

CARLOS VIEIRA PORTELA FILHO

**CONDICIONAMENTO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO DO SISTEMA  
AQÜÍFERO SERRA GERAL NA REGIÃO CENTRAL DO ARCO DE  
PONTA GROSSA (BACIA DO PARANÁ) E SUA CONECTIVIDADE COM  
O SISTEMA AQÜÍFERO GUARANI**

Dissertação apresentada como requisito parcial  
à obtenção do grau de Mestre, pelo Curso de  
Pós-Graduação em Geologia Exploratória,  
Departamento de Geologia, Setor de Ciências  
da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientador:

Prof. Dr. Francisco José Fonseca Ferreira

Co-orientadores:

Prof. Dr. Sidnei Pires Rostirolla

Prof. Dr. Ernani Francisco da Rosa Filho

CURITIBA

2003

“Tudo tem seu tempo e até certas manifestações mais vigorosas e originais entram em voga ou saem de moda. Mas a sabedoria tem uma vantagem: é eterna.” (Baltasar Gracián)

“Depois que se conhece uma nova idéia, a mente do homem nunca pode voltar a suas dimensões originais.”(Oliver Wendell Holmes Jr.)

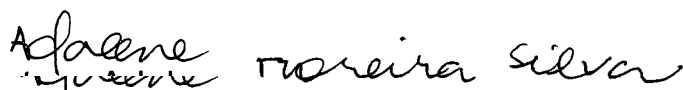
# TERMO DE APROVAÇÃO

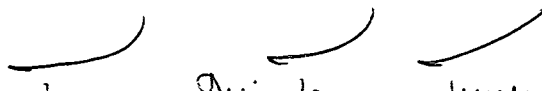
Carlos Vieira Portela Filho

“CONDICIONAMENTO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO DO SISTEMA AQÜÍFERO SERRA GERAL NA REGIÃO DO ARCO DE PONTA GROSSA (BACIA DO PARANÁ) E SUA CONECTIVIDADE COM O SISTEMA AQÜÍFERO GUARANI”.

Dissertação de Mestrado aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geologia, Área de Concentração Geologia Exploratória, Universidade Federal do Paraná. Comissão formada por:

  
Professor Doutor Aldo da Cunha-Rebouças – IEA/USP

  
Professora Doutora Adalene Moreira Silva – IG/Unicamp

  
Professor Doutor Francisco José Fonseca Ferreira – UFPR  
Presidente

Curitiba, 22 de agosto de 2003.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>i</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO.....</b>	<b>3</b>
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>4 CONTEXTO GEOLÓGICO.....</b>	<b>7</b>
<b>5 GEOLOGIA DA ÁREA.....</b>	<b>15</b>
5.1 GRUPO PASSA DOIS.....	15
5.1.1 Formação Rio do Rasto.....	15
5.2 GRUPO SÃO BENTO.....	16
5.2.1 Formação Pirambóia / Botucatu.....	16
5.2.2 Formação Serra Geral.....	17
5.3 GRUPO CAIUÁ.....	18
5.4 GRUPO BAURU.....	18
<b>6 DADOS AEROMAGNETOMÉTRICOS.....</b>	<b>20</b>
6.1 PRÉ-PROCESSAMENTO.....	21

6.1.1	Geração das Malhas Regulares.....	22
6.1.2	Micronivelamento.....	25
<b>7</b>	<b>PROCESSAMENTO.....</b>	<b>29</b>
7.1	ESPECTRO DE POTÊNCIA RADIAL.....	29
7.2	FILTROS PASSA-BANDA E PASSA-BAIXA.....	31
7.3	SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA APARENTE.....	34
7.4	CONTINUAÇÃO ASCENDENTE.....	35
7.5	GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL.....	39
7.6	SINAL ANALÍTICO.....	41
7.7	DECONVOLUÇÃO DE EULER.....	46
7.8	MODELO DIGITAL DE TERRENO.....	50
<b>8</b>	<b>RESOLUÇÃO.....</b>	<b>53</b>
8.1	DADOS TERRESTRES.....	53
8.2	DADOS AEROMANETOMÉTRICOS.....	56
<b>9</b>	<b>MODELAGEM MAGNÉTICA DAS LINHAS DE VÔO.....</b>	<b>63</b>
9.1	DADOS PALEOMAGNÉTICOS.....	63
9.2	TÉCNICA DE MODELAGEM.....	68
9.3	IMPLEMENTAÇÃO.....	70
9.4	RESULTADOS OBTIDOS.....	72
9.5	CÁLCULO DA TAXA DE EXTENSÃO CRUSTAL.....	80
<b>10</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO GEOFÍSICO – ESTRUTURAL.....</b>	<b>82</b>
10.1	ESTRUTURAS GEOFÍSICAS.....	85
10.2	ARCABOUÇO ESTRUTURAL – MAGNÉTICO.....	91

<b>11</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA.....</b>	<b>95</b>
11.1	CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO.....	95
11.1.1	Sistema Aqüífero Serra Geral.....	96
11.1.2	Sistema Aqüífero Guarani.....	97
12.2	ANÁLISE DOS DADOS.....	98
<b>12</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>116</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>119</b>

**ANEXO I – Dados Paleomagnéticos (Raposo, 1995)**

**ANEXO II – Dados Hidrogeológicos (Suderhsa, 2001)**

**ANEXO III – Dados Hidroquímicos (Buchmann, 2002)**

## AGRADECIMENTOS

Ao companheiro Prof. Dr. Francisco José Fonseca Ferreira (Chico), pela disposição de orientação e confiança, pelas críticas sempre construtivas, sem o qual este trabalho não teria sido possível.

Aos co-orientadores Prof. Dr. Sidnei Pires Rostirolla e Prof. Dr. Ernani Francisco da Rosa Filho pelo ensino e discussões de geologia e hidrogeologia, análise do trabalho, e pelo incentivo na conclusão desta dissertação.

Gostaria de agradecer a contribuição da Dra. Maria Irene Bartolomeu Raposo (IGc-USP) pela cessão dos dados paleomagnéticos, os quais foram incorporados na modelagem dos diques de dolerito.

Ao Geólogo MSc. Antonio Carlos Buchmann Filho pelas discussões sobre hidrogeologia e pela cessão dos dados hidroquímicos utilizados na avaliação dos aquíferos.

Ao grande companheiro Geólogo MSc. Michael Strugale (Bambam), colega de mestrado e de trabalho, gostaria de agradecer pela grande amizade e incentivo, além da cessão dos dados geológicos para o estudo de resolução.

Ao Geólogo MSc. Rodoilton Stevanato, pela convivência sempre animada no LPGA-UFPR e nos trabalhos de campo realizados, além dos ensinamentos de geoestatística e geologia.

Ao Geólogo MSc. Eduardo Chemas Hindi pela contribuição na análise dos dados hidrogeológicos, e ao Prof. Dr. André Virmond Lima Bittencourt pela análise dos dados hidroquímicos.

À Profa. Dra. Maria José Maluf de Mesquita (M.J.) pelo auxílio na elaboração do *abstract* e pela sua amizade.

Ao Prof. Dr. Augustinho Rigoti por compartilhar seus conhecimentos em geofísica aplicada e pelas críticas construtivas referentes aos cálculos de profundidades das fontes e nas modelagens, e ao Prof Dr. Eduardo Salamani pela

oportunidade de aprendizado através dos trabalhos de iniciação científica e grande amizade.

Ao Geólogo MSc. José Roberto de Góis por compartilhar o seu conhecimento de geologia e hidrogeologia e pelas bibliografias cedidas.

Ao Geólogo Daniel Fabian Bettú por seu auxílio na geração dos diagramas de Piper, grande amizade e pelas frutíferas discussões em geologia e geofísica..

Gostaria de agradecer aos colegas geólogos Silvana Bressan Riffel, Josiane de Lima e Wagner da Silva Machado pelas mais diversas contribuições no decorrer dos trabalhos, seja pelas discussões de geologia ou pelas saídas para os cafezinhos.

Agradeço aos colegas de Petrobras, Alexandre Augusto Cardoso da Silva e Marcus Vinícius Rodrigues Maas pelo auxílio no processamento, discussões de geologia e geofísica, além do incentivo e amizade.

A Capes pela concessão de bolsa de mestrado e ao Curso de Pós-Graduação em Geologia Exploratória da UFPR pela oportunidade ofertada.

Agradeço aos meus pais e familiares pela oportunidade de estudo, pelos valores repassados e acima de tudo por ensinarem a acreditar em mim.

Agradeço também a Telma Mika Ueno, minha cara-metade, por seu apoio e compreensão pelas horas ausentes durante a realização deste trabalho e pelo auxílio na edição das figuras.

## RESUMO

A pesquisa objetiva caracterizar, através da aeromagnetometria, uma área fortemente estruturada na porção central do Arco de Ponta Grossa (Bacia do Paraná), situada entre as coordenadas 23°00'-24°00' S e 51°00'-52°00' W. Visa também avaliar as implicações das estruturas na dinâmica do fluxo e na química das águas subterrâneas dos sistemas aquíferos Serra Geral e Guarani. Os dados aeromagnéticos foram tratados qualitativamente, através de técnicas modernas de processamento (1-D, 2-D e 3D), e sua resolução na detecção de diques de dolerito foi avaliada por meio de um estudo comparativo com dados geológico-estruturais de semidetalhe. Os estudos quantitativos foram baseados nas estimativas de profundidades das fontes magnéticas por meio da deconvolução de Euler. Também foram modeladas anomalias de cinco linhas de vôo, incorporando dados paleomagnéticos, com o objetivo de estimar as espessuras dos diques de dolerito, as quais indicaram taxa média de extensão crustal de 12% na região central do Arco de Ponta Grossa. Com base no processamento dos dados magnéticos, interpretou-se a trama estrutural da área, constituída preferencialmente por diques de doleritos de direção geral NW-SE e derrames de basaltos da Formação Serra Geral, além de falhas e fraturas segundo as tendências NE-SW, NW-SE e E-W. As feições magnéticas mapeadas foram comparadas com as principais estruturas da bacia e do seu embasamento, resultando na proposição de novos alinhamentos no contexto do Arco de Ponta Grossa. O arcabouço estrutural foi cotejado com a distribuição espacial de parâmetros hidrogeológicos (potenciometria, vazão, capacidade específica, pH e sólidos totais dissolvidos), extraídos de 625 poços completados na Formação Serra Geral. As estruturas magnéticas também foram relacionadas com mapas ternários de variáveis hidrogeoquímicas, permitindo sugerir zonas preferenciais de conexão hidráulica entre os sistemas aquíferos Guarani e Serra Geral. Finalmente, discute-se a influência do arcabouço estrutural-magnético na produtividade dos poços e no zoneamento hidrogeoquímico.

## ABSTRACT

The research has the objective to characterize by aeromagnetometry an area strongly structured in the central portion of the Ponta Grossa Arch (Parana Basin), located between the coordinates 23°00'-24°00' S and 51°00'-52°00' W. The research aims also to evaluate the implications of the structures on the flux dynamics and the chemistry of the groundwater of the Serra Geral and Guarani Aquifers. The aeromagnetic were treated qualitatively, by modern processing techniques (1-D, 2-D e 3D), and their resolution for dyke detection were evaluated by a comparative semi-detailed study of geological and structural data. The quantitative studies were based on depth estimation of magnetic sources by Euler deconvolution. The anomalies observed along five flight lines were modeled, incorporating paleomagnetic data, with the objective of estimate the thickness of dolerite dykes, which indicated average rate of crustal extension of 12% in the center of the Arco de Ponta Grossa. Dolerite dikes striking NW-SE, basalt flows of Serra Geral formation, as well as fractures and faults with NE-SW, E-W and NW-SE strike compose the area. The mapped magnetic features were compared with the main structures of the Paraná basin and its basement, resulting the proposition of new alignments in the Ponta Grossa Arch. The structural framework was compared with the spatial distribution of hydrogeological parameters extracted from 625 wells available in the Serra Geral formation. The magnetic structures were also compared with ternary maps of hydrochemistry variables, allowing to suggest main zones of hydraulic connections between Guarani and Serra Geral aquifer systems. Finally it has been possible to discuss the influence of structural-magnetic framework in the productivity of the wells as well as in the hydrogeochemistry zoning.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 2.1:</b> MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO RETIRADO DA CARTA DE LONDRINA SF-22-Y-D ORIGINALMENTE NA ESCALA 1:250.000 (IBGE-1977).....	4
<b>FIGURA 4.1:</b> MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO PARANÁ NA AMÉRICA DO SUL (ZALÁN ET AL., 1990).....	8
<b>FIGURA 4.2:</b> COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO PARANÁ. MODIFICADO DE MILANI (1998).....	9
<b>FIGURA 4.3:</b> FAIXAS ESTRUTURAIS DEFINIDAS POR SOARES ET AL. (1982). DENOMINADAS DE: MI (MÉDIO IVAÍ), PQ (MÉDIO PIQUIRI), PR (PARANÁ), GO (GOIOXIM) E PT (PITANGA).....	10
<b>FIGURA 4.4:</b> MAPA DO ARCABOUÇO DA BACIA DO PARANÁ (ZALÁN ET. AL., 1990).- EM NEGRITO ESTÃO DESTACADAS AS ESTRUTURAS DA ÁREA DO ESTUDO. ....	11
<b>FIGURA 4.5:</b> CONFIGURAÇÃO DO ARCO DE PONTA GROSSA E PRINCIPAIS ESTRUTURAS NO CONTEXTO DA BACIA DO PARANÁ (MODIFICADO DE FERREIRA, 1982a). ....	14
<b>FIGURA 5.1:</b> MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DO ESTUDO (MODIFICADO DE CONSÓRCIO CESP - IPT, 1981 - BLOCO SF-22-U(ACS-74)).....	19
<b>FIGURA 6.1:</b> MAPA ÍNDICE DOS LEVANTAMENTOS AEROMAGNETOMÉTRICOS DA BACIA DO PARANÁ NO BRASIL .....	21
<b>FIGURA 6.2:</b> MAPA DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO INTERPOLADO PELO MÉTODO DA CURVATURA MÍNIMA COM MALHA DE 500 X 500M (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45°E).....	24
<b>FIGURA 6.3:</b> MAPA DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO MICRONIVELADO PELA TÉCNICA DE MINTY (1991), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45°E .....	27
<b>FIGURA 6.4:</b> MAPA DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO MICRONIVELADO PELA TÉCNICA DA GEOSOFT (2001), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45°E.....	27
<b>FIGURA 6.5:</b> MAPA DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO (a) PARA O GRID MICRONIVELADO PELO MÉTODO DE MINTY (1991) E (b) PELO O MÉTODO DA GEOSOFT (2001). NOTAR AS ANOMALIAS ESPÚRIAS AO LONGO DAS LINHAS DE VÔO NO MAPA DA ESQUERDA.....	28
<b>FIGURA 7.1:</b> ESPECTRO DE POTÊNCIA RADIAL GERADO A PARTIR DO GRID MICRONIVELADO.....	30
<b>FIGURA 7.2:</b> MAPA DE ANOMALIAS DE FONTES PROFUNDAS (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	33
<b>FIGURA 7.3:</b> MAPA DE ANOMALIAS DE FONTES INTERMEDIÁRIAS (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E) .....	33

<b>FIGURA 7.4:</b> MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA APARENTE DAS FONTES PROFUNDAS (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	<b>36</b>
<b>FIGURA 7.5:</b> MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA APARENTE DAS FONTES INTERMEDIÁRIAS (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	<b>36</b>
<b>FIGURA 7.6:</b> MAPA DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO APÓS CONTINUAÇÃO ASCENDENTE DE 1550 M (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	<b>37</b>
<b>FIGURA 7.7:</b> MAPA DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO APÓS CONTINUAÇÃO ASCENDENTE DE 2550 M (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	<b>37</b>
<b>FIGURA 7.8:</b> MAPA DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO APÓS CONTINUAÇÃO ASCENDENTE DE 5550 M (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	<b>38</b>
<b>FIGURA 7.9:</b> MAPA DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO APÓS CONTINUAÇÃO ASCENDENTE DE 9550 M (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	<b>38</b>
<b>FIGURA 7.10:</b> MAPA DO GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL DE ORDEM ZERO (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	<b>40</b>
<b>FIGURA 7.11:</b> MAPA DO GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL DE ORDEM UM (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	<b>40</b>
<b>FIGURA 7.12:</b> EXEMPLO MOSTRANDO A APLICAÇÃO DO SINAL ANALÍTICO DE ORDENS 0, 1 E 2 EM DIQUES COM AS ESPESSURAS VARIANDO DE 1 A 7 KM. O MODELO APRESENTA INCLINAÇÃO DE $-5^{\circ}$ , DECLINAÇÃO DE $30^{\circ}$ E MAGNETIZAÇÃO DE 200 NT (MODIFICADO DE HSU ET AL., 1998).....	<b>42</b>
<b>FIGURA 7.13:</b> MAPA DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	<b>44</b>
<b>FIGURA 7.14:</b> MAPA DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM UM (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	<b>44</b>
<b>FIGURA 7.15:</b> MAPA DA FASE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	<b>45</b>
<b>FIGURA 7.16:</b> MAPA DA FASE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM UM (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	<b>45</b>
<b>FIGURA 7.17:</b> MAPA DE PROFUNDIDADES DAS FONTES MAGNÉTICAS. CALCULADAS PELA DECONVOLUÇÃO DE EULER PARA UMA JANELA DE BUSCA DE 5.000 m. ....	<b>48</b>
<b>FIGURA 7.18:</b> HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DA DISTRIBUIÇÃO DE PROFUNDIDADES DAS FONTES MAGNÉTICAS UTILIZANDO UMA JANELA DE BUSCA DE 5.000 m. ....	<b>48</b>
<b>FIGURA 7.19:</b> ALINHAMENTOS DE FONTES MAGNÉTICAS SEPARADAS POR CLASSES DE PROFUNDIDADES INDICANDO AS PRINCIPAIS ESTRUTURAS DO ARCO DE PONTA GROSSA.....	<b>49</b>
<b>FIGURA 7.20:</b> (A) - MODELO DIGITAL DE TERRENO DA ÁREA DO ESTUDO, (B) - ALINHAMENTOS NEGATIVOS DO MODELO DIGITAL DE TERRENO, E (C) DIAGRAMAS DE ROSETAS DAS DIREÇÕES ESTRUTURAIS.....	<b>51</b>

<b>FIGURA 8.1:</b> PERFIL MAGNÉTICO TERRESTRE REALIZADO NA MINA SAIVÁ (PR), ONDE FORAM APLICADOS FILTROS DE SUAVIZAÇÃO (A) E DE REALCE (B) DAS ANOMALIAS ASSOCIADAS A DIQUES.....	<b>55</b>
<b>FIGURA 8.2:</b> LOCALIZAÇÃO DA SUBÁREA SELECIONADA PARA A ANÁLISE DE RESOLUÇÃO, POSICIONADA EM RELAÇÃO À ÁREA DO ESTUDO.....	<b>57</b>
<b>FIGURA 8.3:</b> MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DE UMA ÁREA ONDE FOI REALIZADO UM MAPEAMENTO DE DETALHE DOS DIQUES E FALHAS EXISTENTES (MODIFICADO DE STRUGALE, 2002).....	<b>59</b>
<b>FIGURA 8.4:</b> MAPA DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO COM INDICAÇÃO DAS ESTRUTURAS GEOLÓGICAS DA ÁREA (STRUGALE, 2002). (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	<b>60</b>
<b>FIGURA 8.5:</b> MAPA DA FASE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO COM INDICAÇÃO DAS ESTRUTURAS GEOLÓGICAS DA ÁREA (STRUGALE, 2002). (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	<b>60</b>
<b>FIGURA 8.6:</b> MAPA DO GRADIENTE HORIZONTAL DE ORDEM ZERO COM INDICAÇÃO DAS ESTRUTURAS GEOLÓGICAS DA ÁREA (STRUGALE, 2002). (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).....	<b>61</b>
<b>FIGURA 8.7:</b> MAPA DE ESTRUTURAS DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO DA ÁREA DE STRUGALE, 2002.....	<b>61</b>
<b>FIGURA 8.8:</b> MAPA DE ESTRUTURAS DA FASE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO DA ÁREA DE STRUGALE, 2002.....	<b>62</b>
<b>FIGURA 8.9:</b> MAPA DE ESTRUTURAS DO GRADIENTE HORIZONTAL DE ORDEM ZERO DA ÁREA DE STRUGALE, 2002.....	<b>62</b>
<b>FIGURA 9.1:</b> LOCALIZAÇÃO DAS SUBÁREAS E DOS SÍTIOS AMOSTRADOS NO ESTUDO DE RAPOSO (1995). 1 - ALINHAMENTO DE GUAPIARA, 2- ALINHAMENTO SÃO JERÔNIMO - CURIÚVA, 3 - ALINHAMENTO DO RIO ALONZO E 4 - ALINHAMENTO DO RIO PIQUIRI.....	<b>66</b>
<b>FIGURA 9.2:</b> HISTOGRAMAS GERADOS A PARTIR DOS DADOS PALEOMAGNÉTICOS DE RAPOSO (1992) PARA OS PARÂMETROS DECLINAÇÃO, INCLINAÇÃO, SUSCEPTIBILIDADE (CGS) E FATOR DE KOENISBERGER (Q) .....	<b>67</b>
<b>FIGURA 9.3:</b> REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS PARÂMETROS GEOMÉTRICOS ENVOLVIDOS NO MODELO TABULAR 1 (2-D), EM CORTE E EM PLANTA .....	<b>69</b>
<b>FIGURA 9.4:</b> MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ANOMALIAS MODELADAS NAS LINHAS DE VÔO (AS SETAS INDICAM OS LIMITES DOS PERFIS PARA O CÁLCULO DA EXTENSÃO CRUSTAL E EM VERDE ESTÃO REPRESENTADAS AS ESTRUTURAS MAGNÉTICAS DE DIREÇÃO NW-SE, INTERPRETADAS A PARTIR DO MAPA DO SINAL ANALÍTICO, FIGURA 10.2C).....	<b>73</b>
<b>FIGURA 9.5:</b> REPRESENTAÇÃO DOS DIQUES MODELADOS E SUAS RELAÇÕES COM OS PERFIS DO CAMPO MAGNÉTICO RESIDUAL, DA DERIVADA HORIZONTAL E DO SINAL ANALÍTICO DA LINHA 1200 .....	<b>77</b>

<b>FIGURA 9.6:</b> REPRESENTAÇÃO DOS DIQUES MODELADOS E SUAS RELAÇÕES COM OS PERFIS DO CAMPO MAGNÉTICO RESIDUAL, DA DERIVADA HORIZONTAL E DO SINAL ANALÍTICO DA LINHA 1400.....	<b>78</b>
<b>FIGURA 9.7:</b> REPRESENTAÇÃO DOS DIQUES MODELADOS E SUAS RELAÇÕES COM OS PERFIS DO CAMPO MAGNÉTICO RESIDUAL, DA DERIVADA HORIZONTAL E DO SINAL ANALÍTICO DA LINHA 1600.....	<b>78</b>
<b>FIGURA 9.8:</b> REPRESENTAÇÃO DOS DIQUES MODELADOS E SUAS RELAÇÕES COM OS PERFIS DO CAMPO MAGNÉTICO RESIDUAL, DA DERIVADA HORIZONTAL E DO SINAL ANALÍTICO DA LINHA 1840.....	<b>79</b>
<b>FIGURA 9.9:</b> REPRESENTAÇÃO DOS DIQUES MODELADOS E SUAS RELAÇÕES COM OS PERFIS DO CAMPO MAGNÉTICO RESIDUAL, DA DERIVADA HORIZONTAL E DO SINAL ANALÍTICO DA LINHA 2000.....	<b>79</b>
<b>FIGURA 10.1:</b> PRINCIPAIS ESTRUTURAS DO EMBASAMENTO DA BACIA DO PARANÁ SOBREPOSTAS AO MAPA MAGNÉTICO PARCIAL DO ESTADO DO PARANÁ. (ESTRUTURAS COMPILADAS DE SOARES <i>ET AL.</i> (1981), FERREIRA (1982) E ZALÁN <i>ET. AL.</i> (1990)).....	<b>84</b>
<b>FIGURA 10.2:</b> MAPA DE ESTRUTURAS DO GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL (A), FASE (B) E AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO (C). ABAIXO TAMBÉM SÃO MOSTRADOS OS DIAGRAMAS DE ROSETAS PARA AS DIREÇÕES DOS ALINHAMENTOS.....	<b>86</b>
<b>FIGURA 10.3:</b> ESTRUTURAS DO MAPA DE ANOMALIAS DE AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO E FEIÇÕES DE RELEVO ASSOCIADAS.....	<b>90</b>
<b>FIGURA 10.4:</b> ARCABOUÇO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO DA ÁREA DE ESTUDO.....	<b>92</b>
<b>FIGURA 10.5:</b> MAPA DE PROFUNDIDADE DAS FONTES MAGNÉTICAS E OS PRINCIPAIS ALINHAMENTOS DO ARCO DE PONTA GROSSA.....	<b>92</b>
<b>FIGURA 11.1:</b> CORRELAÇÃO ENTRE AS COTAS POTENCIOMÉTRICAS E DOS POÇOS.....	<b>100</b>
<b>FIGURA 11.2:</b> PERFIS DE DIREÇÃO SW-NE INDICANDO AS RELAÇÕES ENTRE RELEVO, POTENCIOMETRIA, VAZÃO, STD E CAPACIDADE ESPECÍFICA. AS SETAS INDICAM A POSIÇÃO DOS ALINHAMENTOS DO ARCO DE PONTA GROSSA: A- RIO ALONZO; B- MARINGÁ; C- EIXO DO ARCO; D- ARAPONGAS; E- SÃO JERÔNIMO-CURIÚVA.....	<b>101</b>
<b>FIGURA 11.3:</b> MAPA POTENCIOMÉTRICO DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL SOBREPOSTO AO MDT INDICANDO A LOCALIZAÇÃO DO PERFIL SW-NE.....	<b>104</b>
<b>FIGURA 11.4:</b> MAPA DE VAZÕES E ARCABOUÇO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO SIMPLIFICADO.....	<b>104</b>
<b>FIGURA 11.5:</b> MAPA DA CAPACIDADE ESPECÍFICA E ARCABOUÇO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO SIMPLIFICADO.....	<b>105</b>
<b>FIGURA 11.6:</b> MAPA DE SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS E ARCABOUÇO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO SIMPLIFICADO.....	<b>105</b>

<b>FIGURA 11.7:</b> MAPA DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO E ARCABOUÇO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO SIMPLIFICADO.....	<b>106</b>
<b>FIGURA 11.8:</b> DIAGRAMAS DE PIPER DOS CÁTIOS E ÂNIOS DA REGIÃO CENTRAL DO ARCO DE PONTA GROSSA.....	<b>108</b>
<b>FIGURA 11.9:</b> DIAGRAMA DE PIPER (MODIFICADO), DA CLASSIFICAÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL NO ESTADO DO PARANÁ (FRAGA, 1992).....	<b>109</b>
<b>FIGURA 11.10:</b> COMPARAÇÃO ENTRE A ESCALA DE CORES RGB E OS DIAGRAMAS TRIANGULARES DE PIPER PARA OS CÁTIOS E ÂNIOS.....	<b>111</b>
<b>FIGURA 11.11:</b> MAPA TERNÁRIO DOS ÂNIOS E O ARCABOUÇO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO SIMPLIFICADO.....	<b>113</b>
<b>FIGURA 11.12:</b> MAPA TERNÁRIO DOS CÁTIOS E O ARCABOUÇO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO SIMPLIFICADO.....	<b>113</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 6.1:</b> PARÂMETROS DE AQUISIÇÃO, PERÍODOS E ÁREAS ABRANGIDAS PELOS LEVANTAMENTOS AEROMAGNETOMÉTRICOS DA BACIA DO PARANÁ NO BRASIL.....	<b>20</b>
<b>TABELA 6.2:</b> ESTATÍSTICAS DOS VALORES DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO RESULTANTE DOS DIFERENTES MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO TESTADOS.....	<b>23</b>
<b>TABELA 6.3:</b> ESTATÍSTICAS DOS MELHORES RESULTADOS VISUAIS OBTIDOS PELAS TÉCNICAS DE INTERPOLAÇÃO UTILIZADAS.....	<b>26</b>
<b>TABELA 8.1:</b> SUSCEPTIBILIDADES MAGNÉTICAS MÉDIAS DAS ROCHAS DA MINA SAIVÁ (PR).....	<b>54</b>
<b>TABELA 9.1:</b> ESTATÍSTICAS DOS DADOS PALEOMAGNÉTICOS.....	<b>67</b>
<b>TABELA 9.2:</b> LIMITES ADOTADOS PARA OS PARÂMETROS DAS MODELAGENS....	<b>71</b>
<b>TABELA 9.3:</b> QUADRO RESUMO DAS ANOMALIAS MODELADAS DA LINHA 1200.....	<b>74</b>
<b>TABELA 9.4:</b> QUADRO RESUMO DAS ANOMALIAS MODELADAS DA LINHA 1400.....	<b>74</b>
<b>TABELA 9.5:</b> QUADRO RESUMO DAS ANOMALIAS MODELADAS DA LINHA 1600.....	<b>75</b>
<b>TABELA 9.6:</b> QUADRO RESUMO DAS ANOMALIAS MODELADAS DA LINHA 1840.....	<b>75</b>
<b>TABELA 9.7:</b> QUADRO RESUMO DAS ANOMALIAS MODELADAS DA LINHA 2000.....	<b>76</b>
<b>TABELA 9.8:</b> TAXAS DE EXTENSÃO CRUSTAL MÍNIMAS CALCULADAS PARA A REGIÃO CENTRAL DO ARCO DE PONTA GROSSA.....	<b>81</b>
<b>TABELA 11.1:</b> ESTATÍSTICAS DOS PARÂMETROS DE INTERESSE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ÁREA DO ESTUDO.....	<b>99</b>
<b>TABELA 11.2:</b> CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ÁREA DO ESTUDO.....	<b>107</b>
<b>TABELA 11.3:</b> DADOS HIDROQUÍMICOS UTILIZADOS NA GERAÇÃO DOS MAPAS TERNÁRIOS. OS VALORES ESTÃO EXPRESSOS EM PORCENTAGEM DE MILIEQUIVALENTES POR LITRO.....	<b>114</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

cgs - sigla de sistema c. g. s

*e.m.u – electromagnetic unit*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

*IGRF – International Geomagnetic ReferenceField*

Ma – milhões de anos

meq/L – miliequivalente por litro

MDT – Modelo Digital de Terreno

nT – nano Tesla

SAG – Sistema Aquífero Guarani

SASG – Sistema Aquífero Serra Geral

SI – Sistema Internacional

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

## 1 INTRODUÇÃO

O reconhecimento aeromagnetométrico de grandes zonas de falhas de direção geral NW-SE, no sul-sudeste do Brasil, preenchidas por cerrados enxames de diques de doleritos, permitiu a proposição de uma nova configuração para o Arco de Ponta Grossa (Ferreira, 1982a,b), constituída por quatro alinhamentos estruturais: Guapiara (limite setentrional), São Jerônimo-Curiúva e Rio Alonso (região central) e Rio Piquiri (limite meridional). Os alinhamentos exibem extensões mínimas de 600 km, larguras máximas de 100 km na região central do arco, e distribuem-se desde a margem continental contígua até pelo menos o rio Paraná. Tais estruturas de direção geral NW-SE, em conjunção com outras dispostas segundo NE-SW, E-W e N-S, contribuíram para o estabelecimento de um novo arcabouço estrutural da Bacia do Paraná, do que decorreram interpretações atualizadas de sua evolução tectono-sedimentar (Zalán et al., 1990; Milani, 1997).

A proposição recente de projetos de pesquisa hidrogeológica na Bacia do Paraná (Rebouças e Amore, 2002; Rosa Filho *et al.*, 2003), cujo foco central é avaliar o potencial, o fluxo, o quimismo e a proteção ambiental das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Guarani (SAG), em correspondência ao arcabouço estrutural, motivou investigar a partir de uma área fortemente estruturada da região central do Arco de Ponta Grossa as eventuais relações entre dados geofísicos, geológicos e hidrogeológicos.

Na região noroeste do Paraná, o abastecimento de água a partir do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) é essencial para suprir o aumento do consumo decorrente do crescimento populacional dos grandes centros urbanos. Este sistema aquífero fissural apresenta condições hidrogeológicas heterogêneas e anisotrópicas (Rebouças, 1978), que oferece água de boa qualidade para o consumo humano. Os poços completados no SASG apresentam melhores resultados quando situados próximos a lineamentos estruturais.

Em condições especiais pode ocorrer a conexão do SASG com o SAG granular, sotoposto, modificando as características químicas das águas nos basaltos. Águas de poços perfurados no SASG que apresentam influência do aquífero subjacente são normalmente alcalinas e exibem teores de sódio mais elevados que os de cálcio. Acredita-se que a conexão dos aquíferos esteja relacionada com a presença de estruturas profundas, por onde as águas do SAG podem ascender através de condições potenciométricas favoráveis e se mesclarem com águas do sistema aquífero sobrejacente.

## **2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO**

A área do estudo situa-se geograficamente na porção noroeste do estado do Paraná, na macro-região sul do Brasil, a aproximadamente 400 km da capital Curitiba. Encerrada entre os paralelos 23°00' e 24°00' S e os meridianos 51°00' e 52°00' W, configura uma área aproximada de 11.300 km<sup>2</sup> (Figura 2.1). O acesso se faz pelas rodovias federais BR-376 e BR-369, as quais ligam as cidades de Curitiba e São Paulo.

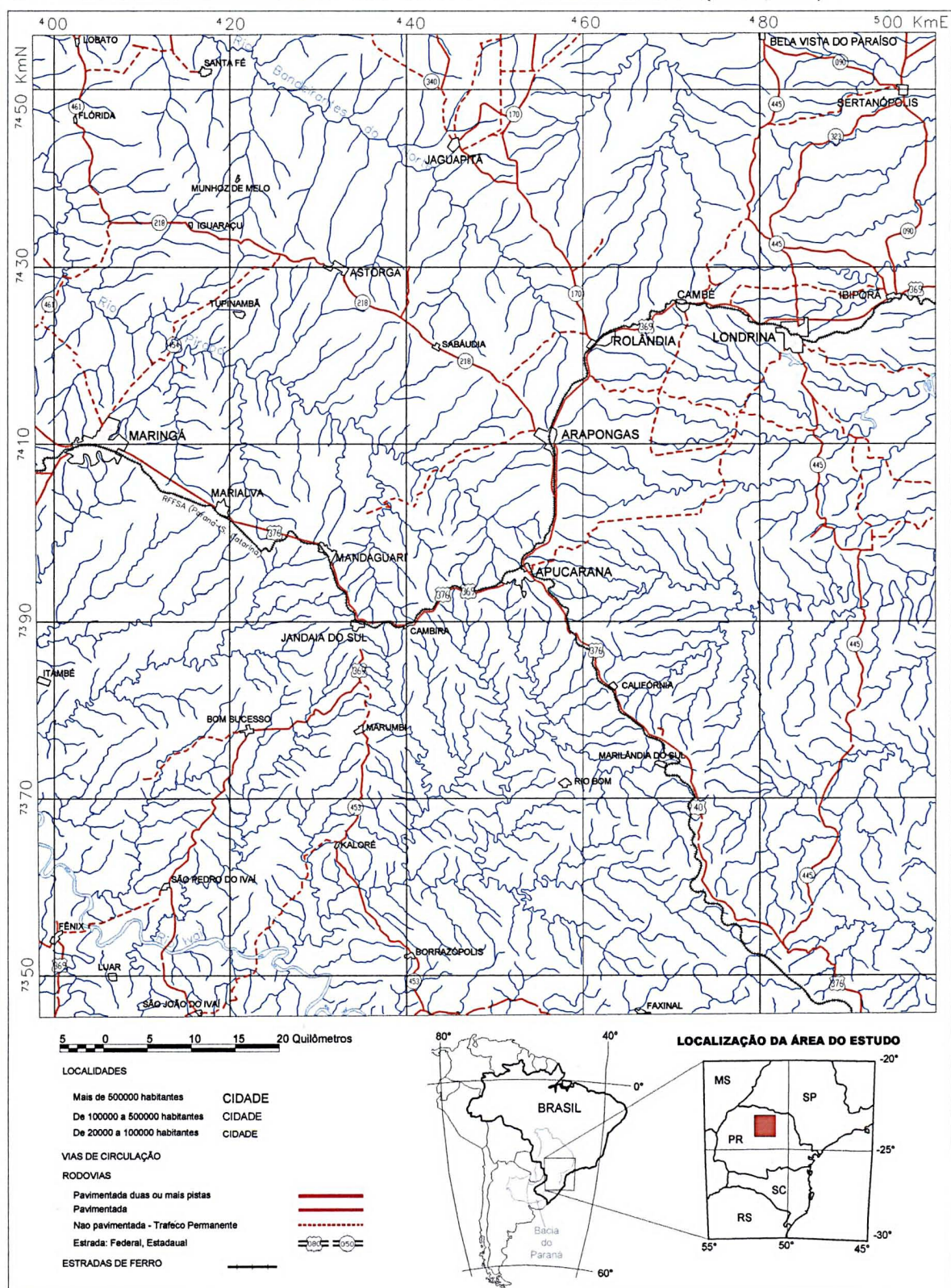
A altitude média da área é de 600 m, com variações de cota entre 1250 m na Serra do Cadeado, a sudeste, e 300 m nas proximidades do leito do rio Ivaí, a sudoeste. O relevo é condicionado estruturalmente pela presença de diques de dolerito, falhas e fraturas que afetaram os litotipos desta área. Tal estruturação também refletida na rede hidrográfica, faz com que os rios se orientem segundo as direções preferenciais NE-SW e NW-SE.

A hidrografia é caracterizada pelos afluentes das bacias hidrográficas dos rios Pirapó e Tibagi, com este último a leste da área do estudo. As drenagens destas bacias hidrográficas deságuam no rio Paranapanema, a norte. Além destas bacias a área envolve a bacia do rio Ivaí, o qual segue para oeste até desaguar no rio Paraná. A ocupação dos municípios, bem como das principais cidades desta região (Londrina, Maringá e Apucarana), deu-se principalmente nos divisores de águas.

Os solos desta região são predominantemente do tipo latossolo – terra roxa, característico do intemperismo dos basaltos. Em virtude do alto grau de intemperismo, normalmente a presença de diques de dolerito não gera feições de relevo bem definidas. O relevo é caracterizado por feições desde morros até colinas largas e amplas, com vales encaixados que abrigam diversos afluentes. Comumente se observa a variação do tipo de relevo sobre a mesma unidade geológica, evidenciando comportamentos diferenciados frente ao intemperismo, devido a variações na composição mineralógica destas rochas e a presença de estruturas geológicas.

Capítulo 2 – Caracterização da Área do Estudo

**FIGURA 2.1:** MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO RETIRADO DA CARTA DE LONDRINA SF-22-Y-D ORIGINALMENTE NA ESCALA 1:250.000 (IBGE,1977)



### **3 OBJETIVOS**

Através da análise de dados aeromagnéticos procurou-se caracterizar as estruturas da área do estudo e avaliar suas relações com a circulação de águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) e identificar possíveis áreas de conexão hidráulica com o Sistema Aquífero Guarani (SAG), sotoposto.

Atualmente, com o desenvolvimento de modernas técnicas de processamento de dados geofísicos, foi possível caracterizar estruturas que antes dificilmente poderiam ser identificadas através da interpretação de mapas de contorno analógicos. A partir destas novas técnicas foi reavaliado o potencial dos dados aeromagnéticos obtidos durante a década dos 80, os quais foram interpretados através de métodos correntes na época (Ferreira, 1982 a,b).

Neste trabalho, os dados magnéticos foram processados e interpretados principalmente pelos métodos do sinal analítico e do gradiente horizontal. Com a finalidade de complementar a interpretação estrutural-magnética, foi realizado um estudo de resolução dos dados magnéticos na identificação de diques, através da análise de perfis terrestres e da correlação com a geologia de uma área contígua, onde as estruturas de interesse foram mapeadas por fotointerpretação e trabalhos de campo, apresentando uma boa acurácia para o propósito de integração geofísico-geológica.

Com o intento de melhor caracterizar as estruturas magnéticas, foram modeladas as anomalias ao longo de cinco linhas de vôo, visando determinar os parâmetros físicos e geométricos das estruturas, possivelmente associadas a diques de dolerito. Além das modelagens, também foi utilizada a técnica da deconvolução de Euler, a qual possibilitou estimar a profundidade das fontes anômalas.

A partir das informações geradas pelos dados aeromagnéticos, objetivou-se avaliar as possíveis influências das estruturas na circulação das águas do SASG. Os dados hidrogeológicos foram analisados a partir de poços completados na Formação

Serra Geral, situados na área do estudo, onde foram contemplados parâmetros como potenciometria, vazão, capacidade específica, pH e sólidos totais dissolvidos. Para identificar zonas de conexão hidráulica entre o SASG e o SAG, foram considerados dados hidroquímicos, uma vez que, por condição potenciométrica favorável do SAG, as águas ascendem até a Formação Serra Geral através de estruturas geológicas.

Os parâmetros hidrogeológicos e hidroquímicos foram cotejados com a moldura estrutural obtida, principalmente, pela interpretação dos dados aeromagnéticos, no sentido de determinar a influência das estruturas na dinâmica dos mencionados sistemas aquíferos.

## 4 CONTEXTO GEOLÓGICO

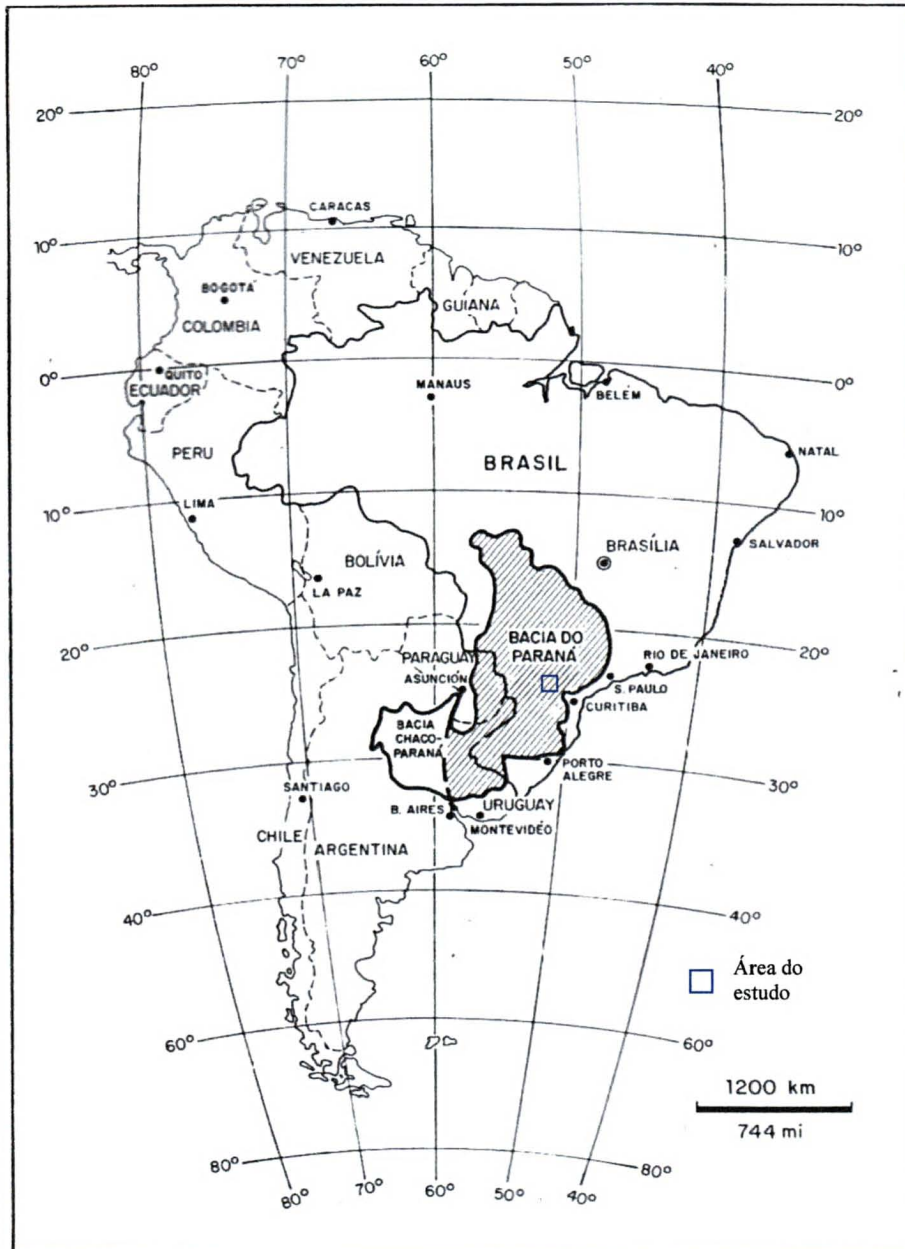
A Bacia do Paraná é uma bacia intracratônica instalada no continente sul-americano (Figura 4.1), abrangendo uma área superior a 1.400.000 km<sup>2</sup>. Seus limites atualmente abrangem tratos situados no centro-sul do Brasil, norte do Uruguai, mesopotâmia Argentina e oeste paraguaio. Sua história evolutiva está intimamente relacionada com as variações eustáticas do nível do mar, associada a eventos de subsidência ocorridos no domínio intraplaca, em resposta a esforços orogênicos paleozóicos na borda oeste do continente e a tafrogenia mesozóica responsável pela abertura do oceano Atlântico Sul.

O registro estratigráfico da Bacia do Paraná se distribui desde o neo-Ordoviciano ( $\pm 450$  Ma) até o neo-Cretáceo ( $\pm 65$  Ma), representando um intervalo de cerca de 385 Ma, no qual estão registrados períodos descontínuos de sedimentação limitados por discordâncias regionais.

Milani (1997), considera para o arcabouço aloestratigráfico da Bacia do Paraná um conjunto de seis superseqüências, as quais são delimitadas por superfícies de discordância de caráter inter-regional, são elas: Superseqüência Rio Ivaí (Caradociano – Landoveriano), Superseqüência Paraná (Lockoviano – Frasniano), Superseqüência Gondwana I (Westphaliano – Scythiano), Superseqüência Gondwana II (Neoanisiano – Eonoriano), Superseqüência Gondwana III (Neojurássico – Berriasiano) e Superseqüência Bauru (Aptiano – Maastrichiano). As três primeiras superseqüências correspondem a grandes ciclos transgressivos/regressivos paleozóicos, enquanto as demais são representadas por unidades essencialmente continentais associadas a rochas vulcânicas (Figura 4.2).

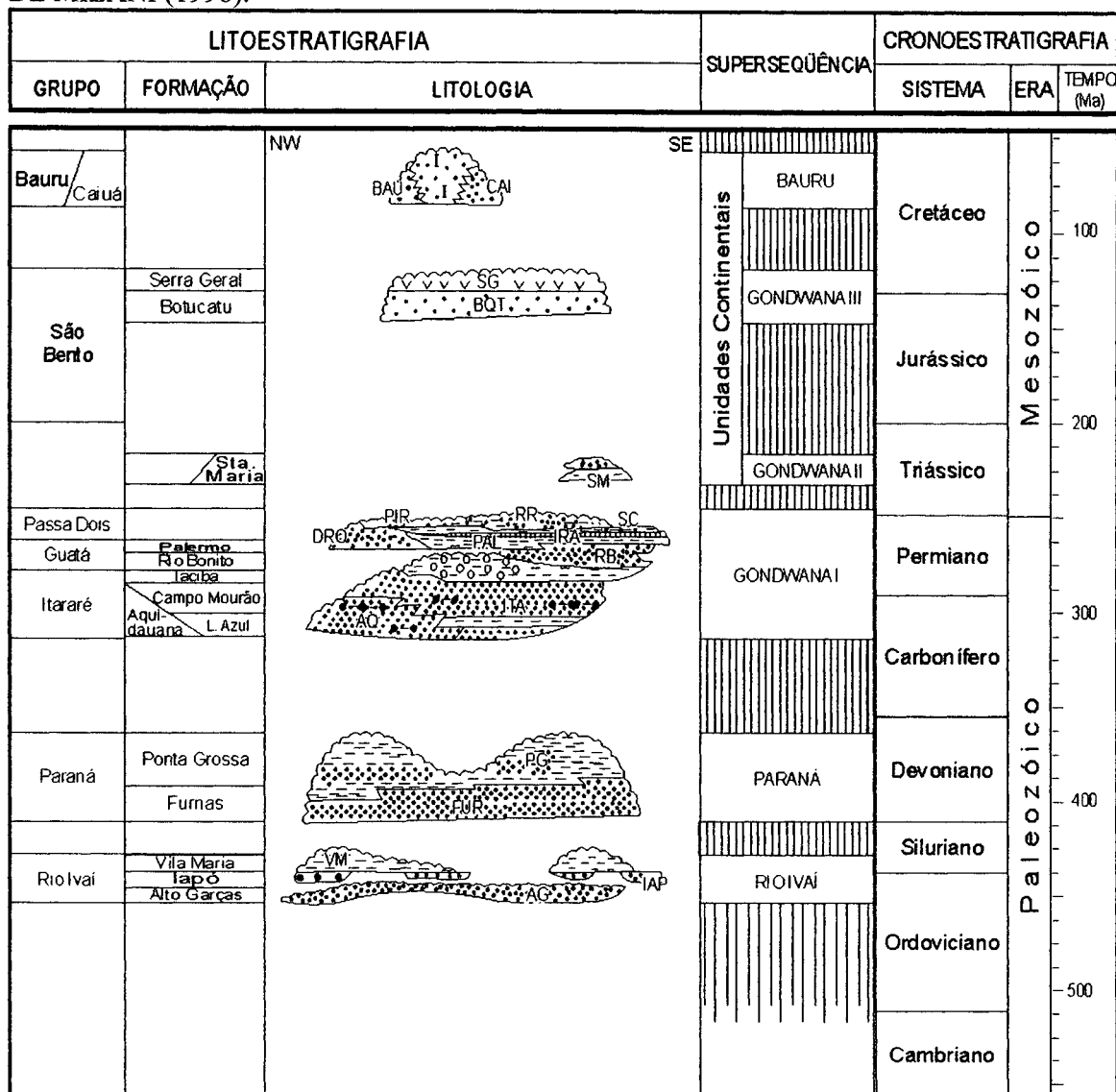
O embasamento da bacia é constituído pela interação de blocos crustais que foram soldados durante o processo colisional Brasileiro, por ocasião da consolidação do Gondwana. Os reflexos da acomodação isostática deste embasamento heterogêneo, devido ao acúmulo de sedimentos, foram marcantes durante a evolução da bacia.

