META 6 – SONDAGENS PRELIMINARES

Comportamento do Lençol Freático

HIDRO LAGES

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA ECONÔMICA – EVTA

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE LAGES

Defesa Civil

Universidade do Estado de Santa Catarina

Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV

COORDENAÇÃO GERAL
Sílvio Luís Rafaeli Neto - ART 6772660-6

SECRETARIA
Jussara Ribeiro dos Reis

PROGRAMAÇÃO VISUAL
Sílvio Luís Rafaeli Neto

EQUIPE TÉCNICA

RESPONSÁVEL TÉCNICO
Raquel Valério de Sousa – ART 6772698-3

AUXILIAR TÉCNICO
William Müller

M587
Meta 6 – Sondagens preliminares : comportamento do lençol freático / coordenação Sílvio Luís Rafaeli Neto. – Lages : Udesc/CAV, 2019.
14 p. : il. ; color.

Projeto Hidro-Lages é uma parceria entre a Prefeitura Municipal de Lages e a Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias.

1. Lençol freático. 2. Barragem. 3. Túnel. I. Neto, Sílvio Luís Rafaeli.

CDD 20. ed. – 551.8

Ficha elaborada pela bibliotecária Marli Andreola CRB 14/1170

SUMÁRIO

1 Apresentação 6
2 Objetivos 7
3 Metodologia 7
4 Comportamento do Lençol Freático 12
5 Considerações Finais 13
6 Conclusão 14
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 14

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - MAPA DA LOCALIZAÇÃO DAS ESTACAS DAS SONDAGENS INDIRETAS E DIRETAS, NO EIXO DO TÚNEL EXTRAVASOR. 8
FIGURA 2 - MAPA DA LOCALIZAÇÃO DAS ESTACAS DAS SONDAGENS INDIRETAS E DIRETAS, NO EIXO DA BARRAGEM DE CONTENÇÃO. 9
FIGURA 3 - COMPORTAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO, COM BASE NAS SONDAGENS DIRETAS E INDIRETAS, NO EIXO DO TÚNEL EXTRAVASOR. 10
FIGURA 4 - COMPORTAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO, COM BASE NAS SONDAGENS DIRETAS E INDIRETAS, NO EIXO DA BARRAGEM DE CONTENÇÃO..... 11

Por Raquel Valério de Sousa e William Müller

1 Apresentação

O município de Lages/SC é frequentemente atingido por inundações em eventos climáticos mais críticos, e para minimizar este problema, foi efetivado um contrato entre a Prefeitura de Lages e a Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), para a realização de um Estudo de Viabilidade Técnica de obras estruturais, visando a contenção de inundações. Como uma das etapas deste estudo, é necessária a caracterização do lençol freático, que condiciona o comportamento geotécnico das rochas das áreas do estudo, que compreendem um túnel extravasor no rio Caveiras, à jusante do município de Lages e de uma barragem de contenção, à montante, cujos métodos de investigação foram diretos (sondagens mistas / SM e rotativas/SR) e indiretos (Eletrorresistividade / caminhamento / CE e Sísmica de Refração/SR).

A caracterização do comportamento do lençol freático foi possível com o uso de métodos geofísicos e também por meio de sondagens diretas (sondagens mistas/SM e rotativas/SR) e indiretas (Eletrorresistividade/caminhamento/CE e Sísmica de Refração/SR).

Este relatório, especificamente, irá abordar a caracterização do lençol freático, como a sua profundidade e influência no grau de saturação das rochas, que condicionam os aspectos de resistividade alta ou baixa, e no grau de coerência/consistência das rochas, conforme estejam mais secas ou saturadas.

O relatório é acompanhado de documentação fotográfica e mapas, sendo que os dados e resultados foram fornecidos pela empresa contratada[1].

Os estudos integrados de ambas as empresas permitiram chegar a algumas considerações importantes sobre o lençol freático nas localidades destinadas às futuras obras de engenharia, caso julgar-se essa possibilidade.

