



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 345 - Pinheiros
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

RELATÓRIO

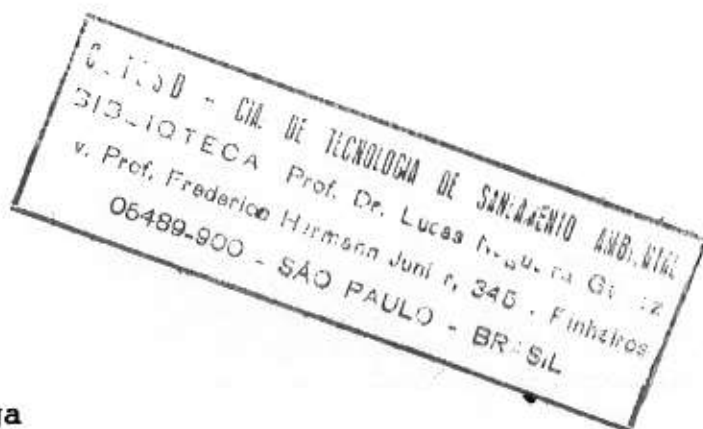
**POLUIÇÃO DO SOLO E AQUÍFERO
SUBTERRÂNEO PELA VINHAÇA INFILTRADA
SOB TANQUES DE ARMAZENAMENTO**

MAIO/94

SUMÁRIO

CEITEB - CIA. DE TECNOLOGIA E CONSERVACAO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

- 1. EQUIPE TÉCNICA**
- 2. AGRADECIMENTOS**
- 3. RESUMO**
- 4. INTRODUÇÃO**
- 5. METODOLOGIA ADOTADA**
 - 5.1. Localização das Áreas de Trabalho de Campo**
- 6. TRABALHOS EXECUTADOS**
 - 6.1. Sondagens a Trado**
 - 6.2. Amostragem e Análises**
 - 6.3. Sondagens Geofísicas**
- 7. CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS DOS SOLOS AMOSTRADOS**
- 8. ANÁLISE DOS RESULTADOS**
 - 8.1. Perfís das Sondagens a Trado**
 - 8.2. Análises de Água**
 - 8.3. Análises de Solo**
 - 8.3.1 Usina Santa Elisa**
 - 8.3.2 Usina Lagoa Dourada**
 - 8.3.3 Necessidade de Pesquisas Complementares**
 - 8.4. Sondagens Geofísicas**
 - 8.4.1 Sondagens Elétricas**
 - 8.4.2 Perfís de Condutividade**
- 9. CONCLUSÕES**
- 10. BIBLIOGRAFIA**
- 11. ANEXOS**
 - 11.1. Localização das Investigações Realizadas**
 - 11.2. Boletins de Sondagens a Trado**
 - 11.3. Resultados de Análises de Água e Solo**
 - 11.4. Perfís de Sondagens Geofísicas**
- 12. FOTOS**



1. EQUIPE TÉCNICA

Coordenação

Geólogo Ghandi Pires Fraga

Execução

Eng^a Agr^a Cleyde Aparecida de Abreu - IAC-SAA/SP
 Geólogo Ghandi Pires Fraga - CETESB
 Geólogo Prof. Dr. José Milton Benetti Mendes - IG/USP
 Eng^o Ftal Rinaldo Augusto Orlandi - CETESB
 Eng^o Agr^o Ronaldo Severiano Berton - IAC-SAA/SP

Colaboração

Quim. Adib Seba - CETESB/Ribeirão Preto
 Quim. Amélia Aparecida Duarte - CETESB/Ribeirão Preto
 Eng^o Demétrio Cabral Junior - CETESB/Taubaté
 Quim. Frederico Jimenez Roman - CETESB/SP
 Eng^o João C. Lopes - CETESB/Araraquara
 Téc. Lab. José C. Ronchi - CETESB/Araraquara
 Quim. Ronaldo Horcel - CETESB/SP
 Téc. Lab. Vander Tarciso Balbueno - CETESB/SP

2. Agradecimentos

A Coordenação apresenta seus agradecimentos às entidades e técnicos cujo apoio tornou possível a execução deste trabalho:

- Usina Lagoa Dourada
 Eng^o Agr^o José Roberto Pratsich
- Usina Santa Elisa
 Eng^o Agr^o Antonio Paulo Simon Pereira
 Eng^o Agr^o Antonio Valter Cecatto
 Eng^o Agr^o Valmir Barbosa

Especiais agradecimentos são dirigidos aos pesquisadores do Instituto Agrônomo de Campinas, cuja valiosa colaboração permitiu complementar este relatório com "Comentários Sobre as Alterações Químicas Causadas no Solo pelo Armazenamento de Vinhaça".

Eng^a Agr^a Cleyde Aparecida de Abreu
Eng^o Agr^o Ronaldo Severiano Berton

Especiais agradecimentos são também dirigidos ao Geól. Prof. Dr. José Milton Benetti Mendes, geólogo do Centro de Pesquisa de Águas Subterrâneas - CEPAS do Instituto de Geociências da USP que executou e interpretou as sondagens geofísicas, apoio indispensável à compreensão das características apresentadas pelos solos saturados pela vinhaça sob os tanques de armazenamento.

Agradecemos ainda às Srtas. Deise Aparecida Aguiar e Maria Tereza Ambrosio, cujos trabalhos permitiram a edição deste relatório.

3. RESUMO

A agroindústria alcooleira além de apresentar ao lado de uma degradação ambiental causada pela cultura da cana e seu manejo, produz a vinhaça, um efluente de grande potencial poluidor.

A vinhaça, também denominada vinhoto, restilo ou garap o é muito usada na fertirrigação da lavoura canavieira, entretanto, além dos nitratos e nitritos apresenta elevados valores de DBO, constituindo-se em um forte poluidor dos a   feros superficiais e subterrâneos.

Estudos efetuados sobre a infiltração da vinhaça no solo concluem pela minimização do seu potencial poluidor quando utilizada na fertirrigação, em doses adequadas, pela apropriação pela planta, dos elementos nutritivos que ela cont m, antes que atinja o lençol freático e pela sua maximização quando infiltrada nas chamadas áreas de sacrifício ou sob os tanques de armazenamento de vinhaça.

Visando comprovar a efetiva infiltração de vinhaça, sob os tanques de armazenamento, a CETESB efetuou trabalhos de campo em solos do Grupo Bauru no município de Dobrada - SP e da Formação Serra Geral, no município de Pontal - SP, constatando em análises químicas nas amostras de solo e água a poluição causada pela vinhaça.

4. INTRODUÇÃO

A indústria alcooleira produz, como resíduo da produção de álcool, um efluente conhecido por diversas denominações: vinhaça, restilo, vinhoto ou garap o. A relação em volume, litro de vinhaça por litro de álcool produzido, situa-se por volta de 13,6L por litro de  lcool.

A vinhaça, é rica em sais de potássio, cálcio, magnésio e cloretos, além de compostos de nitrogênio, sulfatos, sódio e fosfatos, apresentando altos valores de DBO.

A disposição da vinhaça pelas Destil rias e Usinas produtoras de álcool consistia, em passado relativamente recente, no lançamento puro e simples da vinhaça nos corpos d'água, o que ocasionava as desastrosas mortandades de peixes, devido a grande quantidade de DBO existente. Com o advento da criação da CETESB, passou-se a exercer um controle sobre as empresas no que diz respeito ao lançamento da vinhaça em corpos d'água, prática hoje encerrada.

A prática de disposição da vinhaça no solo orientava-se pela sua infiltração em áreas denominadas áreas de sacrifício onde a vinhaça percorre, no solo, um percurso em chicana, infiltrando-se.

Em função do seu elevado teor em nutrientes particularmente em potássio, pelo qual a cana é ávida, prática-se atualmente com grande difusão a disposição da vinhaça em fertirrigação na lavoura canavieira.

Estudos realizados por Cunha et alli apresentados in "Effects of Irrigation with Vinasse and the Dynamics of its Constituents in the Soil: I - Physical and Chemical Aspects - 1987" abordaram o comportamento da vinhaça quando utilizada na fertirrigação. Os estudos concluem pelo aproveitamento quase integral da vinhaça pela cana, desde que a aplicação da vinhaça na fertirrigação se faça em dosagens adequadas, "it was possible to conclude that there is little risk of potassium and nitrate groundwater pollution due to vinasse at the rate studied".

Ainda segundo o referido trabalho, a cana de açúcar é capaz de retirar 191,60 kg/ha de nitrogênio (62% do nitrogênio existente na vinhaça aplicada) e 792,54 kg/ha de potássio (98,48% do potássio contido na vinhaça aplicada).

Conclue-se portanto, que a maneira mais correta e racional de utilizar as características fertilizantes da vinhaça, e de evitar o seu efeito poluidor é a sua aplicação na lavoura, como fertilizante.

Trabalhos realizados pelo Geól. Seiju Hatsuda, em pesquisa efetuada em área de sacrifício, como tema para tese de mestrado em "Impactos da Infiltração da Vinhaça de Cana no Aquífero Bauru" comprovam a poluição do aquífero por vinhaça, concluindo: "Este trabalho permitiu constatar que a prática da irrigação e infiltração, da vinhaça, causam danos, principalmente à água subterrânea".

Outros estudos efetuados pelo Eng. Agrônomo Rodrigo C. de A. Cunha et alli, constataram também a infiltração de vinhaça, no solo, sob os canais de adução da vinhaça às áreas a serem fertirrigadas.

A infiltração da vinhaça em zonas de sacrifício, é também prática nefasta porque comprovadamente polui o aquífero subterrâneo.

Considerando-se a infiltração da vinhaça no solo, constatada nas áreas de sacrifício e sob os canais de adução onde a carga piezométrica é pequena e suspeitando-se que a infiltração sob os tanques de armazenamento de vinhaça atinge profundidade apreciável,

foram realizados estudos específicos para investigação da poluição do aquífero sob os tanques, trabalho que está consubstanciado neste relatório.

5. METODOLOGIA ADOTADA

Para o rastreamento da poluição dos solos e dos aquíferos por vinhaça, sob os tanques de armazenamento, foram utilizados métodos diretos e indiretos de pesquisa. Os métodos diretos consistiram em sondagens a trado $\varnothing = 10$ cm e os indiretos, em sondagens geofísicas utilizando-se os métodos da eletrorresistividade e eletromagnético induzido.

O objetivo das sondagens a trado, era coleta de amostras do solo e a instalação de piezômetros para coleta e análise da água.

As sondagens a trado e geofísicas foram executadas, no campo, nos locais onde a topografia sugeria a direção do fluxo subterrâneo de água, nas proximidades dos tanques de armazenamento de vinhaça. Além dessas, foram também executadas sondagens a trado e estudos geofísicos em áreas testemunhas, localizadas em locais onde nunca houve lançamento ou depósito de vinhaça, objetivando obter os parâmetros do "back ground" regional para os dados geofísicos e os mesmos elementos e substâncias analisadas nas amostras coletadas nas sondagens, nas áreas dos tanques. A finalidade destes trabalhos é executar o cotejo das amostras analisadas para avaliar-se o nível de poluição causada pela vinhaça em sub-superfície.

5.1. Localização das Áreas de Trabalho de Campo

Os trabalhos de campo foram realizados nas proximidades do tanque central de armazenamento de vinhaça da Usina Santa Elisa, localizado no município de Pontal, geologicamente situadas em solos de alteração da Formação Serra Geral, que corresponde às "terras roxas", famosas no Estado pela sua alta produtividade agrícola. A área testemunha, neste caso, localizou-se em reserva florestal na Fazenda Vassoural.

Trabalhos idênticos foram executados em terras da Destilaria Lagoa Dourada, no município de Dobrada, geologicamente situadas em solos de alteração da Formação Adamantina do Grupo Bauru.

No anexo 11.1 estão indicados em mapas 1:50.000 a localização das investigações realizadas.

