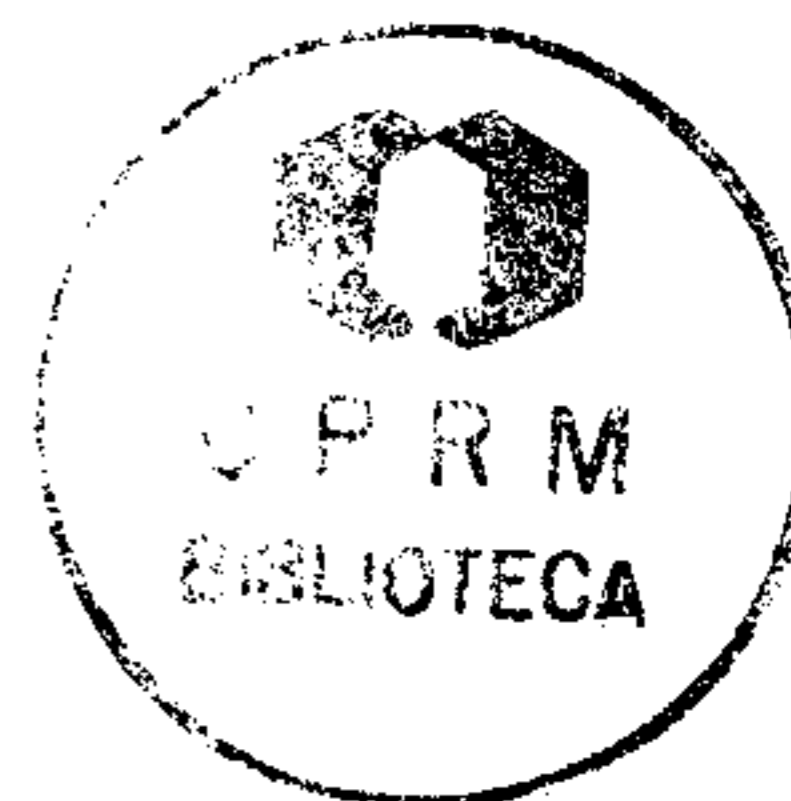


República Federativa do Brasil
Ministério de Minas e Energia
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Superintendência Regional de Porto Alegre

**PROGRAMA TÉCNICO PARA O GERENCIAMENTO
DA REGIÃO METROPOLITANA DE
PORTO ALEGRE**

PROTEGER



**GEOFÍSICA APLICADA À DETECÇÃO DA
CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO
DEPÓSITO DE LIXO DE ALVORADA, RS**

*Antonio Flavio Uberti Costa
Luiz Fernando Pardi Zanini*

196

C P R M - B I B L I O T E C A	
ARQUIVO	
Relatório nº	23585
N.º de Volumes:	V: _____

PHL
014149
2007

**Série Degradação Ambiental - Porto Alegre
Volume 07
1995**

Luiz Fernando Fontes de Albuquerque
Gerente de Recursos Minerais - CPRM

Vitório Orlandi Filho
Coordenação Técnica - CPRM

Nanci Begnini Giugno
Coordenação Técnica - METROPLAN

Antonio Flávio Uberti Costa
Chefe do Projeto -CPRM

Luís Edmundo Giffoni
Editoração - CPRM

EQUIPE TÉCNICA

PROJETO GEOFÍSICA APLICADA À DETECÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO DEPÓSITO DE LIXO DE ALVORADA, RS

Geól. Antonio Flavio Uberti Costa - CPRM
Geól. Luiz Fernando Pardi Zanini - CPRM
Geól. Norberto Lessa Dias - CPRM
Téc. Mineração Odilon Correa - CPRM

Top. Gilberto Longhi
Topografia - METROPLAN

Wagner Tarasiuk
Imagens escanerizadas - METROPLAN

Gualtério Souto Cássia
Digitação - CPRM

Ficha Catalográfica

C837g Costa, Antonio F. U.
Geofísica Aplicada à Detecção da Contaminação das Águas Subterrâneas no Depósito de Lixo de Alvorada, RS/ Antonio F. U. Costa; Luiz Fernando P. Zanini. - Porto Alegre:CPRM, 1995.
1 v.:il.-(Série Degradação Ambiental - Porto Alegre, v. 07)
"Programa Técnico para o Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre - PROTEGER"

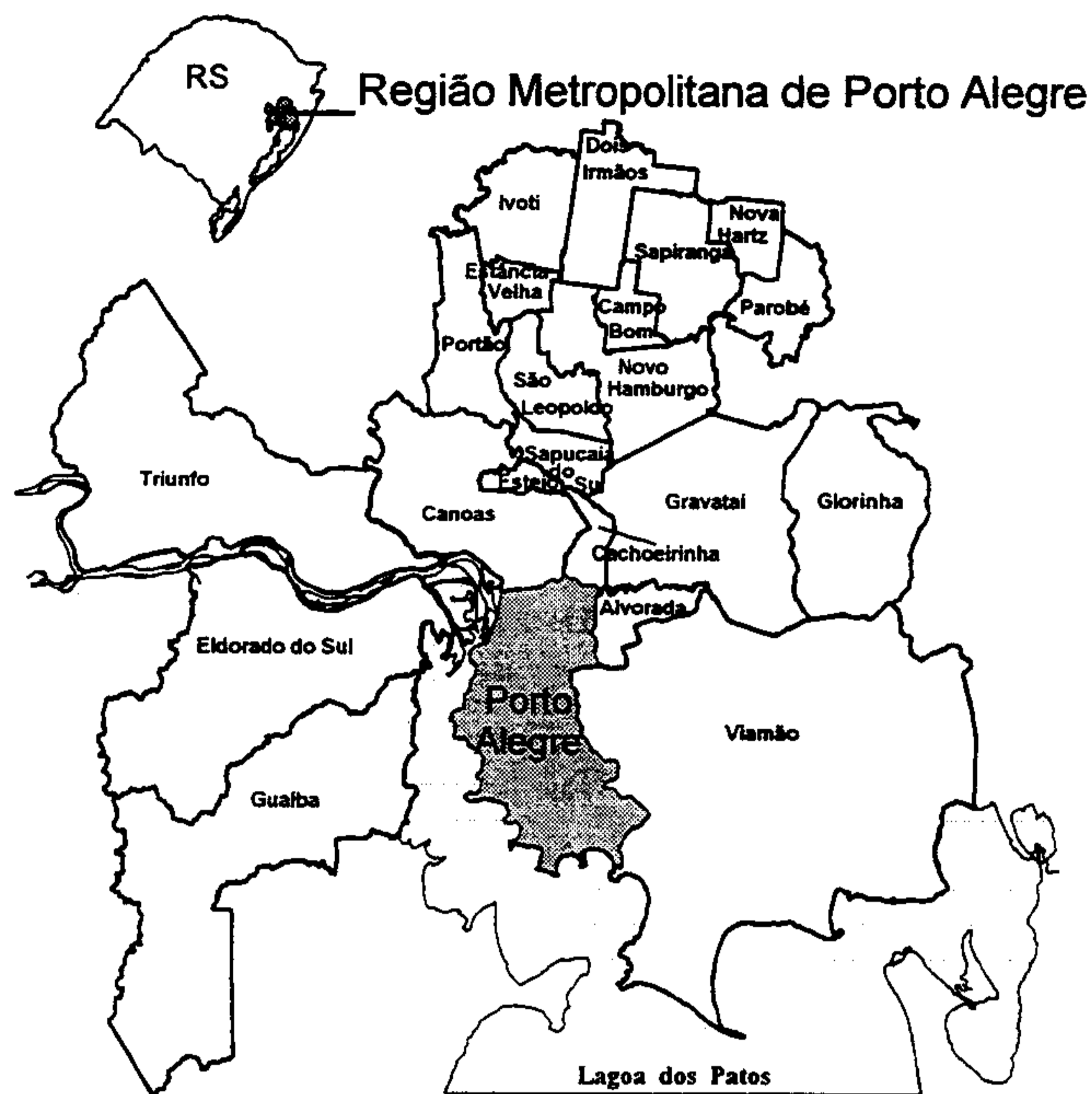
1. Planejamento Territorial Regional - RS
 2. Geofísica - Águas Subterrâneas - RS
- I - Zanini, Luiz F.
II -Título

CDU 711.2(816.5)
550.3:556(816.5)

Ilustração da capa: imagem multiespectral do satélite LANDSAT TM-5, de 16/09/90, destacando-se o Delta do Jacuí, o Estuário do Guaíba e Lagoa dos Patos e abrangendo a região compreendida entre os municípios de Teotônia (NW), Rolante (NE), Mostardas (SE) e Cristal (SW).

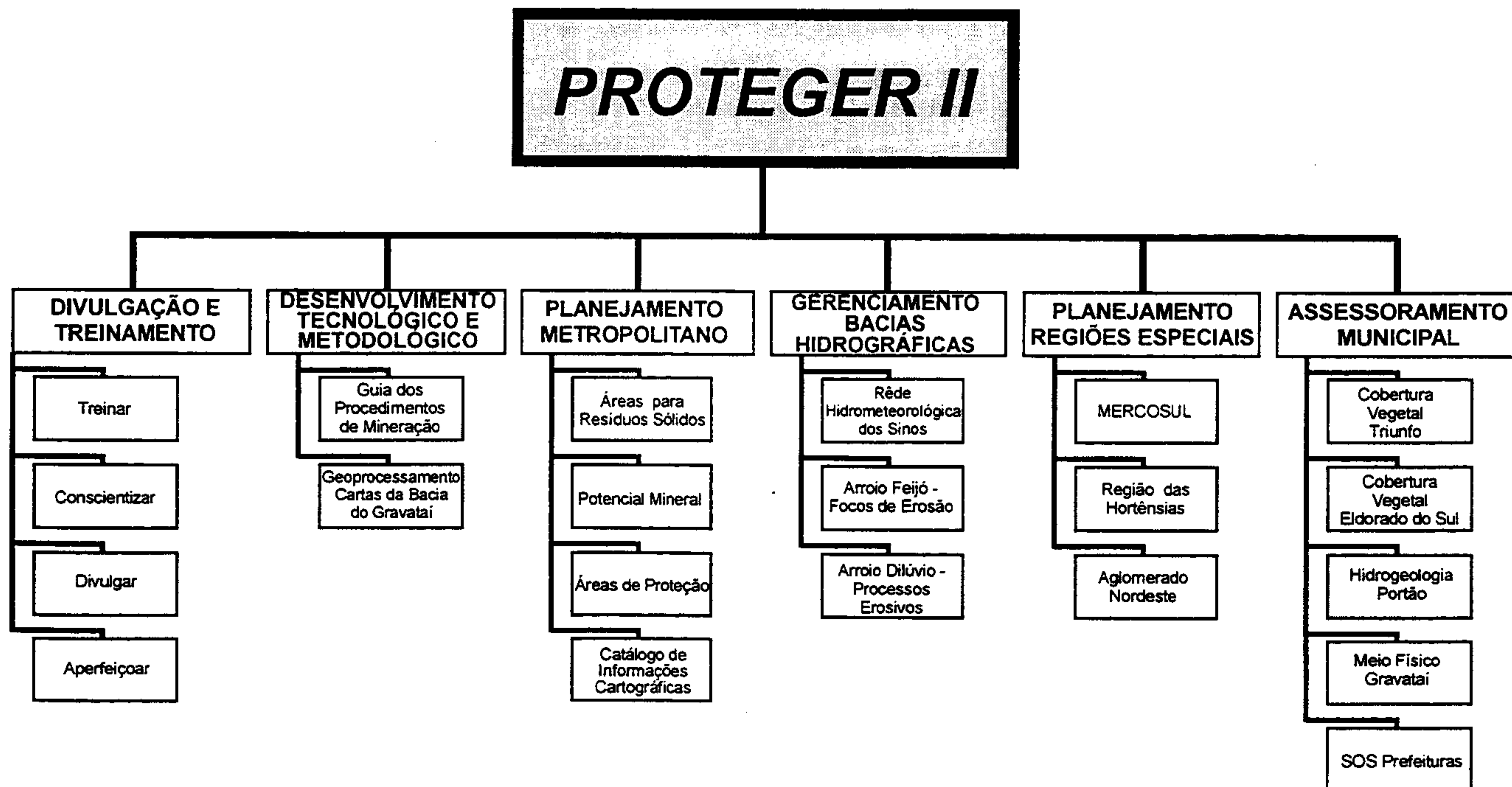
O PROTEGER

Com o objetivo de incorporar efetivamente as características do meio físico ao planejamento regional e urbano, a COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM e a FUNDAÇÃO DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO E REGIONAL - METROPLAN, através de convênio firmado em 1991, vem desenvolvendo o PROGRAMA TÉCNICO PARA O GERENCIAMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE - **PROTEGER**. Este programa está assentado no conhecimento dos diferentes atributos do meio físico: declividade, geologia, geomorfologia, pedologia, formações superficiais e hidrogeologia, entre outros, e contou com a participação de uma equipe técnica multidisciplinar. A correlação deste conhecimento com os requisitos locacionais das atividades antrópicas, tais como, habitação, indústria, mineração, disposição de resíduos, agricultura, torna-se a base sobre a qual são definidas as ações preventivas, em especial de planejamento do uso do solo e as ações corretivas, notadamente obras de saneamento e de controle de riscos.



Da primeira fase do programa - **PROTEGER I**, concluída em setembro de 1994, resultou uma série de estudos sintetizados em 40 publicações cujos títulos estão relacionados ao final deste volume.

A segunda fase do programa - **PROTEGER II** - tem seu desenvolvimento através de seis sub-programas, aos quais estão vinculadas as seguintes atividades:



Este volume apresenta os resultados dos estudos geofísicos desenvolvidos na área do depósito de lixo municipal de Alvorada e em local de disposição de resíduos industriais próximo, visando constatar possível contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.

O PROTEGER, dentro de sua linha "SOS PREFEITURAS", contemplou o município de Alvorada com a elaboração deste estudo, face a premente necessidade de atender solicitação de perícia judicial.

1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS RESÍDUOS E SUA DISPOSIÇÃO.....	3
3 - METODOLOGIA E ESPECIFICAÇÕES.....	6
4 - RESULTADOS OBTIDOS.....	8
4.1 - Reconhecimento Geológico.....	8
4.1.1 - Aspectos Geomorfológicos.....	8
4.1.2 - Aspectos Geológicos.....	10
4.1.3 - Caracterização Sucinta dos Solos.....	10
4.1.4 - Diagnóstico Preliminar da Área.....	10
4.2 - Geofísica.....	11
4.2.1 - Condutividade Elétrica em Águas Superficiais.....	11
4.2.2 - Condutividade Elétrica em Profundidade - Método EM-34-3.....	11
4.2.3 - Sondagens Elétricas Verticais.....	21
5 - CONCLUSÕES.....	22
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

Figuras

- Figura 1. Situação da área.
- Figura 2 - Localização da área e das fontes de contaminação.
- Figura 3. Localização das estações de medições geofísicas.
- Figura 4a. Representação 3-D da topografia da área.
- Figura 4b. Mapa topográfico da área.
- Figura 5a. Mapa de condutividade elétrica - nível 7,5 metros
- Figura 5b. Histograma e estatística da condutividade - nível 7,5 metros.
- Figura 5c. Correlação topografia x condutividade - nível 7,5 metros.
- Figura 5d. Mapa da anomalia geofísica - nível 7,5 metros.
- Figura 5e. Representação 3-D da anomalia geofísica - nível 7, 5 metros.
- Figura 6a. Mapa de condutividade elétrica - nível 15 metros.
- Figura 6b. Histograma e estatística da condutividade - nível 15 metros.
- Figura 6c. Correlação topografia x condutividade - nível 15 metros.
- Figura 6d. Mapa da anomalia geofísica - nível 15 metros.
- Figura 6e. Representação 3-D da anomalia geofísica - nível 15 metros.
- Figura 7a. Mapa de condutividade elétrica - nível 30 metros.
- Figura 7b. Histograma e estatística da condutividade - nível 30 metros.
- Figura 7c. Correlação topografia x condutividade - nível 30 metros.
- Figura 7d. Mapa da anomalia geofísica - nível 30 metros.
- Figura 7e. Representação 3-D da anomalia geofísica - nível 30 metros.
- Figura 8. Sondagens elétricas verticais - SEV's ALV-01 e ALV-02.
- Figura 9. Delimitação da pluma poluidora nos níveis investigados.

1 - Introdução

Com a finalidade de atender ao Juizado de Direito da Terceira Vara da Comarca de Alvorada, RS (of. nº 119/95 de 06/04/95), a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Superintendência Regional de Porto Alegre, realizou um estudo geofísico na área do depósito de lixo municipal de Alvorada, RS, conhecido como Lixão da Estrada da Palha, e no sítio de disposição de resíduos industriais, localizado na mesma área (Figuras 1 e 2).

O objetivo deste trabalho foi a delimitação da provável pluma de contaminação das águas subterrâneas locais, através de metodologia geofísica, cujos resultados têm se revelado positivos e consistentes em aplicações deste tipo (Costa & Ferlin 1992, 1994a,b,c).

As atividades de campo desenvolveram-se em abril de 1995 e as informações resultantes são apresentadas neste relatório.