[1] GAIA Estudos Geológicos Ltda

2 Objetivos

O objetivo principal deste estudo é caracterizar os aspectos de comportamento do lençol freático, nas áreas do eixo do túnel extravasor e da barragem de contenção, por meio de sondagens diretas e indiretas.

3 Metodologia

As áreas foram preparadas previamente, para execução dos levantamentos de campo, para as sondagens diretas e indiretas, por meio de trabalhos de topografia, com equipamentos modernos e de precisão. Os resultados do levantamento topográfico estão no CD, entregue pela empresa contratada pela UDESC, e foram apresentados em detalhe no Produto 12 – Relatório Circunstanciado.

Do mesmo modo, já foi realizada a descrição detalhada dos levantamentos geofísicos e de sondagens diretas, igualmente apresentados no Produto 12 – Relatório Circunstanciado e no Produto 14 – Mapa Geofísica, ambos da Meta 6, tanto na área do eixo do túnel extravasor (Figura 1), como na área do eixo da barragem de contenção (Figura 2). Nos relatórios destas metas estão disponibilizadas as descrições dos levantamentos de dados, métodos utilizados e as discussões sobre os resultados obtidos.

Desse modo, tanto o caminhamento elétrico (CE) como a sísmica de refração (SR) permitiram integrar juntamente com as sondagens diretas os topos rochosos e a profundidade do lençol, que é apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, para a seção geológica-geofísica no eixo do túnel, e, na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, para a seção geológica-geofísica, no eixo da barragem.

Figura 1 - Mapa da localização das estacas das sondagens indiretas e diretas, no eixo do túnel extravasor.