**FIGURA 4.1:** MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO PARANÁ NA AMÉRICA DO SUL (ZALÁN ET AL., 1990).



Segundo Milani e Ramos (1998), a Bacia do Paraná, apesar de ser suportada por um embasamento cratônico desde sua implantação, foi influenciada em sua vizinhança por cinturões colisionais ativos e bacias de antepaís a eles relacionadas. Ciclos orogênicos distintos ensejaram a reativação transtensiva de zonas de fraqueza antigas, além de mudanças nas taxas de subsidência da bacia.

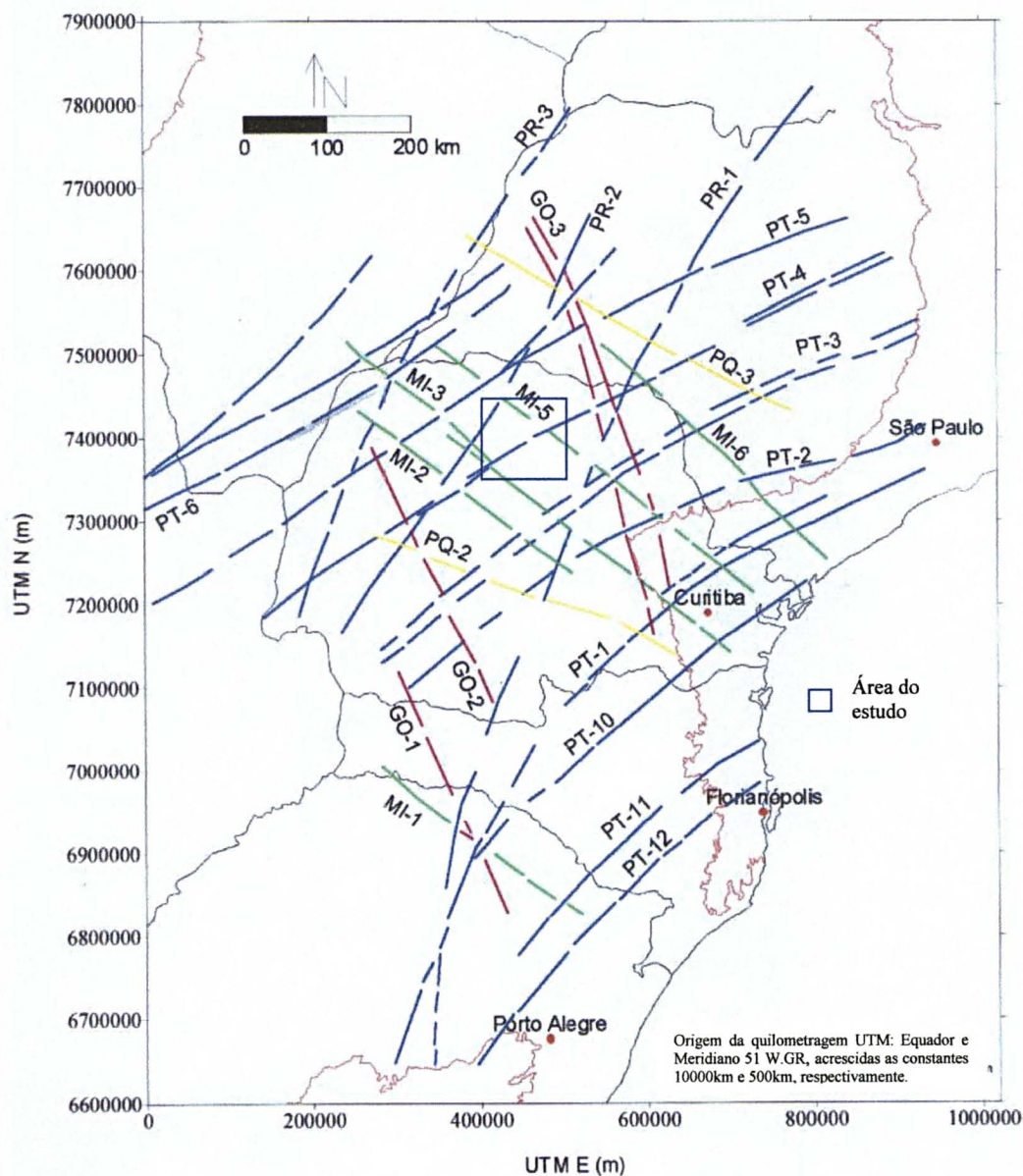
**FIGURA 4.2:** COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO PARANÁ. MODIFICADO DE MILANI (1998).



Segundo Soares (1991), as cinco direções principais das estruturas que afetaram a bacia são: Paraná (N25E), Pitanga (N60E), Rio Ivaí (N45W), Rio Piquiri (N70W), Goioxim (N5-20W) e, secundariamente, Tapirapui (N-S) e

Paranapanema (E-W), conforme a Figura 4.3. Estas estruturas estariam vinculadas a processos tardi-colisionais, associados à intensa tectônica transcorrente na região.

**FIGURA 4.3:** FAIXAS ESTRUTURAIS DEFINIDAS POR SOARES *ET AL.* (1982). DENOMINADAS DE: MI (MÉDIO IVAÍ), PQ (MÉDIO PIQUIRI), PR (PARANÁ), GO (GOIOXIM) E PT (PITANGA).

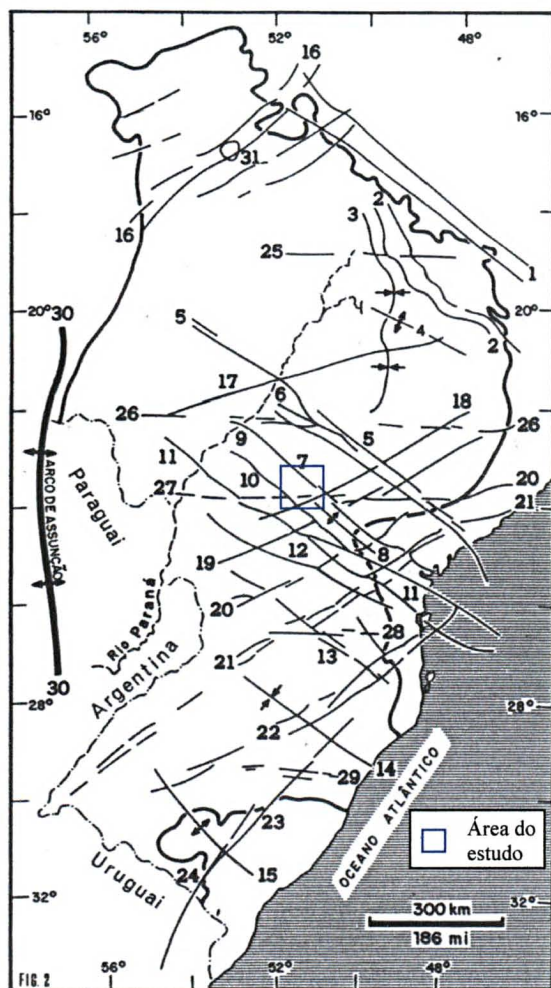


A direção N25-45E (Paraná) é bastante desenvolvida e corresponde a um leque de falhas de empurrão de alto ângulo até falhas mistas, com rejeito apresentando cinemática reversa e lateral direita, e que no início do Paleozóico funcionaram como falhas normais; a direção N55-60E (Pitanga), é a mais importante em termos de deformação e extensão, correspondendo ao *trend*

principal do sistema de transcorrência do sudeste, com cinemática horária no final do Proterozóico e anti-horária no início do Paleozóico; as direções N45W (Ivaí) e N70W (Piquiri) correspondem a fraturas distencionais do sistema de transcorrência Neoproterozóico e a direção Goioxim (N5-20W) apresenta cinemática anti-horária.

Rostirolla *et al.* (2000), determinaram dois eventos importantes do sistema NE-SW da falha da Jacutinga: o primeiro foi transpressivo com cinemática anti-horária e ocorreu na transição Permiano-Triássico, durante a orogenia *La Ventana*; o segundo manifestou-se durante e/ou após o magmatismo Serra Geral, apresentando caráter transcorrente distensivo, provavelmente horário.

**FIGURA 4.4:** MAPA DO ARCABOUÇO ESTRUTURAL DA BACIA DO PARANÁ (ZALÁN ET AL., 1990).- EM NEGRITO ESTÃO DESTACADAS AS ESTRUTURAS DA ÁREA DO ESTUDO.



Legenda:

- 1- Arco do Alto Parnaíba; 2- Flexura de Goiânia; 3- Baixo de Ipiacú/Campina Verde; 4- Alto de Cardoso; 5- Z.F. de Guapiara; 6- Falha de Santo Anastácio; 7- **Falha de São Jerônimo - Curiúva**; 8- Arco de Ponta Grossa; 9- **Z.F. de Curitiba - Maringá**; 10- **Falha do Rio Alonzo**; 11- Z.F. Cândido de Abreu - Campo Mourão; 12- Lin. do Rio Piquiri; 13- Z.F. Caçador; 14- Sinclinal de Torres; 15- Arco do Rio Grande; 16- Lin. Transbrasiliiano; 17- Lin. de Araçatuba; 18- **Falha de Guaxupé**; 19- Falha da Jacutinga; 20- Z.F. de Taxaquara; 21- Z.F. da Lancinha; 22- Z.F. de Blumenau - Soledade; 23- Falha do Leão; 24- Falha de Açotea; 25- Lin. Cassilândia; 26- Lin. Moji-Guaçu - Dourados; 27- **Lin. de São Sebastião**; 28- Lin. de Taquara Verde; 29- Lin. Bento Gonçalves; 30- Arco de Assunção; 31- Domo de Araguainha.

Este arcabouço estrutural também foi detalhado por Zalán *et al.* (1990), onde os autores relacionaram a evolução estratigráfica – estrutural com os *trends* herdados do embasamento (Figura 4.4). Tais autores também subdividiram as estruturas em três grupos principais, separados por direções NW–SE, NE–SW e E–W. As duas primeiras são as mais importantes e podem constituir falhas simples ou extensas zonas de falhas com centenas de quilômetros de comprimento e algumas dezenas de quilômetros de largura, que foram afetadas por cinemáticas com componentes horizontais e verticais. Um exemplo destas falhas NW-SE é a Zona de Falha Curitiba – Maringá, a qual ocorre na porção central da área do estudo e apresentou constantes reativações durante o Paleozóico.

Outra estrutura NW–SE de grande importância nesta região é o Arco de Ponta Grossa, que corresponde a uma feição tectônica de soerguimento, ativa desde pelo menos o Devoniano (Ferreira, 1982b). Foi contudo entre o Jurássico e o Cretáceo Inferior que suas estruturas mais se realçaram e adquiriram sua configuração atual (Almeida, 1986).

Associado a esta estrutura ocorre um dos mais proeminentes enxames de diques máficos do Fanerozóico brasileiro. Estes diques apresentam espessuras de até centenas de metros (Fúlfaro e Suguio, 1967), e comprimentos maiores que 100 km (Almeida *op cit.*). A presença deste enxame de diques na região do Arco de Ponta Grossa, alinhado com a Cadeia São Paulo – Walvis, indica que o estiramento diferencial na região protoceânica não foi totalmente compensado durante a abertura do Atlântico Sul, supondo-se que o resíduo ao longo da direção de abertura (WNW - ESE), deve corresponder, no mínimo, ao somatório das espessuras dos diques básicos (Chang e Kowsmann, 1991).

Fundamentado principalmente em dados aeromagnetométricos da região do Arco de Ponta Grossa, Ferreira (1982a) descreveu quatro lineamentos principais constituintes dessa estrutura, que foram denominados de Guapiara, São Jerônimo – Curiúva, Rio Alonso e Rio Piquiri (Figura 4.5).

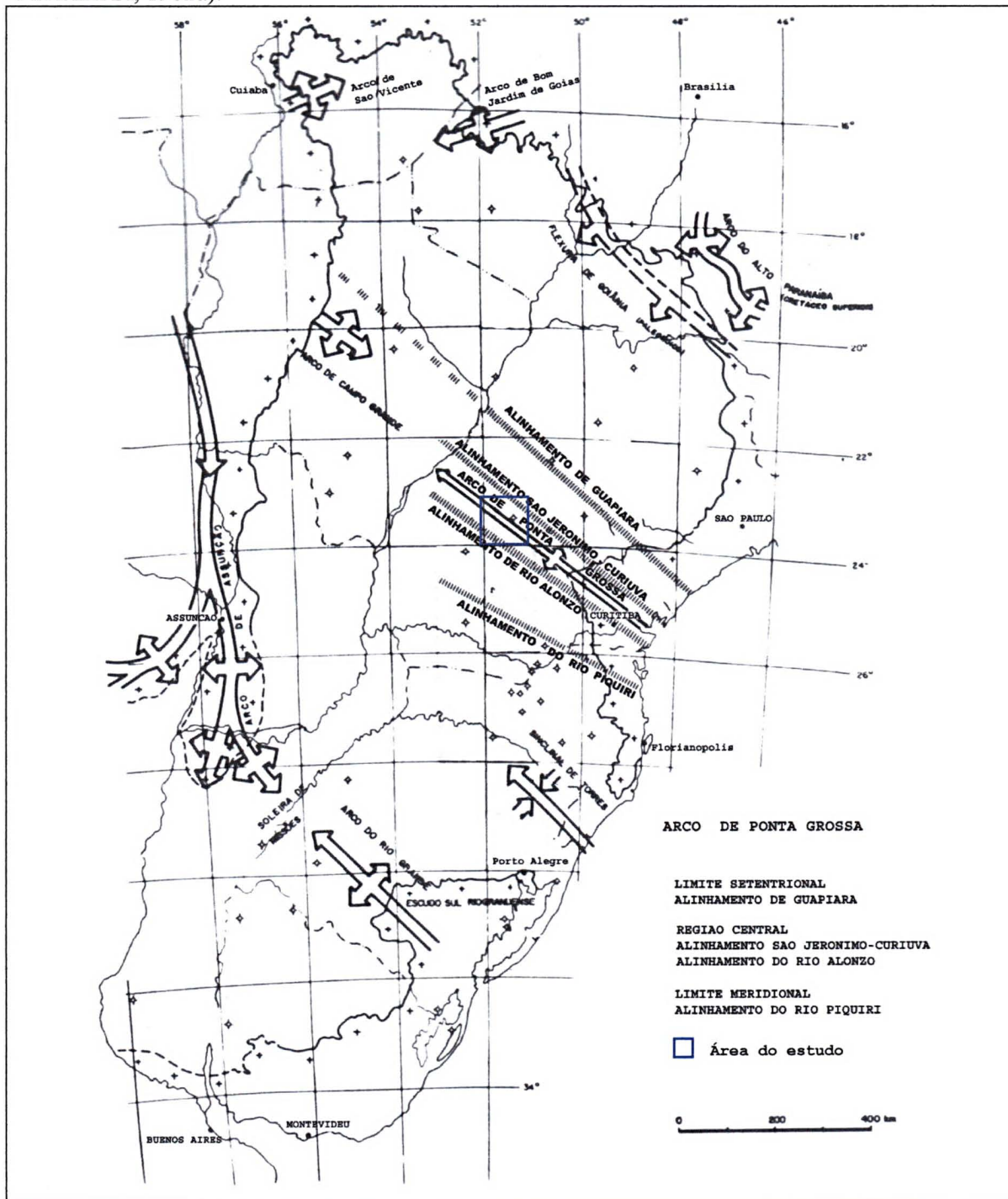
O Alinhamento de Guapiara constitui o limite norte do Arco de Ponta Grossa, passando próximo à cidade de Fartura, estendendo-se desde Iguape, no

litoral sul do estado de São Paulo, até o rio Paraná, com extensão não inferior a 600 km. Ricomini (1995) mostrou padrões de fraturamento para as falhas NW-SE, de caráter sinistral, apresentando por vezes componentes reversas e normais, próximo ao Alinhamento de Guapiara.

Os alinhamentos São Jerônimo – Curiúva e do Rio Alonso definem a região central do arco, que se caracteriza por intenso fraturamento e falhamentos de pequeno rejeito. Apresenta continuidade até o litoral paranaense, perfazendo uma extensão mínima de 600 km. Nesta região ocorre um expressivo enxame de diques máficos, de direção preferencial N50W, paralelo ou sub-paralelo ao arco, podendo também ocorrer com direções NE-SW (Fúlfaro e Suguio, 1967).

O limite sul do arco é caracterizado pelo Alinhamento do Rio Piquiri, o qual representa uma faixa magnética anômala orientada segundo a direção N60-65W.

**FIGURA 4.5:** CONFIGURAÇÃO DO ARCO DE PONTA GROSSA E PRINCIPAIS ESTRUTURAS NO CONTEXTO DA BACIA DO PARANÁ (MODIFICADO DE FERREIRA, 1982a).



## 5 GEOLOGIA DA ÁREA

Na área do estudo estão representados os litotipos inclusos nas superseqüências Gondwana I (porção superior), Gondwana III e Bauru. Na divisão em seqüências apresentada por Milani (1997) e Milani *et al.* (1998), a Formação Pirambóia assenta-se concordantemente sobre a Formação Rio do Rasto, e ambas são posicionadas na Superseqüência Gondwana I. A Formação Botucatu associada à Formação Serra Geral integra a Superseqüência Gondwana III. Destas unidades a que apresenta maior extensão aflorante na área do estudo é a Superseqüência Gondwana III, que engloba as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.

Serão descritas a seguir as principais características das unidades geológicas da área, bem como o contexto paleoambiental de sua implantação (Figura 5.1).

### 5.1 GRUPO PASSA DOIS

#### 5.1.1 Formação Rio do Rasto

Esta formação ocorre na borda sudeste da área. Assenta-se concordantemente sobre a Formação Teresina, sendo constituída na região essencialmente por siltitos esverdeados a arroxeados, podendo encerrar intercalações de argilitos, arenitos finos e níveis carbonáticos. A Formação Rio do Rasto marca a instalação de um complexo progradacional, que inclui lobos deltaicos, pelitos lacustres, arenitos eólicos e raros depósitos fluviais.

## 5.2 GRUPO SÃO BENTO

White (1988) usou este termo para reunir as rochas vulcânicas e eólicas que ocorrem na Serra do Rio do Rasto, sul do estado de Santa Catarina. Fazem parte deste grupo as formações Botucatu e Serra Geral.

A Formação Pirambóia será descrita em conjunto com a Formação Botucatu, em função de que na escala deste estudo a ocorrência destas duas formações não pôde ser individualizada.

### 5.2.1 Formação Pirambóia / Botucatu

No mapa geológico da Figura 5.1 as formações Pirambóia e Botucatu estão indiferenciadas, representando uma estreita faixa na região da Serra do Cadeado.

A Formação Pirambóia caracteriza-se por uma sedimentação arenosa flúvio-eólica, submetida a condições de clima árido. É constituída principalmente por arenitos avermelhados, finos a médios, podendo ocorrer nos horizontes inferiores níveis de arenitos argilosos e também arenitos grossos a conglomeráticos. Esta formação representa o início da sedimentação continental da bacia no eo-Triássico, com a formação subsequente de uma superfície de erosão.

Sucedendo este pacote ocorrem sedimentos continentais do Grupo São Bento pertencentes à Formação Botucatu, representados predominantemente por fácies depositadas em sistemas eólicos relacionados à geração de um extenso campo de dunas. Esta formação é representada por arenitos esbranquiçados, amarelados e avermelhados, com intercalações de finas camadas de argilitos e siltitos.

### 5.2.2 Formação Serra Geral

A Formação Serra Geral é constituída, essencialmente, por basaltos toleíticos e andesitos basálticos, com riolitos e riodacitos subordinados (Membro Nova Prata).

Na Bacia do Paraná a distribuição das diferentes fácies de rochas vulcânicas aparentemente ocorre compartimentada em termos geoquímicos (Bellieni *et al.*, 1984; Piccirillo *et al.*, 1988). Ao sul do Alinhamento do Rio Uruguai os basaltos são caracterizados por um baixo conteúdo de titânio ( $\text{TiO}_2 < 2\%$ ), apresentando nas seqüências superiores rochas vulcânicas ácidas. Ao norte do Alinhamento do Rio Piquiri ocorrem termos com alto conteúdo de titânio ( $\text{TiO}_2 > 2\%$ ), e existem ocorrências de rochas vulcânicas ácidas próximas da borda leste da bacia. Na porção central são encontrados ambos os termos das porções norte e sul.

Na área do estudo a cobertura basáltica, bastante fraturada, atinge 900 m de espessura, anotada em poço de pesquisa perfurado pela Surehma em Londrina-PR.

Os diques são representados, predominantemente, por andesi-basaltos de composição química semelhante àquela das vulcânicas da porção norte da bacia. Sua mineralogia magnética é constituída essencialmente por ilmenitas e titanomagnetitas (série ulvoespínélio-magnetita), com sulfetos subordinados (Raposo, 1992). Tais diques do Arco de Ponta Grossa representam os principais condutos para a extrusão dos derrames da Formação Serra Geral. Possuem direções predominantes NW-SE, podendo ser encontrados também segundo direções secundárias (NE-SW e E-W).

Datações recentes realizadas através do método Ar/Ar posicionam o evento Serra Geral no intervalo entre 137 e 127 Ma (Turner *et al.*, 1994 *in* Milani, 1997). Os diques de diabásio de direção NW-SE apresentaram resultados no intervalo de 134 e 130 Ma.

### 5.3 GRUPO CAIUÁ

Na porção noroeste da área ocorrem, sobrepostos discordantemente aos basaltos da Formação Serra Geral, sedimentos siliciclásticos pertencentes ao Grupo Caiuá depositados no Cretáceo Superior. Este grupo é composto pelas formações Santo Anastácio, Rio Paraná e Goio-Erê, sendo que somente a primeira e a última ocorrem na área (Fernandes, 1992).

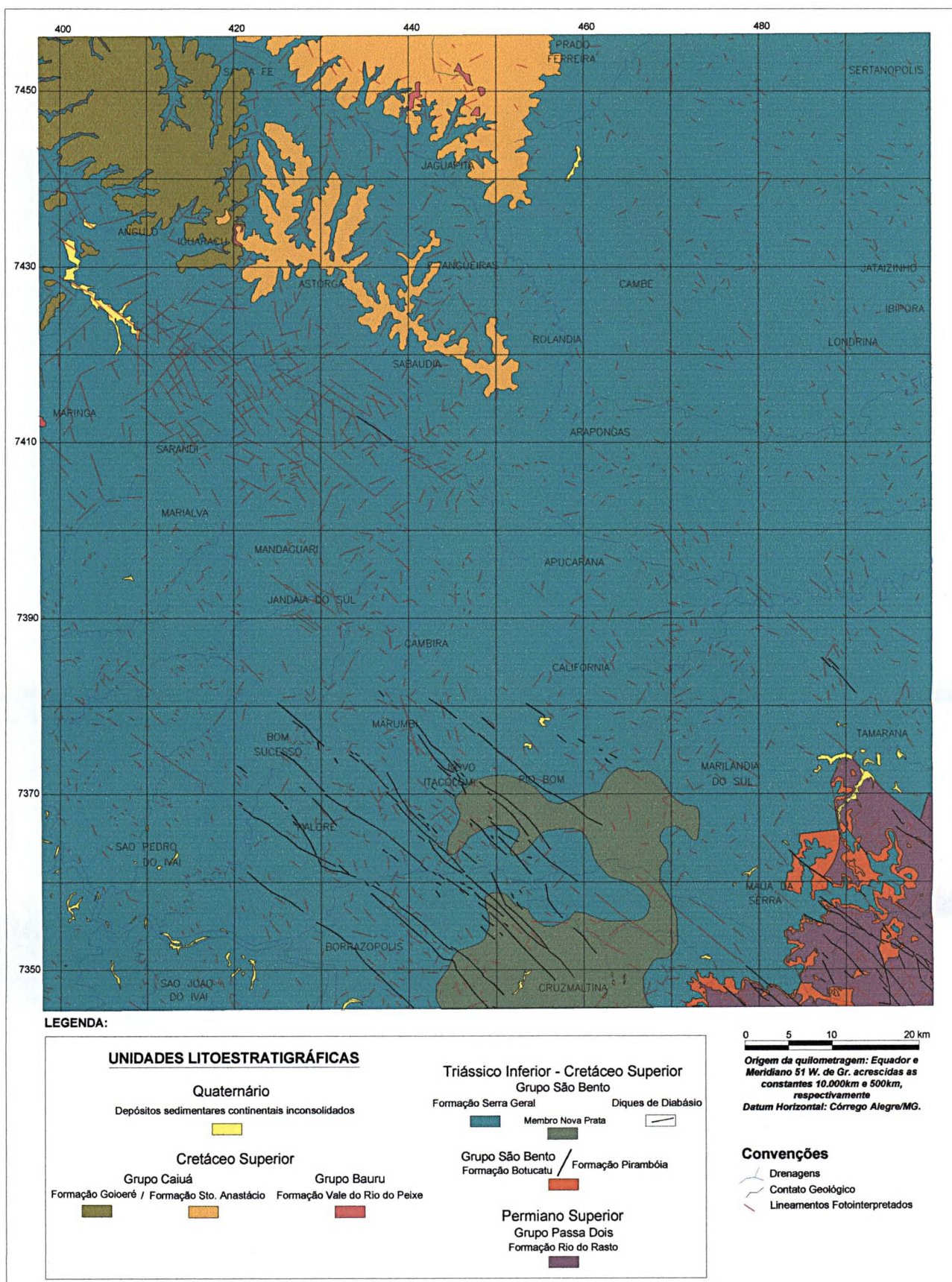
A Formação Santo Anastácio apresenta aspecto maciço, enquanto que a Formação Goio-Erê exibe estratificação cruzada. Os sedimentos destas duas formações são representados por arenitos quartzosos muito finos a finos.

### 5.4 GRUPO BAURU

É representado na área por testemunhos da Formação Adamantina, a qual ocorre como associações de arenitos finos a muito finos e lamitos siltosos com intercalações de argilitos (Fernandes, 1992).

Os grupos Caiuá e Bauru representam a cobertura suprabasáltica de estratos continentais que se acomodaram em uma depressão flexural ocasionada pelo peso da coluna basáltica. A acumulação desta cobertura ocorreu entre o Aptiano e o Maastrichiano (Soares, 1991).

**FIGURA 5.1: MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DO ESTUDO (MODIFICADO DE CONSÓRCIO CESP – IPT, 1981 – BLOCO SF-22-U (ACS-74))**



## 6 DADOS AEROMAGNETOMÉTRICOS

A área do estudo está inserida no Projeto Rio Ivaí, o qual integra uma série de levantamentos aerogeofísicos realizados na Bacia do Paraná, principalmente durante a década dos 80 (Tabela 6.1, Figura 6.1). Este levantamento foi realizado pela Paulipetro, Consórcio CESP-IPT, durante o período de fevereiro a março de 1981, recobrando uma área de aproximadamente 48.840 km<sup>2</sup>, segundo linhas espaçadas de 2 km na direção N-S, a uma altura de vôo de 450 m, com amostragem em intervalos próximos de 66 m. Também foram realizadas linhas de controle espaçadas de 20 km e dirigidas perpendicularmente às linhas do levantamento.

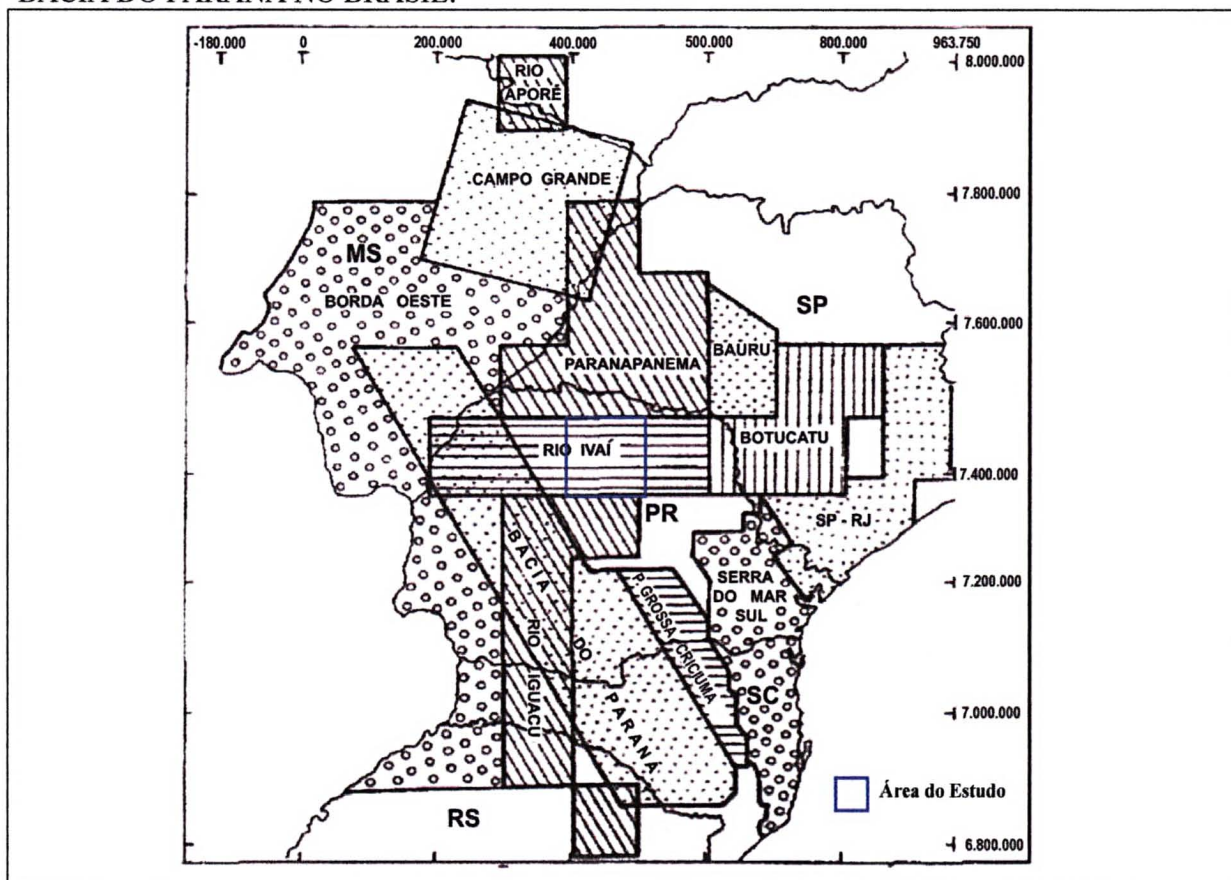
**TABELA 6.1:** PARÂMETROS DE AQUISIÇÃO, PERÍODOS E ÁREAS ABRANGIDAS PELOS LEVANTAMENTOS AEROMAGNETOMÉTRICOS DA BACIA DO PARANÁ NO BRASIL.

Projeto	Altura Vôo (m)	Direção	Espaçamento (m)	Ano	Área (Km <sup>2</sup> )	Inclinação / Declinação Magnética (graus)
Botucatu	450	N-S	2000	1980	46000	-24/-15
Bauru	450	N30W	2000	1979	11383	-22/-14
A.C.Grande	1800	N15E	3000	1978	70200	-19/-12
Paranapanema	400	N45E	2000	1980	67000	-20/-13
Rio Aporé	400	N-S	2000	1981	12000	-15/-14
<b>Rio Ivaí</b>	<b>450</b>	<b>N-S</b>	<b>2000</b>	<b>1981</b>	<b>48000</b>	<b>-23/-13</b>
Rio Iguaçu	500	N-S	2000	1981	55000	-24/-11
SP-RJ	150	N-S	1000	1979	12000	-24/-15
Borda Oeste	1000*	N-S	3000	1989	80000	-21/12
Bacia Paraná	2400*	N30W	7000	1973	85500	-
Serra Mar Sul	135	N30W	1000	1979	49780	-27/-14
P.G. Criciúma	150	E-W	1000	1971	33362	-25/-12

Fonte: Astolfi *et al.* (1991)

\* levantamento barométrico

**FIGURA 6.1:** MAPA ÍNDICE DOS LEVANTAMENTOS AEROMAGNETOMÉTRICOS DA BACIA DO PARANÁ NO BRASIL.



Fonte: Astolfi *et al.* (1991)

Os dados do projeto Rio Ivaí foram originalmente tratados e corrigidos dos erros de posicionamento, nivelamento das linhas, deriva de vô e remoção do *IGRF – International Geomagnetic Reference Field*. (Paulipetro, 1981).

## 6.1 PRÉ-PROCESSAMENTO

Na etapa de pré-processamento, os dados, em formato de arquivo *xyz*, foram importados para o *software* Oasis Montaj, dos quais foi selecionada a área do estudo. Em seguida foram realizados testes visuais para avaliar suas características e iniciar o procedimento de construção de malhas regulares e de micronivelamento, com o intuito de eliminar os artefatos e anomalias espúrias ao longo das linhas de vô.

### 6.1.1 Geração das Malhas Regulares

Para que os dados aeromagnéticos sejam apresentados como superfícies, estes necessitam ser ordenados na forma de malhas com pontos equidistantes, os quais são interpolados com o emprego de diferentes métodos.

A geração de malhas regulares envolve a interpolação de pontos entre as linhas do levantamento. As rotinas de interpolação existentes somente produzem aproximações realísticas se as células da malha não excederem 20-25% do espaçamento entre as linhas, optando-se, neste caso, por um espaçamento regular de 500 x 500 m. Foram testados no presente estudo três métodos de interpolação disponíveis no programa Geosoft Oasis Montaj: curvatura mínima, triangulação com interpolação linear e o método bidirecional.

O primeiro método ajusta uma superfície de curvatura mínima similar à descrita por Briggs (1974). A princípio estima os valores dos nós da grade, baseado no inverso da distância do valor medido dentro de um determinado raio de busca. Um processo iterativo é então empregado para ajustar os dados mais próximos aos nós da grade inicial. Uma vez que um ajuste aceitável é alcançado, o tamanho da célula é dividido por dois e o mesmo processo se repete utilizando esta nova grade como superfície inicial. O processo continua até que a superfície de curvatura mínima esteja com o tamanho da célula final (Stevanato *et al.*, 1995). A superfície gerada é análoga a uma placa fina e linearmente elástica passando pelos dados com uma flexão mínima (Keckler, 1994).

A triangulação com interpolação linear é baseada na triangulação de Delaunay. O algoritmo cria triângulos desenhando linhas entre os pontos, sendo que nenhum lado do triângulo será intersectado por outro. É um interpolador exato, e havendo dados suficientes pode preservar quebras de linhas que existam nos dados originais, tais como falhas geológicas (Keckler, 1994).

O método bidirecional é indicado para interpolar linhas de dados que estejam aproximadamente paralelas, pois tende a intensificar *trends* perpendiculares às direções das linhas do levantamento, não podendo ser aplicado a dados que possuam

distribuição aleatória. A interpolação pode ser linear, ou por *spline* cúbico (mínima curvatura) ou ainda por *spline* de Akima (Geosoft, 2001). O processo de geração da malha regular é realizado em duas etapas: 1) cada linha é interpolada ao longo da direção do levantamento original; 2) a interpolação é feita perpendicularmente, criando os nós da grade.

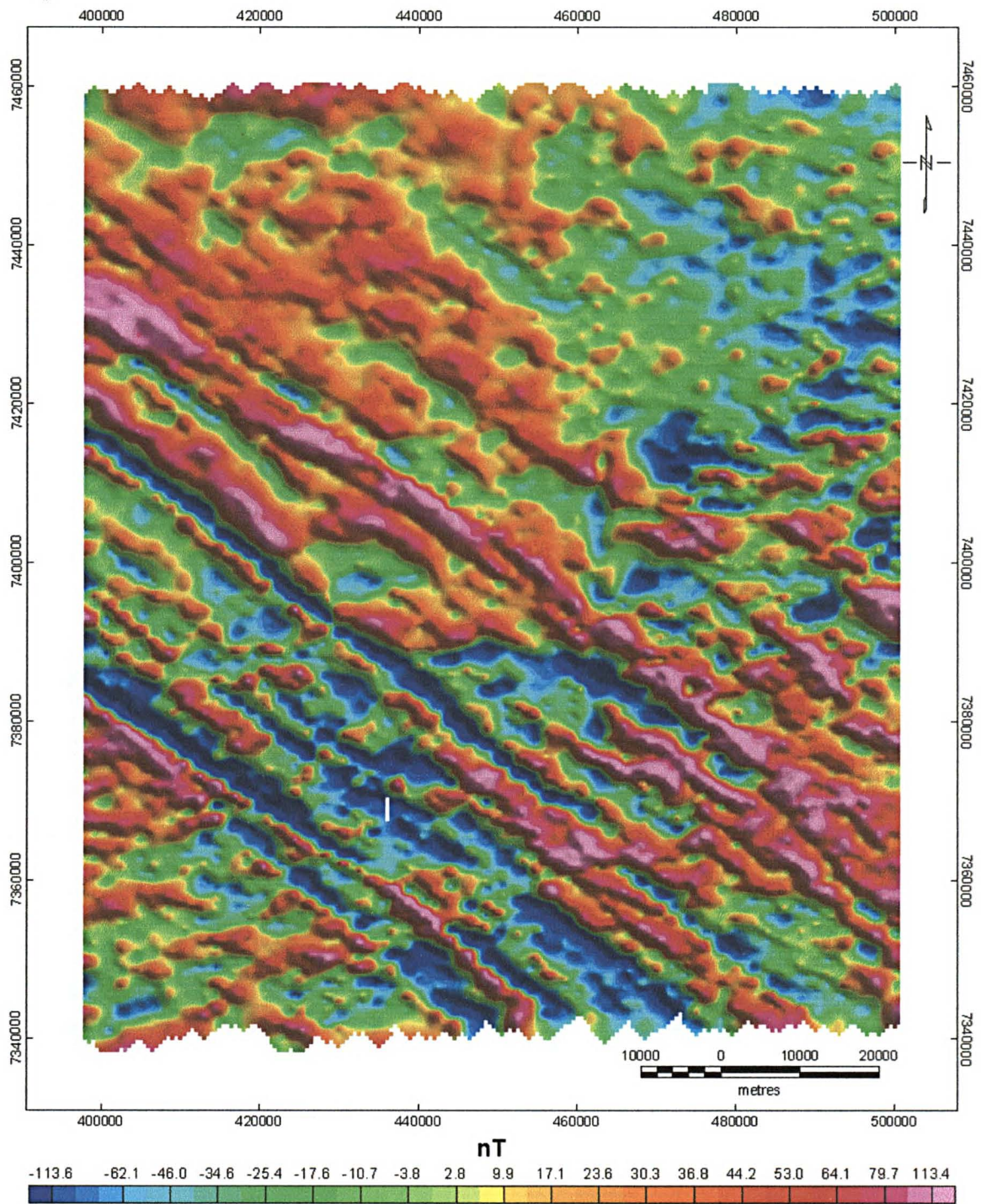
A seleção do método de interpolação foi realizada comparando-se os parâmetros estatísticos (mínimo, máximo, média e desvio-padrão) dos *grids* gerados com aqueles do banco de dados original (Tabela 6.2).

**TABELA 6.2:** ESTATÍSTICAS DOS VALORES DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO RESULTANTE DOS DIFERENTES MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO TESTADOS.

	Mínimo (nT)	Máximo (nT)	Média (nT)	Desvio Padrão
Dados Originais	-444.54	265.55	-68.04	55.90
Curvatura Mínima	-404.96	251.77	-67.50	53.04
Triangulação (média)	-395.93	256.42	-67.72	53.04
Triangulação (soma)	-395.93	256.42	-67.72	57.68
Bidirecional	-425.66	259.02	-65.82	61.03

De uma forma geral os métodos apresentaram resultados próximos dos dados originais. Em relação aos valores máximos e mínimos o método que mais se aproximou foi o de interpolação bidirecional, enquanto que os métodos baseados na triangulação apresentaram um maior afastamento dos valores de referência. Com relação à média e o desvio-padrão os métodos de triangulação (soma) e bidirecional apresentaram os piores resultados, enquanto que os métodos de curvatura mínima e triangulação (média) estão próximos dos valores de referência. Dessa maneira foi selecionado o método da curvatura mínima (Figura 6.2), que além de apresentar valores próximos aos dos dados originais, foi aquele que menos oscilou relativamente aos diferentes parâmetros.

**FIGURA 6.2:** MAPA DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO INTERPOLADO PELO MÉTODO DA CURVATURA MÍNIMA COM MALHA DE 500 X 500M (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45°E).



### 6.1.2 MICRONIVELAMENTO

O termo micronivelamento se refere à remoção de quaisquer erros residuais que persistam após as práticas normais de nivelamento. Tais erros residuais são representados usualmente como artefatos de altas frequências paralelos às linhas do levantamento e podem ser amplificados durante o processamento de imagens e na aplicação de técnicas de realce.

Para o micronivelamento dos dados foram testados dois métodos: o primeiro deles é baseado no algoritmo proposto por Minty (1991) e o outro é apoiado no método por gridagem bidirecional (Geosoft, 2001).

O método de Minty (1991) parte do princípio de que os sinais espúrios introduzidos por nivelamento inadequado, possuem uma assinatura espectral distinta. Correspondem a anomalias alongadas na direção das linhas de vôo e de controle, onde o comprimento de onda na direção das linhas de produção é maior que o espaçamento das linhas de controle, e na direção perpendicular as linhas de vôo é precisamente duas vezes o espaçamento entre elas (Minty, 1991). Neste caso, para remover estes efeitos não geológicos, aplica-se inicialmente na malha original um filtro passa-alta na direção perpendicular às linhas de vôo, para depois empregar um filtro passa baixa paralelo à direção do levantamento, subtraindo-se então da malha resultante a original, eliminando os resíduos.

A técnica de micronivelamento da Geosoft (2001) assume que o *grid* gerado é produto da geologia, do campo regional, e de erros de nivelamento. Estas anomalias espúrias são separadas após vários estágios de filtragem passa-baixa durante o processo de gridagem, e depois subtraídos do dado original.

Para escolher entre as duas técnicas de micronivelamento, foram gerados mapas pseudoiluminados do campo magnético anômalo na direção perpendicular às linhas de vôo, e então visualmente foram escolhidos os melhores resultados, os quais foram posteriormente analisados através de seus parâmetros estatísticos.

**TABELA 6.3: ESTATÍSTICAS DOS MELHORES RESULTADOS VISUAIS OBTIDOS PELAS TÉCNICAS DE INTERPOLAÇÃO UTILIZADAS**

	Mínimo (nT)	Máximo (nT)	Média (nT)	Desvio Padrão
Malha Original	-404.96	251.77	-67.37	55.89
Minty (1991)	-391.14	235.63	-67.36	53.65
Geosoft (2001)	-315.74	168.29	-67.50	51.78

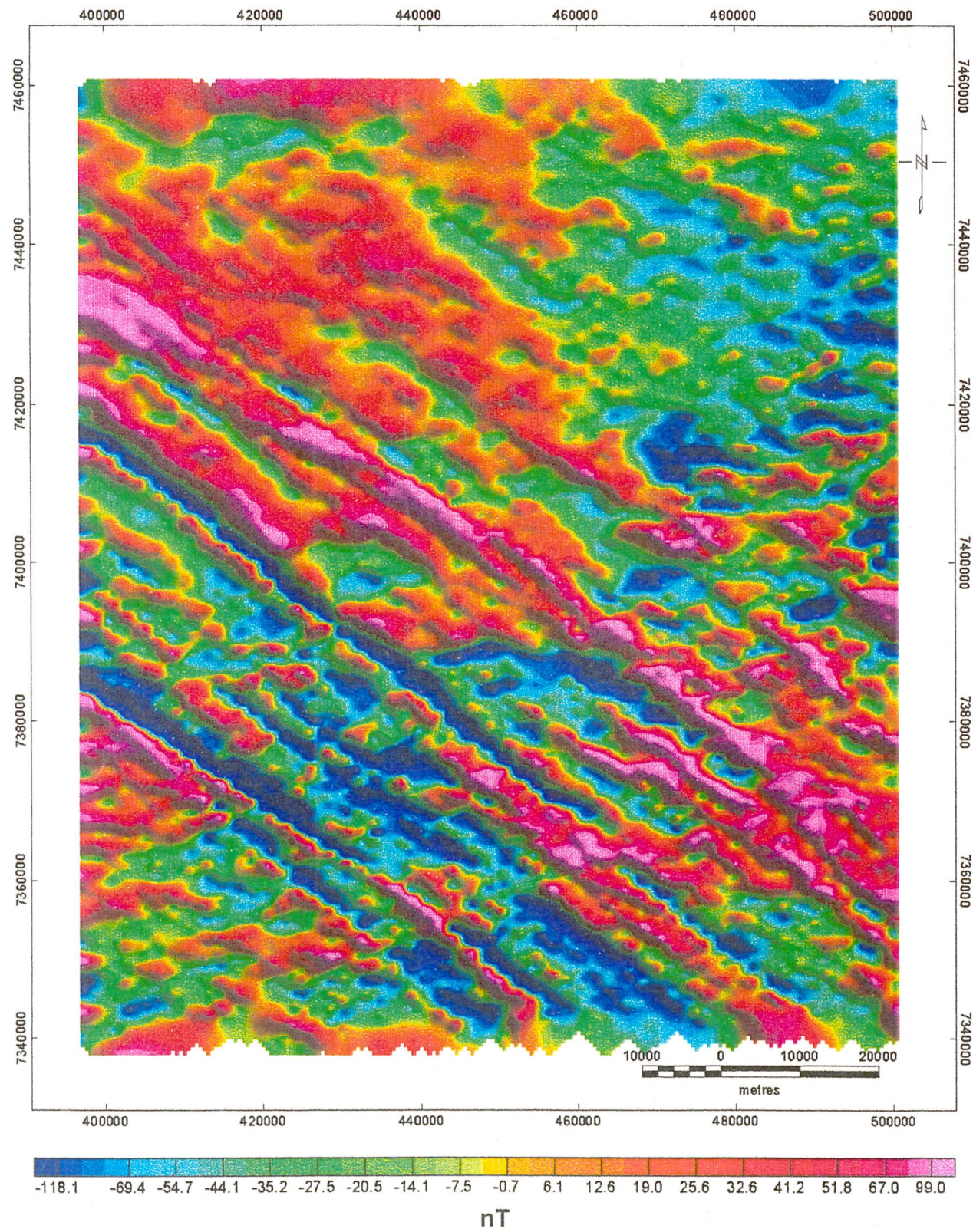
A Tabela 6.3 mostra os melhores resultados obtidos para cada uma das técnicas de micronivelamento utilizadas, após seleção visual nos mapas pseudoiluminados. São apresentados nas Figuras 6.3 e 6.4 os mapas do campo magnético anômalo selecionados através de testes visuais nas duas técnicas de micronivelamento mencionadas.

Para verificar se os dados espúrios foram totalmente removidos, aplicou-se um filtro de amplitude do sinal analítico, que realça as altas frequências, como último método de aferição dos resultados dos *grids* micronivelados.