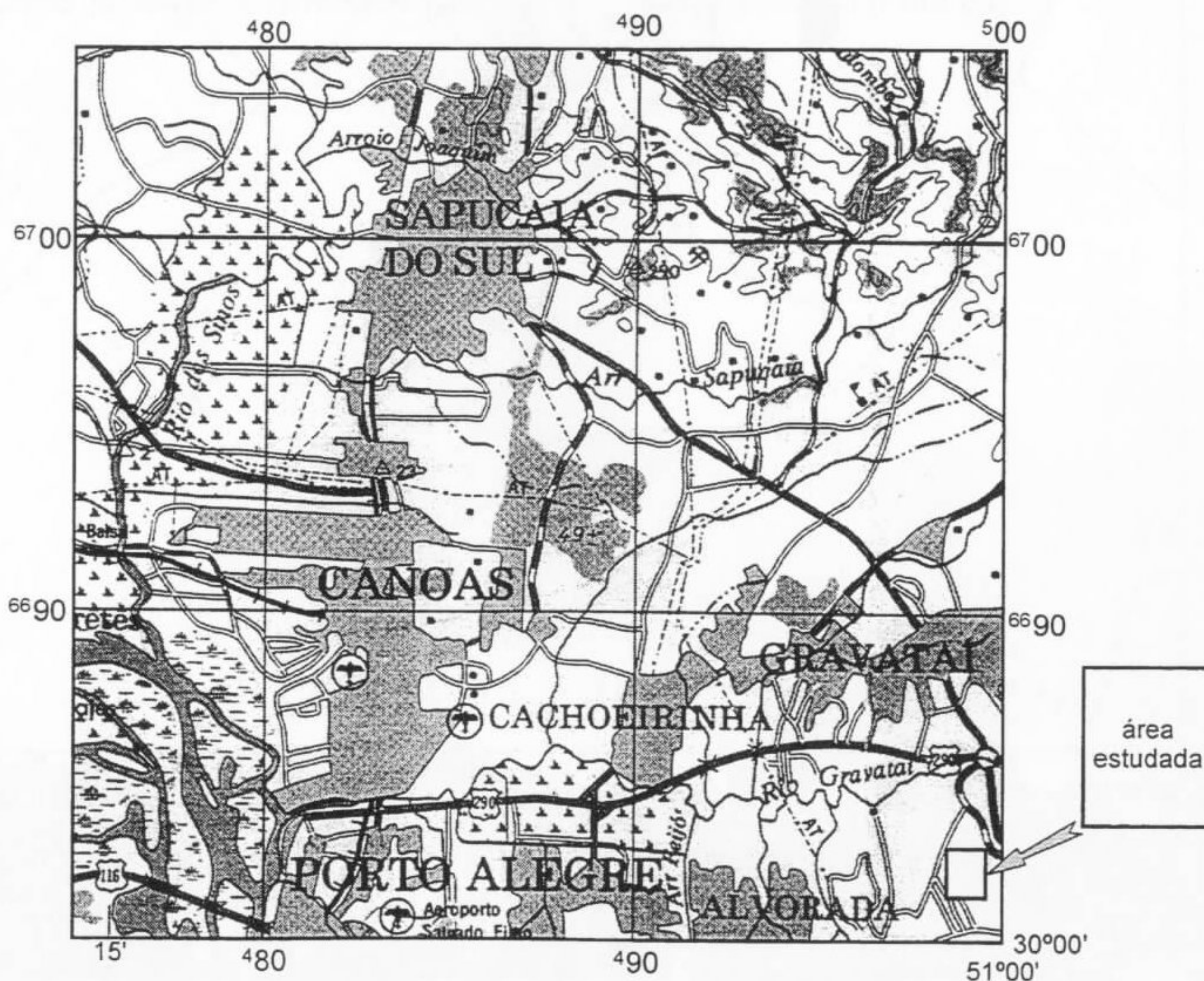
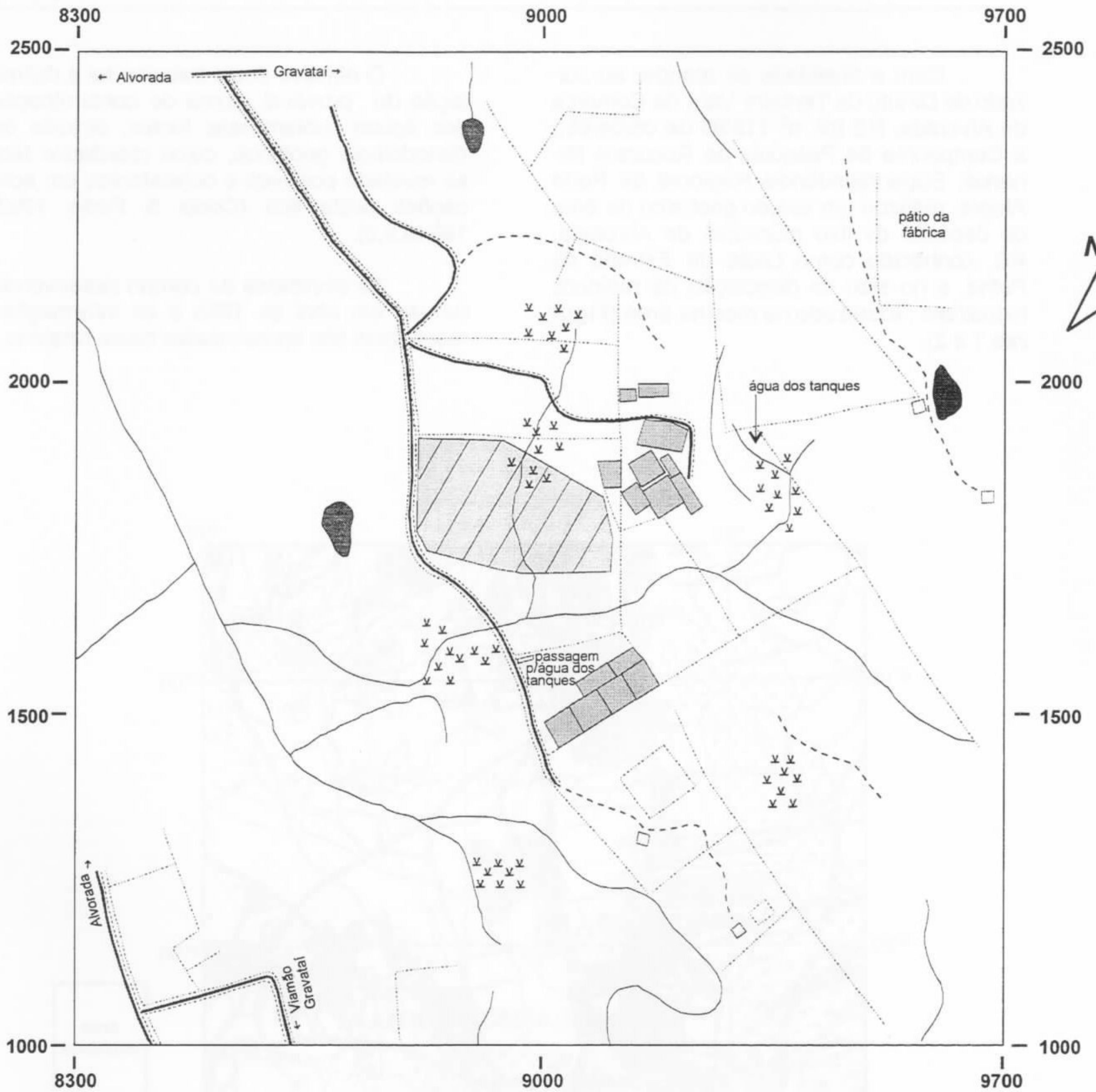


Figura 1 - Situação da área.

Fonte: Folha SH.22-V-D, Caxias do Sul, (DSG - 1981)
Escala 1:250.000



LEGENDA

- | | | |
|----------|---------|--------------------|
| Drenagem | Estrada | Resíduo Industrial |
| Açude | Caminho | Resíduo Orgânico |
| Banhado | Cerca | Casa |

Figura 2 - Localização da área e das fontes de contaminação

Escala 1:10.000

2 - Características Gerais dos Resíduos e Sua Disposição

O lixo doméstico encontra-se depositado sobre o solo, sem qualquer preparação prévia (**Foto 01**), em um local desfavorável, coincidente com o eixo de uma drenagem secundária, em contato direto com o nível freático. Compõe-se de matéria orgânica e de lixo seco (papéis, latas, plásticos, vidros). A separação é feita no local pelos catadores.

O resíduo industrial provém do reprocessamento (rerefino) de óleos lubrificantes usados. Trata-se de uma borra líquida, ácida, disposta em tanques com cerca de 2,50 metros de profundidade, que com o tempo torna-se mais viscosa, com os depósitos mais antigos adquirindo o aspecto de "piche". Como proteção à contaminação do

solo os tanques são revestidos por um plástico (**Foto 02**). Apesar desses cuidados, observados nos tanques recentes, em muitos outros existentes não se vê qualquer proteção (**Foto 03**). Em alguns locais são encontradas situações estranhas e muito preocupantes: mangueiras ou canos de PVC, servindo de drenos para os tanques, jogam os resíduos diretamente nas drenagens próximas (**Foto 04**). Se a finalidade destes drenos é manter o nível dos tanques, dando vazão às águas das chuvas, o que se observa nitidamente é um vazamento da própria borra ácida, danificando o ambiente próximo, conforme pode ser observado pelas alterações da vegetação e das águas das drenagens próximas (**Foto 05**).



Foto 01 - Vista do Lixão da Estrada da Palha



Foto 02 - Vista do Sítio de disposição de Resíduos Industriais da Indústria Petroquímica do Sul



Foto 03 - Tanques de resíduo industrial sem proteção

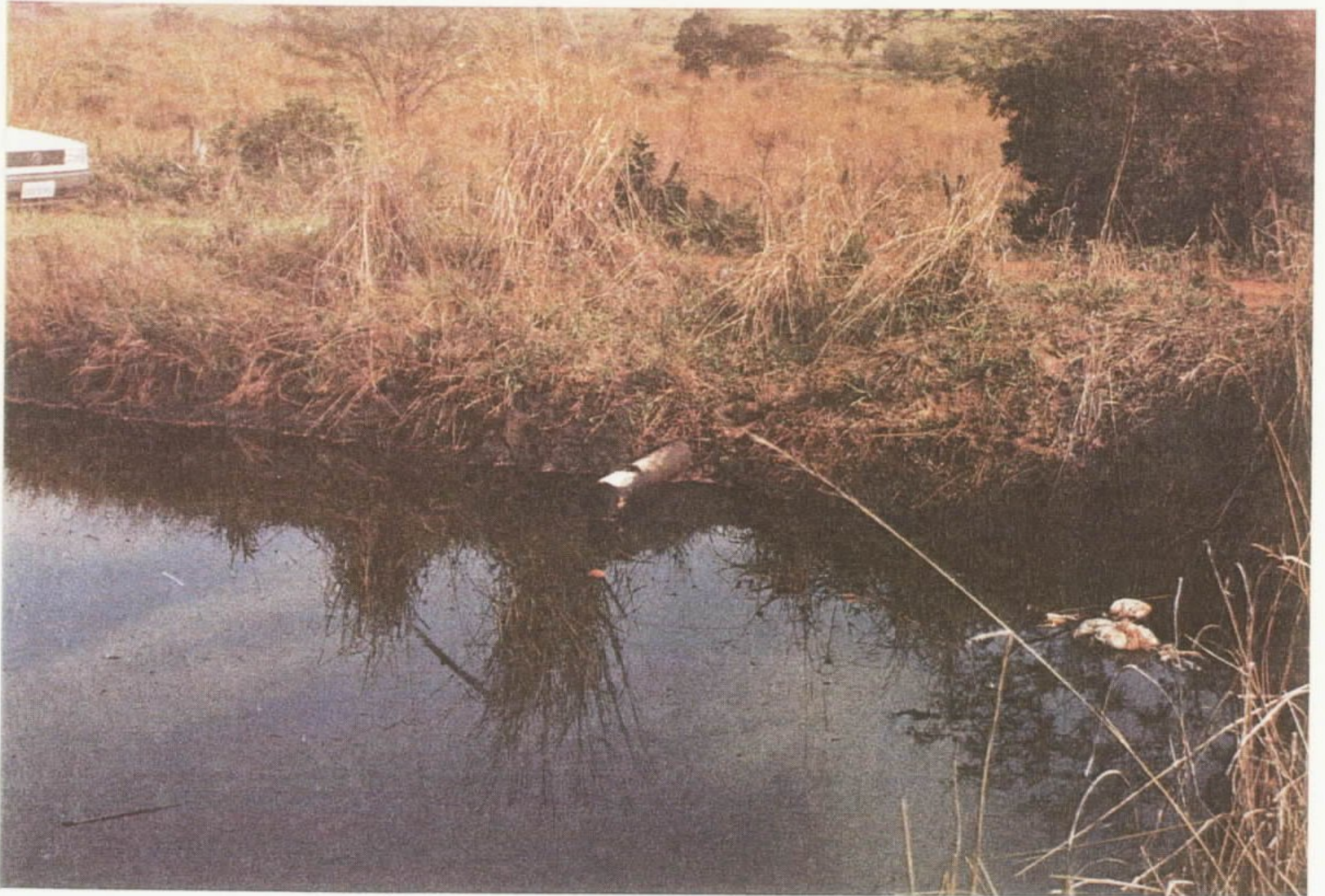


Foto 04 - Detalhe do dreno de um tanque de resíduo industrial



Foto 05 - Vegetação destruída pelo extravasamento da borra ácida

3 - Metodologia e Especificações

Inicialmente foi feito um reconhecimento geológico da área, com a finalidade de se obter uma caracterização geral dos aspectos geomorfológicos, geológicos e, sobretudo, dos solos encontrados na mesma.

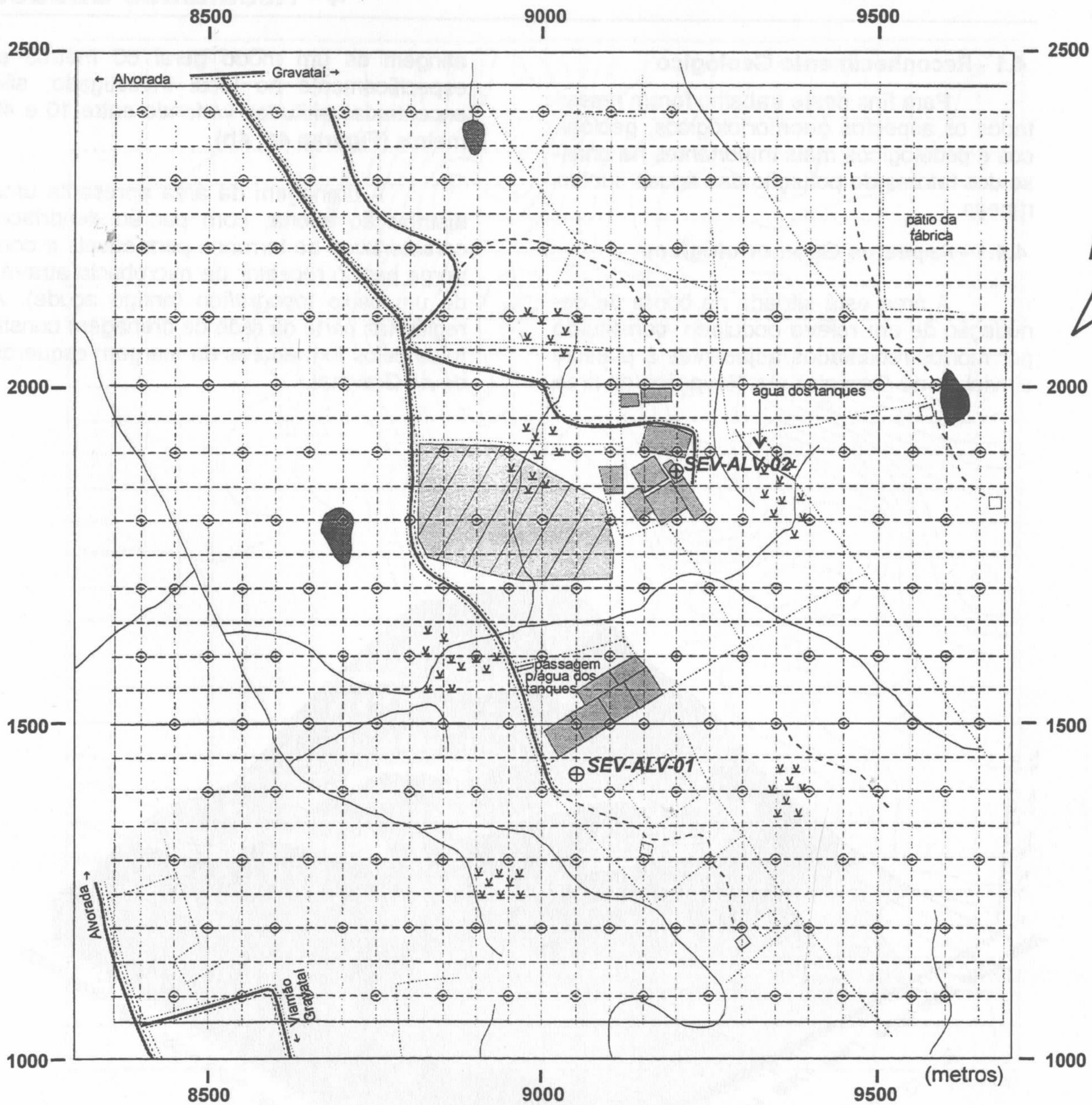
Os estudos geofísicos (**Foto 06**) foram efetuados através de medições de resistividade elétrica de águas superficiais, e da aplicação dos métodos elétricos EM-34-3 (McNeill 1980a,b), que permite definir a condutividade elétrica das rochas em subsuperfície em diferentes níveis, e do método DC-SEV (sondagem elétrica vertical - corrente contínua), que nos fornece a variação vertical da resistividade elétrica das rochas sob um determinado ponto. Ao todo foram executadas 02 DC-SEV's com AB/2 máximo de

100 metros, e 176 estações EM-34-3, com medidas em três níveis de profundidade por estação (7,5 - 15 - 30 metros). A **Figura 3** apresenta a localização das medições, normalmente afastadas de 100 metros entre si, em perfis também a cada 100 metros. Em alguns locais, junto às fontes de contaminação, a distância entre estações foi reduzida para 50 metros. Cada estação pode ser localizada pelas suas coordenadas X (direção E-W) e Y (direção N-S), sendo esse o modo como as mesmas são referidas neste relatório.