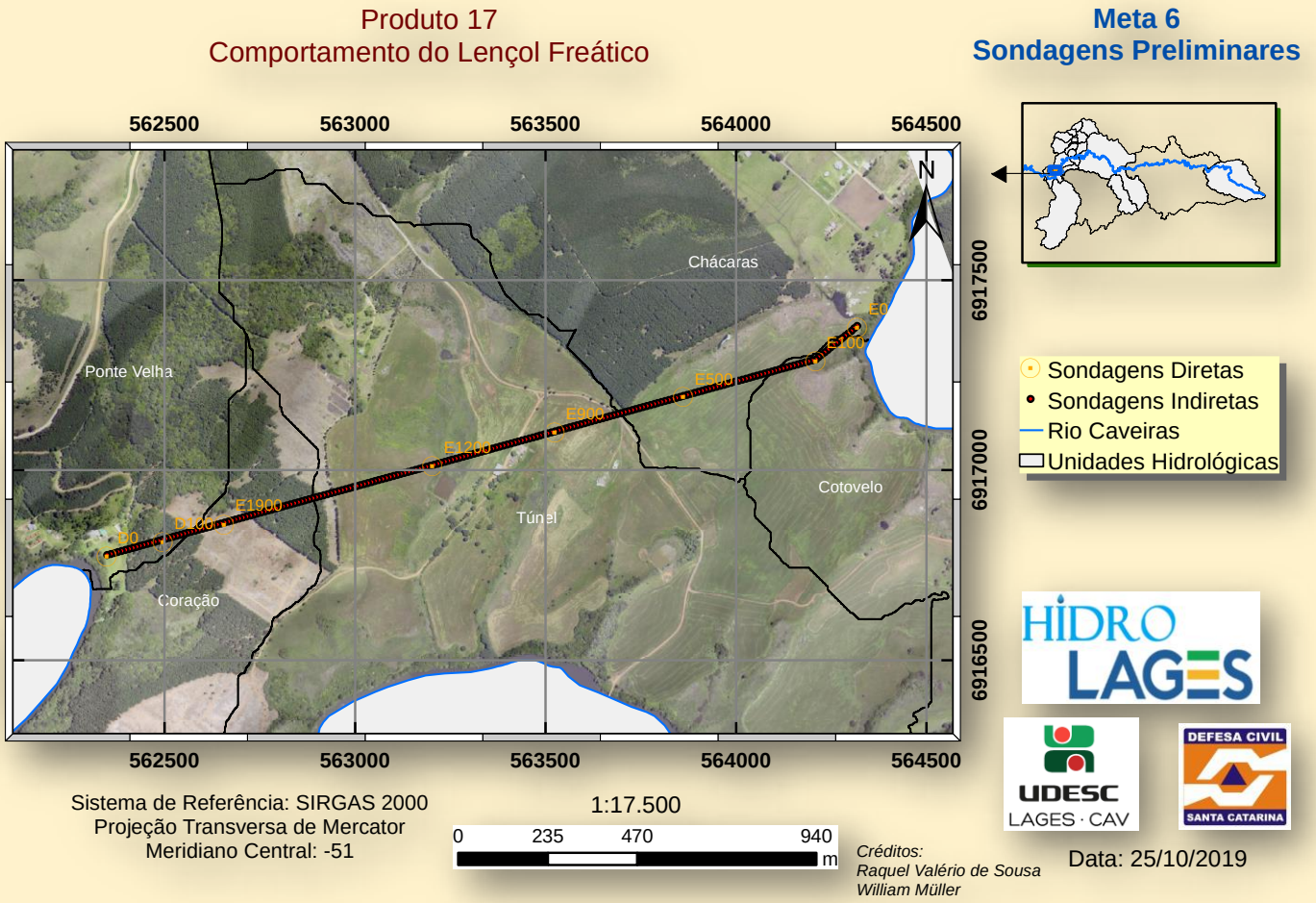


Figura 2 - Mapa da localização das estacas das sondagens indiretas e diretas, no eixo da barragem de contenção.