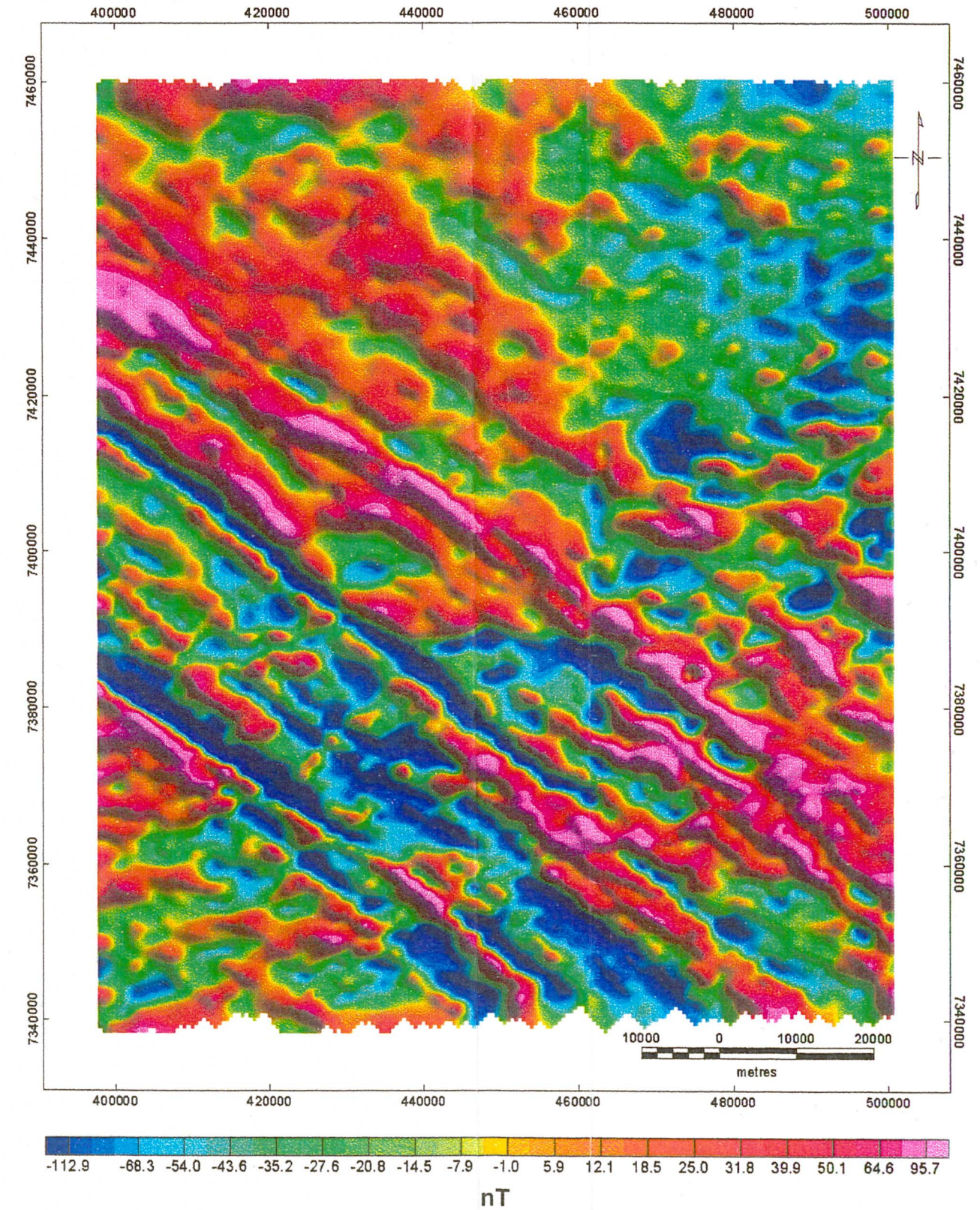
A análise estatística e visual dos parâmetros indicou que os melhores resultados foram obtidos pelo método de Minty (1991). Porém, quando aplicado o filtro do sinal analítico, os artefatos ao longo das linhas de vôo foram realçados (Figura 6.5a), ao contrário da técnica da Geosoft (2001), a qual apresentou um mapa sem anomalias espúrias ao longo das linhas de vôo (Figura 6.5b). Como a técnica da Geosoft (2001) não realçou os ruídos de alta frequência provocados pelo levantamento, foi selecionado o *grid* corrigido por esta técnica, para posteriormente na etapa de processamento dos dados aplicar filtros de realce das altas frequências para interpretação das anomalias relacionadas a diques e descontinuidades no basalto.

Como consequência desta última técnica, houve uma relativa perda de resolução. É notório que o mapa gerado pela técnica da Geosoft (2001) apresenta comprimentos de onda maiores que o mapa produzido pela técnica de Minty (1991), porém a interpretação sobre o mapa ruidoso é mais suscetível a erros.

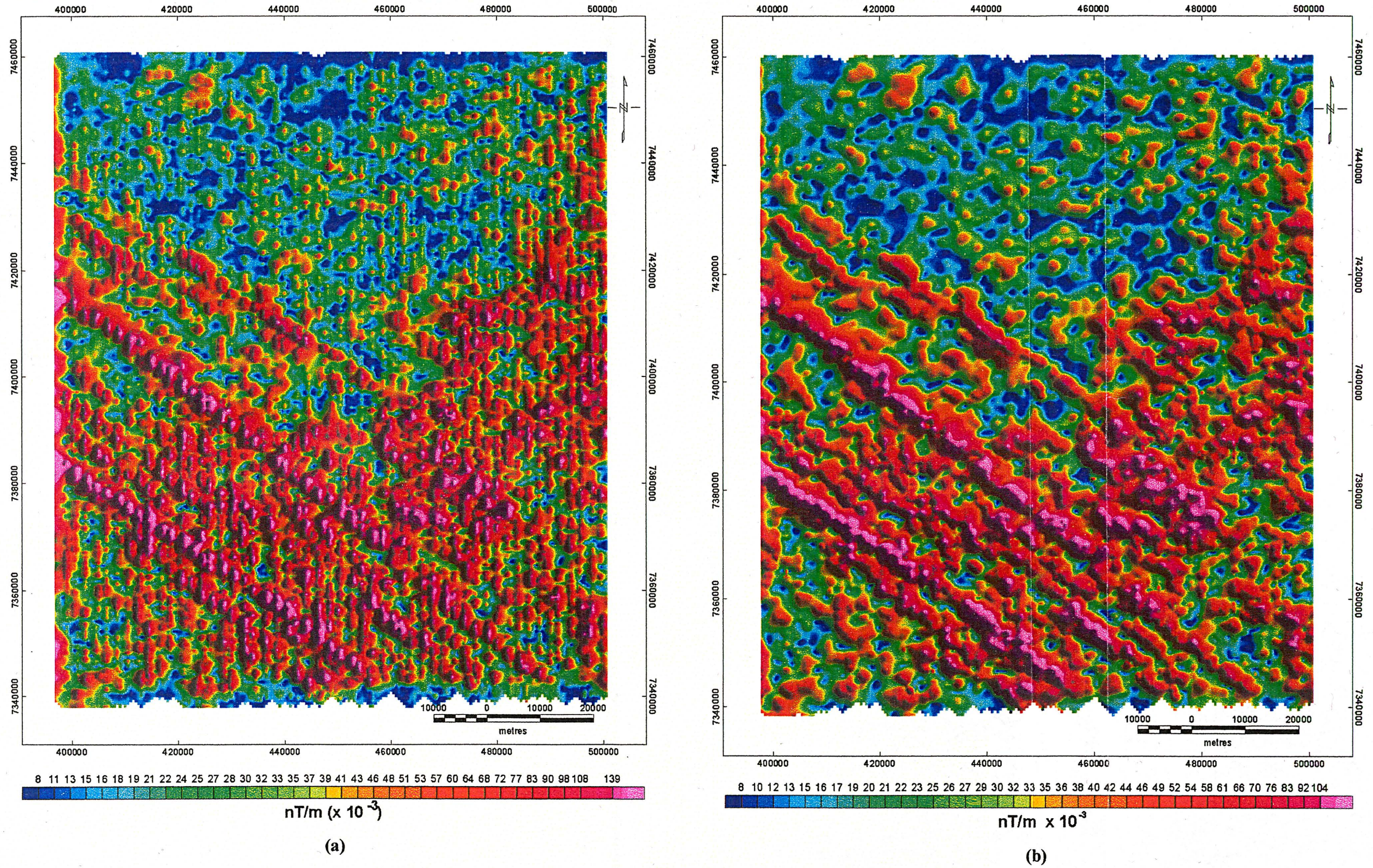
**FIGURA 6.3:** MAPA DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO MICRONIVELADO PELA TÉCNICA DE MINTY (1991), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45OE



**FIGURA 6.4:** MAPA DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO MICRONIVELADO PELA TÉCNICA DA GEOSOFT (2001), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45OE.



**FIGURA 6.5:** MAPA DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO (a) PARA O *GRID* MICRONIVELADO PELO MÉTODO DE MINTY (1991) E (b) PELO O MÉTODO DA GEOSOFT (2001). NOTAR AS ANOMALIAS ESPÚRIAS AO LONGO DAS LINHAS DE VÔO NO MAPA DA ESQUERDA



## 7 PROCESSAMENTO

Neste capítulo será apresentada a descrição das técnicas de processamento adotadas, bem como os produtos gerados. Os mapas produzidos no pacote Oasis Montaj 5.0 foram pseudoiluminados na direção N45E, com a finalidade de melhorar a apresentação e realçar as estruturas de interesse.

O processamento dos dados iniciou com a análise espectral para se visualizar o conteúdo de frequências e auxiliar na construção dos filtros. A partir desta análise foram aplicados os filtros passa-banda e passa-baixa, calculada a susceptibilidade aparente, feita continuação ascendente, calculado o gradiente horizontal total e amplitude e fase do sinal analítico, além de um estudo de resolução dos dados aeromagnetométricos.

### 7.1 ESPECTRO DE POTÊNCIA RADIAL

O espectro de potência radial expressa a energia relativa ao número de onda e a sua direção através de uma função bidimensional. Na Figura 7.1 está representado o espectro de potência para a área do estudo, gerado a partir da malha micronivelada pela técnica da Geosoft (2001), o qual apresenta o número de onda no eixo x e o logaritmo do espectro de potência no eixo y. Também é apresentada nesta figura a profundidade estimada para um dado número de onda, calculado pela relação:

$$\log E(r) = 4\pi hr, \quad (7.1)$$

onde:  $E(r)$  = energia;  $h$  = profundidade estatística do topo das fontes;  $r = (u^2 + v^2)^{1/2}$ , sendo  $u$  e  $v$  os números de onda nas direções  $x$  e  $y$ , respectivamente.

A profundidade para um conjunto estatístico de fontes foi determinada pela expressão:

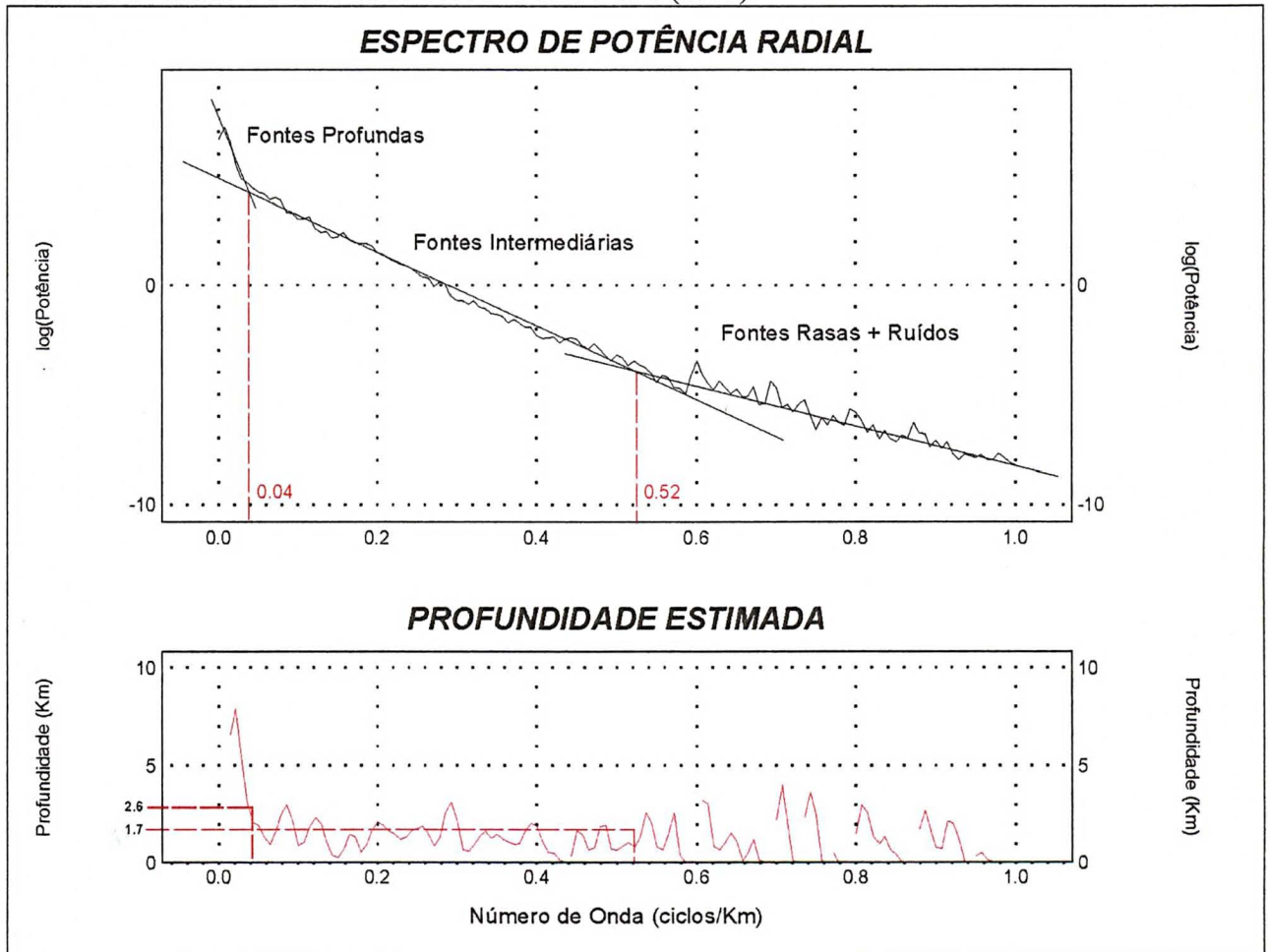
$$h = -s/4\pi, \tag{7.2}$$

onde: h é a profundidade e s é a declividade do logaritmo do espectro de potência.

O valor observado no espectro de potência para um dado número de onda deve ser transformado para as unidades do terreno através da relação (7.3), onde w é o número de onda:

$$\text{Unidades do terreno} = \frac{1}{w} * 1000 \tag{7.3}$$

**FIGURA 7.1:** ESPECTRO DE POTÊNCIA RADIAL GERADO A PARTIR DO GRID MICRONIVELADO PELA TÉCNICA DA GEOSOFT (2001).



Na área do estudo são discriminadas três partições marcadas pelas mudanças no declive da função espectral, as quais correspondem às profundidades das fontes, que são:

- fontes profundas: apresentam comprimento de onda maior que 25 km e profundidades médias entre 2,6 a 8 km;
- fontes intermediárias: discriminadas entre os comprimentos de onda de 25 km e 1,9 km, representando profundidades médias das fontes de 1,7 km;
- fontes rasas + ruídos: na última partição do espectro estão presentes as fontes correspondentes a corpos rasos e ruídos, os quais apresentam comprimentos de onda menores que 1,9 km e profundidades variadas.

A construção dos filtros aplicados durante o processamento foi baseada na análise do espectro.

## 7.2 FILTROS PASSA-BANDA E PASSA-BAIXA

Os filtros passa-banda e passa-baixa, são utilizados para separar os efeitos de baixas frequências (passa-baixa) e representar os intervalos de frequências selecionados (passa-banda). Estes filtros são projetados no domínio da frequência de forma que se tenha uma banda de frequências para as quais a magnitude de resposta é 1 (passa), e outra faixa de frequência para a qual a magnitude é zero (corta):

*Filtro Passa-Baixa* (7.4)

$$L(k) = 1 \quad k \leq k_0$$

$$L(k) = 0 \quad k > k_0$$

*Filtro Passa-Banda* (7.5)

$$L(k) = 1 \quad k_0 \leq k \leq k_1$$

$$L(k) = 0 \quad k < k_0 \text{ e } k > k_1$$

Onde  $k$  é o número de onda,  $k_0$  é a número de onda de corte das baixas frequências e  $k_1$  é o número de onda de corte das altas frequências.

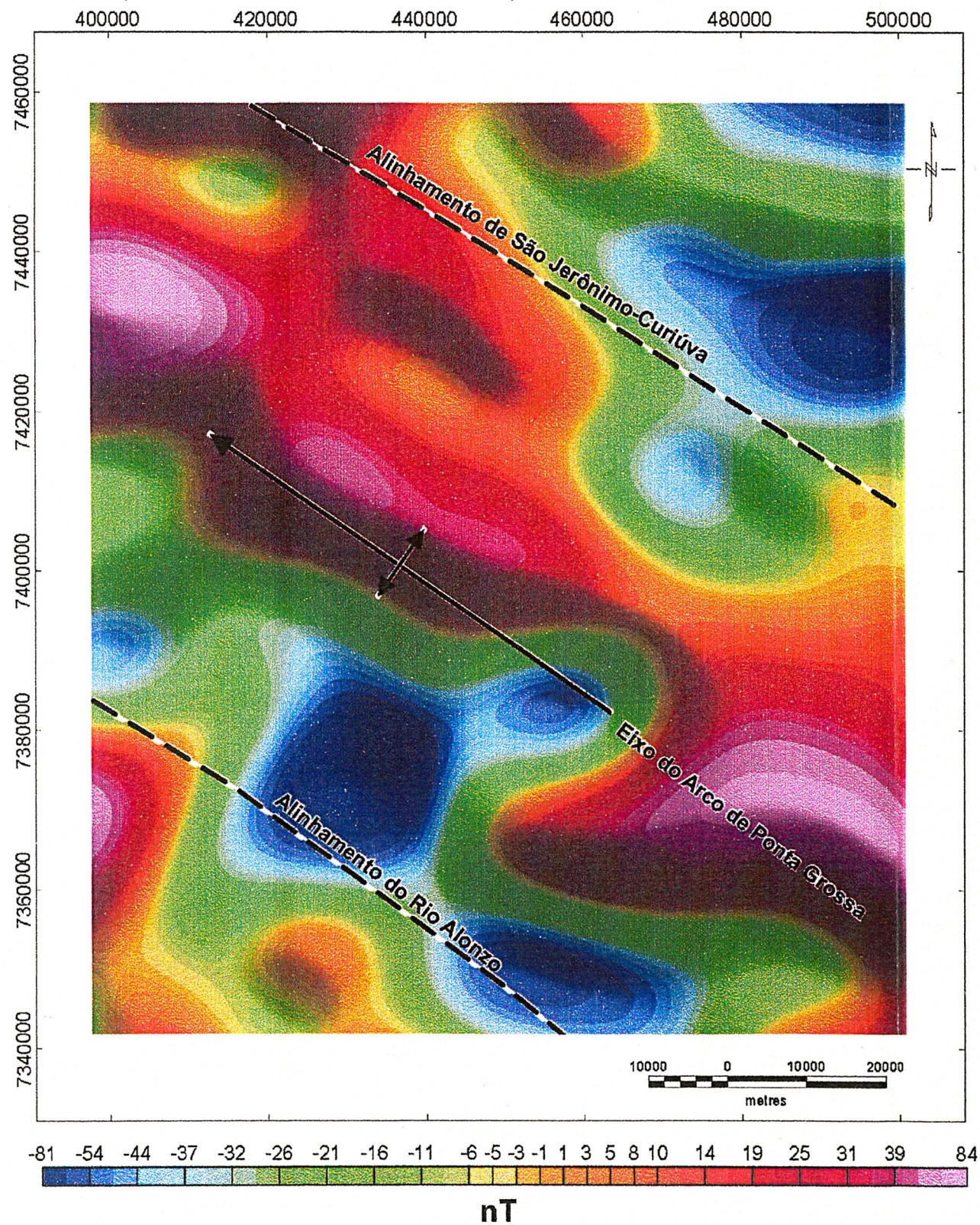
Estes filtros normalmente introduzem o fenômeno de Gibbs, que são oscilações do espectro de amplitude de um filtro de frequência nas proximidades da frequência de

corte. Este artefato é mais pronunciado quando o filtro apresenta um gradiente (slope) muito alto, ou quando a faixa de frequências é limitada. No presente trabalho foi feita uma inspeção nos dados, na forma de perfis, após a aplicação destes filtros, na qual se constatou que nenhuma distorção significativa foi imposta.

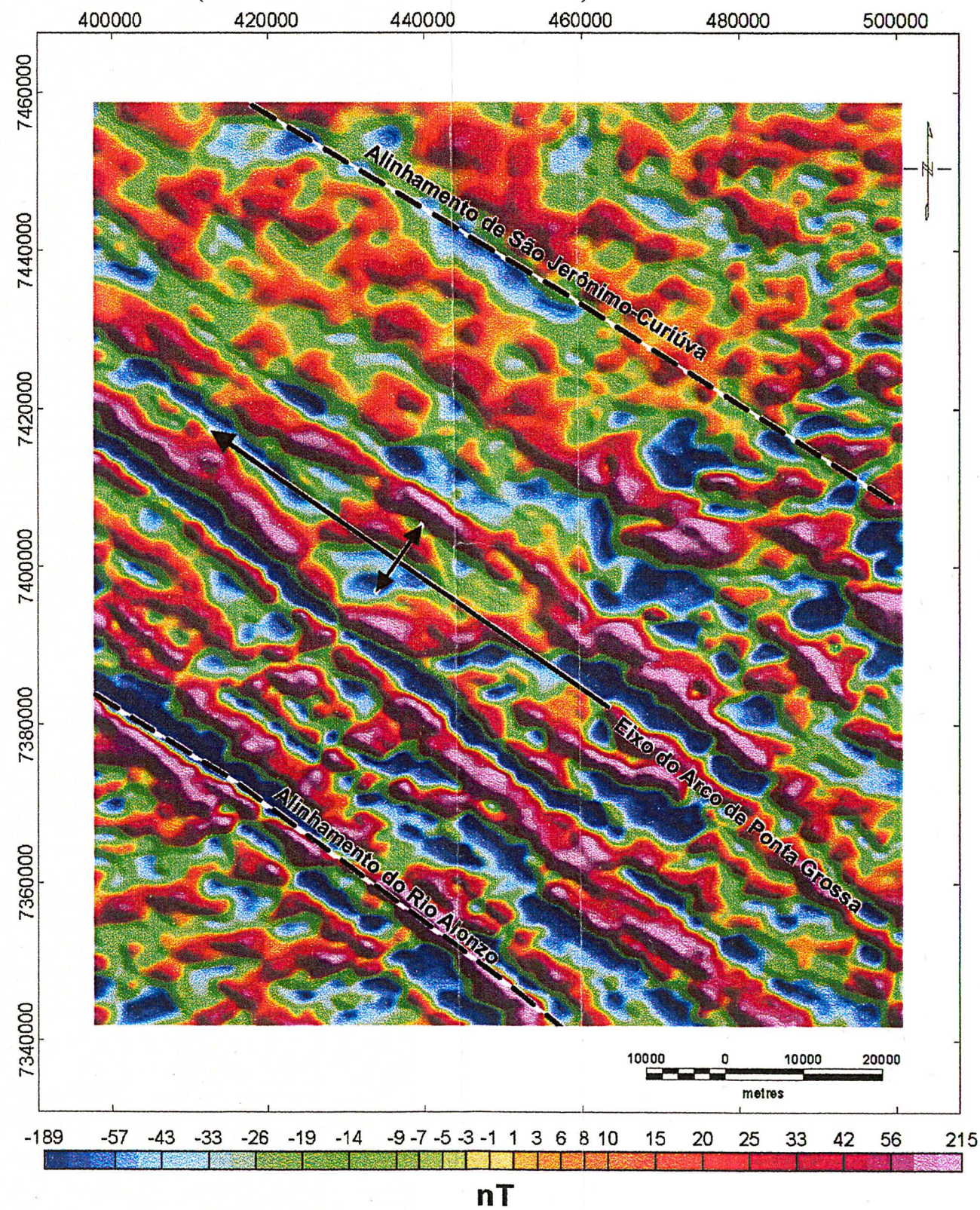
Foi confeccionado um filtro passa-baixa, com frequência passante para comprimentos de onda maior que 25 km, isolando as anomalias decorrentes de fontes profundas (Figura 7.2). O outro filtro gerado foi um passa-banda, com uma faixa passante discriminada entre os comprimentos de onda de 25 km e 1,9 km para realçar as fontes intermediárias (Figura 7.3).

Nota-se na Figura 7.3, representativa das fontes intermediárias, a persistência das estruturas rasas segundo a direção NW-SE, enquanto que na Figura 7.2, das fontes profundas, distingue-se claramente um alto magnético na direção mencionada, segmentando a porção central da área.

**FIGURA 7.2:** MAPA DE ANOMALIAS DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO DAS FONTES PROFUNDAS (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).



**FIGURA 7.3:** MAPA DE ANOMALIAS DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO DAS FONTES INTERMEDIÁRIAS (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).



### 7.3 SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA APARENTE

É um processo que reduz os dados ao pólo, faz a continuação descendente para o nível do terreno, corrige o efeito geométrico gerado pela base do prisma vertical quadrado e divide os resultados pelo campo magnético total para produzir a susceptibilidade aparente. Para a aplicação deste processo assume-se que o *IGRF* (*International Geomagnetic Reference Field*) foi removido, que não há magnetização remanente<sup>(1)</sup> e que todas as respostas magnéticas são causadas por prismas verticais quadrados, com as dimensões das células utilizadas, de profundidade infinita.

$$\begin{aligned}
 L(r, \theta) &= [2\pi F \cdot H(r) \cdot \Gamma(\theta) \cdot K(r, \theta)]^{-1} \\
 H(r) &= e^{-hr} \\
 \Gamma(\theta) &= [\text{sen } I_a + i \cos I \cdot \cos(D - \theta)]^2 \\
 K(r, \theta) &= \left( \frac{\text{sen}(ar \cos \theta) \cdot \text{sen}(ar \text{ sen } \theta)}{ar \cos \theta \cdot ar \text{ sen } \theta} \right)
 \end{aligned}
 \tag{7.6}$$

Onde:  $H(r)$  continuação para baixo até  $h$ ;  $\Gamma(\theta)$  redução ao pólo,  $K(r, \theta)$  fator geométrico para o prisma vertical;  $I$  inclinação do campo;  $I_a$  inclinação para redução ao pólo em baixas latitudes;  $D$  declinação do campo;  $F$  campo magnético total;  $r$  número de onda;  $\theta$  direção do número de onda;  $a$  metade do tamanho da malha

Este processo foi aplicado nos *grids* de fontes profundas e intermediárias separadamente, com a finalidade de representar a susceptibilidade aparente em profundidades médias específicas. O resultado do cálculo da susceptibilidade é apresentado nos mapas das figuras 7.4 (fontes profundas) e 7.5 (fontes intermediárias).

No mapa da figura 7.5 nota-se que o processo não foi eficiente na redução dos dados ao pólo, aonde se evidencia a presença de anomalias dipolares. Isto ocorreu devido à presença de magnetização remanente dos diques. Apesar disso os valores de susceptibilidade calculados por este processo estão condizentes com aqueles descritos em Raposo (1992).

<sup>(1)</sup> O processo de susceptibilidade magnética aparente foi aplicado nesta área que apresenta magnetização remanente com a finalidade de avaliar o comportamento do processo nesta situação.

## 7.4 CONTINUAÇÃO ASCENDENTE

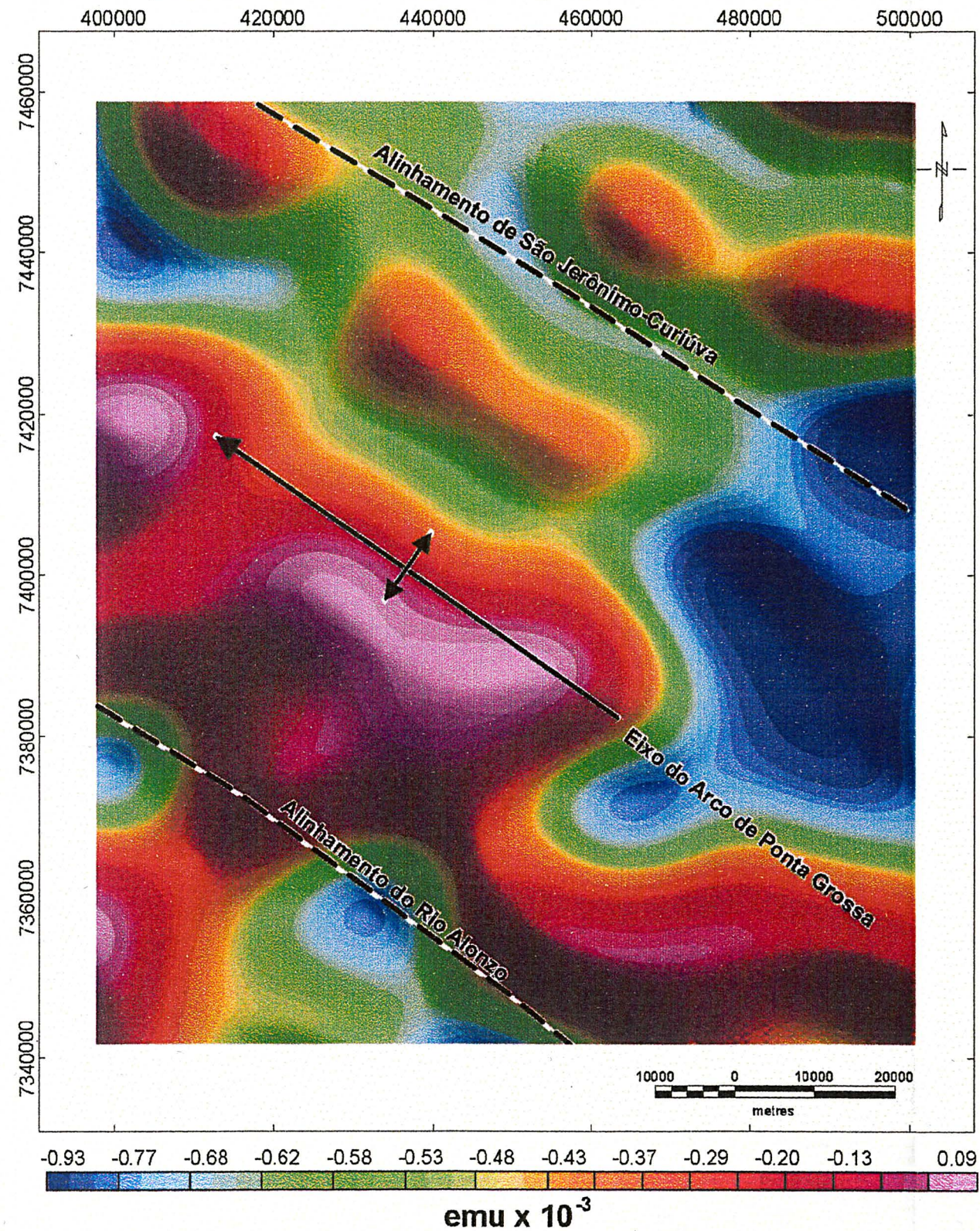
É considerado um filtro de “limpeza”, por não produzir quase nenhum efeito de borda. Frequentemente é utilizado para remover ou minimizar sinais de fontes rasas e ruídos. Efetivamente, corresponde a uma suavização e é bastante empregado para comparar dados magnéticos tomados a diferentes altitudes.

$$L(r) = e^{-hr} \tag{7.7}$$

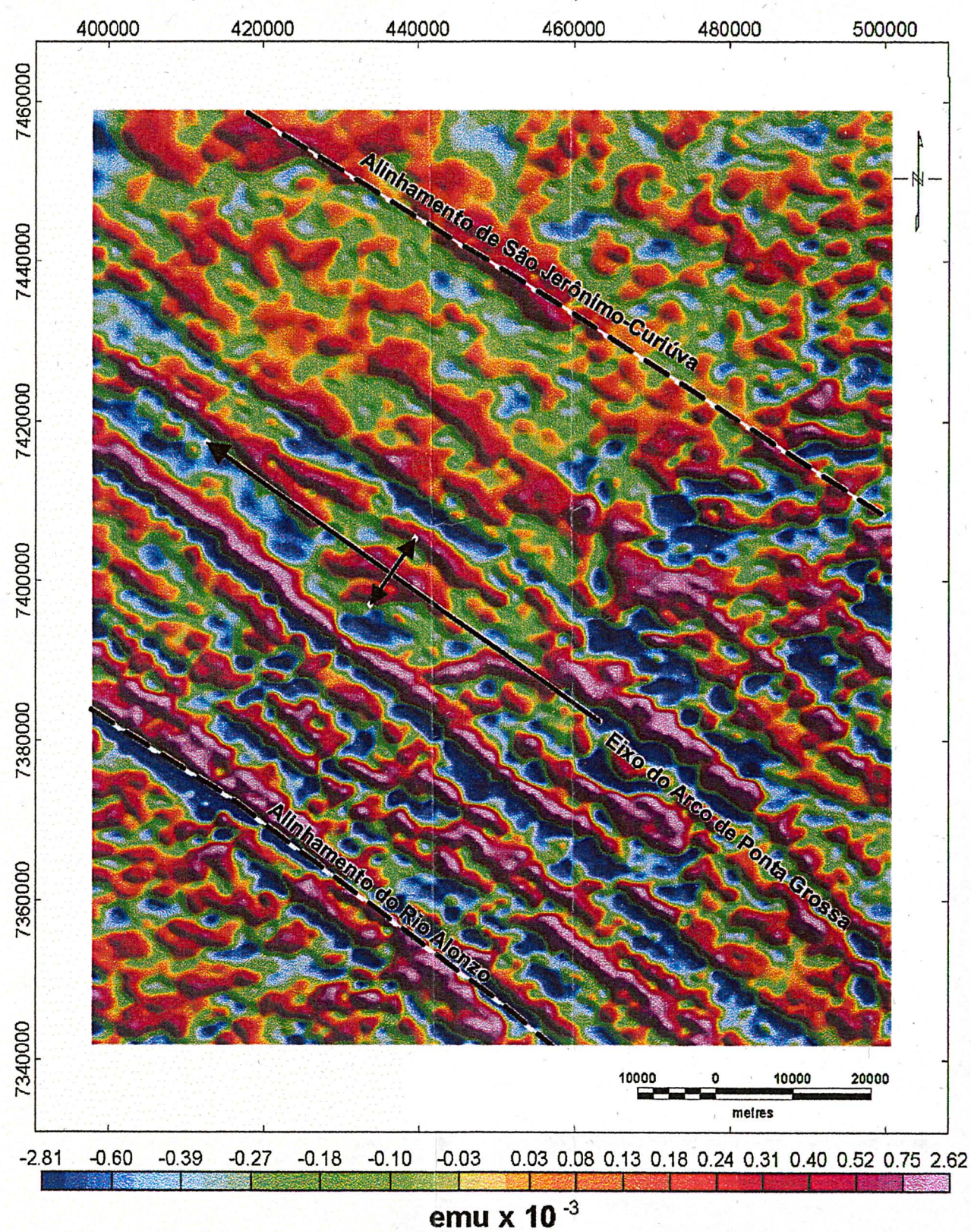
Onde  $h$  é altura em metros da continuação do campo magnético e  $r$  é o número de onda em rad/m ( $r = 2\pi k$ ).

Esta técnica de processamento foi utilizada com a finalidade de verificar a continuidade das fontes observadas para o interior da bacia. Nas Figuras 7.6 a 7.9, são apresentados os produtos gerados a partir deste filtro. A continuação ascendente também foi aplicada aos dados de um perfil terrestre, no sentido de proceder um estudo comparativo da resolução dos dados aéreos, que será abordado no Capítulo 8.

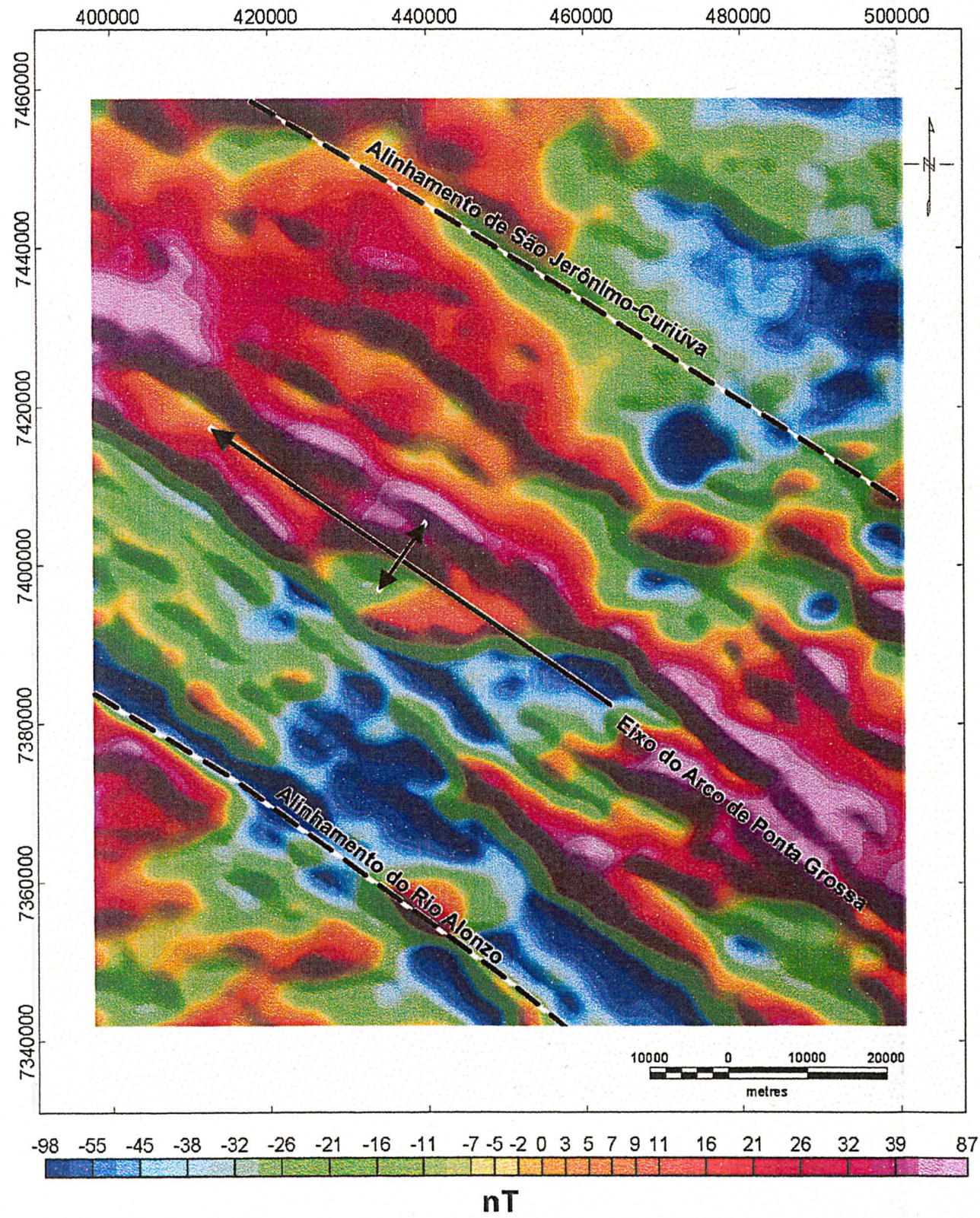
**FIGURA 7.4:** MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA APARENTE DAS FONTES PROFUNDAS (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).



**FIGURA 7.5:** MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA APARENTE DAS FONTES INTERMEDIÁRIAS (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).



**FIGURA 7.6:** MAPA DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO APÓS CONTINUAÇÃO ASCENDENTE DE 1550 M (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).



**FIGURA 7.7:** MAPA DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO APÓS CONTINUAÇÃO ASCENDENTE DE 2550 M (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).

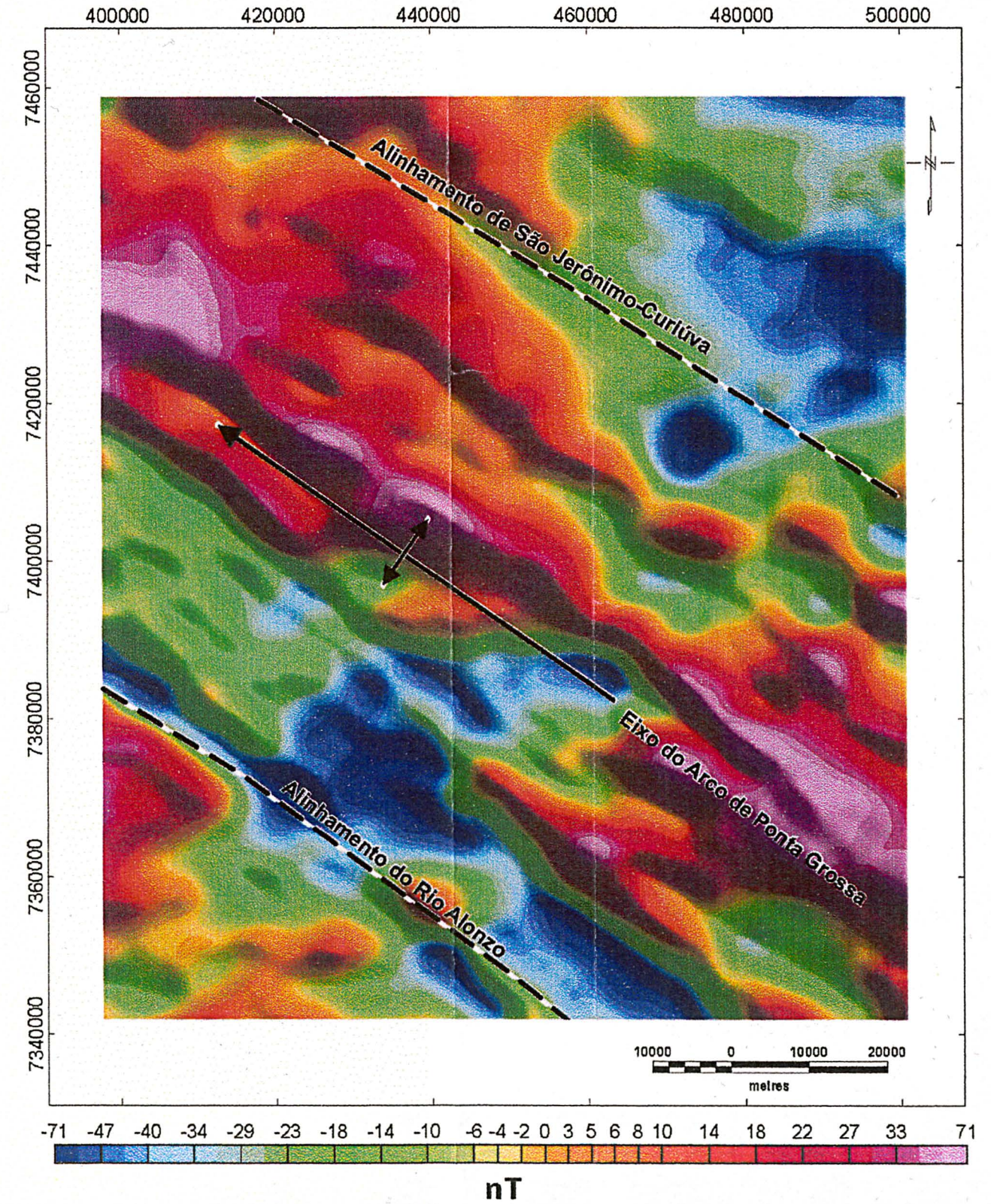


FIGURA 7.8: MAPA DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO APÓS CONTINUAÇÃO ASCENDENTE DE 5550 M (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).

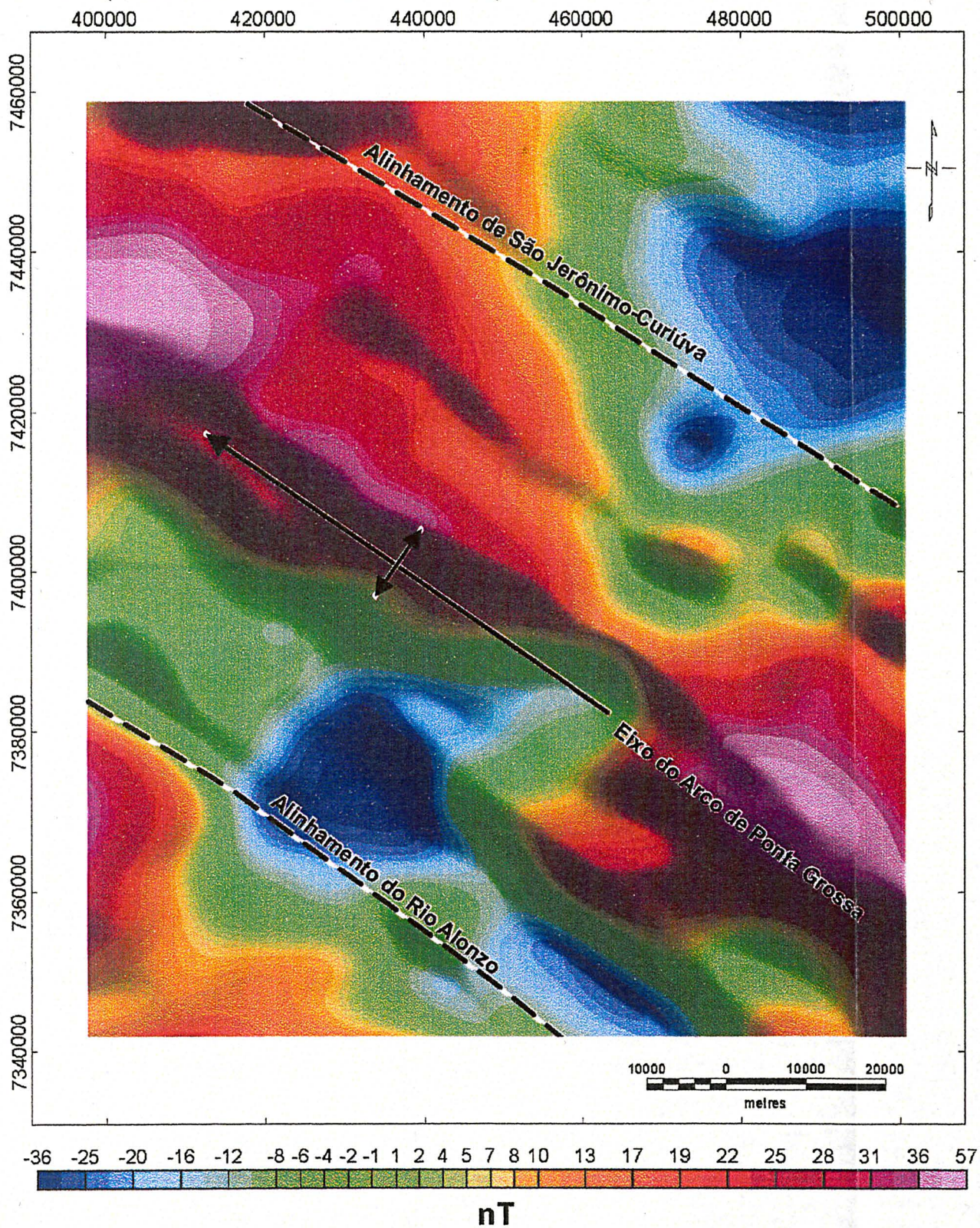
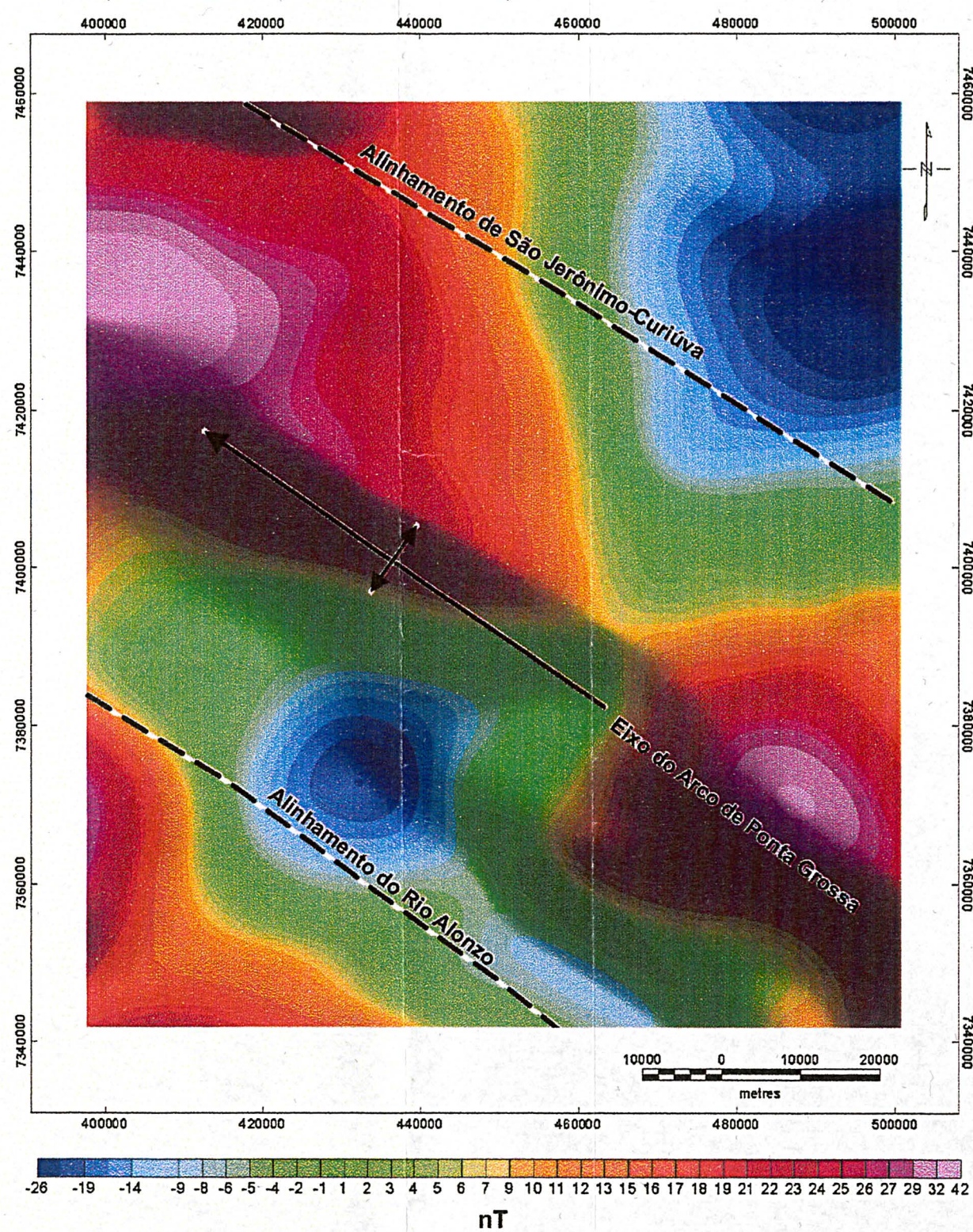


FIGURA 7.9: MAPA DO CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO APÓS CONTINUAÇÃO ASCENDENTE DE 9550 M (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).