O primeiro local de trabalho e amostragem acha-se em área de propriedade da Usina Santa Elisa, no município de Pontal - SP, e tem suas localizações determinadas pelas seguintes coordenadas quilométricas aproximadas (carta IBGE Pitangueiras 1:50.000 - 1971):

ST 01 - A jusante de tanque de armazenamento de vinhaça, com alguns anos de utilização:

Coordenadas: 809,950 E
7668,100 N

ST 02 - Área de mata intacta, sondagem testemunho:

Coordenadas: 808,850 E
7666,750 N

As duas sondagens realizadas na fazenda Lagoa Dourada (Destilaria Lagoa Dourada) no município de Dobrada - SP para a coleta de água e solo, tem suas localizações determinadas pelas seguintes coordenadas quilométricas aproximadas (carta IBGE Matão - 1:50.000 - 1971):

ST 01 - A jusante de antiga área de tanques de armazenamento de vinhaça, em desativação, com muitos anos de utilização:

Coordenadas: 764,100 E
7619,250 N

ST 02 - Área entre canavial e laranjal, que nunca recebeu vinhaça, sondagem testemunho:

Coordenada: 765,600 E
7619,250 N

Ver no Anexo 11.1 a localização, nas cartas, das sondagens realizadas.

6. TRABALHOS EXECUTADOS

Foram executados um total de quatro sondagens a trado, perfazendo um total de 24,0m de sondagens.

Foram também executadas 2,0 (duas) sondagens elétricas pelo método da eletrorresistividade e medidas, por caminhamento, da condutividade

pelo método eletromagnético indutivo utilizando-se equipamentos modelos M31 e M34.

Considerando-se a composição média da vinhaça, foram também realizadas análises das amostras de solo e água coletadas nas sondagens visando determinar os teores das seguintes substâncias e elementos:

solo: K; Ca; Mg e Na trocáveis S04; série nitrogenada,

água: K; Cl; S04; TOC; pH; condutividade elétrica série nitrogenada e OC.

6.1. Sondagens a Trado

USINA SANTA ELISA

Foram executados 13,0 metros de sondagem na Usina Santa Elisa, em dois furos a trado, respectivamente ST01 e ST02. A sondagem ST01, com 7,0 metros, foi executada nas proximidades do "Tanque Central" de armazenamento de vinhaça. A ST02, sondagem testemunha, em área remanescente de antiga reserva florestal, alcançou 6,0 metros de profundidade.

Não foi encontrado o nível d'água em nenhuma das sondagens.

USINA LAGOA DOURADA

Foram também executadas duas sondagens: ST01 com 5,50 metros e ST02 com 5,50 metros, respectivamente, na área de tanques de armazenamento de vinhaça e na área testemunha perfazendo um total de 11,0 metros. O nível d'água foi encontrado em ambas as sondagens tendo sido instalados piezômetros, para coleta de amostras de água para análise.

Ver no Anexo 11.2, cópias dos boletins das sondagens efetuadas.

6.2. Amostragem e Análises

Foi coletada 01 amostra de água em cada piezômetro - ST01 e ST02 respectivamente - instalados na Usina Lagoa Dourada onde foram analisados os parâmetros para água referidos no item 3 deste relatório e 25 amostras de solo, sendo 13 nas sondagens a trado realizadas na Usina Santa Elisa e 12 nas sondagens executadas na Usina Lagoa Dourada. Ver no Anexo 11.3, resultados das análises de água e solo efetuadas.

6.3. Sondagens Geofísicas

São vários os métodos geofísicos utilizados em estudos de caráter hidrogeológico. No caso específico de poluição de águas subterrâneas, os mais adequados são os da **eletrorresistividade** e o **eletromagnético indutivo**, visto que a **resistividade**, e a **condutividade**, são as propriedades físicas da água mais afetadas pelos poluentes, exatamente como ocorre com a vinhaça. Os procedimentos mais utilizados são os da sondagem elétrica, no primeiro método, e o perfil de condutividade aparente, no segundo.

Nas duas áreas estudadas, em Dobrada - Usina Lagoa Dourada, e em Pontal - Usina Santa Elisa, foram feitas duas sondagens elétricas e vários perfis de condutividade, distribuídos próximos aos tanques de armazenamento de vinhaça e fora de sua área de influência. Os resultados obtidos com as sondagens elétricas e alguns perfis de condutividade estão apresentados no Anexo 11.4.

7. CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS DOS SOLOS AMOSTRADOS

A verificação em campo, na Fazenda Lagoa Dourada, constatou a ocorrência de solos Podzólico Vermelho Amarelo (PVe) confirmando o englobamento dos dois pontos, feito pelo projeto RADAM (vol.32) na grande mancha de PVe 6-Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico (PVe) com manchas de Podzólico Vermelho escuro (PEe).

De acordo com aquele projeto tem-se as seguintes características para estes solos:

Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico - Solos minerais, com horizonte B textural, não hidromórficos, argila com baixa atividade (baixa capacidade de troca de cations), horizonte A moderado. A textura do horizonte A é média e do horizonte B é argilosa, ocorrendo mudança textural abrupta.

Com relação a saturação das bases encontramos solos álicos ($\text{pH} < 5$, saturação de bases $\text{V} \geq 50\%$ e $\text{Al}^{+++} \geq 50\%$).

Apresenta um horizonte B de coloração vermelho-amarelada, sendo o teor de Fe_2O_3 inferior a 25% quando o subhorizonte considerado tiver 20% de argila e inferior a 10% quando o teor de argila for de 100%. Estão situados em terrenos ondulados.

O horizonte A moderado apresenta teores de carbono variando entre 1,4 a 2,21%. A textura do horizonte B é muito argilosa.

Apesar da baixa fertilidade natural, são solos de bom aproveitamento visto ocorrerem em relevo suavemente ondulado, propiciando boa mecanização, além disto, possuem características físicas excepcionais.

À luz do que foi feito em Dobrada, para os solos da Fazenda Santa Elisa, nos pontos amostrados, também ficou evidenciado o enquadramento na classificação feita pelo Projeto RADAM. As amostras foram feitas em Latossolo roxo do tipo LRD1, com a seguinte descrição, de acordo com aquele Projeto:

Compreende solos, minerais, não hidromorficos, com horizonte B latossólico, profundos a muito profundos, acentuadamente drenados, com sequências nos horizontes A, B e C sendo o horizonte A moderado e o B latossólico, apresentando poucas diferenças entre os horizontes.

Em geral são desenvolvidos a partir de rochas básicas, tendo elevados teores de Fe_2O_3 .

A estrutura do horizonte B é granular e a cor invariavelmente vermelho escuro-acinzentado.

A relação silte argila é inferior a 0,3; a relação molecular K_i 2,0 e os teores de Fe_2O_3 variam entre 18% e 35%.

São solos distróficos com baixa saturação de bases (V%), variando entre 9 e 21%.

A saturação de alumínio chega a ser nula.

8. ANÁLISES DOS RESULTADOS

8.1. Perfís de Sondagens a Trado

Foram executadas 04 (quatro) sondagens a trado, utilizando-se de equipamento mecanizado (ver fotos) que mostrou-se limitado em termos de avanço, atingindo no máximo 7,0 (sete) metros de profundidade (ST 01 - Usina Santa Elisa).

Todas as sondagens exibiram forte homogeneidade no perfil.

Sondagens da Usina Santa Elisa

Na sondagem ST 01, efetuada nas proximidades do tanque central da Usina, o perfil apresentou mudança nas características do solo a

partir dos 3,5 metros de profundidade, mudando sua coloração, teor de umidade e apresentando forte odor de vinhaça.

Os solos descritos na sondagem ST 02 - testemunho - apresentaram-se extremamente uniformes na descrição constituindo-se de solos cor vermelho-escuro, argiloso, às vezes siltoso, com restos de raízes, fragmentos de carvão e nódulos de óxido de ferro.

O nível d'água está muito profundo e não foi atingido pelas sondagens mecânicas (sondagens geofísicas indicam mais ou menos 30,0 m na ST 02).

Sondagens da Usina Lagoa Dourada

Na sondagem ST 01, executada em antiga área de armazenamento de vinhaça, as amostras eram constituídas de solo arenoso e silto-argiloso, apresentaram-se úmidas a partir dos 2,0 metros de profundidade com forte odor de vinhaça e saturada a partir dos 4,0 metros. O nível d'água, medido vinte e quatro horas após o término da sondagem, situou-se nos 3,40 metros.

Para execução de amostragem da água instalou-se um piezômetro constituído por um tubo de PVC perfurado, envolto por manta filtrante, com 5,50 metros de comprimento.

A sondagem ST 02 - testemunho - realizou-se em local limítrofe a antigo laranjal e canavial da Usina. O solo apresentou as mesmas características físicas encontradas na sondagem ST 01, constituindo-se de solo predominantemente arenoso silto-argiloso. O nível d'água, medido vinte e quatro horas após o término da sondagem, estabilizou-se nos 4,00 m (quatro metros) de profundidade. No piezômetro instalado, foram também coletadas amostras de água para análise cujos resultados encontram-se no item 8.2. deste relatório.

8.2. Análise de Água

O nível d'água foi encontrado apenas nas sondagens efetuadas na Usina Lagoa Dourada, não tendo sido interceptado, por muito profundo ($\pm$ 30,0 metros), na sondagens realizadas na Usina Santa Elisa.

Os resultados obtidos acham-se no Anexo 11.3, onde estão indicados os valores para: alcalinidade bicarbonato, carbonato e hidróxido; cloreto; condutividade específica; DBO; nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito e Kjeldal; oxigênio consumido; pH (laboratório e campo); sulfato; potássio e carbono orgânico dissolvido.

A análise dos valores obtidos exhibe de forma marcante a poluição do aquífero pela vinhaça. A condutividade específica salta de 225 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na ST02 (testemunho) para 1835 $\mu\text{S}/\text{m}$ na ST01 (contaminada); o cloreto, cujo valor máximo admitido pela Portaria 36 do Ministério da Saúde (19/01/90), para potabilidade é de 250 mg/l, apresenta valores de 26 mg/l na ST02 saltando para 425 mg/l na ST01, o nitrogênio amoniacal salta de 0,46 mg/l na ST02 para 27 mg/l na ST01, Considerando-se o potássio como elemento traçador da presença da vinhaça, pela sua abundância na mesma, verificam-se valores de 5,50 mg/l e de 590,0 mg/l nas amostras coletadas na ST02 e ST01, respectivamente.

8.3. Análises de solo

8.3.1. Usina Santa Elisa.

Com relação aos ânions, se houve uma interrupção na aplicação da vinhaça, pode-se assumir que o nitrato esteja baixo por já ter sido lixiviado para camadas mais profundas e o sulfato, por ser menos móvel que o nitrato, ainda estaria presente nas camadas de 5 a 7 metros.

A presença de amônia em camadas profundas indica uma contaminação de superfície e justifica-se apenas se estiver ocorrendo um ambiente praticamente sem oxigênio, que impossibilite sua oxidação para o nitrito ou nitrato. O aumento da amônia e da matéria orgânica com a profundidade parecem confirmar essa hipótese. Com isso, poder-se-ia também admitir que os valores baixos encontrados para o nitrato seriam resultantes das perdas por desnitrificação (formação do N_2 , N_2O e NH_4^+) em ambientes redutores. Contudo, a presença de íon amônia na água parece ser efêmera. Em estudos realizados na Califórnia, os resultados indicaram que tanto o íon amônia como o nitrito não caminharam longas distâncias após terem sido injetados em um lençol freático próximo à superfície. A presença de potássio em concentração mais elevada apenas na faixa de 5 a 6 metros para o solo que recebeu vinhaça indica que esse nutriente está sendo lixiviado através do perfil. Entretanto, os valores de cálcio e magnésio estão mais elevados nas camadas superficiais para o solo testemunha, de onde

pode-se deduzir que o potássio estaria forçando o caminhamento dos íons Ca e Mg no perfil para o solo que recebeu vinhaça, o que pode ser confirmado pelos resultados obtidos para esse solo.

O aumento do pH, principalmente na camada de 3 a 6 m, provavelmente deve-se ao consumo de íons hidrogênio na reação de redução do Fe^{+3} para Fe^{+2} . Apesar do teor de Fe não ter sido quantificado, pode-se supor que a presença de Fe^{+2} também teria auxiliado na lixiviação de Ca e Mg no perfil do solo que recebeu vinhaça.