Os trabalhos de topografia foram executados por uma equipe da Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional - METROPLAN.



Foto 06 - Medição com o condutímetro EM-34-3



LEGENDA


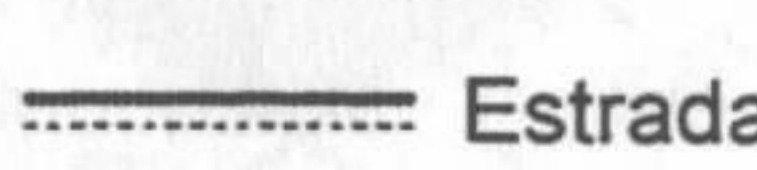


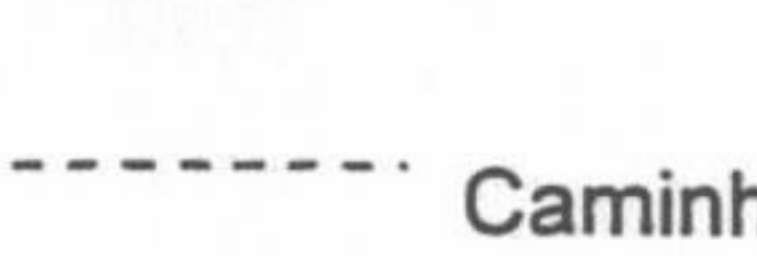
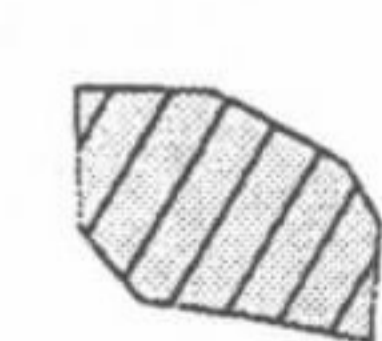

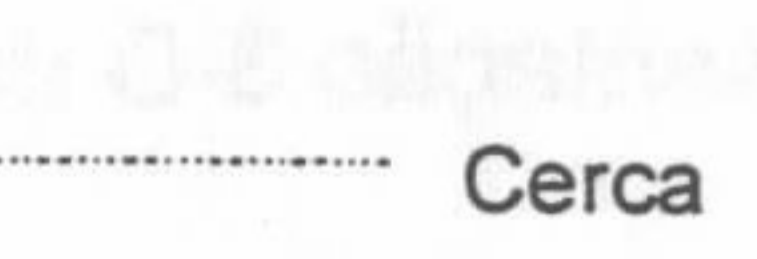
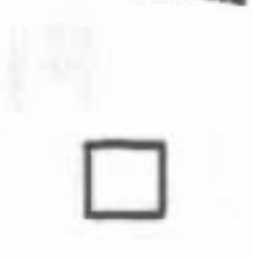
- | | | |
|--|--|--|
|  Drenagem |  Estrada |  Resíduo Industrial |
|  Açude |  Caminho |  Resíduo Orgânico |
|  Banhado |  Cerca |  Casa |

Figura 3 - Localização das estações de medições geofísicas

Escala 1:10.000

4 - Resultados Obtidos

4.1 - Reconhecimento Geológico

Para fins deste trabalho foram ressaltados os aspectos geomorfológicos, geológicos e pedológicos mais importantes na análise dos fatores de poluição das águas subterâneas.

4.1.1 - Aspectos Geomorfológicos

A área está situada na borda de denudação de um relevo ondulado, constituído por morros rebaixados adjacentes à planície aluvial do rio Gravataí. As elevações da área

atingem de um modo geral 60 metros e, especificamente no local investigado, são encontradas altitudes variando entre 10 e 40 metros (**Figuras 4a, 4b**).

A drenagem da área apresenta uma distribuição aberta, com padrão dendrítico, característico de terrenos permeáveis e converge para o receptor da microbacia através de um baixo topográfico (antigo açude). A região faz parte da rede de drenagem constituída pelos formadores da margem esquerda do rio Gravataí.

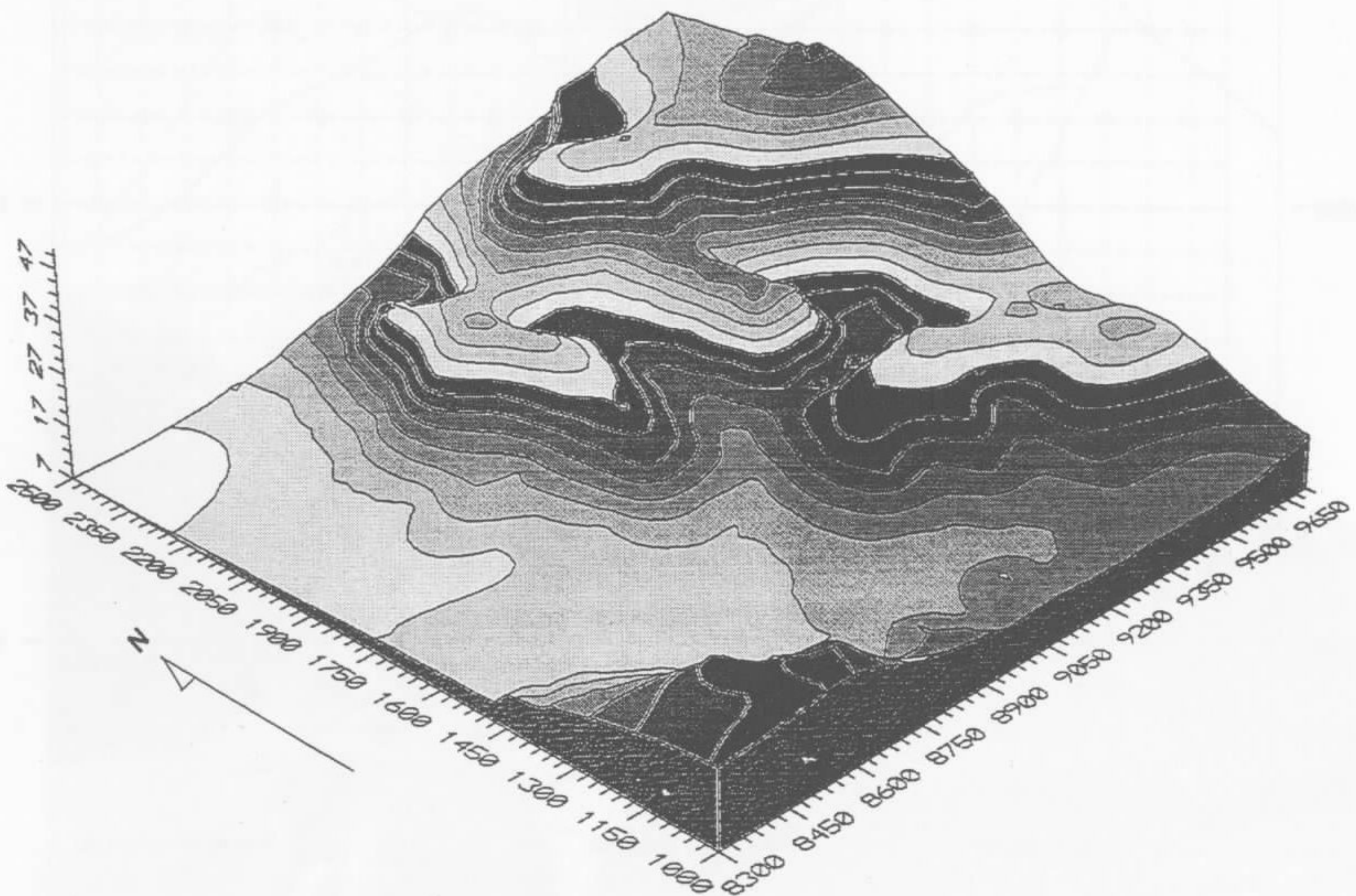
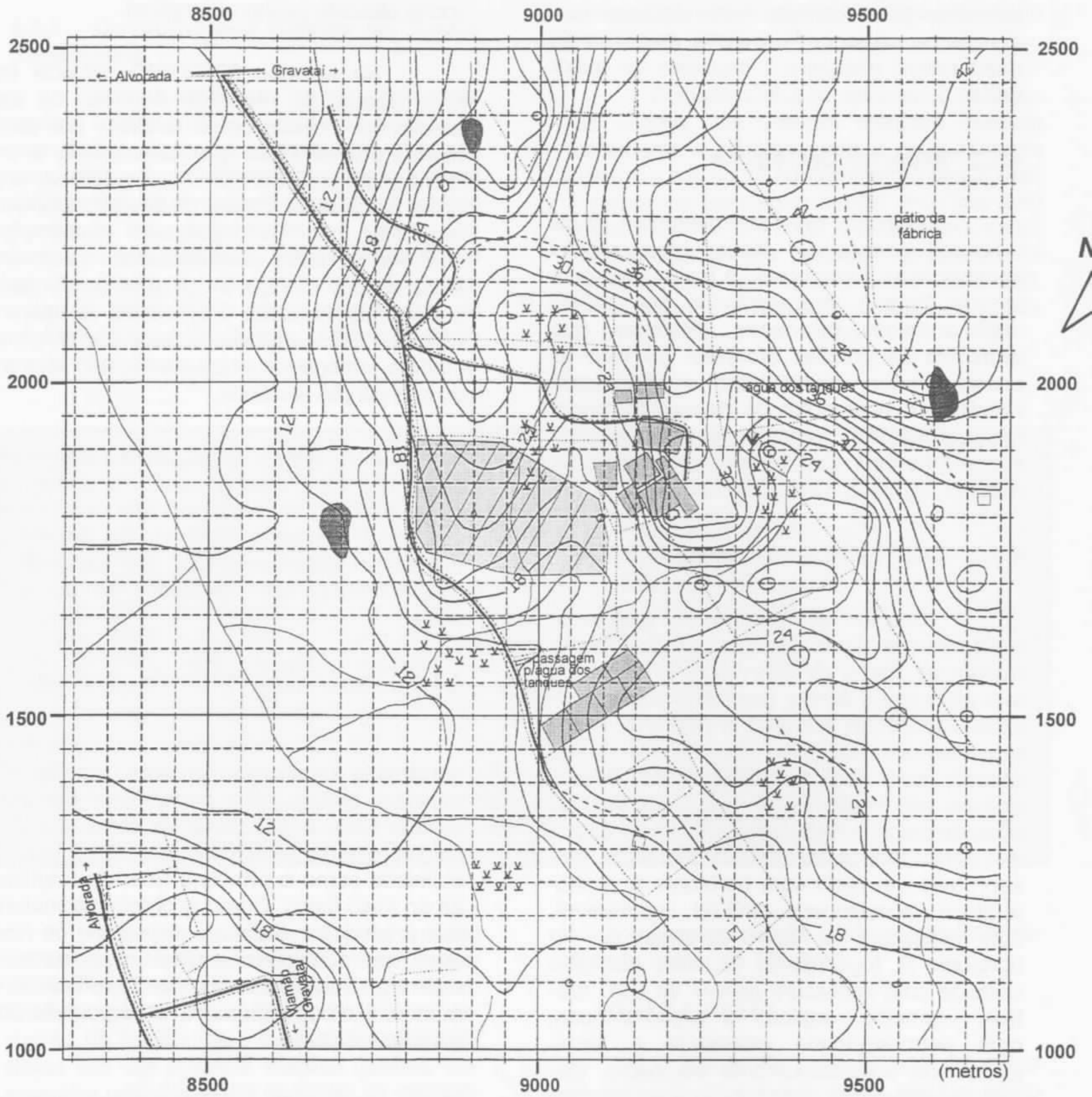


Figura 4a - Representação 3-D da topografia da área.



LEGENDA





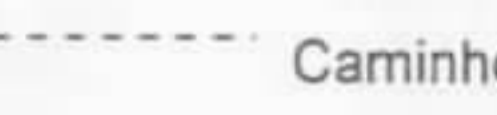




- | | | |
|--|--|--|
|  Drenagem |  Estrada |  Resíduo Industrial |
|  Açude |  Caminho |  Resíduo Orgânico |
|  Banhado |  Cerca |  Casa |

Figura 4b - Mapa topográfico da área

Escala 1:10.000

A vegetação é representada principalmente pelos campos com algumas mudanças na paisagem devido a manchas de mata nativa (capoeira e espécies de maior porte).

4.1.2 - Aspectos Geológicos

Do ponto de vista geológico, duas unidades podem ser distinguidas: rochas sedimentares pertencentes à Bacia Sedimentar do Paraná, representados por pelitos argilo-arenosos, raramente aflorantes, que dominam as porções elevadas do terreno, possivelmente relacionados à Formação Palermo; e sedimentos de deposição recentes (Quaternário) característicos de calhas e várzeas de rios, constituídos por argilas com matéria orgânica, siltes e areias.

4.1.3 - Caracterização Sucinta dos Solos

Os solos reconhecidos na área mostram características distintas, principalmente quanto ao modo de ocorrência em relação aos altos topográficos, meia-encostas e várzeas. Nas partes elevadas o solo tem características de podzólico vermelho-amarelo, abrupto, com perfil morfológico bem desenvolvido nos horizontes A e B. Nas imediações da estação 9150/1800, situada próxima aos reservatórios de resíduo industrial, observou-se um perfil com horizonte A areno-argiloso, acastanhado, friável, permeável, com espessura de 30-40 centímetros. O horizonte B, logo abaixo, consiste em uma camada com espessura parcial de 2,20 metros, vermelho, argiloso a argilo-arenoso, com permeabilidade moderada a semi-permeável e medianamente compacto. Devido à espessura deste horizonte não se observa no local os horizontes C ou D, representativos do substrato rochoso.

Na estação 9250/2000, situada na meia-encosta, o perfil do solo se apresenta menos desenvolvido, caracterizando um provável litossolo, com horizonte A pouco espesso (0,5 m), arenoso, acastanhado, passando diretamente para o horizonte C, argilo-arenoso, avermelhado, pintalgado de cinza e

creme, permeável, relacionando-se com a rocha alterada (siltito ou argilito).

Na estação 9000/1580, situada em local abaixo do nível do depósito de lixo doméstico, observou-se também um perfil menos desenvolvido que corresponde a um cambissolo com horizonte A moderado, arenoso, castanho, e horizonte B argilo-arenoso, vermelho, com pedregosidade (concreções de óxido de ferro), permeabilidade moderada e espessura de 1,0 a 1,5 metros. A parte superior do horizonte C apresenta-se aparentemente mais argilosa, possui cor avermelhada e variegados cinza-claros, não aflorando sua porção restante.

Nas partes topograficamente mais baixas da área, situadas junto às drenagens e nas várzeas, os solos são mal desenvolvidos e mal drenados, podendo ser classificados como planossolos ou glei húmico/glei pouco húmico com inclusões de areias e siltes.

4.1.4 - Diagnóstico Preliminar da Área

Em termos de uma avaliação preliminar das condições da área quanto aos aspectos geológicos e pedológicos observa-se que tanto a cobertura de solos, como o substrato sedimentar, caracterizam a permeabilidade como o principal fator de fragilidade do meio físico. Como acontece na maioria das áreas submetidas à disposição de resíduos nas condições originais dos terrenos, ocorre a situação desfavorável verificada na área do lixo doméstico com a percolação dos líquidos residuais.

A nível da verificação de campo as áreas mais drenadas e de maior infiltração se encontram nas partes elevadas, onde estão localizados os depósitos de resíduos, existindo apenas a probabilidade de menores permeabilidades nas porções mais baixas, onde existem os solos mal drenados. Mesmo assim, estes são suscetíveis de contaminação devido à presença do lençol freático próximo à superfície, cursos d'água e banhados.

4.2 - Geofísica

4.2.1 - Condutividade Elétrica em Águas Superficiais

Com a finalidade de se obter parâmetros capazes de subsidiar a interpretação dos dados de subsuperfície, foi efetuada uma série de medições da condutividade elétrica das águas superficiais, em diferentes pontos da área, à montante e à jusante das fontes de contaminação. Para a definição da condutividade em um ponto livre de contaminação foram feitas algumas medições no rio Gravataí, na localidade conhecida como

Passo dos Negros, situada à montante das conhecidas fontes contaminantes desse rio (indústrias, cidades, etc.).

O quadro abaixo apresenta os valores obtidos. Os valores medidos indicam claramente a relação entre a condutividade elétrica e o grau de contaminação das águas. A referência para água "limpa" (rio Gravataí) situa-se entre 70 e 105. Na área estudada, apenas dois pontos medidos aproximam-se do referencial, com valores entre 120 e 200. Estão situados à montante de todas as fontes de contaminação conhecidas.

X	Y	s(mmho)	situação
9250	1950	2100-2800	drenagem prox. tanques resíduos, água amarelada
9375	1800	700-950	banhado, à jusante ponto anterior
9650	1500	120-170	banhado, à montante das fontes contaminantes
9600	1500	150-200	banhado, 50 m a oeste do ponto anterior
9175	1700	590-790	drenagem, à jusante dos dois primeiros pontos
9025	1650	1500-2000	drenagem, abaixo ponto anterior, à montante saída lixo
8950	1650	3000-4100	drenagem, à jusante saída lixo
8975	1575	5600-7500	resíduo industrial, junto cano PVC na estrada
9000	1800	7200-9600	drenagem no interior lixo doméstico
9150	1800	2350-3500	resíduo industrial recente, líquido, tanques a NE lixo
9150	1800	>100000	resíduo industrial recente, líquido, tanques a NE lixo
9150	1800	100-140	resíduo industrial antigo, viscoso, tanques a NE lixo
9150	1800	3-4	resíduo industrial antigo, muito viscoso, a NE lixo
*	*	70-100	rio Gravataí, localidade Passo dos Negros
*	*	80-105	rio Gravataí, localidade Passo dos Negros

Tanto os resíduos industriais como os domésticos apresentam alta condutividade. No caso dos primeiros, depois de algum tempo, após a percolação/infiltração/escoamento da fração mais líquida, transformando-se em um material viscoso (piche), observa-se uma completa inversão da condutividade, tomando-se quase isolante.

