cm	-	-	1		Seca	42 x7cm	-
	2	x	10		-		2		Seca		-
	3	x	10		-		3		Seca		-
332	1	14,5	2,5	10 x7cm	0,172413793	0,208486084	1	3,00	6	2	1,831822738
	2	12,8	2,5		0,1953125		2	3,63	6,5	1,7906336	
	3	9,7	2,5		0,257731959		3	3,93	6,7	1,7048346	
333	1	6,5	10	80 x10cm	1,538461538	1,472500159	1		Seca	80 x10cm	-
	2	7,1	10		1,408450704		2		Seca		-
	3	6,8	10		1,470588235		3		Seca		-
334	1	x	10	x	-	-	1	12,47	3,5	0,2806736	0,273446309
	2	x	10		-		2	13,75	4	0,2909091	
	3	x	10		-		3	16,08	4	0,2487562	
335	1	10,3	3,5	71x6cm	0,339805825	0,356561755	1		Seca	71x6cm	-
	2	9,9	3,5		0,353535354		2		Seca		-
	3	9,3	3,5		0,376344086		3		Seca		-
336	1	8,7	3,5	30x1cm	0,402298851	0,435187418	1		Seca	30x1cm	-
	2	7,8	3,5		0,448717949		2		Seca		-
	3	7,7	3,5		0,454545455		3		Seca		-
337	1	x	3,5	x	-	-	1		Seca	x	-
	2	x	3,5		-		2		Seca		-
	3	x	3,5		-		3		Seca		-
338	1	15,8	3,5	60x19cm	0,221518987	0,222610509	1		Seca	60x19cm	-
	2	16,2	3,5		0,216049383		2		Seca		-
	3	15,2	3,5		0,230263158		3		Seca		-
339	1	2,8	3,5	45x17cm	1,25	1,267683466	1	10,76	4,00	0,3717472	0,389838794
	2	2,9	3,5		1,206896552		2	15,48	6,00	0,3875969	
	3	2,6	3,5		1,346153846		3	12,19	5,00	0,4101723	
340	1	x	3,5	x	-	-	1	15,83	3,00	0,1895136	0,164865426
	2	x	3,5		-		2	19,60	3,10	0,1581633	
	3	x	3,5		-		3	21,10	3,10	0,1469194	
341	1	6,7	3,5	1.5mx2cm	0,52238806	0,798982536	1	16,33	4	0,2449479	0,256199076
	2	4,3	3,5		0,813953488		2	18,08	4,9	0,2710177	
	3	3,3	3,5		1,060606061		3	19,00	4,8	0,2526316	
342	1	3	3,5	10cmx5cm	1,166666667	1,167531825	1		0,1	-	0,1
	2	2,9	3,5		1,206896552		2		0,1	-	
	3	3,1	3,5		1,129032258		3		0,1	-	
355	1	29	3,5	28x4cm	0,120689655	0,120013388	1	10,42	1,7	0,1631478	0,177159894
	2	28,9	3,5		0,121107266		2	10,52	2,0	0,1901141	
	3	29,6	3,5		0,118243243		3	10,10	1,8	0,1782178	
356	1	x	x	15x3cm	-	-	1	10,28	1,2	0,1167315	0,105758602
	2	x	x		-		2	10,54	1	0,0948767	
	3	x	x		-		3	10,41	1,1	0,1056676	
357	1	x	x	x	-	-	1	10,36	1,0	0,0965251	0,107035403
	2	x	x		-		2	10,40	1,1	0,1057692	



ANEXO B
TABELA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO DO BLOCO 8

	3	x	x	-	-	3	10,10	1,2	0,1188119		
358	1	x	x	-	-	1		Vazão baixa	-	-	
	2	x	x	-	-	2		Vazão baixa	-	-	
	3	x	x	-	-	3		Vazão baixa	-	-	
359	1	x	x	-	-	1		Seca	-	-	
	2	x	x	-	-	2		Seca	-	-	
	3	x	x	-	-	3		Seca	-	-	
360	1	x	x	-	-	1		Seca	-	-	
	2	x	x	-	-	2		Seca	-	-	
	3	x	x	-	-	3		Seca	-	-	
361	1	x	x	-	-	1		Seca	-	-	
	2	x	x	-	-	2		Seca	-	-	
	3	x	x	-	-	3		Seca	-	-	
362	1	x	x	-	-	1		Seca	-	-	
	2	x	x	-	-	2		Seca	-	-	
	3	x	x	-	-	3		Seca	-	-	
363	1	x	x	-	-	1	6,69	2,9	0,4334828		
	2	x	x	-	-	2	10,13	3,9	0,3849951		0,406159291
	3	x	x	-	-	3	6,75	2,7	0,4		
364	1	3,4	3,5	1,029411765		1	8,55	8,6	1,005848		
	2	3,4	3,5	1,029411765	1,039809863	2	4,25	4,9	1,1529412		1,077652643
	3	3,3	3,5	1,060606061		3	3,91	4,2	1,0741688		
365	1	7,5	10	1,333333333		1	12,36	4,4	0,3559871		
	2	7,6	10	1,315789474	1,321637427	2	9,32	3,6	0,3862661		0,370192425
	3	7,6	10	1,315789474		3	10,86	4	0,3683241		
366	1	58,6	10	0,170648464		1		Seca	-	-	
	2	54,8	10	0,182481752	0,179324367	2		Seca	-	-	
	3	54,1	10	0,184842884		3		Seca	-	-	
367	1	x	x	-	-	1		Seca	-	-	
	2	x	x	-	-	2		Seca	-	-	
	3	x	x	-	-	3		Seca	-	-	
368	1	x	x	-	-	1	0	0,6	-	-	
	2	x	x	-	-	2	0	0,6	Nascente córrego Batalha - Medida com micromolinete a jusante da barragem	-	0,6
	3	x	x	-	-	3	0	0,6	-	-	
369	1	x	x	-	-	1		Seca	-	-	
	2	x	x	-	-	2		Seca	-	-	
	3	x	x	-	-	3		Seca	-	-	
370	1	x	x	-	-	1		Seca	-	-	
	2	x	x	-	-	2		Seca	-	-	
	3	x	x	-	-	3		Seca	-	-	
371	1	x	x	-	-	1		Seca	-	-	
	2	x	x	-	-	2		Seca	-	-	
	3	x	x	-	-	3		Seca	-	-	
372	1	x	x	-	-	1		Seca	-	-	
	2	x	x	-	-	2		Seca	-	-	
	3	x	x	-	-	3		Seca	-	-	
373	1	6,3	10	1,587301587		1		0	-	-	
	2	5,3	10	1,886792453	1,602475791	2		0	Vazão baixa, não deu para medir	-	-
	3	7,5	10	1,333333333		3		0	-	-	
374	1	x	Seca	-	-	1		Seca	-	-	
	2	x	Seca	-	-	2		Seca	-	-	
	3	x	Seca	-	-	3		Seca	-	-	
375	1	18,6	10	0,537634409		1		Seca	-	-	
	2	15,5	10	0,64516129	0,59876421	2		Seca	-	-	
	3	16,3	10	0,613496933		3		Seca	-	-	
376	1	x	x	-	-	1	x	x	-	-	
	2	x	x	-	-	2	x	x	Área brejosa	-	-
	3	x	x	-	-	3	x	x	-	-	
377	1	x	x	-	-	1	6,02	7	1,1627907		
	2	x	x	-	-	2	6,31	7	1,1093502		1,14896132
	3	x	x	-	-	3	6,81	8	1,174743		
378	1	x	x	-	-	1	11,39	2	0,1755926		
	2	x	x	-	-	2	13,70	2,1	0,1532847		0,156054337
	3	x	x	-	-	3	14,00	1,95	0,1392857		

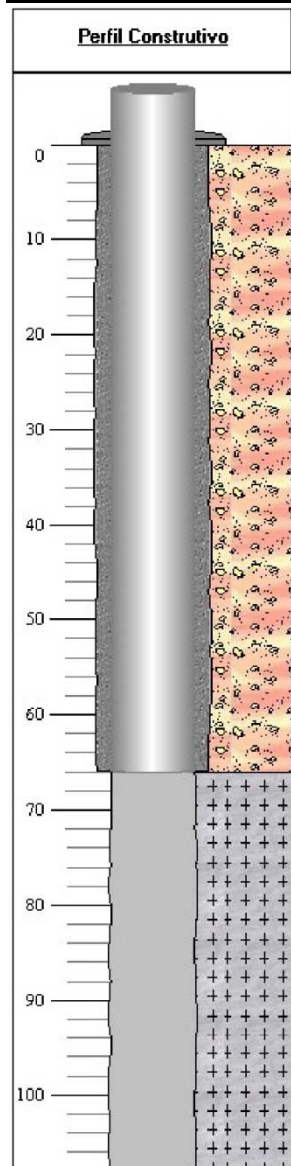
OBS: Nos pontos em que não apresentam os valores de vazão, estas não foram medidas devido a situações, tais como: Braço seco, área brejosa ou não acesso a nascente.



ANEXO C

FICHAS TÉCNICAS DOS POÇOS TUBULARES

Poço: 3100003836	UF : MG	Município : Grao mogol	Localidade : VALE DAS CANCELAS
------------------	---------	------------------------	--------------------------------



Gerais

Dados Gerais:	
Nome :	
Data da Instalação :	
Proprietário :	PREFEITURA MUNICIPAL
Natureza do Ponto :	Poço tubular
Uso da água :	Abastecimento doméstico
Cota do Terreno :	870.00

Localização:	
Localidade :	VALE DAS CANCELAS
UTM (Norte/Sul) :	8196624
UTM (Leste/Oeste) :	744186
Latitude (GMMSS) :	161756
Longitude (GMMSS) :	424253
Bacia Hidrográfica:	Atlantico Sul-Leste
Subbacia Hidrográfica:	Rio Jequitinhonha

Situação:	
Data :	23/10/1997
Situação :	Equipado

Construtivos

Perfuração:				
Data:	Profundidade Inicial(m)	Profundidade Final(m)	Perfurador	Método
22/09/1993	0.00	108.00	CODEVASF	

Diâmetro:			
De (m):	Até (m):	Polegadas	Milímetros
0.00	66.00	8	203.2000
66.00	108.00	6	152.4000

Revestimento:				
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)
0.00	66.00	Aço sem costura com rosca e luva	6	152.4000

Filtro:					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	Ranhura

Espaço Anular:		
De (m):	Até (m):	Material
0.00	66.00	Cimentação

Boca do Tubo:			
Data:	Altura(m):	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)
		6	152.4000

Entrada d'água:	
Profundidade:	

Profundidade Útil:	
Data:	Profundidade:
	108.00

Geológicos

Feição Geomorfológica:	
Descrição:	

Formação Geológica:		
Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:
0.00	108.00	Grupo macaúbas

Dados Litológicos:			
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	66	Rochas Intemperizadas e Decompostas	Rochas Intemperizadas e Decompostas
66	108	Rocha Cristalina não identificada	Rocha Cristalina não identificada

Hidrogeológicos

Aquífero no Ponto:		
Aquífero: Fissural	Topo (m):	0.00
	Base (m):	108.00
	Captação:	Única
	Condição:	Livre
	Penetração:	Parcial

Nível da Água:	
Data:	
Nível da Água (m):	
Nível Medido Bombeando (S/N)?	
Vazão (m ³ /h):	

Teste de Bombeamento

Teste de Bombeamento:			
Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
22/09/1993	N	28.00	03:00
Nível Dinâmico:	Vazão Específica (m ³ /h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m ³ /h):
70.00	0.079		
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m ² /s):	Vazão Após Estabilização (m ³ /h):	Tipo do Teste:
		3.3	Rebaixamento
Método:	Unidade:		
	Air-lift		

Análises Químicas

Análises Químicas:	
Data da Coleta:	29/10/1997
Condutividade Elétrica (µS/cm):	45.50
Qualidade da Água (PT/CO):	
Sabor da Água:	
Qualidade da Água (Odor):	
Temperatura (C°):	26.0
Turbidez (NTU):	1,0
Sólidos Suspensos (mg/l):	
Sólidos Sedimentáveis (mg/l):	
Aspecto Natural:	
Ph:	6.31

Poço: 3100003837	UF : MG	Município : Grao mogol	Localidade	: VALE DAS CANCELAS / POSTO BRASIL NOVO
------------------	---------	------------------------	------------	---

Dados Insuficientes para o Perfil	Perfil Construtivo				
	Gerais				
	Dados Gerais:				
	Nome :				
	Data da Instalação :				
	Proprietário :		JURACI ALMEIDA CRUZ		
	Natureza do Ponto :		Poço tubular		
	Uso da água :		Abastecimento múltiplo		
	Cota do Terreno :		1020.00		
	Localização:				
	Localidade :		VALE DAS CANCELAS / POSTO BRASIL NOVO		
	UTM (Norte/Sul) :		8196460		
	UTM (Leste/Oeste) :		744238		
	Latitude (GMMSS) :		161801		
	Longitude (GMMSS) :		424251		
	Bacia Hidrográfica:		Atlântico Sul-Leste		
	Subbacia Hidrográfica:		Rio Jequitinhonha		
	Situação:				
	Data :		23/10/1997		
	Situação :		Equipado		
Construtivos					
Perfuração:					
Data:	Profundidade Inicial(m)	Profundidade Final(m)	Perfurador	Método	
17/10/1997	0.00	120.00	RG-MAQUINAS	Percussao	
Diâmetro:					
De (m):	Até (m):	Polegadas	Milímetros		
Revestimento:					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	
Filtro:					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	Ranhura
Espaço Anular:					
De (m):	Até (m):	Material			
Boca do Tubo:					
Data:	Altura(m):	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)		
23/10/1997	1.00	6	152.4000		
Entrada d'água:					
Profundidade:					
Profundidade Útil:					
Data:		Profundidade:			
		120.00			

Geológicos
Feição Geomorfológica:

Descrição:

Formação Geológica:

Profundidade Inicial (m):

Profundidade Final (m):

Tipo de Formação:

0.00

120.00

Terciário-quaternário

Dados Litológicos:

De (m):

Até (m):

Litologia:

Descrição Litológica:

Hidrogeológicos
Aquífero no Ponto:

Aquífero: Poroso

Topo (m):

0.00

Base (m):

120.00

Captação:

Única

Condição:

Livre

Penetração:

Total

Nível da Água:

Data:

Nível da Água (m):

Nível Medido Bombeando (S/N)?

 Vazão (m³/h):

Teste de Bombeamento
Teste de Bombeamento:

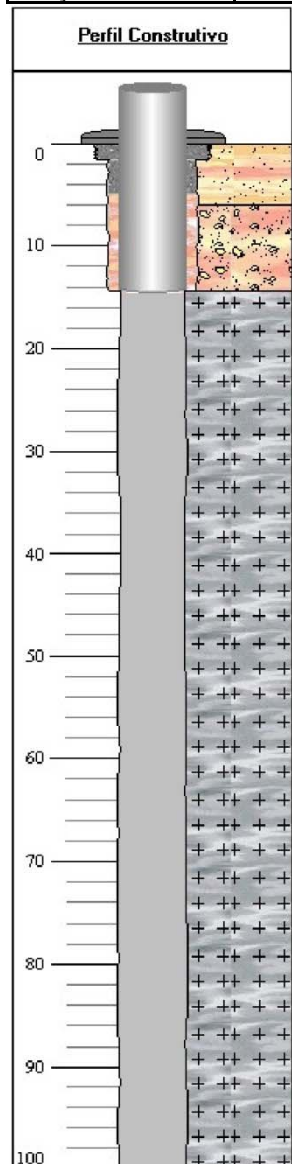
Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
17/10/1997	N	39.00	
Nível Dinâmico:	Vazão Específica (m ³ /h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m ³ /h):
57.00	0.322		
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m ² /s):	Vazão Após Estabilização (m ³ /h):	Tipo do Teste:
		5.8	
Método:	Unidade:		

Análises Químicas
Análises Químicas:

Data da Coleta:	29/10/1997
Condutividade Elétrica (µS/cm):	17.80
Qualidade da Água (PT/CO):	
Sabor da Água:	
Qualidade da Água (Odor):	
Temperatura (C°):	24.6
Turbidez (NTU):	5,0
Sólidos Suspensos (mg/l):	
Sólidos Sedimentáveis (mg/l):	
Aspecto Natural:	
Ph:	5.87

Ficha Técnica Completa de Poço

Poço: 3100005438	UF : MG	Município : Grao mogol	Localidade : CAMPO ALEGRE
------------------	---------	------------------------	---------------------------



Gerais

Dados Gerais:	
Nome :	
Data da Instalação :	
Proprietário :	COPASA
Natureza do Ponto :	Poço tubular
Uso da água :	
Cota do Terreno :	

Localização:	
Localidade :	CAMPO ALEGRE
UTM (Norte/Sul) :	8201314
UTM (Leste/Oeste) :	740474
Latitude (GMMSS) :	161525
Longitude (GMMSS) :	424500
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul-Leste
Subbacia Hidrográfica:	Rio Jequitinhonha

Situação:	
Data :	
Situação :	

Construtivos

Perfuração:				
Data:	Profundidade Inicial(m)	Profundidade Final(m)	Perfurador	Método
10/12/1987	0.00	100.00	GEOSOL	

Diâmetro:			
De (m):	Até (m):	Polegadas	Milímetros
0.00	1.60	10	254.0000
1.60	14.40	8	203.2000
14.40	100.00	6	152.4000

Revestimento:				
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)
0.00	14.40	Aço sem costura	6	152.4000

Filtro:					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	Ranhura

Espaço Anular:		
De (m):	Até (m):	Material
0.00	5.00	Cimentação
5.00	14.40	Material da formação

Boca do Tubo:			
Data:	Altura(m):	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)
10/12/1987	0.70	6	152.4000

Entrada d'água:	
Profundidade:	

Profundidade Útil:	
Data:	Profundidade:
	100.00

Ficha Técnica Completa de Poço

Geológicos

Feição Geomorfológica:	
Descrição:	

Formação Geológica:		
Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:
0.00	100.00	Formacao Nova Aurora

Dados Litológicos:			
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	6	Solo	Solo
6	14.4	Rochas Intemperizadas e Decompostas	Rochas Intemperizadas e Decompostas
14.4	100	Gnaisses	Gnaisses

Hidrogeológicos

Aquífero no Ponto:		
Aquífero: Fissural	Topo (m):	0.00
	Base (m):	100.00
	Captação:	Única
	Condição:	Livre
	Penetração:	Parcial

Nível da Água:	
Data:	
Nível da Água (m):	
Nível Medido Bombeando (S/N)?	
Vazão (m ³ /h):	

Teste de Bombeamento

Teste de Bombeamento:			
Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
13/12/1987	N	17.80	24
Nível Dinâmico:	Vazão Específica (m ³ /h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m ³ /h):
81.97	0.021		
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m ² /s):	Vazão Após Estabilização (m ³ /h):	Tipo do Teste:
		1.37	
Método:	Unidade:		

Análises Químicas

Análises Químicas:	
Data da Coleta:	10/12/1987
Condutividade Elétrica (µS/cm):	425.00
Qualidade da Água (PT/CO):	
Sabor da Água:	
Qualidade da Água (Odor):	
Temperatura (C°):	
Turbidez (NTU):	3
Sólidos Suspensos (mg/l):	
Sólidos Sedimentáveis (mg/l):	
Aspecto Natural:	
Ph:	7.80

Poço: 3100009450	UF : MG	Município : Grao mogol	Localidade : VALE DAS CANCELAS - POSTO BRASIL NOVO
------------------	---------	------------------------	--

Dados Insuficientes para o Perfil	Perfil Construtivo				
	Gerais				
	Dados Gerais:				
	Nome :	CF867			
	Data da Instalação :				
	Proprietário :	JUVENTINO ALMEIDA FILHO			
	Natureza do Ponto :	Poço tubular			
	Uso da água :				
	Cota do Terreno :				
	Localização:				
	Localidade :	VALE DAS CANCELAS - POSTO BRASIL NOVO			
	UTM (Norte/Sul) :	8196447			
	UTM (Leste/Oeste) :	744567			
	Latitude (GMMSS) :	161802			
	Longitude (GMMSS) :	424240			
	Bacia Hidrográfica:	Atlantico Sul-Leste			
	Subbacia Hidrográfica:	Rio Jequitinhonha			
	Situação:				
	Data :	03/10/2003			
	Situação :	Equipado			
	Construtivos				
	Perfuração:				
	Data:	Profundidade Inicial(m)	Profundidade Final(m)	Perfurador	Método
	01/01/1978	0.00	120.00	NÃO IDENTIFICADA	
	Diâmetro:				
De (m):	Até (m):	Polegadas	Milímetros		
Revestimento:					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	
Filtro:					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	Ranhura
Espaço Anular:					
De (m):	Até (m):	Material			
Boca do Tubo:					
Data:	Altura(m):	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)		
03/10/2003	0.31	6	152.4000		
Entrada d'água:					
Profundidade:					
Profundidade Útil:					
Data:	Profundidade:				
	120.00				