Com relação ao enxofre, era de se esperar que houvesse uma diminuição no teor de SO_4^{-2} , principalmente na camada de 3 a 6 m, fato que não foi verificado. Isso pode ser explicado devido ao pE do solo não ter atingido valores de extrema redução (ao redor de -200 mV) o que provocaria um acúmulo desse elemento no solo.

8.3.2. Usina Lagoa Dourada.

Nesse local, a adição da vinhaça elevou os valores de NH_4^+ e NO_3^- em todo o perfil, indicando que esse resíduo continua sendo aplicado ao solo. O sulfato desceu apenas até a camada de 1 m de profundidade sugerindo uma "barreira química" para a lixiviação desse íon ou uma baixa concentração de sulfato na vinhaça. O potássio chegou até 4 m de profundidade mostrando que a aplicação da vinhaça foi contínua por um bom período. Os teores de cálcio e magnésio foram drasticamente reduzidos no solo que recebeu vinhaça mostrando uma lixiviação desses nutrientes no perfil, provavelmente pelo excesso de potássio, ferro divalente ou mesmo do amônio adicionado.

8.3.3. Necessidade de pesquisas complementares.

Com base nos resultados apresentados, pode-se levantar as seguintes necessidades de pesquisa:

- Monitoramento das áreas onde se está armazenando vinhaça, a fim de se avaliar as alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

- Estudar a lixiviação de radicais poluentes com o nitrato, a fim de se prevenir a contaminação das águas subterrâneas com esses compostos.

- Estudar meios de se evitar o armazenamento de vinhaça no solo ou uma sistematização do terreno para evitar a poluição do lençol freático.

- Criar uma metodologia para a recuperação dos locais que receberam esse resíduo por muito tempo.

8.4. Sondagens Geofísicas

Os dados foram interpretados preliminarmente no campo e com auxílio de programas de computador para ajuste de curvas no escritório quando procurou-se atribuir aos mesmos um significado global.

8.4.1. Sondagens Elétricas

Na Usina Lagoa Dourada, em Dobrada, a SE-1 foi executada próxima aos tanques de armazenamento e a SE-2 em local bem distante dos mesmos.

As duas sondagens atingiram um substrato resistente, que corresponde à última camada elétrica, em torno de 50 metros de profundidade, que deve corresponder ao basalto.

As resistividades mais baixas das camadas subjacentes na SE-1, 7 e 15 ohm.m, evidenciam a contaminação pela vinhaça. No caso da SE-2, as camadas de menor resistividade apresentam 25 e 300 ohm.m.

Na usina Santa Elisa em Pontal, o mesmo fenômeno pode ser observado. A SE-1 foi feita próxima a um tanque de armazenamento de vinhaça e a SE-2 fora da área de sua influência.

No primeiro caso, a camada mais condutora apresentou uma resistividade de 8 ohm.m, enquanto que no segundo 110 ohm.m, deixando evidente naquele, a influência da vinhaça.

A profundidade do substrato é bem diferente na interpretação das duas sondagens (35 metros na SE-1 e 110 na SE-2). faltam informações complementares para uma interpretação mais segura destes dados.

8.4.2 Perfís de Condutividade

Em Dobrada foram feitos com os equipamentos EM-31, bobinas com o eixo na vertical (EM-31/V e EM-34/20m) com o eixo das bobinas na horizontal (EM-34/20m-H) e na vertical (EM-34/20m-V). No primeiro caso a profundidade de investigação vai até 7 metros, no segundo até 15 metros e no terceiro caso até 30 metros, aproximadamente. Em

Pontal também foi obedecido o mesmo procedimento, porém só estão apresentados, no Anexo 4, resultados do EM-34, por terem espelhado melhor a situação estudada.

O Perfil I, em Dobrada, foi executado quase todo em área de influência de vinhaça, o que explica os valores de condutividade em torno de 40 mho/m. Na parte final do Perfil os pontos de medida já estão distantes dos tanques de armazenamento, o que explica a tendência dos valores caírem para menos de 20 mho/m.

No Perfil II a pequena amplitude da anomalia condutora na parte central pode ser atribuída à contaminação por vinhaça, muito embora os tanques estejam distantes, situados mais de 500 metros a montante.

O Perfil III, ainda em Dobrada, foi executado bem próximo aos tanques. Por isso os valores de condutividade são anormalmente elevados.

Os Perfis IV e V foram feitos com o EM-31 em locais distintos, porém estão apresentados em um mesmo gráfico para efeito de comparação. O Perfil IV está em área de influência da vinhaça e o Perfil V, fora dela. Isto explica a grande diferença entre os valores de condutividade apresentados.

Em Pontal, os Perfis I e II têm sua extremidade de 0 a 150 metros junto a um tanque de armazenamento de vinhaça. Os pontos das extremidades finais dos perfis se distanciam de sua área de influência. Os diferentes valores de condutividade nas duas extremidades refletem esta situação.

O Perfil III está situado em uma área distante alguns quilômetros dos tanques ou áreas de infiltração de vinhaça. A condutividade medida, em torno de 4 mho/m, pode ser assumida como valor de "background" para área sem qualquer influência de vinhaça.

Os métodos geofísicos utilizados permitem mapear com total segurança áreas onde os materiais do sub-solo, em particular a água subterrânea, estão sob influência de vinhaça infiltrada a partir de tanques de armazenamento, fertirrigação ou áreas de sacrifício.

O método da eletrorresistividade deve ser utilizado para medidas pontuais, onde o importante é a determinação das profundidades do nível d'água e do substrato impermeável e a espessura e resistividade das diferentes camadas. O eletromagnético indutivo é ideal para execução de perfis onde as variações laterais de condutividade

definidas pelas anomalias condutoras permitem mapear as manchas de poluição. Ver no Anexo 11.4 os perfis de prospecção geofísica.

No caso de contaminação da água subterrânea por vinhaça, os contrastes de resistividade e condutividade chegam a ser de até 10 vezes ou mais, atribuindo uma precisão muito grande à interpretação geofísica.

9. CONCLUSÕES

Os estudos efetuados confirmaram a previsão de poluição da água e do solo por vinhaça infiltrada sob os tanques de armazenamento. Embora as sondagens a trado não tenham propiciado investigações a maiores profundidades, a água coletada e analisada atestou, de modo decisivo, a poluição do aquífero pela vinhaça, o que apenas vem confirmar estudos efetuados por outros pesquisadores.

Os métodos geofísicos não só confirmam os dados obtidos pelo método direto (trado) como permitem avaliar que a camada poluída estende-se desde a base do tanque até o substrato rochoso.

As análises do solo evidenciaram também alterações nos constituintes do solo, atribuíveis à vinhaça.

Justifica-se, portanto, a construção de tanques impermeabilizados, como forma de evitar a perda da vinhaça, por infiltração e a poluição do aquífero.

10. Bibliografia

- Alterações de Características Químicas de um Latosolo Vermelho-Escuro Distrófico pela Aplicação de Vinhaça. Camargo, Otávio Antonio de et alli in Biol. Cient. Instituto Agronômico de Campinas. nº9, 1987.
- Effects of Irrigation with Vinasse and the Dynamics Of its Constituents in the soil: I - Phisical and Chemical Aspects Cunha, R.C. de A. et alli in Water Science and Technology Vol. 19, nº 8 - 1987.
- Características Físicas de um solo que recebeu vinhaça Camargo, Otávio Antonio de et alli in Biol. Cient. Instituto Agronômico de Campinas. nº 14, 1988.

- Impactos da infiltração da vinhaça de cana no aquífero Bauru
Tese de Mestrado.
Hassuda, Seiju - Instituto de Geociências da Universidade de
São Paulo. 1989.

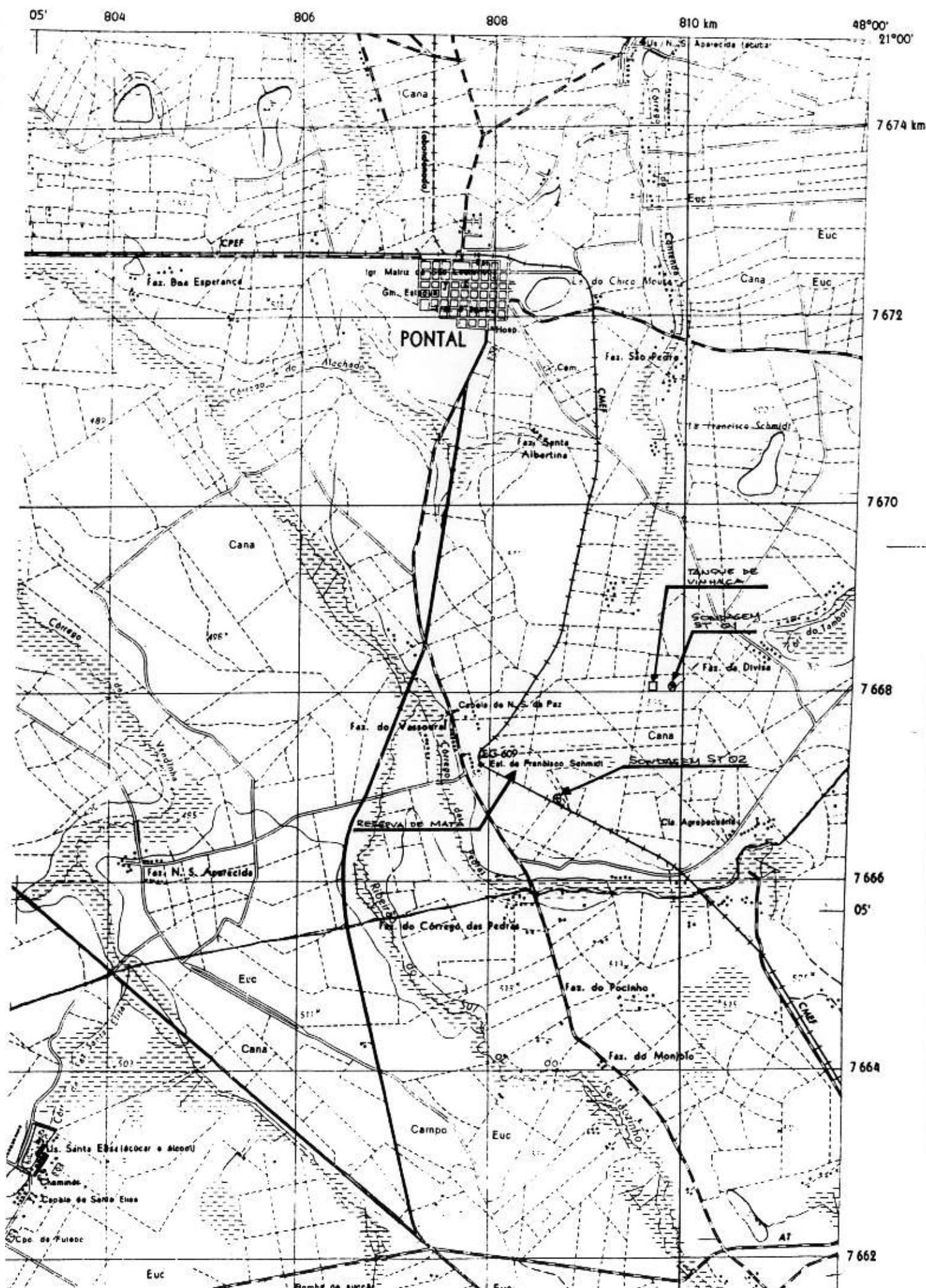
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
BIBLIOTECA