Nos mapas de continuação ascendente foi sobreposta uma moldura simplificada das megaestruturas do Arco de Ponta Grossa, aonde claramente se pode observar a continuação das estruturas NW-SE a grandes profundidades.

## 7.5 GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL

As derivadas permitem uma análise da geometria da superfície da malha regular, indicando mudanças abruptas no declive do campo magnético, que podem ser ocasionadas por um salto no valor médio ou pela presença de um pico nos dados. São baseados no cálculo da declividade (1ª derivada) ou na taxa da mudança do gradiente (2ª derivada).

O gradiente horizontal de ordem zero é o vetor resultante das combinações das primeiras derivadas horizontais nas direções x e y, dado pela equação abaixo:

$$h(x,y) = [ (M_x)^2 + (M_y)^2 ]^{1/2}, \quad (7.8)$$

onde:  $M_x = \partial M / \partial x$  e  $M_y = \partial M / \partial y$  correspondem às derivadas horizontais da anomalia M do campo magnético.

Este processo envolve uma transformação de fase e um realce das altas frequências. A transformação de fase ressalta os picos das anomalias, localizados aproximadamente sobre as bordas de corpos espessos, e o realce da alta frequência proporciona um estreitamento destes picos para aumentar a definição das bordas dos corpos (Milligan e Gunn, 1997).

O gradiente horizontal, em geral, é utilizado para realçar os limites dos corpos e estruturas causadoras das principais anomalias, além de funcionar como um método de separação regional-residual. O detalhamento das estruturas é maior quando se aplicam derivadas de ordens maiores, porém são realçados também os ruídos. Nesta análise, foram utilizadas apenas duas ordens de derivação (Figuras 7.10 e 7.11), pois a aplicação de ordens maiores resultaram em mapas muito ruidosos.

FIGURA 7.10: MAPA DO GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL DE ORDEM ZERO (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).

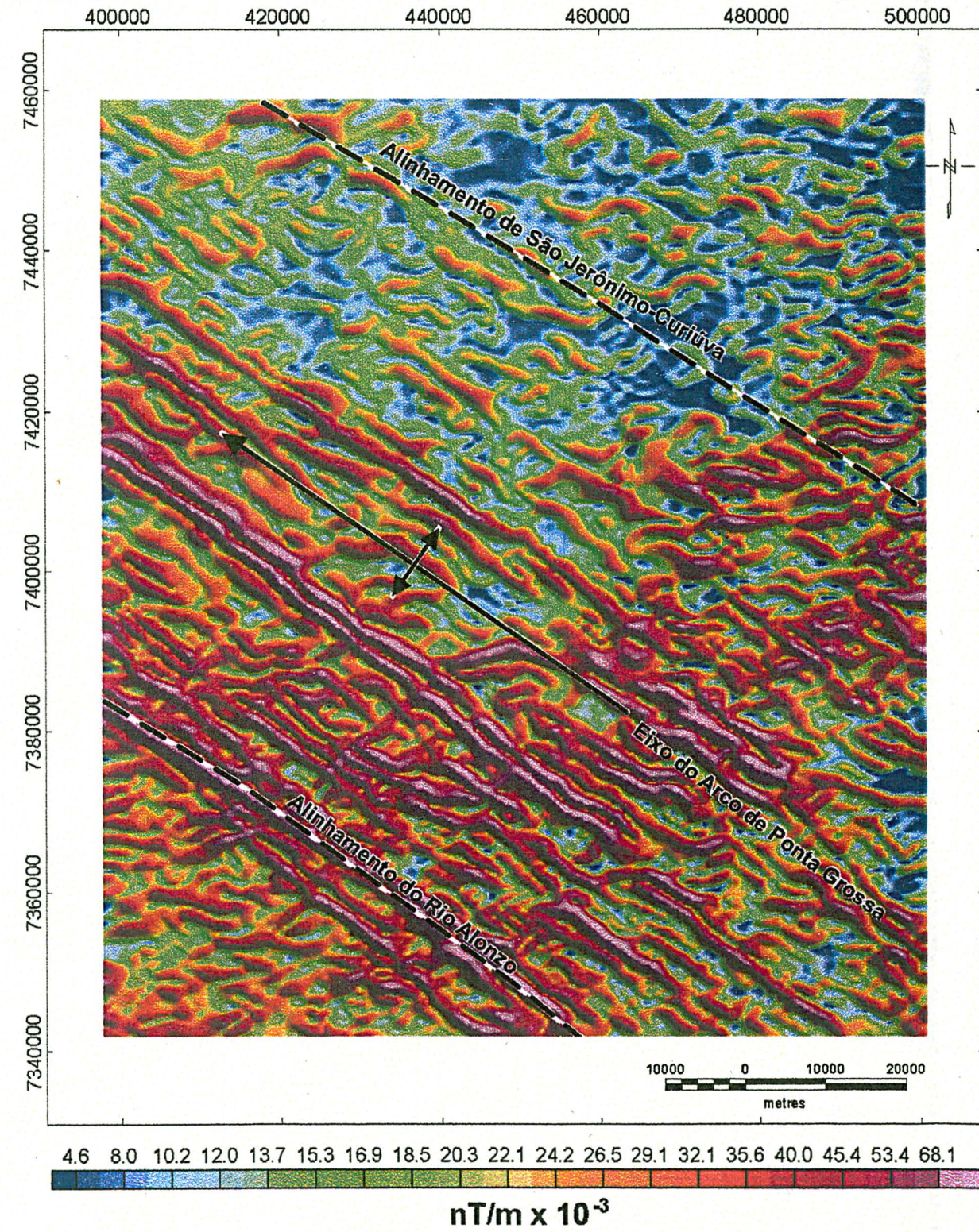
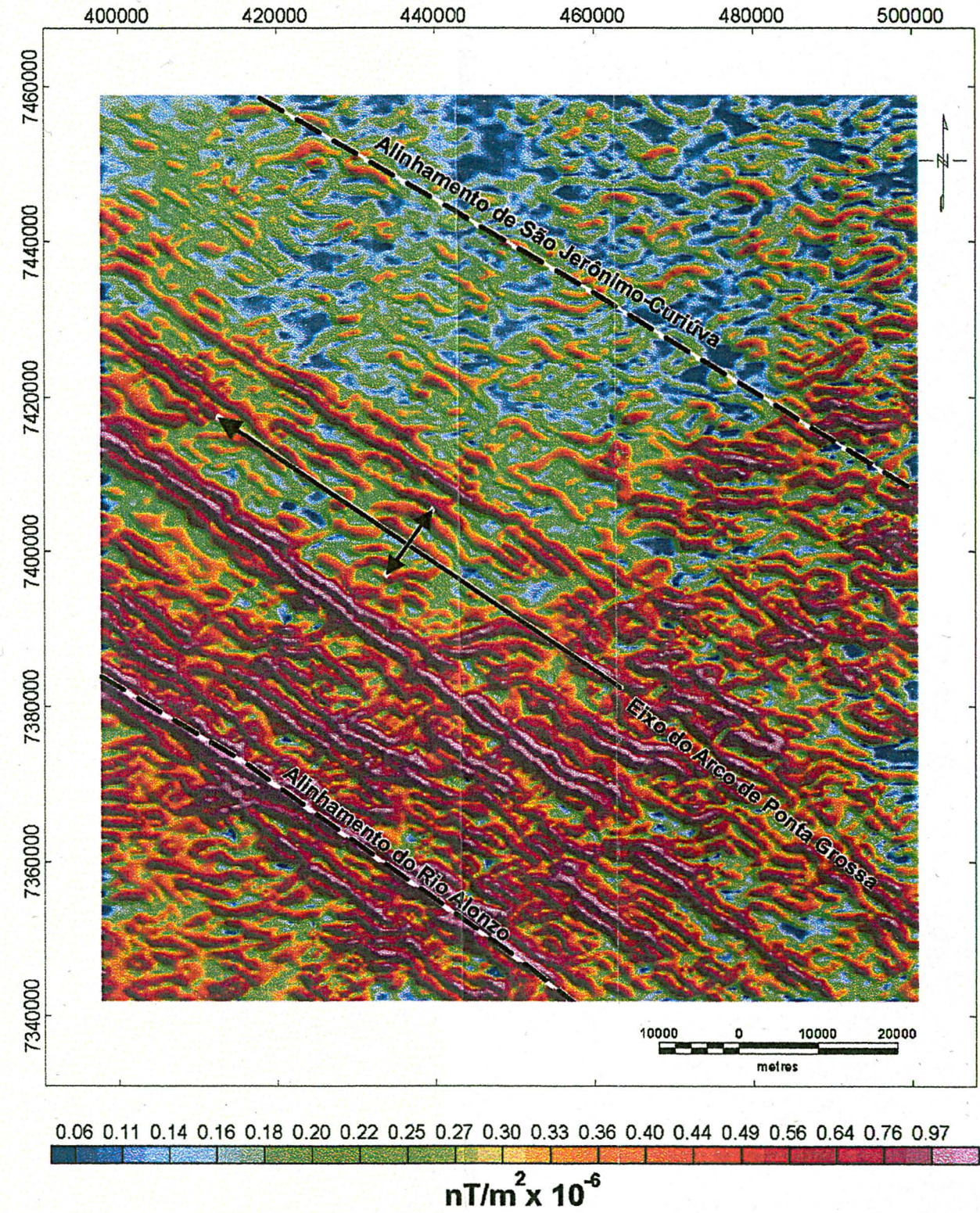


FIGURA 7.11: MAPA DO GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL DE ORDEM UM (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).



## 7.6 SINAL ANALÍTICO

O sinal analítico corresponde a uma ampla gama de métodos automáticos ou semi-automáticos, baseado no uso de gradientes (derivadas) verticais e horizontais de anomalias de campos potenciais. A noção de sinal analítico foi definida inicialmente como um “campo complexo derivado de um campo potencial” (Nabighian, 1972). Este método não requer um conhecimento prévio da direção de magnetização e não necessita do processamento de redução ao pólo (Hsu *et al.*, 1998).

Para estruturas 2-D, o método assume que a fonte apresenta magnetização uniforme e pode ser representada por seções transversais de polígonos, onde estas estruturas podem também ser consideradas como a superposição de um número finito de contatos magnéticos.

Na análise 3-D, o sinal analítico simples é definido em Nabighian (1984, *apud* Hsu *et al.*, 1996) como:

$$A(x,y) = ( \partial M/\partial x \mathbf{x} + \partial M/\partial y \mathbf{y} + \partial M/\partial z \mathbf{z} ), \quad (7.9)$$

onde  $\mathbf{x}$ ,  $\mathbf{y}$ ,  $\mathbf{z}$  são os vetores unitários nas direções  $x$ ,  $y$  e  $z$ .

A função amplitude do sinal analítico, ou seu valor absoluto, pode ser expressa por um vetor adição de duas componentes reais nas direções  $x$  e  $y$  e uma componente imaginária na direção  $z$ , conforme a equação:

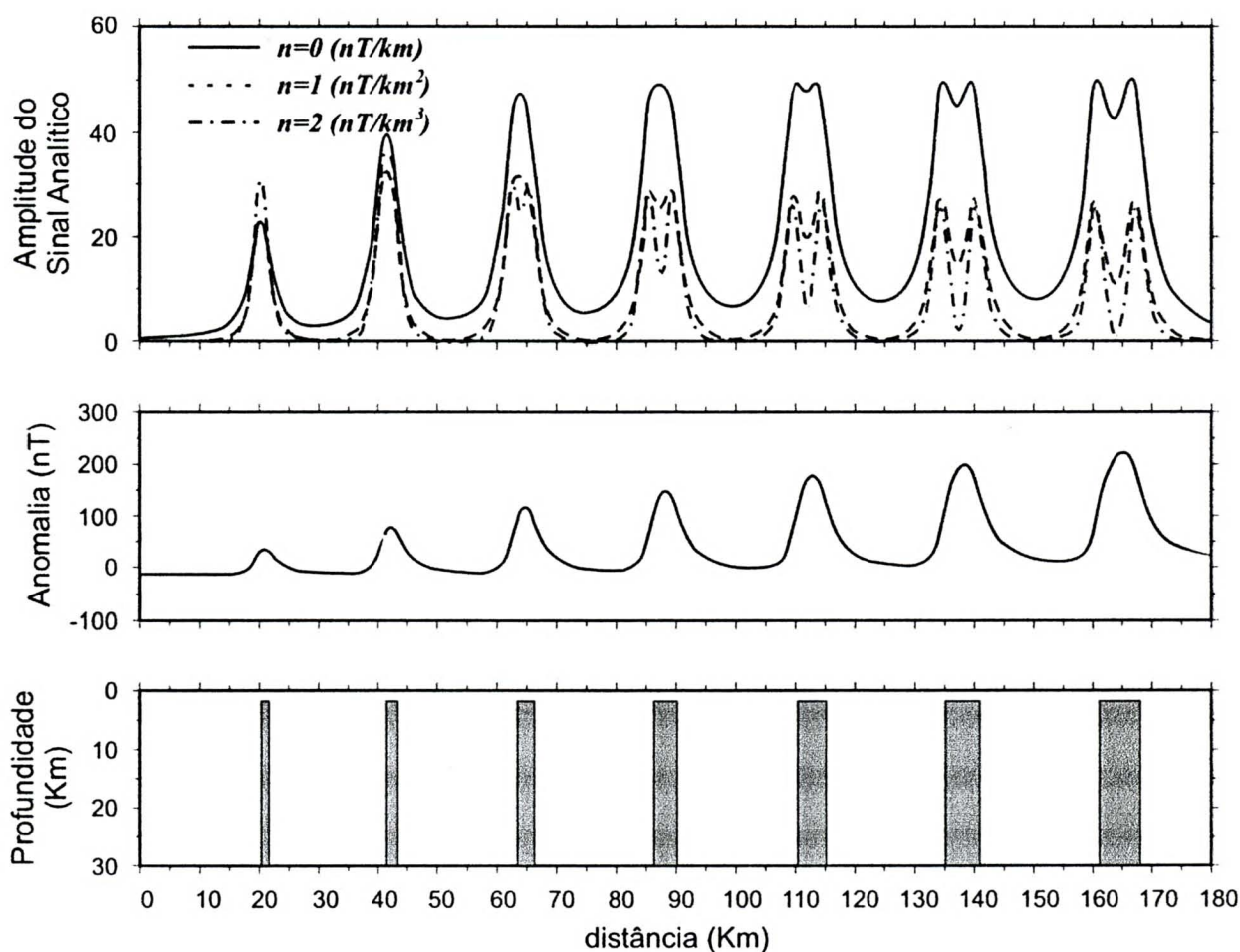
$$|A(x,y)| = [(M_x)^2 + (M_y)^2 + (M_z)^2]^{1/2}, \quad (7.10)$$

onde  $M$  é a anomalia do campo potencial,  $M_z = \partial M/\partial z$  é a primeira derivada vertical,  $M_x = \partial M/\partial x$  e  $M_y = \partial M/\partial y$  são as primeiras derivadas horizontais em  $x$  e  $y$ .

A amplitude do sinal analítico é uma função simétrica em formato de sino (*bell shaped*), com seu máximo situado exatamente sobre o topo de cada contato (Figura 7.12), e sua largura relacionada diretamente com a profundidade do corpo.

Como isto é verdade para qualquer ordem de derivadas do sinal (Nabighian, 1974), estas propriedades podem ser utilizadas para localizar os contatos magnéticos e suas profundidades. Tais características invariáveis são vantajosas na interpretação magnética, especialmente quando a contribuição da magnetização induzida ou remanescente não pode ser distinguida (Roest *et al.*, 1992; Hsu *et al.*, 1996).

**FIGURA 7.12:** EXEMPLO MOSTRANDO A APLICAÇÃO DO SINAL ANALÍTICO DE ORDENS 0, 1 E 2 EM DIQUES COM AS ESPESSURAS VARIANDO DE 1 A 7 KM. O MODELO APRESENTA INCLINAÇÃO DE  $-5^\circ$ , DECLINAÇÃO DE  $30^\circ$  E MAGNETIZAÇÃO DE 200 NT (MODIFICADO DE HSU *ET AL.*, 1998).



Com o processamento de derivadas da amplitude do sinal analítico, ao invés da amplitude do sinal original, obtém-se uma separação mais eficiente das anomalias causadas por estruturas que estejam muito próximas entre si

(Debeglia e Corpel, 1997). As amplitudes de enésima ordem de derivação podem ser expressas igualmente em termos da derivada vertical (7.11a) ou da horizontal (7.11b):

$$|A(x,y)| = [ (\partial M_n^z / \partial x)^2 + (\partial M_n^z / \partial y)^2 + (\partial M_n^z / \partial z)^2 ]^{1/2} \quad (7.11a)$$

$$|A(x,y)| = [ (\partial M_n^h / \partial x)^2 + (\partial M_n^h / \partial y)^2 + (\partial M_n^h / \partial z)^2 ]^{1/2} \quad (7.11b)$$

A fase do sinal analítico é uma extensão da teoria proposta por Nabighian (1984). Thurston e Smith (1997) demonstraram que a fase permite a estimativa do mergulho e do contraste de susceptibilidade das fontes causadoras das anomalias.

A fase do sinal analítico é definida pelo ângulo formado entre os vetores imaginário e real do sinal analítico da mesma ordem, ou seja, representa o quociente resultante da primeira derivada vertical pelo gradiente horizontal:

$$\Phi(x,y) = \arctg(M_z) / [(M_x)^2 + (M_y)^2]^{1/2} \quad (7.12)$$

A amplitude do sinal analítico pode sofrer variações dentro de uma mesma estrutura, dificultando por vezes a identificação de sua continuidade. Quando se comparam a amplitude com a fase do sinal analítico pode-se interpretar com maior segurança a continuidade da estrutura magnética, pois mesmo variando a amplitude sua fase permanece constante. Uma interpretação da fase em separado torna-se bastante ambígua, devido ao fato de que esta propriedade atribui pesos semelhantes para as estruturas de interesse e também para os ruídos.

FIGURA 7.13: MAPA DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).

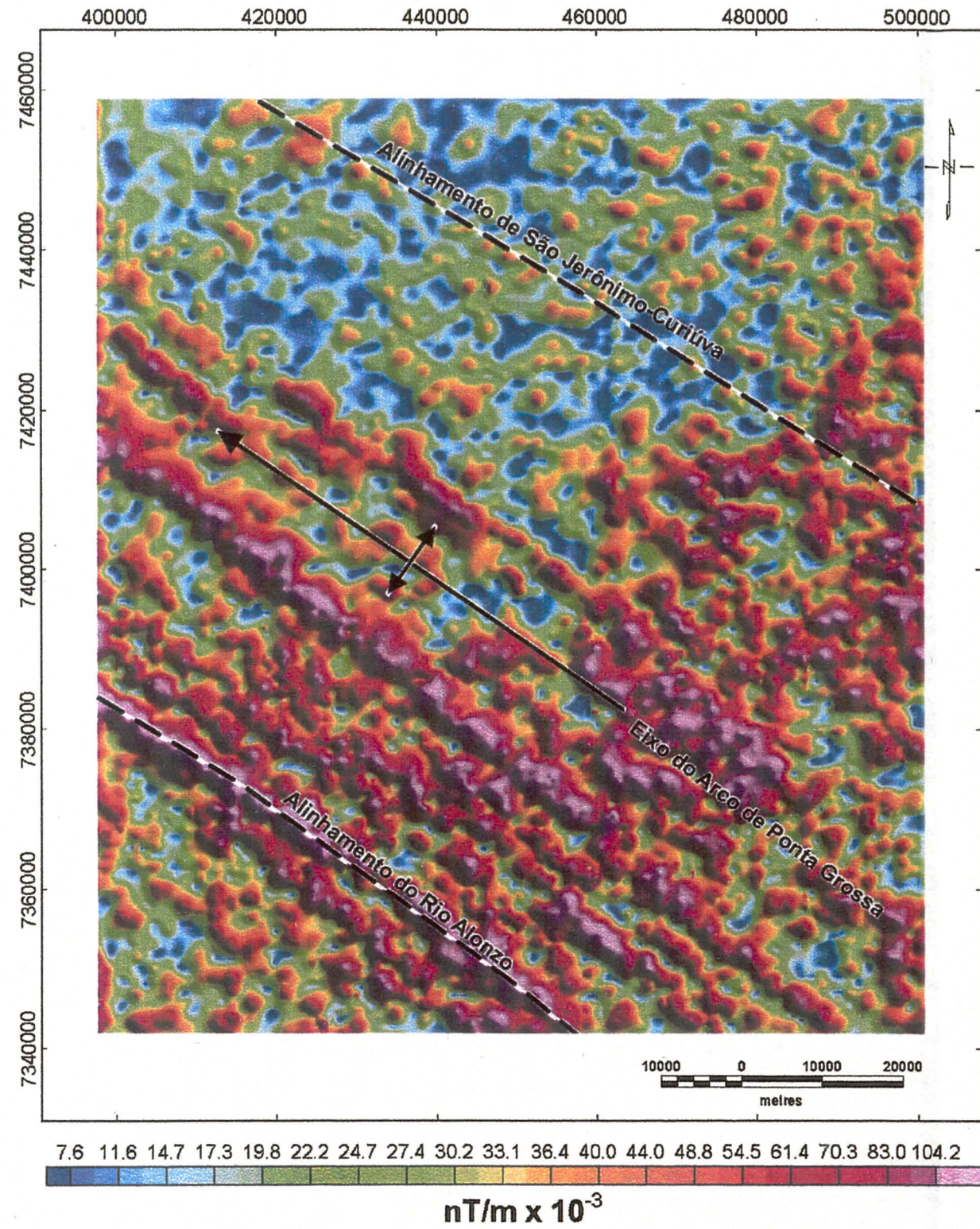
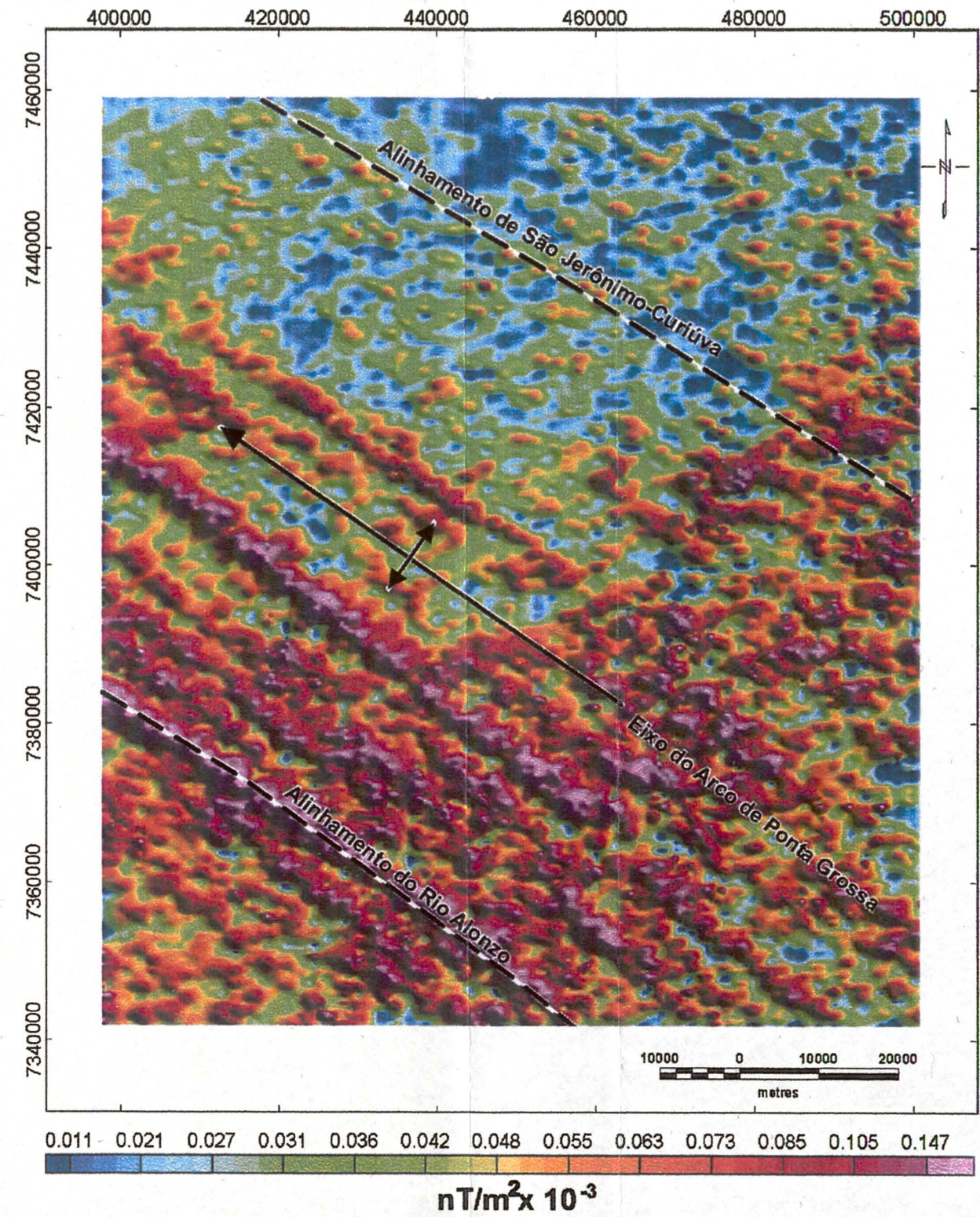
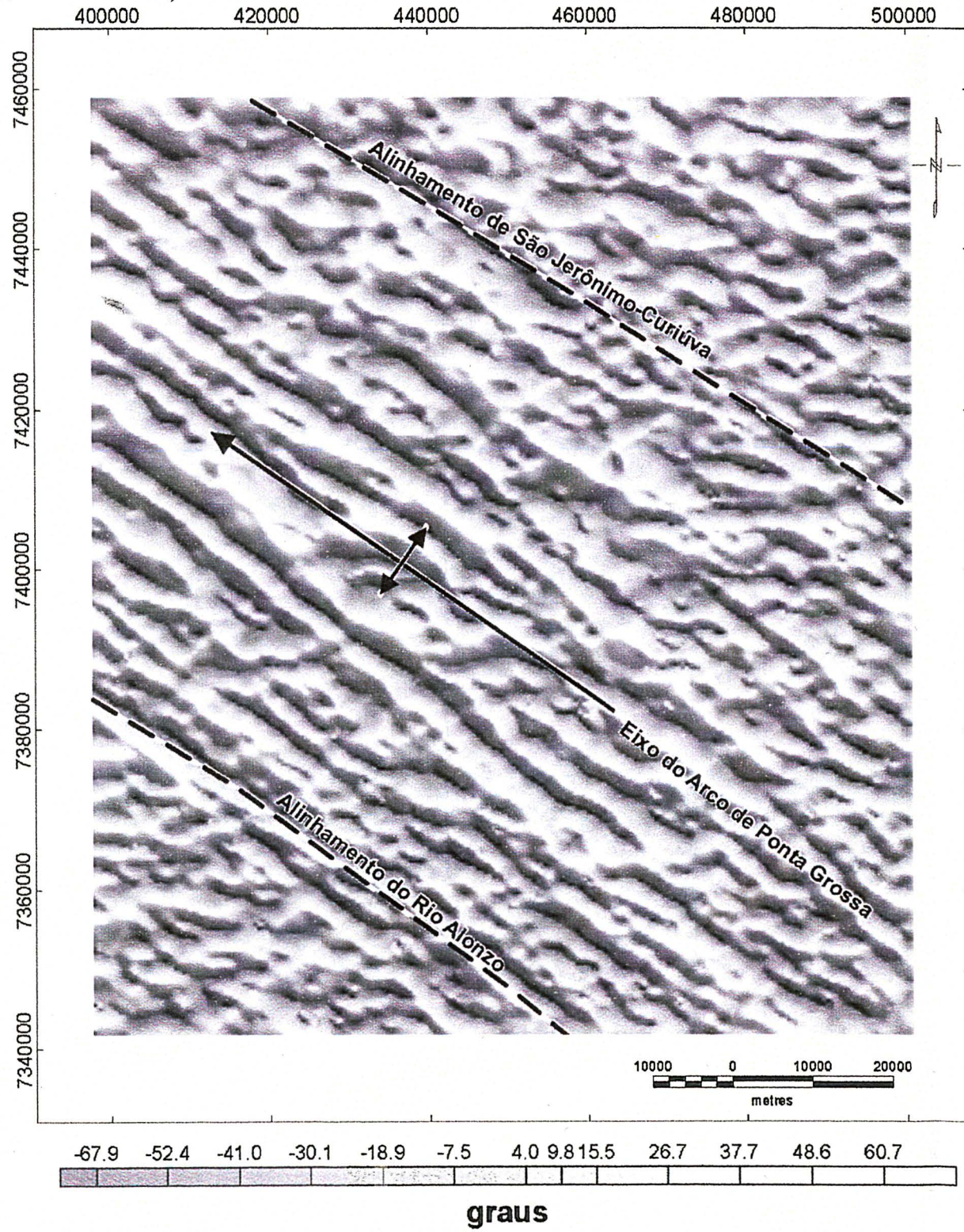


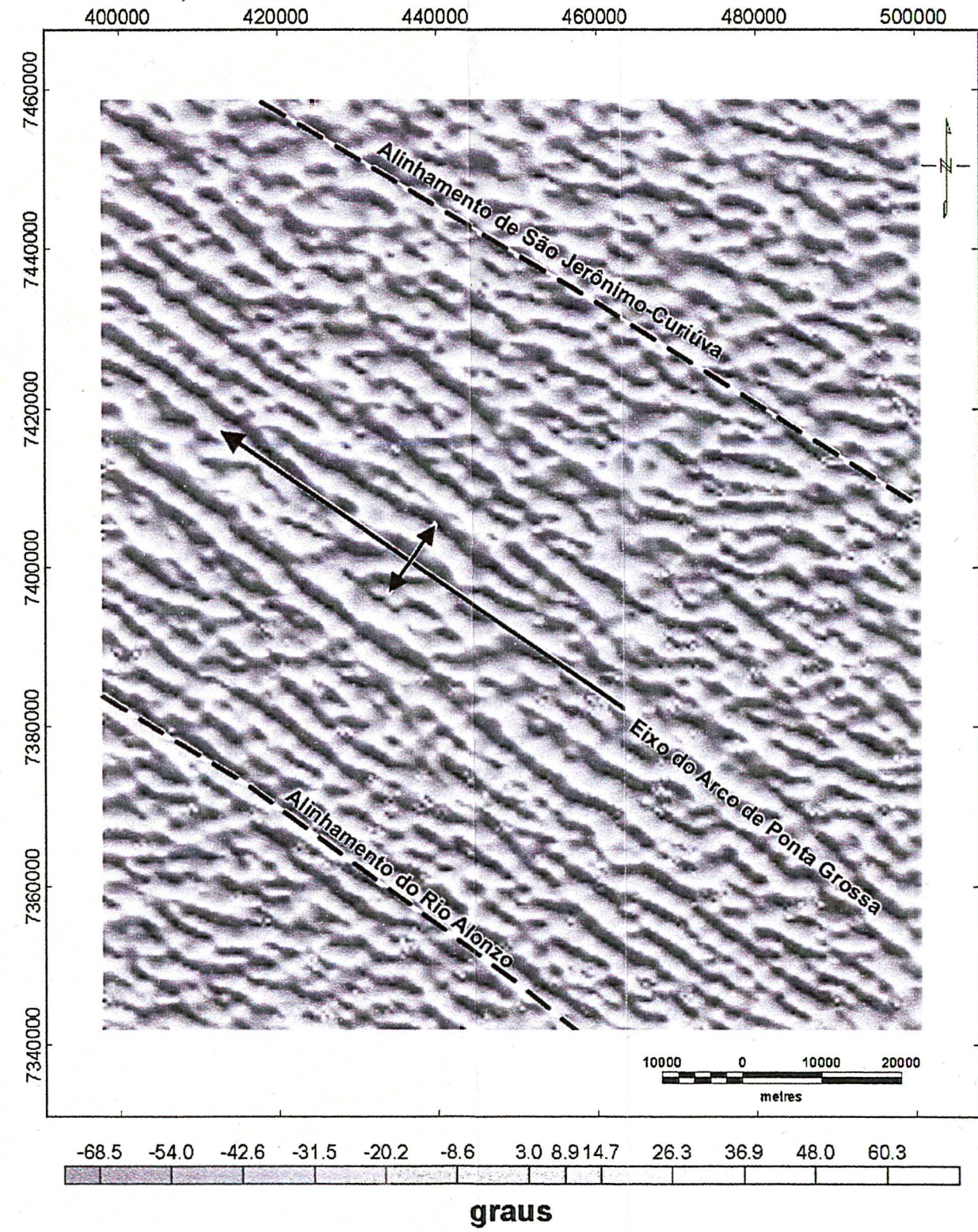
FIGURA 7.14: MAPA DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM UM (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).



**FIGURA 7.15:** MAPA DA FASE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).



**FIGURA 7.16:** MAPA DA FASE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM UM (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).



## 7.7 DECONVOLUÇÃO DE EULER

A deconvolução<sup>(2)</sup> de Euler (Thompson, 1982) é comumente empregada na interpretação magnética, porque requer pouco conhecimento *a priori* sobre a geometria da fonte magnética e não necessita de informação a respeito do vetor magnetização. No entanto, é necessário conhecer o parâmetro denominado fator estrutural ( $\eta$ ), o qual especifica a geometria da fonte magnética aplicada pelo método para o cálculo da profundidade.

O método é baseado na aplicação da equação homogênea de Euler, através de uma janela móvel para um dado índice estrutural  $\eta$ . Considerando campos potenciais, podemos escrever a equação de Euler da seguinte forma:

$$(x - x_0) \frac{\partial T}{\partial x} + (y - y_0) \frac{\partial T}{\partial y} + (z - z_0) \frac{\partial T}{\partial z} = \eta(B - T) \quad (7.13)$$

Onde  $(x_0, y_0, z_0)$  representam a posição da fonte magnética, cujo campo total  $T$  é medido em  $(x, y, z)$ ,  $B$  é o valor regional do campo e  $\eta$  é o fator estrutural.

Thompson (1982) apresenta um critério para reduzir o número de soluções possíveis e para determinar o fator estrutural, baseado no menor desvio padrão apresentado para as estimativas de profundidade com o  $\eta$  fixo; e na estimativa de  $\eta$  com o valor que apresente a menor dispersão entre as soluções de subsuperfície. Um outro critério para determinar o fator estrutural é o desenvolvido por Barbosa *et al.* (1999), que deriva da própria equação de Euler e é baseado na correlação da anomalia do campo total com as estimativas do nível de base para diferentes valores do índice estrutural.

A deconvolução de Euler pode ser aplicada para vários índices estruturais, sobretudo em áreas magneticamente complexas, onde coexistam vários modelos, produzindo soluções de posicionamentos e profundidades variadas. Caberá ao intérprete a seleção dos resultados mais coerentes com a realidade geológica.

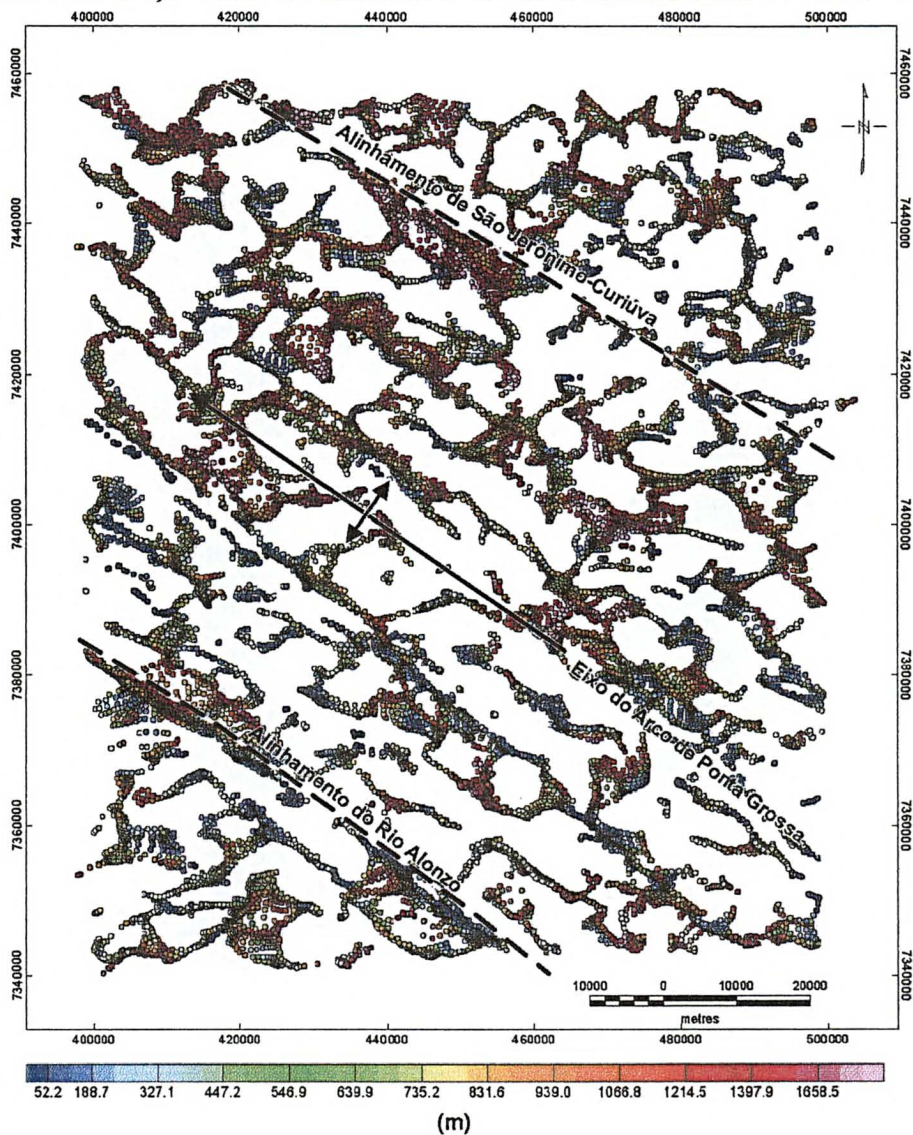
(2) Deconvolução: são todos os processos utilizados para se eliminar ou atenuar efeitos de natureza *convolucional*. Dessa maneira o termo deconvolução de Euler não se aplica, de fato se trata de uma modelagem.

A aplicação do método foi realizada utilizando-se o programa *Griddept* (Geosoft, 1994). Considerando o formato de dique tabular de comprimento infinito como a fonte anômala mais proeminente na área, utilizou-se um fator estrutural  $\eta=1$  (modelo de dique), adotando-se uma tolerância de 10% para o posicionamento e profundidade das fontes. Foram adotados três tamanhos de janela de busca: 2.500, 5.000 e 10.000 metros, visando identificar anomalias correspondentes a fontes cada vez mais profundas.

Dos mapas gerados a partir destes parâmetros, o que mostrou um melhor ajuste para o modelo adotado ( $\eta=1$ ), foi aquele da janela de 5.000 metros (Figuras 7.17 e 7.18), com os círculos representativos dos resultados do modelo alinhados ao longo da estrutura.

O mapa gerado com a janela de 5.000 metros foi dividido em classes para então traçar as estruturas mais representativas de cada uma delas (Figura 7.19). O cálculo de profundidade das fontes magnéticas apresentou valores distribuídos desde a superfície até 4.500m de profundidade, porém só foram encontrados resultados com bom ajuste até os 3.000m. A maior concentração de estruturas ocorreu no intervalo entre 450 e 1250m.

**FIGURA 7.17:** MAPA DE PROFUNDIDADES DAS FONTES MAGNÉTICAS. CALCULADAS PELA DECONVOLUÇÃO DE EULER PARA UMA JANELA DE BUSCA DE 5.000 m.



**FIGURA 7.18:** HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DA DISTRIBUIÇÃO DE PROFUNDIDADES DAS FONTES MAGNÉTICAS UTILIZANDO UMA JANELA DE BUSCA DE 5.000 m.

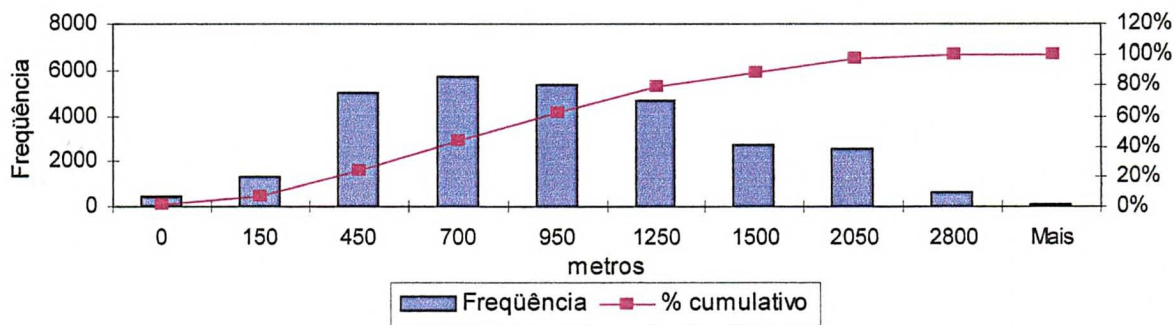
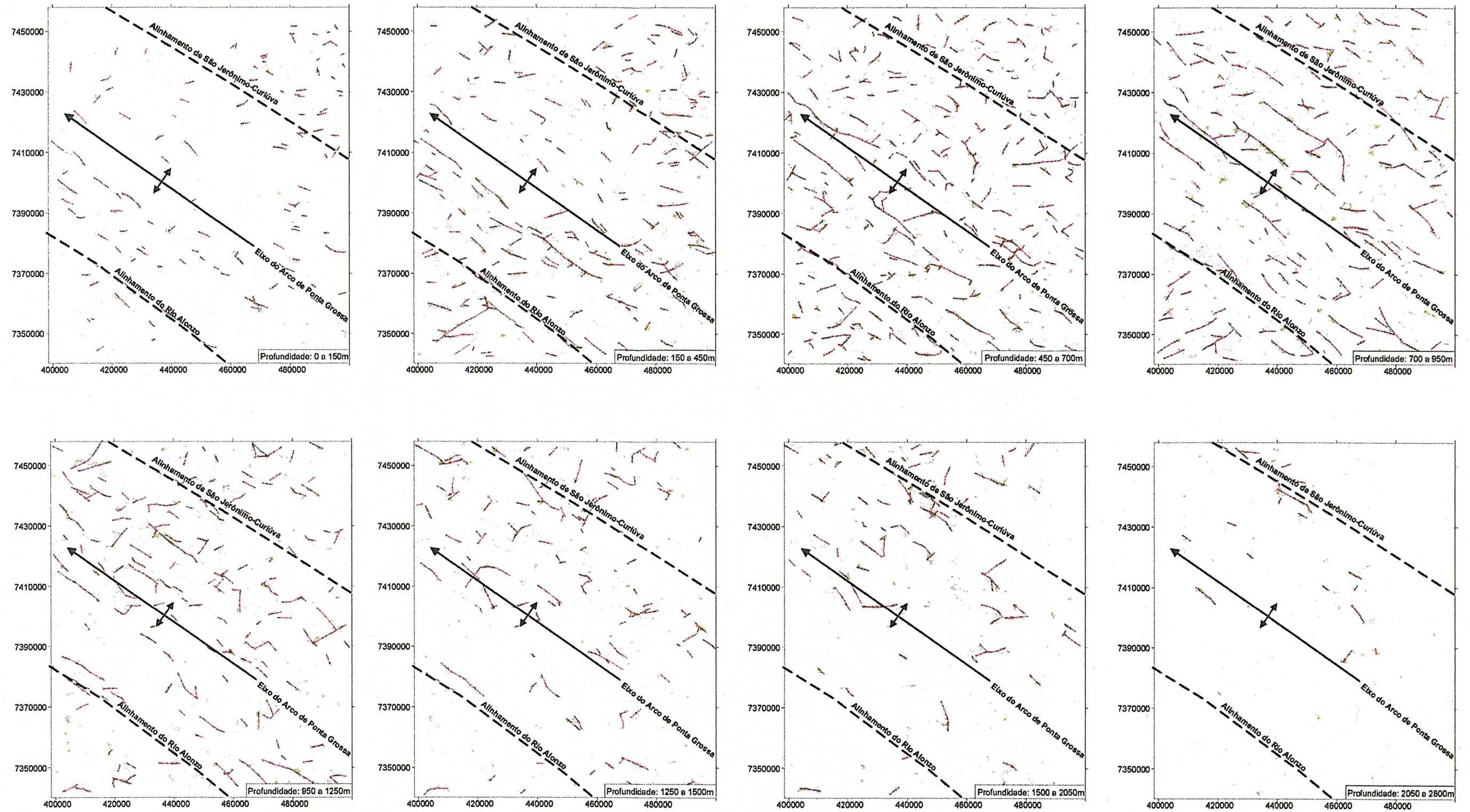


FIGURA 7.19: ALINHAMENTOS DE FONTES MAGNÉTICAS SEPARADAS POR CLASSES DE PROFUNDIDADES INDICANDO AS PRINCIPAIS ESTRUTURAS DO ARCO DE PONTA GROSSA.