Geológicos

Feição Geomorfológica:	
Descrição:	

Formação Geológica:		
Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:
0.00	120.00	Coberturas detrítico-lateríticas

Dados Litológicos:			
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:

Hidrogeológicos

Aquífero no Ponto:		
Aquífero: Poroso	Topo (m):	0.00
	Base (m):	120.00
	Captação:	Única
	Condição:	Livre
	Penetração:	Parcial

Nível da Água:	
Data:	
Nível da Água (m):	
Nível Medido Bombeando (S/N)?	
Vazão (m ³ /h):	

Teste de Bombeamento

Teste de Bombeamento:			
Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
Nível Dinâmico:	Vazão Específica (m ³ /h/m):	Coeficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m ³ /h):
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m ² /s):	Vazão Após Estabilização (m ³ /h):	Tipo do Teste:
Método:	Unidade:		

Análises Químicas

Análises Químicas:	
Data da Coleta:	03/10/2003
Condutividade Elétrica (µS/cm):	37.00
Qualidade da Água (PT/CO):	
Sabor da Água:	
Qualidade da Água (Odor):	
Temperatura (C°):	
Turbidez (NTU):	
Sólidos Suspensos (mg/l):	
Sólidos Sedimentáveis (mg/l):	
Aspecto Natural:	
Ph:	

Poço: 3100009451	UF : MG	Município : Grao mogul	Localidade : VALE DAS CANCELAS
------------------	---------	------------------------	--------------------------------

<p>Dados Insuficientes para o Perfil</p>	Perfil Construtivo				
	Gerais				
	Dados Gerais:				
	Nome :	CF868			
	Data da Instalação :				
	Proprietário :	PREFEITURA MUNICIPAL			
	Natureza do Ponto :	Poço tubular			
	Uso da água :				
	Cota do Terreno :				
	Localização:				
	Localidade :	VALE DAS CANCELAS			
	UTM (Norte/Sul) :	8196663			
	UTM (Leste/Oeste) :	744210			
	Latitude (GMMSS) :	161755			
	Longitude (GMMSS) :	424252			
Bacia Hidrográfica:	Atlantico Sul-Leste				
Subbacia Hidrográfica:	Rio Jequitinhonha				
Situação:					
Data :	03/10/2003				
Situação :	Seco				
Construtivos					
Perfuração:					
Data:	Profundidade Inicial(m)	Profundidade Final(m)	Perfurador	Método	
01/01/1993	0.00	117.00	CODEVASF		
Diâmetro:					
De (m):	Até (m):	Polegadas	Milímetros		
Revestimento:					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	
Filtro:					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	Ranhura
Espaço Anular:					
De (m):	Até (m):	Material			
Boca do Tubo:					
Data:	Altura(m):	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)		
03/10/2003	0.98	6	152.4000		
Entrada d'água:					
Profundidade:					
Profundidade Útil:					
Data:	Profundidade:				
	117.00				



ANEXO C FICHAS TÉCNICAS DOS POÇOS TUBULARES

Ficha Técnica Completa de Poço

Geológicos	
Feição Geomorfológica:	
Descrição:	

Formação Geológica:		
Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:
0.00	117.00	Coberturas detrito-lateríticas

Dados Litológicos:			
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:

Hidrogeológicos		
Aquífero no Ponto:		
Aquífero: Poroso	Topo (m):	0.00
	Base (m):	117.00
	Captação:	Única
	Condição:	Livre
	Penetração:	Parcial

Nível da Água:	
Data:	
Nível da Água (m):	
Nível Medido Bombeando (S/N)?	
Vazão (m ³ /h):	

Teste de Bombeamento			
Teste de Bombeamento:			
Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
Nível Dinâmico:	Vazão Específica (m ³ /h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m ³ /h):
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m ² /s):	Vazão Após Estabilização (m ³ /h):	Tipo do Teste:
Método:	Unidade:		

Análises Químicas	
Análises Químicas:	
Data da Coleta:	
Condutividade Elétrica (µS/cm):	
Qualidade da Água (PT/CO):	
Sabor da Água:	
Qualidade da Água (Odor):	
Temperatura (C°):	
Turbidez (NTU):	
Sólidos Suspensos (mg/l):	
Sólidos Sedimentáveis (mg/l):	
Aspecto Natural:	
Ph:	



ANEXO D

MEDIDAS DO NÍVEL D'ÁGUA DOS BLOCOS 7 E 8



ANEXO D MEDIDAS DO NÍVEL D'ÁGUA DOS BLOCOS 7 E 8

Dados dos Furos	BLOCO	8														7				
	FURO	FSF-FS-012	FSF-FS-235	FSF-FS-280	FSF-FS-024	FSF-FS-285	FSF-FS-231	FSF-FS-073	FSF-FS-242	FSF-FS-240	FSF-FS-270	FSF-FS-258	FSF-FS-263	FSF-FS-057	FSF-FS-065	FSF-FS-168	EN-FS-008	EN-FS-016	EN-FS-021	EN-FS-052
	UTM E	742300,92	741407,42	741400,77	741252,36	741175,17	742167,25	742403,83	743217,67	743591,52	742820,67	743596,64	743437,82	741205,01	742007,65	742970,22	754611,84	759007,91	760567,40	752756,04
	UTM N	8202458,98	8201402,91	8204194,88	8203220,34	8204618,50	8204800,88	8201400,22	8200056,05	8203199,40	8205016,71	8202399,79	8201271,67	8202399,89	8203197,98	8203571,53	8224777,51	8228182,56	8230709,36	8223534,91
	Profund.	124,06	41,60	114,20	80,09	165,30	174,45	118,50	77,60	227,10	239,20	212,50	125,85	42,15	115,80	214,10	98,00	127,75	79,05	136,45
	Dip	-90,000	-90,000	-89,449	-90,000	-87,688	-89,511	-90,000	-89,243	-86,433	-89,513	-89,429	-87,743	-90,000	-90,000	-89,266	-78,246	-77,814	-82,499	-78,502
	Cota (m)	875,13	861,76	809,05	880,50	848,55	807,42	869,81	771,32	725,63	773,58	755,65	767,74	906,79	884,29	839,45	852,96	863,89	883,92	834,70
Nível Frático	01/11/2010	828,63	825,21	808,05	846,66	818,20	774,82	829,01	766,27	709,63	749,38	732,25	730,89	867,79	853,92	-	-	-	-	-
	15/11/2010	831,83	826,19	807,92	846,61	817,61	776,00	829,00	766,29	709,66	749,19	731,98	730,59	867,81	853,93	-	-	-	-	-
	22/11/2010	836,10	826,16	807,86	846,51	816,71	776,10	829,00	766,31	709,68	749,09	732,02	730,39	867,82	853,93	773,94	-	-	-	-
	29/11/2010	839,80	826,15	807,15	846,42	816,05	776,02	828,98	766,37	709,69	748,97	731,74	730,22	867,80	853,90	777,95	-	-	-	-
	10/12/2010	843,65	826,13	805,00	846,32	815,52	774,54	830,15	766,36	709,68	748,89	731,97	730,12	867,69	853,77	801,51	-	-	-	-
	13/12/2010	843,57	826,10	804,85	846,30	815,20	774,34	830,16	766,39	709,79	748,88	731,88	730,14	867,71	853,75	800,38	-	-	-	-
	21/12/2010	843,55	826,10	804,85	846,21	814,58	774,30	830,07	766,10	709,95	748,82	731,83	730,10	867,70	853,67	800,44	-	-	-	-
	06/01/2011	843,43	826,11	805,10	846,14	827,76	775,63	829,90	767,08	714,16	748,53	731,31	729,49	867,70	853,61	800,20	-	-	-	-
	14/01/2011	843,34	826,09	800,70	846,08	827,07	775,50	829,86	767,21	714,87	748,49	731,08	729,50	867,70	853,56	800,07	-	-	-	-
	21/01/2011	843,32	826,09	800,22	846,05	826,46	775,33	829,82	767,17	709,91	748,49	731,01	729,53	867,70	853,54	799,46	-	-	-	-
	28/01/2011	843,26	826,09	800,05	845,99	826,04	774,86	829,68	767,21	708,92	748,46	731,04	729,51	867,70	853,46	799,59	-	-	-	-
	04/02/2011	843,24	825,06	799,75	845,92	825,60	774,65	829,71	767,21	708,47	748,43	730,94	729,42	867,70	853,41	799,23	-	-	-	-
	11/02/2011	843,22	826,06	799,64	845,91	825,21	775,50	829,61	767,16	708,33	748,38	730,93	729,39	867,70	853,37	798,87	-	-	-	-
	19/02/2011	843,18	823,08	799,56	845,92	824,78	774,58	829,59	767,15	708,21	748,34	731,03	729,35	867,69	853,45	798,45	-	-	-	-
	26/02/2011	843,14	823,07	799,51	845,92	824,40	774,97	829,57	767,19	708,11	748,34	730,92	729,28	867,68	853,40	797,99	827,41	841,75	870,70	808,16
	04/03/2011	843,12	823,08	799,57	845,86	824,15	775,03	829,51	767,21	708,28	748,30	730,76	729,34	867,69	853,34	797,67	827,27	841,60	870,72	808,53
	11/03/2011	843,08	823,07	799,48	845,82	823,79	775,15	829,49	767,26	708,55	748,28	730,75	729,39	867,69	853,31	797,17	827,25	841,67	870,73	808,56
	19/03/2011	843,03	823,07	799,37	845,73	824,41	775,22	829,41	767,27	708,95	748,27	730,74	729,56	867,69	853,26	796,61	827,26	841,63	870,75	808,55
	26/03/2011	843,02	823,06	799,29	845,69	822,93	775,38	829,36	767,25	708,21	748,29	730,81	729,67	867,73	853,14	796,15	827,26	841,64	870,82	808,58
	02/04/2011	842,95	823,08	799,10	845,61	822,71	775,40	829,29	767,25	708,18	748,24	730,80	729,66	867,70	853,16	795,67	827,19	841,63	870,75	808,57
	09/04/2011	842,96	823,07	799,21	845,60	822,48	775,58	828,86	767,28	708,99	748,16	730,89	729,74	867,70	853,16	795,18	827,15	841,63	870,79	808,64
	16/04/2011	842,91	823,04	799,15	845,58	822,22	775,52	829,21	767,28	708,41	748,19	730,95	729,73	867,70	853,10	794,72	826,81	841,50	870,78	808,60
	22/04/2011	842,80	823,04	799,18	845,52	821,96	775,50	829,14	767,32	708,24	748,16	730,98	729,63	867,65	853,05	794,22	827,08	841,61	870,76	808,69
	28/04/2011	842,78	823,04	799,16	845,48	821,77	775,45	829,10	767,34	708,19	748,15	731,01	729,63	867,66	853,01	793,91	827,03	841,56	870,76	808,68
	07/05/2011	842,80	823,06	799,18	845,44	821,43	775,60	829,07	767,29	708,17	748,05	730,96	729,62	867,69	853,00	793,48	827,00	841,59	870,87	808,75
	12/05/2011	842,72	823,06	799,18	845,39	821,25	775,56	829,02	767,33	708,10	748,07	730,94	729,53	867,65	852,95	793,23	827,01	841,56	870,84	808,75
	20/05/2011	842,75	823,05	799,17	845,34	820,89	775,69	828,99	767,30	708,13	748,07	730,88	729,53	867,69	852,94	792,71	826,92	841,57	870,85	808,72
	28/05/2011	842,59	822,98	799,06	845,25	820,58	775,49	828,86	767,27	708,02	748,00	730,67	729,42	867,61	852,84	792,30	826,81	841,50	870,78	808,60
	04/06/2011	842,57	822,98	798,98	845,23	820,39	775,49	828,83	767,23	708,02	747,97	730,69	729,39	867,60	852,82	792,01	826,77	841,49	870,78	808,60
	11/06/2011	842,65	823,05	798,94	845,23	820,13	775,56	828,85	767,29	708,11	748,00	730,67	729,43	867,69	852,85	791,61	826,84	841,54	870,86	808,57
18/06/2011	842,54	823,03	798,86	845,15	819,85	775,50	828,77	767,25	708,06	747,97	730,63	729,34	867,65	852,78	791,25	826,80	841,54	870,79	808,56	
25/06/2011	842,51	823,03	798,77	845,12	819,59	775,42	828,73	767,26	708,05	747,94	730,60	729,32	867,65	852,75	791,02	826,77	841,53	870,78	808,52	
02/07/2011	842,49	822,98	798,71	844,58	819,35	775,41	828,70	767,26	708,05	747,92	730,57	729,31	867,66	852,73	790,68	826,68	841,53	870,73	808,44	
11/07/2011	842,47	823,03	798,71	845,04	819,13	775,38	828,66	767,24	708,04	747,89	730,53	729,28	867,66	852,72	790,41	826,66	841,50	870,73	808,38	
18/07/2011	842,43	823,07	797,56	845,05	819,84	775,49	828,56	766,60	708,01	747,86	730,39	730,24	867,68	852,65	791,06	826,65	841,50	870,71	808,38	
23/07/2011	842,37	823,01	798,67	844,92	818,71	775,38	828,56	767,15	708,02	747,82	730,44	729,18	867,63	852,63	789,82	826,60	841,49	870,74	808,31	
30/07/2011	842,32	823,01	798,61	844,86	817,85	775,30	828,51	767,10	17,65	747,79	730,39	729,17	867,64	852,59	789,34	826,57	841,50	870,75	808,25	



ANEXO E

PERFIS CONSTRUTIVOS DOS PIEZÔMETROS

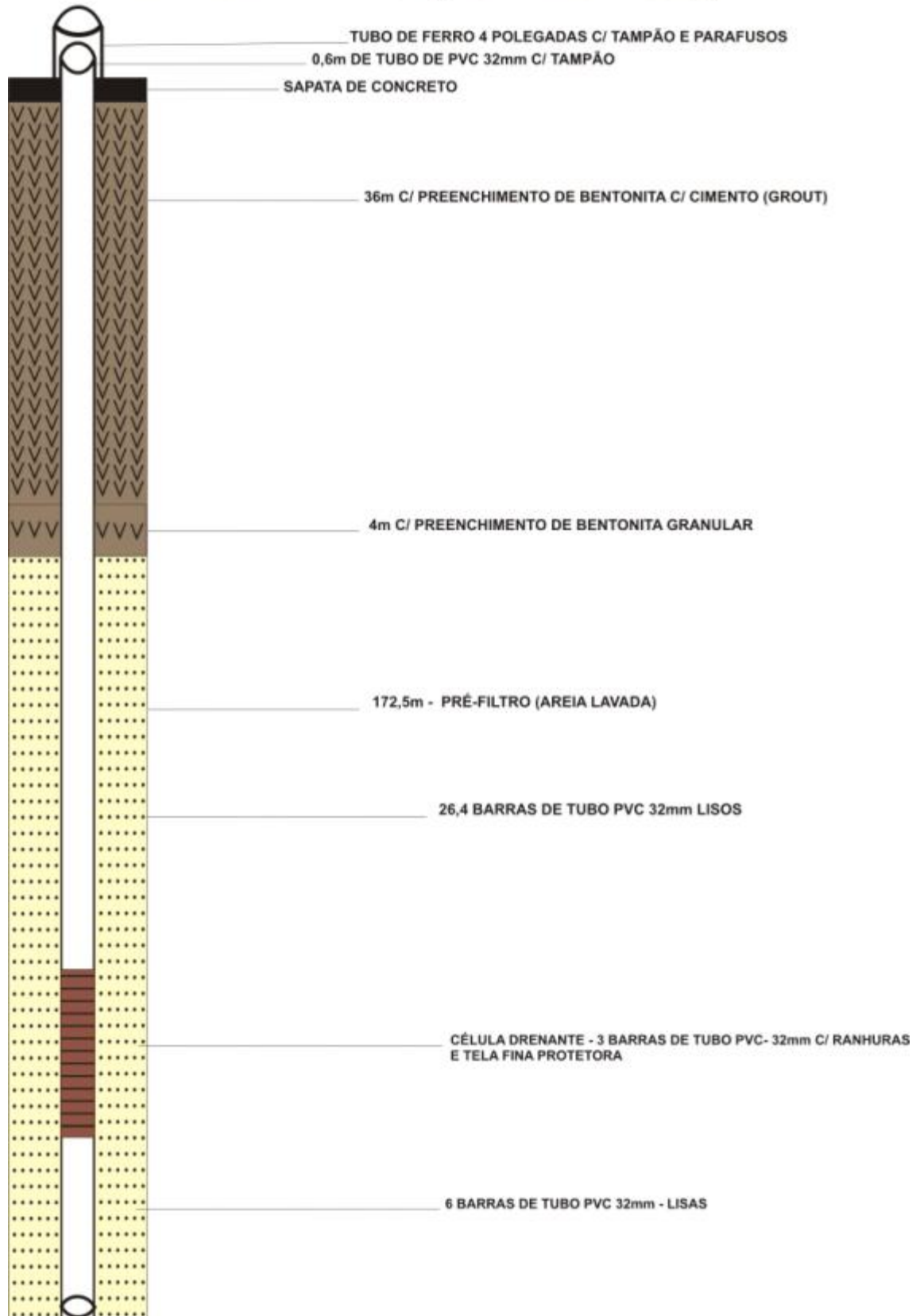


ANEXO E
PERFIS CONSTRUTIVOS DOS PIEZÔMETROS

BLOCO 8

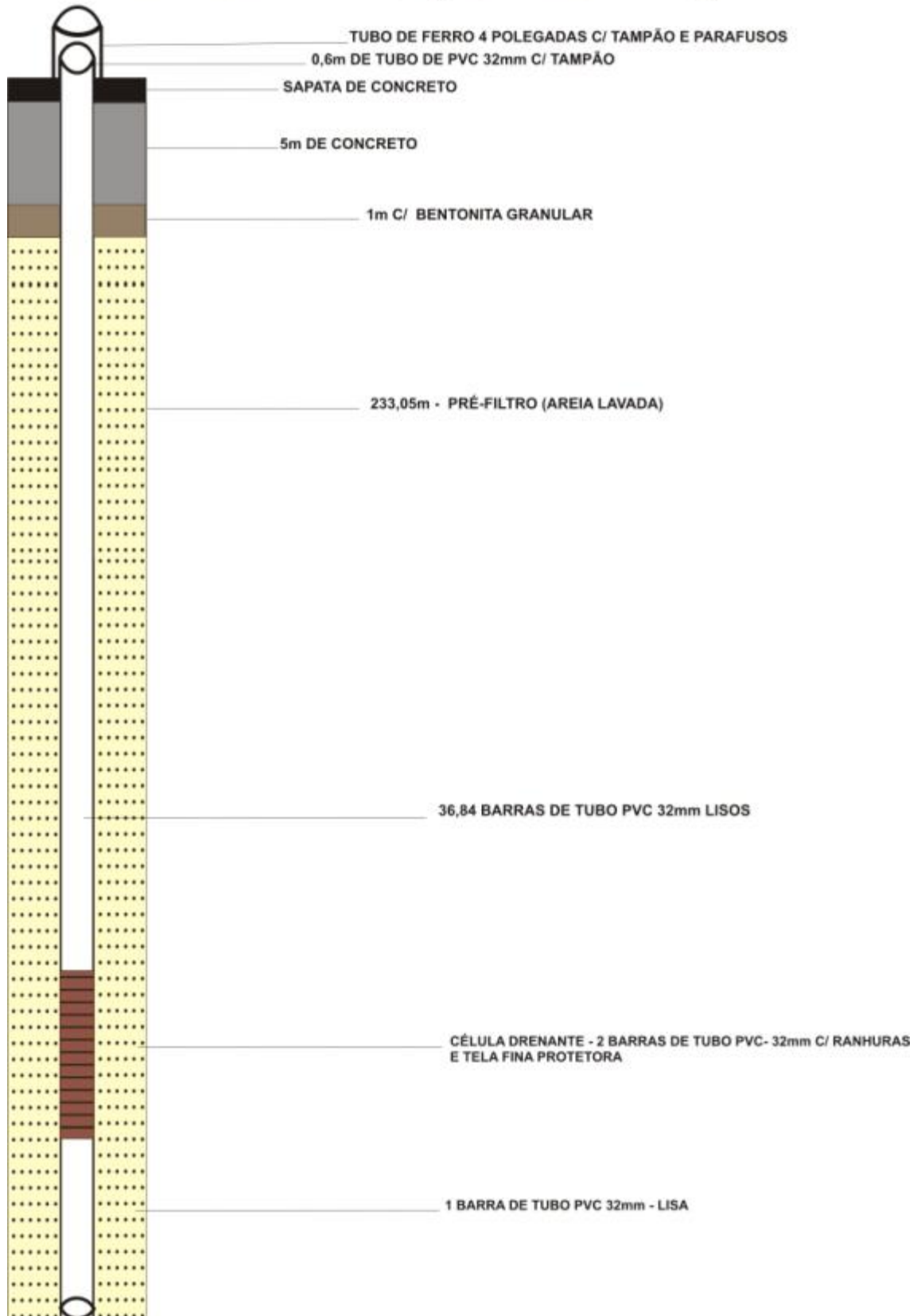


PIEZÔMETRO (FSF-FS-258)