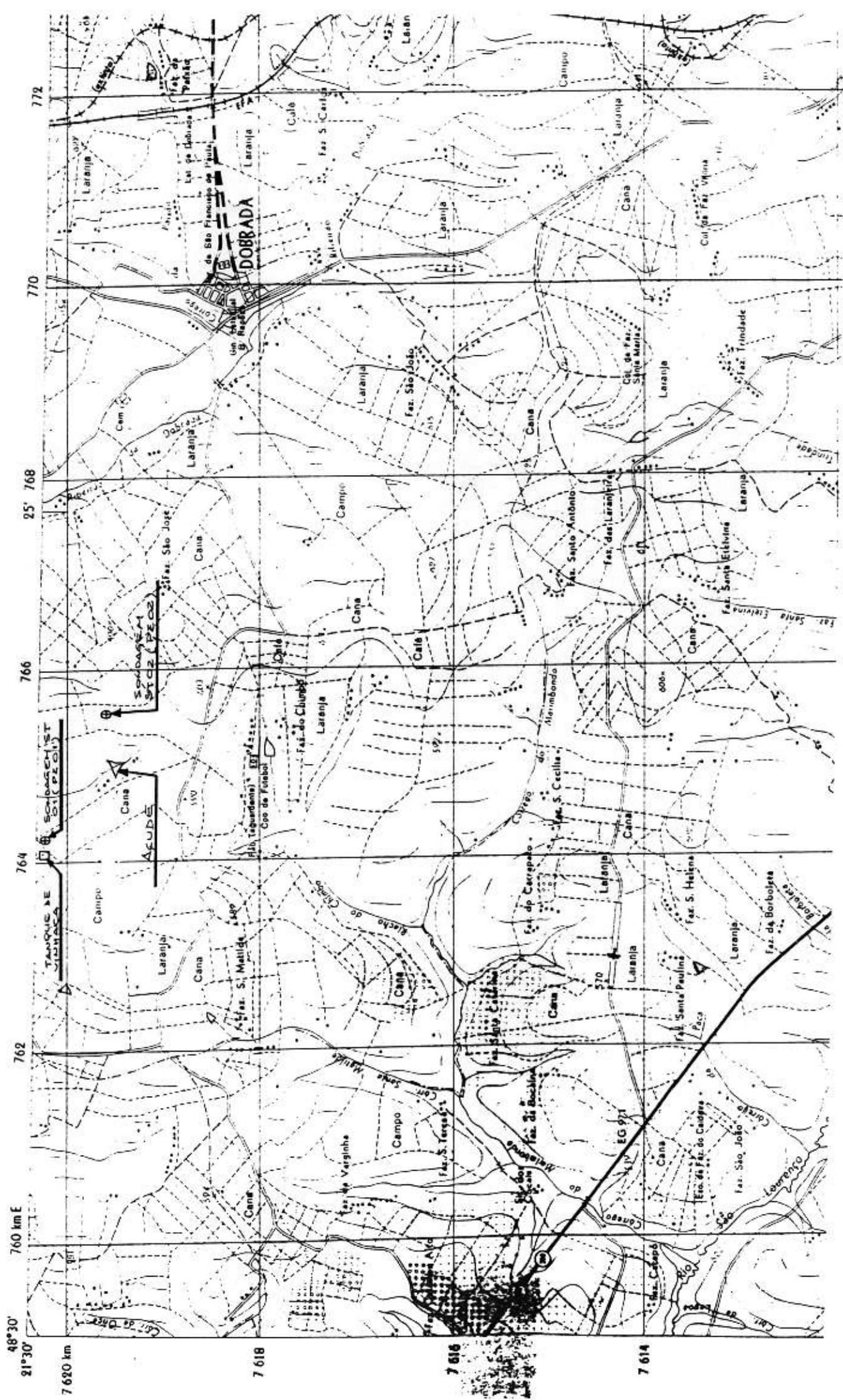
11. ANEXOS

ANEXO 11.1**LOCALIZAÇÕES DAS INVESTIGAÇÕES REALIZADAS**

PITANGUEIRAS

FÓLHA SF-22-X-D-III-2





CEITEB - CIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

ANEXO 11.2

BOLETINS DE SONDAGEM A TRADO

Local: Engenho Central - Tanque Central - Usina Santa Elisa
 Projeto: Normalização de Tanques de Vinhaça
 Técnico: Geól. Ghandi Pires Fraga
 Sondagem nº ST01 - (Furo Contaminado)

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	AMOSTRA Nº
De 0,00 Até 0,50	Solo de coloração marrom escuro, predominantemente argiloso, contendo restos de raízes (Latossolo)	01/01
De 0,50 Até 1,00	Solo de coloração vermelho escuro, argiloso, latossolo de alteração do basalto Serra Geral	
De 1,00 Até 1,50	Solo vermelho escuro, predominantemente argiloso, contendo uma fração síltica. Latossolo	01/02
De 1,50 Até 2,00	Latossolo vermelho escuro, predominantemente argiloso, com fração síltica, contendo fragmento de até 0,5 cm de carvão vegetal	
De 2,00 Até 2,50	Latossolo vermelho escuro, argiloso, com pequena fração síltica contendo fragmento de carvão vegetal entre 0,1 cm a 0,5 cm	01/03
De 2,50 Até 3,00	Latossolo vermelho escuro, argiloso, com fração síltica, mosqueado, com fragmentos de óxido (Mn,Fe) de até 0,1 cm	
De 3,00 Até 3,50	Latossolo cor marrom escuro a vermelho escuro, argiloso, com fração síltica	01/04
De 3,50 Até 4,00	Argila (aspecto húmus), maior umidade, com nódulos de óxido (Mn,Fe), cor marrom escuro	
De 4,00 Até 4,50	Material argiloso, escuro, úmido com pequena fração de silte, contendo nódulo, de até 0,5 cm de óxido (Mn, Fe)	01/05
De 4,50 Até 5,00	Argila negra (úmida), com fração de silte e contendo nódulos do óxido (Fe,Mn) variando de 0,1cm até 0,6 cm	

BOLETIM DE SONDAGEM

Local: Engenho Central - Tanque Central - Usina Santa Elisa
 Projeto: Normalização de Tanques de Vinhaça
 Técnico: Geól. Ghandi Pires Fraga
 Sondagem nº ST01 - (Furo Contaminado)

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	AMOSTRA Nº
De 5,00 Até 5,50	Argila negra (úmida), pequena fração de silte, com nódulo de óxido (Fe,Mn) até 0,6 cm	01/06
De 5,50 Até 6,00	Argila cinza escura úmida, com nódulos de óxido (Fe,Mn) de até 0,5 cm	
De 6,00 Até 6,50	Argila cinza escura úmida, com nódulos de óxido (Fe,Mn) de até 0,5 cm (em maior concentração que a anterior)	01/07
De 6,50 Até 7,00	Argila cinza escura úmida, com nódulos de óxido (Fe,Mn) de até 0,3 cm	

OBS: Nível d'água não encontrado
 Amostras saturadas com vinhaça a $\pm$ 3,50 m
 Após os 3 primeiros metros observa-se, gradualmente, que os tons ficam mais escuros.

Local: Engenho Central - Reserva da Mata
 Projeto: Normalização de Tanques de Vinhaça
 Técnico: Geól. Ghandi Pires Fraga
 Sondagem nº ST02 - (Furo Testemunho)

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	AMOSTRA Nº
De 0,00 Até 0,50	Solo vermelho-escuro, argiloso, com pequena fração silte, contendo restos de raízes	02/01
De 0,50 Até 1,00	Solo vermelho-escuro, argiloso, contendo fragmentos subarredondados de óxido de Fe ou Mn e alguns pedaços de raízes de até 3 cm, contendo pequena fração silte	
De 1,00 Até 1,50	Solo vermelho-escuro, argiloso, com pequena fração silte (latos solo de alteração de basalto)	02/02
De 1,50 Até 2,00	Latosolo vermelho-escuro, argiloso, com pequena fração silte. Pouco mais escuro que as amostras anteriores	
De 2,00 Até 2,50	Solo vermelho-escuro, argiloso, com pequena fração silte, apresentando pedaços (até 0,5 cm) de carvão vegetal	02/03
De 2,50 Até 3,00	Argila vermelho-escuro com pequena fração silte	
De 3,00 Até 3,50	Argila vermelho-escuro com pequena fração silte	02/04
De 3,50 Até 4,00	Argila vermelho-escuro com pequena fração silte	
De 4,00 Até 4,50	Argila vermelho-escuro com fração menor siltosa, apresentando pedaços de raízes	02/05
De 4,50 Até 5,00	Argila vermelho-escuro com fração menor siltosa, com pedaços de raízes	
De 5,00 Até 5,50	Argila vermelho-escuro (quase marrom), com fração menor siltosa	02/06
De 5,50 Até 6,00	Argila vermelho-escuro (quase marrom), com fração menor siltosa	

OBS: Nível d'água não encontrado

BOLETIM DE SONDAGEM

Local: Usina Lagoa Dourada
 Projeto: Normalização de Tanques de Vinhaça
 Técnico: Geól. Ghandi Pires Fraga
 Sondagem nº ST01 - (Furo Contaminado)

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	AMOSTRA Nº
De 0,00 Até 0,50	Silte argiloso, pouco arenoso, com raízes, cor marrom. Solo superficial	01/01
De 0,50 Até 1,00	Silte argiloso, pouco arenoso, com raízes, cor marrom	
De 1,00 Até 1,50	Idem de 0,50 m a 1,00 m	01/02
De 1,50 Até 2,00	Argila siltosa, pouco arenosa, cor marrom	
De 2,00 Até 2,50	Argila siltosa, arenosa, cor marrom-escuro, úmida	01/03
De 2,50 Até 3,00	Areia argilo-siltosa, cor marrom, úmida	
De 3,00 Até 3,50	Idem de 2,50 m até 3,00 m	01/04
De 3,50 Até 4,00	Idem de 2,50 m até 3,00 m, muito úmida	
De 4,00 Até 4,50	Idem de 2,50 m a 3,00 m, saturado	01/05
De 4,50 Até 5,00	Silte argiloso, arenoso, cinza, vermelho e marrom, variegado úmido com concreções	
De 5,00 Até 5,50	Idem de 4,50 m até 5,00 m	01/06

OBS: Nível d'água: 4,00 m
 Piezômetro: 5,50 m

BOLETIM DE SONDAGEM

Local: Usina Lagoa Dourada
 Projeto: Normalização de Tanques de Vinhaça
 Técnico: Geól. Ghandi Pires Fraga
 Sondagem nº ST02 - (Furo Testemunho)

GETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
 BIBLIOTECA

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	AMOSTRA Nº
De 0,00 Até 0,50	Areia fina, silto argilosa, cor marrom, solo superficial	02/01
De 0,50 Até 1,00	Areia fina, argilo-siltosa, cor marrom claro	
De 1,00 Até 1,50	Areia fina, argilo-siltosa, cor amarelada	02/02
De 1,50 Até 2,00	Areia fina, argilo-siltosa, cor amarelada	
De 2,00 Até 2,50	Areia fina, argilosa, siltosa, cor amarela	02/03
De 2,50 Até 3,00	Areia fina, argilosa, siltosa, cor amarela avermelhada úmida	
De 3,00 Até 3,50	Idem de 2,50 até 3,00 m, muito úmida	02/04
De 3,50 Até 4,00	Areia fina, argilosa, siltosa avermelhada, muito úmida com concreções lateríticas	
De 4,00 Até 4,50	Areia fina argilosa, siltosa, avermelhada, muito úmida	02/05
De 4,50 Até 5,00	Areia fina silto-argilosa, avermelhada, muito úmida	
De 5,00 Até 5,50	Areia fina, silto-argilosa, vermelho, amarelo, cinza variegado com concreções, muito úmida	02/06

OBS: Nível d'água: 4,00 m
 Piezômetro: 5,50 m

ANEXO 11.3

RESULTADOS DE ANÁLISES DE SOLO E ÁGUA

Usina Santa Elisa (Sertãozinho - SP)
Tabela de Resultados de Análises Químicas de Solos

ST01	*1 SO4	*1 NH4	*1 NO3	*2 NT	*2 MO	*2 C	*1 K	*1 Ca	*1 Mg	*1 Na	pH
Am 01/01	42	5,1	10,0	0,112	1,95	1,12	47	19,4	3,2	13	4,9
Am 02/01	9	2,8	1,9	-	1,01	0,58	20	10,5	1,3	49	5,0
Am 03/01	-	1,7	0,9	0,042	0,56	0,32	14	4,4	0,5	17	4,9
Am 04/01	12	3,4	0,2	0,04	0,52	0,30	14	8,5	3,0	19	5,4
Am 05/01	51	7,8	0,9	0,053	0,52	0,30	49	8,7	5,7	18	6,2
Am 06/01	126	8,85	2,0	0,056	0,49	0,28	94	8,6	7,0	16	6,1
Am 07/01	117	9,6	0,6	0,053	0,42	0,24	110	14,3	7,2	21	6,7