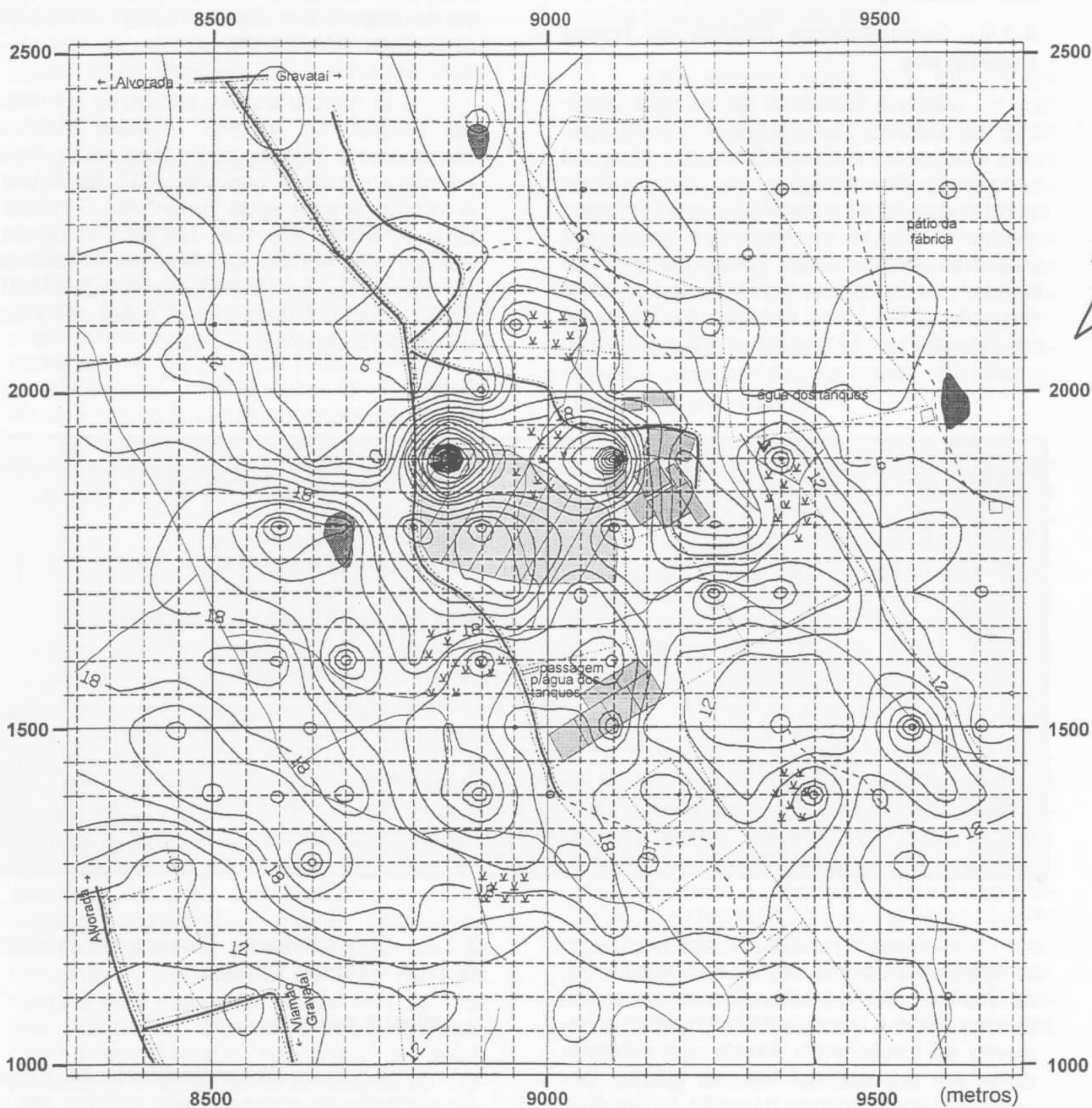
Exceptuando-se os extremos, pode-se verificar ao longo da drenagem principal, que atravessa a área estudada, um aumento da condutividade no sentido montante-jusante, a medida que se aproximam as fontes de contaminação da área.

Esses resultados são suficientes para garantir uma boa relação entre as condutividades elétricas a serem medidas em profundidade pelo método geofísico e a contaminação das águas subterrâneas.

4.2.2 - Condutividade Elétrica em Profundidade - Método EM-34-3

• Nível 7.5 metros.

A Figura 5a corresponde ao mapa da variação da condutividade elétrica até o nível de 7,5 metros. São observados valores mais elevados nas proximidades dos depósitos de resíduos, estendendo-se para sul e sudoeste, definindo uma provável pluma de contaminação nesse nível, nesta direção e sentido. Os valores medidos situam-se entre 2,74 e 49,80 mS/m, com média 13,34 e desvio padrão 7,30 mS/m (Figura 5b). Os valores medidos não são afetados pela topografia, pelo menos até altitudes da ordem de 32 metros. Acima desta, pode-se admitir que existe uma relação entre altitude elevada e baixa condutividade elétrica (Figura 5c). A tendência de anomalia observada no mapa



LEGENDA





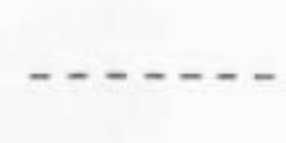




- | | | |
|--|--|--|
|  Drenagem |  Estrada |  Resíduo Industrial |
|  Açude |  Caminho |  Resíduo Orgânico |
|  Banhado |  Cerca |  Casa |

Figura 5a - Mapa de condutividade elétrica - nível 7,5 metros (mS/m)

Escala 1:10.000

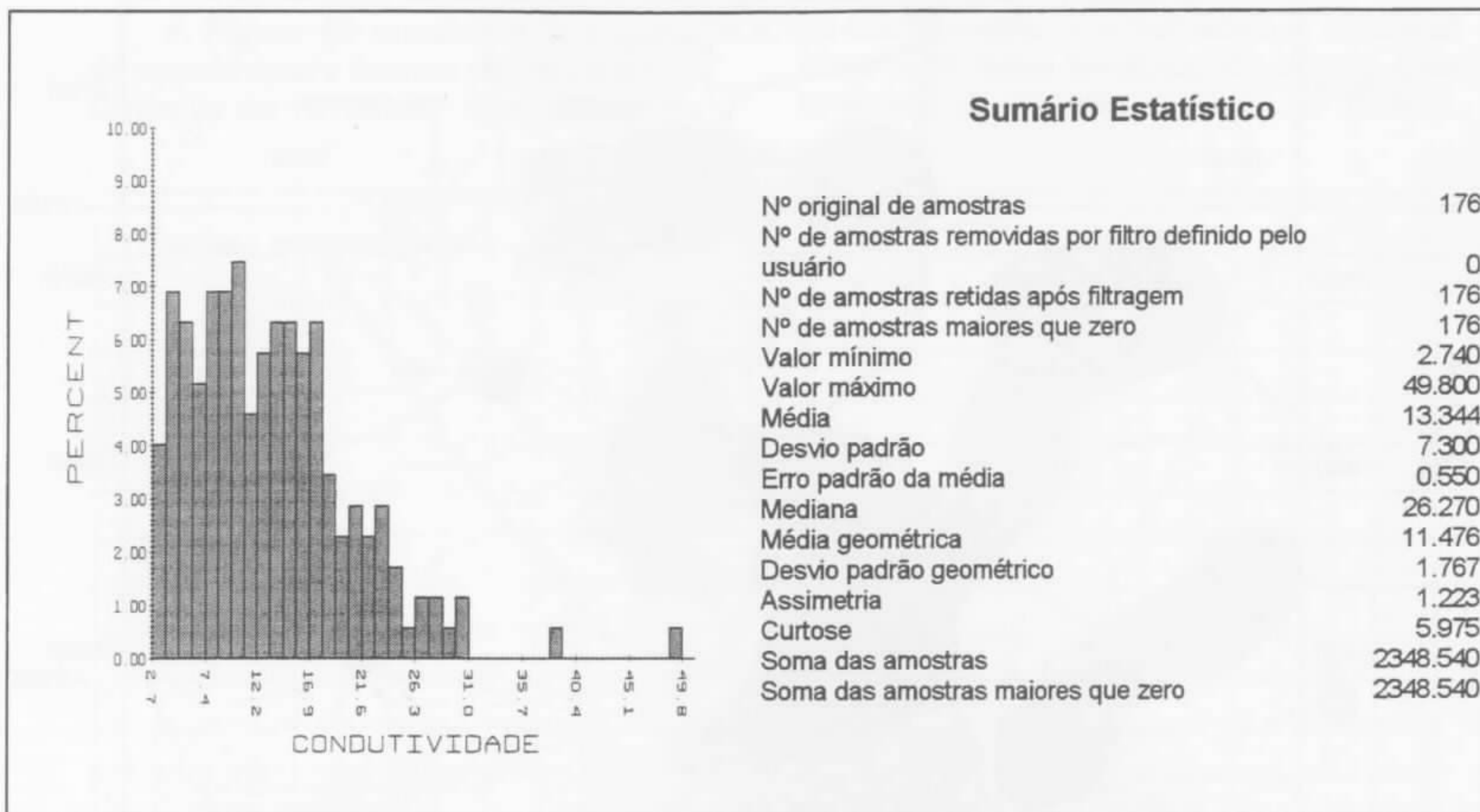


Figura 5b - Histograma e estatística da condutividade - nível 7,5 metros

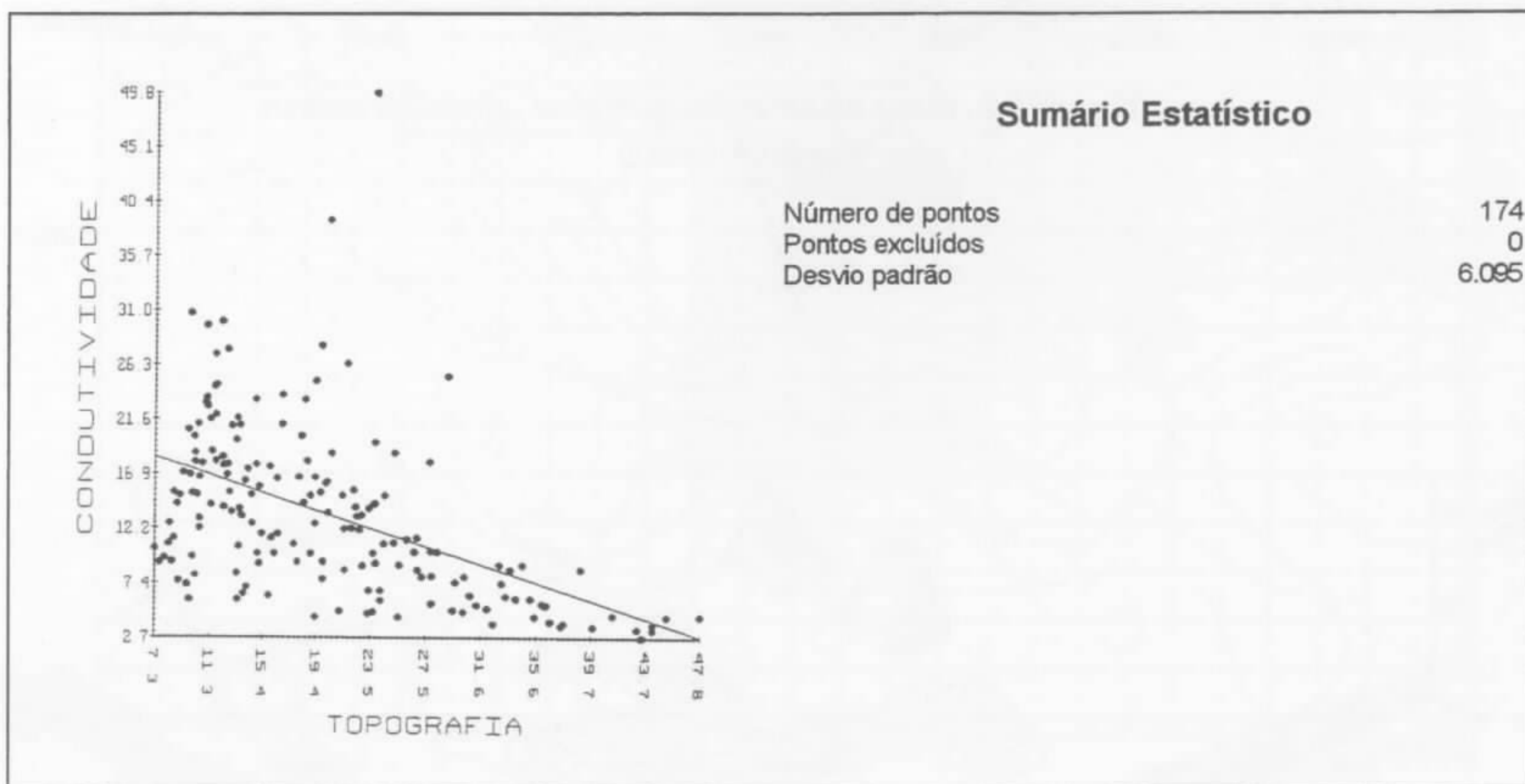


Figura 5c - Correlação topografia x condutividade - nível 7,5 metros

de condutividade (**Figura 5a**) confirma-se ao separar-se do "background" os valores acima de 1,5 desvios padrões da média (**Figuras 5d, 5e**). Essas duas figuras representam a anomalia geofísica detectada para o alcance de até 7,5 metros, definindo a provável pluma de contaminação neste nível estendendo-se desde o depósito de lixo doméstico,

onde estão os valores mais elevados, até cerca de 600 metros para sudoeste, com uma extensão em superfície em torno de 25 ha. Alguns pontos anômalos esparsos e isolados são observados à montante das fontes de contaminação conhecidas, em drenagens. Podem ser provocados por lixo de moradores da região.