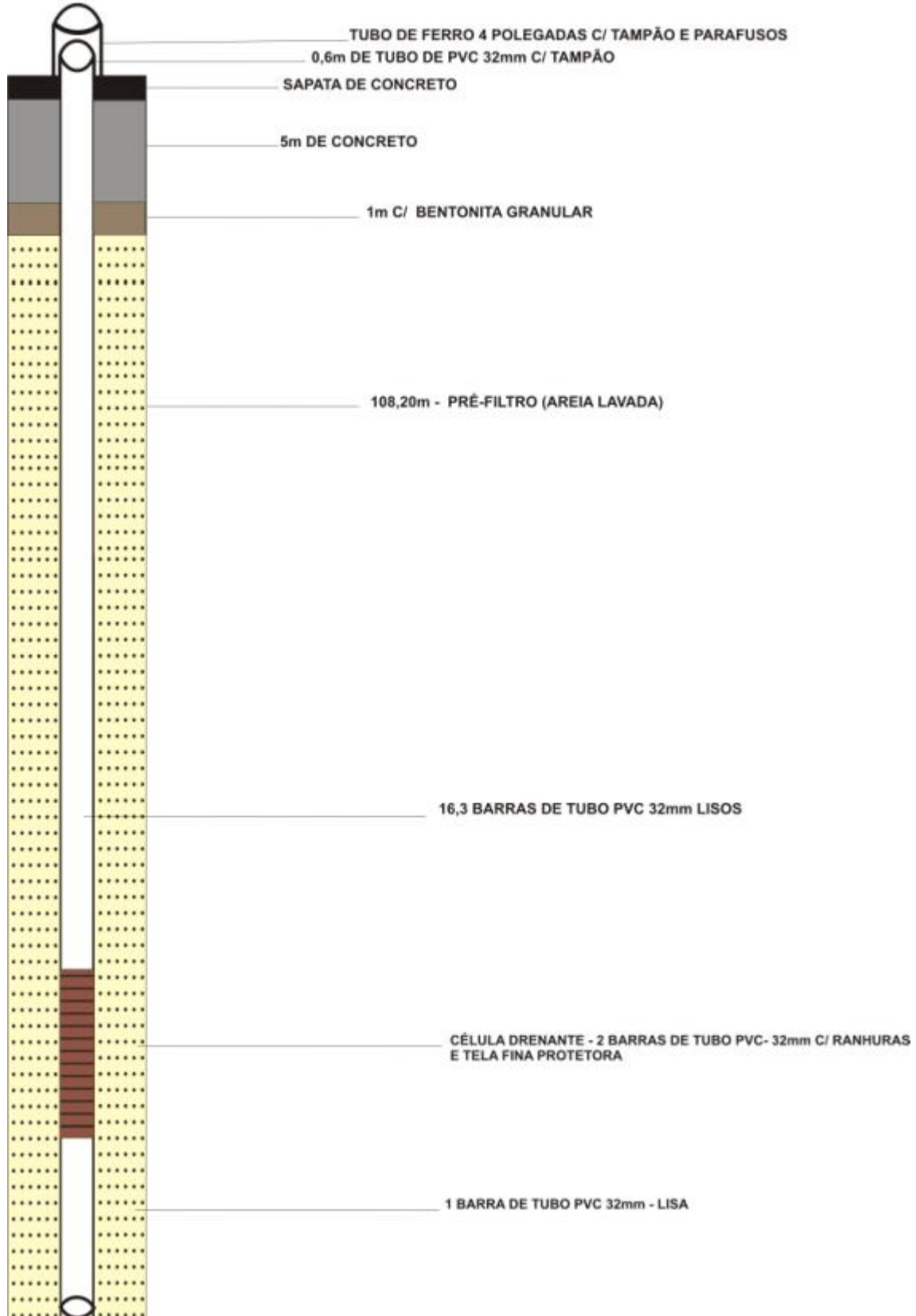


PIEZÔMETRO (FSF-FS-270)



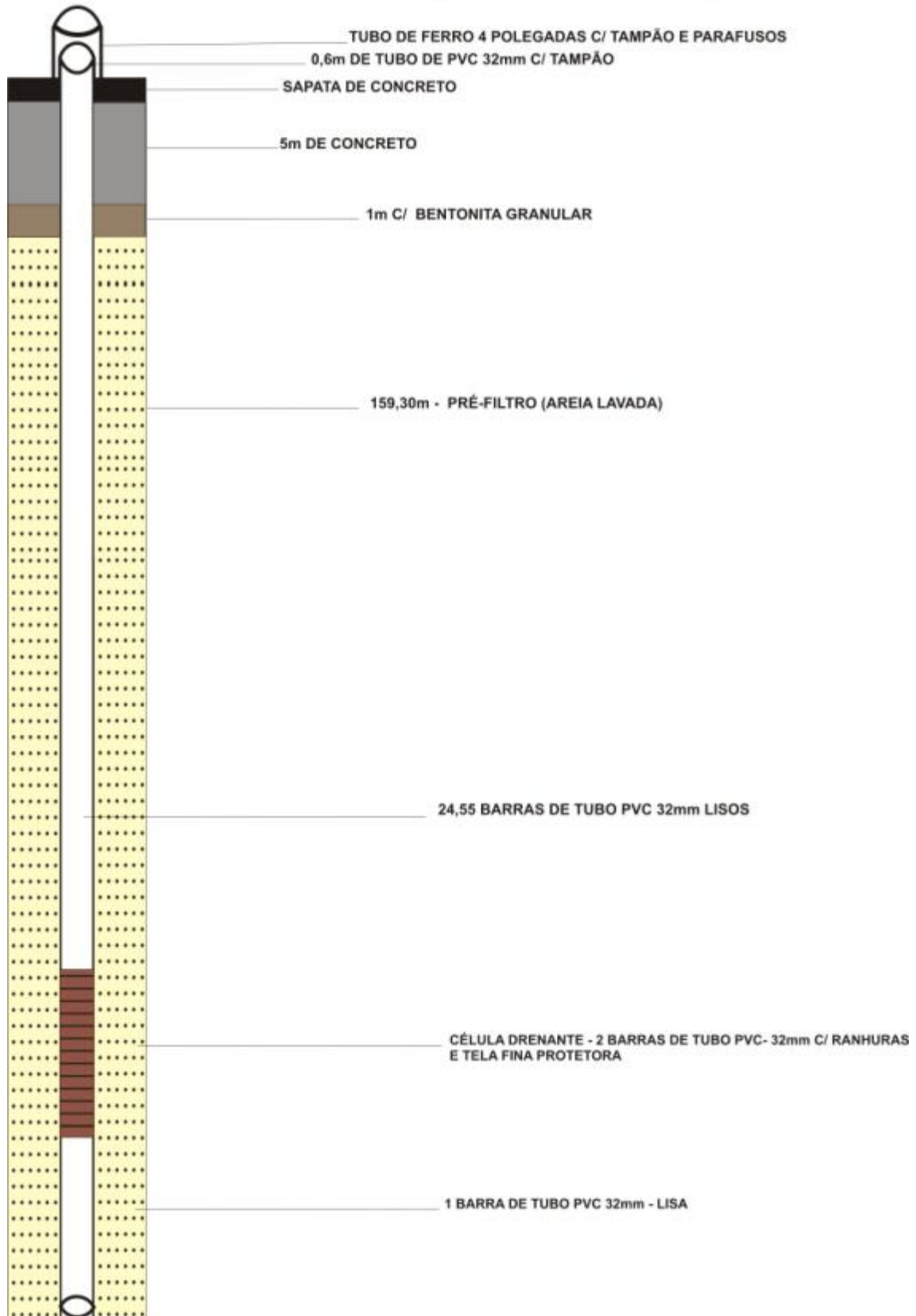


PIEZÔMETRO (FSF-FS-280)



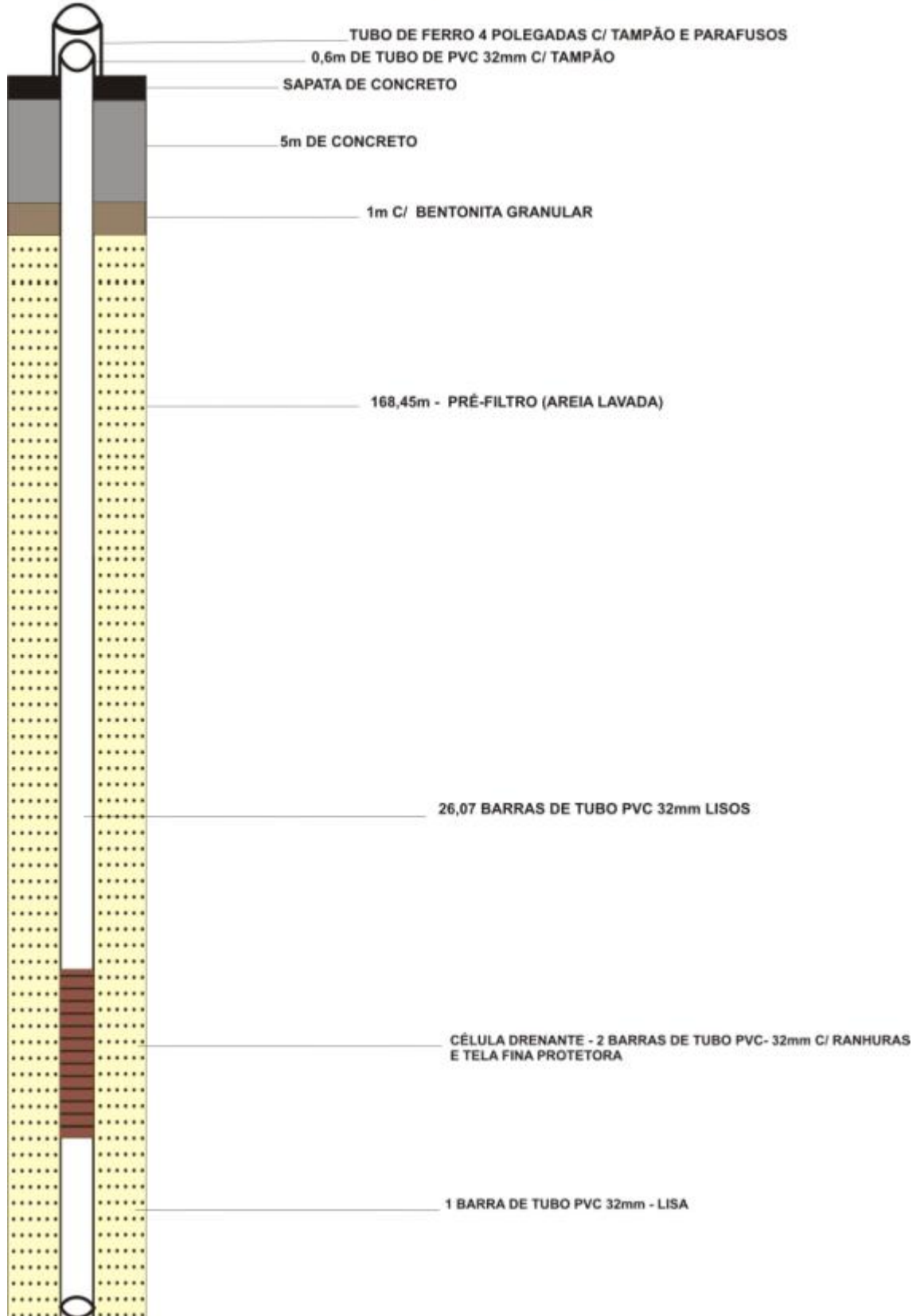


PIEZÔMETRO (FSF-FS-285)



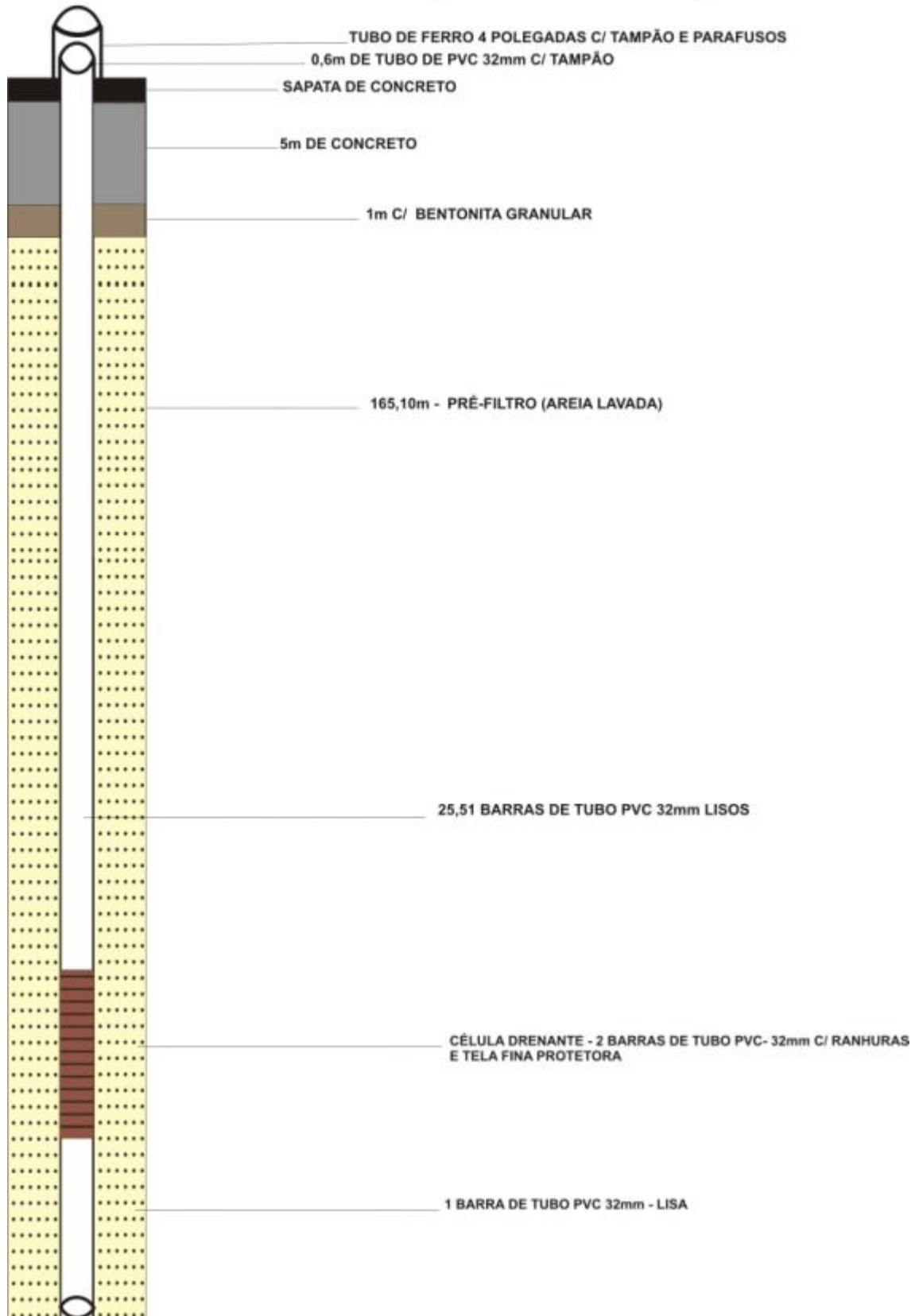


PIEZÔMETRO (FSF-FS-231)



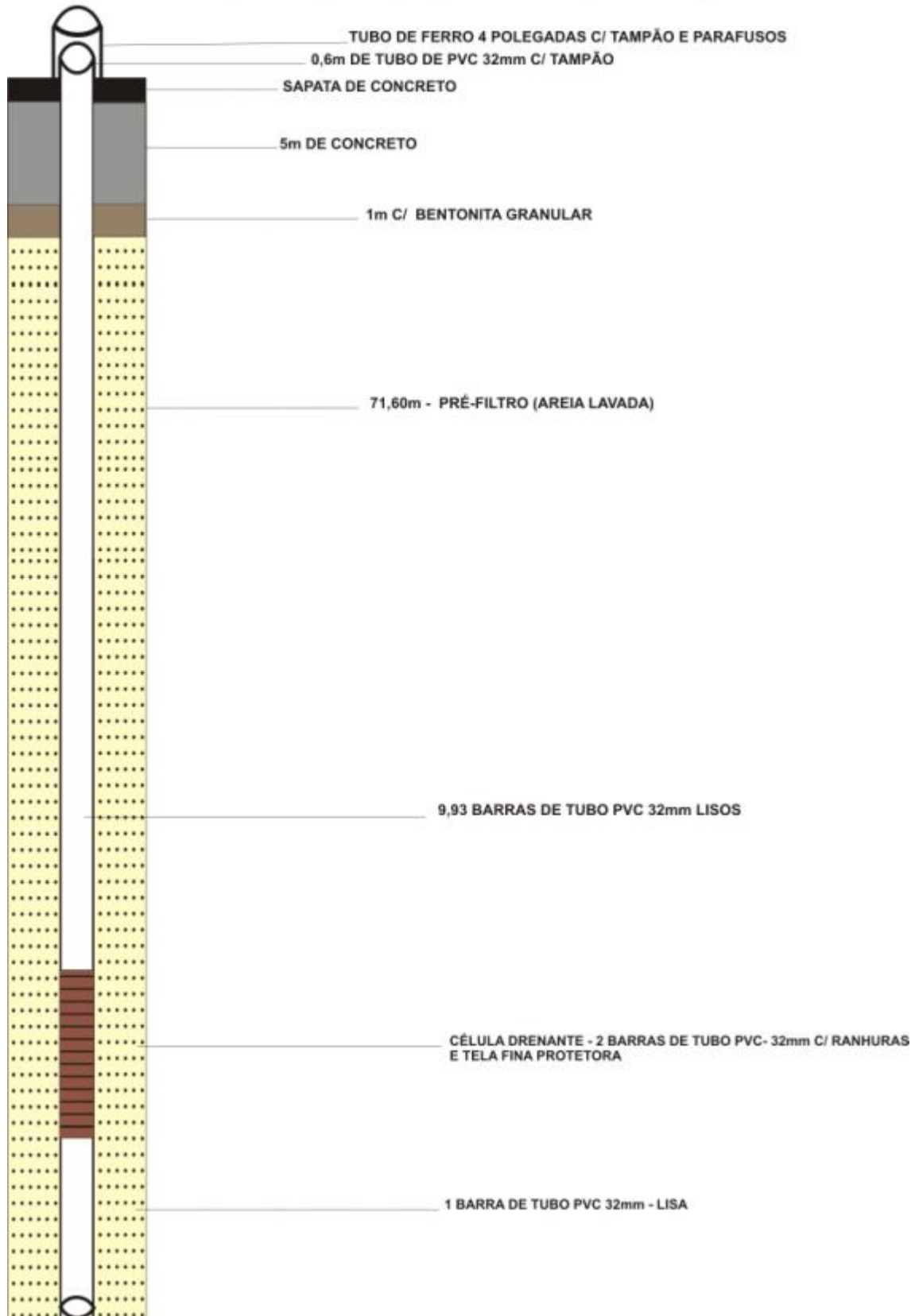


PIEZÔMETRO (FSF-FS-228)