*1 - $\mu\text{g/g}$

*2 - %

*3 - Saturação com vinhaça $\pm 3,5$ m

ST02	*1 SO4	*1 NH4	*1 NO3	*2 NT	*2 MO	*2 C	*1 K	*1 Ca	*1 Mg	*1 Na	pH
Am 01/02	30,0	2,6	15,8	0,103	2,02	1,16	49	40,8	12,3	18	4,9
Am 02/02	9,0	1,3	11,6	0,064	1,11	0,64	19	12,8	6,4	25	4,7
Am 03/02	3,0	0,89	4,9	0,048	0,69	0,40	21	5,4	2,4	26	5,0
Am 04/02	24,0	0,81	4,0	0,036	0,52	0,30	22	5,4	1,8	14	5,4
Am 05/02	15,0	0,56	2,7	0,031	0,21	0,12	30	5,3	2,1	15	5,4
Am 06/02	-	0,48	2,8	0,039	0,28	0,16	14	5,1	1,8	22	5,3

*1 - $\mu\text{g/g}$

*2 - %

Destilaria Lagoa Dourada (Dobrada - SP)
Tabela de Resultados de Análises Químicas de Solos

ST01	*1 SO4	*1 NH4	*1 NO3	*2 NT	*2 MO	*2 C	*1 K	*1 Ca	*1 Mg	*1 Na	pH
Am 01/01	108	8,5	27,0	0,084	0,62	0,36	39	22,6	4,7	15	5,4
Am 02/01	96	7,2	10,0	0,056	0,17	0,10	78	14,3	3,6	21	6,9
Am 03/01	24	14,0	10,9	0,084	0,14	0,08	110	6,2	7,4	12	8,0
Am 04/01	48	26,0	10,0	0,034	0,19	0,11	120	5,7	9,2	19	7,9
Am 05/01	15	72,0	11,4	0,045	0,21	0,12	73	6,1	9,5	28	5,4
Am 06/01	18	48,0	12,0	0,031	0,10	0,06	26	27,2	21,0	16	4,6

*1 - $\mu\text{g/g}$

*2 - %

*3 - NA (3,0 m)

ST02	*1 SO4	*1 NH4	*1 NO3	*2 NT	*2 MO	*2 C	*1 K	*1 Ca	*1 Mg	*1 Na	pH
Am 01/02	21	0,98	1,40	0,084	0,58	0,34	29	45,8	8,0	21	5,8
Am 02/02	27	1,10	1,14	0,028	0,31	0,18	31	54,2	9,5	13	5,9
Am 03/02	48	1,20	2,40	0,156	0,34	0,20	34	52,1	12,6	16	6,1
Am 04/02	39	0,98	3,50	0,056	0,10	0,06	99	41,7	27,8	9	5,4
Am 05/02	24	1,30	2,46	0,028	0,10	0,06	150	32,8	31,2	18	5,1
Am 06/02	27	1,70	2,10	0,028	0,07	0,04	99	55,6	29,5	12	5,3

*1 - $\mu\text{g/g}$

*2 - %

*3 - NA (4,0 m)

Usina Lagoa Dourada
Resultados de Análise de Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Padrão</i> (VMP)*1	<i>Piezômetro 1</i>	<i>Piezômetro 2</i>
Alcalinidade Bicarbonato	mg/l		183	21
Alcalinidade Carbonato	mg/l		0	0
Alcalinidade Hidróxido	mg/l		0	0
Cloreto	mg/l	250	425	26
Condutividade específica	S/cm		1835	225
DQO	mg/l		398	380
Nitrogênio amoniacal	mg/l		27	0,46
Nitrogênio nitrato	mg/l	10,00	0,07	2,3
Nitrogênio nitrito	mg/l		< 0,01	< 0,01
Nitrogênio Kjeldahl	mg/l	-	70,5	9,8
Oxigênio consumido	mg/l	3,5	72	33
pH (laboratório)	-	5 a 10	6,25	6,27
Sulfato	mg/l	400	1,0	3,1
pH (campo)	-	6,5 a 8,5	6,28	7,18
Potássio		-	590	5,5
Carbono orgânico dissolvido		-	28,3	12,4
Odor		Ausente	*2	-

*1: Valor Máximo Permitido

*2: Forte odor de vinhaça

ANEXO 11.4**PROSPECÇÃO GEOFÍSICA - PERFIS**

SCHLUMBERGER MODELO DE SONDAGEM SE-1 (PONTAL)

ESPAÇAMENTO RESISTIVIDADE %
MODELO DADO ERRO

1.0	123.1	143.5	-3.7
1.5	128.1	156.1	-3.1
2.2	138.1	154.8	1.3
3.2	151.3	142.4	-2.3
4.6	156.7	84.0	13.9
6.8	139.1	37.7	24.9
10.0	95.7	17.9	3.6
14.7	47.1	12.0	-5.7
21.5	18.6	12.6	1.4
31.6	11.3	18.1	-2.4
46.4	12.8	24.5	4.6
68.1	17.7		
100.0	25.7		

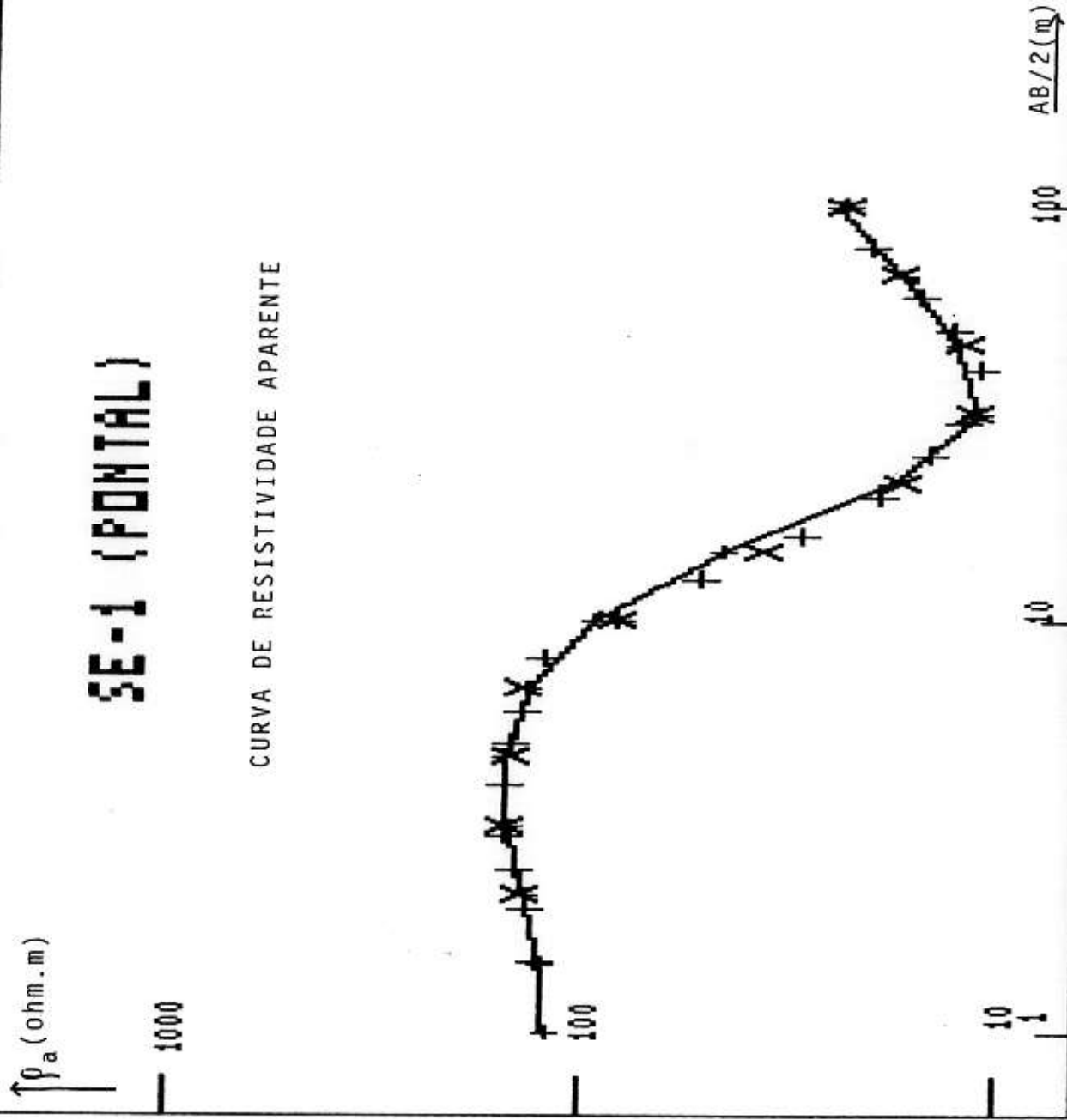
8.4

INTERPRETAÇÃO
CAMADA ESPESSURA RESISTIVIDADE
(nº) (m) (ohm.m)

1	1.5	120
2	2.2	320
3	31.0	8
4	indefinida	10000

SE-1 (PONTAL)

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE



SCHLIMBERGER MODELO DE SONDAGEM SE-2 (PONTAL)

ESPAÇAMENTO RESISTIVIDADE %
MODELO DADO ERRO

1.0	412.9	0.7
1.5	418.9	2.0
2.2	435.8	2.3
3.2	478.3	5.2
4.6	567.1	9.3
6.8	708.5	3.9
10.0	871.2	0.0
14.7	996.2	1.6
21.5	1022.9	6.0
31.6	919.0	6.3
46.4	706.3	8.0
68.1	458.3	2.5
100.0	276.0	
146.8	223.3	
215.4	277.9	

4.4

INTERPRETAÇÃO
CAMADA ESPESSURA RESISTIVIDADE
(nº) (m) (ohm.m)

1	3.0	410
2	4.0	3000
3	23.0	700
4	80.0	110
5	indefinida	10000

SE-2 (PONTAL)

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE

ρ_a (ohm.m)

10000

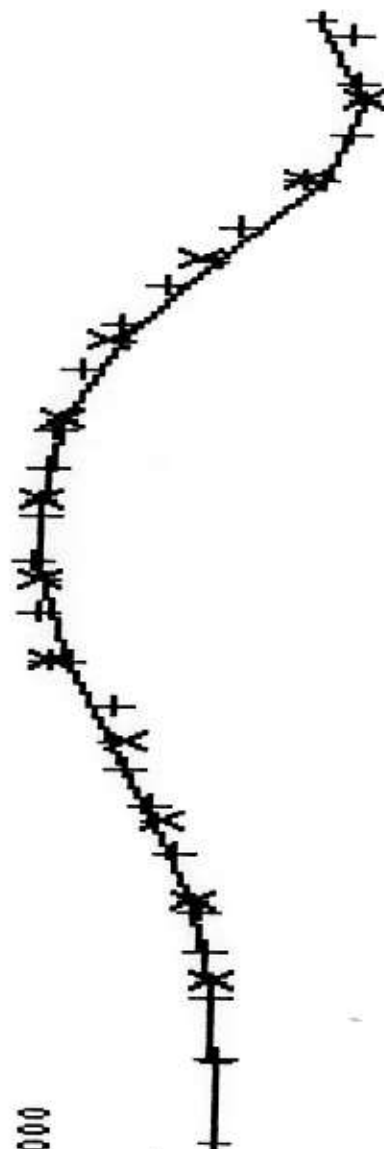
1000

100

AB/2 (m)

100

40



SCHLUMBERGER MODELO DE SONDAGEM SE-1 (DOBRADA)