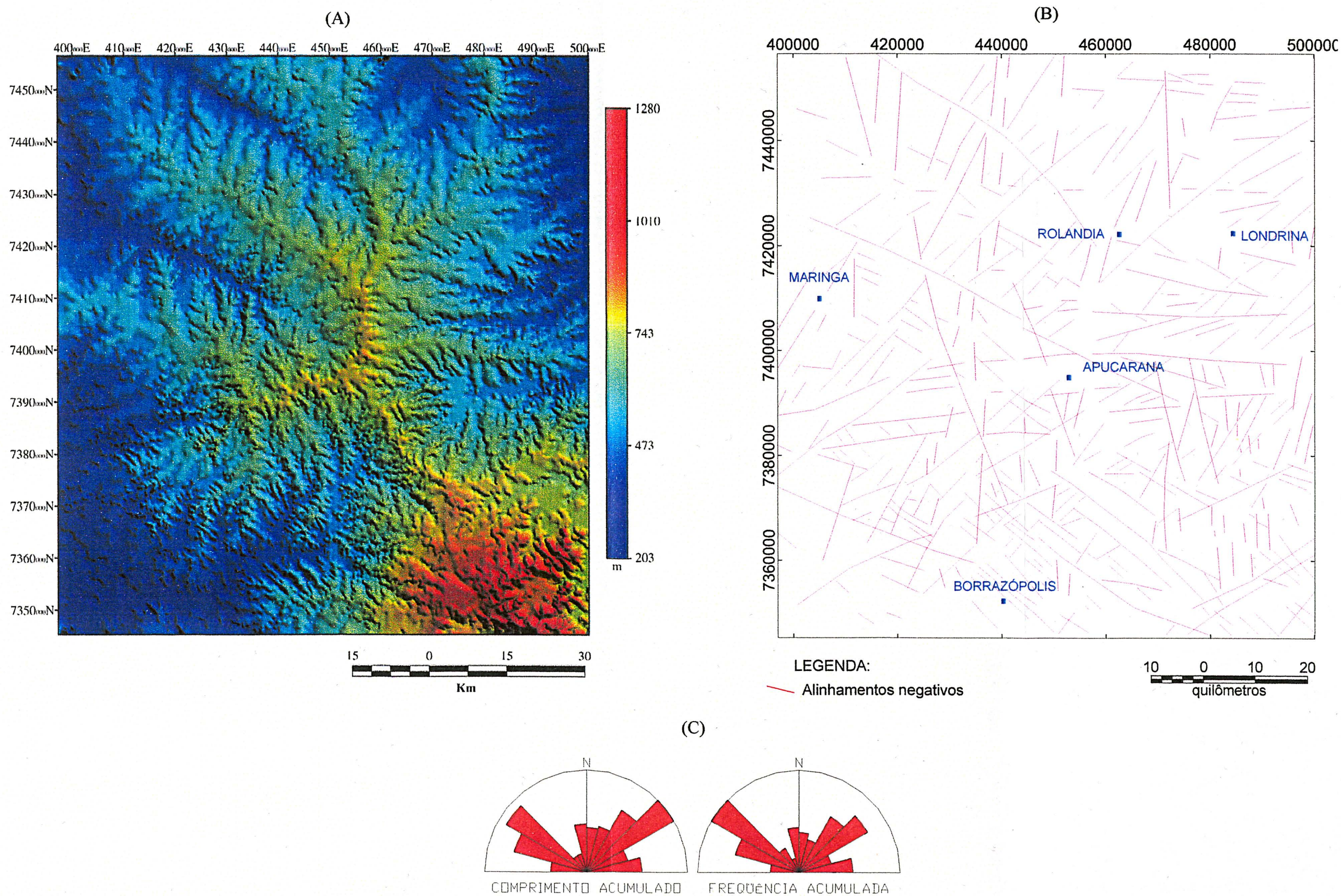


## 7.8 MODELO DIGITAL DE TERRENO

A partir da carta topográfica vetorizada da Folha Londrina (SG-22-Y-D), na escala 1:250.000, foi gerado um modelo digital de terreno (MDT) no programa Oasis Montaj, através do método da curvatura mínima e com células de 600 x 600m (Figura 7.20A). Também foi aplicado um filtro de derivada fracionária (meia-derivada), para realçar as estruturas de relevo e melhorar a sua interpretação.

A partir dos modelos gerados foram obtidos os alinhamentos negativos de relevo (Figura 7.20B). Os alinhamentos de relevo normalmente estão relacionados a variações na resistência das rochas que produzem zonas de comportamentos diferenciados ao intemperismo. Estas variações podem estar relacionadas a zonas de falhas e fraturas, contatos geológicos, além de mudanças internas de um mesmo litotipo. O traçado destes alinhamentos teve por finalidade aferir as estruturas obtidas através do método magnético, além de suprir a dificuldade de identificação das estruturas de direção N-S, mascaradas pela direção do levantamento.

**FIGURA 7.20:** (A) MODELO DIGITAL DE TERRENO DA ÁREA DO ESTUDO, (B) ALINHAMENTOS NEGATIVOS DO MODELO DIGITAL DE TERRENO, E (C) DIAGRAMAS DE ROSETAS DAS DIREÇÕES ESTRUTURAIS.



Como observado no diagrama de rosetas (Figura 7.20C), as direções principais de ocorrência das estruturas são NW-SE, NE-SW, E-W e N-S. Os alinhamentos de direção NW-SE ocorrem em toda a área do estudo. As maiores extensões são encontradas justamente naqueles associados aos principais elementos do Arco de Ponta Grossa, sendo mais freqüente a ocorrência de alinhamentos bastante segmentados com esta direção. Estruturas com direção NE-SW são observadas principalmente na porção central da área, segmentando aquelas de direção NW-SE, mas também podem se apresentar truncadas por esta última. A direção N-S ocorre com menor freqüência na área, e normalmente se caracteriza por apresentar estruturas bastante espaçadas. Na porção sudeste da área, verifica-se as maiores ocorrências para os alinhamentos de direção N-S. Os alinhamentos de direção E-W são encontrados principalmente na porção central da área, próximo ao município de Apucarana.

## 8 RESOLUÇÃO

A altura de vôo empregada no levantamento do Projeto Rio Ivaí, de 450m sobre o terreno, imprime uma atenuação significativa na magnitude das anomalias e um conseqüente alargamento. Esta redução na resolução do sinal dificulta a separação de fontes próximas, além de não detectar aquelas fontes correspondentes a corpos de espessura reduzida e/ou de baixa susceptibilidade.

Com a finalidade de criar subsídios para quantificar as limitações impostas devido às características deste levantamento na capacidade de individualização das anomalias associadas a diques de dolerito foi realizado um estudo da capacidade de resolução das fontes. Neste capítulo também se propõe avaliar o ganho interpretativo obtido com a aplicação de filtros baseados nas propriedades do sinal magnético. Os resultados obtidos através desta análise serão utilizados para balizar os parâmetros adotados na modelagem das anomalias magnéticas ao longo das linhas de vôo.

A análise proposta inicia com um estudo baseado em dados magnéticos terrestres que possuem uma maior capacidade de resolução. Na segunda parte são analisados dados aeromagnéticos cotejados com mapeamento geológico de semi-detalle em uma área contígua àquela do estudo.

### 8.1 DADOS TERRESTRES

Para observar a resposta magnética dos diques de diabásio isoladamente, foi realizado um perfil magnetométrico terrestre em uma área que se localiza na porção sul-sudeste do Arco de Ponta Grossa. O perfil foi efetuado na Mina Saivá, município de Rio Branco do Sul – PR, cuja geologia é representada por mármore do Grupo Açungui (Paleoproterozóico) e por intrusões de diques de diabásio com direção NW-SE, pertencentes ao Grupo São Bento.

As medidas do campo magnético total foram realizadas utilizando um magnetômetro de precessão de prótons. O perfil apresentou uma extensão de 757,5 m

e foi realizado na direção N40E, que é aproximadamente perpendicular a direção dos diques. O espaçamento adotado entre os pontos de amostragem foi de 10 m, e quando constatada a ocorrência de diques o mesmo foi adensado para 2 m. Também foram medidas as susceptibilidades dos diques e das rochas encaixantes (Tabela 8.1).

**TABELA 8.1:** SUSCEPTIBILIDADES MAGNÉTICAS MÉDIAS DAS ROCHAS DA MINA SAIVÁ (PR)

<b>Rocha</b>	<b><math>k \cdot 10^{-3}</math> (SI)</b>
Dique 1	17,92
Dique 2	17,4
Dique 3	18,88
Dique 4	42,82
Dique 5	39,37
Encaixante	0,03

Neste levantamento foram observadas cinco anomalias relativas a diques de diabásio. O dique 1 foi o único que apresentou anomalia com polaridade invertida, devido à magnetização remanente de um campo magnético de direção oposta ao atual. Os demais diques apresentam anomalias com o pico mínimo a sul e o máximo a norte, caracterizando uma magnetização normal. Também se observa que o dique 2 não foi detectado durante o levantamento devido a sua pequena espessura e baixo contraste de susceptibilidade.

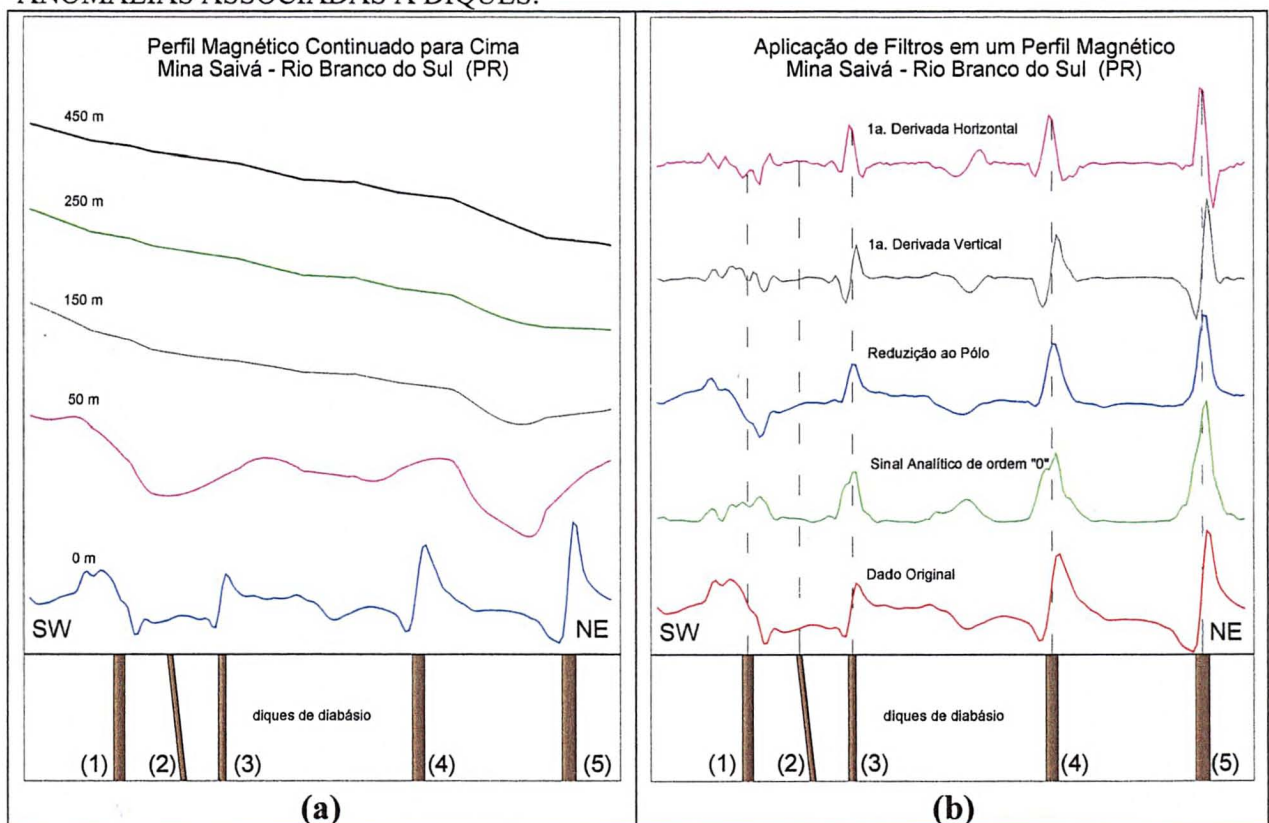
Nestes dados foi aplicado um filtro de continuação ascendente, com o intuito de simular a resposta dos diques a diferentes níveis de altitude, que foram de 50, 150, 250 e 450 m. Na Figura 8.1a são mostrados os perfis empilhados das respostas simuladas a diferentes alturas, onde se nota que os diques, facilmente identificados no perfil terrestre, já foram fortemente atenuados com apenas 50m de continuação ascendente. Além de uma redução na amplitude do sinal, também se observa um alargamento da anomalia e conseqüente redução da resolução do dado.

No perfil continuado para 150 m observa-se apenas uma única anomalia resultante da soma das influências dos diques 4 e 5, os quais apresentam os maiores valores de susceptibilidade. Esta anomalia apresenta o gradiente mais elevado posicionado entre os dois diques.

Nos demais perfis continuados a 250 m e 450 m, dificilmente se pode determinar as posições exatas dos diques, mas apenas um posicionamento aproximado decorrente das influências dos diques de maior susceptibilidade e/ou espessuras.

A altura de continuação ascendente de 450 m, é análoga àquela do levantamento objeto desta pesquisa. Assim podemos afirmar que as anomalias observadas nos dados aeromagnetométricos são representativas da estruturação regional da bacia, onde um maior detalhamento somente pode ser obtido através do uso de técnicas de realce das anomalias de alta frequência, ou pela aquisição de dados a alturas que propiciem uma melhor resolução.

**FIGURA 8.1:** PERFIL MAGNÉTICO TERRESTRE REALIZADO NA MINA SAIVÁ (PR), ONDE FORAM APLICADOS FILTROS DE SUAUVIZAÇÃO (A) E DE REALCE (B) DAS ANOMALIAS ASSOCIADAS A DIQUES.



Além da continuação ascendente, também foi aplicado o filtro de redução ao pólo magnético em comparação com os seguintes filtros de realce das fontes rasas (Figura 8.1b): amplitude do sinal analítico de ordem zero e primeiras derivadas horizontal e vertical. Nota-se neste caso uma perfeita relação do posicionamento dos

diques de diabásio com os picos de máximos do perfil reduzido ao pólo, do sinal analítico e da derivada vertical. As espessuras dos diques são bem representadas pelo perfil da derivada horizontal, que apresenta os picos de máximos e de mínimos localizados diretamente sobre as bordas dos corpos.

A anomalia do dique portador de remanência (dique 1) não obteve melhoria da resolução pela aplicação dos filtros, onde o de redução ao pólo não modificou a anomalia original e as derivadas apresentaram-se ruidosas. O sinal analítico, apesar de ruidoso, gerou uma anomalia de maior comprimento de onda, com o pico de máximo posicionado aproximadamente sobre o centro do corpo.

## 8.2 DADOS AEROMAGNETOMÉTRICOS

A análise foi realizada em uma área contígua à do presente estudo (Figura 8.2), utilizando dados aeromagnetométricos do campo residual, retirados do projeto Rio Ivaí e Rio Iguaçu (Paulipetro, 1981), os quais foram unidos através do pacote Gridknit (Geosoft, 2000).

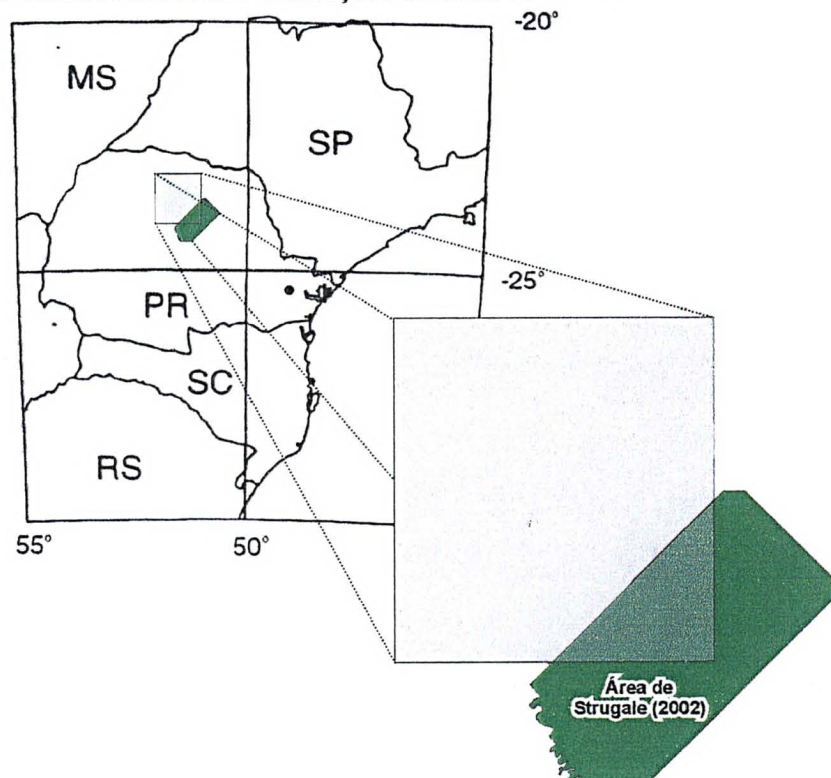
Esta área é coberta por um mapeamento geológico detalhado (Strugale, 2002) e representa a continuação à sudeste do Arco de Ponta Grossa, incluindo o contato dos basaltos da Formação Serra Geral com sedimentos paleozóico da bacia (Figura 8.3).

Os dados aeromagnéticos residuais selecionados, foram interpolados com células de 450x450m e previamente micronivelados (Minty, 1991). A partir do *grid* gerado foram aplicados os filtros da amplitude e fase do sinal analítico, além do gradiente horizontal total (Figuras 8.4 a 8.6), os quais foram comparados com os diques mapeados em Strugale (*op cit.*).

Por esta analogia pôde-se observar que uma única anomalia no mapa do sinal analítico com amplitudes em torno de 0,07 nT/m e comprimento de onda 1700 m, estão representados em média associações de três a quatro diques. Delimitando estas associações de diques ocorrem anomalias no mapa do gradiente horizontal total, as quais apresentam amplitudes variando de 20 a 80 nT/m e comprimentos de onda de aproximadamente 1000 m. Porém, muitos dos diques mapeados não apresentam uma

clara correspondência com as anomalias do sinal analítico e também com as do gradiente horizontal total. Possivelmente as anomalias observadas devem estar relacionadas com os diques que se encontram a uma maior profundidade, pois até mesmo o contato da Formação Serra Geral não se destaca nos mapas magnéticos. Dessa maneira, aqueles diques que não apresentam correspondência direta com as estruturas magnéticas devem ser muito estreitos para serem reconhecidos através deste levantamento devido à altura de vôo (450 m).

**FIGURA 8.2:** LOCALIZAÇÃO DA SUBÁREA SELECIONADA PARA A ANÁLISE DE RESOLUÇÃO, POSICIONADA EM RELAÇÃO À ÁREA DO ESTUDO.



Quando os diques adentram na cobertura basáltica, fica muito difícil o seu mapeamento através das fotografias aéreas e imagens de satélite, onde somente aqueles diques que apresentam uma resistência maior ao intemperismo, gerando feições positivas de relevo, podem ser observados. No mapa da Figura 8.3, isto fica bastante claro, pois a densidade de diques mapeada na cobertura basáltica é bem

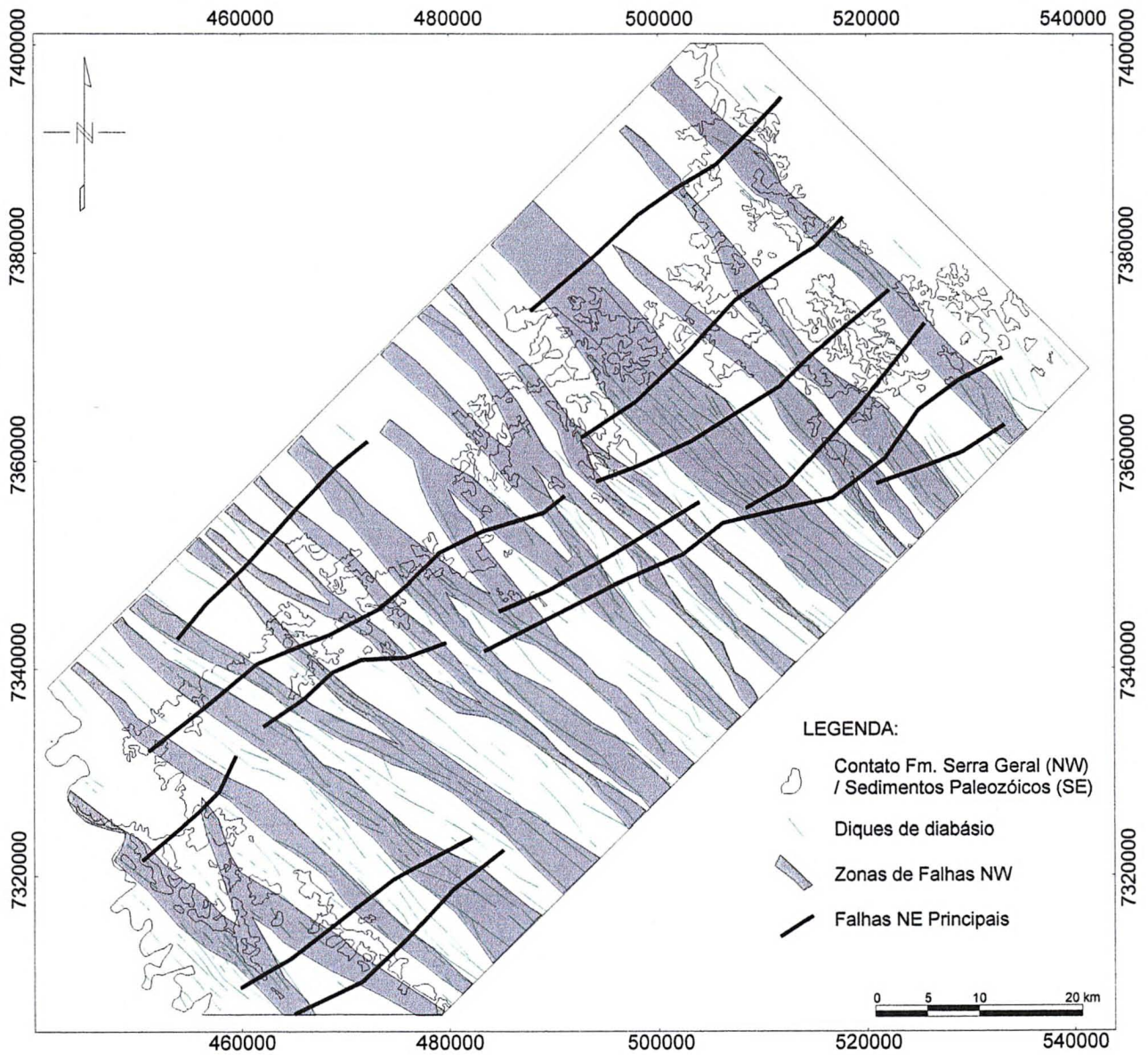
menor que nos sedimentos paleozóicos. Através do método magnético, a continuidade dos diques adentrando no basalto é facilmente observada.

A partir dos mapas magnéticos filtrados (Figuras 8.4 a 8.6), foram gerados os mapas de alinhamentos de estruturas magnéticas (Figuras 8.7 a 8.9). Estes produtos mostram um detalhamento de estruturas em que não foi possível identificar os diques na interpretação de Strugale (2002). Os mapas gerados ainda mostram correspondência com as estruturas NE-SW mapeadas por este autor, e que provavelmente são bastante contínuas em profundidade, para serem registradas pelo levantamento. Acredita-se que a direção NE-SW deve estar associada principalmente a descontinuidades do embasamento, as quais foram reativadas durante a evolução da bacia e, algumas vezes, podem estar preenchidas por diques, porque os alinhamentos dessas estruturas são representados principalmente por descontinuidades nas anomalias NW-SE, gerando raramente anomalias caracterizadas por picos positivos nos mapas da amplitude do sinal analítico e do gradiente horizontal total. No mapa da fase do sinal analítico as estruturas NE-SW são facilmente visualizadas, pois esta propriedade do sinal não está associada diretamente com a sua energia, ou seja, não necessita de grandes amplitudes para destacar a anomalia.

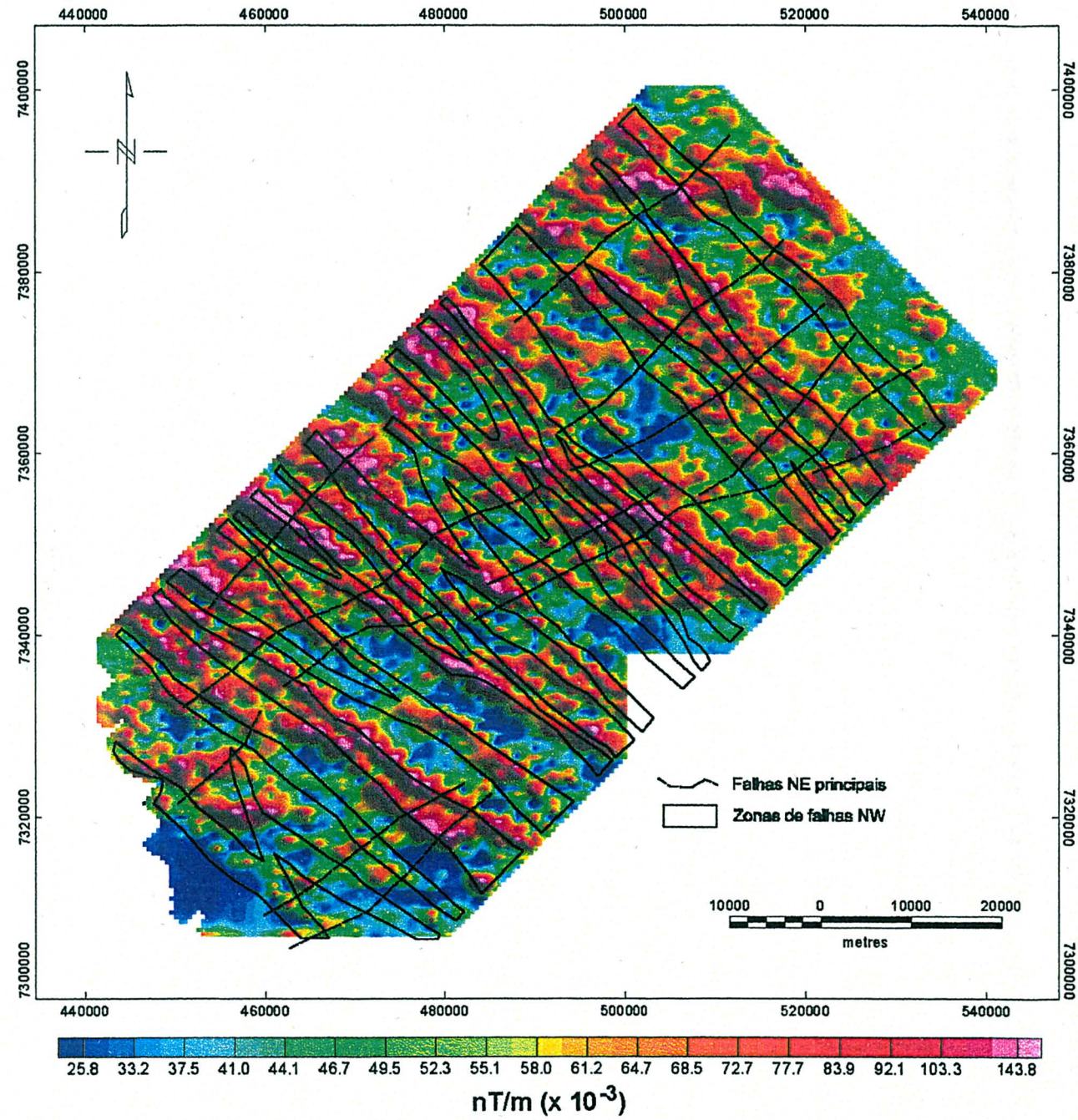
Nos diagramas de rosetas das estruturas da amplitude do sinal analítico observa-se uma predominância da direção NW-SE e, secundariamente, N60-70E. Já no mapa do gradiente horizontal total, além da predominância da direção NW-SE, nota-se a direção N40-60E subordinada. As direções observadas estão de acordo com o esperado para esta região (Strugale, *op. cit.*).

Comparando os mapas de alinhamentos gerados com as zonas de falhas determinadas para as estruturas NW-SE (Figuras 8.7 a 8.9), podemos averiguar a consistência do método na interpretação dos mapas magnéticos. Nota-se que os mapas que apresentam uma melhor correspondência com o modelo real são aqueles do gradiente horizontal total e do sinal analítico, onde as estruturas interpretadas apresentam-se dentro das zonas de estruturas NW-SE mapeadas. O mapa da fase do sinal analítico, apesar de apresentar consistência com as zonas de falhas, exhibe muitas estruturas que aparentemente confundem o intérprete.

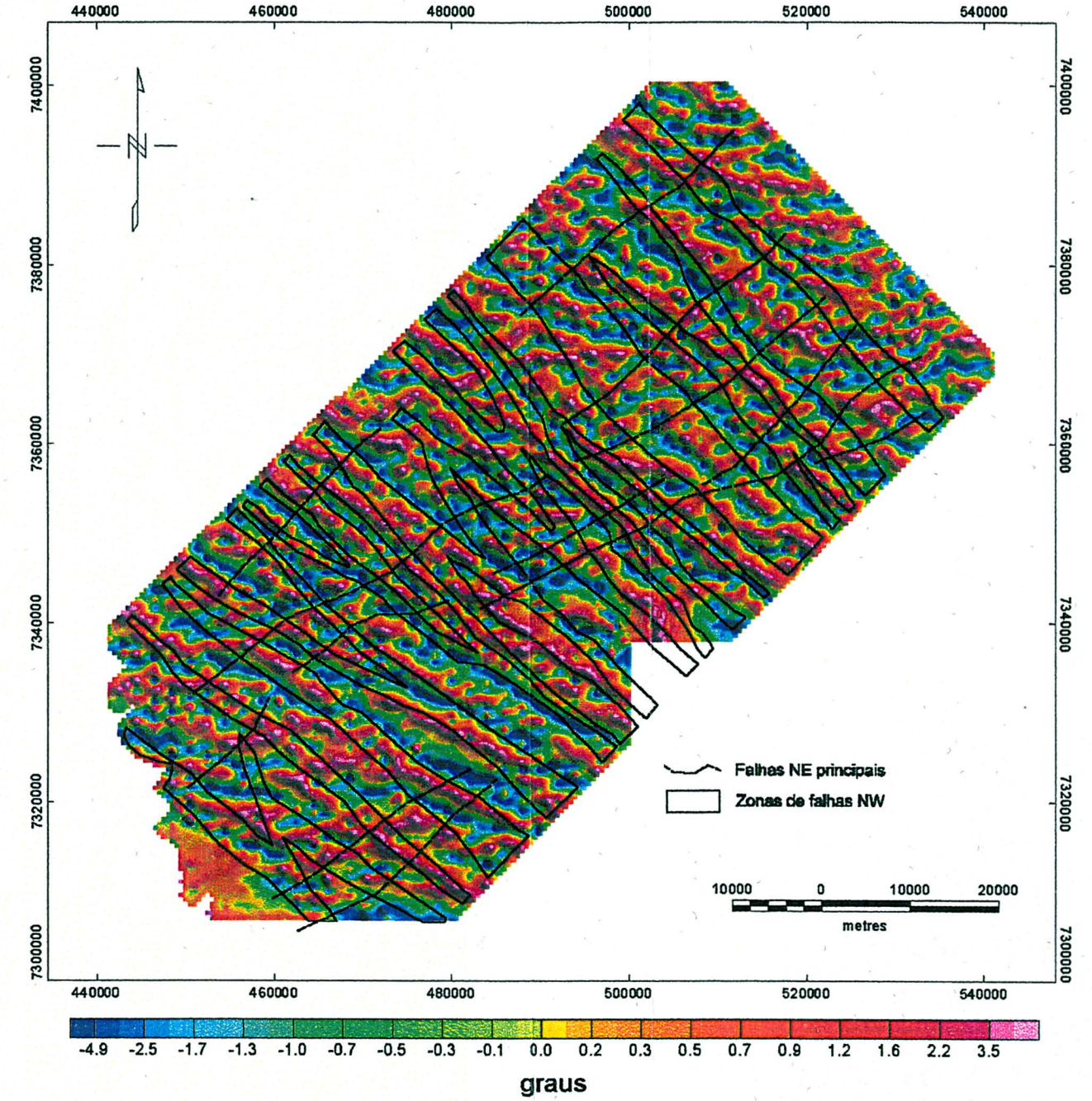
**FIGURA 8.3:** MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DE UMA ÁREA ONDE FOI REALIZADO UM MAPEAMENTO DE DETALHE DOS DIQUES E FALHAS EXISTENTES (MODIFICADO DE STRUGALE, 2002).



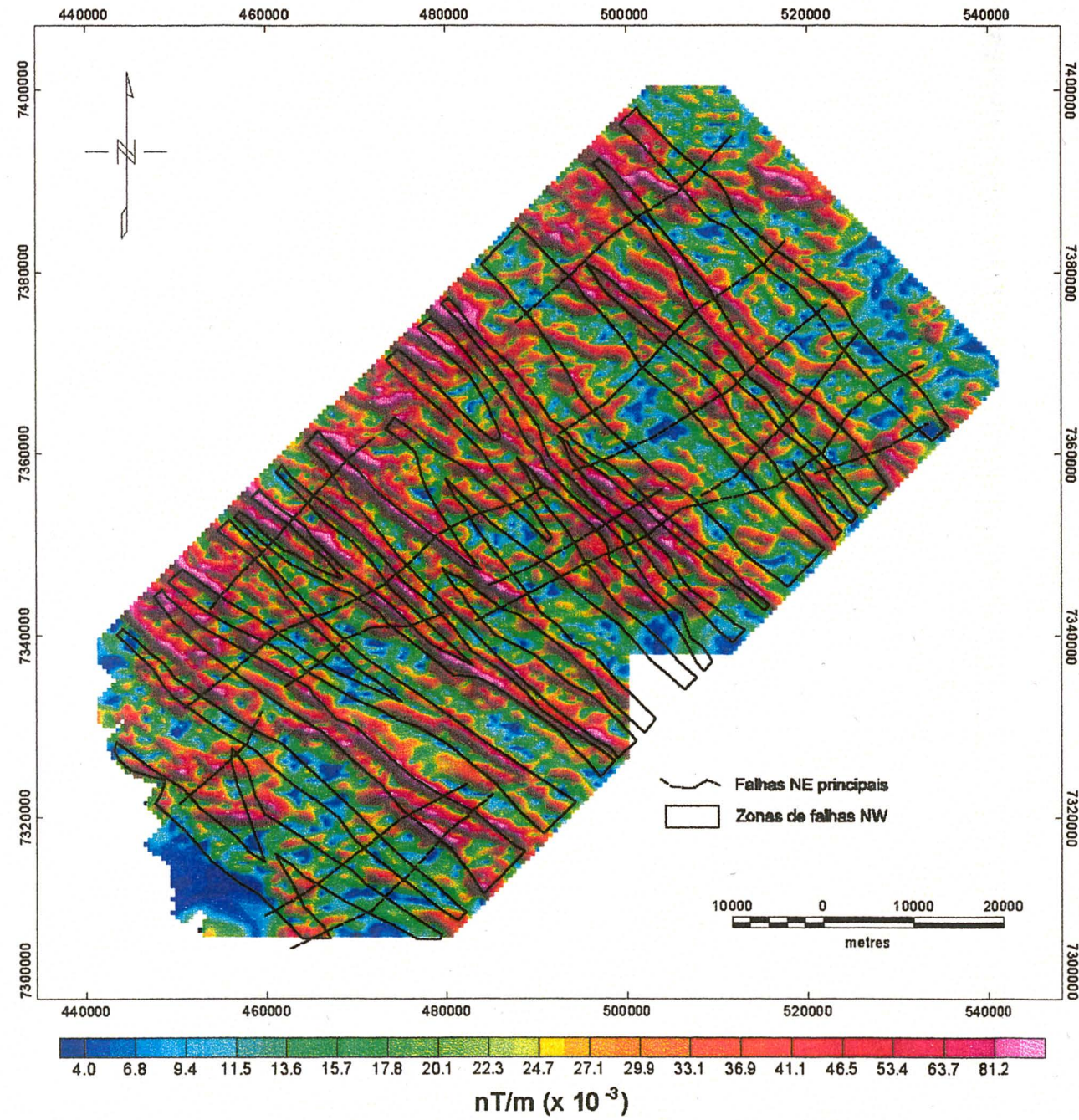
**FIGURA 8.4:** MAPA DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO COM INDICAÇÃO DAS ESTRUTURAS GEOLÓGICAS DA ÁREA (STRUGALE, 2002). (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).



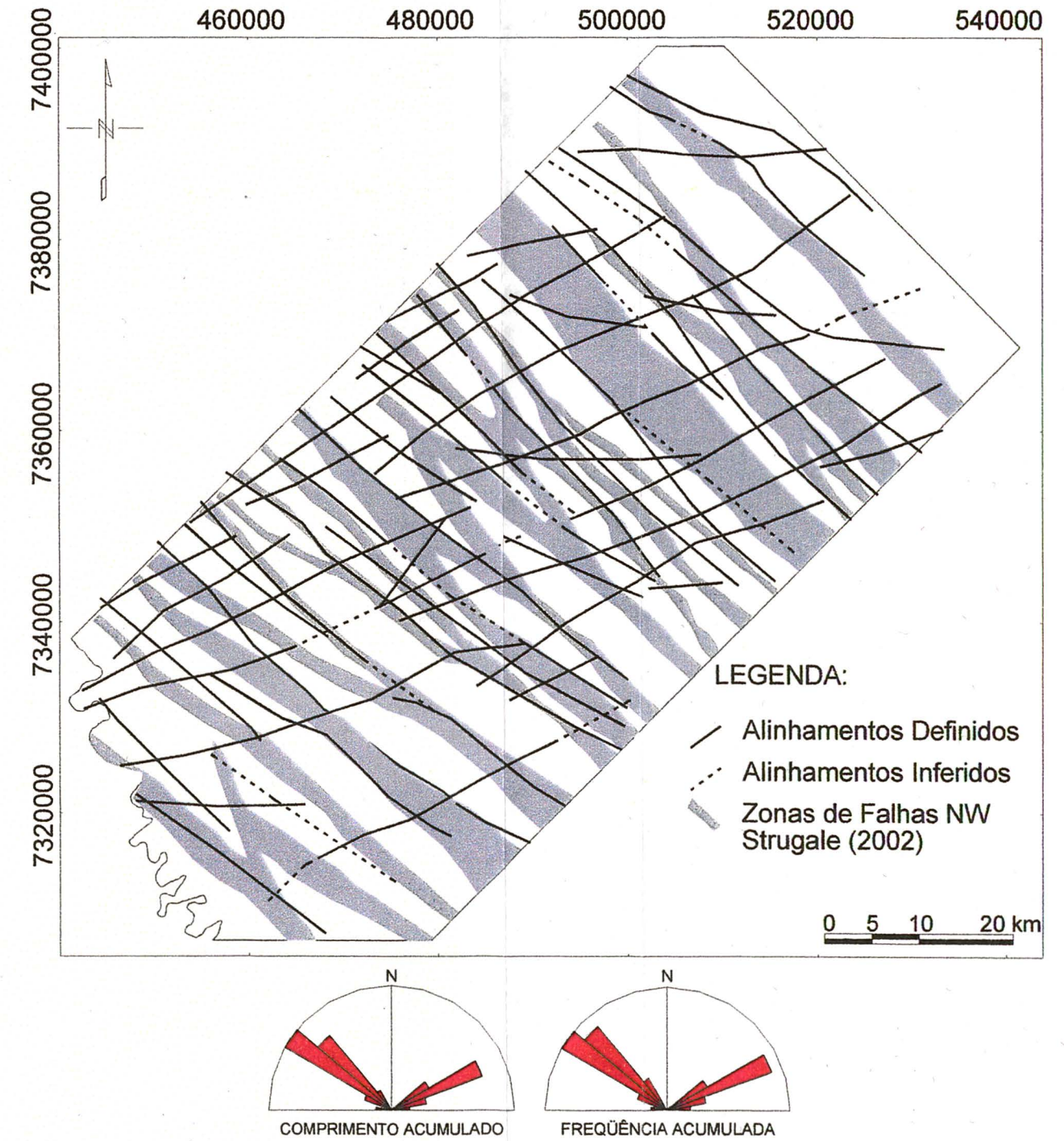
**FIGURA 8.5:** MAPA DA FASE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO COM INDICAÇÃO DAS ESTRUTURAS GEOLÓGICAS DA ÁREA (STRUGALE, 2002). (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).



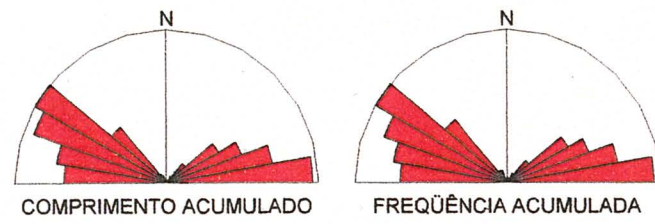
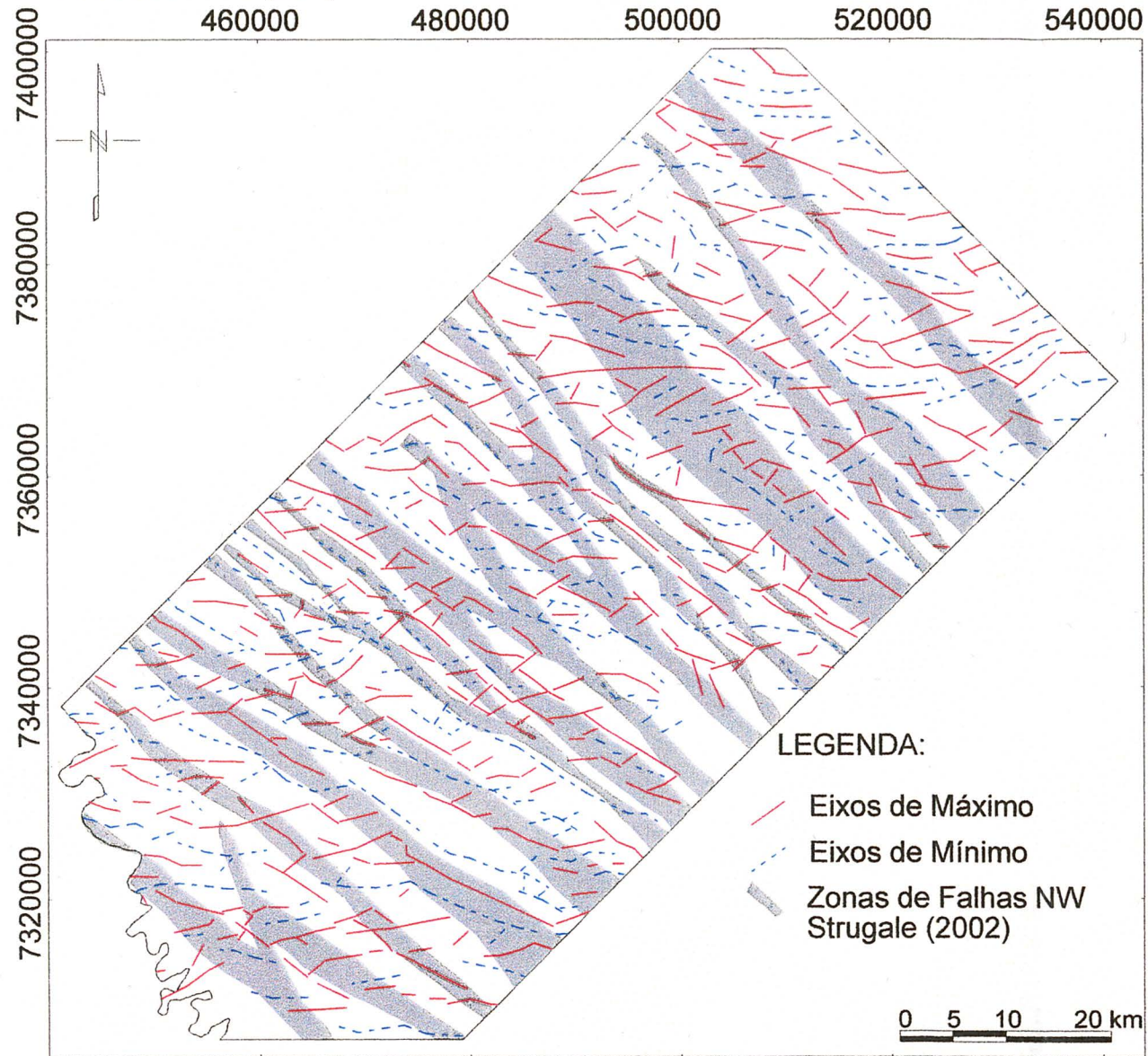
**FIGURA 8.6:** MAPA DO GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL DE ORDEM ZERO COM INDICAÇÃO DAS ESTRUTURAS GEOLÓGICAS DA ÁREA (STRUGALE, 2002). (PSEUDOILUMINADO SEGUNDO N45E).



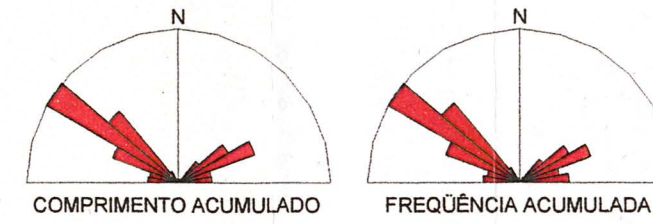
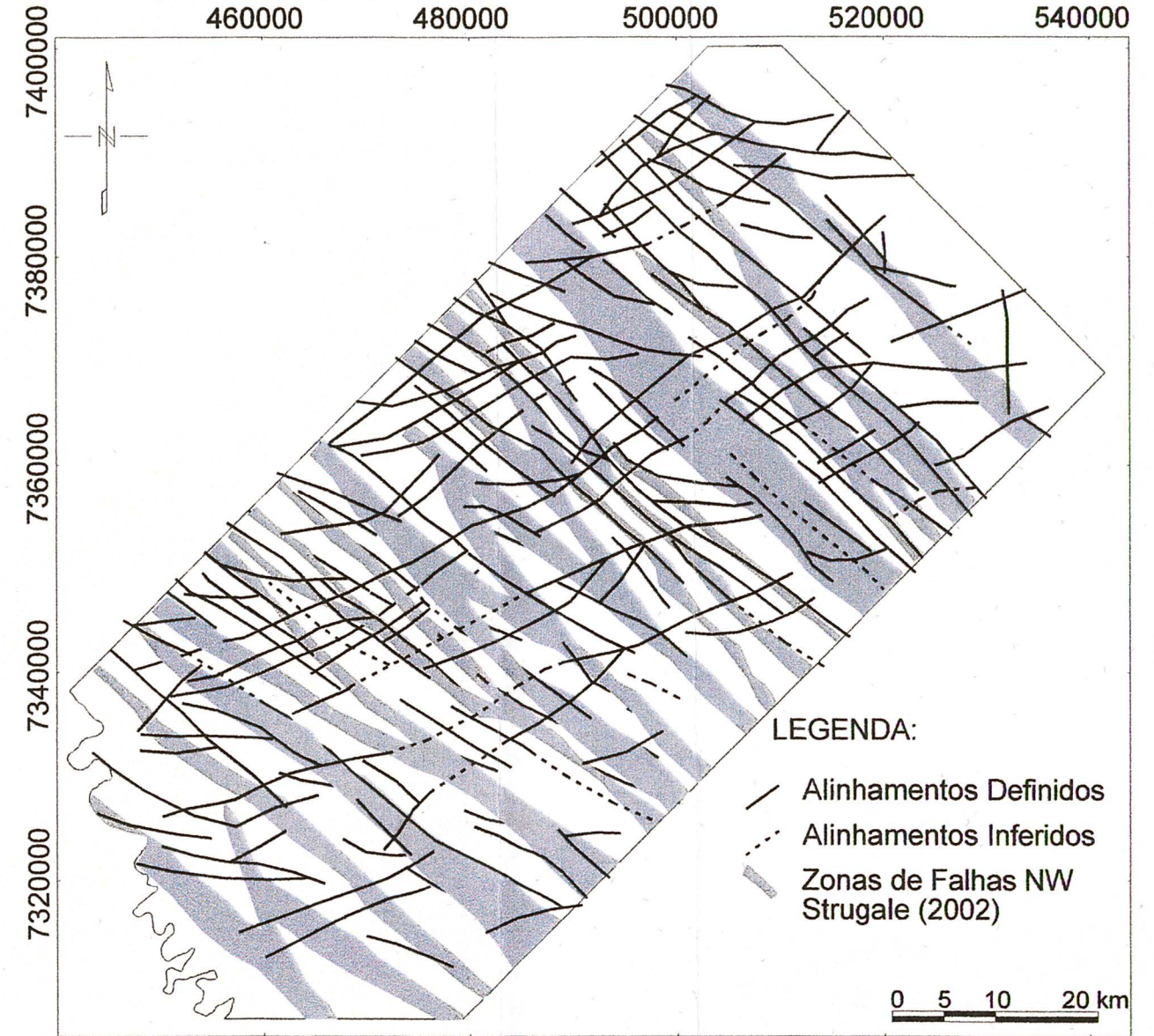
**FIGURA 8.7:** MAPA DE ESTRUTURAS DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO DA ÁREA DE STRUGALE (2002).