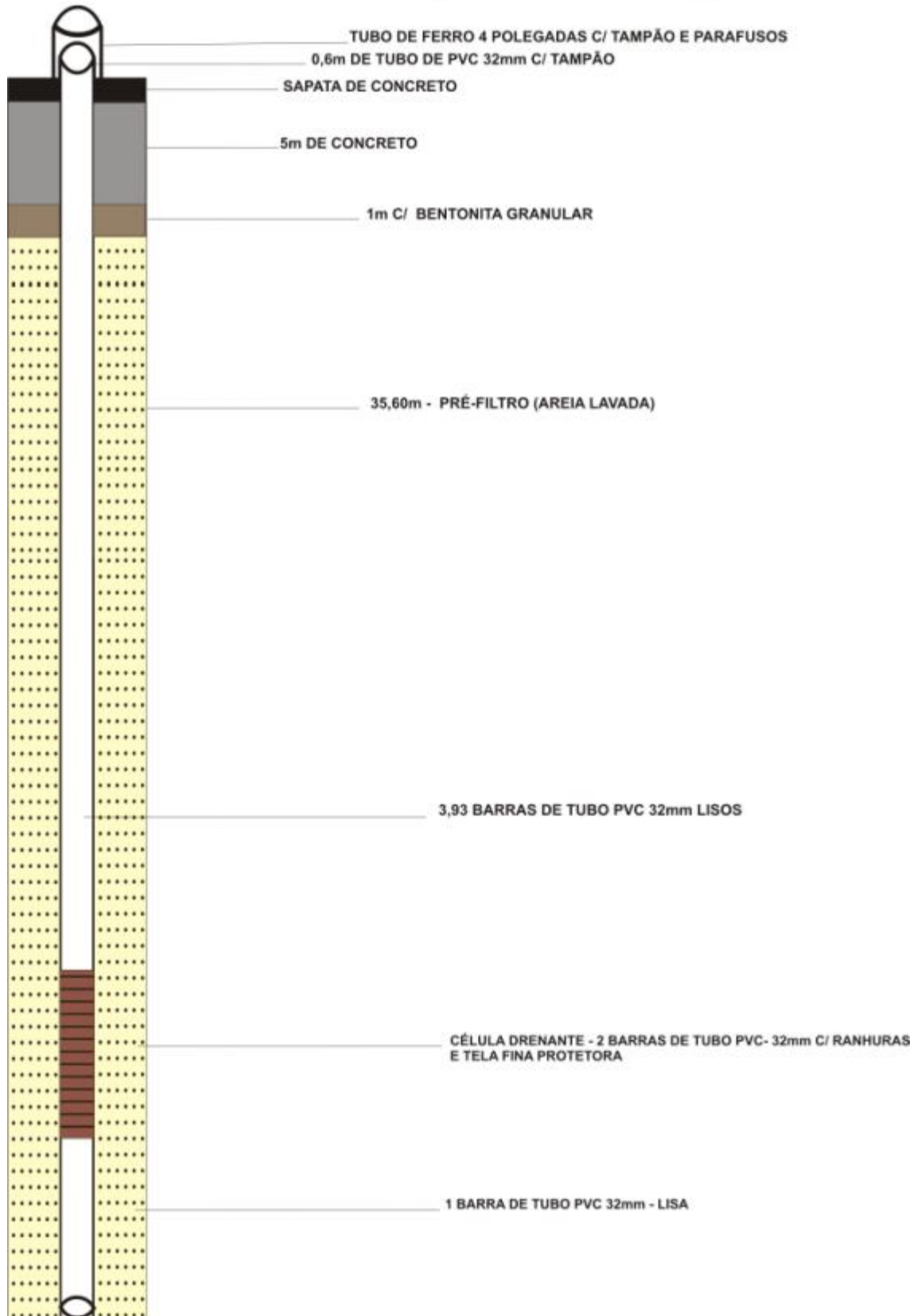


PIEZÔMETRO (FSF-FS-242)



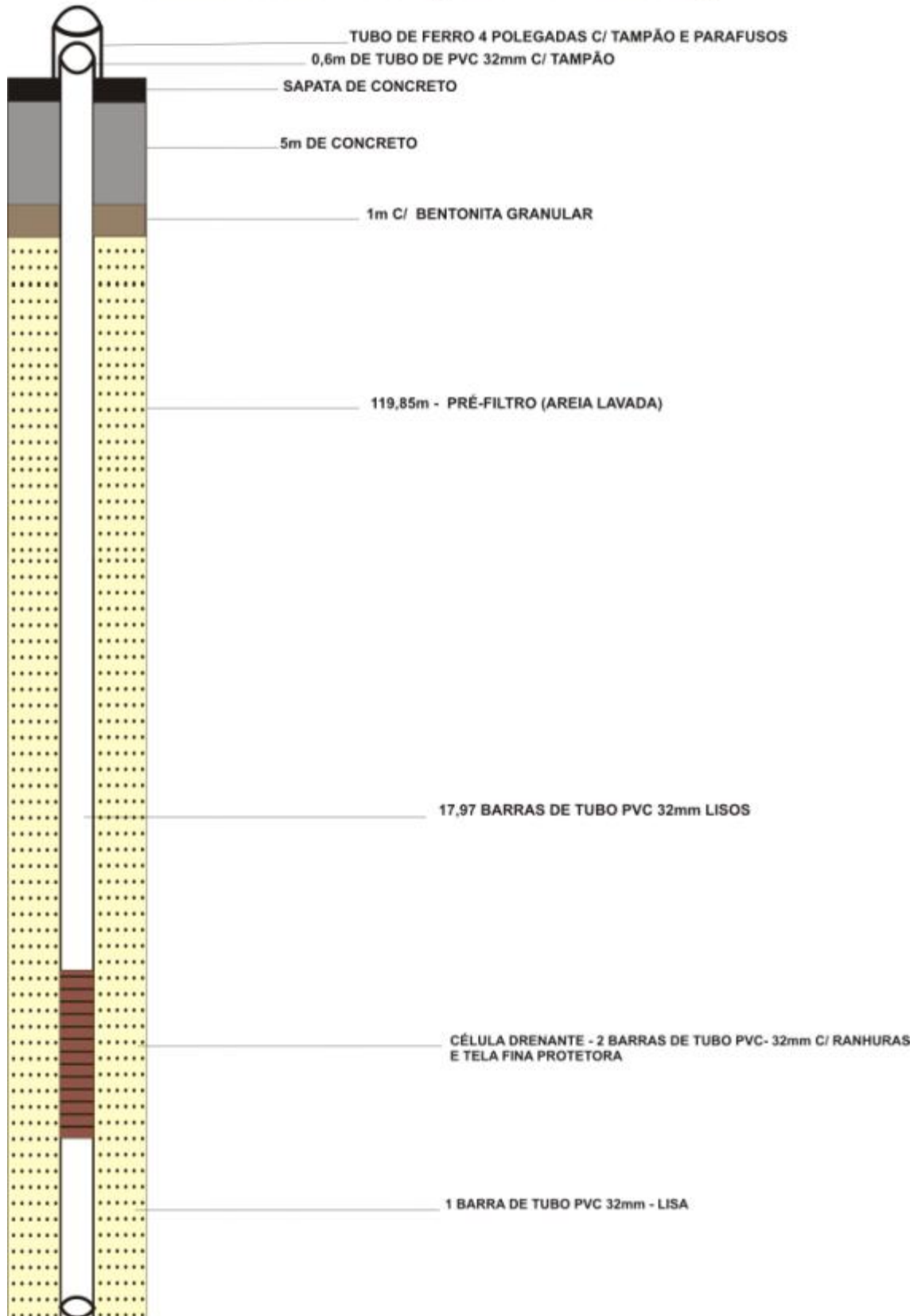


PIEZÔMETRO (FSF-FS-235)



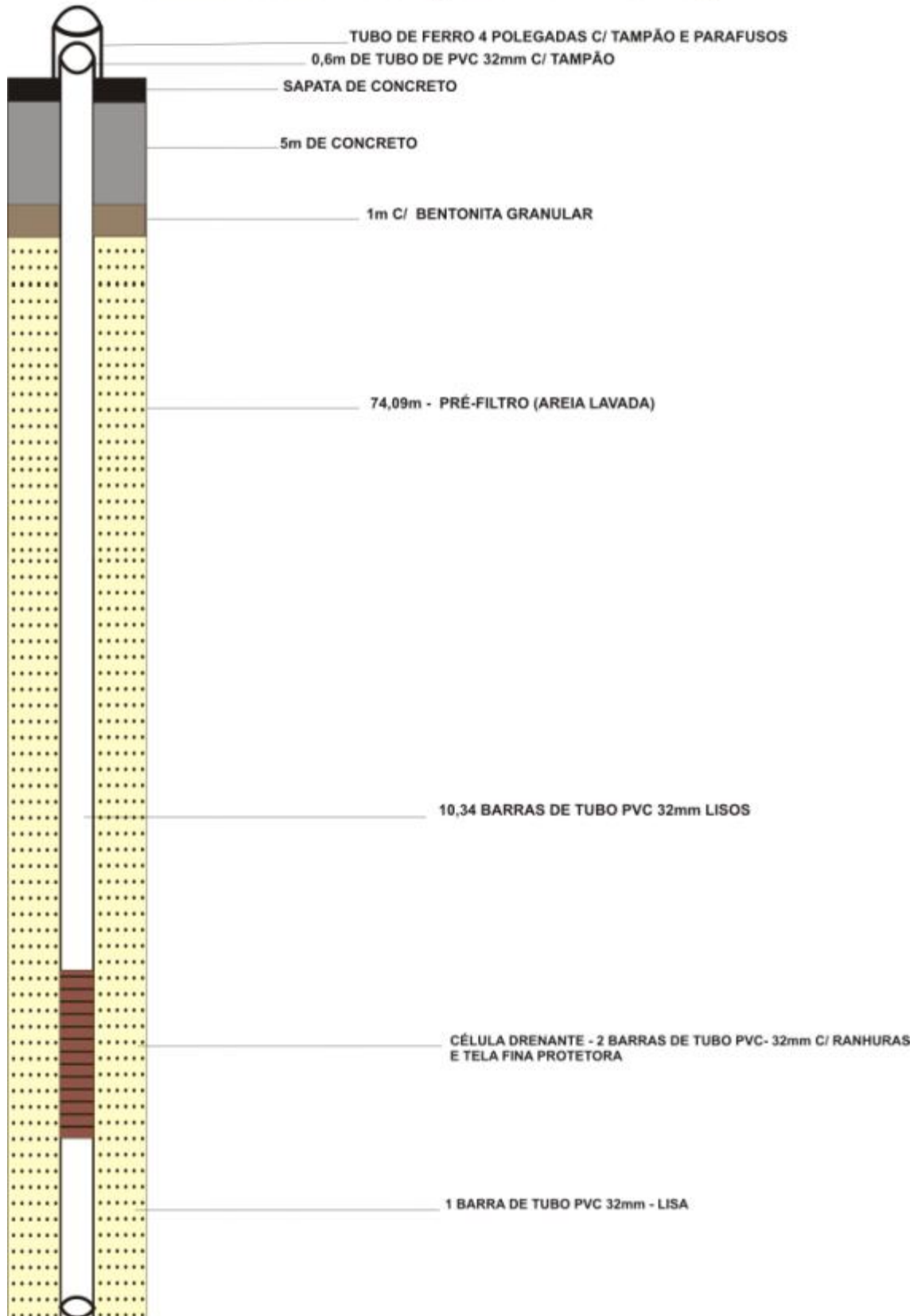


PIEZÔMETRO (FSF-FS-263)



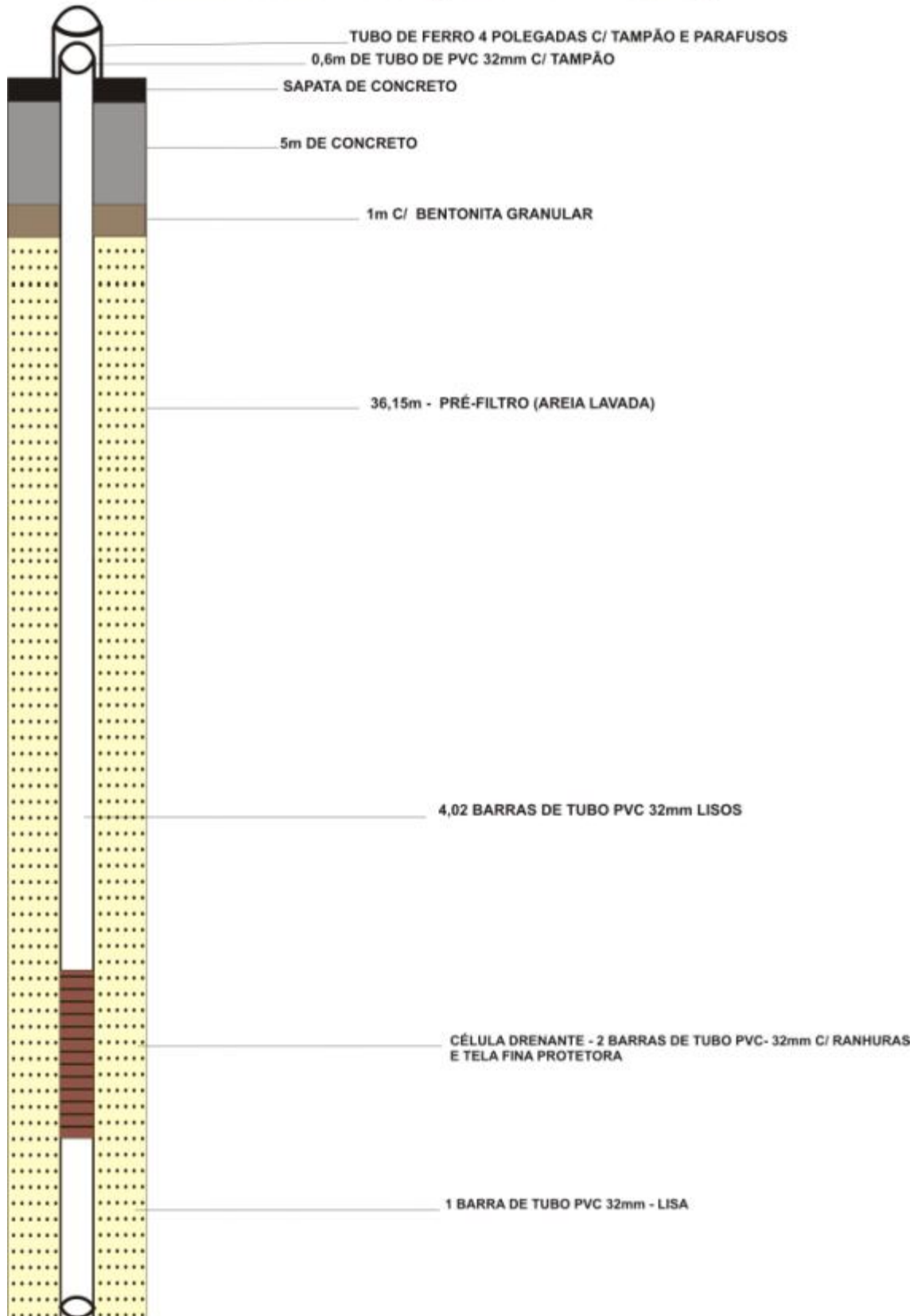


PIEZÔMETRO (FSF-FS-024)



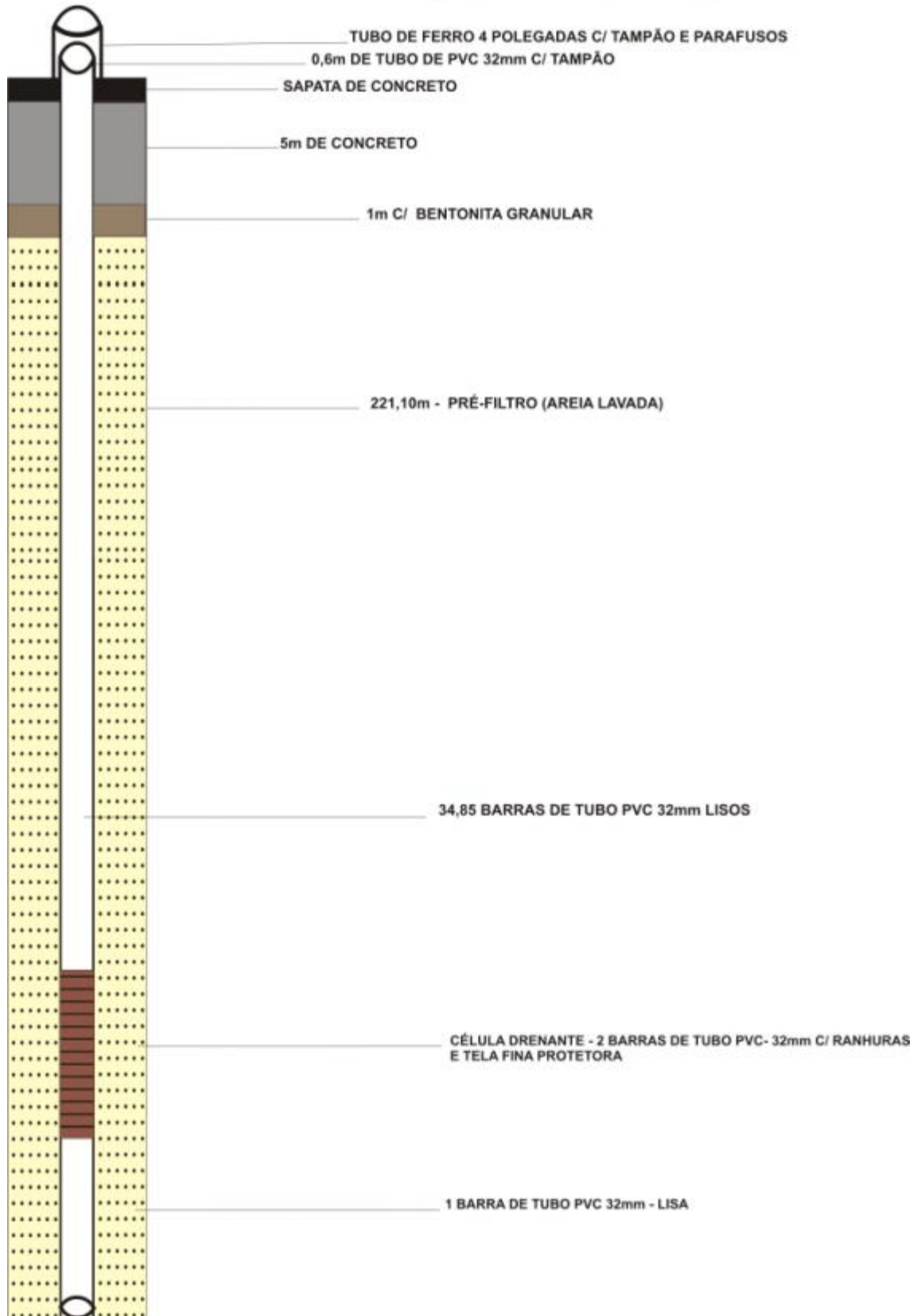


PIEZÔMETRO (FSF-FS-057)