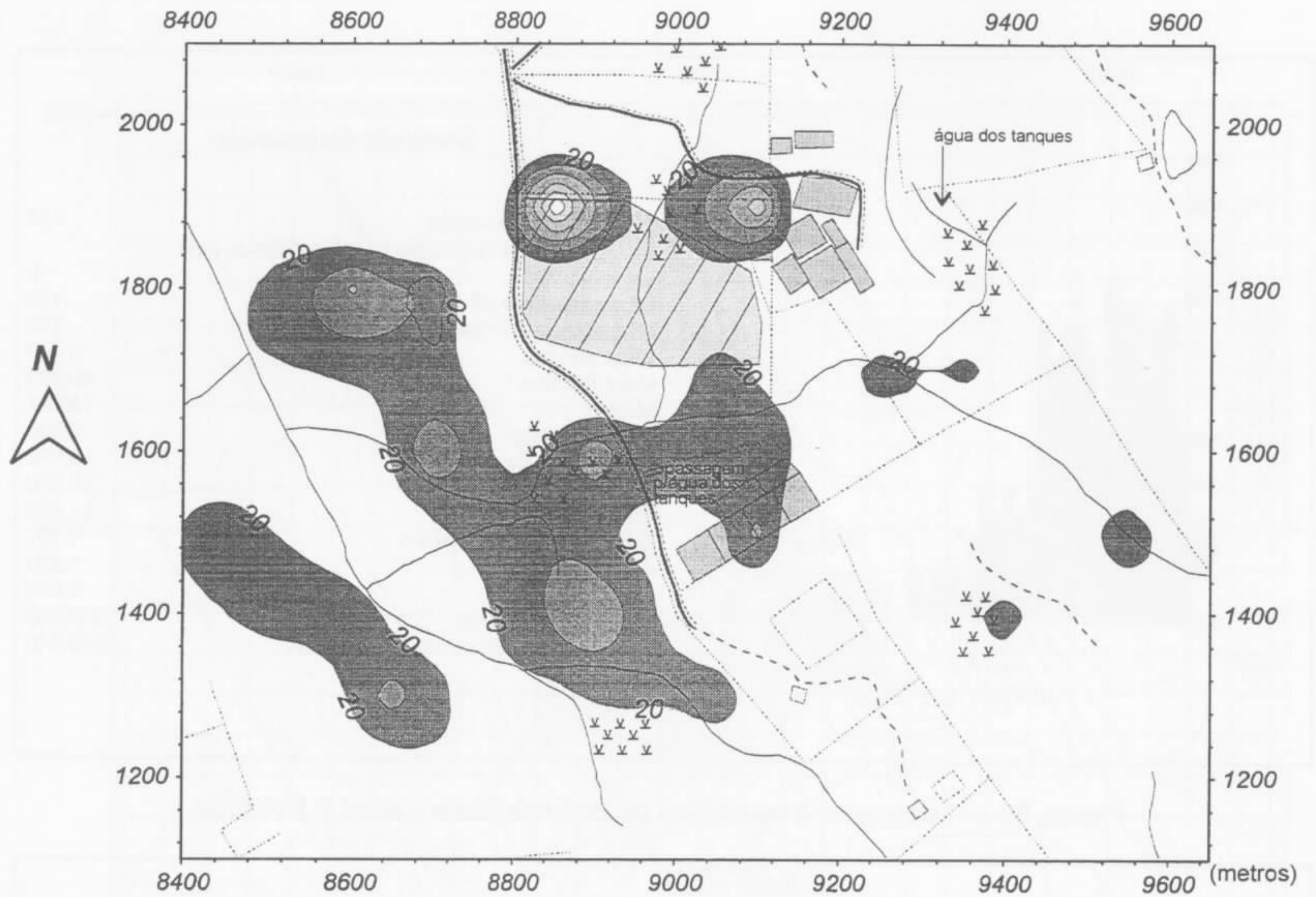


Figura 5d - Mapa da anomalia geofísica - nível 7,5 metros
Escala 1:10.000

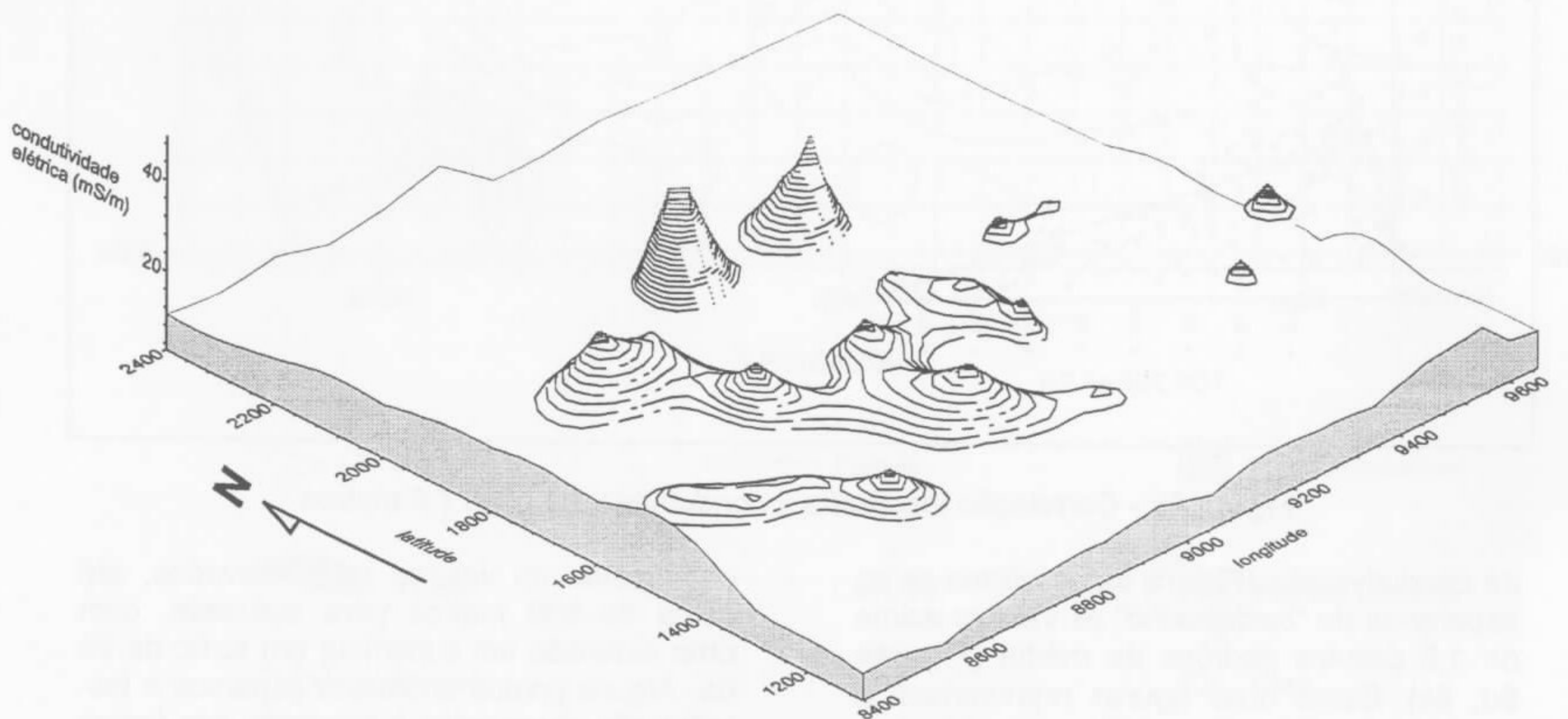
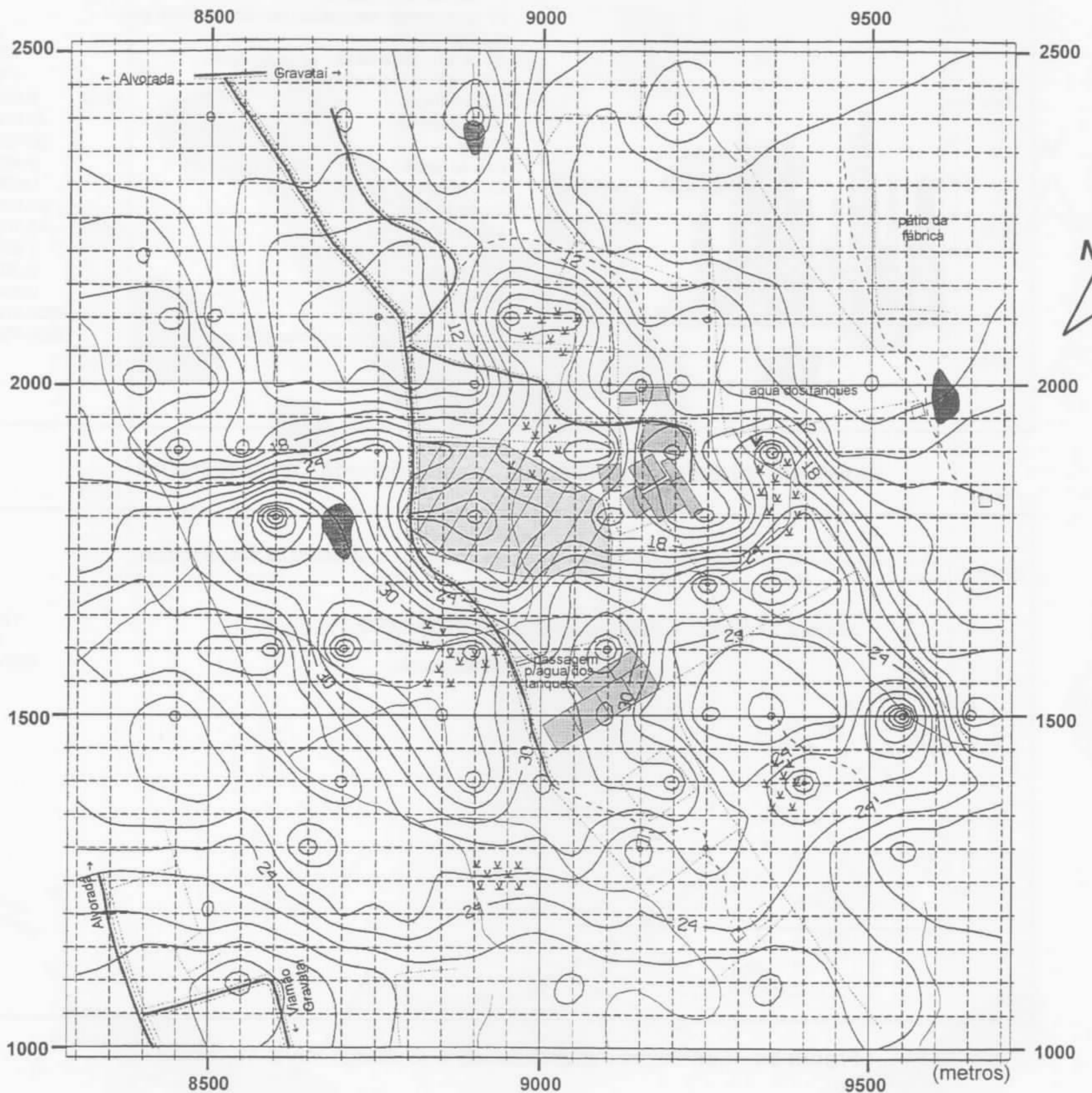


Figura 5e - Representação 3-D da anomalia geofísica - nível 7,5 metros

• **Nível 15 metros**

A **Figura 6a** representa a variação da condutividade elétrica obtida para o alcance de até 15 metros. Os valores mais

elevados encontram-se deslocados para sudoeste, relativamente às maiores fontes de contaminação: lixo doméstico e industrial a nordeste. Essa tendência de avanço para sudoeste, já revelada no nível 7,5 metros,



LEGENDA

- | | | | | | |
|--|----------|--|---------|--|--------------------|
| | Drenagem | | Estrada | | Resíduo Industrial |
| | Açude | | Caminho | | Resíduo Orgânico |
| | Banhado | | Cerca | | Casa |

Figura 6a - Mapa de condutividade elétrica - nível 15 metros (mS/m)

Escala 1:10.000

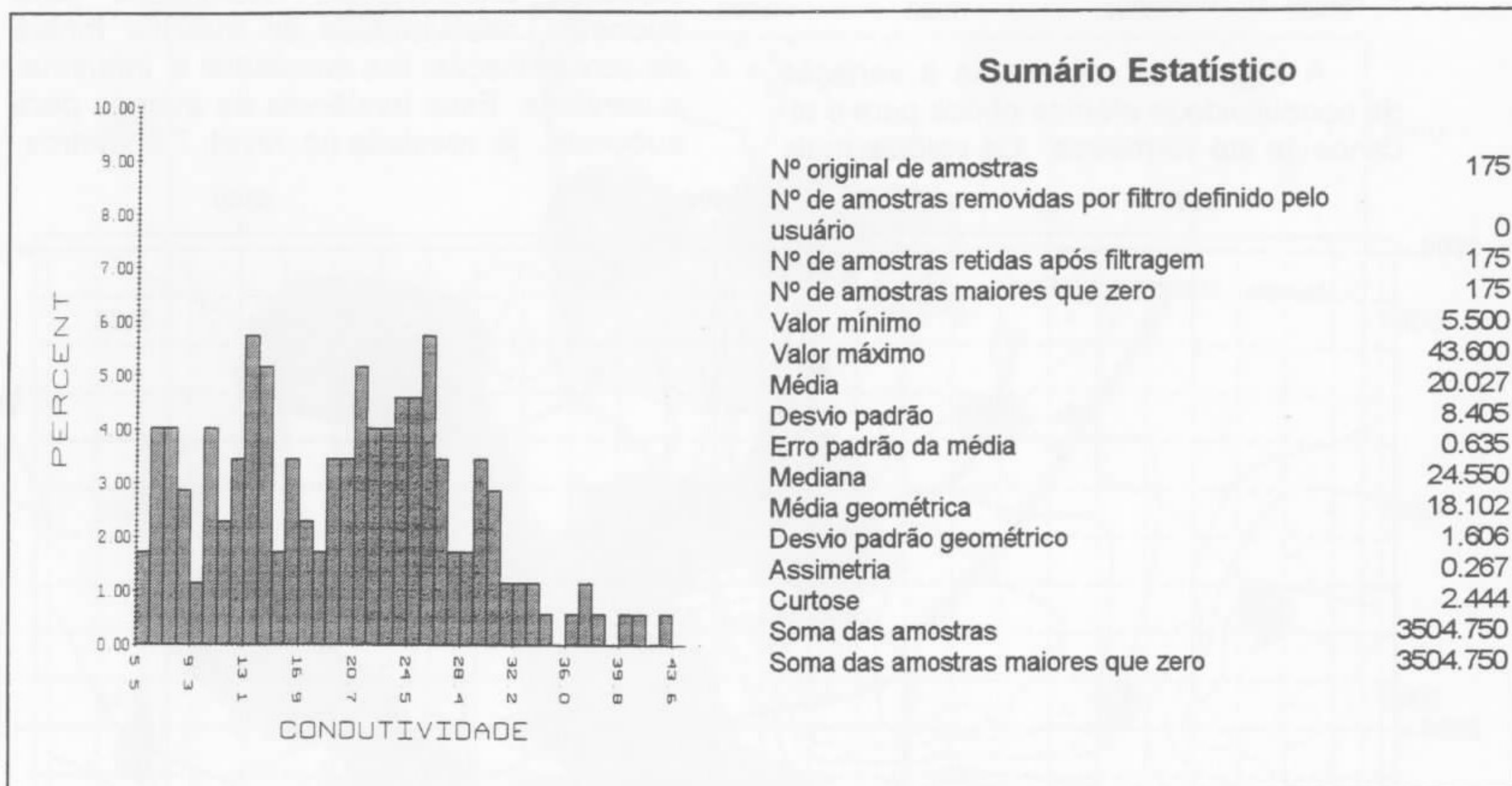


Figura 6b - Histograma e estatística da condutividade - nível 15 metros

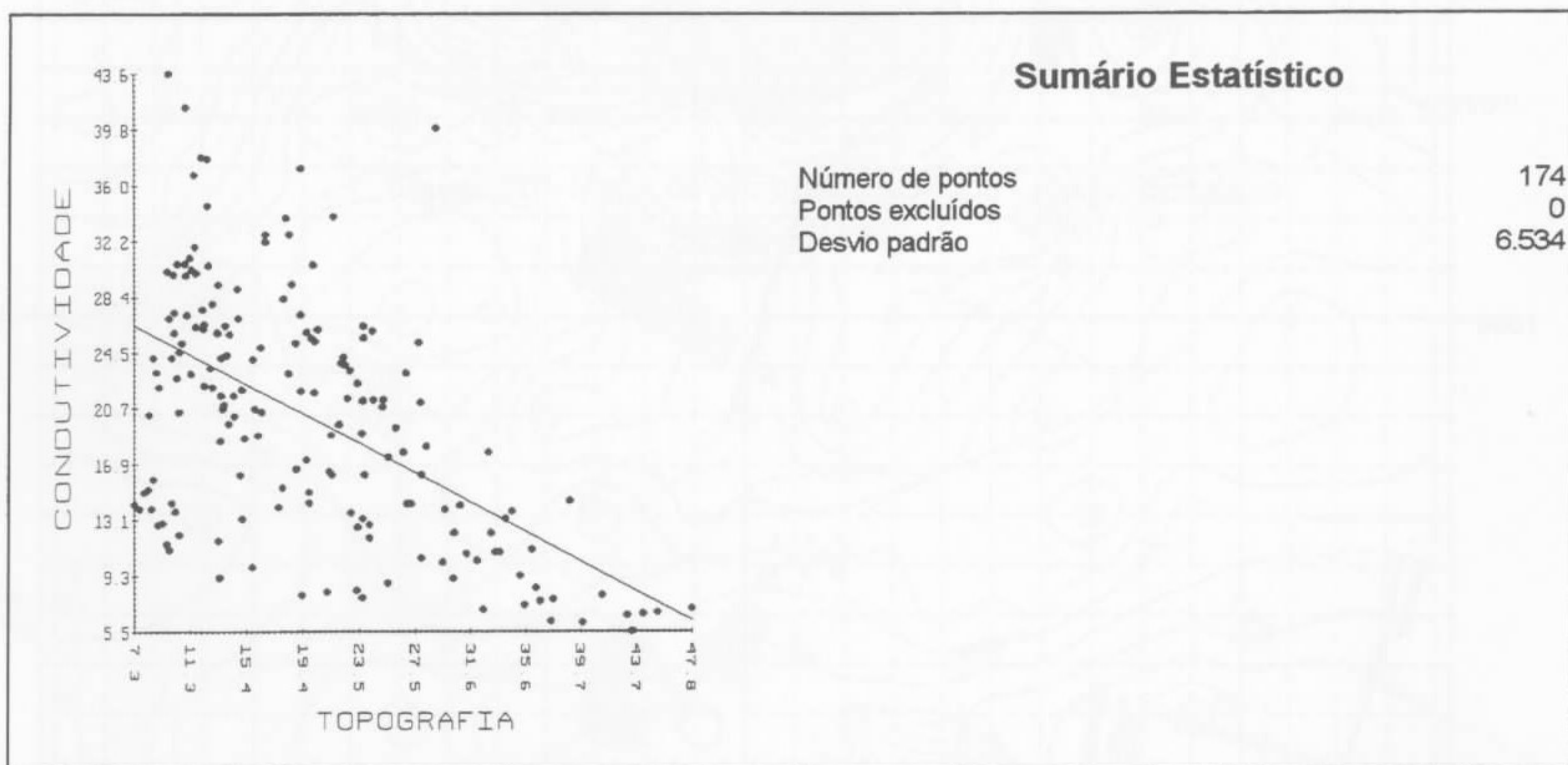


Figura 6c - Correlação topografia x condutividade - nível 15 metros

sugere a direção e o fluxo das águas subterrâneas no local. Os valores medidos situam-se entre 5,50 e 43,60 mS/m, com média 20,03 e desvio padrão 8,40 mS/m (Figura 5b). Neste nível não há evidência de influência da topografia nos valores de condutividade medidos (Figura 5c). A separação dos valores anômalos (acima de 1,5 desvios padrão em relação à média) define a anomalia geofísica, representativa da provável contaminação das águas subterrâneas até o nível de 15 metros. Ela encontra-se desloca-

da em relação ao lixo doméstico para sudoeste (Figuras 5d, 5e), com extensão semelhante à do nível 7,5 metros, porém mais contínua e sem os valores anômalos coincidentes com as fontes maiores ao norte. Isso indica claramente o fluxo das águas subterrâneas no local, para sudoeste, com o deslocamento da pluma na direção do fluxo, relativamente à fonte contaminante, com o aumento da profundidade. Também nesse nível são observados alguns pontos anômalos esparsos e isolados à montante das fontes.