**FIGURA 8.8:** MAPA DE ESTRUTURAS DA FASE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO DA ÁREA DE STRUGALE (2002).



**FIGURA 8.9:** MAPA DE ESTRUTURAS DO GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL DE ORDEM ZERO DA ÁREA DE STRUGALE (2002).



## 9 MODELAGEM MAGNÉTICA DOS PERFIS AO LONGO DAS LINHAS DE VÔO

Com a finalidade de fazer uma interpretação geológica em subsuperfície através dos dados magnéticos, foi proposta neste capítulo a inversão das anomalias ao longo das linhas de vôo. A inversão dos dados é uma operação por meio da qual procura-se inferir o modelo físico causador dos efeitos observados. Anomalias do campo magnético dependem da combinação de fatores como a intensidade de magnetização, geometria e posição da fonte magnetizada, presença de magnetização remanente, entre outras. Como forma de diminuir o número de soluções possíveis para uma mesma anomalia o método prevê a inclusão de informações geológicas *a priori* (dados paleomagnéticos, parâmetros geométricos e de susceptibilidade). Neste capítulo serão descritos os subsídios, a técnica e os resultados obtidos através da modelagem das anomalias magnéticas ao longo das linhas de vôo.

### 9.1 DADOS PALEOMAGNÉTICOS

Algumas rochas apresentam, além da magnetização induzida, uma magnetização remanente adquirida durante o período em que esteve exposta a um campo geomagnético diferente do atual. Esta magnetização remanente pode ser várias vezes mais intensa do que a magnetização induzida, influenciando proporcionalmente a magnetização resultante da soma vetorial de ambas.

Na área do presente estudo, a análise dos dados em perfis permitiu identificar que as anomalias podem apresentar magnetizações normais e reversas, assim como direções intermediárias em relação à posição atual do campo magnético.

Em um estudo paleomagnético extensivo dos diques de diabásio na região do Arco de Ponta Grossa, realizado em compartimentos geológicos mais antigos que a formação Serra Geral, Raposo (1992) mostrou diferenças significativas nas

direções do campo paleomagnético dos diques pertencentes a uma mesma região, sugerindo episódios distintos para a sua implantação e um intervalo de tempo suficiente para completar, pelo menos, uma variação secular.

Os dados gerados por esta autora (Anexo 01), acrescidos dos de susceptibilidade magnética (Raposo, comunicação pessoal), além dos cálculos dos fatores de Koenisberger (Q), foram incorporados na inversão das anomalias observadas na área, de forma que pudessem ser considerados os parâmetros de magnetização remanente dos diques de diabásio. Nesta análise foram considerados somente os dados que se localizavam próximos à região central do Arco de Ponta Grossa, admitindo que as áreas selecionadas englobam o prolongamento das estruturas do arco em direção ao Oceano Atlântico e que possuem associação com as estruturas relacionadas neste trabalho. Desta maneira foram considerados os dados das subáreas de Sapopema, Telêmaco Borba e Curitiba (Figura 9.1).

Os dados foram analisados na forma de histogramas de frequência (Figura 9.2), de maneira que durante a inversão pudessem ser incluídos os valores mais frequentes, e dessa forma restringir o número de soluções possíveis. A análise incorporou dados de susceptibilidade magnética e de parâmetros paleomagnéticos do campo, que são inclinação, declinação e fator de Koenisberger (Q), onde este último é definido pela razão entre a magnetização remanente e a induzida, da seguinte forma:

$$Q = |M_r| / |M_i| \quad (9.1a)$$

$$|M_i| = k |T| \quad (9.1b)$$

onde:  $M_r$  é a magnetização remanente,  $M_i$  é a magnetização induzida,  $k$  é a susceptibilidade magnética e  $|T|$  é a intensidade do campo magnético na época do levantamento.

Do histograma de declinação, foram selecionados para as modelagens três valores representativos das ocorrências mais frequentes, os ângulos de  $10^\circ$ ,  $162^\circ$

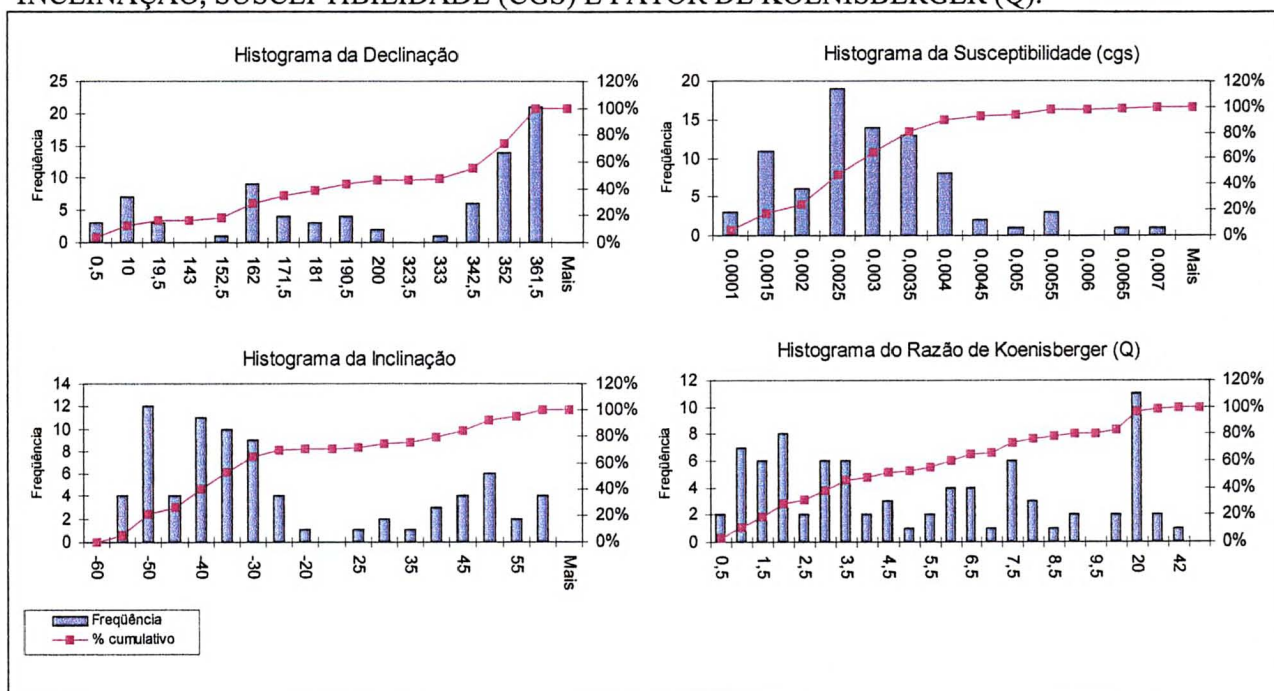
e  $360^\circ$ , onde neste último estão contidas cerca de 16% das amostras analisadas. Os dados de declinação apresentam valor médio de  $239,14^\circ$  com um desvio-padrão de  $132,61^\circ$

A razão de Koenisberger apresenta uma distribuição mais homogênea que os demais parâmetros, com média de 6,10 e desvio-padrão de 6,35. A maior frequência desta razão, cerca de 10% dos dados, exhibe uma magnetização remanente natural vinte vezes maior que a magnetização induzida. Foram selecionados os valores de 2, 3.5, 7.5 e 20 como os mais representativos desta razão para serem incorporados no processo de inversão.

A inclinação paleomagnética mostrou um valor médio de  $-16,72^\circ$  e um desvio padrão de  $40,71^\circ$ . A susceptibilidade indicou um valor médio de  $2,7 \times 10^{-3}$  *e.m.u.*, e desvio padrão de  $1,2 \times 10^{-3}$  *e.m.u.* A Tabela 9.1 mostra um resumo das estatísticas dos dados paleomagnéticos utilizados.



**FIGURA 9.2:** HISTOGRAMAS GERADOS A PARTIR DOS DADOS PALEOMAGNÉTICOS DE RAPOSO (1992) PARA OS PARÂMETROS DECLINAÇÃO, INCLINAÇÃO, SUSCEPTIBILIDADE (CGS) E FATOR DE KOENISBERGER (Q).



**TABELA 9.1:** ESTATÍSTICAS DOS DADOS PALEOMAGNÉTICOS

	Declinação (°)	Inclinação (°)	Susceptibilidade (e.m.u x 10 <sup>-3</sup> .)	Razão de Koenisberger
Média	239,14	-16,72	0,0027	6,10
Desvio padrão	132,61	40,71	0,0012	6,35
Valor mínimo	0,30	-58,00	0,000028	0,05
Valor máximo	359,70	58,70	0,0066	40,76
Nº de dados	78	78	82	82

## 9.2 TÉCNICA DE MODELAGEM

A técnica de modelagem empregada permite o cálculo de parâmetros tais como mergulho, largura e espessura de corpos magnetizados por indução, remanência, ou ambos. O programa utilizado, MAGMOD (1994), adota valores iniciais para cada parâmetro do corpo a ser modelado, os quais podem ser modificados durante o processo, além de permitir a inclusão de observações geológicas realísticas. Os dados teóricos e reais são ajustados iterativamente, até encontrar-se um resultado satisfatório, através de um critério de *best fit*, significando que os parâmetros ajustados caem dentro de limites de tolerância especificados pelo usuário. A qualidade do ajuste é medida pela relação da soma ponderada dos desvios quadráticos entre valores observados e calculados. Os cálculos sempre assumem que o perfil analisado é representado por uma linha reta, perpendicular à direção do corpo. Tomando-se como base à geologia da área de estudo, selecionou-se o modelo de dique espesso infinito *Tabular 1 (2-D)*, como o mais apropriado (Figura 9.3).

Para o modelo *Tabular 1 (2-D)*, a soma ponderada a ser minimizada é dada pela seguinte expressão (9.2):

$$S = \sum [W_i [T_i - (T_0 + a[x_i - x_0] + b[x_i - x_0]^2) - f(x_i, x_0, M, Q, i, c, d, h, X, I, D, S, P)]^2] \quad (9.2)$$

onde,

$W_i$  = peso assumido para as observações  $x_i$ ;

$T_i$  = valor da anomalia magnética observada no ponto  $x_i$ ;

$T_0$  = background regional de T no ponto  $x_0$ ;

$a$  = inclinação do *background* regional (ajustável);

$b$  = segunda derivada horizontal do background regional na direção  $x$ ;

$f$  = valor teórico da anomalia magnética;

$x_0$  = coordenada do centro da face horizontal superior do modelo;

$x_i$  = distância contada a partir do início da linha do levantamento;

Os parâmetros ajustáveis do modelo são:

M = magnetização;

i = inclinação remanente;

d = mergulho;

c = declinação remanente;

h = profundidade;

Q = fator de Koenigsberger.

X = meia-largura;

Os parâmetros fixos do modelo são:

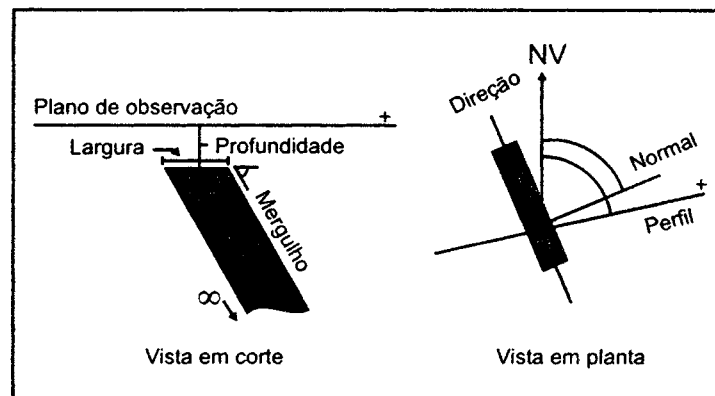
I = inclinação magnética;

S = direção perpendicular;

D = declinação magnética;

P = direção do perfil.

**FIGURA 9.3:** REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS PARÂMETROS GEOMÉTRICOS ENVOLVIDOS NO MODELO *TABULAR 1 (2-D)*, EM CORTE E EM PLANTA.



### 9.3 IMPLEMENTAÇÃO

Com a finalidade de orientar o programa de inversão na busca de resultados mais realísticos, devido ao grande número de soluções possíveis para uma mesma anomalia (ambigüidade), foram inseridas informações adicionais (*a priori*) no processo de inversão.

Inicialmente foram contemplados os seguintes parâmetros do campo magnético atual do centro da área: intensidade de 23470 nT, declinação de  $-13^\circ$  e inclinação de  $-23^\circ$ . Os parâmetros geométricos de profundidade, meia-largura e mergulho foram inseridos no modelo baseados no conhecimento prévio da geologia da área.

A meia-largura teve seu limite inferior definido como 25 m, pois devido às características do levantamento, os diques com espessuras inferiores a 50 m não seriam detectados (Ussami *et al.*, 1991). Dessa maneira, soluções encontradas para espessuras inferiores poderiam não apresentar correspondência com a realidade. A meia-largura máxima foi limitada a 300 m. Também foi limitada a profundidade máxima ao topo dos modelos visando analisar as fontes mais rasas que 300 m.

Os valores adotados para os parâmetros de remanência (Raposo, 1992) também foram contemplados no processo de inversão, em função da grande importância destes parâmetros na região considerada.

As inclinações paleomagnéticas e as susceptibilidades foram ajustadas pelo próprio programa de inversão, e as estatísticas desses dados foram utilizadas como um critério para avaliar a qualidade da modelagem. Os limites adotados para os parâmetros das modelagens estão discriminados na Tabela 9.2.

**TABELA 9.2:** LIMITES ADOTADOS PARA OS PARÂMETROS DAS MODELAGENS.

<b>Parâmetros</b>	<b>Limites</b>
Profundidades	0 – 300 m
Meia-larguras	25 – 300 m
Mergulhos	70 – 110°.
Susceptibilidades	0,001 – 0,01 e.m.u
Fatores de Koenisberger (Q)	20 / 7,5 / 3,5 / 2
Declinações Paleomagnéticas	360° / 162° / 10°

Como observado no estudo de resolução (Capítulo 8), as anomalias aéreas apresentam uma suavização quando comparadas com os dados terrestres. A seleção de anomalias submetidas a modelagens normalmente toma como referência pontos onde os picos de máximo e de mínimo tendem ao nível de base. Porém, quando os dados são suavizados, a tendência ao nível de base pode ocorrer muito distante do ponto onde se deseja modelar. Na região estudada as anomalias estão muito próximas umas das outras, resultando em sinais superpostos. Para escolher as anomalias de forma a comprometer o mínimo possível a modelagem individual daquela fonte, o critério adotado incorporou somente os picos de máximo e de mínimo, reduzindo a influência das fontes adjacentes para a anomalia selecionada.

A seleção das anomalias foi baseada nos mapas de alinhamentos obtidos através da interpretação do mapa da amplitude e da fase do sinal analítico, as quais foram então comparadas com os perfis do campo magnético residual.

Durante o processo de inversão foram procedidas várias tentativas de ajuste do modelo, variando os parâmetros de remanência e observando os resultados obtidos. A primeira tentativa de inversão foi feita sem considerar os parâmetros remanentes, observando-se os parâmetros ajustados para depois compará-los com os resultados obtidos incorporando a remanência.

Além da verificação da consistência da inversão, realizada através do erro calculado, que em média variou de 5 a 15%, também foram avaliados os parâmetros geométricos, susceptibilidade e remanência para verificar se eles estavam condizentes com a realidade geológica esperada.

Foram realizadas, em média, 10 inversões para cada anomalia selecionada, para então decidir qual dos resultados era o mais aceitável. Os resultados que não convergiram para soluções satisfatórias foram descartados.

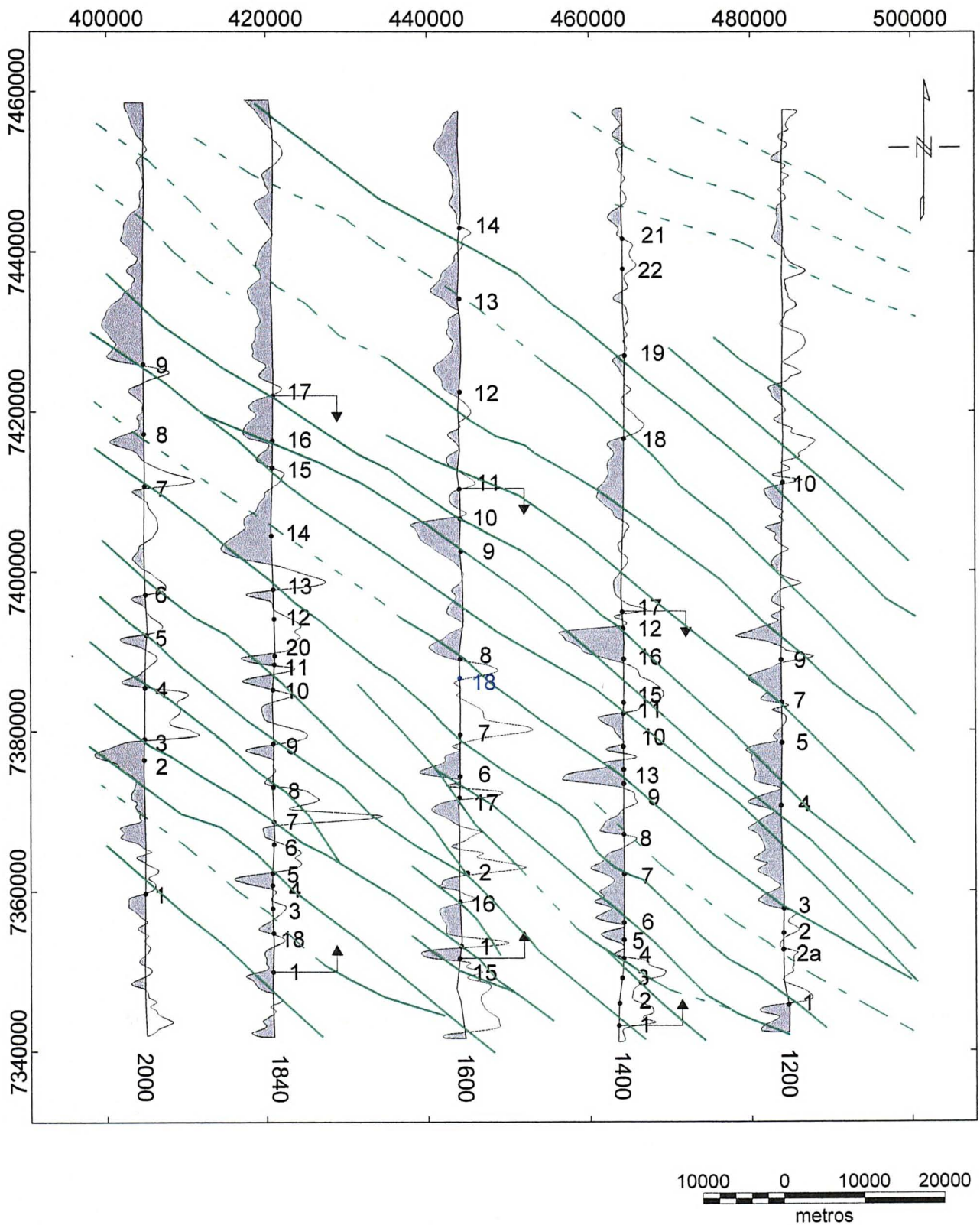
#### 9.4 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados das modelagens permitiram analisar as características das fontes das anomalias que ocorrem na área do estudo. Ao todo foram modeladas 71 anomalias em 5 linhas de vôo distribuídas uniformemente sobre a área do estudo (Figura 9.4), as quais contemplam os principais sinais atribuídos às fontes mais rasas, e que na interpretação do espectro de potência estavam associadas a ruídos que dificultavam um procedimento automático das propriedades físicas e geométricas destas fontes.

Na linha 1600 foi modelada uma anomalia de direção E-W (anomalia 18), a qual revelou grande intensidade no mapa da amplitude do sinal analítico. Para esta anomalia foi necessário mudar a direção do perfil para N10W (ângulo de 90° com a estrutura). Esta modelagem não foi considerada posteriormente no cálculo da extensão crustal, pois não se sabe ao certo se esta estrutura é um dique ou apenas uma falha no basalto.

Os resultados das modelagens dos diques estão resumidos nas tabelas abaixo (Tabelas 9.3 a 9.7), nas quais pode-se constatar uma espessura média de 150 m e profundidades em torno de 100 m para as fontes rasas. Os valores de susceptibilidade modelados apresentaram-se coerentes com aqueles observados por Raposo (1992), que em média são de 0,002 *e.m.u.*

**FIGURA 9.4:** MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ANOMALIAS MODELADAS NAS LINHAS DE VÔO (AS SETAS INDICAM OS LIMITES DOS PERFIS PARA O CÁLCULO DA EXTENSÃO CRUSTAL E EM VERDE ESTÃO REPRESENTADAS AS ESTRUTURAS MAGNÉTICAS DE DIREÇÃO NW-SE, INTERPRETADAS A PARTIR DO MAPA DO SINAL ANALÍTICO, FIGURA 10.2C).



**TABELA 9.3:** QUADRO RESUMO DAS ANOMALIAS MODELADAS DA LINHA 1200.

Anomalia	Posição do eixo		Prof.(m)	1/2 Largura (m)	Mergulho (°)	k	Parâmetros de Remanência		
	X	Y					Q	I(°)	D(°)
1	484603,7	7345850	5,41	46,8	73	0,00292	20	138	10
2	484008,5	7354737	235	42,7	98	0,00126	20	-248	10
2a	483999,5	7352732	6,14	40,8	73	0,0027	7,5	-50	10
3	484047,9	7357771	175	41,9	72	0,00219	20	-44	10
4	483755,8	7370679	40,8	39,9	77	0,00138	20	-119	162
5	483883,8	7378538	9,64	44,2	74	0,00145	20	83	162
7	483850,3	7383532	7,11	36,5	73	0,00296	20	213	162
9	483778,9	7388855	69,3	208	75	0,00193	7,5	-300	162
10	484008,3	7411072	5,07	38,8	75	0,00178	20	108	162
SOMA			553,47	539,60	-	-	-	-	-
MÉDIA			61,50	59,96	76,67	0,0021	17,22	-24,33	94,44

**TABELA 9.4:** QUADRO RESUMO DAS ANOMALIAS MODELADAS DA LINHA 1400.

Anomalia	Posição do eixo		Prof.(m)	1/2 Largura (m)	Mergulho (°)	k	Parâmetros de Remanência		
	X	Y					Q	I(°)	D(°)
1	463542,4	7343219	23,7	32,3	74	0,00192	20	122	10
2	463645,9	7346032	28,1	39,2	106	0,0023	7,5	-29	10
3	463978	7349192	21,2	33	75	0,00134	20	138	352
4	464171,5	7351639	20,8	25,5	75	0,00364	20	-35	352
5	464225	7353895	33,1	162	106	0,00301	1,5	-28	352
6	464234,6	7356051	26,8	33	74	0,0018	20	-42	10
7	464269,9	7362134	41,4	108	105	0,00133	7,5	-17	362
8	464241,5	7367063	39	38,2	75	0,0027	20	-149	162
9	464249,5	7373442	206	103	74	0,00192	20	-132	162
10	464210,7	7378085	17,9	28,8	73	0,0014	20	124	362
11	464216,3	7382164	24,8	80,9	74	0,00293	7,5	-230	10
12	464216,2	7392788	21,3	52,9	74	0,00304	20	131	362
13	464249,6	7375205	0,0777	39,7	75	0,00221	20	70	162
15	464254,2	7383529	3,28	196	106	0,00238	3,5	164	10
16	464282,2	7388973	281	293	75	0,00284	2	-70	10
17	464090,4	7394891	7,48	34	73	0,00247	20	-261	360
18	464343,7	7416569	297	122	74	0,00248	7,5	150	10
19	464467,9	7426988	287	289	73	0,00212	3,5	495	360
21	464205,1	7441648	300	207	74	0,00254	3,5	-76	360
22	464231,4	7437864	232	284	71	0,00241	2	465	10
SOMA			1911,94	2201,50	-	-	-	-	-
MÉDIA			95,60	110,08	80,30	0,0024	12,3	39,5	189,4

**TABELA 9.5:** QUADRO RESUMO DAS ANOMALIAS MODELADAS DA LINHA 1600.

Anomalia	Posição do eixo		Prof.(m)	1/2 Largura (m)	Mergulho (°)	k	Parâmetros de Remanência		
	X	Y					Q	I(°)	D(°)
1	444089,6	7353142	5,36	77,5	75	0,0022	20	99	360
2	444865,3	7362309	26,5	54,6	73	0,00211	20	102	352
6	443996,8	7374388	38,3	41,9	108	0,00253	20	-16	352
7	444011,2	7379529	55,4	132	75	0,00255	7,5	86	162
8	444041,7	7388999	491	581	73	0,00194	2	-114	352
9	444173,4	7402567	465	1349	108	0,00146	3	-168	162
10	444073,6	7406576	53,2	60,4	74	0,00574	7,5	130	352
11	443980,5	7410313	15,5	38,2	74	0,00206	20	143	360
12	444053	7422454	796	749	107	0,00143	3,5	-20	352
13	444001,2	7434116	236	197	108	0,00132	7,5	-166	162
14	444056,2	7442995	37,8	72,4	75	0,0021	3,5	335	352
15	443890,3	7351654	21	45,5	105	0,0031	20	-5	10
16	443939,8	7358708	16,8	32,5	73	0,00217	20	79	10
17	443887	7371724	4,15	42,2	75	0,00223	20	74	162
18	443968,1	7386633	290	279	72	0,00162	3,5	53	162
		SOMA	2552,01	3752,20	-	-	-	-	-
		MÉDIA	170,13	250,15	85,00	0,0023	11,8	40,8	244,1

**TABELA 9.6:** QUADRO RESUMO DAS ANOMALIAS MODELADAS DA LINHA 1840.

Anomalia	Posição eixo		Prof.(m)	1/2 Largura (m)	Mergulho (°)	k	Parâmetros Remanência		
	X	Y					Q	I(°)	D(°)
1	420806,6	7349970	1,56	53	73	0,00128	20	26	162
3	420755,5	7357858	194	216	105	0,00137	2	46	360
4	420733,2	7360741	22,8	192	105	0,00158	7,5	-170	162
5	420771,5	7362284	33,7	123	73	0,00239	7,5	126	10
6	420919,5	7365865	300	288	93	0,00146	7,5	-166	162
7	420931,6	7368696	4,23	40,3	75	0,00404	20	118	10
8	420850,5	7373041	68,1	55,6	74	0,00375	7,5	-68	360
9	420856,7	7378487	3,16	260	108	0,00187	7,5	160	360
10	420837,5	7385170	165	298	105	0,00261	7,5	181	162
11	421010,8	7388316	4,63	42,4	71	0,00185	20	-59	360
12	420990,8	7394056	255	287	74	0,00214	3,5	-165	162
13	420891,8	7397753	3,68	50	75	0,00253	20	139	360
14	420683,2	7404516	290	286	76	0,00129	3,5	-241	10
15	420819,8	7412985	283	291	74	0,00235	3,5	-152	162
16	420857,7	7416338	0,533	47,8	73	0,00243	7,5	-37	360
17	420915,8	7421995	236	274	75	0,00221	3,5	113	360
18	420853,3	7354762	223	187	72	0,00139	7,5	-125	162
20	421068,8	7389410	10,1	42,8	106	0,00308	20	-177	360
		SOMA	2098,49	3033,90	-	-	-	-	-
		MÉDIA	116,58	168,55	83,72	0,0022	9,7	-25,0	224,6

**TABELA 9.7:** QUADRO RESUMO DAS ANOMALIAS MODELADAS DA LINHA 2000.

Anomalia	Posição do eixo		Prof.(m)	1/2 Largura (m)	Mergulho (°)	k	Parâmetros de Remanência		
	X	Y					Q	I(°)	D(°)
1	404780,9	7359733	109	105	73	0,00136	7,5	120	10
2	404644,4	7376463	36,4	188	72	0,00132	3,5	-120	162
3	404691,4	7379070	4,48	41,7	73	0,00416	20	125	360
4	404756,7	7385411	15	244	70	0,00242	3,5	-67	360
5	404961,4	7392007	10,3	223	107	0,00289	7,5	367	162
6	404831,8	7397102	8,91	98,6	75	0,00136	20	382	162
7	404740,7	7410687	40	122	73	0,00304	7,5	-238	10
8	404688,7	7417199	261	261	75	0,002	3,5	122	10
9	404628,9	7425946	271	280	109	0,0021	7,5	-21	360
	SOMA		756,09	1563,30	-	-	-	-	-
	MÉDIA		84,01	173,70	80,78	0,0023	8,9	74,4	177,3

Nas figuras 9.5 a 9.9, foram posicionados os diques modelados com as espessuras e profundidades representadas em escala, sob o perfil do campo magnético residual, os quais foram correlacionados com o gradiente horizontal na direção da linha e da amplitude do sinal analítico de ordem zero.

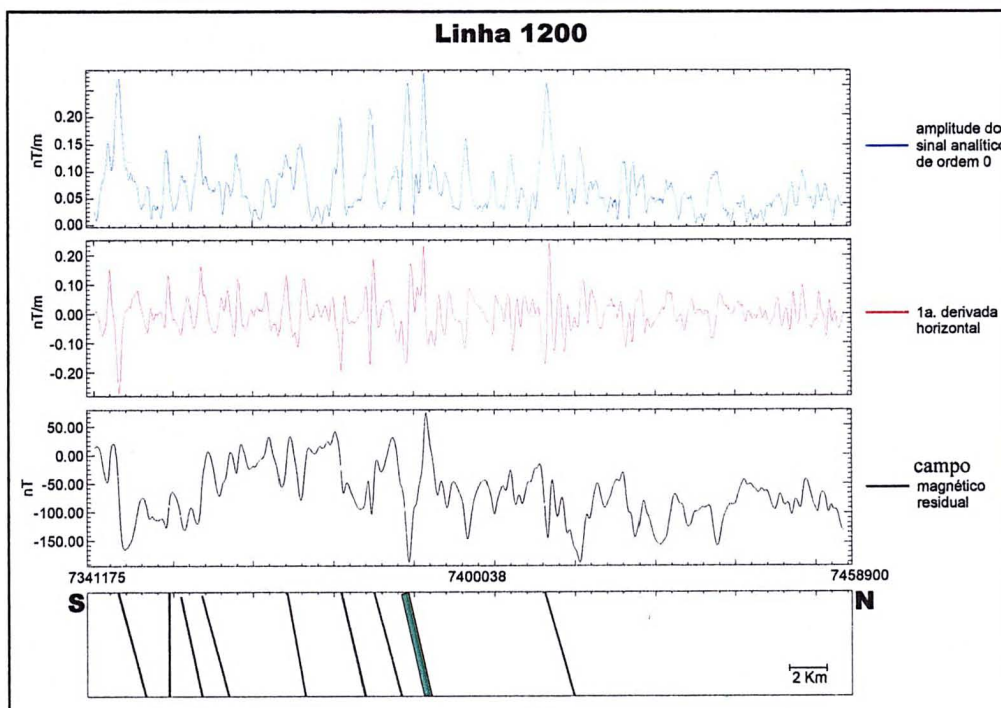
Os diques modelados apresentaram uma maior concentração na região central do arco, onde também se observa que os perfis magnéticos são bastante perturbados. Não foi observada uma tendência clara para a distribuição das espessuras dos diques. O que se nota é uma maior ocorrência de diques espessos próximo às anomalias da região central do arco, porém também são encontrados diques bastante espessos em locais mais afastados do centro, a exemplo da linha 1400.

Apesar do modelo considerar as fontes com comprimentos infinitos, muitas vezes, diques distintos na superfície podem convergir para uma única estrutura em profundidade. Em outras situações, anomalias de menores comprimentos de onda estão superpostas a outras de maiores comprimentos de onda, sugerindo corpos a profundidades distintas, porém em posições semelhantes. Já outras vezes, os dados indicavam diques espessos que se uniam em profundidade (Linha 1600).

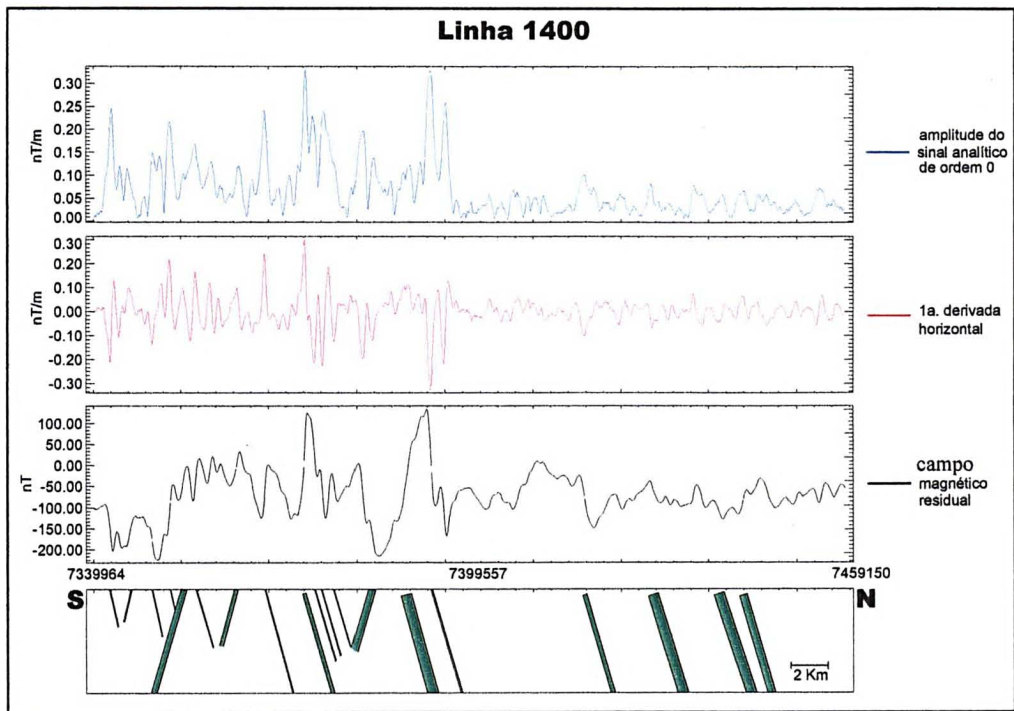
Também se notou uma boa relação entre os diques modelados e os perfis do campo magnético, refletida na perfeita correspondência entre os picos de máxima amplitude do sinal analítico e os eixos centrais dos diques modelados. No

gradiente horizontal a posição da fonte pode ser correlacionada com o pico de máximo, quando a anomalia apresenta uma magnetização normal (pico negativo para sul), ou com o pico de mínimo quando a anomalia apresenta uma magnetização reversa (pico negativo para norte).

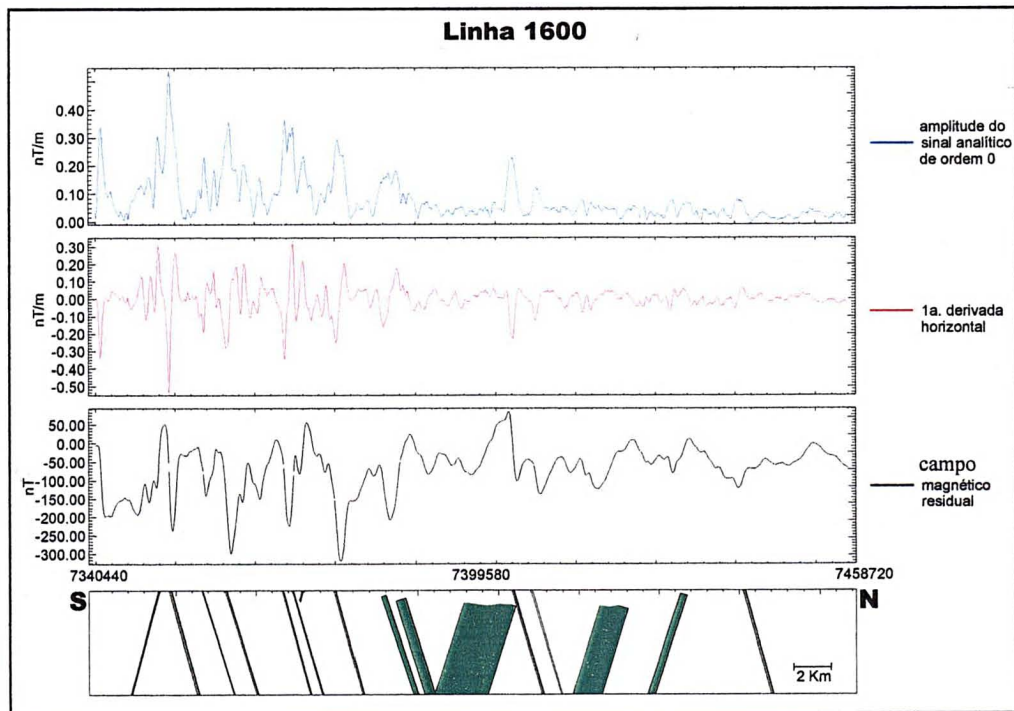
**FIGURA 9.5:** REPRESENTAÇÃO DOS DIQUES MODELADOS E SUAS RELAÇÕES COM OS PERFIS DO CAMPO MAGNÉTICO RESIDUAL, DA DERIVADA HORIZONTAL NA DIREÇÃO DA LINHA E DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO DA LINHA 1200.



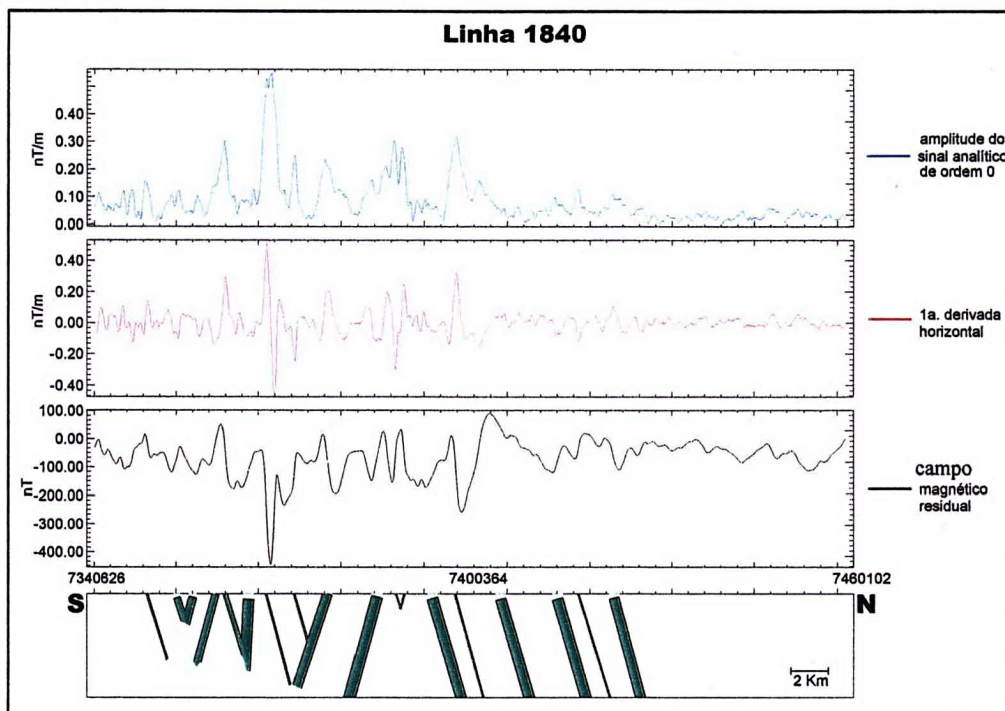
**FIGURA 9.6:** REPRESENTAÇÃO DOS DIQUES MODELADOS E SUAS RELAÇÕES COM OS PERFIS DO CAMPO MAGNÉTICO RESIDUAL, DA DERIVADA HORIZONTAL NA DIREÇÃO DA LINHA E DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO DA LINHA 1400.



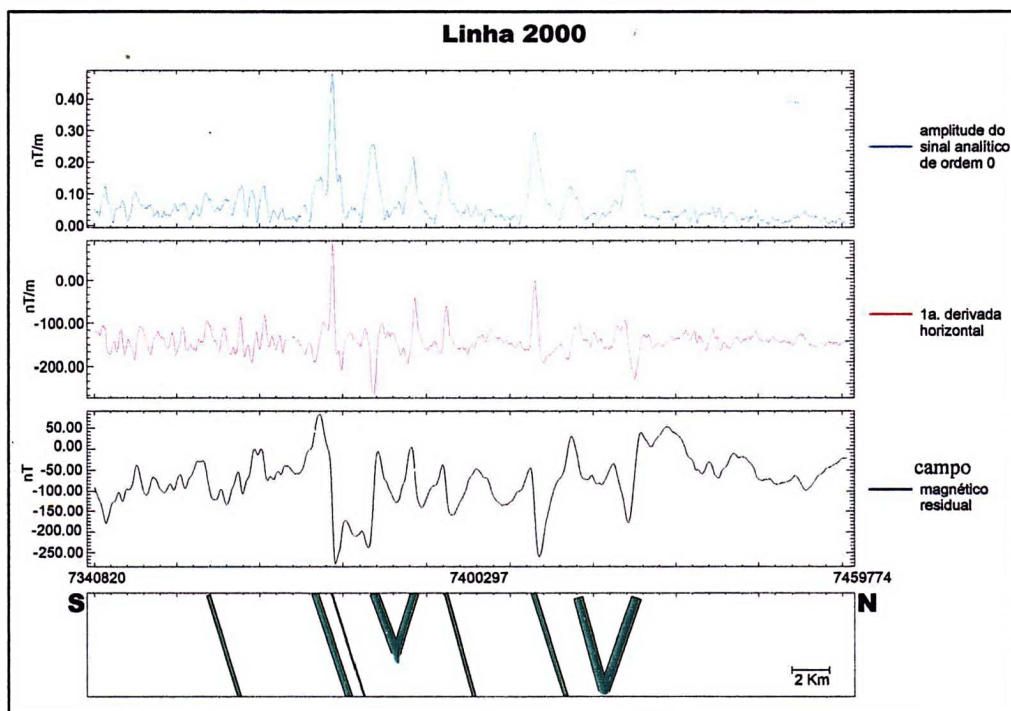
**FIGURA 9.7:** REPRESENTAÇÃO DOS DIQUES MODELADOS E SUAS RELAÇÕES COM OS PERFIS DO CAMPO MAGNÉTICO RESIDUAL, DA DERIVADA HORIZONTAL E DO SINAL ANALÍTICO DA LINHA 1600.



**FIGURA 9.8:** REPRESENTAÇÃO DOS DIQUES MODELADOS E SUAS RELAÇÕES COM OS PERFIS DO CAMPO MAGNÉTICO RESIDUAL, DA DERIVADA HORIZONTAL NA DIREÇÃO DA LINHA E DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO DA LINHA 1840.



**FIGURA 9.9:** REPRESENTAÇÃO DOS DIQUES MODELADOS E SUAS RELAÇÕES COM OS PERFIS DO CAMPO MAGNÉTICO RESIDUAL, DA DERIVADA HORIZONTAL NA DIREÇÃO DA LINHA E DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO DA LINHA 2000.



## 9.5 CÁLCULO DAS TAXAS DE EXTENSÃO CRUSTAL

Considerando que os diques de diabásio ocuparam um espaço que não existia antes de sua instalação, presume-se que houve uma taxa de extensão crustal. Ferreira *et al.* (1989) estimaram a partir de dados aeromagnéticos uma extensão crustal mínima de cerca de 18% na região ocupada pelo Alinhamento de Guapiara (Ferreira *et al.* 1981), e relataram uma série de limitações envolvidas nos cálculos, como utilização de dados aéreos e perfis extraídos de mapas de contorno (*e.g.* Ussami *et al.* 1991), que poderiam ocasionar imprecisão nos cálculos das espessuras dos diques. Mesmo considerando estas limitações, a taxa de extensão crustal de 18% é compatível com um regime de cisalhamento praticamente puro, com  $\sigma_3$  horizontal e orientado segundo NE-SW, sugerindo a permanência do mesmo regime de esforços até o Cretáceo Superior (Riccomini, 1995). Neste trabalho, muitas destas limitações foram superadas, uma vez que foram utilizados para a modelagem dos diques os dados originais das linhas de vôo e os parâmetros de remanência dos diques, extraídos de estudos paleomagnéticos de Raposo (1992).

A partir dos cálculos das espessuras modeladas, foi possível estimar as taxas de extensão crustal mínimas nas áreas de maior concentração de diques. Os cálculos foram realizados nas linhas 1400, 1600 e 1840, e os limites dos perfis estão indicados na Figura 9.4. A região selecionada para os cálculos de extensão crustal situa-se entre o Alinhamento do Rio Alonzo e a região central do Arco de Ponta Grossa, em função do envolvimento de maior concentração de anomalias modeladas. O procedimento para a estimativa da extensão crustal foi baseado naquele de Ferreira (1992), adicionado de um coeficiente para corrigir as espessuras modeladas em relação à direção dos perfis, ou seja:

$$E = \frac{\varepsilon_m}{L \times \cos \theta} \times 100 \quad (9.3)$$

Onde  $E$  é o estiramento crustal mínimo,  $\varepsilon_m$  a somatória das espessuras modeladas,  $L$  o comprimento do perfil e  $\theta$  é o ângulo formado entre a direção perpendicular aos diques e a direção do perfil, que neste trabalho gira em torno de  $50^\circ$  para todos os perfis.

Os resultados obtidos para a estimativa da extensão crustal estão sumarizados na Tabela 9.8, juntamente com a frequência de diques modelados. Através deles obteve-se um valor médio de extensão crustal de aproximadamente 12%, sendo que a frequência média é de quatro diques/km na região central do Arco de Ponta Grossa, portanto compatível com as observações de campo relatadas por Marini *et al.* (1967).

**TABELA 9.8:** TAXAS DE EXTENSÃO CRUSTAL MÍNIMAS CALCULADAS PARA A REGIÃO CENTRAL DO ARCO DE PONTA GROSSA.

Nº da Linha	Nº de Diques	Diques / Km	$\varepsilon_m$	$L$	$E$
1400	17	3,0	2559,0 m	51781,2 m	8,0 %
1600	12	4,9	4909,6 m	59054,1 m	13,1 %
1840	18	4,0	6067,8 m	72025,1 m	13,2 %

Os resultados de extensão crustal foram considerados mínimos, porque a extensão dúctil precedente não foi estimada (Ferreira *et al.*, 1989). Por outro lado, os dados analisados foram coletados a 450 m de altura, contemplado estruturas de âmbito regional. Um levantamento terrestre provavelmente apresentaria resultados menores, uma vez que diques estreitos e próximos resultam em uma única anomalia aérea.

## 10 CARACTERIZAÇÃO GEOFÍSICO-ESTRUTURAL

Neste capítulo será realizada uma comparação entre as estruturas geológicas descritas no Capítulo 4, e as anomalias magnéticas observadas nos produtos filtrados utilizados para a interpretação. Também serão relacionadas às características magnéticas destes alinhamentos com os resultados da susceptibilidade magnética aparente (Capítulo 7.3) e da Deconvolução de Euler (Capítulo 7.7), bem como das anomalias modeladas (Capítulo 9). A Figura 10.1 indica as principais estruturas geológicas da Bacia do Paraná, em correspondência ao mapa magnético parcial do estado do Paraná (Ferreira e Portela Filho, 2001).

A área do estudo foi afetada por inúmeros falhamentos e estruturas geradas durante a evolução da Bacia do Paraná. A principal estrutura é o Arco de Ponta Grossa, o qual secciona a área com direção NW-SE, apresentando comprimento em torno de 110 km e largura de aproximadamente 80 km. Esta região central do arco é balizada pelos alinhamentos do Rio Alonzo e São Jerônimo-Curiúva. A influência magnética destas estruturas de direção NW-SE é evidente em todos os mapas gerados, decorrente da quantidade de diques de diabásio a elas associadas.