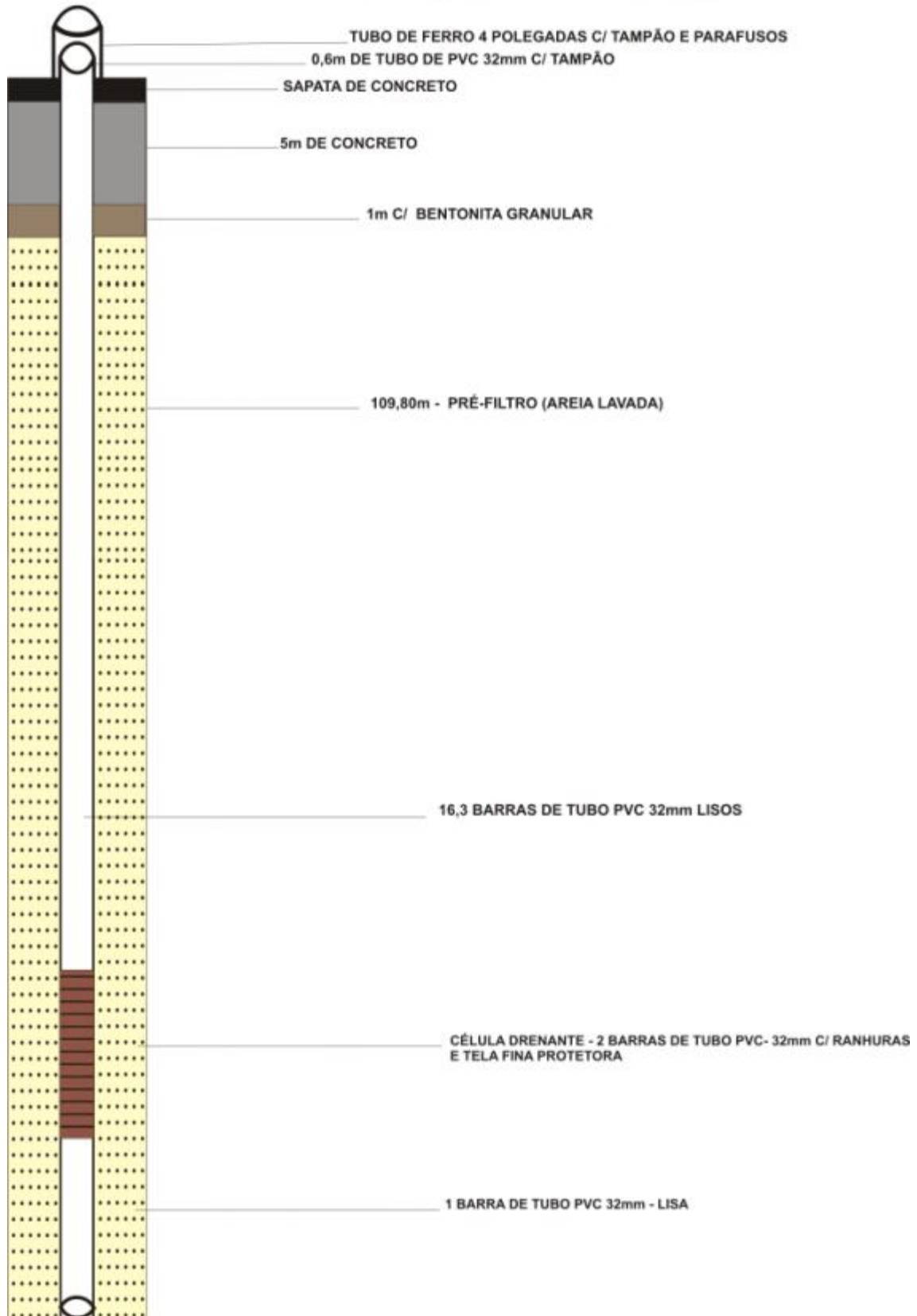


PIEZÔMETRO (FSF-FS-240)



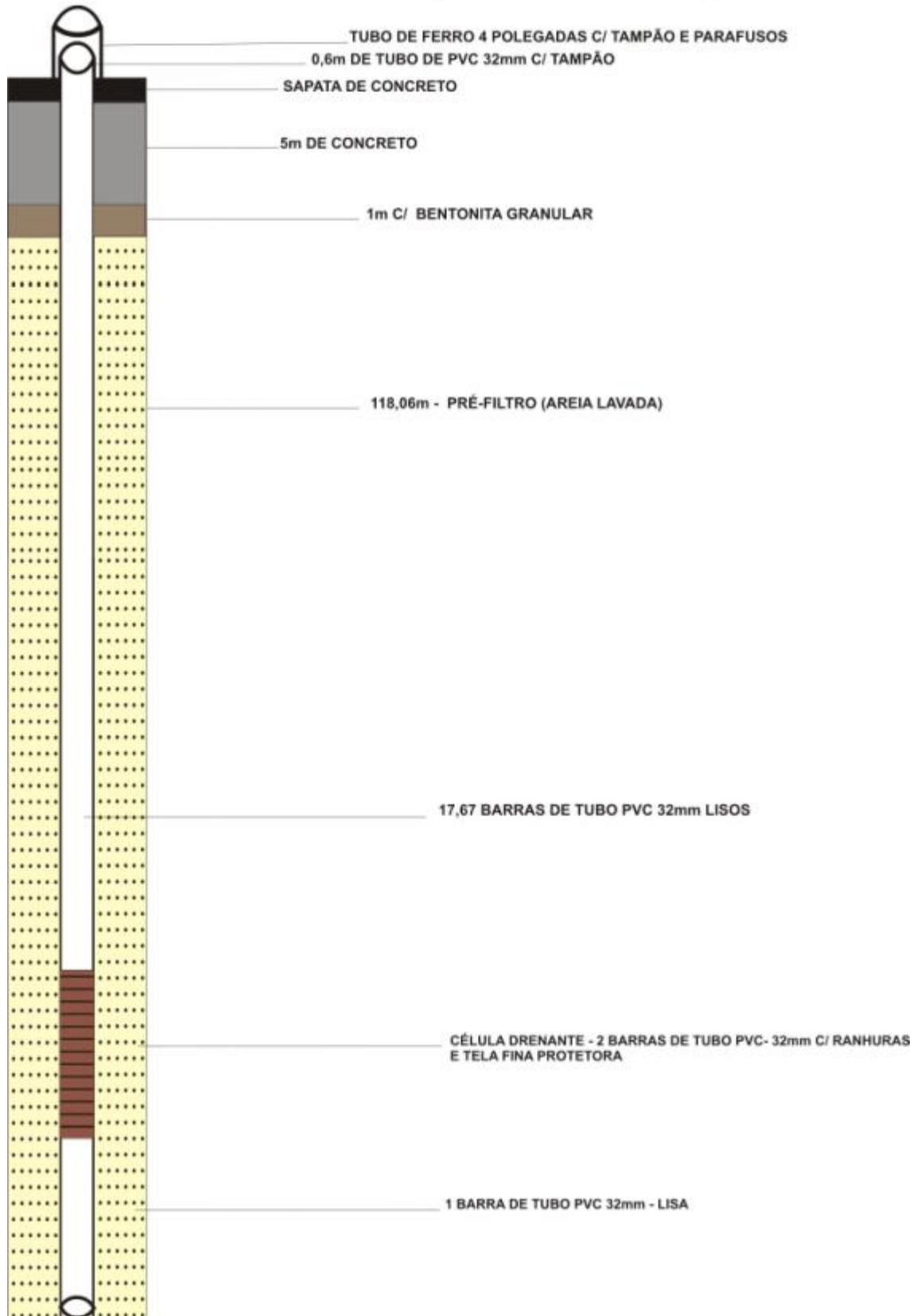


PIEZÔMETRO (FSF-FS-065)



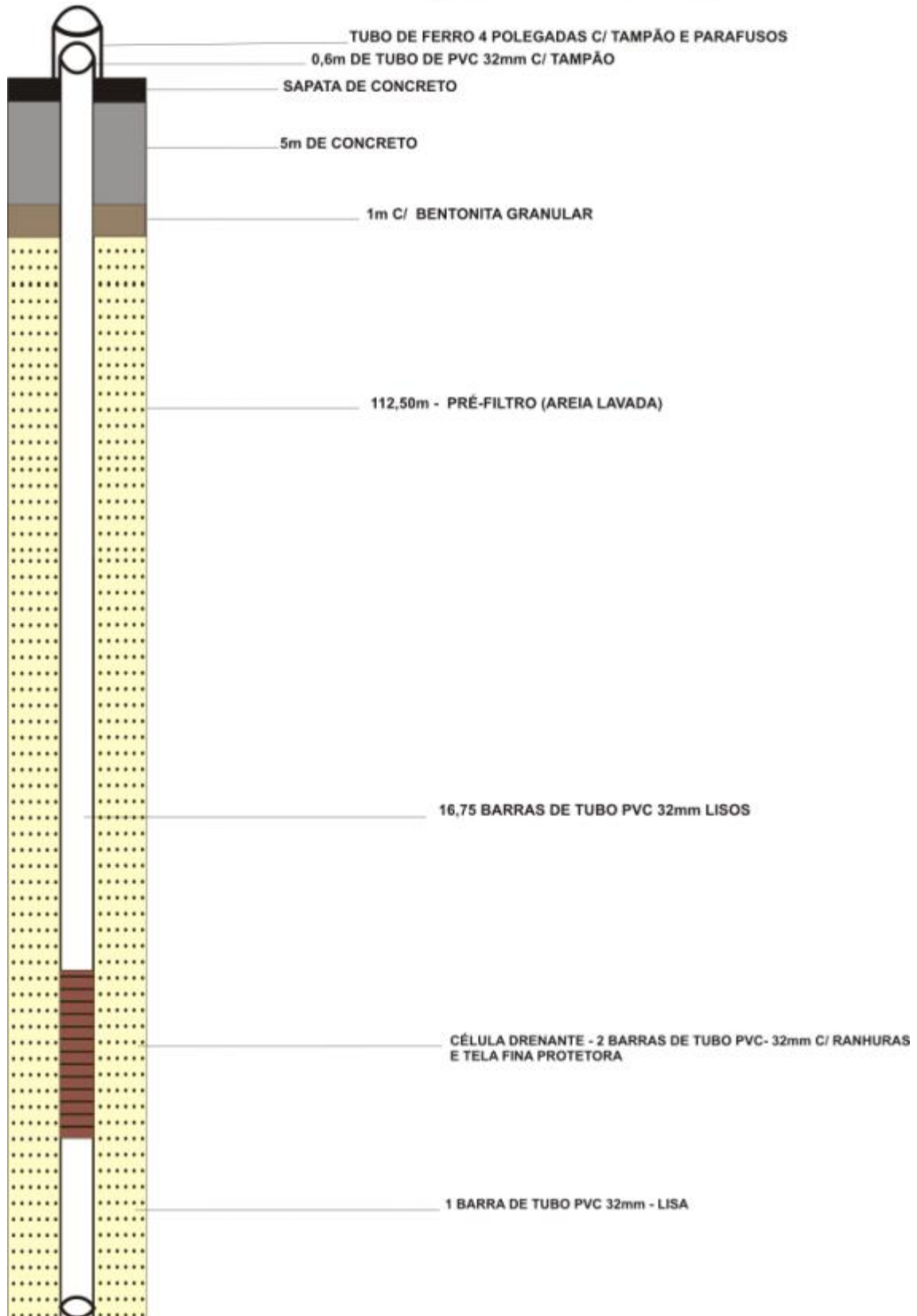


PIEZÔMETRO (FSF-FS-012)



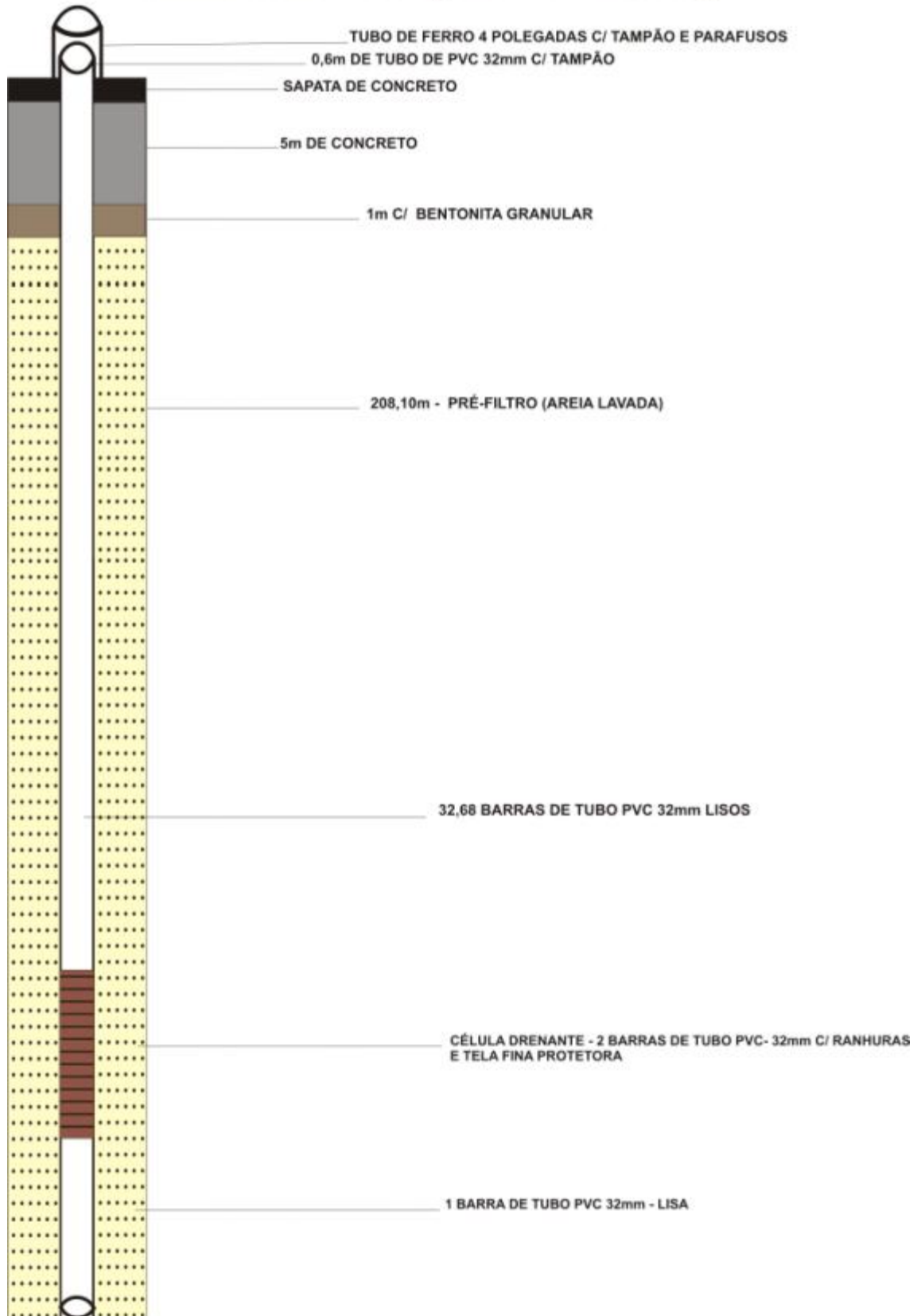


PIEZÔMETRO (FSF-FS-073)





PIEZÔMETRO (FSF-FS-168)

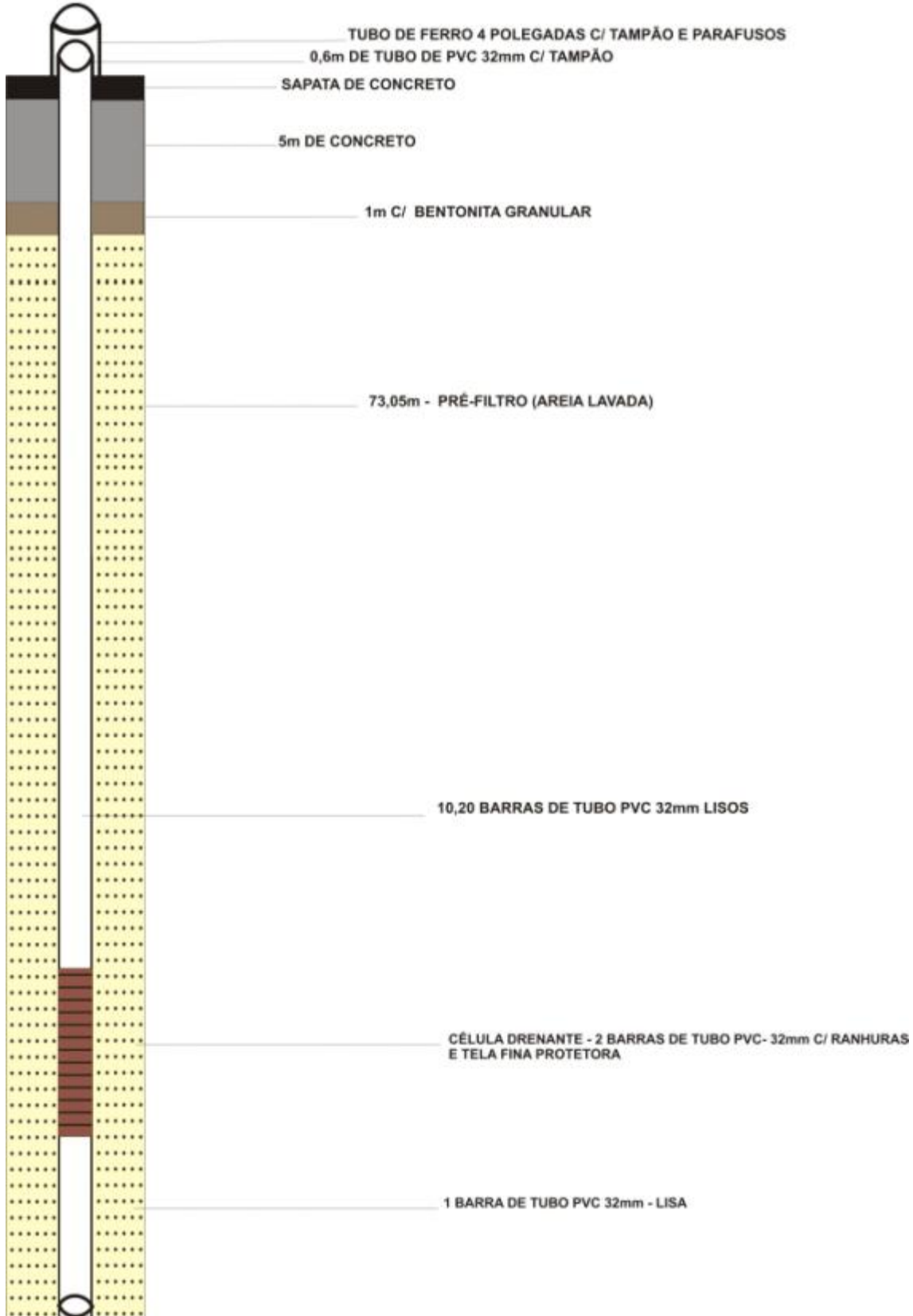




BLOCO 7

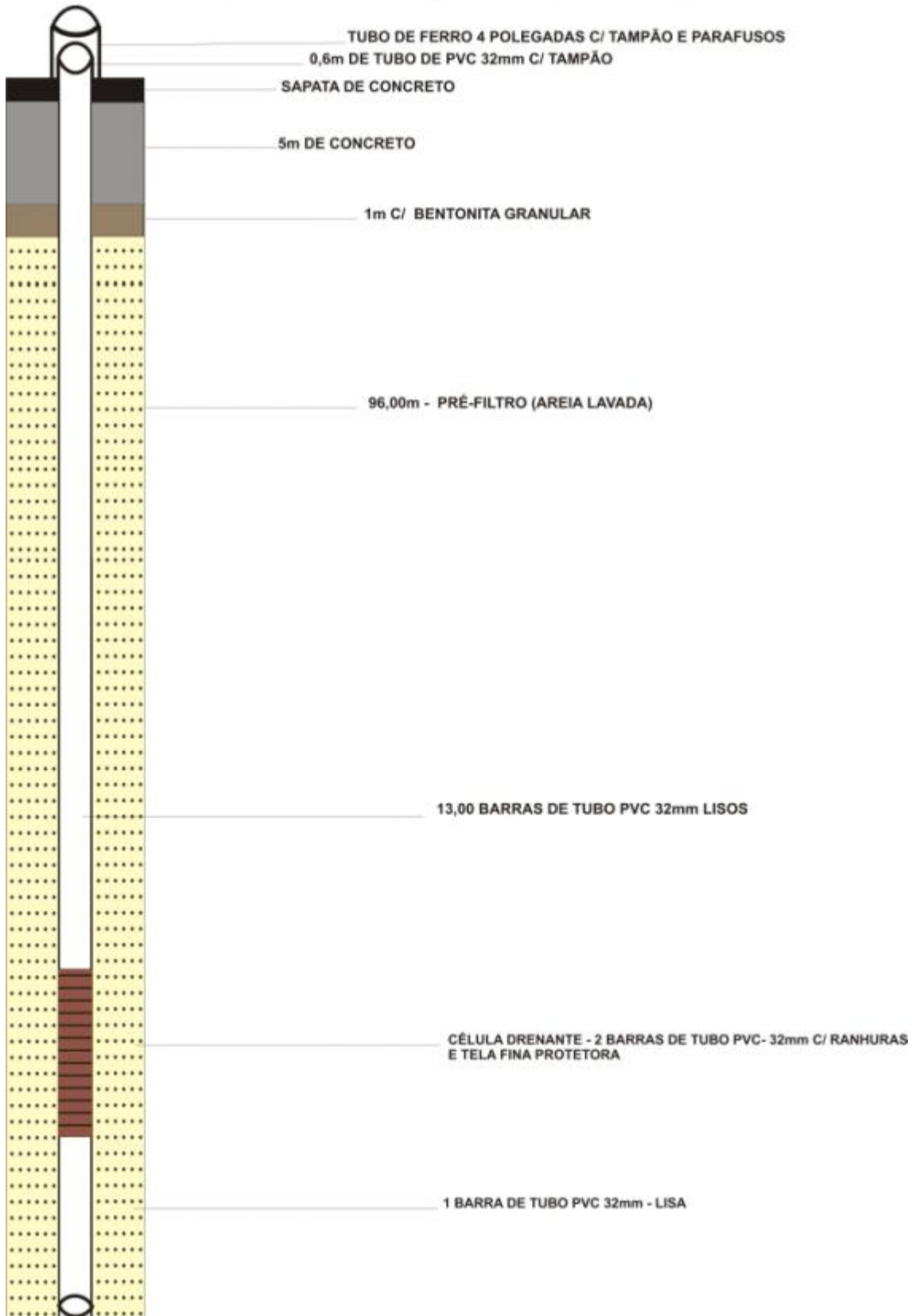


PIEZÔMETRO (EN-FS-021)