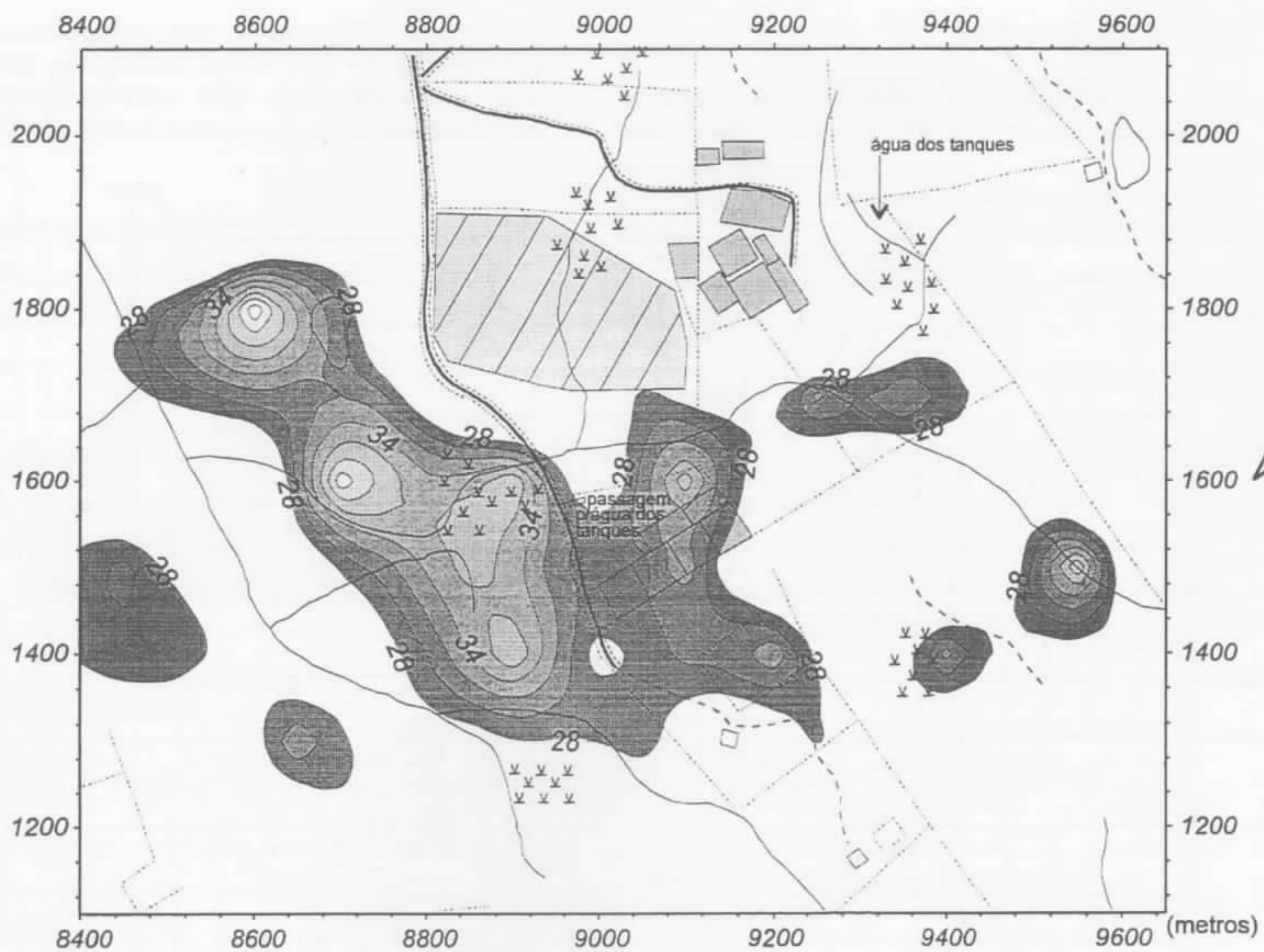


Figura 6d - Mapa da anomalia geofísica - nível 15 metros
Escala 1:10.000

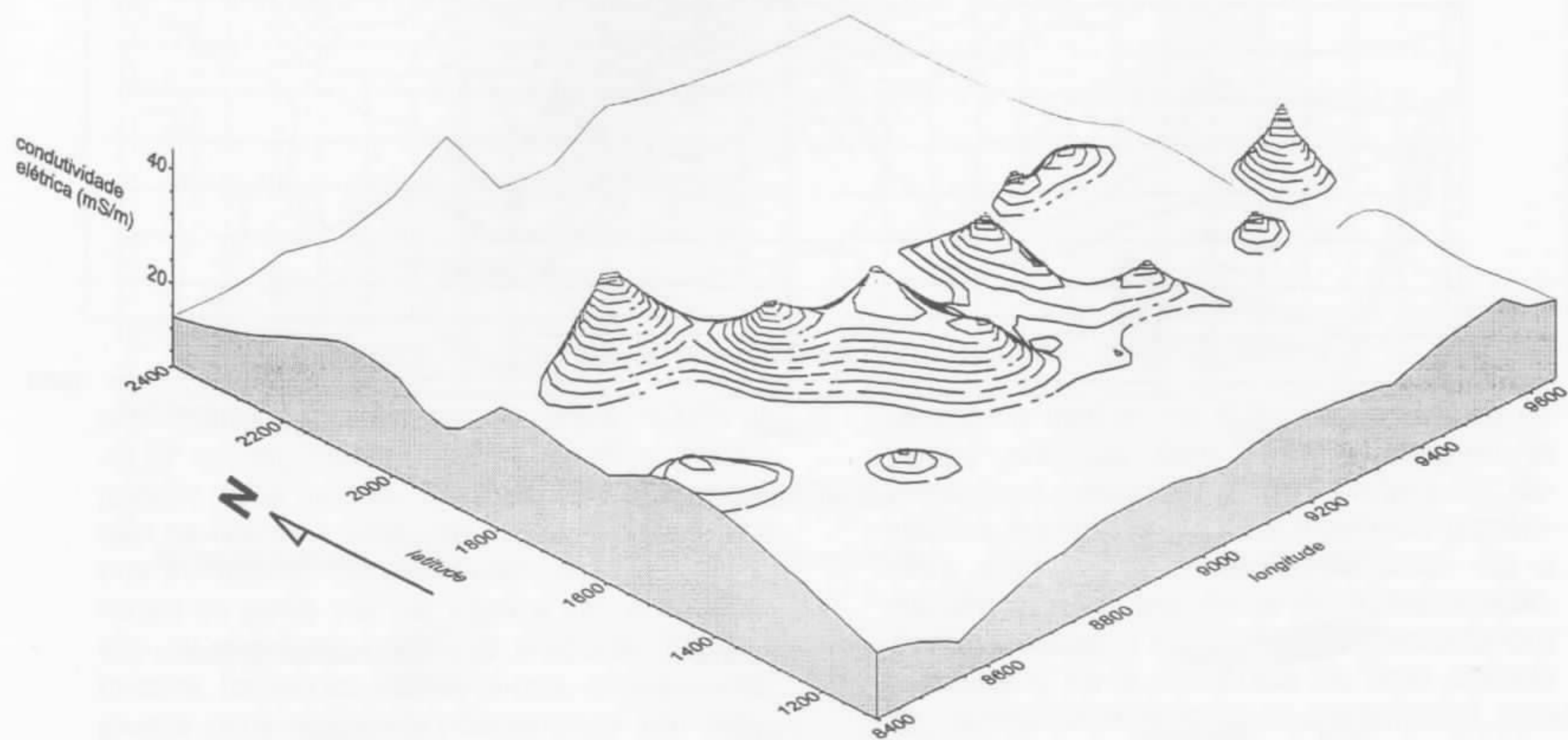
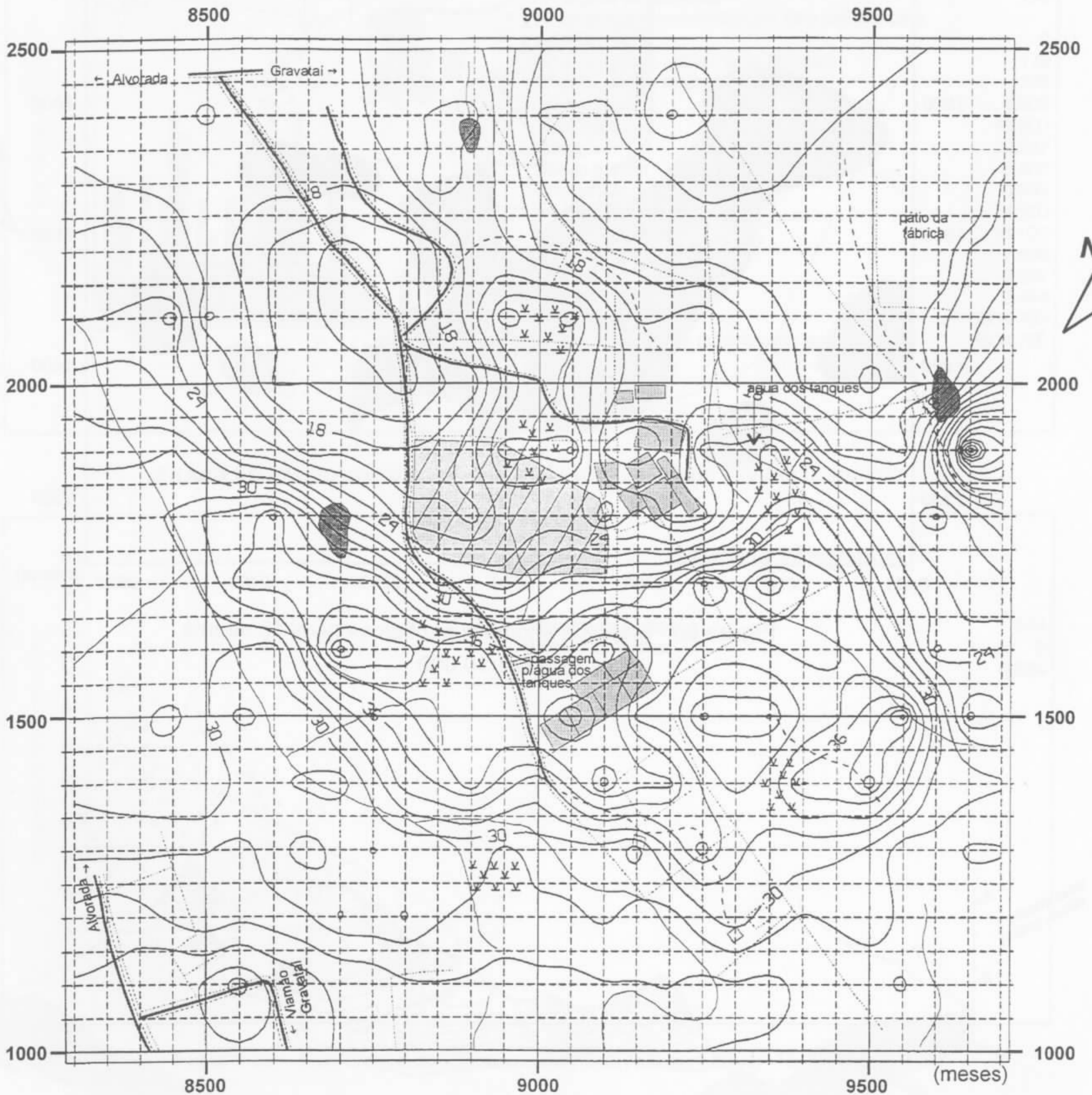


Figura 6e - Representação 3-D da anomalia geofísica - nível 15 metros

• Nível 30 metros

A **Figura 7a** corresponde ao mapa de variação da condutividade elétrica até o nível

30 metros. Observa-se um comportamento semelhante ao dos níveis anteriores, porém com um incremento dos valores elevados encontrados à montante das fontes. Os valo-



LEGENDA










- | | | |
|--|--|--|
|  Drenagem |  Estrada |  Resíduo Industrial |
|  Açude |  Caminho |  Resíduo Orgânico |
|  Banhado |  Cerca |  Casa |

Figura 7a - Mapa de condutividade elétrica - nível 30 metros (mS/m)

Escala 1:10.000

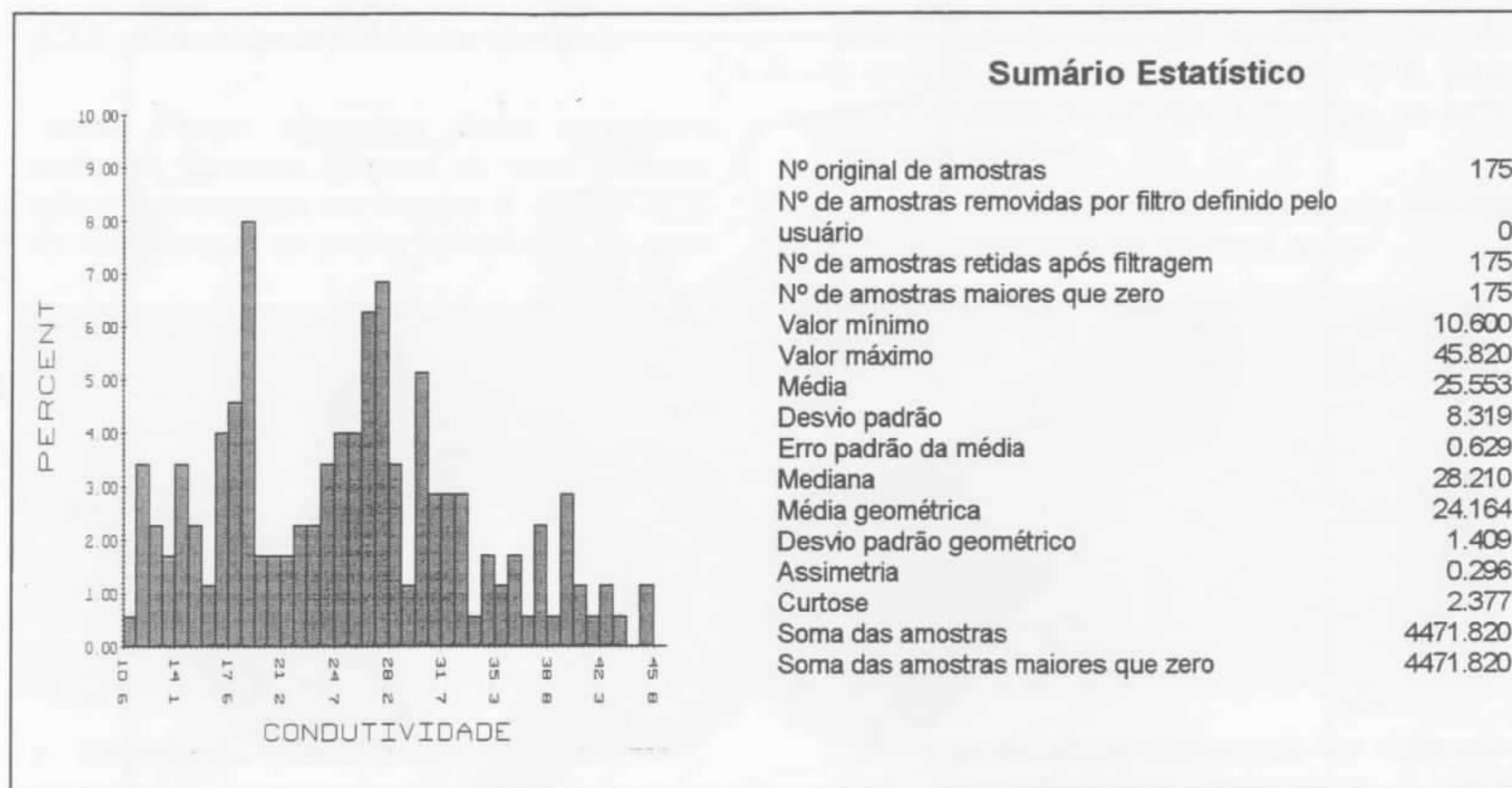


Figura 7b - Histograma e estatística da condutividade - nível 30 metros

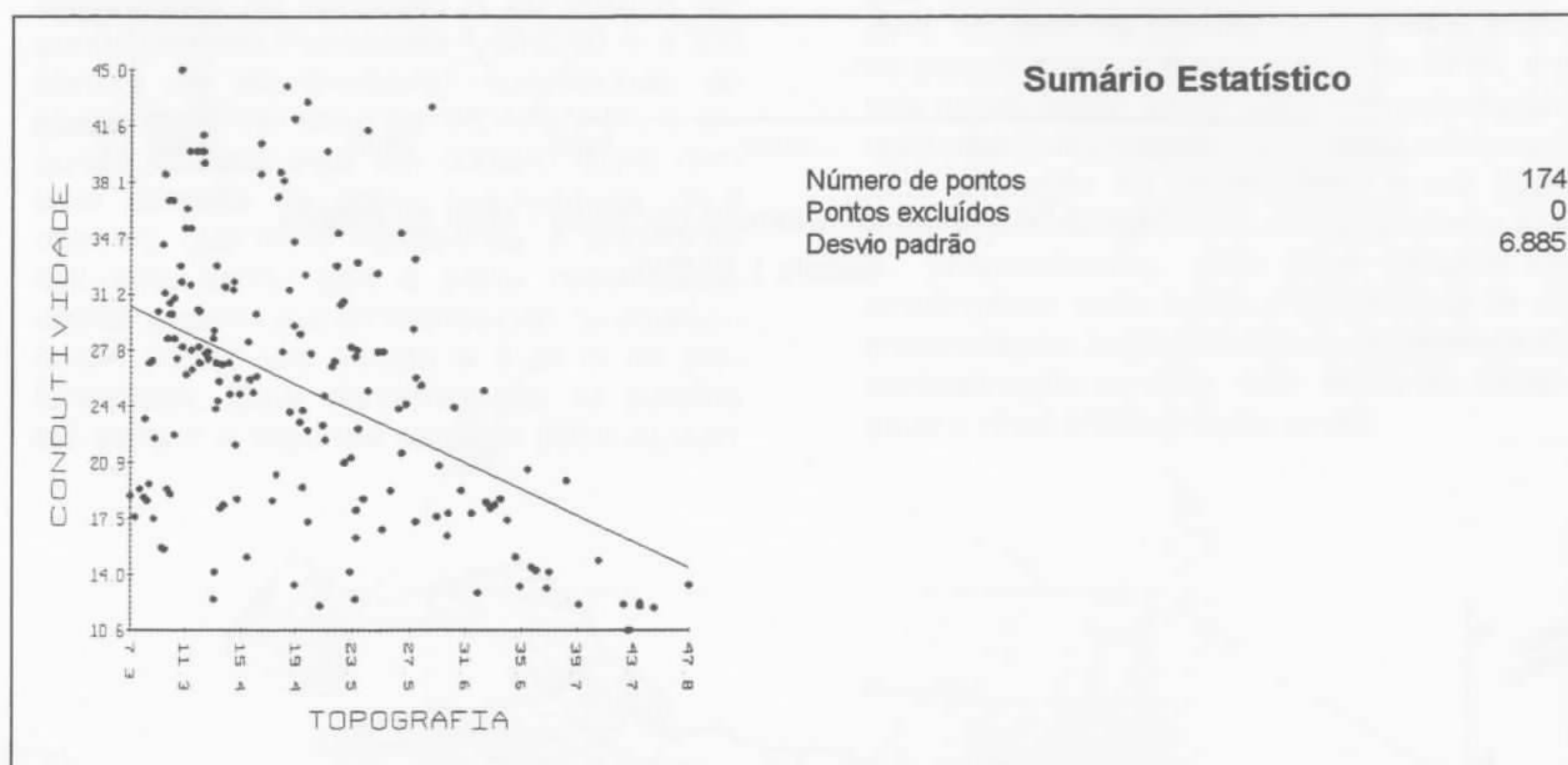


Figura 7c - Correlação topografia x condutividade - nível 30 metros

res medidos encontram-se entre 10,60 e 45,82 mS/m, com média de 25,55 e desvio padrão 8,32 mS/m (**Figura 7b**). Também não se observa uma influência da topografia nos valores de condutividade medidos, conforme se pode ver na **Figura 7c**. A separação da anomalia geofísica (**Figuras 7d, 7e**) mostra, como nos outros níveis, o avanço da pluma para sudoeste. Observa-se um desenvolvimento maior dos valores anômalos à montante das fontes. Esse comportamento difere do esperado, pois o normal seria um avanço maior da pluma para oeste/noroeste,

direção e sentido do fluxo das águas do receptor principal para onde convergem as drenagens secundárias que cortam os depósitos de resíduos. Duas hipóteses permitiriam explicar esse comportamento: ou a existência de outros focos de contaminação, desconhecidos e localizados à montante dos estudados; ou a existência de uma espécie de barragem impermeável subterrânea, que represando as águas em profundidade, pudesse provocar a contaminação observada, à montante das fontes.