O Alinhamento do Rio Alonzo ocorre na extremidade sudoeste da área, onde possui uma extensão de 60 km. É bem visível nos mapas magnético residual, da amplitude do sinal analítico e do gradiente horizontal total. Três anomalias foram modeladas sobre este alinhamento, definindo uma espessura variando de 155 a 600 m, profundidade média de 21m e mergulhos em torno de 80° para o interior do arco. A maior contribuição magnética deste alinhamento encontra-se no intervalo de 155 a 700 m, e sua persistência em profundidade é comprovada através da deconvolução de Euler, onde se determinou uma continuidade de, no mínimo, 1250 m para esta estrutura. A susceptibilidade magnética caracterizada para a fonte deste alinhamento gira em torno de 0.002 *e.m.u.*

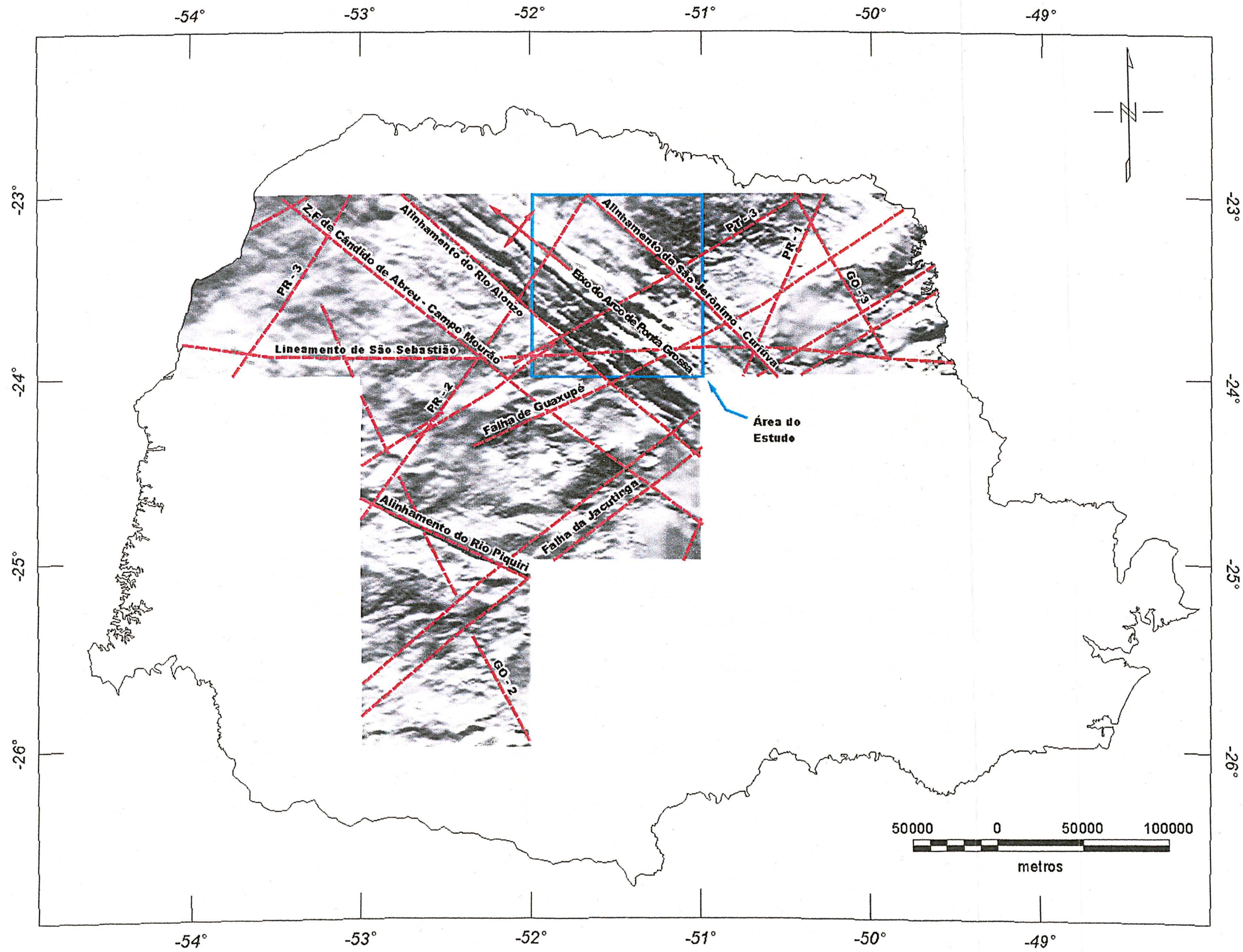
O Alinhamento São Jerônimo-Curiúva, que limita a norte a região central do Arco de Ponta Grossa, ocorre em uma área onde a quantidade de alinhamentos magnéticos diminui drasticamente. Nos mapas de continuação ascendente observa-

se que este alinhamento é mais bem definido nos mapas de maiores altitudes, indicando que a contribuição magnética deve-se a níveis mais profundos. Foram modelados próximo deste alinhamento duas anomalias, a partir das quais se estimou um mergulho de  $80^\circ$  para norte, largura em torno de 600 m para esta estrutura e profundidade ao topo maior que 200 m. A continuidade mínima da fonte magnética geradora desta anomalia é de 2800 metros.

Além das feições de direção NW-SE, também estão presentes na área estruturas magnéticas segundo NE-SW, as quais estão relacionadas, principalmente, com a direção PT-3 (Soares *et al.*, 1981). Estas estruturas apresentam uma maior frequência na porção central da área e um comprimento em torno de 120 km. Na extremidade sudeste da área, acompanhando a direção NE-SW, foram identificados alguns alinhamentos correlacionáveis com a Falha de Guaxupé, porém sua ocorrência é melhor visualizada no mapa da amplitude do sinal analítico, sendo marcada por anomalias de baixa amplitude, gerando alinhamentos dispersos ao longo desta direção.

A direção PR-2 (NNE-SSW), que ocorre na porção NW da área, é contínua por aproximadamente 60 km. Sua correlação com os dados magnéticos se estabelece melhor quando comparada com os mapas do gradiente horizontal total e do sinal analítico, sendo representada por poucas anomalias próximas desta direção. Já o lineamento de São Sebastião, situado no sul da área, apresenta direção aproximada EW e uma extensão de 100 km. No mapa da amplitude do sinal analítico pode-se relacioná-lo a uma série de alinhamentos com baixas amplitudes posicionadas na porção central da área.

FIGURA 10.1: PRINCIPAIS ESTRUTURAS DO EMBASAMENTO DA BACIA DO PARANÁ SOBREPOSTAS AO MAPA MAGNÉTICO PARCIAL DO ESTADO DO PARANÁ. (ESTRUTURAS COMPILADAS DE SOARES ET. AL. (1981), FERREIRA (1982) E ZALÁN ET. AL. (1990)).



## 10.1 ESTRUTURAS GEOFÍSICAS

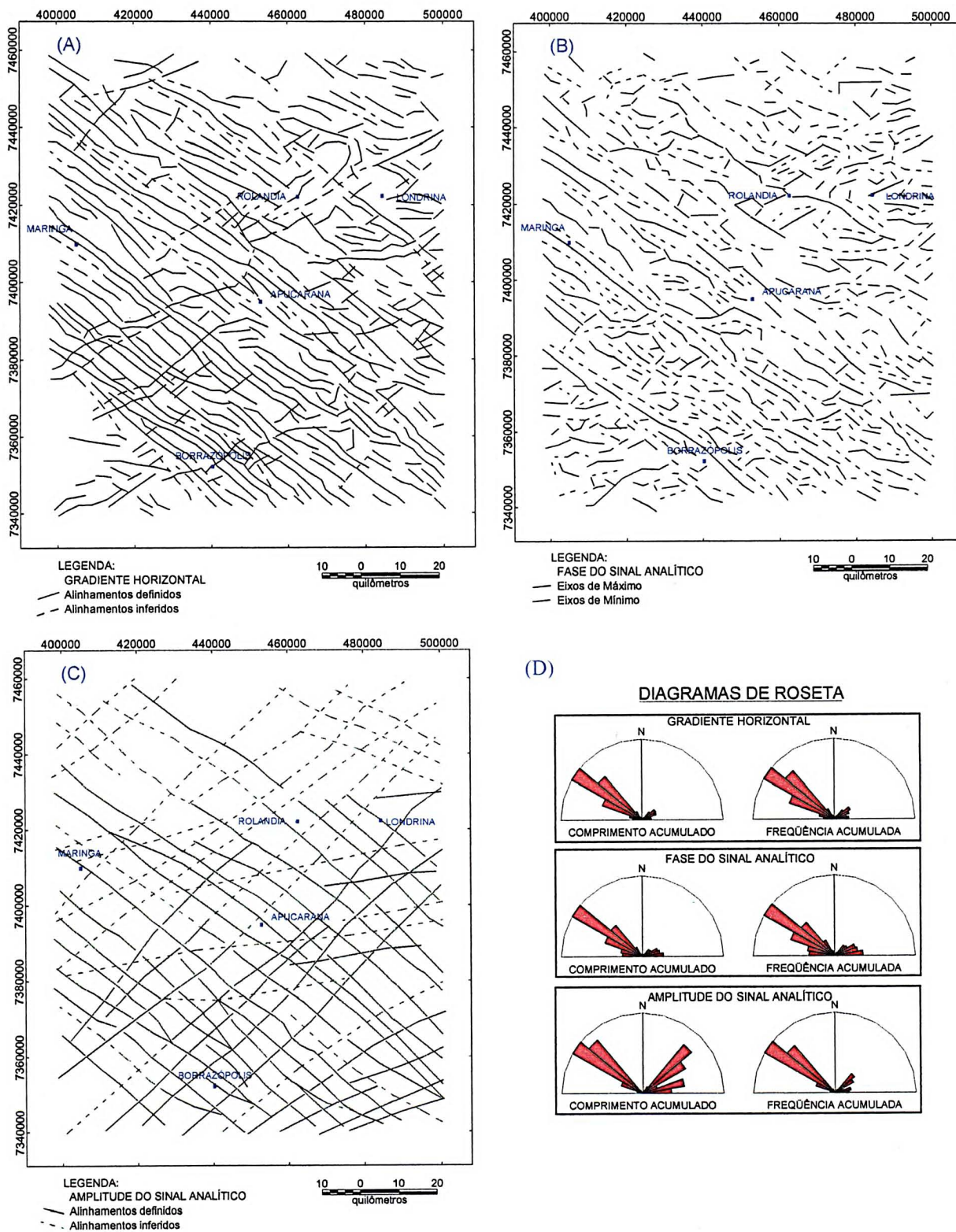
Para determinar as principais estruturas e sintetizá-las em um arcabouço geofísico-estrutural, foram interpretados os mapas do gradiente horizontal total, da fase e da amplitude do sinal analítico. As estruturas observadas refletem os principais domínios estruturais da região do eixo do Arco de Ponta Grossa, os quais estão relacionados com a evolução tectônica da Bacia do Paraná.

Os mapas do gradiente horizontal total de ordens zero e um, foram interpretados através do traçado das amplitudes máximas das anomalias, as quais ocorrem associadas a qualquer variação do gradiente do campo magnético residual. Estas variações são máximas junto às bordas das fontes de anomalias magnéticas.

Das estruturas mapeadas a partir do gradiente horizontal total (Figura 10.2A), destacam-se aquelas de direção NW-SE e, secundariamente, dois grupos de direções NE-SW e E-W.

A direção NW-SE é aquela que apresenta maior persistência em toda a área do estudo, com uma frequência da ordem de 10 estruturas para cada 20 km quilômetros e extensão contínua máxima de 110 km. A direção predominante gira em torno de N40–60W. As anomalias associadas a esta direção provavelmente estão delimitando zonas de diques e/ou falhas.

**FIGURA 10.2:** MAPA DE ESTRUTURAS DO GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL (A), FASE (B) E AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO (C). ABAIXO TAMBÉM SÃO MOSTRADOS OS DIAGRAMAS DE ROSETAS PARA AS DIREÇÕES DOS ALINHAMENTOS.



As estruturas de direção NE-SW ocorrem com menor frequência que as anteriores, porém não apresentam grandes extensões, pois normalmente estão segmentadas pelas estruturas de direção NW-SE, fazendo com que alcancem no máximo 50 km de continuidade. A direção preferencial oscila entre N45–60E.

As estruturas de direção E-W ocorrem como faixas descontínuas e bastante espaçadas na área, normalmente nas porções mais centrais, e possuem extensões de no máximo 30 km.

O mapa da fase do sinal analítico (Figura 10.2B), foi interpretado a partir do traçado dos eixos de máximos e mínimos, os quais foram associados com a amplitude para aprimorar a interpretação deste último mapa. As estruturas da fase apresentam direção predominante segundo N45–60W e, secundariamente, entre N45E e E-W.

O mapa da amplitude do sinal analítico exhibe suas anomalias associadas diretamente com a posição da fonte magnética. Dessa maneira foram traçadas as estruturas sobre os picos de máxima amplitude, visando localizar as fontes das anomalias. As estruturas assim obtidas foram sobrepostas ao mapa estrutural da fase do sinal analítico, procedendo-se um refinamento da interpretação, como discutido no Capítulo 7.6.

As estruturas interpretadas através destes mapas apresentam uma relação muito forte com zonas de diques de diabásio, pois a amplitude do sinal analítico é uma medida da energia do sinal, a qual deve ser maior sobre estas estruturas geológicas.

As feições mapeadas através dos mapas da amplitude e fase do sinal analítico correspondem normalmente a amplitudes totais no mapa magnético residual entre 80 e 350 nT e susceptibilidades médias de  $2 \times 10^{-3}$  e.m.u. Estas características permitem uma detectabilidade de diques com espessuras superiores a 100 m para um levantamento realizado a uma altura de 450 m (Ussami *et al.*, 1991).

Na Figura 10.3, recorte de uma cena de imagem do satélite Landsat 7 (ETM<sup>+</sup>) da porção sudoeste da área próxima ao rio Ivaí, onde ocorrem diques de diabásio (cristas de direção NW), observa-se uma perfeita correlação entre um alinhamento da amplitude do sinal analítico e um único dique de diabásio

pertencente ao Alinhamento do Rio Alonzo (A). Também se observam zonas de diques de diabásio que podem ser associadas com um único alinhamento do sinal analítico (B), assim como alinhamentos que não apresentam uma clara relação com diques de diabásio (C), que neste caso, coincidem com a direção geral do rio Ivaí, o qual está encaixado em uma estrutura de direção NW-SE. Outros diques não foram detectados pelo levantamento aeromagnético devido à altura de vôo e as suas características de magnetização.

Dessa maneira foram consideradas as anomalias de maior amplitude como aquelas que apresentariam uma melhor associação com diques de diabásio, normalmente acima de 70 nT/m no sinal analítico de ordem zero e de  $100 \times 10^{-6}$  nT/m<sup>2</sup> naquele de ordem 1. As anomalias de menor amplitude foram atribuídas a zonas de falhas que podem ou não estar preenchidas por diques de diabásio, pois nestes casos a ocorrência de magnetismo remanescente pode se refletir em amplitudes menores, equiparando diques e falhas.

A Figura 10.2C mostra os principais elementos estruturais-magnéticos obtidos através da interpretação da amplitude do sinal analítico. Estas feições ocupam duas direções principais: NW-SE e NE-SW.

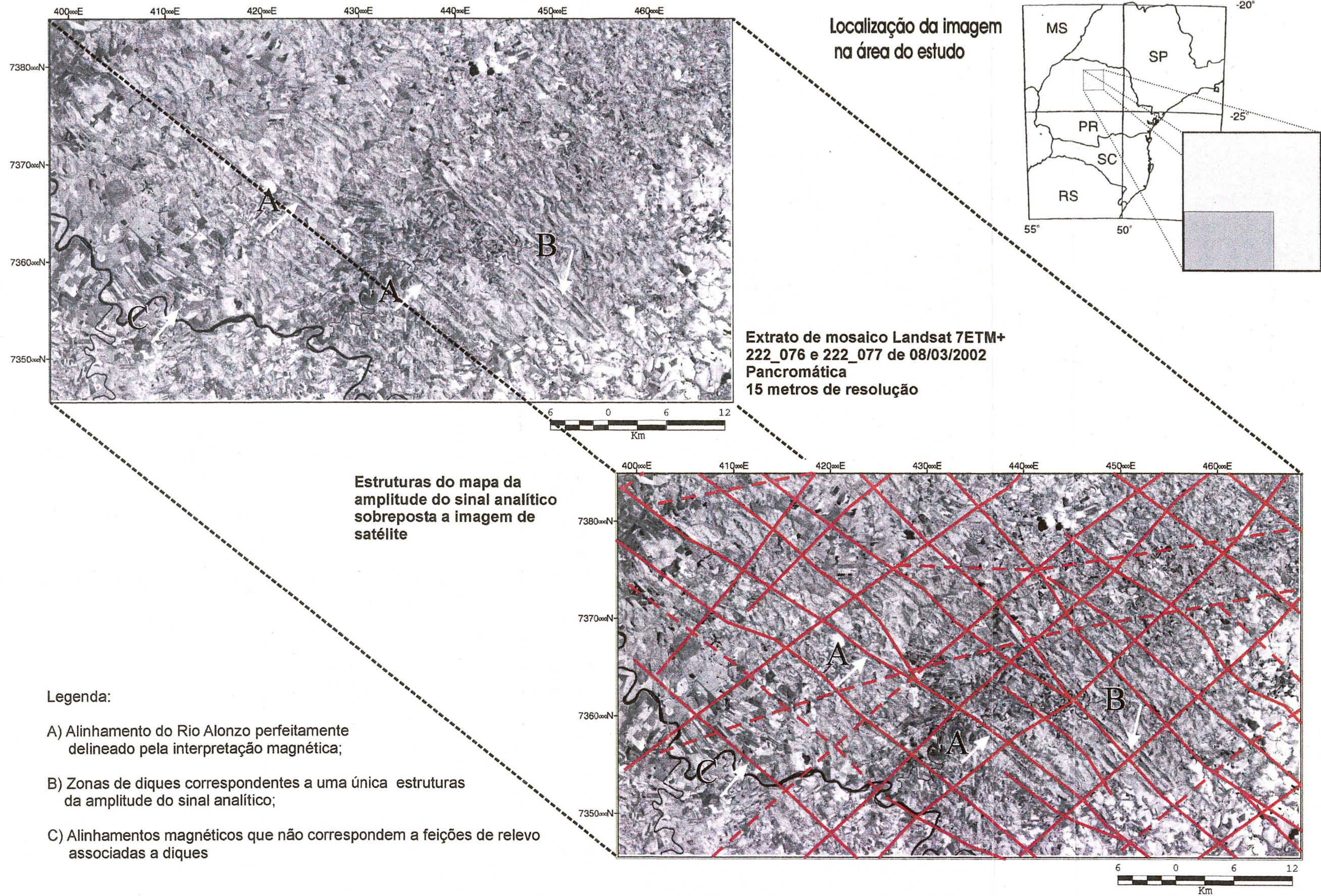
A direção NW-SE é a mais conspícua, e caracteriza-se por concentrações de alinhamentos paralelos a sub-paralelos, distribuídos segundo o intervalo de N45-60W, bastante retilíneos e com grandes extensões. As anomalias associadas a esta direção exibem as maiores amplitudes e, conseqüentemente, são as que possuem as maiores relações com os diques. Na região central do Arco de Ponta Grossa os alinhamentos NW-SE são mais sinuosos e, muitas vezes, com um aspecto anastomosado.

A direção NE-SW ocorre com menor freqüência que a direção anterior e é caracterizada pela predominância de anomalias de menor amplitude. A direção principal é N60E, com extensões máximas de 130 km. Sua ocorrência é atribuída a existência de falhas, porém alguns alinhamentos nesta direção podem estar associados a diques de diabásio quando aliados a anomalias de maior amplitude.

Alinhamentos de direção WNW-ESE também podem ser observados na porção central da área, caracterizados por anomalias de baixa amplitude,

normalmente bastante sutis em relação às demais direções. Tais alinhamentos podem apresentar extensões máximas de 100 km e devem estar associados principalmente a grandes zonas de falhas (*e.g.* Lineamento de São Sebastião).

**FIGURA 10.3:** ESTRUTURAS DO MAPA DE ANOMALIAS DE AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO E FEIÇÕES DE RELEVO ASSOCIADAS.



## 10.2 ARCABOUÇO ESTRUTURAL – MAGNÉTICO

Na tentativa de simplificar o arcabouço estrutural-magnético da área foi produzido o mapa da Figura 10.4, reflexo das principais tendências e continuidades dos alinhamentos e diques, onde a espessura de cada domínio está relacionada principalmente com as estruturas do gradiente horizontal total, as quais delimitam àquelas da amplitude do sinal analítico vinculado a um mesmo *trend*. Por vezes, mais de uma estrutura foi englobada em um mesmo domínio devido à proximidade entre elas.

As principais estruturas delineadas são decorrentes da reativação de falhas do embasamento da Bacia do Paraná, através da propagação de tensões originárias de eventos orogênicos que se processaram nas bordas da placa. Os principais reflexos destes eventos ocorrem na forma de reativação ao longo de falhas NE-SW (Soares, 1991; Rostirola *et al.*, 2000), e na ocorrência de subsidência acelerada e erosão extensiva na bacia (Milani e Ramos, 1998).

No mapa do arcabouço estrutural-magnético pode-se facilmente correlacionar as principais estruturas de direção NW-SE com os alinhamentos do Arco de Ponta Grossa (Figura 10.1). Cotejando as estruturas do arcabouço gerado com aquelas ressaltadas no cálculo de profundidade das fontes através da deconvolução de Euler (Figura 10.5), é possível identificar outras estruturas importantes no contexto do Arco de Ponta Grossa, caracterizadas pela persistência em profundidade. Dessa maneira, além das estruturas descritas anteriormente em Ferreira (1982a), foram reconhecidas outras três de caráter regional, denominadas neste trabalho de alinhamentos de Maringá, Apucarana e Araçongas.

FIGURA 10.4: ARCABOUÇO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO DA ÁREA DE ESTUDO.

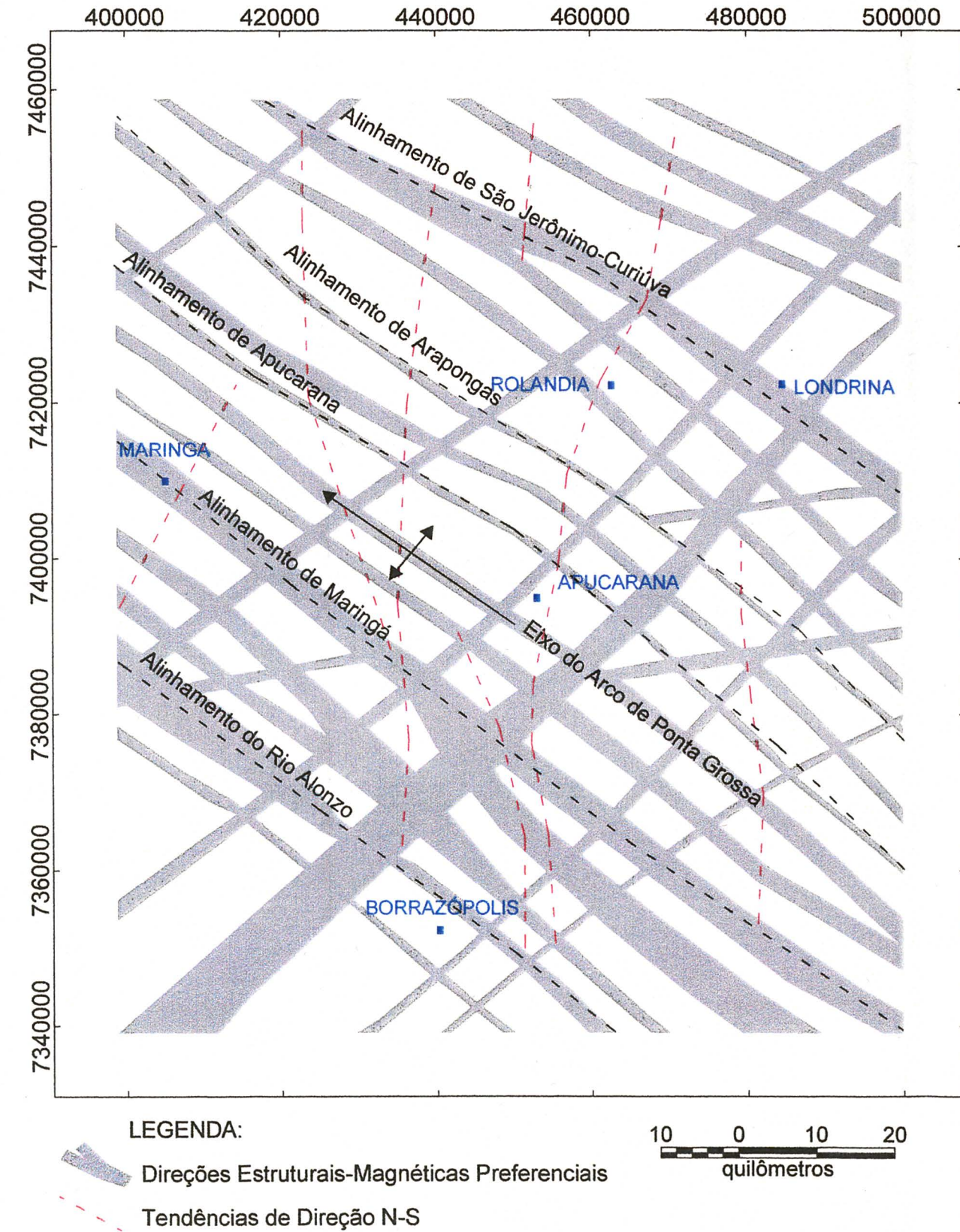
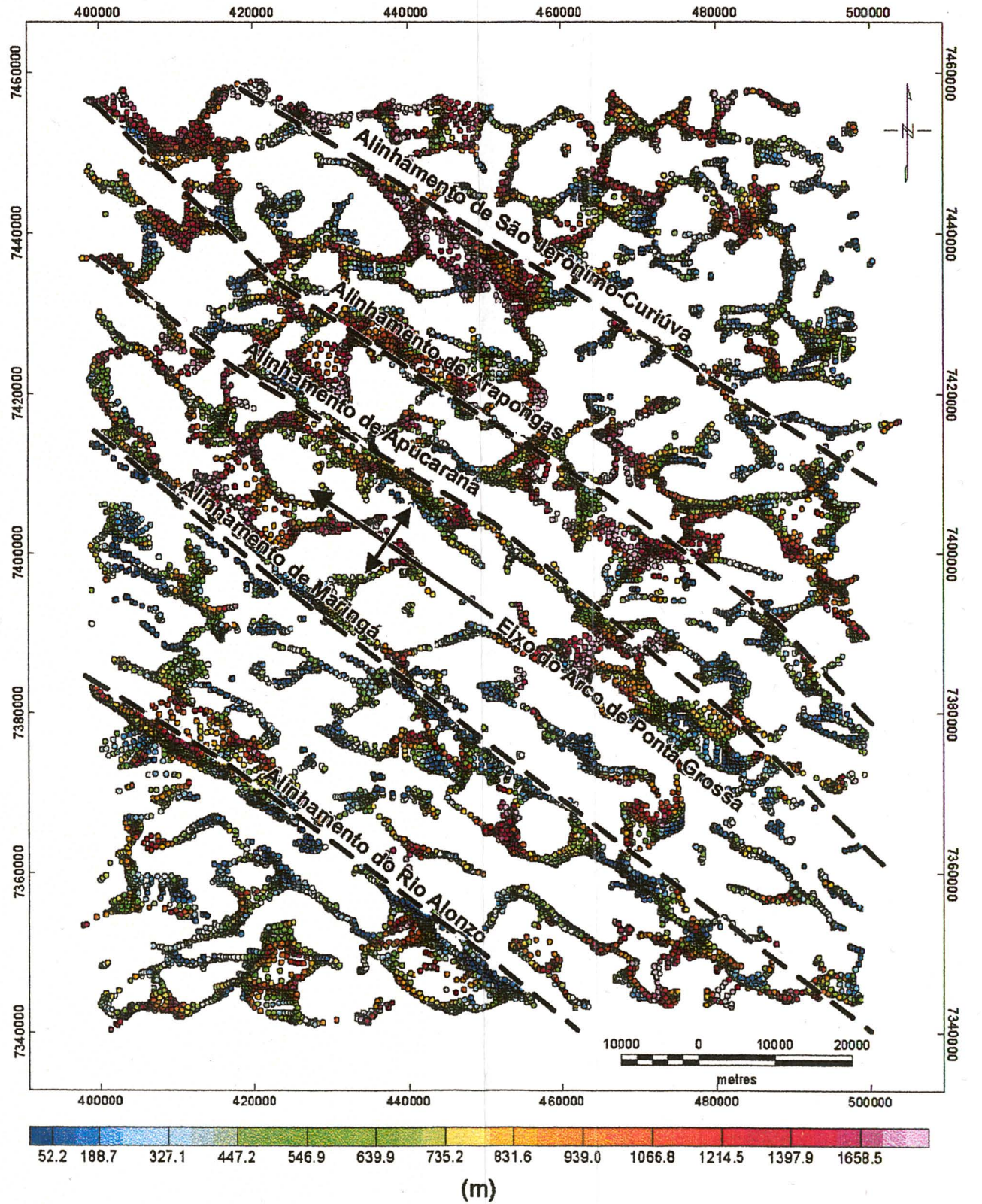


FIGURA 10.5: MAPA DE PROFUNDIDADES DAS FONTES MAGNÉTICAS E OS PRINCIPAIS ALINHAMENTOS DO ARCO DE PONTA GROSSA.



O Alinhamento de Maringá situa-se entre o Alinhamento do Rio Alonzo e o eixo do Arco de Ponta Grossa, onde é caracterizado por uma estrutura de grande porte, a qual pode ser relacionada com a Zona de Falha Curitiba–Maringá, cuja origem está associada a falhamentos transcorrentes mapeados desde o litoral paranaense (Zalán et. al., 1990). Nos mapas magnéticos residual e do sinal analítico, tal estrutura reflete-se como uma anomalia de grande amplitude (fonte anômala rasa), com extensão de cerca de 113 km. Através da análise das profundidades de fontes magnéticas, se observa que este alinhamento apresenta a maior contribuição nas profundidades iniciais (150 – 700 m), a semelhança do Alinhamento do Rio Alonzo. Sua ocorrência é menos pronunciada em direção a profundidades mais elevadas (>1500 m).

A norte do eixo do Arco de Ponta Grossa foram definidos os alinhamentos de Apucarana e Araçongas. Ambos os alinhamentos apresentam uma grande continuidade em profundidade (>1900 m), semelhante ao Alinhamento de São Jerônimo–Curiúva. Foram modeladas duas anomalias sobre a estrutura de Apucarana, onde se obteve profundidade média ao topo de 40m e espessura de 110 m.

O Arco de Ponta Grossa é considerado por alguns autores como o produto da reativação de uma direção NW-SE de fraqueza do embasamento (*e.g.* Ferreira, 1982a). Para as maiores falhas de direção N40-55W, se espera uma geometria em tulipa, associada com zonas de falhas transtensionais (Biddle e Christie-Blick, 1985 *in* Strugale, 2002). Esta interpretação é condizente com o observado na modelagem magnética ao longo das linhas de vôo, onde se observa a convergência em profundidade destas estruturas.

Segundo Strugale (2002), as falhas de direção NW-SE apresentam rejeitos maiores na Formação Serra Geral, em contraste com as unidades paleozóicas, o que indicaria uma configuração de falhas em tesoura com cinemática rotacional.

Os alinhamentos de direção NE-SW também aparecem no modelo gerado. Estes alinhamentos normalmente apresentam domínios de espessuras menores que os de direção NW-SE, e ocorrem principalmente na região central da área.

Os domínios de direção E-W ocorrem em menor quantidade e são encontrados principalmente na área mais central do mapa.

Como descrito anteriormente, as estruturas de direção NE-SW e E-W normalmente estão associadas a anomalias de menor amplitude. Esta configuração permite associar estas estruturas principalmente a descontinuidades da bacia, e que por sua vez estão afetando os basaltos da Formação Serra Geral. Dessa maneira, as anomalias observadas são decorrentes de descontinuidades nos basaltos, porém não se descarta a hipótese de que algumas delas estão associadas com diques dispostos segundo estas direções, como observado nos sedimentos paleozóicos (Fúlfaro e Suguio, 1967).

Na análise do MDT (Figura 7.20A), foi constatado que a direção N-S também apresenta grande importância na área, porém como já mencionado, esta direção não pôde ser contemplada pela interpretação geofísica, pois a mesma é paralela às linhas de vôo, além da eliminação de muitos sinais decorrentes do micronivelamento. As principais tendências das feições de direção N-S, obtidas através da interpretação do MDT (Figura 7.20B), foram incorporadas ao arcabouço estrutural da área (Figura 10.4).

## 11 CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

Neste capítulo serão descritas as características relevantes dos sistemas aquíferos Serra Geral e Guarani e as implicações das estruturas definidas em capítulos anteriores frente ao fluxo e ao quimismo das águas destes sistemas aquíferos.

### 11.1 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

A área do estudo localiza-se entre os rios Ivaí e Tibagi em uma região onde afloram principalmente rochas vulcânicas da Formação Serra Geral além de litotipos constituintes do Sistema Aquífero Guarani (SAG). Esta região, como abordado nos capítulos anteriores, foi afetada por uma série de estruturas que segmentam não somente os basaltos como também os sedimentos mesozóicos e paleozóicos sotopostos. Tais estruturas exerceram importante controle hidrogeológico dos aquíferos, as quais geraram blocos de comportamentos distintos.

Dependendo da região, a alta densidade de fraturamento permite que algumas estruturas se conectem com o SAG confinado, viabilizando a ascensão de suas águas até a superfície, sem grande taxa de mistura com águas descendentes (Bittencourt, 1996). Neste contexto, ocorrem águas anômalas em relação à composição química dos basaltos da região.

Rosa Filho *et al.* (1987) apresentam um zoneamento da água subterrânea nos basaltos do estado do Paraná, onde são assinaladas características químicas de cada compartimento. Naquele trabalho, os parâmetros físicos e químicos das águas de determinados pontos de coleta são influenciados por combinações com águas do SAG.

Águas subterrâneas provenientes do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), com contribuição significativa do SAG, possuem teores de sódio geralmente mais elevados do que os de cálcio, elemento este que predomina nas águas típicas do SASG, evidenciando a conectividade entre os aquíferos (Bittencourt, 1978 e Bittencourt e Lisboa, 1983).

### 11.1.1 Sistema Aquífero Serra Geral

O modo de ocorrência da água subterrânea do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), está condicionado tanto a fatores genéticos do pacote basáltico (*intertrapp*, amígdalas, vesículas e disjunções), quanto à presença de estruturas (falhas, fraturas e diques de diabásio) que condicionam a circulação das águas nestas rochas. A conjunção destes fatores aumenta a capacidade de armazenamento de água.

O SASG não é hidrogeologicamente homogêneo em toda a sua extensão, devido a mudanças regionais dos parâmetros controladores da forma de armazenamento e de circulação das águas subterrâneas. Tais heterogeneidades permitiram a Fraga (1986) e Rebouças e Fraga (1988) dividir o SASG no estado do Paraná em duas subprovíncias, denominadas Serra Geral Sul e Serra Geral Norte. A área do estudo encontra-se completamente inserida na subprovíncia norte, a qual apresenta valores médios de capacidade específica 6,5 vezes maiores que no setor meridional. Segundo Fraga (1986), a subprovíncia Serra Geral Norte apresenta comportamento de meio fraturado com reservas mais promissoras que no domínio sul.

Segundo Rosa Filho *et al.* (1987), as direções preferenciais dos alinhamentos estruturais por onde as águas subterrâneas percolam são NW-SE e NE-SW, apresentando mergulhos essencialmente verticais. Estas estruturas coincidem com drenagens de segunda e terceira ordens.

A recarga principal ocorre através da pluviometria, principalmente em áreas com desenvolvido manto de alteração, topografia pouco acidentada e considerável cobertura vegetal (mata nativa). Localmente, onde há condições potenciométricas e estruturais favoráveis, pode ocorrer recarga ascendente a partir do SAG. A tipologia das águas do SASG é bicarbonatada cálcica, decorrente da ação intempérica dos basaltos típicos.

Este sistema aquífero viabiliza importantes sistemas de abastecimento, suprimindo mais de 70% dos núcleos urbanos do Paraná com água de ótima qualidade.

### 11.1.2 Sistema Aquífero Guarani

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) foi assim denominado pelo geólogo uruguaio Danilo Anton, em homenagem a nação Guarany que habitava a área de abrangência dos afloramentos durante a época do descobrimento (Anton, 1994 *in* Rosa Filho *et al.*, 1998). O SAG compreende as unidades litoestratigráficas formadas pelos arenitos eólicos da Formação Botucatu no Brasil, Taquarembó na Argentina e Uruguai, Missiones no Paraguai, e sedimentos flúvio-lacustres da Formação Pirambóia/Rosário do Sul no Brasil, Buena Vista na Argentina e Uruguai, e Missiones no Paraguai.

No estado do Paraná o SAG ocupa uma área de aproximadamente 131.300 km<sup>2</sup> (Araújo *et al.*, 1995), cerca de 15% da porção brasileira do aquífero.

Quanto ao comportamento estrutural do SAG, sabe-se que diversos fatores influenciaram a atual configuração, como os depocentros de lavas da Formação Serra Geral, a ativação regional de sistemas de falhas, soerguimentos das bordas da bacia e dos arcos de Ponta Grossa, Campo Grande, Rio Grande e Sinclinal de Torres.

O Arco de Ponta Grossa compartimenta a bacia em dois regimes hidrogeológicos distintos (Araújo *et al.*, 1995): a norte o fluxo caracteriza-se por um

padrão regional de deslocamento hidráulico de norte para sudoeste, e ao sul desta megaestrutura destacam-se altos gradientes hidráulicos e proeminentes áreas de descarga.

As águas do SAG são francamente salinas, com teores de resíduos secos inferiores a 300 mg/L na maior parte da área (Rocha, 1996). A partir das áreas de recarga, existe uma tendência para águas mais alcalinas no sentido do fluxo subterrâneo, acompanhado por um aumento do pH, do teor de sais e da temperatura. Esta evolução hidroquímica regional é controlada pelo grau de confinamento do SAG, pela velocidade de circulação e pelo tempo de residência das águas.

Considerado como um dos maiores reservatórios subterrâneos do mundo, a exploração da água através de poços profundos permite a extração por unidade de captação de até 1.000.000 L/h. Em várias regiões do sul e do sudeste do Brasil, assim como na Argentina e no Uruguai, existe o fenômeno da surgência natural, inclusive com a temperatura da água atingindo até 65° C (Rosa Filho *et al.*, 2000).

## 11.2 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados hidrogeológicos foram cedidos pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (Suderhsa-PR), oriundos de 625 poços perfurados no período de 1961 a 1995. Para o presente estudo foram considerados apenas os poços completados na Formação Serra Geral, tendo-se processado os dados das seguintes variáveis: potenciometria, vazão, capacidade específica, pH e sólidos totais dissolvidos (STD), além de cátions ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ;  $\text{Ca}^{++}$ ;  $\text{Mg}^{++}$ ) e ânions ( $\text{Cl}^-$ ;  $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{--}$ ;  $\text{SO}_4^{--}$ ).

Inicialmente procedeu-se uma análise crítica e estatística (Tabela 12.1), eliminando os dados espúrios e padronizando as unidades. Em seguida os dados foram interpolados pelo método da curvatura mínima (Briggs, 1974), através de células quadradas de 5000 x 5000 metros. Com base neste procedimento foram

gerados mapas de contorno das seguintes variáveis: potenciometria, vazão, capacidade específica, pH e sólidos totais dissolvidos (STD).

Também foram elaborados mapas de composições ternárias para os cátions ( $Mg^{++}$ ;  $Ca^{++}$ ;  $Na^+ + K^+$ ) e ânions ( $SO_4^{-}$ ;  $HCO_3^- + CO_3^{-}$ ;  $Cl^-$ ), provenientes de 57 poços que apresentaram análises químicas com diferenças de balanço iônico inferiores a 15% (Buchmann, 2002). A pequena quantidade de dados hidroquímicos restringiu a distância de interpolação, impedindo previsões em toda a área do estudo.

Os mapas de composição ternária são comumente empregados na análise de dados gamaespectrométricos e de imagens de satélite (fusão de bandas), onde são relacionados em uma só carta três *grids*. Estes *grids* são identificados de maneira que cada um deles está associado a um dos extremos de uma escala *R* (*red*), *G* (*green*), *B* (*blue*).

A seguir serão descritos os dados obtidos através da análise estatística e os mapas das mencionadas variáveis, em conjunto com o arcabouço estrutural-magnético simplificado da Figura 10.4, em função da parca densidade de poços.

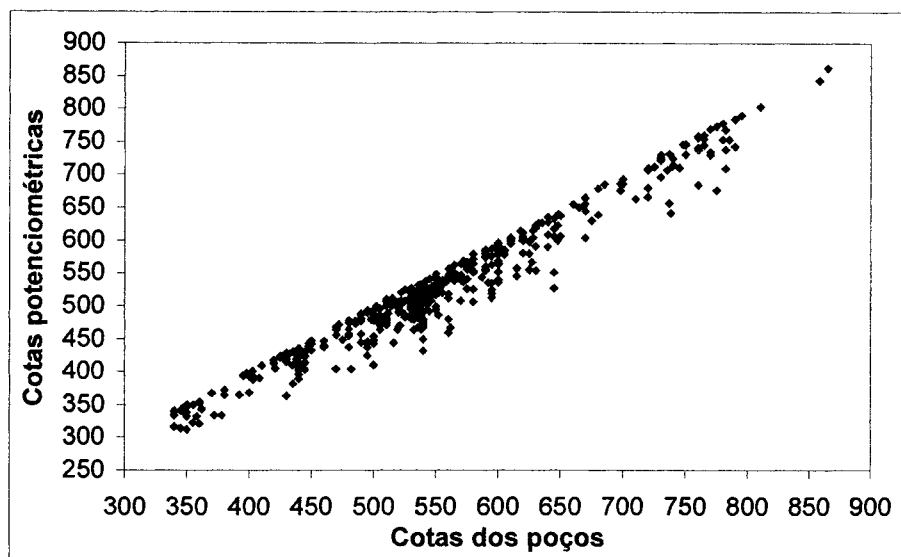
**TABELA 11.1: ESTATÍSTICAS DOS PARÂMETROS DE INTERESSE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ÁREA DO ESTUDO.**

Estatísticas	Potenciometria (m)	Vazão ( $m^3/h$ )	Capacidade Específica ( $m^3/h/m$ )	pH	STD
máximo	862,10	185,00	42,50	9,90	518,00
mínimo	312,00	0,25	0,01	5,70	11,00
média	523,92	18,69	1,82	7,40	161,01
desvio-padrão	98,2	24,77	3,74	0,72	82,44

O mapa da superfície potenciométrica (Figura 11.3), mostra uma forte tendência de sudeste para noroeste, com as cotas mais elevadas ( $\pm 850$  metros), situadas no quadrante SE, as quais decaem gradativamente até atingirem valores da ordem de  $\pm 400$  metros no extremo NW, portanto mergulhando para o interior da bacia. Esta configuração coincide com o eixo do Arco de Ponta Grossa, o qual está em conformidade com a topografia (Figura 12.1), denotando um comportamento de

aqüífero livre (Fraga, 1986). A partir deste alto central, a superfície potenciométrica decresce gradativamente também nos sentidos NE e SW, atingindo as menores cotas em seus respectivos extremos ( $\pm 350\text{m}$ ).

**FIGURA 11.1: CORRELAÇÃO ENTRE AS COTAS POTENCIOMÉTRICAS E DOS POÇOS.**

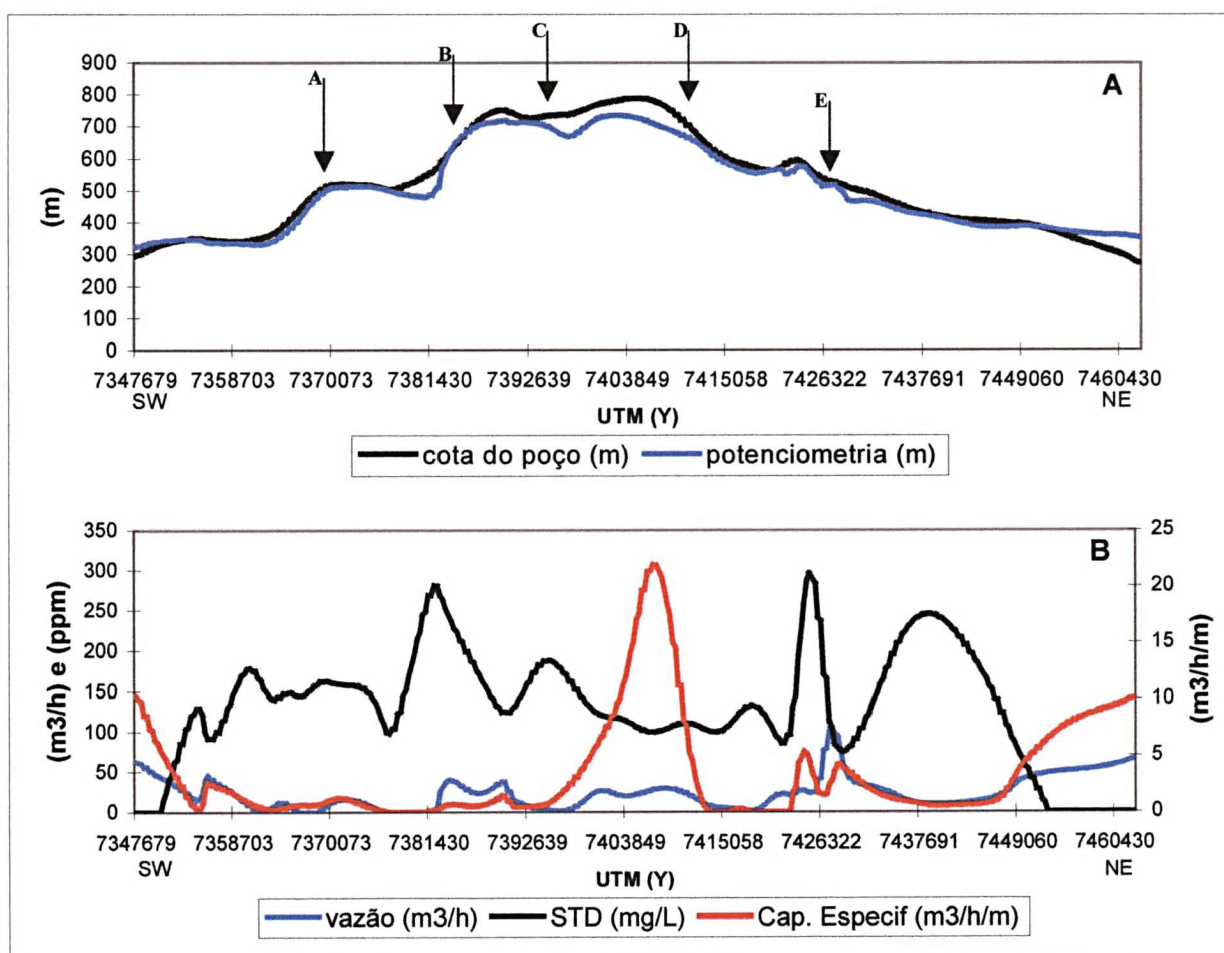


Um perfil de direção SW-NE (Figura 11.3), permitiu relacionar a superfície potenciométrica e a topografia da área (Figura 11.2A). Nota-se que a superfície potenciométrica normalmente apresenta variações locais, as quais não seguem a tendência geral da topografia da área. As maiores diferenças entre a superfície potenciométrica e altimétrica são encontradas na porção central da área, o que deve estar refletindo uma situação de maior controle estrutural determinada pela presença de diques e falhas encontrados em maior número no contexto da região central do Arco de Ponta Grossa.

Outra característica relacionada ao comportamento local do SASG é a aparente elevação da superfície potenciométrica, que se torna surgente nas terminações SW e NE do perfil, próximo às duas principais drenagens da região, rios Ivaí e Tibagi, respectivamente. Esta característica deve ser assumida com algumas restrições, devido ao número de dados e à proximidade com os limites dos

*grids*, onde a interpolação não é tão eficiente. O que se pode afirmar é uma tendência de elevação da superfície potenciométrica.

**FIGURA 11.2:** PERFIS DE DIREÇÃO SW-NE INDICANDO AS RELAÇÕES ENTRE RELEVO, POTENCIOMETRIA, VAZÃO, STD E CAPACIDADE ESPECÍFICA. AS SETAS INDICAM A POSIÇÃO DOS ALINHAMENTOS DO ARCO DE PONTA GROSSA: A-RIO ALONZO; B-MARINGÁ; C-EIXO DO ARCO; D-ARAPONGAS; E-SÃO JERÔNIMO-CURIÚVA.



Na Figura 12.2B, os perfis mostram a correlação entre a vazão, os sólidos totais dissolvidos (STD) e a capacidade específica. Nota-se uma boa correspondência entre as vazões e os teores de STD, onde os picos mais elevados de STD associam-se a quedas abruptas nas vazões. Com relação à capacidade específica observa-se que esta propriedade mostra uma variação diretamente proporcional às vazões e inversamente proporcional aos STD. Na região central da

área ocorre uma alta capacidade específica anômala, que não reflete uma vazão tão alta quanto as que ocorrem em outras áreas de menor capacidade específica.