ESPAÇAMENTO RESISTIVIDADE %
MODELO DADO ERRO

1.0	143.2	132.9	-1.7
1.5	139.8	118.6	-6.9
2.2	130.6	77.4	-0.3
3.2	110.5	35.2	18.3
4.6	77.2	19.0	7.7
6.8	41.6	17.1	-13.2
10.0	20.5	15.9	-7.6
14.7	14.8	16.0	-3.3
21.5	14.7	16.2	5.3
31.6	15.5	19.9	4.3
46.4	17.1	27.4	2.1
68.1	20.7		
100.0	28.0		

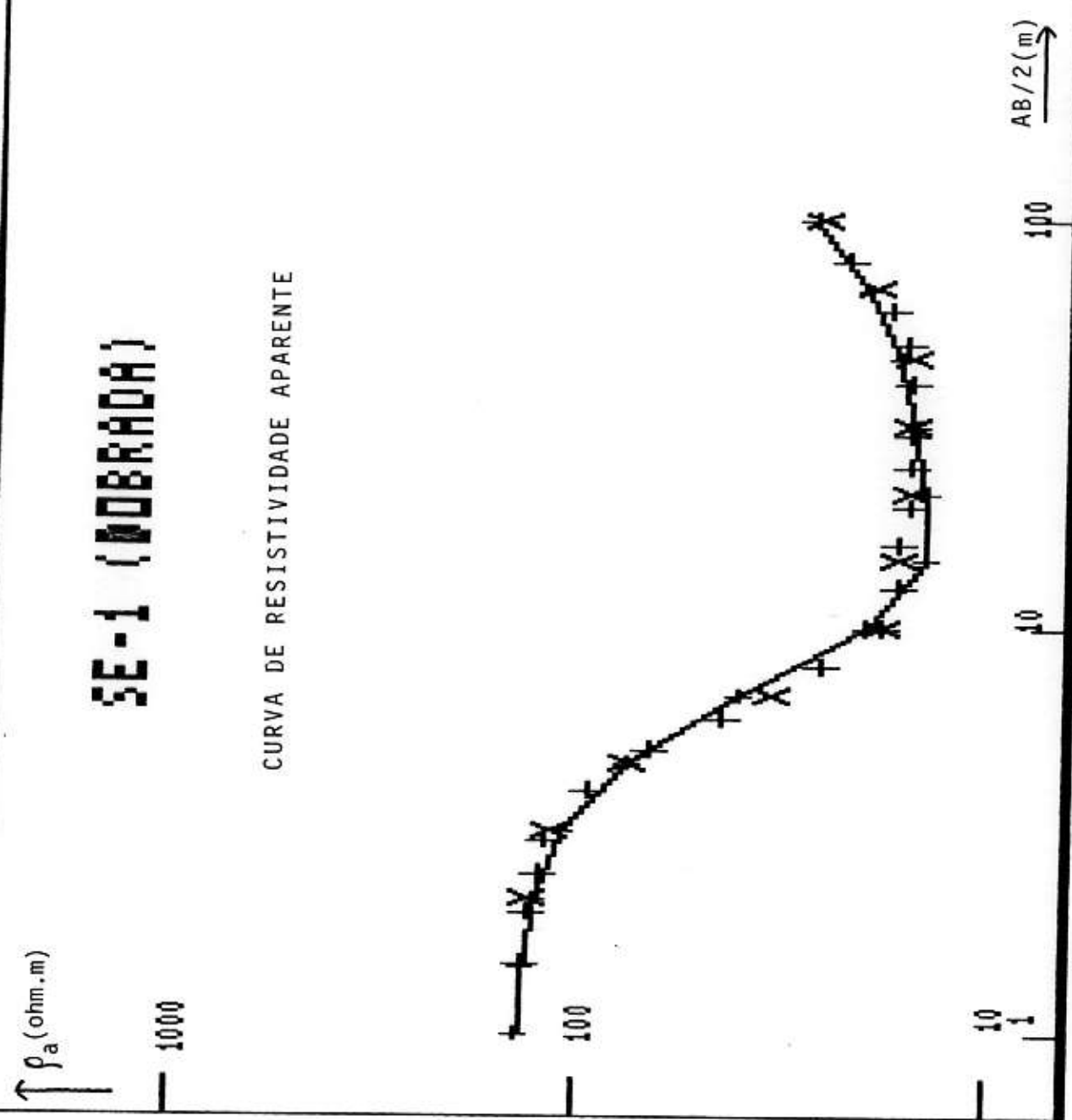
7.5

INTERPRETAÇÃO
CAMADA ESPESSURA RESISTIVIDADE
(nº) (m) (ohm.m)

1	2.5	145
2	2.0	7
3	50.0	15
4	indefinida	10000

SE-1 (MOBRAGA)

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE



SCHLUMBERGER MODELO DE SONDAGEM SE-2 (DOBRADA)

ESPAÇAMENTO RESISTIVIDADE %
MODELO DADO ERRO

1.0	329.9	415.9	3.9
1.5	369.5	490.9	1.4
2.2	432.2	530.8	-1.3
3.2	497.6	473.2	-1.3
4.6	523.9	330.0	-2.3
6.8	467.0	121.4	30.5
10.0	322.3	51.4	16.9
14.7	158.5	33.3	-2.6
21.5	60.1	33.7	-4.9
31.6	32.4	37.0	7.8
46.4	32.0	56.4	-1.6
68.1	39.9		
100.0	55.5		

10.1

INTERPRETAÇÃO
CAMADA ESPESSURA RESISTIVIDADE
(nº) (m) (ohm.m)

1	1.0	300
2	2.3	1000
3	1.0	300

4	45.0	25
---	------	----

5	indefinida	10000
---	------------	-------

SE-2 (DOBRADA)

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE

ρ_a (ohm.m)

1000

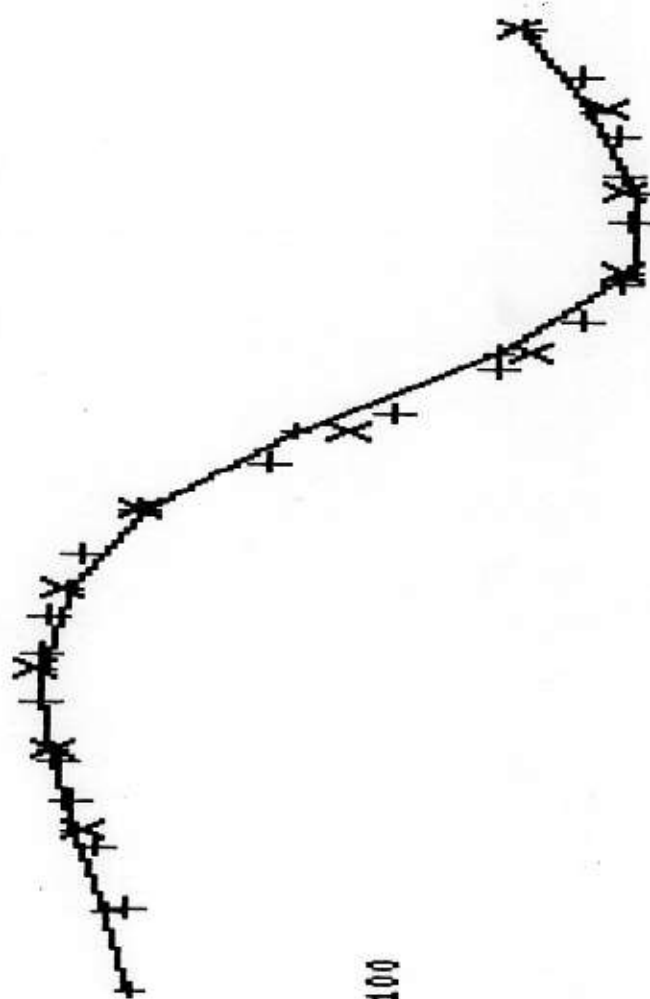
100

10

AB/2 (m)