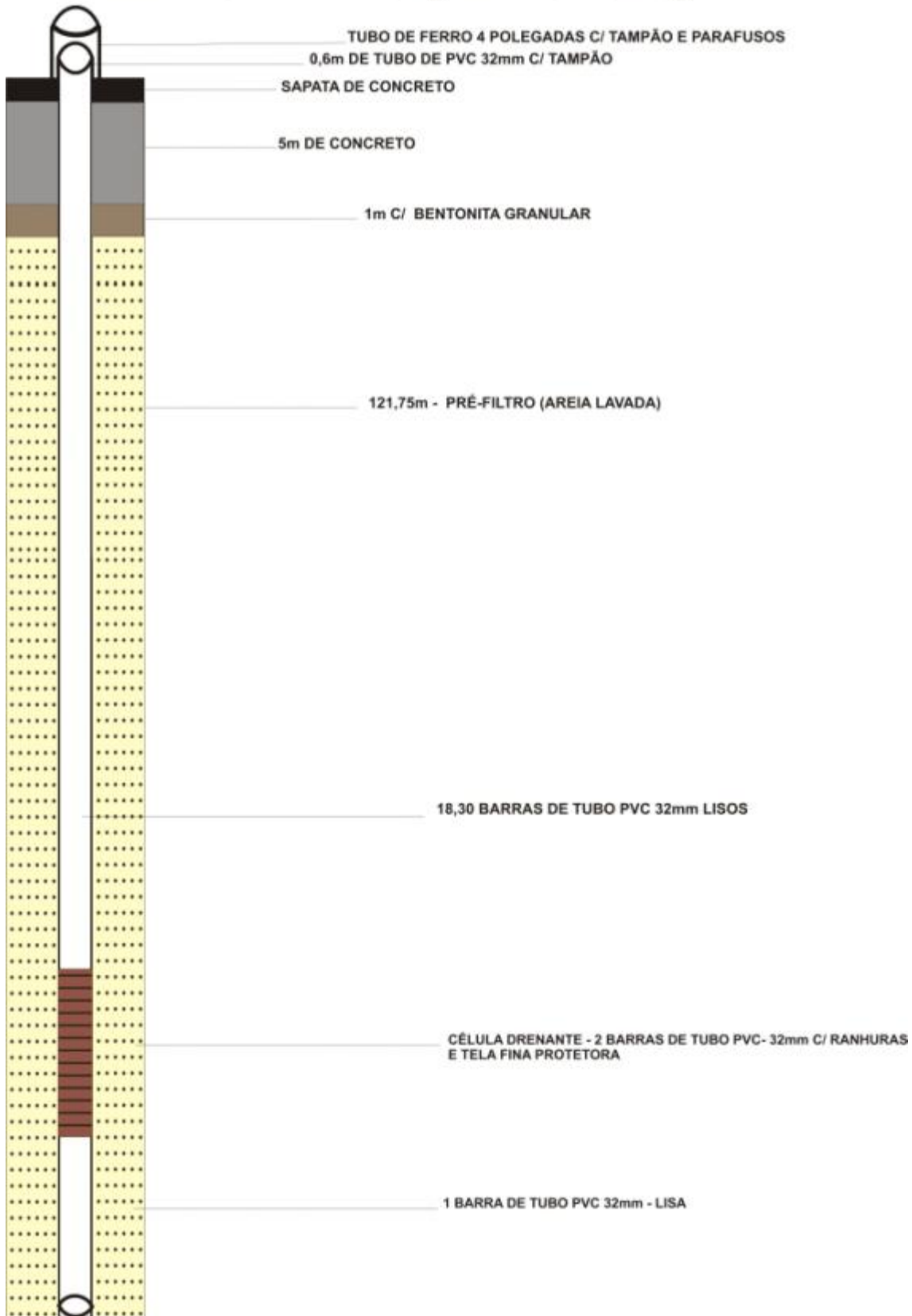


PIEZÔMETRO (EN-FS-008)





PIEZÔMETRO (EN-FS-016)



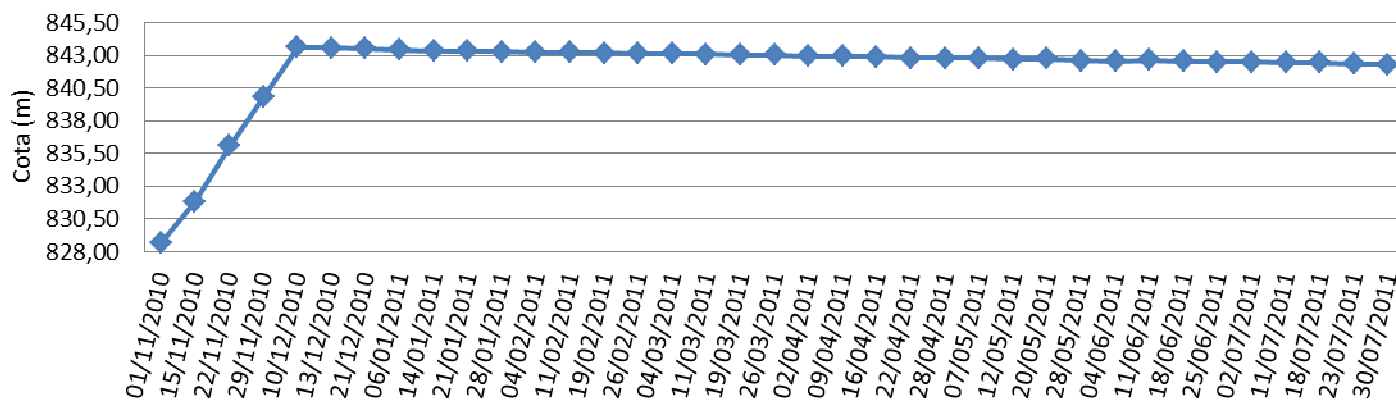


ANEXO F

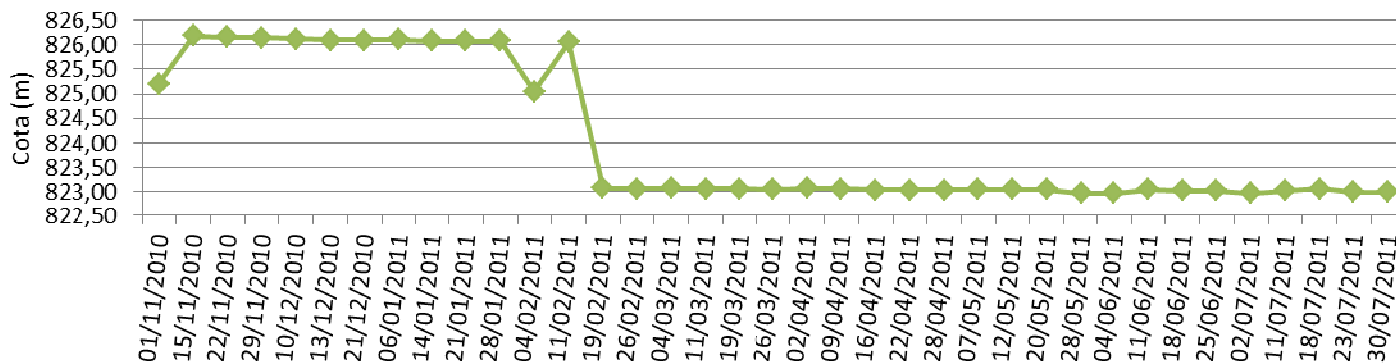
GRÁFICOS APRESENTANDO A VARIAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA PARA CADA PIEZÔMETRO