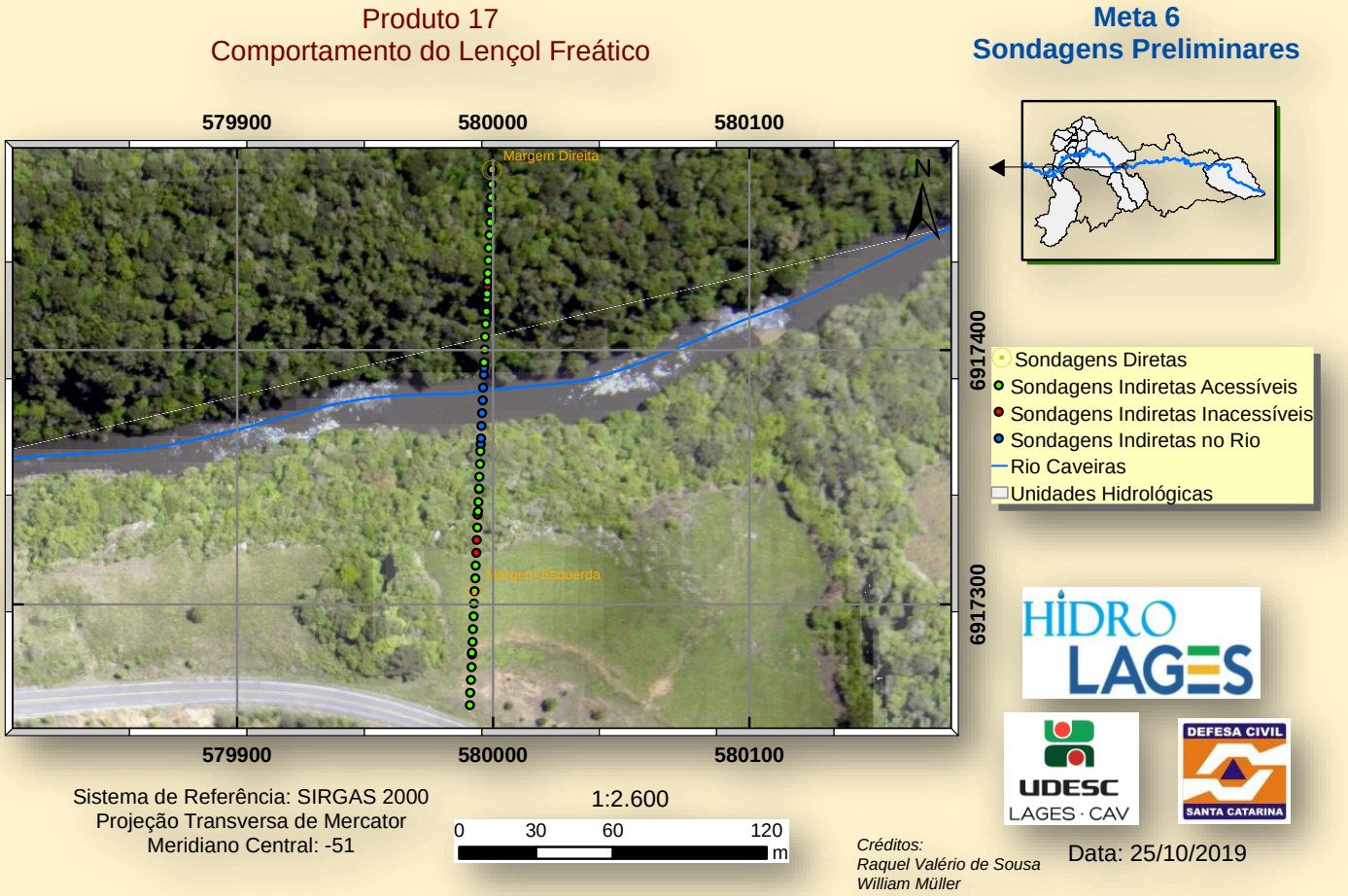


Figura 3 - Comportamento do lençol freático, com base nas sondagens diretas e indiretas, no eixo do túnel extravasor.