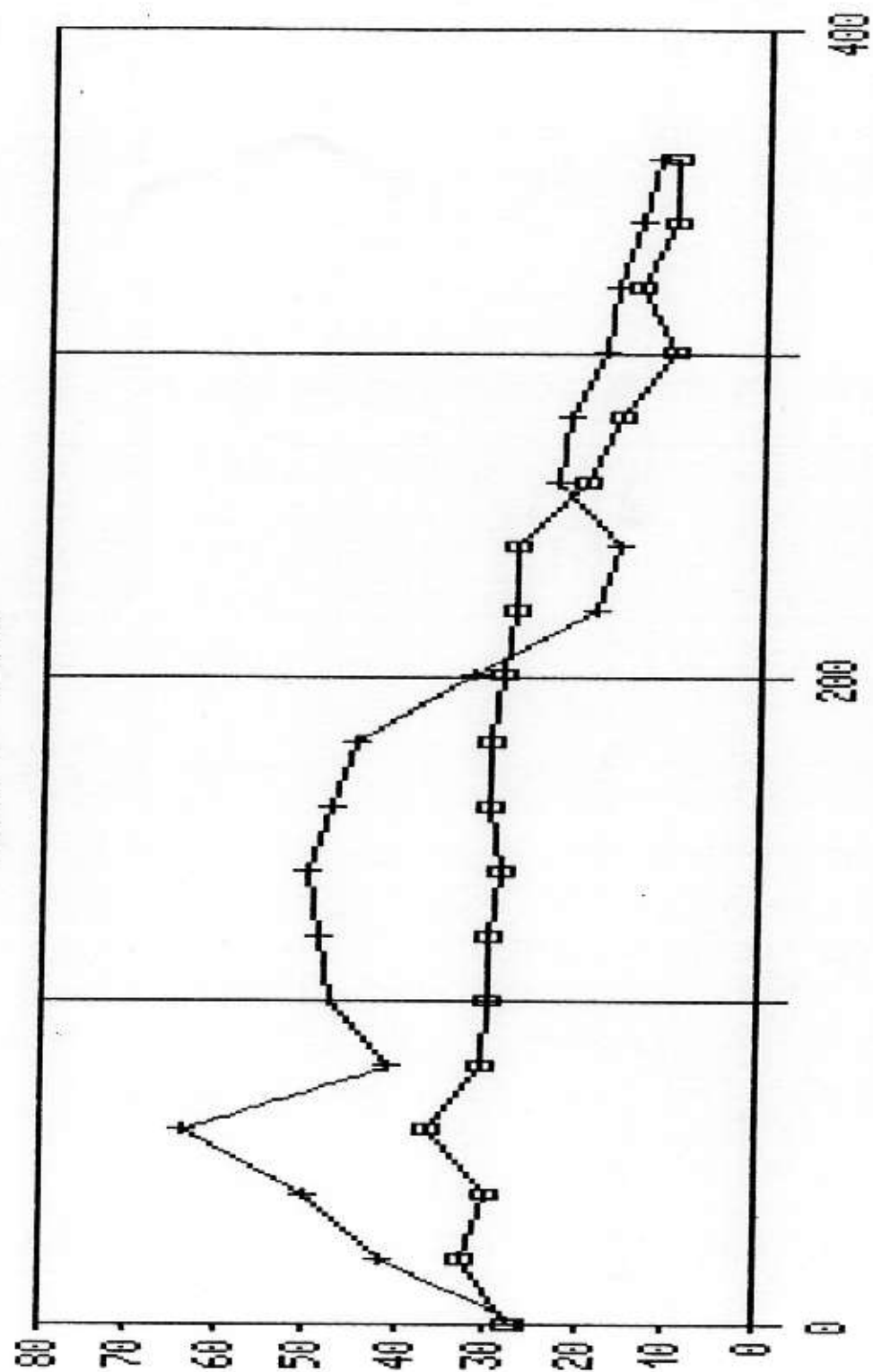
100

10



PERFIL DE CONDUTIVIDADE Perfil I - PONTAL

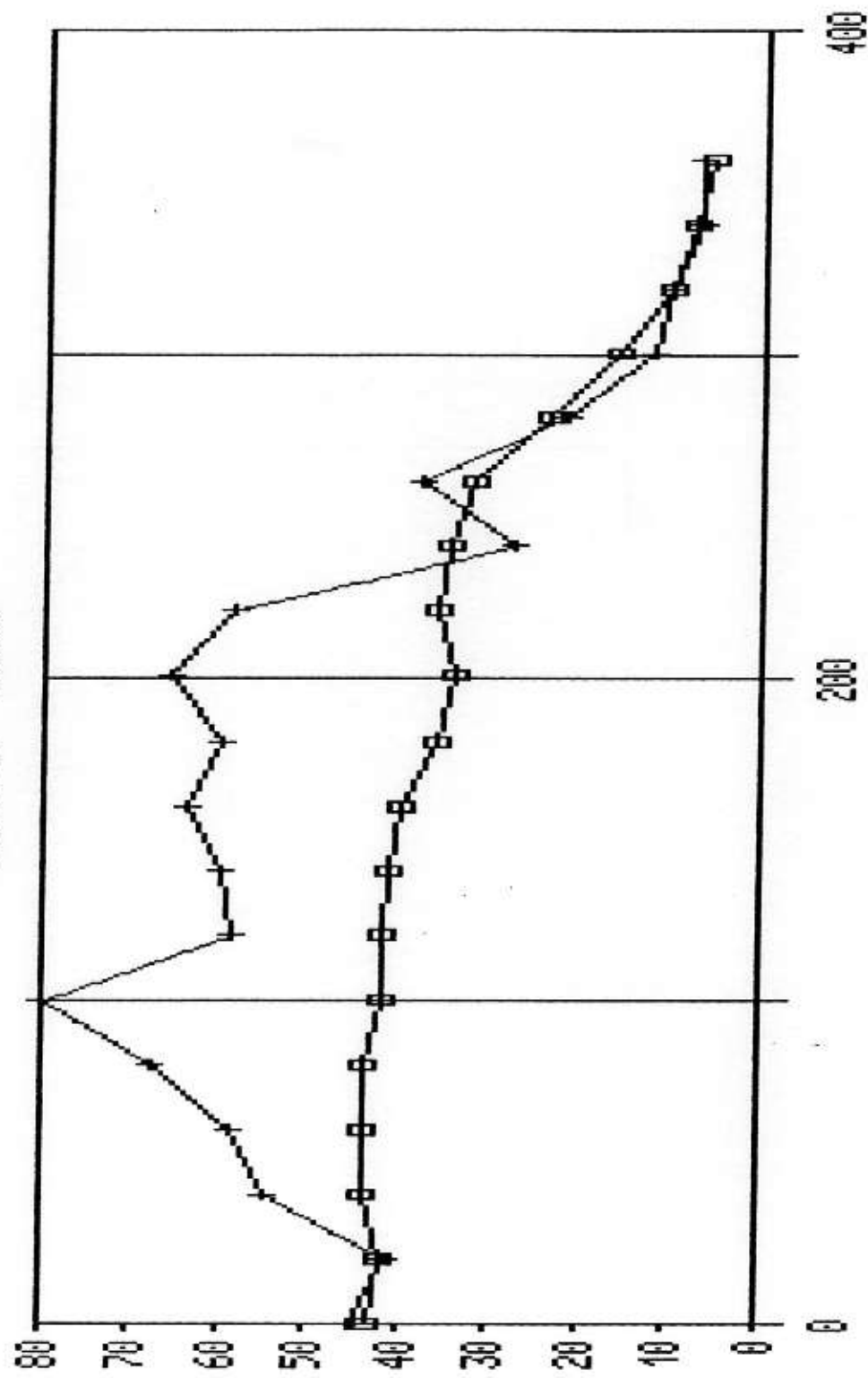
Conduct. Aparente (mmho/m)



Distancia (metros)
 □ EM-34/20m/H + EM-34/20m-V

PERFIL DE CONDUTIVIDADE Perfil II - PONTAL

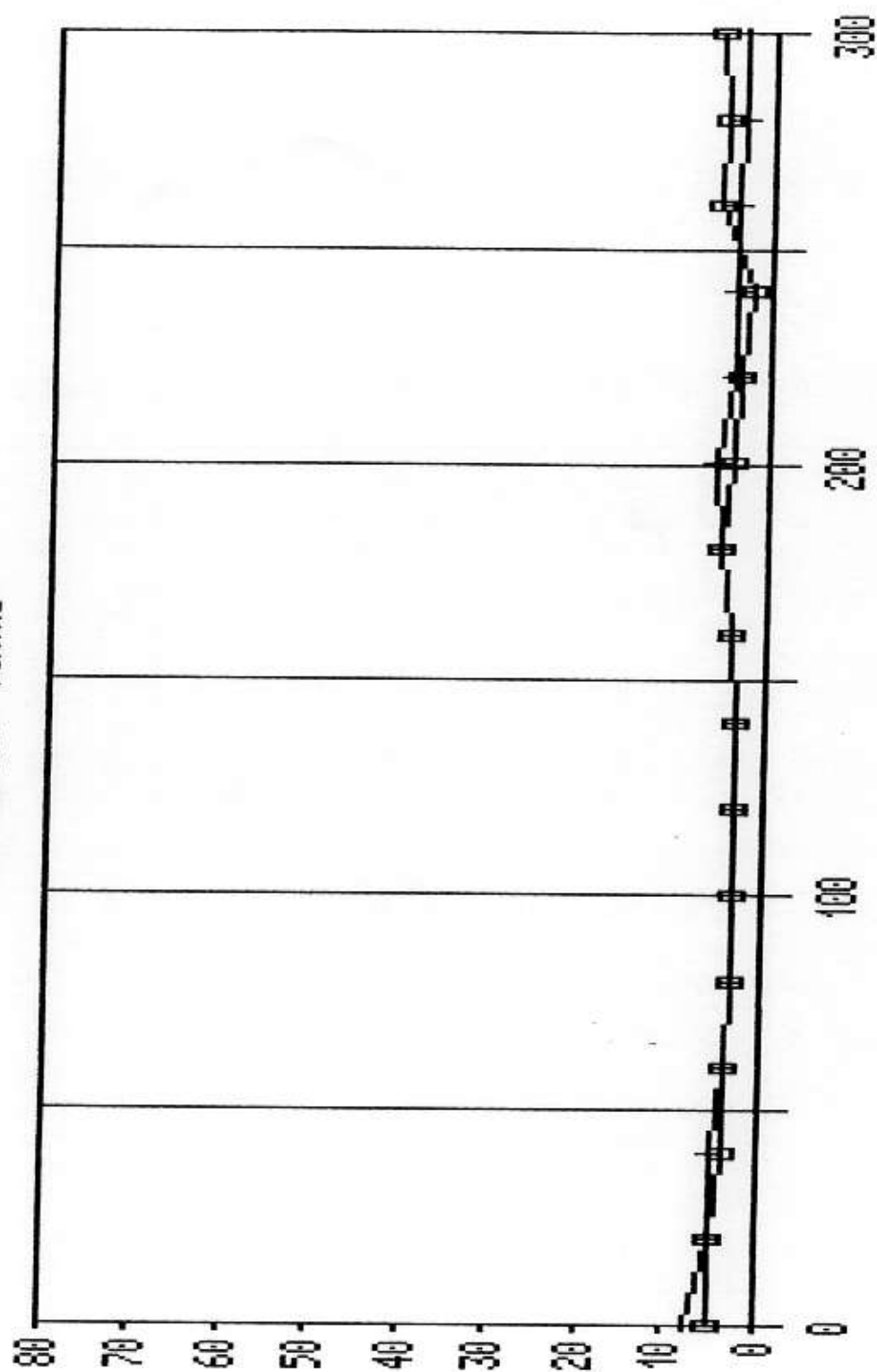
Condut. Aparente (mmho/m)



Distancia (metros)
□ EM-34/20m/H + EM-34/20m-V

PERFIL DE CONDUTIVIDADE Perfil III - PONTAL

Conduct. Aparente (mmho/m)

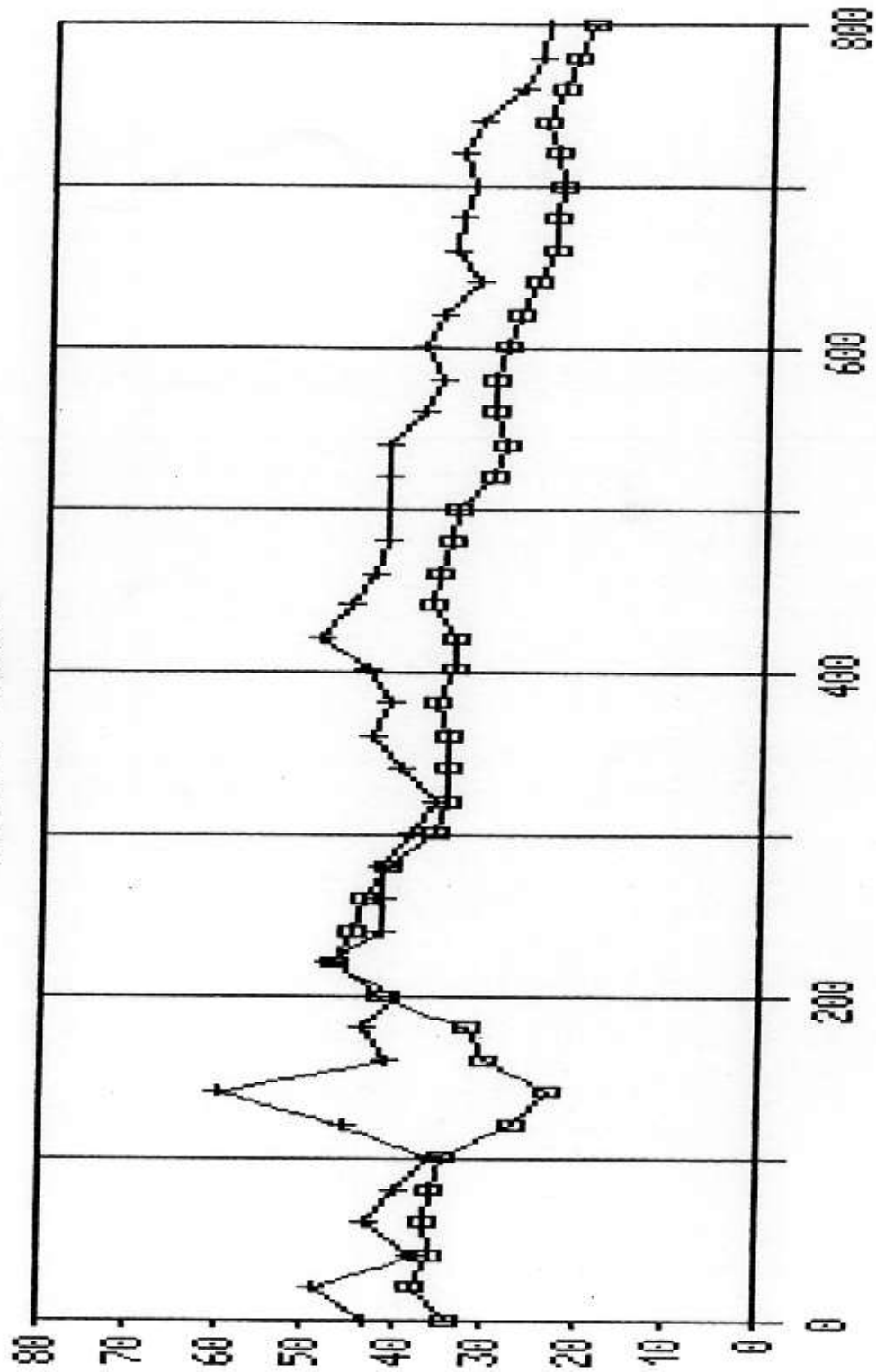


Distancia (metros)