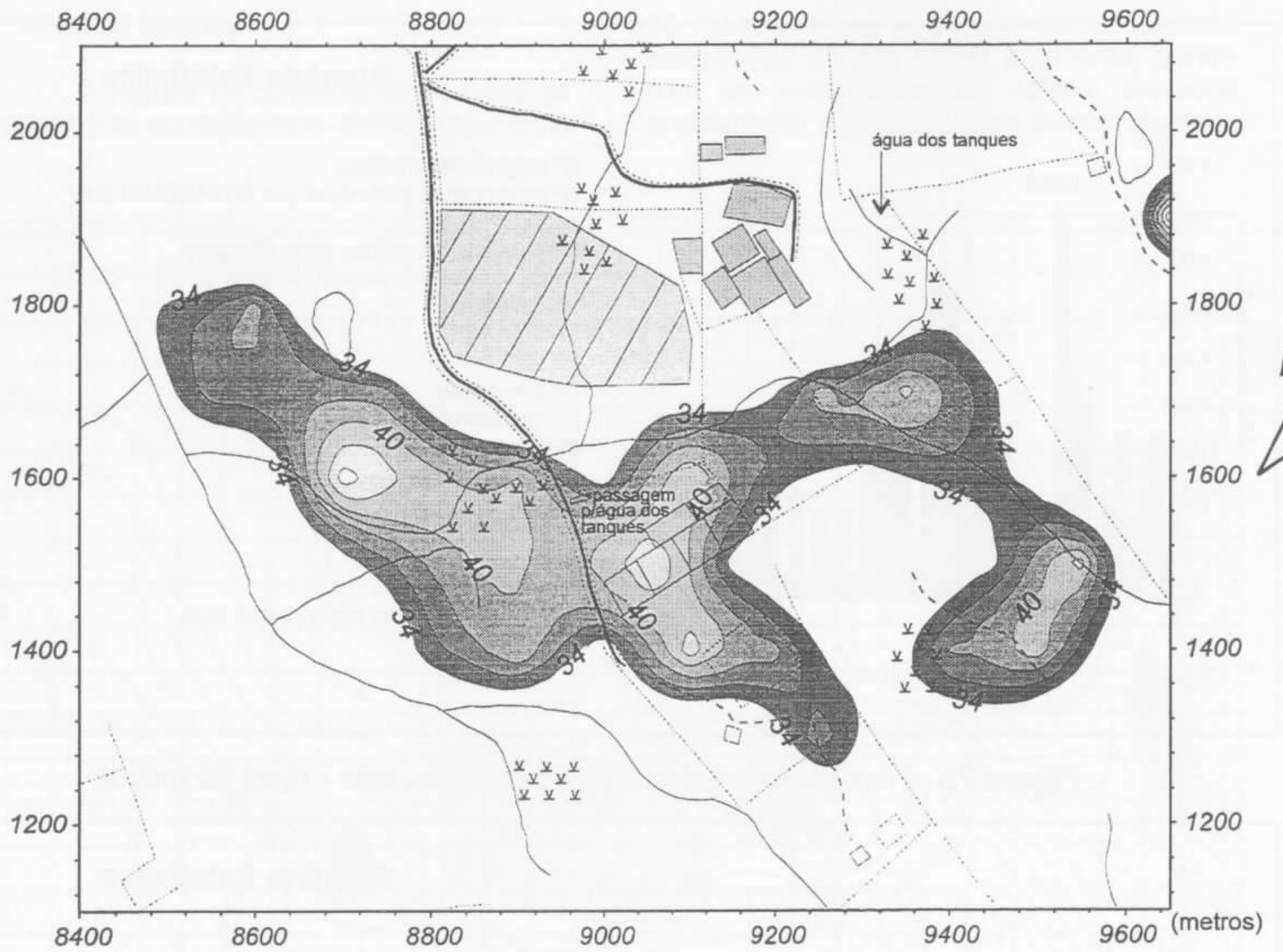


Figura 7d - Mapa da anomalia geofísica - nível 30 metros
Escala 1:10.000

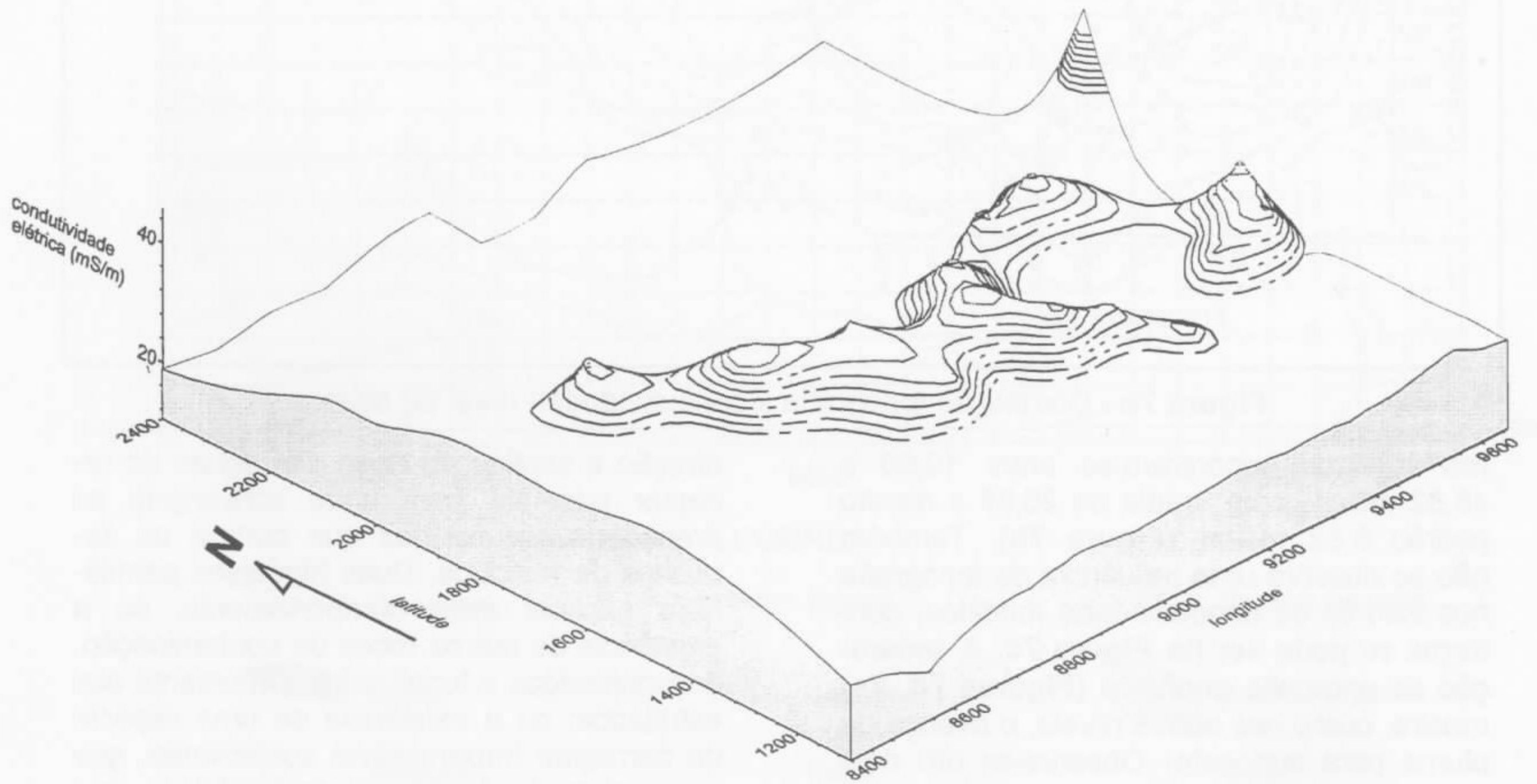


Figura 7e - Representação 3-D da anomalia geofísica - nível 30 metros

4.2.3 - Sondagens Elétricas Verticais

Foram efetuadas duas sondagens elétricas verticais (**Figura 8**), cuja localização é apresentada na **Figura 3**. A SEV-ALV-01 está situada no ponto 9050/1430, na parte

baixa, onde os solos são do tipo cambissolo, e a SEV-ALV-02, no ponto 9200/1875, junto aos depósitos de resíduo industrial, na parte elevada da área.

A interpretação forneceu os resultados apresentados na tabela a seguir:

CAMA- DA	ESPESSURA (m)		r (ohm.m)		s (mS/m)		T(ohm.m ²)		S(S/m ²)		
	SEV	ALV1	ALV2	ALV1	ALV2	ALV1	ALV2	ALV1	ALV2	ALV1	ALV2
1		0,30	0,34	900	1200	1,11	0,83	261	408	,0003	,0003
2		2,90	1,60	300	300	3,33	3,33	879	480	,0098	,0053
3			2,72		159		6,29		432		,0171
4			8,19		400		2,50		3276		,0205
5		42	66	10,9	33,9	91,7	29,5	458	2237	3,853	1,950
6				1188	1960		0,51				

• Correlação geoeétrica-geológica

A primeira camada (0,30 m de espessura e 900-1200 ohm.m de resistividade) corresponde ao horizonte A do solo. A segunda camada (espessura 1,60-2,90 m e 300 ohm.m de resistividade) corresponde ao horizonte B. No caso da SEV-ALV-01, a segunda camada está em contato direto com uma camada de baixa resistividade (10,9 ohm.m), que deve representar o solo/rocha saturado, sendo que a baixa resistividade obtida sugere uma contaminação do aquífero nesse ponto, que estaria a 3,20 m de profundidade. Essa contaminação se justifica até porque a segunda camada (SEV-ALV-01

- camada protetora) apresenta um valor elevado de resistência transversal T (879 ohm.m²), indicando a natureza pouco argilosa da camada, e portanto pouco impermeável. No caso da SEV-ALV-02, o nível freático parece mais profundo, cerca de 12 m, e a sua resistividade maior (33,9 ohm.m) sugere uma não-contaminação. O que se observa é uma alteração da resistividade a um nível mais superficial, no solo, entre horizonte B e C, provavelmente, com uma camada de resistividade mais baixa a cerca de 2 m de profundidade, indicando talvez a presença de contaminação no solo, sem ainda ter alcançado o nível freático neste ponto.