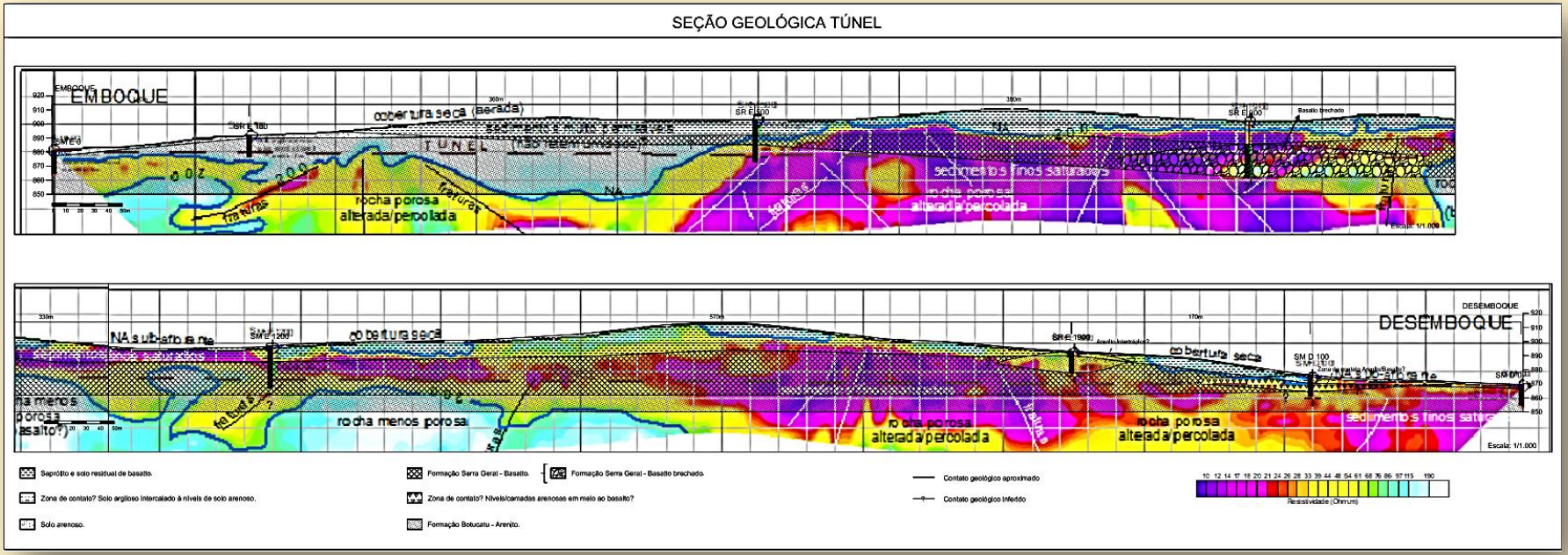
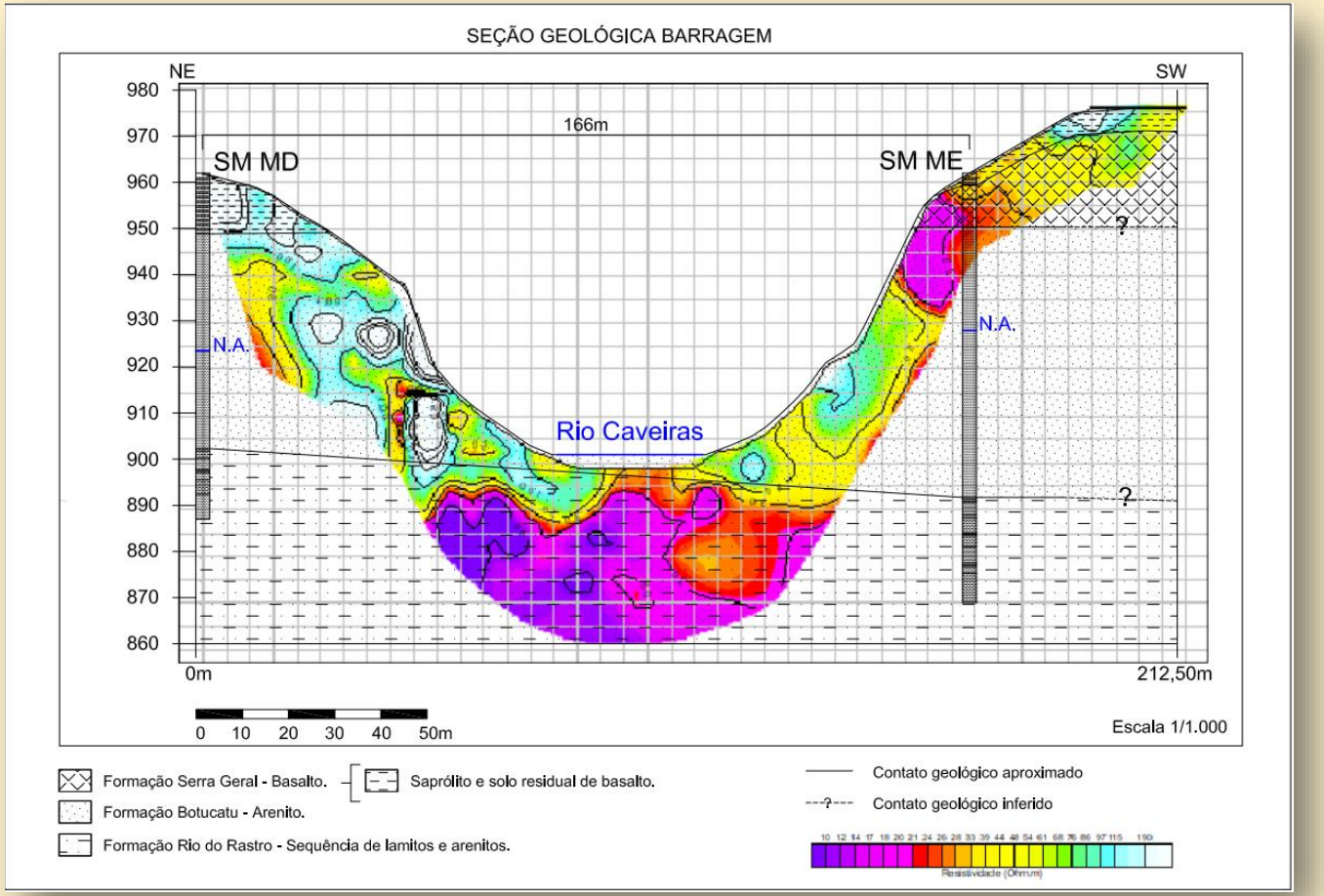