□ EM-34/20m/H + EM-34/20m-V

PERFIL DE CONDUTIVIDADE Perfil I - DOBRADA

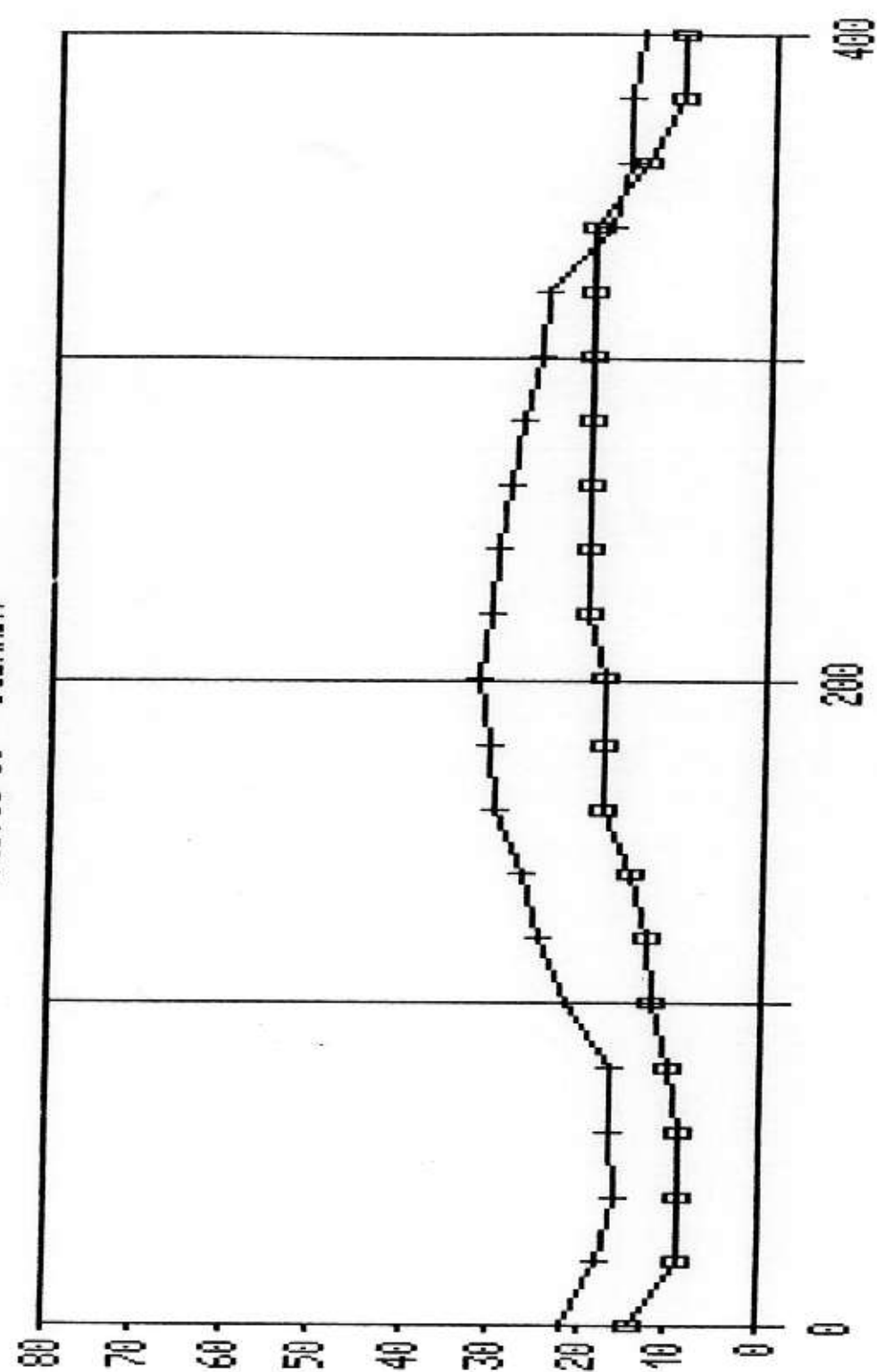
Conduct. Aparente (mmho/m)



Distancia (metros)
 □ EM-34/20m-H + EM-34/20m-V

PERFIL DE CONDUTIVIDADE Perfil II - DOBRADA

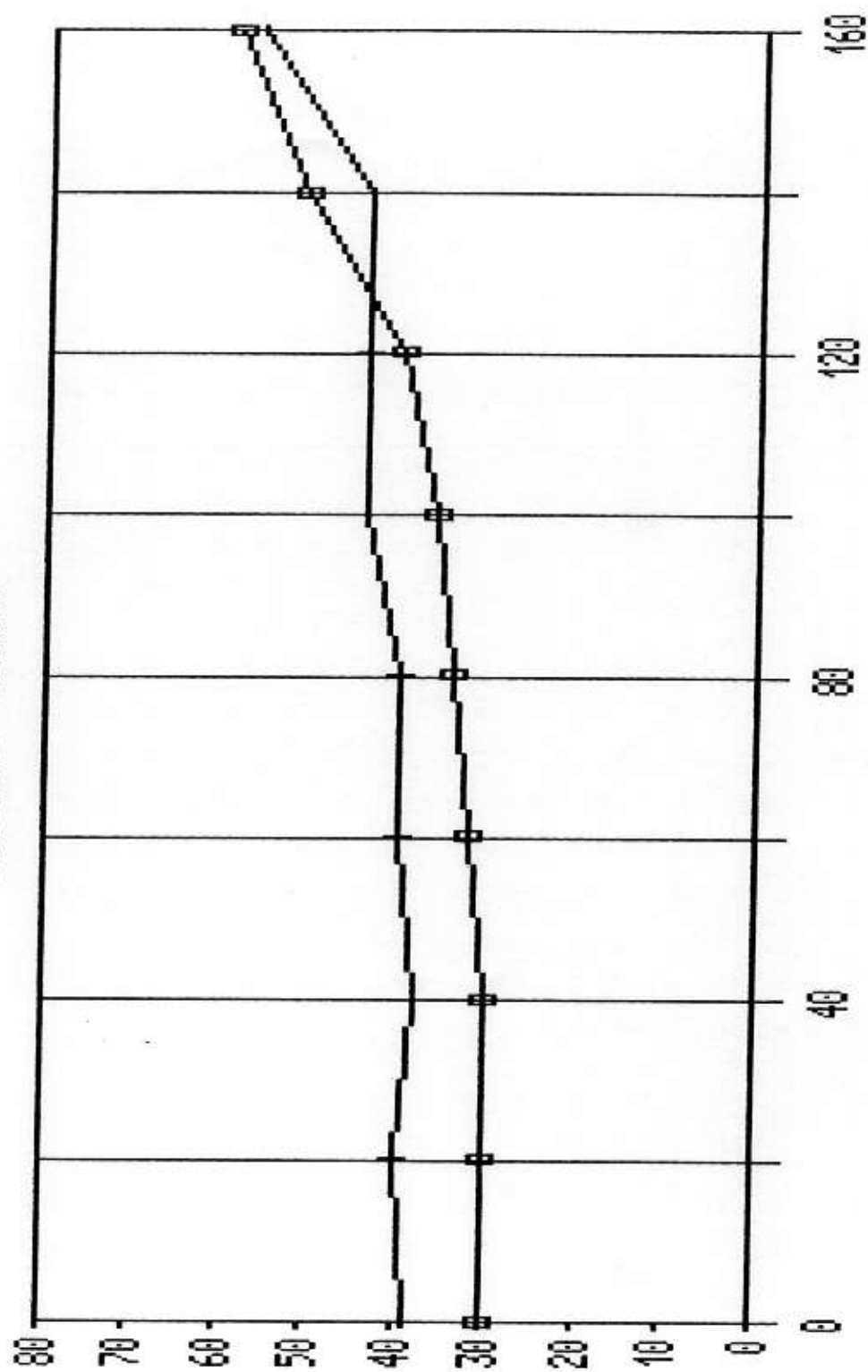
Conduct. Aparente (mmho/m)



Distancia (metros)
 □ EM-34/20m-H + EM-34/20m-V

PERFIL DE CONDUTIVIDADE Perfil III - DOBRADA

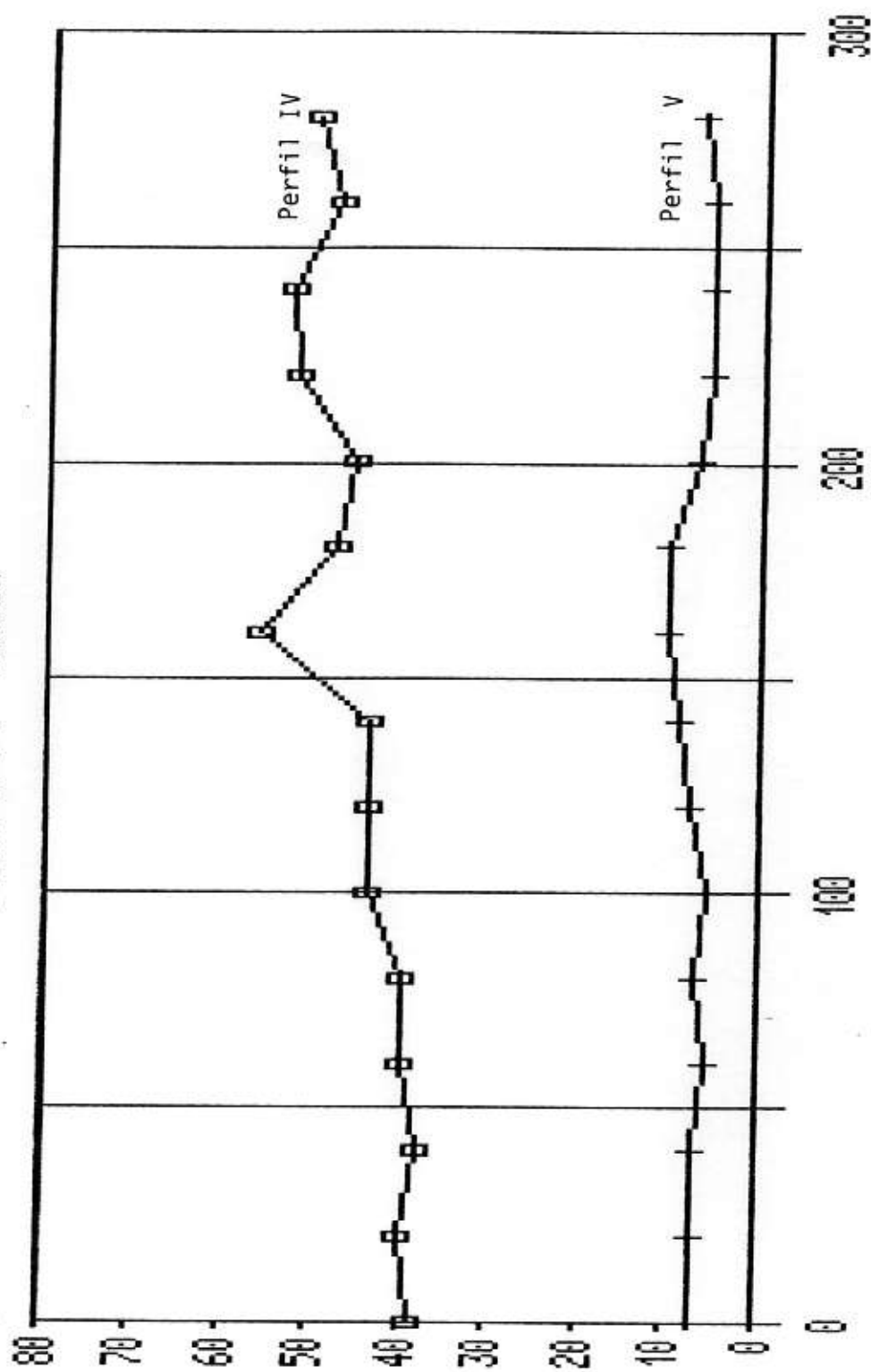
Conduct. Aparente (mmho/m)



Distancia (metros)
 □ EM-34/20m-H + EM-34/20m-V

PERFIL DE CONDUTIVIDADE - EM-31/V Perfis IV e V - DOBRADA

Conduct. Aparente (mmho/m)



Distancia (metros)
 □ CONTAMINADA + NÃO CONTAMINADA

12. FOTOS



FOTO 1 - Trado Mecânico em operação. Os dois operários forçam o trado para baixo para conseguir o avanço da sondagem.



FOTO 2 - Executado o avanço, o trado contendo o solo perfurado é retirado do furo de sondagem.



FOTO 3 - Retirada do solo amostrado para coleta de amostra.



FOTO 4 - Quarteamento de amostra de solo obtida na sondagem.