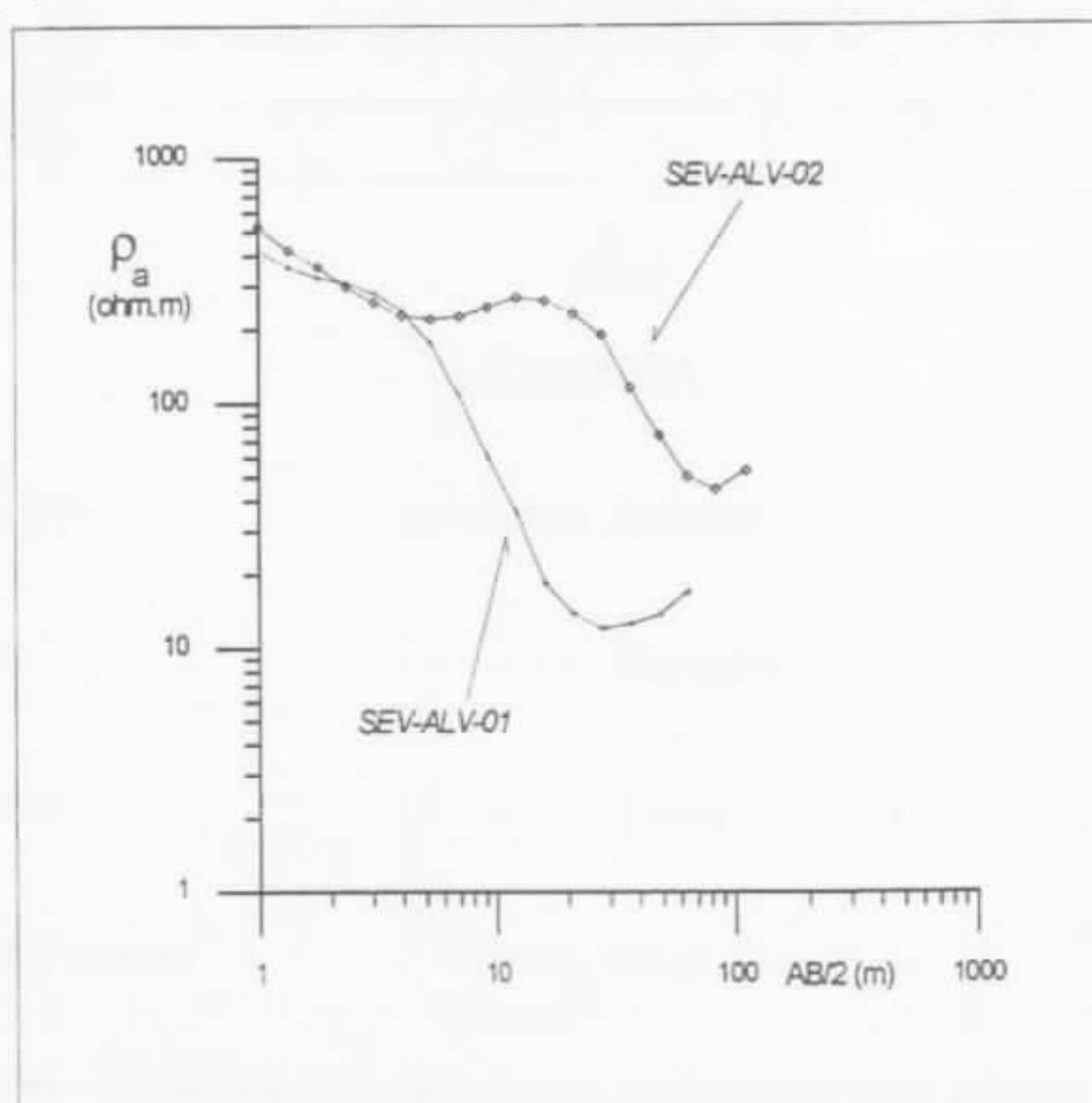


Figura 8 - Sondagens Elétricas Verticas

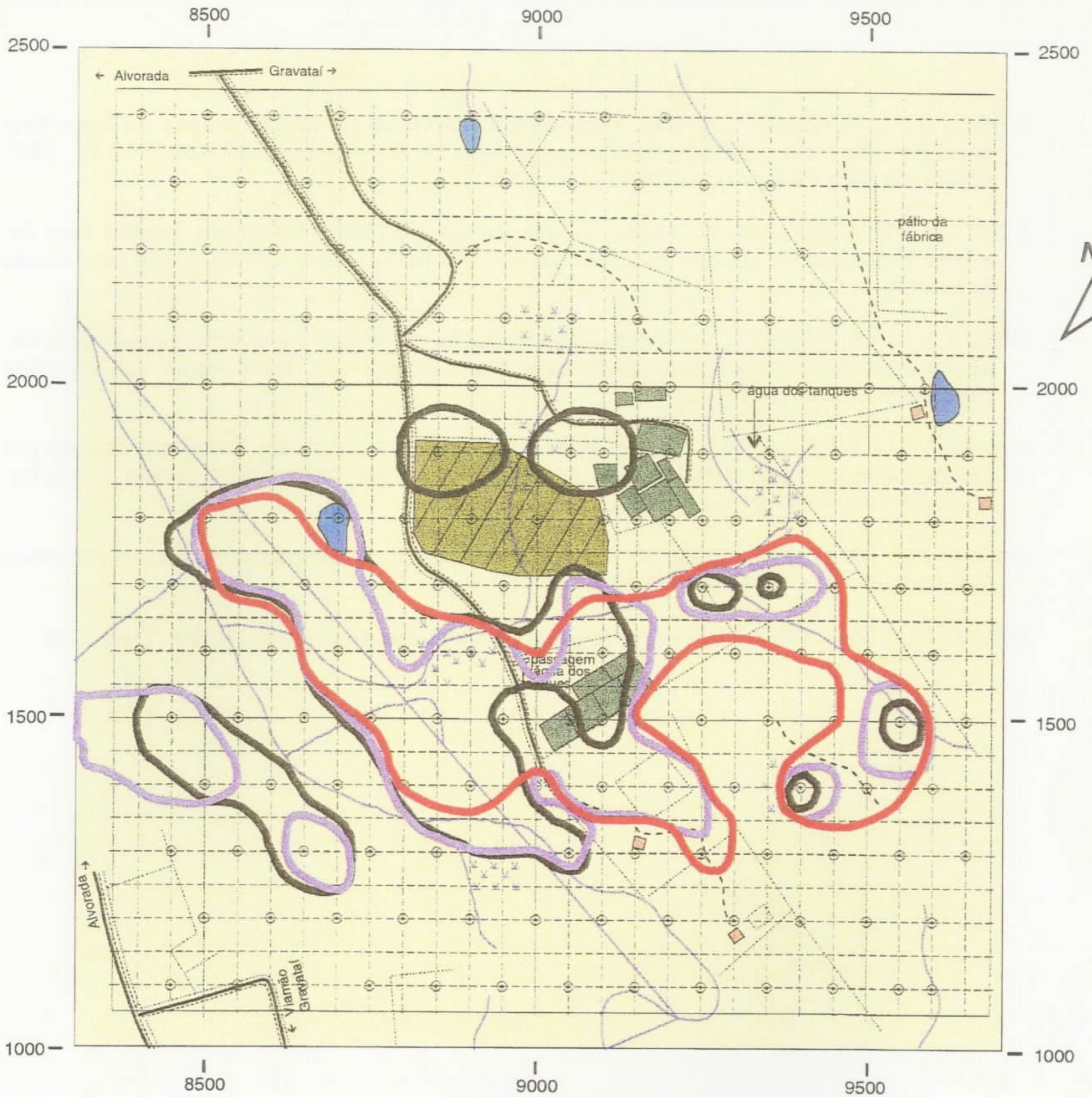
O trabalho detectou uma anomalia geofísica de condutividade elétrica que deve ser atribuída a uma pluma de contaminação gerada pelos três depósitos de resíduos locais : lixo doméstico e os dois conjuntos de tanques de resíduos industriais. Essa contaminação se desenvolve a partir dos focos, avançando na direção geral sul/sudoeste, conforme pode ser observado na **Figura 9**, que mostra o limite da contaminação nos três níveis investigados. Na sua projeção superficial a pluma detectada atinge uma área de cerca de 25 ha. As plumas detectadas nos níveis 15 e 30 metros diferem pouco entre si, sugerindo que talvez a contaminação mais intensa não se encontra a profundidades maiores que 15 metros. Considerando as evidências coletadas através da geofísica estima-se um volume em torno de 3.750.000 m³ de água subterrânea contaminada.

Nos níveis mais profundos, desenvolve-se no sentido da montante da drena-

gem receptora principal que corta a área estudada. Esse fato, contrário ao esperado, poderia ser explicado caso houvesse a presença de outros depósitos de resíduos a leste/sudeste da área estudada, ou também se houvesse condições de represamento subterrâneo das águas por uma barreira impermeável a oeste da área, a qual não foi possível definir.

Os resultados obtidos são justificados plenamente pela natureza do solo existente na área, apenas moderadamente impermeável, e pelas condições extremamente desfavoráveis em que são dispostos os resíduos, praticamente em contato direto com o nível freático (lixo doméstico), e com o solo (resíduo industrial).

A fim de se evitar que os danos já provocados se estendam por áreas maiores, tomando a região irrecuperável, se já não está, faz-se necessário o tratamento adequado imediatamente.



LEGENDA

- | | | |
|------------------|-----------------|--------------------|
| Drenagem | Estrada | Resíduo Industrial |
| Açude | Caminho | Resíduo Orgânico |
| Banhado | Cerca | Casa |
| Nível 7,5 metros | Nível 15 metros | Nível 30 metros |

Figura 9 - Delimitação da pluma poluidora nos níveis investigados
Escala 1:10.000

6 - Referências Bibliográficas

- COSTA, A.F.U. & FERLIN C.A. 1992. **Mapeamento Geofísico da Contaminação da Água Subterrânea utilizando o Método Geofísico EM-34-3**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, São Paulo. Anais... São Paulo: SBGf.
- COSTA A.F.U. & FERLIN C.A. 1994a. **Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo de Estância Velha - RS**. Porto Alegre: CPRM. (Série Degradação Ambiental - v. 01).
- COSTA A.F.U. & FERLIN C.A. 1994b. **Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo da Zona Norte de Porto Alegre - RS**. Porto Alegre: CPRM. (Série Degradação Ambiental - v. 02).
- COSTA A.F.U. & FERLIN C.A. 1994c. **Avaliação Geofísica da Pluma Poluidora Gerada por um Depósito de Lodo de Curtume - Estância Velha - RS**. Porto Alegre: CPRM. (Série Degradação Ambiental - v. 06).
- McNeill, J.D. 1980a. **Eletromagnetic Terrain Conductivity Measurement at Low Induction Numbers**. Geonics Limited, TN-6. 15 p.
- McNeill, J.D. 1980b. **EM34-3 Survey Interpretation Techniques**. Geonics Limited, TN-8. 15 p.

INFORMAÇÕES BÁSICAS PARA A GESTÃO TERRITORIAL - GATE

Objetivam a criação de produtos relacionados ao meio físico e às gestões ambientais, destinados a subsidiar tecnicamente as decisões dos planejadores e administradores dos diversos tipos de espaços geográficos do território nacional.

As publicações decorrentes dessa linha de atuação da CPRM apontam contribuições das mais diversas áreas do conhecimento ao interesse da ocupação e aproveitamento do meio ambiente, respeitado o condicionamento do meio físico.

Nesse contexto, as publicações foram agrupadas consoante os temas a seguir discriminados:

SÉRIE CARTAS TEMÁTICAS
SÉRIE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL
SÉRIE DOCUMENTAÇÃO
SÉRIE ORDENAMENTO TERRITORIAL
SÉRIE PUBLICAÇÕES ESPECIAIS
SÉRIE RECURSOS HÍDRICOS
SÉRIE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE CARTAS TEMÁTICAS

Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte

- Vol. 01 - Caracterização Geomorfológica - Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa - MG. 1994.
- Vol. 02 - Caracterização Pedológica - Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa - MG. 1994.
- Vol. 03 - Uso da Terra e Caracterização da Cobertura Vegetacional - Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa - MG. 1994.
- Vol. 04 - Dinâmica do Processo Erosivo - Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa - MG. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Geomorfologia da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
 - Vol. 02 - Pedologia da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
 - Vol. 03 - Geologia do Município de Parobé - RS. 1994.
 - Vol. 04 - Geomorfologia do Município de Parobé - RS. 1994.
 - Vol. 05 - Pedologia do Município de Parobé - RS. 1994.
 - Vol. 06 - Cobertura Vegetal do Município de Parobé - RS. 1994.
 - Vol. 07 - Geologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
 - Vol. 08 - Geomorfologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
 - Vol. 09 - Cobertura Vegetal do Município de Estância Velha - RS. 1994.
 - Vol. 10 - Formações Superficiais do Município de Estância Velha - RS. 1994.
 - Vol. 11 - Pedologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
 - Vol. 12 - Vegetação e Uso Atual do Solo do Município de Criciúma - SC. 1994.
 - Vol. 13 - Áreas de Proteção Legal no Município de Criciúma - SC. 1995.
 - Vol. 14 - Pedologia do Município de Criciúma - SC. 1995.
 - Vol. 15 - Vegetação do Município de Xangri-Lá - RS. 1995.
 - Vol. 16 - Cobertura Vegetal do Município de Triunfo - RS. 1995.
 - Vol. 17 - Cobertura Vegetal da Área da Sede do Município de Triunfo - RS. 1995.
 - Vol. 18 - Geologia do Município de Xangri-Lá - RS. 1995.
 - Vol. 19 - Cobertura Vegetal do Município de Eldorado do Sul - RS. 1995.
 - Vol. 20 - Solos do Município de Xangri-Lá - RS. 1995.
-

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Levantamento Gravimétrico da Área Sedimentar de Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

SÉRIE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo de Estância Velha - RS. 1994.

Vol. 02 - Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo da Zona Norte de Porto Alegre - RS. 1994.

Vol. 03 - Fontes de Poluição e Degradação Ambiental do Município de Estância Velha - RS. 1994.

Vol. 04 - Catástrofe de Igrejinha - RS. 1994.

Vol. 05 - Catástrofe de Nova Hartz - RS. 1994.

Vol. 06 - Avaliação Geofísica da Pluma Poluidora Gerada por um Depósito de Lodo de Curtume - Estância Velha - RS. 1994.

Vol. 07 - Geofísica Aplicada à Detecção da Contaminação das Águas Subterrâneas no Depósito de Lixo de Alvorada - RS. 1995.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Os Aterros Sanitários e a Poluição das Águas Subterrâneas - Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte

Vol. 01 - Espeleologia, Inventário de Cavidades Naturais, Região de Matozinhos, Mocambo - MG. 1994.

SÉRIE DOCUMENTAÇÃO

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Documentação Básica Do Projeto - Estância Velha - RS. 1994.

Vol. 02 - PROTEGER - Sinopse dos Trabalhos Realizados. RS. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana do Recife - PE. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de São Paulo

Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.

Vol. 02 - Subsídios para Caracterização do Meio Físico - Informações Básicas. 1994.

Residência da CPRM de Fortaleza

Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana de Fortaleza. CE. 1994.

Vol. 02 - Índice de Informações Cartográficas - Região Costeira do Ceará - CE. 1994.

SÉRIE ORDENAMENTO TERRITORIAL

Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte

- Vol. 01 - Socioeconomia, Zoneamento Geomorfológico, Geologia, Uso da Terra e Cobertura Vegetal, Caracterização dos Solos e Avaliação da Capacidade de Uso das Terras do Município de Capim Branco - MG. 1994.
- Vol. 02 - Hidrologia (Uso das Águas Subterrâneas), Hidrogeologia (Favorabilidade à Exploração de Água Subterrânea), Geotecnia (Zoneamento Geotécnico), Espeleologia e Declividade do Município de Capim Branco - MG. 1994.
- Vol. 03- Cartografia Geotécnica de Planejamento - Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa - MG. 1994
- Vol. 04 - Mapeamento Geológico da Cidade de Sete Lagoas com Vista a Aplicação no Mapeamento Urbano. MG. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Diagnóstico Setorial da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS. 1994.
- Vol. 02 - Cobertura Vegetal e Ocupação Atual do Solo da Área de Influência da Barragem Olaria Velha e da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 03 - Suscetibilidade à Erosão da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 04 - Adequação do Uso Agrícola do Solo da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 05 - Isodeclividade da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 06 - Áreas de Inundação, Alagamento e Banhados da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS. 1994.
- Vol. 07 - Isodeclividade do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 08 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 09 - Áreas com Restrição à Mineração do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 10 - Áreas com Maior Favorabilidade à Mineração e Menor Risco Ambiental do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 11 - Isodeclividade do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 12 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 13 - Uso e Ocupação do Solo do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 14 - Áreas de Proteção do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 15 - Áreas Críticas e com Restrições à Ocupação do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 16 - Adequação do Uso Agrícola do Solo Rural do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 17 - Uso Recomendado do Solo do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 18 - Diagnóstico Preliminar dos Aspectos Ambientais do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. 1994.
- Vol. 19 - Seleção Preliminar de Áreas para o Futuro Distrito Industrial do Município de Nova Santa Rita - RS. Estudo Geológico-Geotécnico.
- Vol. 20 - Alternativas Locacionais para Áreas Industriais e Tratamento de Esgotos Domésticos do Município de Portao - RS. Subsídios à Elaboração do Plano Diretor. 1995.
- Vol. 21 - Subsídios à Avaliação de Áreas Potencialmente Favoráveis à Implantação de Aterros Sanitários no Município de Lauro Müller - SC. 1995.
- Vol. 22 - Diagnóstico da Destinação Final dos Resíduos Sólidos Urbanos do Litoral Norte e Médio do Estado do Rio Grande do Sul. 1995.
- Vol. 23 - Áreas de Proteção Legal no Município de Xangri-Lá - RS. 1995

Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol. 01 - Metodologia para Estudos Neotectônicos Regionais. Caso João Câmara. RN. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de Salvador

- Vol. 01 - Parque Nacional da Chapada Diamantina - BA. Informações Básicas do Meio Físico. BA. 1994.
- Vol. 02 - Área de Proteção Ambiental de Mangue Seco. Plano Manejo. BA. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de São Paulo

- Vol. 01 - Áreas Naturais sob Proteção - Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.
- Vol. 02 - Cartas Temáticas de Planejamento da Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.
-

SÉRIE PUBLICAÇÕES ESPECIAIS

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Turismo Geocientífico: Uma Viagem no Tempo - PE. 1994.

SÉRIE RECURSOS HÍDRICOS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Potencial Hidrogeológico do Município de Estância Velha - RS. 1994.

Vol. 02 - Monitoramento Hídrico da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.

Vol. 03 - Potencial Hídrico Subterrâneo do Município de Nova Hartz - RS. 1994.

Vol. 04 - Avaliação Geofísica das Águas Subterrâneas no Balneário de Capão Novo - RS. 1994.

Vol. 05 - Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma - SC. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife - PE. 1994.

SÉRIE RECURSOS MINERAIS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Parobé - RS. 1994.

Vol. 02 - Áreas Mineradas para Carvão - Município de Criciúma - SC. 1994.

Vol. 03 - Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Criciúma - SC. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Insumos Minerais no Sertão do Pajeú: Calcários e Mármore. PE. 1994.

Vol. 02 - A Mineração na Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

Vol. 03 - A Atividade Extrativa Mineral em Jaboatão dos Guararapes. PE. 1994.

Residência da CPRM de Fortaleza

Vol. 01 - Potencial Mineral para Não Metálicos da Região Metropolitana de Fortaleza - CE. 1994.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

Sede

SGAN - 603 - Módulo "I" - 1º andar - Cep: 70830.030
Brasília - DF
Telefones: (061)312-5252 e (061)312-5253 (PABX)
Telex: 611355 - Fax: (061)225-3985

Escritório Rio

Av. Pasteur, 404 - Urca - Cep: 22290.240
Rio de Janeiro - RJ
Telefones: (021)295-5337 / (021)295-0032 (PABX)
Telex: 2122685 - 2132525 - Fax: (021)295-3647

Diretoria de Geologia e Recursos Hídricos

Telefones: (021)295-6647 / (021)295-6797

Centro de Documentação Técnica

Telefones: (021)295-5897 / (021)295-5997

Superintendência Regional de Belém

Av. Dr. Freitas, 3645 - Marco - Cep: 66095.110
Belém - PA
Telefones: (091)226-0016 / (091)226-6066 (PABX)
Telex: 911149 - Fax: (091)226-0016

Superintendência Regional de Belo Horizonte

Av. Brasil, 1731 - Funcionários - Cep: 30140.002
Belo Horizonte - MG
Telefones: (031)261-2037 / (031)261-5977 (PABX)
Telex: 311011 - Fax: (031)261-5585

Superintendência Regional de Goiânia

Rua 148, 485 - Setor Marista - Cep: 74170.110
Goiânia - GO
Telefones: (062)281-1709 / (062)281-1522 (PABX)
Fax: (062)281-1709

Superintendência Regional de Manaus

Av. Carvalho Leal, 1017 - Cachoeirinha - Cep: 69065.001
Manaus - AM
Telefones: (092)622-4387 / (092)622-4723 (PABX)
Telex: 922265 - Fax: (092)622-2977

Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 - Cep: 90840.030
Porto Alegre - RS
Telefones: (051)233-4643 / (051)233-7311 (PABX)
Telex: 511062 - Fax: (051)233-7772

Superintendência Regional de Recife

Av. Beira Rio, 45 - Madalena - Cep: 50610.100
Recife - PE
Telefones: (081)228-2988 / (081)227-0277 (PABX)
Telex: 811368 - Fax: (081)228-2142

Superintendência Regional de Salvador

6ª Avenida do Centro Administrativo da Bahia
Estrada da Sussuarana, 2862 - Cep: 41213.000
Salvador - BA
Telefone: (071)371-4005 / (071)230-9977 (PABX)
Telex: 711182 - Fax: (071)371-4005

Superintendência Regional de São Paulo

Rua Domingos de Moraes, 2463 - Vila Mariana
Cep: 04035.000 - São Paulo - SP
Telefones: (011)575-2094 / (011)549-1133 (PABX)
Telex: 1123758 - Fax: (011)549-1565

Residência de Fortaleza

Av. Santos Dumond, 7700 - 4º andar - Cep: 60150.163
Fortaleza - CE
Telefones: (085)265-1726 / (085)265-1288 (PABX)
Fax: (085)265-2212

Residência de Porto Velho

Av. Lauro Sodré, 2561 - Bairro Tanques - Cep: 78904.300
Porto Velho - RO
Telefones: (069)221-5435 / (069)223-3544 (PABX)
Telex: 0692124 - Fax: (069)221-5435

Residência de Teresina

Rua Goiás, 312 - Sul - Cep: 64001.570
Teresina - PI
Telefones: (086)222-6963 / (086)2229-4153 (PABX)
Telex: 862141 - Fax: (086)222-6651



C P R M

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

Rua Banco da Província, 105 CEP 90840-030
Fone (051) 233-7311
FAX (051)233-7772
Porto Alegre - RS



**GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO SUL**

METROPLAN

FUNDAÇÃO DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO E
REGIONAL

Av. Ipiranga, 1365 - 6º andar CEP 90160-093
FONE (051)223-1377 - ramal 214
FAX (051) 229-9291
Porto Alegre - RS