Figura 4 - Comportamento do lençol freático, com base nas sondagens diretas e indiretas, no eixo da barragem de contenção.



4 Comportamento do Lençol Freático

Um fator importante para a prospecção geoelétrica é o efeito dos minerais de argila de estrutura cristalina 2:1 sobre a resistividade. As partículas de argila constituem um caminho adicional de condução de corrente elétrica, além do caminho pelo eletrólito, onde a resistência deste caminho adicional é muito baixa. A razão para esta alta condutividade (baixa resistividade) está na dupla camada de cátions dos minerais de argila, a exemplo das montmorillonitas que possam estar presentes em camadas do perfil de solo.

De forma muito localizada, com contribuição volumétrica ínfima na crosta terrestre, ocorrem também concentrações de minerais metálicos que, dada a condução eletrônica, podem gerar zonas extremamente condutoras quando ocorrem em minério metálico tipo corpo maciço.

Anomalias de condutividade (estruturas condutoras) podem ocorrer em rochas não permeáveis como rochas graníticas, basálticas e calcárias, devido a zonas de faturamento, por onde a percolação se torna possível, ou em consequência de dissolução nas rochas calcárias. Tais estruturas podem constituir problemas para projetos de engenharia, mas são frequentemente os alvos de interesse na pesquisa hidrogeológica, porque podem constituir aquíferos ditos fraturados (cristalinos).

A seção de resistividade da **Erro! Fonte de referência não encontrada.** foi representada em duas partes. Sobre a seção foi traçado o eixo do túnel, aproximadamente na profundidade projetada (cota E-zero a D-zero), em tracejado marrom grosso. Foi traçada também a curva de 200 Ωm como posição aproximada do topo do Nível d'Água (N.A.). A linha do N.A. projetada indica, em profundidade, o fim da camada porosa/permeável ou início da rocha pouco permeável. Em locais em que a curva de 200 Ωm aparece logo abaixo como no intervalo 0 – 140 m e 1200 – 1300 m, não há muita precisão na identificação do N.A., porque, provavelmente, a água ou umidade está apenas retida em sedimentos finos pouco permeáveis. Além disso, ressalta-se a existência de ambiguidade já discutida anteriormente e que afeta a interpretação, podendo-se indicar apenas possíveis ou prováveis correlações com a geologia. Nos locais com quebras de resistividade, ao longo dos eixos condutores, foram interpretados como zonas de fraturas, indicados por traços brancos quando em meio muito condutor (vermelho-magenta) e em traço preto onde os tons são mais claros (pouco condutor). A posição das prováveis zonas de fraturas foi aferida também mediante os locais fraturados nos testemunhos de sondagens diretas.

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, eixo da barragem de contenção, observa-se que a quase totalidade da seção exibe resistividade baixa, correlacionável a sedimentos finos saturados. Os núcleos de rocha mais resistente na MD tanto podem tratar-se de núcleos de rocha maciça, impermeável (como núcleos de rocha básica englobados nos sedimentos?), como podem tratar-se de zonas de sedimentos grossos, mais desagregados e muito permeáveis, incapazes de reter água. Nesta seção também é possível observar o relevo do eixo da barragem, onde foram realizados o CE e SR.