BLOCO 8

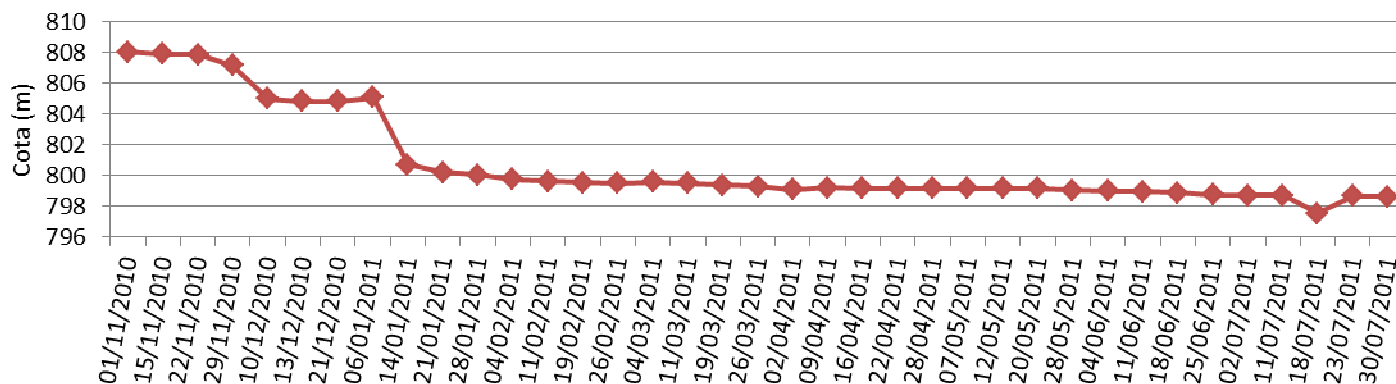
FSF-FS-012



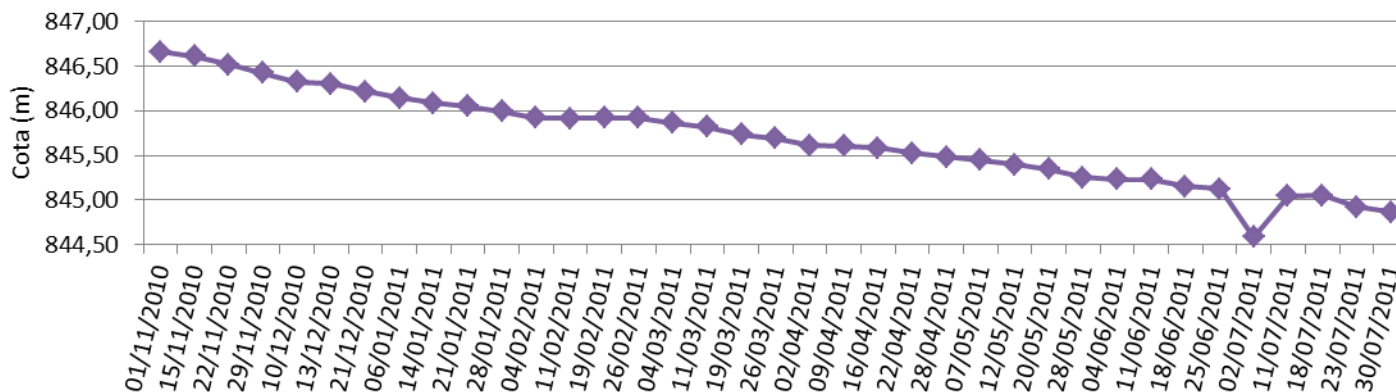
FSF-FS-235



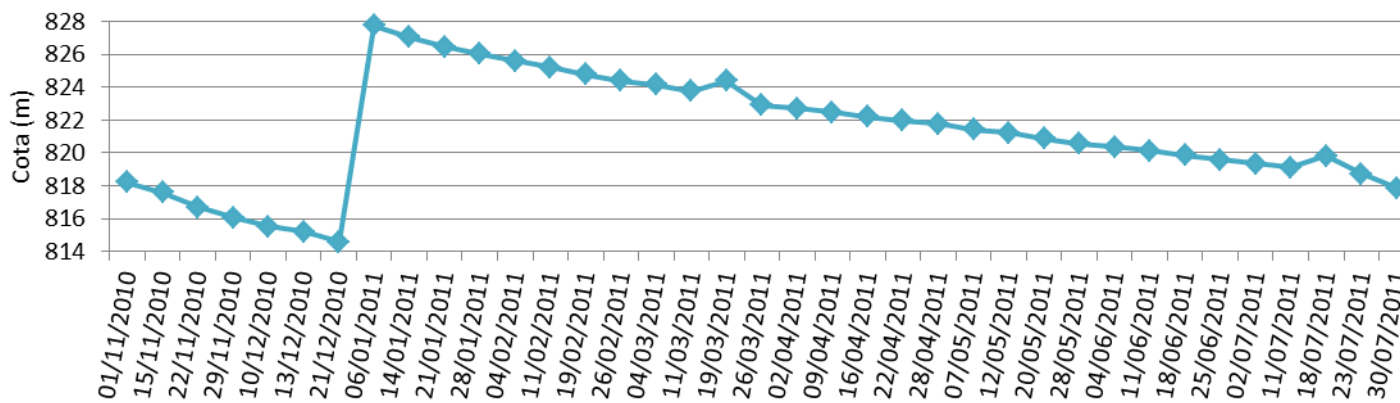
FSF-FS-280



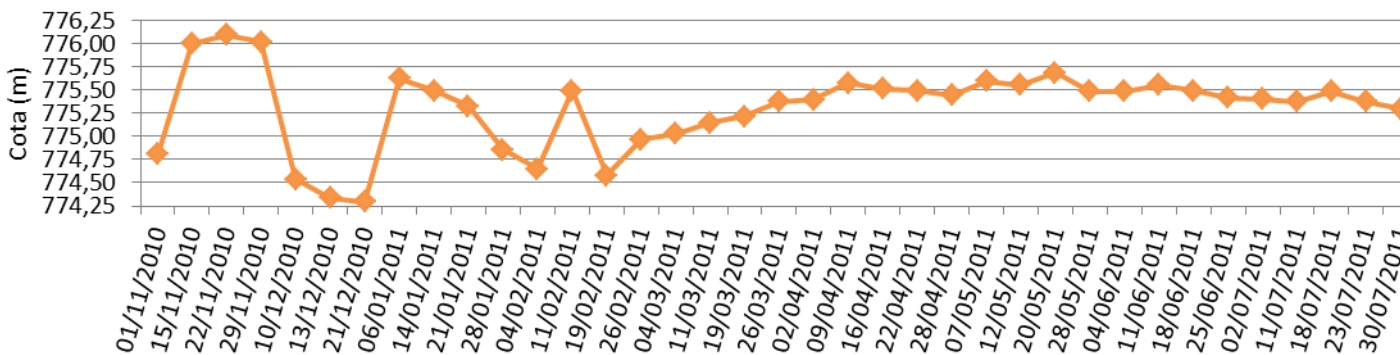
FSF-FS-024



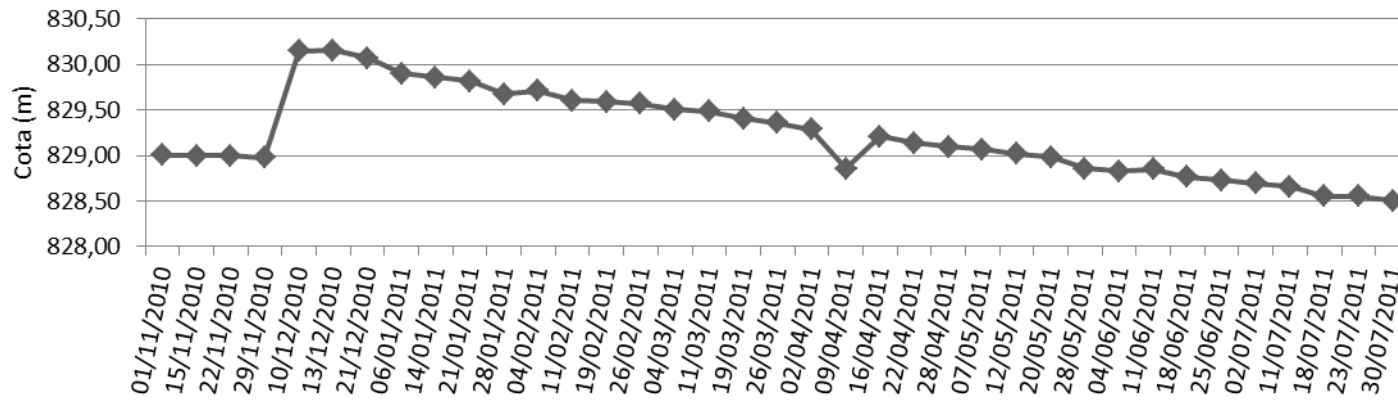
FSF-FS-285



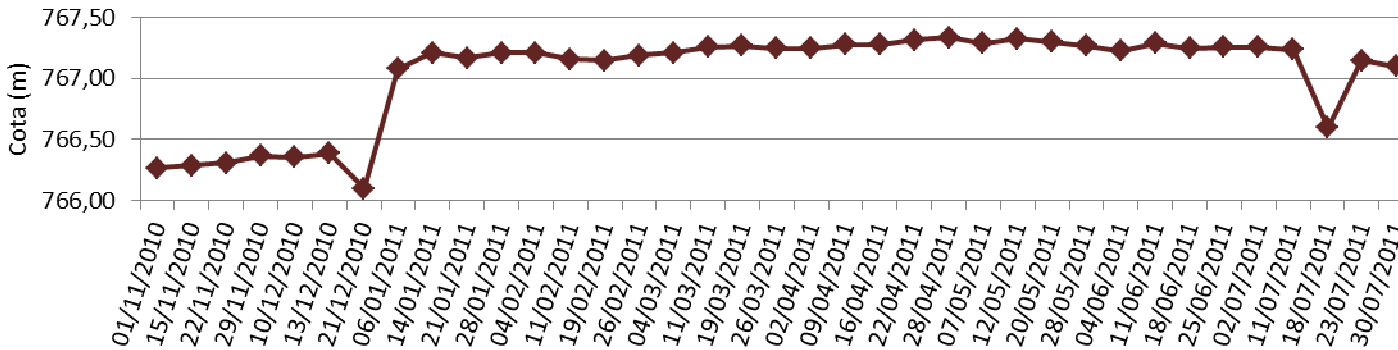
FSF-FS-231

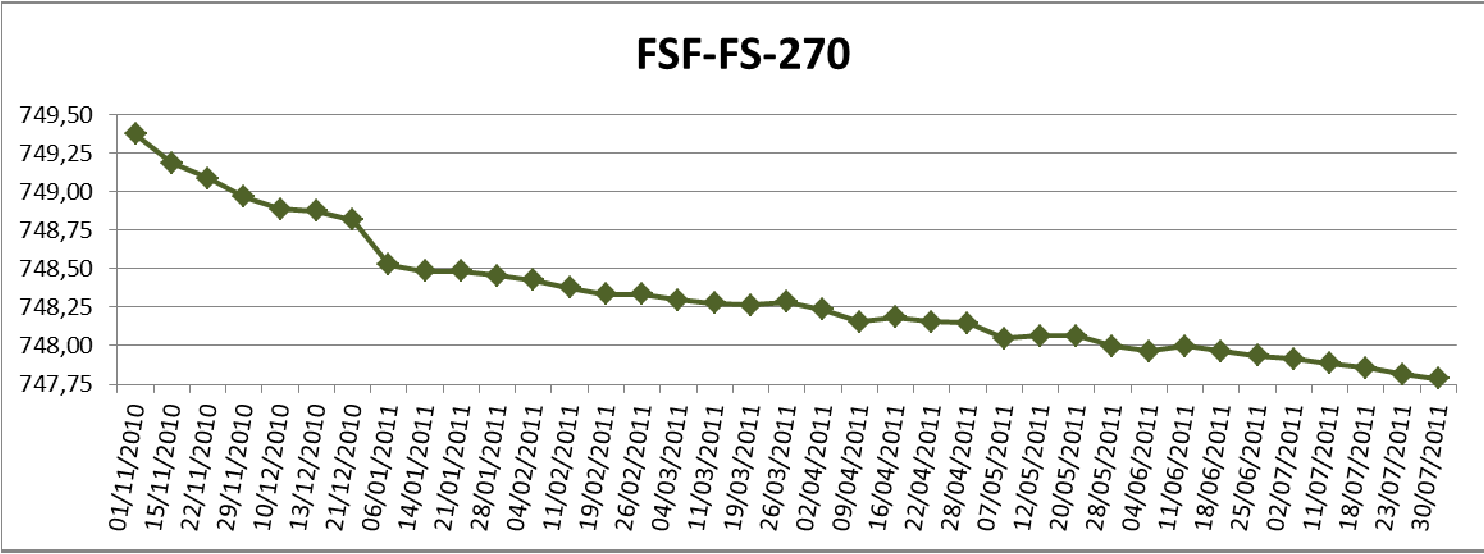
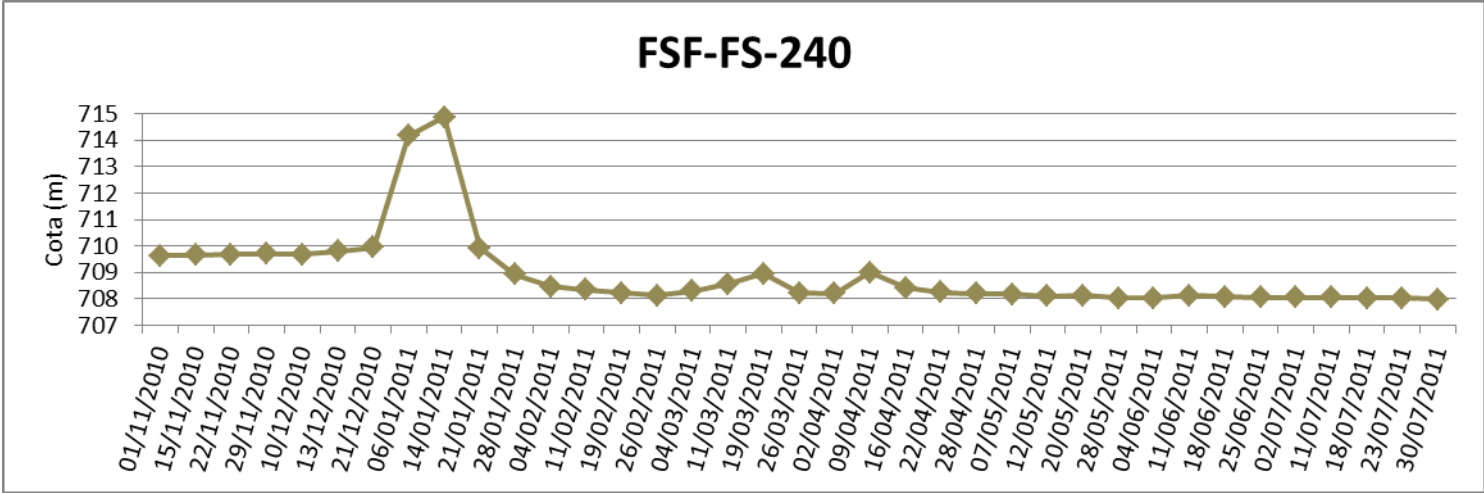


FSF-FS-073

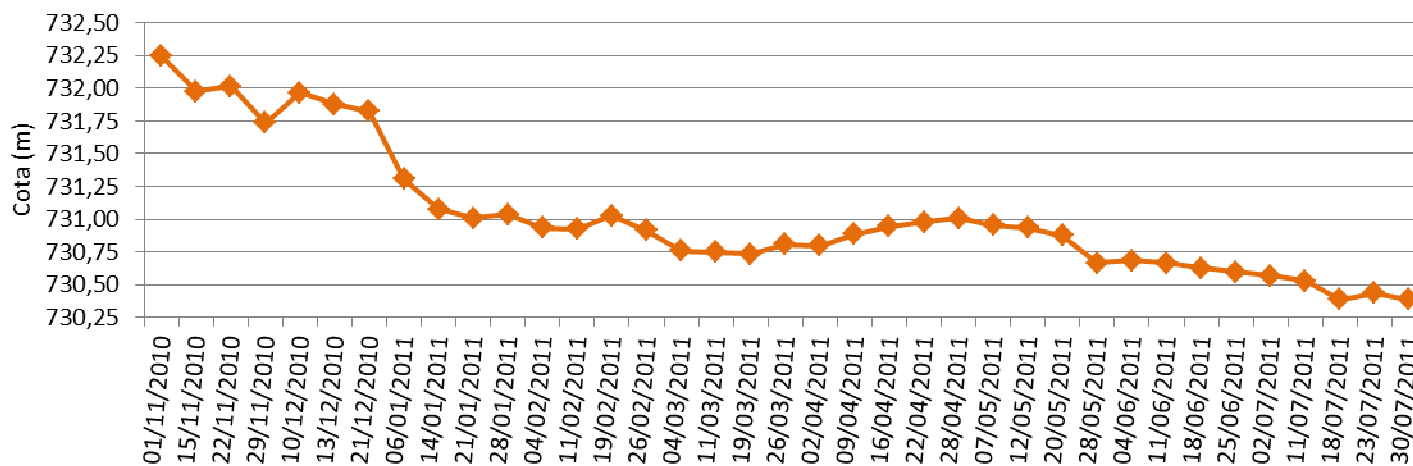


FSF-FS-242

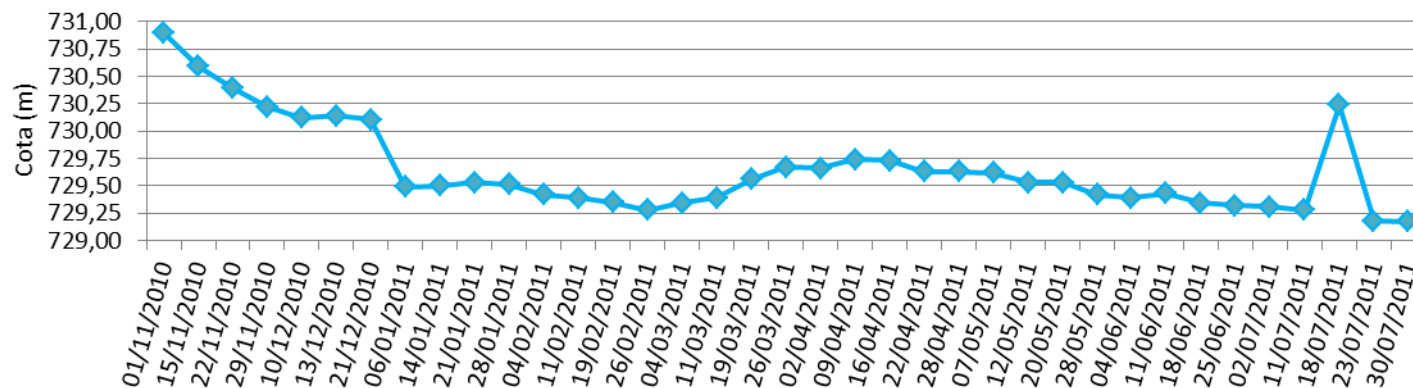




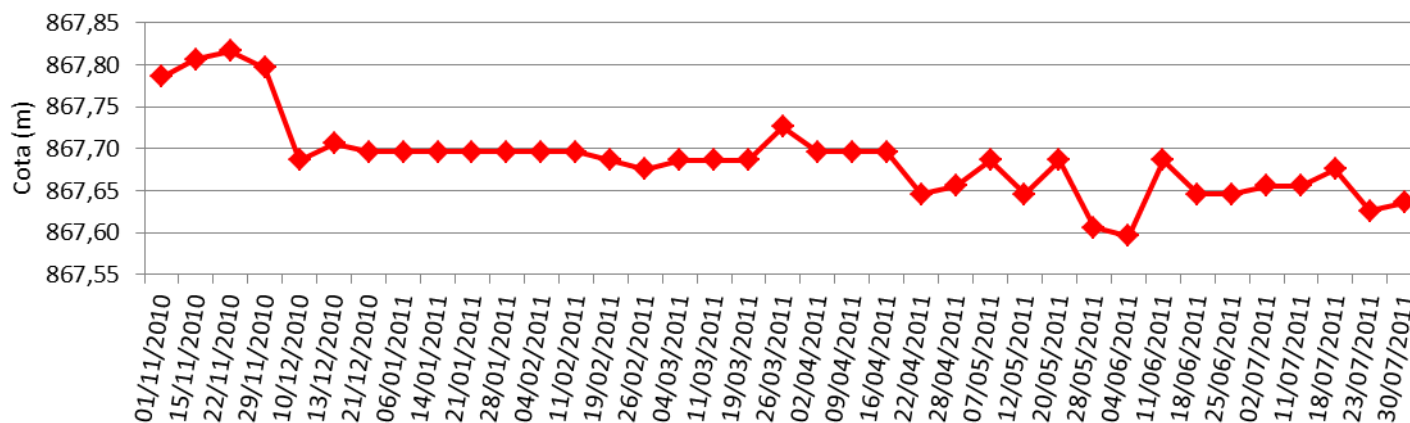
FSF-FS-258



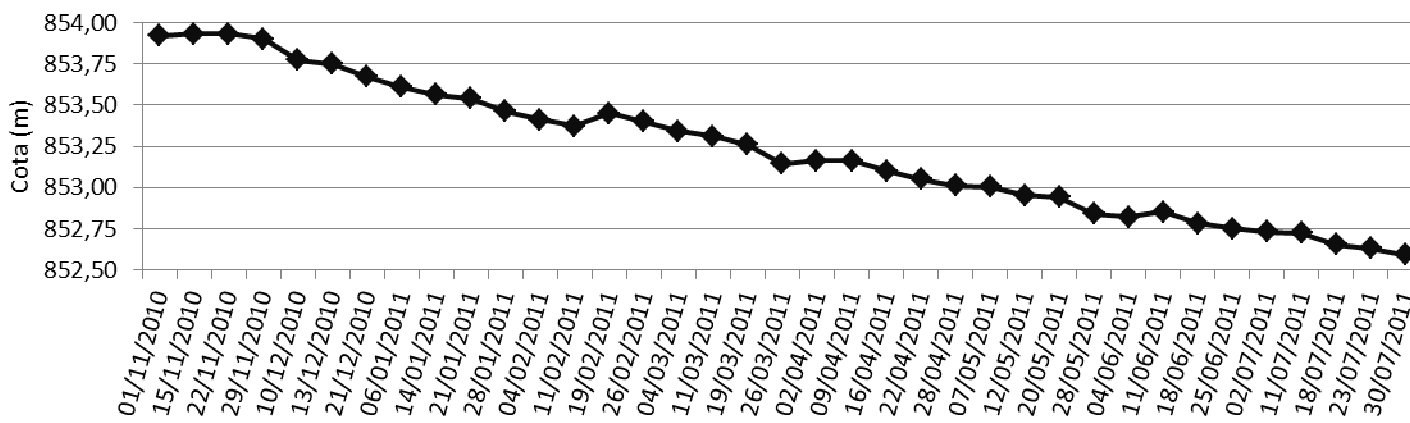
FSF-FS-263



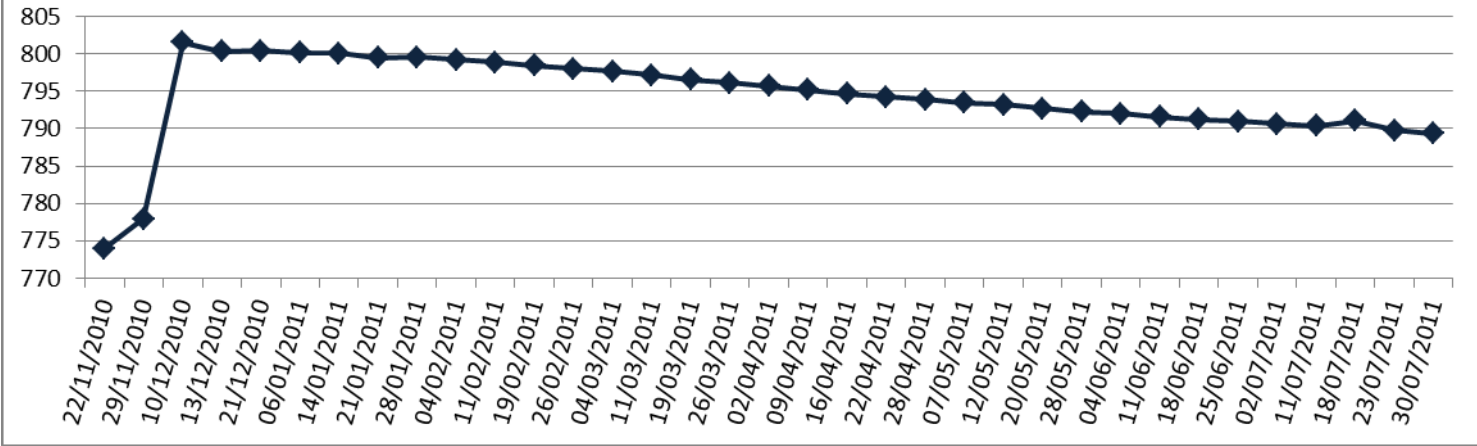
FSF-FS-057



FSF-FS-065



FSF-FS-168



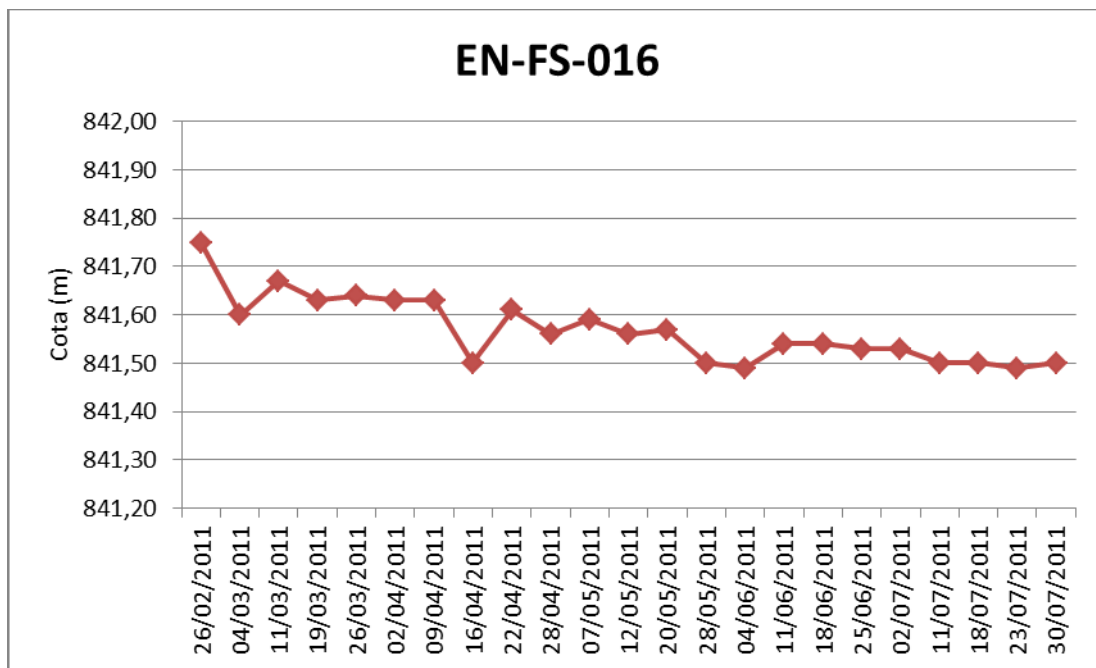
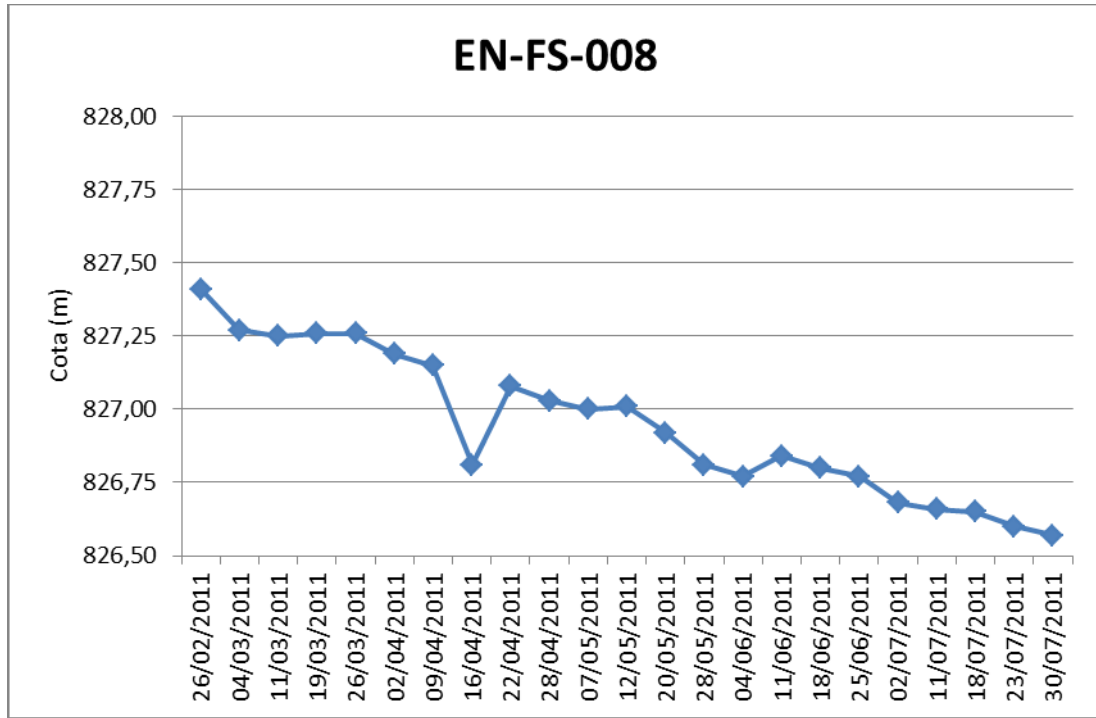