Nas zonas de resistividade abaixo de 50 Ωm e mais ainda abaixo de 30 Ωm, como em todo o fundo do vale, devem ocorrer sedimentos nos gilosos ou siltosos saturados, como mostra o furo de sondagem na estaca -165 (ME). Este fundo do vale, é muito fraturado, como indicam os tracejados de cor branca. Na figura ressalta-se que a escarpa indicada na ME não foi amostrada quanto à resistividade, devido às dificuldades já mencionadas. A modelagem numérica e interpretação devem ser vistas com cautela nesta encosta. Os núcleos resistentes (cor branca) na MD são zonas secas ou com muito pouca umidade e tanto podem ser geradas por zonas de sedimentos mais grossos muito permeáveis, que não retêm umidade, como por núcleos de rocha maciça, impermeáveis. No talude, espera-se resistividade mais alta pelo alívio de tensão da água na cobertura de solo e rocha alterada. Na margem direita (MD), o furo mostra uma cobertura de solo e rocha alterada até 14 m e, abaixo desta cobertura, arenito até aproximadamente 73 m, quando se encerrou a sondagem direta.

5 Considerações Finais

No eixo do túnel extravasor, a parte superficial mais resistente é associada à cobertura (solo e rocha alterada) seca, acima do N.A. Este, por sua vez, pode ser seguido na curva de 200 Ωm ou de forma mais conservativa, na curva de 100 Ωm. Na estaca 500 (furo SR E500), a cobertura seca é associada a produtos de alteração do basalto e nas estacas zero e 40 (furos SM E0 e SR E100) ela é associada a cobertura arenosa e ao arenito friável. Nota-se que os fatores mais importantes na determinação da resistividade é o conteúdo de água ou grau de saturação e conteúdo de finos.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra a correlação dos furos com as respostas de resistividade. Vê-se que as respostas dos sedimentos finos se confundem com a do basalto alterado, tanto acima (cobertura seca, resistente) como abaixo do N.A. (cobertura saturada, condutora); as respostas se confundem também na faixa de 200 a 500 Ωm, que podem provir de sedimentos menos permeáveis e basalto com certo grau de alteração, possivelmente vesicular, pouco permeável, mas com porosidade suficiente para reter algum conteúdo de água.

A seção de resistividade reapresentada em duas partes mostra o traçado o túnel, aproximadamente na profundidade projetada (cota E-zero a D-zero) em que foi traçada também a curva de 200 Ωm, como posição aproximada do topo do N.A. Esta curva, em profundidade, indica o fim da camada porosa/permeável ou início de rocha pouco permeável. Entende-se, contudo, que em locais em que a curva de 200 Ωm reaparece logo abaixo é temerário falar-se em N.A., porque, provavelmente, a água ou umidade está apenas retida em sedimentos finos pouco permeáveis. Além da ambiguidade discutida, que afeta a interpretação, indicam-se possíveis ou prováveis correlações com a geologia nos eixos condutores ou nas quebras da resistividade, ao longo de faixas que foram interpretadas como zonas de fraturas.

Por outro lado, no eixo da barragem, a quase totalidade da seção apresenta resistividade abaixo de 200 Ωm; valor assumido como limite das zonas saturadas.

6 Conclusão

Concluindo este estudo, ressalta-se o que segue:

1. No eixo do túnel extravasor a profundidade do lençol está condicionada basicamente à linha de resistividade de 200 Ωm;
2. No eixo da barragem de contenção o lençol freático associa-se às resistividades inferiores a 200 Ωm.

7 Referências bibliográficas

Gaia Estudos Geológicos Ltda/Grupo Geossistema. (2019). *Relatório Técnico de Sondagem. Projeto para Mitigação de Cheias do Rio Caveiras.* Curitiba.

GEODECON/GEOLOGIA E GEOFÍSICA LTDA. (2019). *Relatório Técnico de Sondagens Geofisicas em apoio aos estudos geológicos-geotécnicos nas obras para desvio do Rio Caveiras.* Curitiba.

Sul Florestas Geo/Engenharia. (2019). *Relatório Técnico - Topografia.* Lages.