ANEXO F
GRÁFICOS APRESENTANDO A VARIAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA PARA
CADA PIEZÔMETRO

BLOCO 7

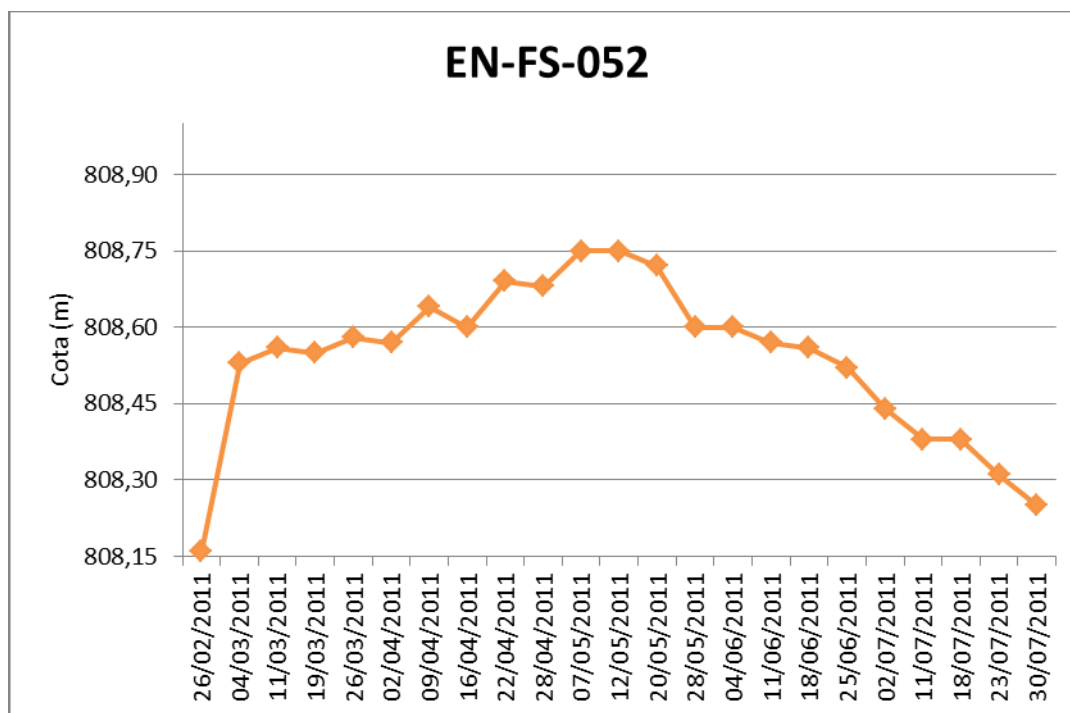
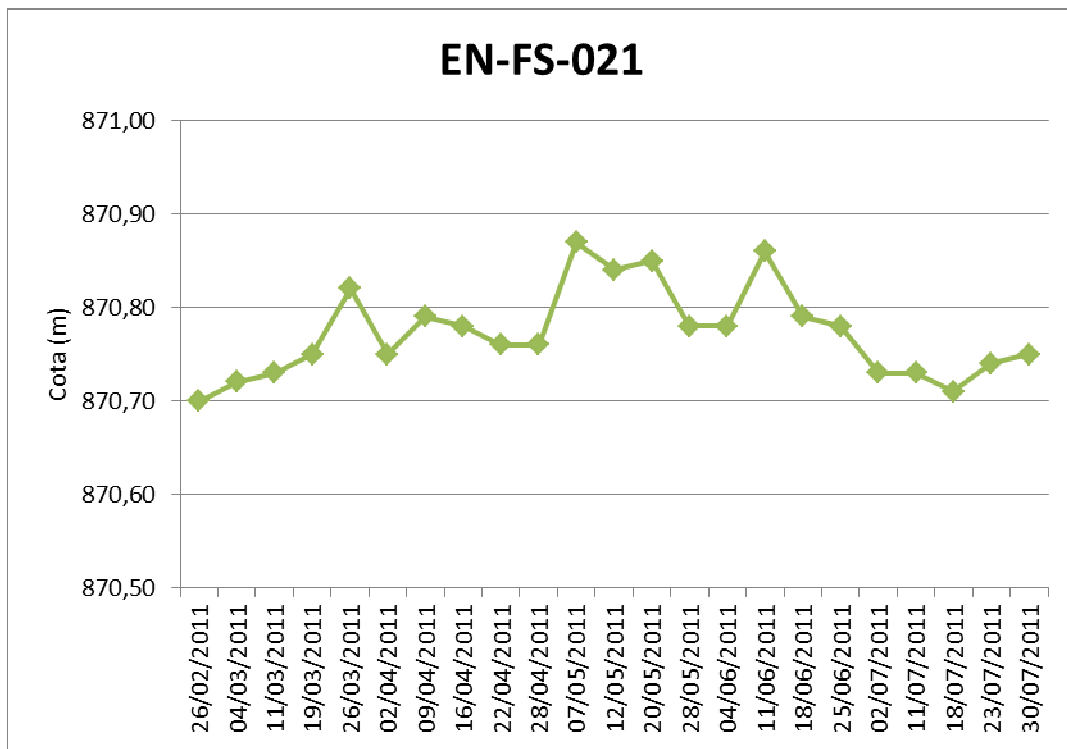


ANEXO F GRÁFICOS APRESENTANDO A VARIAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA PARA CADA PIEZÔMETRO





ANEXO F GRÁFICOS APRESENTANDO A VARIAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA PARA CADA PIEZÔMETRO





ANEXO G

PROGRAMA DE INSTRUMENTAÇÃO HIDROGEOLÓGICA



INTRODUÇÃO

Este anexo apresenta uma proposta de Programa de Instrumentação Hidrogeológica para as áreas dos Blocos 7 e 8, a serem explorados pela SAM – Sul Americana de Metais SA, localizados em áreas que abrangem os municípios de Padre Carvalho, Grão Mogol e Fruta de Leite, MG. Os estudos aqui apresentados foram contratados pela Golder Associates do Brasil, que está realizando estudos de caracterização de reserva mineral para SAM, entre outros serviços.

A instalação de uma rede de monitoramento hidrogeológico nas áreas dos Blocos 7 e 8 é necessária para que seja possível estabelecer, a partir dos dados coletados, uma série de características específicas às essas áreas. Esses dados são importantes para a validação de estudos hidrológicos e hidrogeológicos realizados até o momento e para quantificar grandezas hidrogeológicas, tais como índice de recarga efetiva, curvas de recessão de vazões, entre outros.

No Bloco 8, a rede de piezômetros instalada é considerada satisfatória do ponto de vista de representatividade espacial. Entretanto, a maneira com que foram construídos, com pré-filtros muito extensos, prejudica a sua utilização para testes slug (possivelmente os resultados de testes slug seriam mascarados pela influência do pré-filtro).

Ressalta-se que, para a completa caracterização hidrogeológica da área, ainda se fazem necessários:

- 1) Instalação de piezômetros e/ou medidores de nível d'água, especialmente no Bloco 7;
- 2) Condução de ensaios hidrogeológicos (testes "slug") e/ou testes de bombeamento (caso se verifique sua necessidade e pertinência) nas áreas dos Blocos 7 e 8;
- 3) Condução de programa de caracterização hidroquímica de águas subterrâneas e superficiais nas áreas dos Blocos 7 e 8.

Dos itens elencados acima, os dois primeiros são dependentes do plano de sondagens da SAM e, portanto, deverão ser programados de acordo com este plano, visto que suas operações interferem no ritmo da execução da sondagem exploratória. O terceiro item depende da completa definição da rede de monitoramento, não sendo apresentado aqui.

Dispositivos da Rede de Monitoramento

Para o monitoramento das áreas em estudo, sugere-se a instalação de pluviômetros nas áreas dos Blocos 7 e 8, e, também, de réguas e vertedouros ao longo das drenagens principais nessas duas áreas.

Medição de Precipitação

Considerando-se a importância dos registros de precipitação, que serão utilizados concomitantemente com os dados de vazões (obtidos a partir do monitoramento fluviométrico) em estudos hidrológicos, considera-se fundamental a instalação de pluviômetros nos locais previstos para as futuras minas.

O pluviômetro é um instrumento utilizado para medir a precipitação total diária. O dispositivo consiste em um recipiente de volume suficiente para conter as maiores precipitações dentro do intervalo de tempo definido para a frequência das observações (em geral 24 horas). Acima desse recipiente é colocado um funil com um anel receptor biselado que define a área de interceptação. O anel deve ficar nivelado na horizontal. As leituras são realizadas em uma proveta calibrada e graduada.

O pluviômetro recomendado é o Ville de Paris (Figura 1), o qual é adotado nas estações pluviométricas da ANA. Esse pluviômetro consiste em um aro circular de captação com 400 cm², dotado de um cone coletor, encimando um recipiente com capacidade de acumulação de cerca de



5 litros, que representa 125 mm de altura da chuva captada. O corpo é construído em chapa de aço inoxidável, com 630 mm de comprimento. O aro é construído em latão, com a borda torneada em bisel. Todas as peças são unidas por meio de juntas grafadas e vedadas a solda de estanho. O pluviômetro é fixado à estaca por meio de um par de braçadeiras. A capacidade da proveta de vidro "pyrex" é de 25 mm de chuva, graduada a cada 0,2 mm de altura de precipitação.



Figura 1 – Pluviômetro Tipo Ville de Paris.

Medição de Vazões

Dadas as características de escoamento superficial verificadas na área do Projeto (vazões extremamente baixas durante a estiagem e bruscas variações de nível d'água durante o período chuvoso), recomenda-se que as seções fluviais a serem monitoradas sejam **duplamente instrumentadas**: com vertedouros de chapa delgada (para medir as vazões durante o período de recessão) e com estações limimétricas (para registro dos níveis d'água alcançados durante as cheias).

Vertedouros de Parede Delgada

Os vertedouros de parede são instrumentos hidráulicos utilizados para medir vazão em cursos d'água naturais ou em canais construídos, sendo construídos com forma geométrica bem definida, de forma que se possa obter a vazão apenas a partir da leitura da lâmina d'água a montante do dispositivo (dada por equação matemática pré-determinada). Os tipos mais comuns são aqueles com abertura triangular e trapezoidal (Figura 2).



Figura 2: Vertedouro de Parede Delgada (Chapa Trapezoidal).



Estação de Réguas Linimétricas

Numa estação de réguas linimétricas, mede-se o nível de água por meio de escalas graduadas, de madeira ou de metal, afixadas em réguas cravadas ao longo de uma seção transversal ao curso d'água, permitindo a aferição do seu nível em qualquer época do ano. A vazão correspondente a determinado nível deve ser medida (em procedimento específico e especializado) para permitir a construção da curva-chave da estação (curva que correlaciona nível d'água vs. vazão) (Figura 3).



Figura 3: Estação de Réguas Linimétricas.

Proposta de Localização dos Dispositivos

Na Figura 4 e na Figura 5 são apresentados os mapas com as sugestões de localização dos instrumentos de medição para os Blocos 8 e 7, respectivamente. Na Tabela 1 estão listadas as coordenadas UTM desses pontos.

Sugere-se que o pluviômetro do Bloco 8 seja instalado na localidade do Vale das Cancelas pela proximidade e facilidade de monitoramento. Outra alternativa locacional seria a instalação nas proximidades do Escritório da SAM, junto ao Vale das Cancelas. Já o pluviômetro responsável pelas medições na área do Bloco 7 deverá ser instalado em local apropriado, dentro ou próximo ao mesmo, local este a ser avaliado por pessoal técnico especializado, em uma inspeção de campo.

Em função da maior dificuldade de acesso às drenagens na área do Bloco 7, verificada durante a visita técnica, a indicação para os dispositivos de medição de vazão é feita de maneira indicativa, concebendo-se o monitoramento das principais vertentes naquela área. Sendo assim, recomenda-se a instalação de vertedouros e estações linimétricas nas drenagens localizadas na porção SE do limite da área. São elas: Ribeirão da Laje, Córrego Cabeceira do Rego, Córrego do Buracão e Córrego do Baixão (Figura 5). Também se recomenda a instalação de vertedouros e estações linimétricas no Córrego do Brejo e na cabeceira do Córrego Caiçara, conforme mostrado na Figura 5.

A localização definitiva de todos os vertedouros e estações linimétricas aqui indicados, ou seja, a sua microlocalização, deverá ser decidida em campo mediante inspeção detalhada conduzida por engenheiro hidrólogo, o qual deverá considerar, entre outros:

- Aspectos práticos e operacionais, tais como facilidade de acesso (tanto para a chegada de materiais de construção quanto para a posterior realização de leituras);
- Adequação do trecho às condições hidráulicas necessárias para instalação dos dispositivos;
- Propensão à ocorrência de vandalismos, furtos etc.

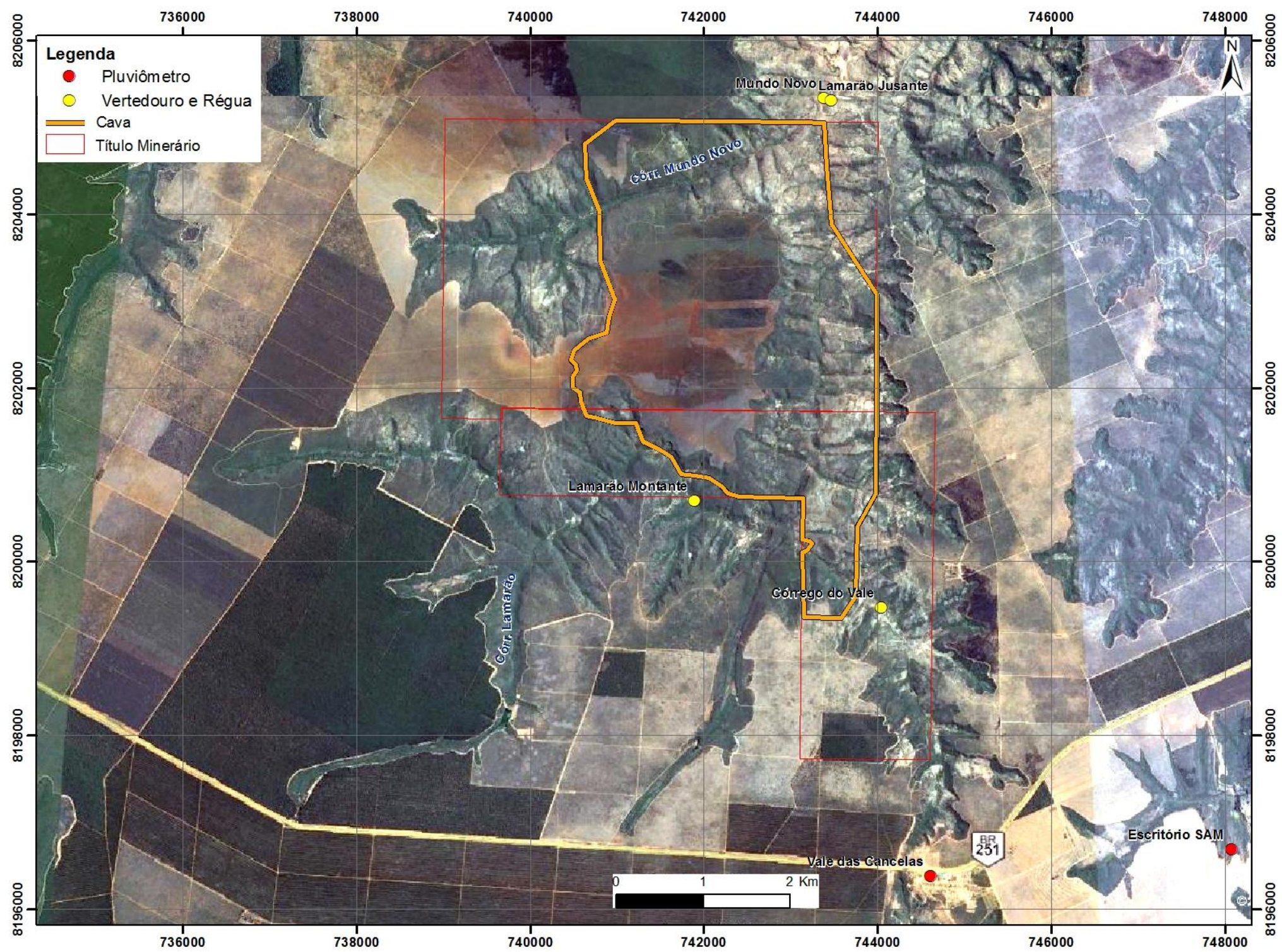


Figura 4: Mapa com rede de monitoramento sugerida para o Bloco 8.

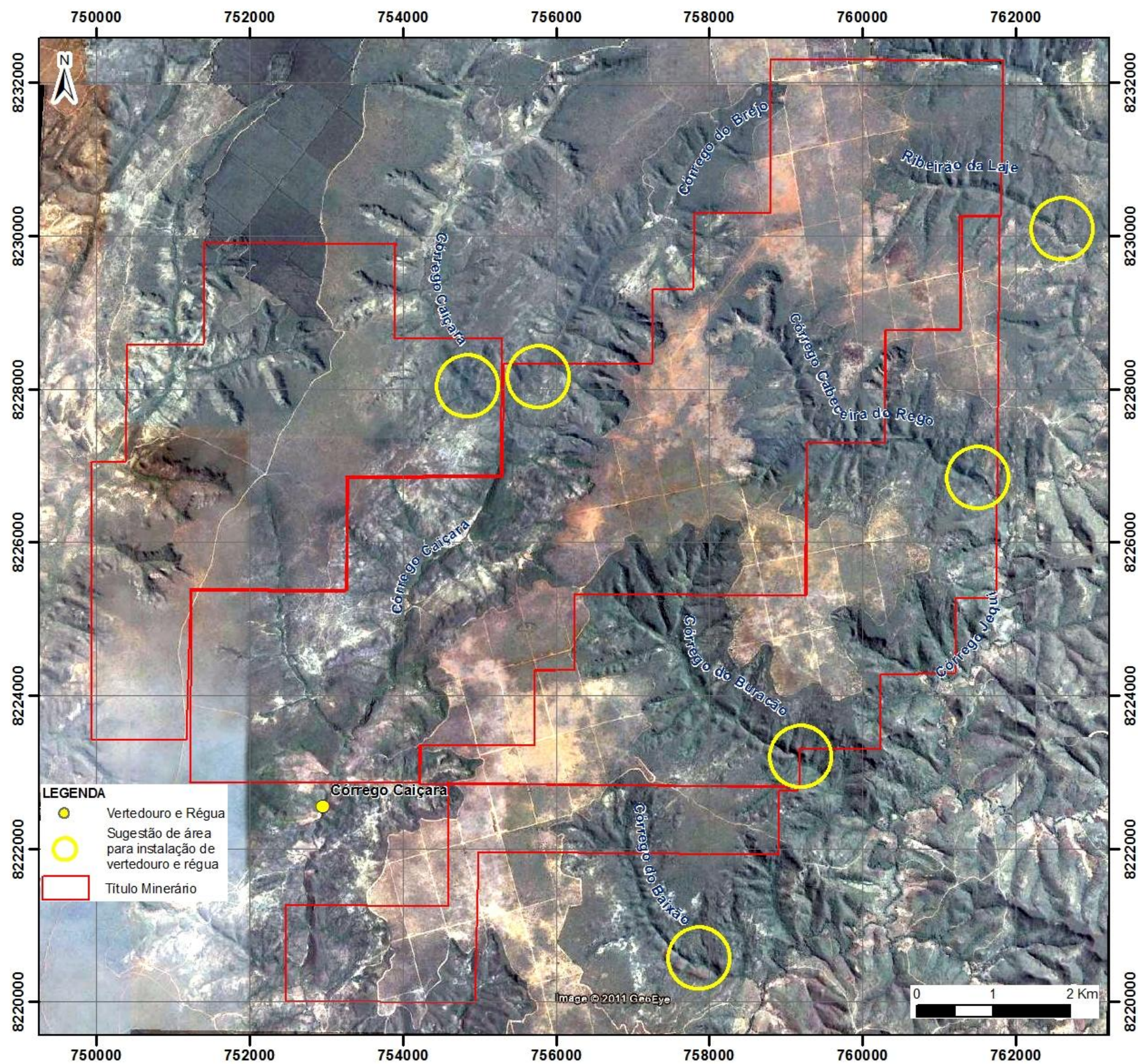


Figura 5: Mapa com rede de monitoramento sugerida para o Bloco 7.



Tabela 1: Localização dos instrumentos de monitoramento de vazões nas áreas dos Blocos 7 e 8.

Bloco	Nome do Ponto	Coordenadas UTM SAD69	
		E	N
8	Córrego do Vale	744043	8199472
	Córrego Mundo Novo	743381	8205343
	Escritório SAM	748075	8196687
	Lamarão Jusante	743471	8205308
	Lamarão Montante	741894	8200702
	Vale das Cancelas	744611	8196376
7	Córrego Caiçara	752956	8222550

Após a instalação da rede dos dispositivos de monitoramento, deverá ser elaborado e colocado em prática um Programa de Monitoramento dos Dispositivos, o qual deverá especificar a frequência de leitura de cada dispositivo e estabelecer os critérios e procedimentos para que essas leituras sejam feitas e registradas adequadamente. Para a elaboração deste Programa deverão ser observadas as necessidades da empresa projetista (pelas informações que serão coletadas) assim como a estrutura disponibilizada pela SAM para a condução do monitoramento (equipe, acessos, veículos etc.)

Na Golder Associates, oferecemos aos nossos clientes a oportunidade de trabalhar com empresas locais que se esforçam para ser o mais respeitado grupo global que oferece serviços de consultoria, projeto e construção nas áreas especializadas da engenharia da terra, do meio ambiente e as relacionadas à energia. Sendo uma empresa de controle acionário dos próprios funcionários desde a nossa formação em 1960, nossa abordagem, nossa cultura única e nosso ambiente de trabalho oferecem as oportunidades e a liberdade para atingir a excelência atraindo os mais destacados especialistas em nossas áreas. Os profissionais da Golder dedicam seu tempo para entender as necessidades dos clientes e dos ambientes específicos nos quais eles operam. Continuamos expandindo nossas capacitações técnicas e apresentando um crescimento constante da equipe que hoje opera em escritórios localizados na África, América do Norte, América do Sul, Ásia, Europa e Oceania.

África	+ 27 11 254 4800
América do Norte	+ 1 800 275 3281
América do Sul	+ 55 21 3095 9500
Ásia	+ 86 21 6258 5522
Europa	+ 356 21 42 30 20
Oceania	+ 61 3 8862 3500

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.
Rua dos Inconfidentes, 1011 - 10º andar
Bairro Funcionários
Belo Horizonte - MG
CEP: 30.140-120
Brasil
T: +55 (31) 2121 9800