Nos mapas de vazão e de capacidade específica (Figuras 11.4 e 11.5), observa-se uma compartimentação regional balizada pelo eixo do Arco de Ponta Grossa, onde a norte desta estrutura ocorrem vazões e capacidades específicas elevadas em contraste com porção sul. Na análise em escala de maior detalhe, observa-se áreas com alta produtividade, aparentemente confinadas em compartimentos balizados por estruturas NW-SE e NE-SW. A moldura estrutural-magnética sobreposta a estes mapas mostra que as áreas de maior produtividade estão respectivamente controladas pelo Alinhamento São Jerônimo-Curiúva, sobretudo os núcleos a norte de Londrina, onde existem mais dados, e pelos alinhamentos de Arapongas e Apucarana, próximos do eixo do arco, onde a densidade de diques de dolerito é maior. Na porção central da área a ocorrência de valores anômalos de capacidade específica constatada justamente sobre alinhamentos de direção NW-SE.

Como já observado na análise do perfil da Figura 11.2B, entre o eixo do Arco de Ponta Grossa e o Alinhamento de Maringá, observam-se valores altos de capacidade específica que não correspondem a vazões elevadas. Como esta área apresenta uma maior estruturação derivada da sua posição em relação ao eixo do Arco de Ponta Grossa, é provável que a circulação aí seja mais complexa.

O mapa de contorno dos sólidos totais dissolvidos (Figura 11.6), exhibe claramente três áreas de maior concentração, respectivamente a nordeste do Alinhamento São Jerônimo-Curiúva, no extremo noroeste da região entre os alinhamentos de Maringá e Apucarana, e a sudoeste do Alinhamento do Rio Alonzo, denotando a influência das estruturas associadas ao Arco de Ponta Grossa na distribuição dos teores. Altos valores de STD denotam águas com maior tempo de residência no aquífero, mas também podem estar entremeadas com águas provenientes de outros reservatórios.

A análise conjunta dos três últimos mapas revela que, de modo similar ao observado no perfil da Figura 12.2B, as áreas com elevadas vazões e capacidades específicas coincidem com aquelas de menores teores de sólidos totais dissolvidos. Ao mesmo tempo existem tratos com altas capacidades específicas e vazões baixas que estão aparentemente relacionados com concentrações mais elevadas de sólidos totais dissolvidos.

O mapa do potencial hidrogeniônico (Figura 11.7) foi gerado a partir dos dados de 507 poços, concentrados principalmente em torno das cidades de Londrina e Maringá. Neste mapa pode-se observar que os valores alcalinos, em vermelho, apresentam tendências segundo as principais direções estruturais, e que as maiores concentrações normalmente estão nos cruzamentos destas. Tais tendências foram encontradas principalmente: ao sul de Londrina, no cruzamento entre o Alinhamento São Jerônimo-Curiúva e uma megaestrutura de direção NE-SW; no eixo do Arco de Ponta Grossa e no Alinhamento de Maringá, ao interceptar a mesma megaestrutura de direção NE-SW, além de outra mais a noroeste; e ao norte de Maringá e oeste de Borrazópolis, relacionado ao eixo do Arco de Ponta Grossa e ao Alinhamento do Rio Alonzo, respectivamente.

Para o SASG os valores de pH alcalino são comumente atribuídos a águas subterrâneas com influência do SAG sotoposto.

FIGURA 11.3: MAPA POTENCIOMÉTRICO DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL SOBREPOSTO AO MDT INDICANDO A LOCALIZAÇÃO DO PERFIL SW-NE.

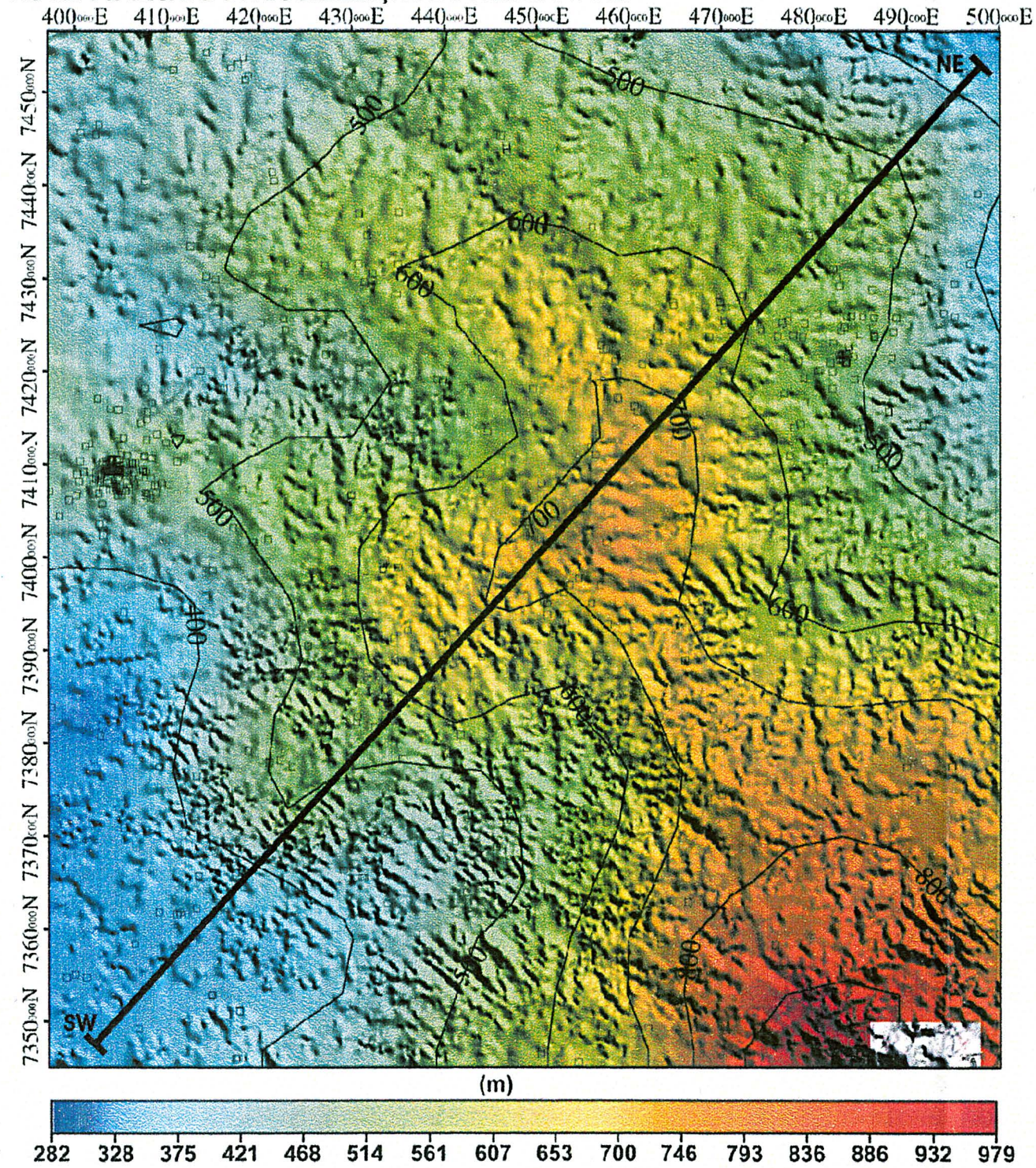


FIGURA 11.4: MAPA DE VAZÕES E O ARCABUÇO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO SIMPLIFICADO.

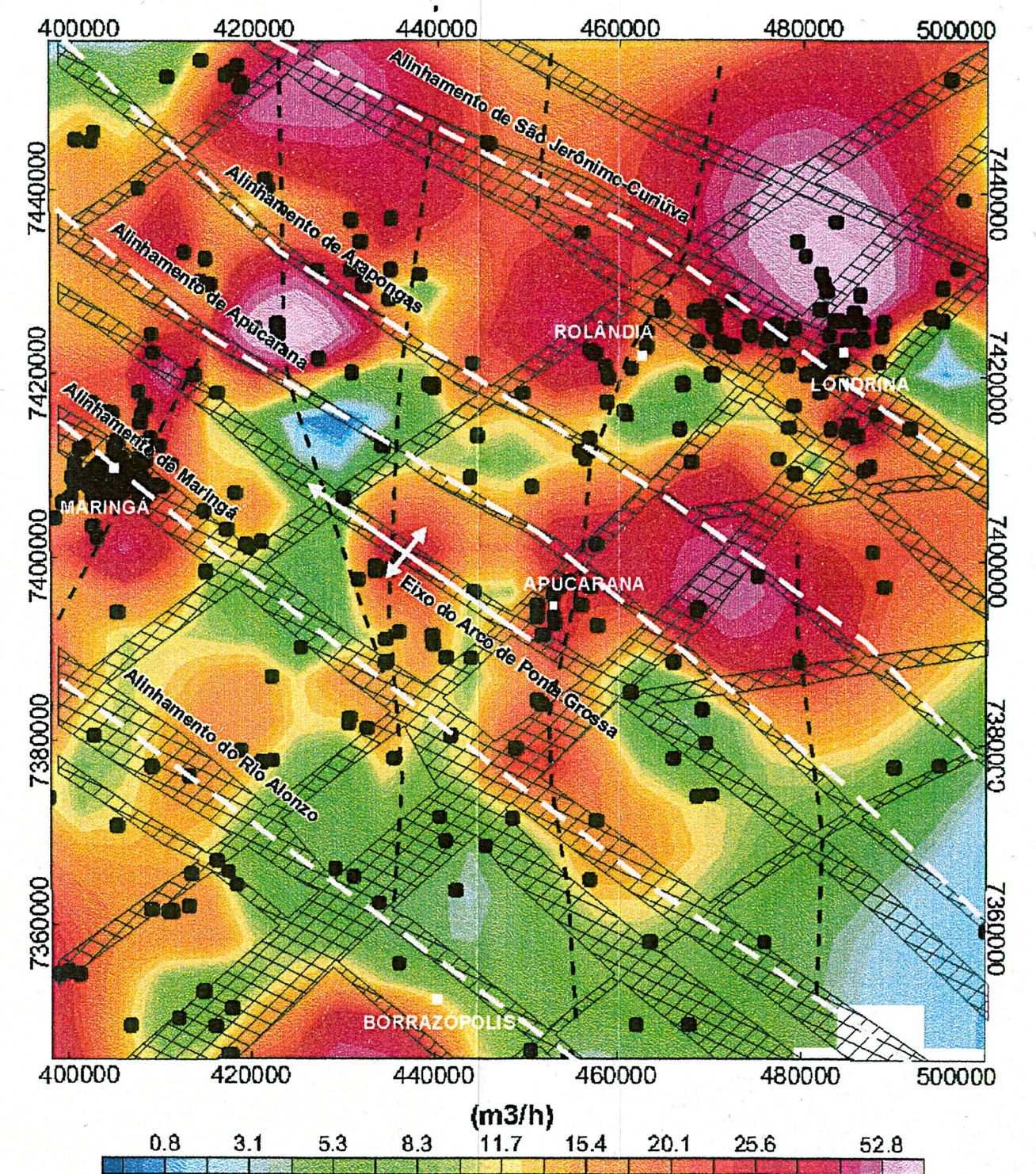


FIGURA 11.5: MAPA DA CAPACIDADE ESPECÍFICA E O ARCABOUÇO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO SIMPLIFICADO.

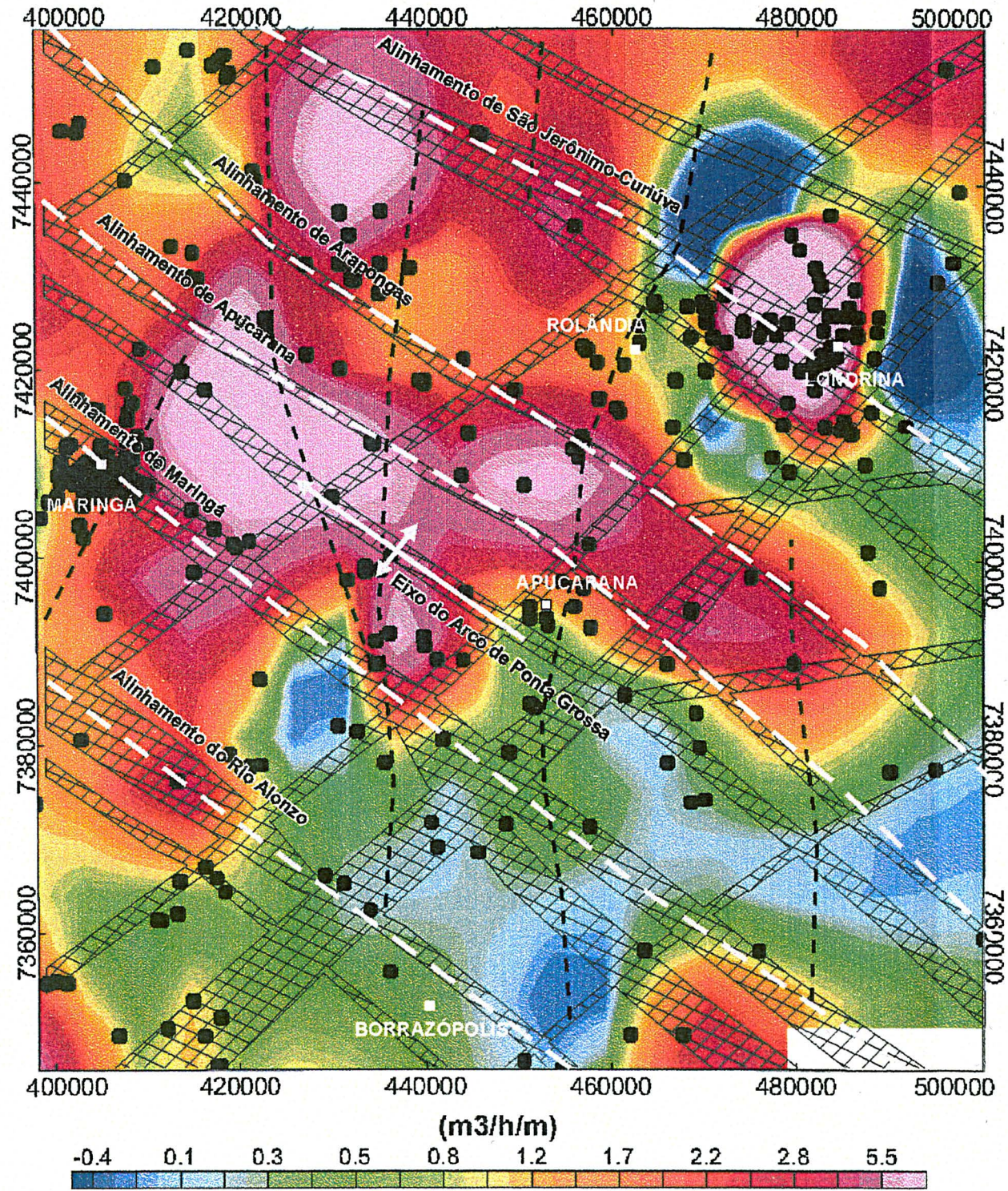
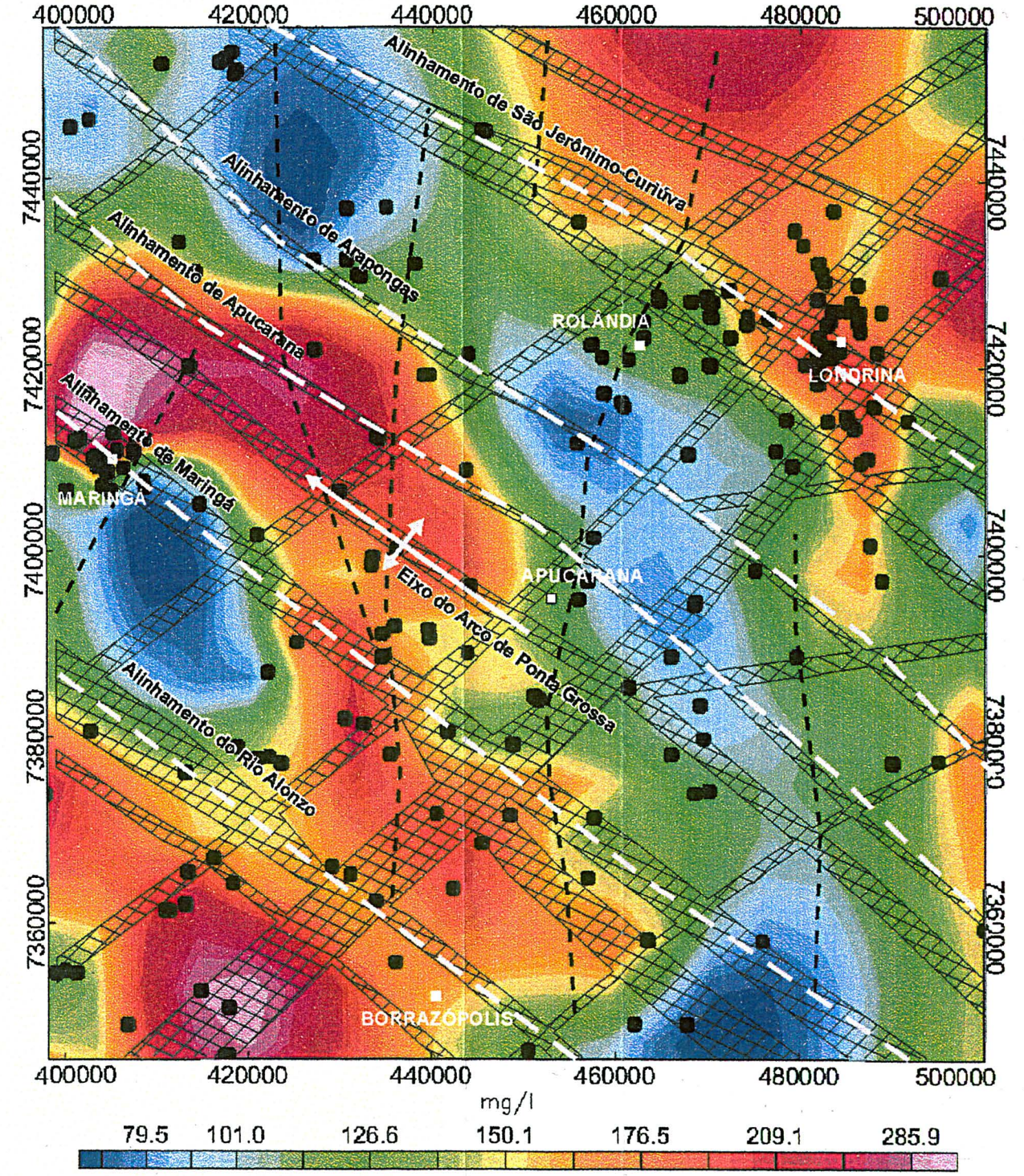
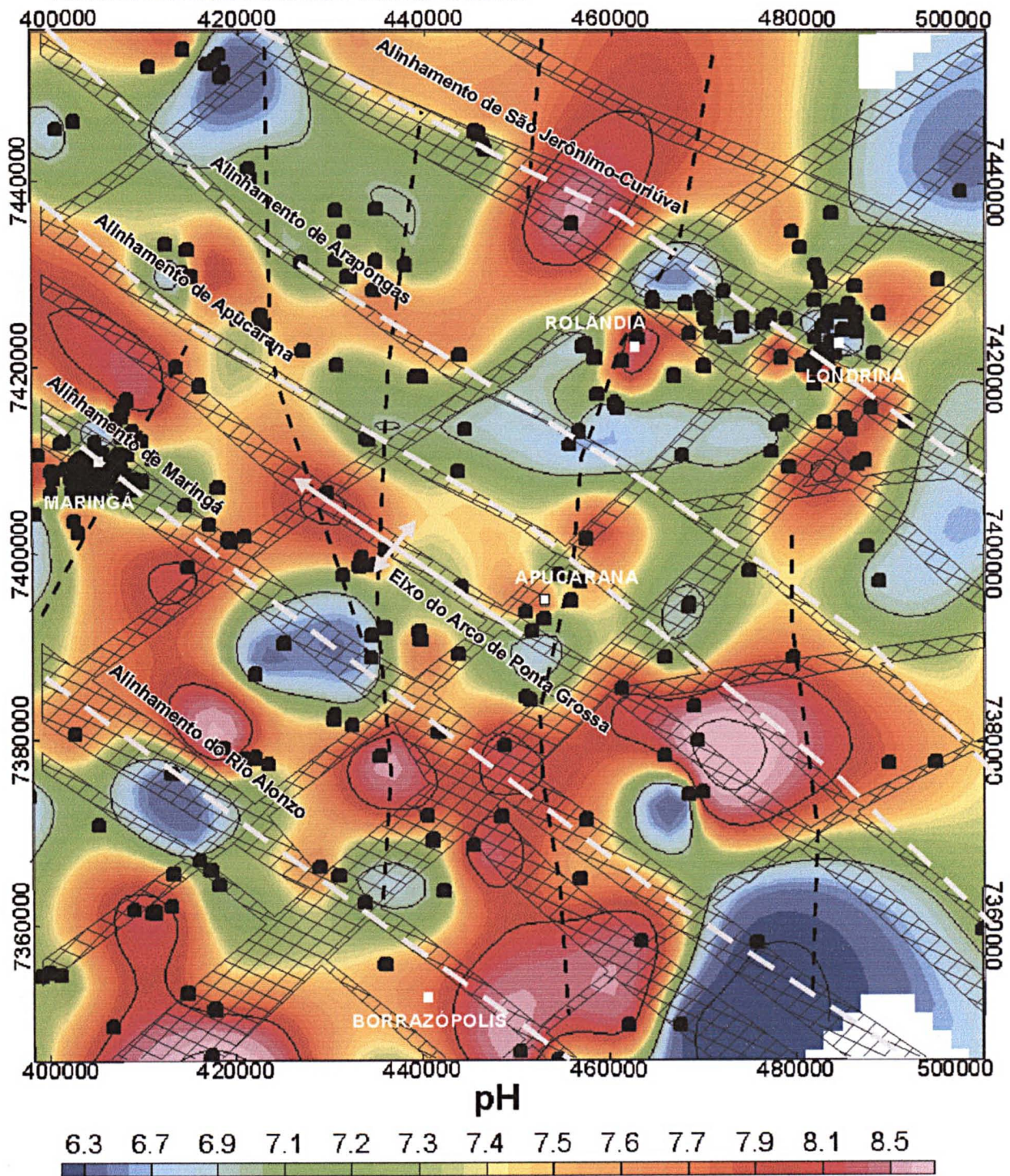


FIGURA 11.6: MAPA DE SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS E O ARCABOUÇO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO SIMPLIFICADO.



**FIGURA 11.7: MAPA DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO E O ARCABOUÇO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO SIMPLIFICADO.**



Os dados hidroquímicos (Buchmann, 2002) foram agrupados na Tabela 11.2, mostrando os principais elementos descritivos de sua distribuição.

**TABELA 11.2: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ÁREA DO ESTUDO.**

Estatísticas	Elementos Maiores (mg/L)						
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>
<b>máximo</b>	140,84	46,55	87,27	3,25	201	23	34
<b>mínimo</b>	0,9	0,07	0,4	0,1	4	0	0
<b>média</b>	16,44	3,77	14,65	0,91	69,82	3,31	2,76
<b>desvio padrão</b>	19,4	6,28	18,17	0,81	42,25	4,44	5,64

Os dados químicos analisados revelam comportamento semelhante àquele descrito por outros autores (Fraga, 1986; Rosa Filho *et al.*, 1987; Bittencourt *et al.*, 2003), com exceção dos cátions sódio e potássio que se encontram acima dos valores médios esperados para o SASG.

Através do diagrama de Piper (Figura 11.8), construído a partir dos dados de poços completados na Formação Serra Geral, foram caracterizadas as águas subterrâneas do SASG. Nos poços analisados são identificadas predominantemente águas bicarbonatadas cálcicas, mas também pode ser constatada uma tendência para águas bicarbonatadas cálcio sódicas a cálcio magnesianas e bicarbonatadas sódicas.

Perfazendo 56% das amostras analisadas, as águas bicarbonatadas cálcicas se caracterizam por apresentar teores médios de cálcio mais elevados (20 mg/L), e valores de pH próximos da neutralidade. Nestas águas são encontrados valores médios de sólidos totais dissolvidos em torno de 123 mg/L.

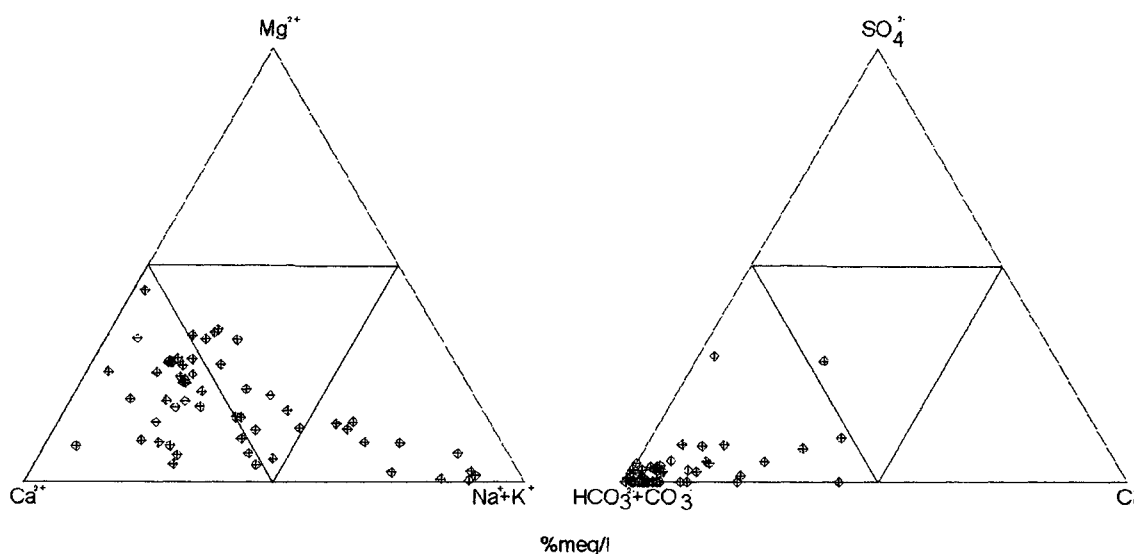
As águas bicarbonatadas sódicas, características de conexão com o SAG, representam 19,5% do universo de amostras e estão associadas a teores elevados de sódio, pH maiores que 8, sólidos totais dissolvidos com valores médios de 180 mg/L, e as profundidades das entradas d'água são superiores a 80 m.

As águas bicarbonatadas cálcio magnesianas (10,5%), apresentam profundidade média da entrada d'água de 25 metros, pH em torno de 6,7 e sólidos

totais dissolvidos médios de 78 mg/L. Para Bittencourt *et al.* (2003), teores maiores de magnésio podem se relacionar perfeitamente com o SASG.

Nas águas de caráter bicarbonatadas cálcio sódicas (10,5%), a profundidade das entradas d'água é de 73 metros, o pH assume valores próximos de 8, e os sólidos totais dissolvidos variam em torno de 170 mg/L. Ainda são observadas duas amostras que caem no campo de águas bicarbonatadas sódio cálcicas (3,5%), as quais apresentam pH francamente alcalino.

**FIGURA 11.8:** DIAGRAMAS DE PIPER DOS CÁTIONS E ÂNIONS DA REGIÃO CENTRAL DO ARCO DE PONTA GROSSA.



A Figura 11.9 mostra a classificação das fácies hidrogeoquímicas características da Formação Serra Geral (Fraga, 1992), a qual foi dividida nos seguintes grupos:

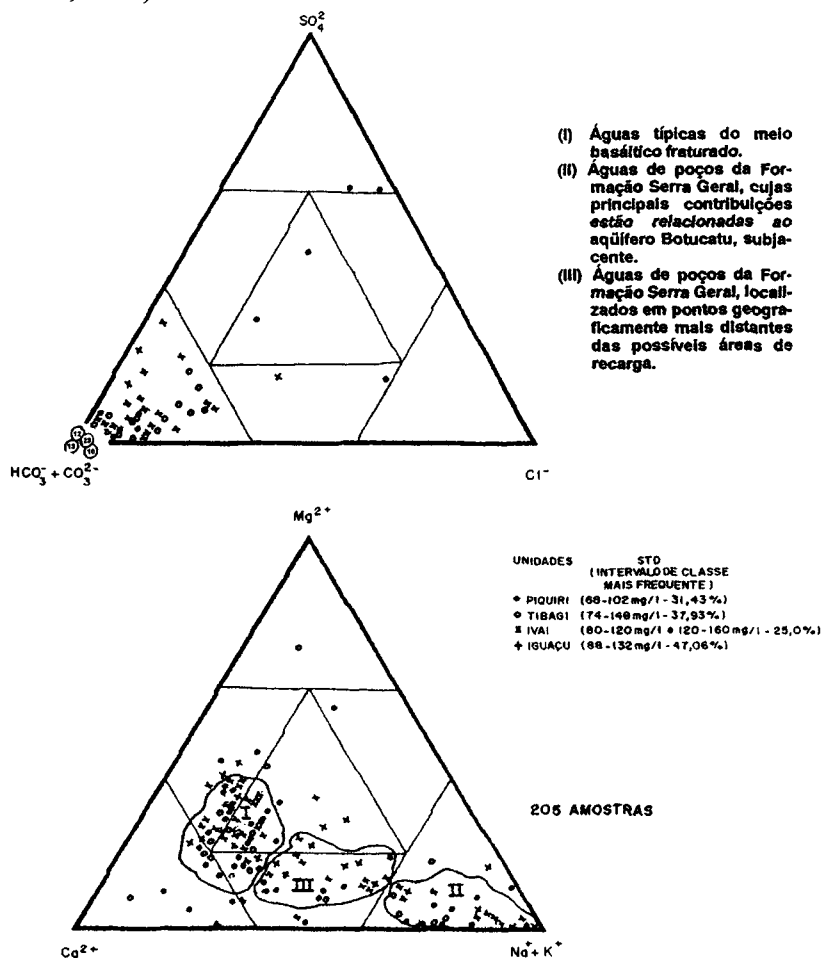
- Grupo (I) de águas  $\text{HCO}_3^- \text{Ca}^{++}$ : esta fácies é a que melhor representa as características do SASG;
- Grupo (II) de águas  $\text{HCO}_3^- \text{Na}^+$ : esta fácies apresenta composição distinta dos derrames de lavas da Bacia do Paraná, e parece estar relacionada às do SAG,

devendo representar áreas onde existe a conexão hidráulica entre os dois sistemas aquíferos;

- Grupo (III) de águas  $\text{HCO}_3^- \text{Ca}^{++} \text{Mg}^{++}$ : representa uma fácies do SASG com maior concentração de sais, característica de áreas com grau de confinamento maior e distante das zonas de recarga.

Segundo Rosa Filho *et al.* (1987) a influência de águas do SAG em fontes naturais e poços perfurados na Formação Serra Geral, é caracterizada por teores maiores de sódio, pH alcalinos e, em alguns casos, pelas temperaturas elevadas.

**FIGURA 11.9: DIAGRAMA DE PIPER (MODIFICADO), DA CLASSIFICAÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL NO ESTADO DO PARANÁ (FRAGA, 1992).**



Bittencourt *et al.* (2003), analisaram o quimismo das águas subterrâneas da bacia do rio Piquiri, onde obtiveram resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho para a região central do Arco de Ponta Grossa. Para estes autores, o aumento da alcalinidade das águas reflete-se no incremento dos teores de sódio decorrente da insolubilização do cálcio e também do magnésio.

Os poços perfurados no extremo noroeste da área, estão próximos do contato com o Grupo Caiuá. Em seis poços inseridos neste contexto, foi constatado que a razão  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  assume valores menores que um, caracterizando a influência de litotipos do Grupo Caiuá (sistema aquífero sobrejacente), de acordo com Bittencourt (1978 e 1993). Nas águas relacionadas aos basaltos, tal relação varia entre 2,02 e 18,02 e em poços sobre o Grupo Caiuá a mesma razão oscila entre 0,27 e 1,58, onde os valores mais elevados são atribuídos a contaminação por águas dos basaltos (Bittencourt *et al.*, 2003).

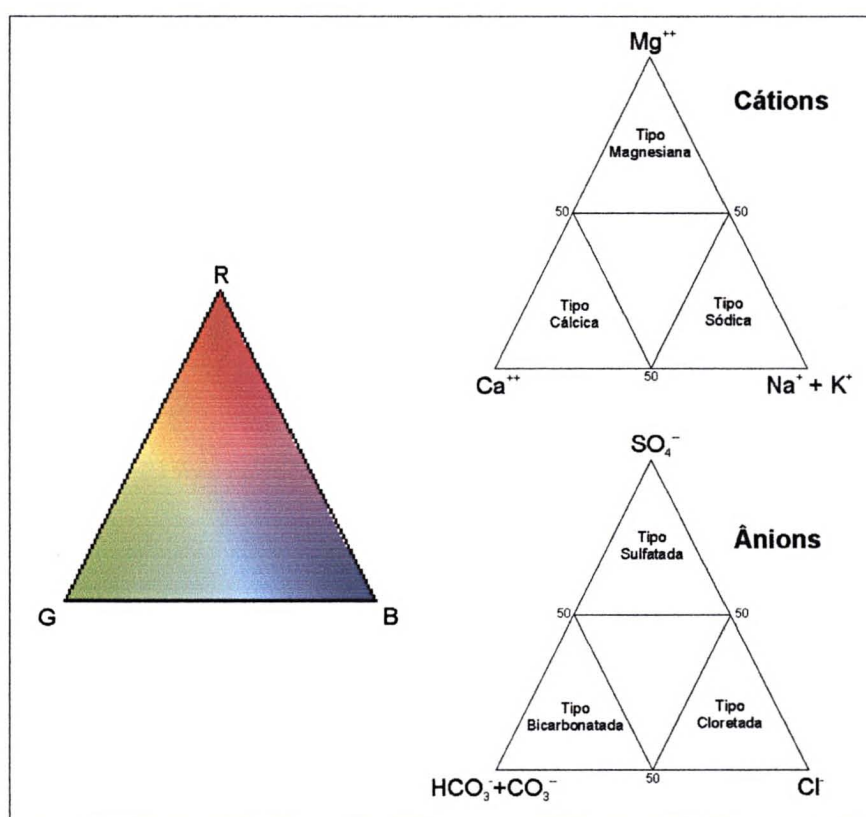
As razões  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$  mostram valores acima de 1, em quase todas as águas subterrâneas de caráter bicarbonatada sódica e bicarbonatada sódio cálcica. Apenas uma amostra de água bicarbonatada sódica apresenta razão  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$  menor que 1, além do pH igual a 5,8. Nesta amostra a razão  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  é menor que um, indicando influências do aquífero sobrejacente.

Os mapas ternários das figuras 11.11 e 11.12, foram elaborados na tentativa de observar a distribuição espacial das fácies antes descritas, apesar da insuficiência de dados. Os elementos químicos analisados foram convertidos para porcentagens de meq/L, para os cátions e ânions, antes da geração dos mapas. A escala de cor utilizada nos mapas ternários associa os vértices do triângulo *R-G-B* aos cátions ( $\text{Mg}^{++}$ ;  $\text{Ca}^{++}$ ;  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ) e aos ânions ( $\text{SO}_4$ ;  $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-$ ;  $\text{Cl}^-$ ), de modo semelhante ao empregado nos diagramas ternários de Piper (Figura 11.10). Dessa maneira as cores estão relacionadas aos campos de classificação química das águas, permitindo uma análise georreferenciada da distribuição do quimismo do SASG e a localização geográfica de pontos e/ou áreas de conexão hidráulica com o SAG, subjacente.

Certamente, uma interpretação consistente destes mapas deve levar em conta a precisão do posicionamento dos dados e a qualidade das análises hidroquímicas.

Nestes mapas podem ser identificadas áreas de maior ou menor contribuição do SAG, as quais normalmente caracterizam-se por apresentar teores de sódio mais elevados, em relação aos demais cátions.

**FIGURA 11.10:** COMPARAÇÃO ENTRE A ESCALA DE CORES *RGB* E OS DIAGRAMAS TRIANGULARES DE PIPER PARA OS CÁTIONS E ÂNIONS.



Como observado na análise do diagrama de Piper, na área da pesquisa a tendência predominante de distribuição dos cátions e dos ânions nas águas subterrâneas é bicarbonatada cálcica, mas também ocorrem águas de composição bicarbonatada cálcio magnesiana e cálcio sódica, além de bicarbonatada sódica.

No mapa dos ânions (Figura 11.11), a composição predominante é bicarbonatada. Também é possível visualizar áreas onde as cores indicam tendências

para tipos de águas cloretadas e sulfatadas, representativas de variações menores dentro do campo das águas bicarbonatadas (Tabela 11.3 –  $\text{HCO}_3 > 50\%$ ).

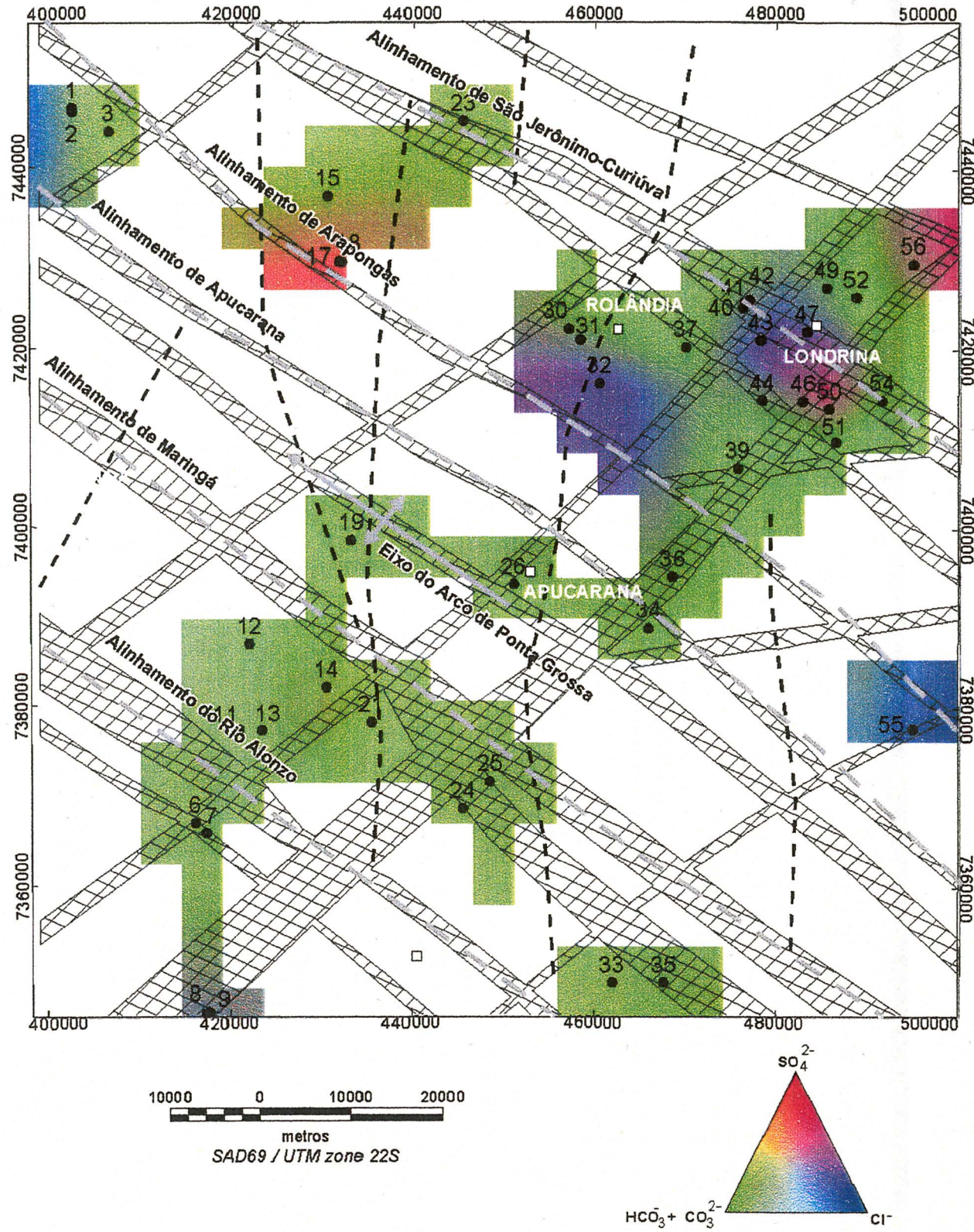
Na região circundante ao Alinhamento de Maringá, observa-se que a tendência das águas é predominantemente bicarbonatada sódica (Figura 11.12), revelando a importância desta estrutura de direção NW-SE na conexão entre os sistemas aquíferos Serra Geral e Guarani. Os poços com estas características foram perfurados ao longo do alinhamento e próximos de intersecções com estruturas de direção NE-SW.

Outro local de contribuição de águas bicarbonatadas sódicas ocorre próximo da cidade de Londrina, onde são encontrados altos valores de sódio no cruzamento de estruturas NE-SW com o Alinhamento São Jerônimo-Curiúva, e mais a sul, no cruzamento de uma megaestrutura NE-SW com outra de direção aproximada E-W.

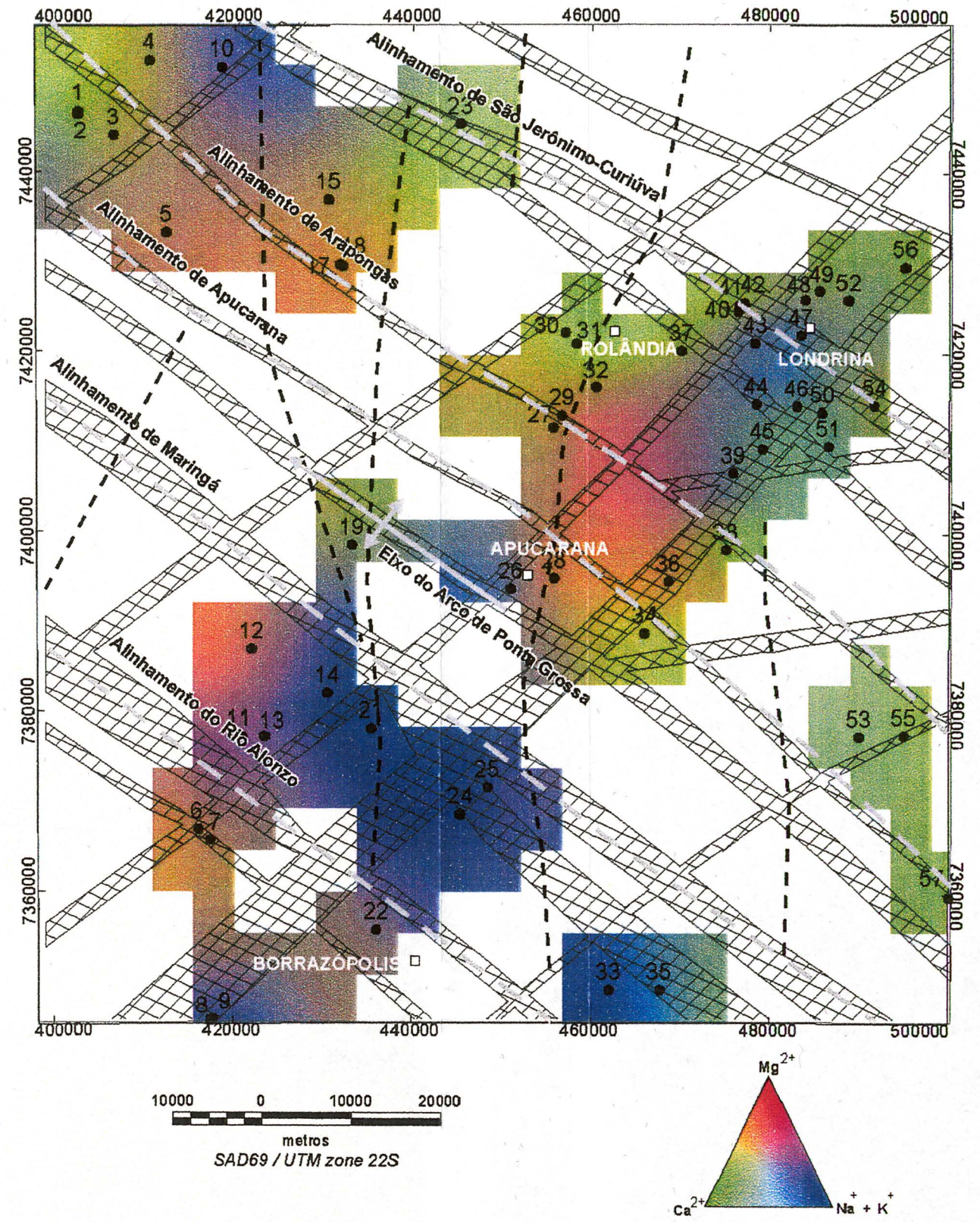
De acordo com o observado anteriormente, as águas que possuem influências do SAG, normalmente apresentam caráter alcalino. Comparando os locais mais alcalinos observados no mapa do pH (Figura 11.7), com as áreas de composição bicarbonatada sódica e sódio cálcicas, nota-se que existe uma correspondência entre elas. Dessa maneira, o mapa do potencial hidrogeniônico poderia ser utilizado para indicar áreas com maior favorabilidade de conexão entre os sistemas aquíferos. Um exemplo ocorre no prolongamento NW do Alinhamento de Maringá onde, apesar da ausência de outros dados hidroquímicos, o mapa do pH revela altos valores, sugerindo a presença de águas bicarbonatadas sódicas provenientes da conexão entre o SAG e o SASG.

Tendências para águas bicarbonatadas cálcio magnesianas foram encontradas próximas aos alinhamentos de Apucarana e Arapongas. Nesta área, a distribuição das águas não exhibe um padrão definido de ocorrência.

**FIGURA 11.11:** MAPA TERNÁRIO DOS ÂNIONS E O ARCABOUÇO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO SIMPLIFICADO



**FIGURA 11.12:** MAPA TERNÁRIO DOS CÁTIONS E O ARCABOUÇO ESTRUTURAL-MAGNÉTICO SIMPLIFICADO.



**TABELA 11.3: DADOS HIDROQUÍMICOS UTILIZADOS NA GERAÇÃO DOS MAPAS TERNÁRIOS. OS VALORES ESTÃO EXPRESSOS EM PORCENTAGEM DE MILIEQUIVALENTES POR LITRO.**

Código	X	Y	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	pH	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>
1	402387,6	7446682	9,62	71,54	18,84	7,5	0	87,71	12,29
2	402389,8	7446344	19,97	40,53	39,5	7,2	0	77,71	22,29
3	406387,2	7444094	22,91	56,52	20,57	7,2	0	97,42	2,58
4	410434,4	7452330	24,23	56,39	19,39	7,4	*	*	*
5	412339,3	7433304	27,12	46,83	26,05	7,4	*	*	*
6	416200	7367100	44,27	53,51	2,22	6,8	2,32	91,39	6,29
7	417400	7365950	14,99	48,97	36,05	7,6	0	98,64	1,36
8	417500	7345900	1,51	9,06	89,42	9,45	8,53	76,07	15,4
9	417778,4	7346051	9,24	27,06	63,7	*	4,68	81,6	13,73
10	418550	7451600	13,41	30,72	55,87	5,8	*	*	*
11	421000	7377392	8,98	20,27	70,75	8,25	0	96,64	3,36
12	422050	7387100	34,46	44,5	21,03	6,55	0	93,79	6,21
13	423546,4	7377393	28,37	51,9	19,73	7,4	0	93,18	6,82
14	430546,1	7382226	0,42	10,85	88,73	7	8,64	84,34	7,02
15	430600	7436950	26,8	54,69	18,51	7,7	3,03	92,88	4,1
17	431900	7429800	35,21	43,4	21,39	6,85	29,08	67,77	3,15
18	432200	7429700	27,5	57,18	15,31	7,5	4,3	81,15	14,55
19	433303,8	7398662	17,38	55,89	26,73	7,7	0	100	0
21	435492,2	7378343	6,58	10,09	83,33	8,9	2,81	95,28	1,91
22	436157,3	7356018	21,37	44,68	33,95	7,5	*	*	*
23	445400	7445450	13,82	66,5	19,68	6,5	3,45	93,2	3,34
24	445550	7368850	2,44	9,48	88,08	8,6	0,86	99,14	0
25	448550	7371850	13,88	27	59,12	7,95	1,89	96,83	1,28
26	451100	7393850	12,44	38,26	49,29	8,2	1,63	96,16	2,21
27	455723,7	7411816	24,79	53,68	21,52	6,65	*	*	*
28	455887,6	7395057	33,85	49,2	16,95	7,7	*	*	*
29	456700	7413200	27,5	56,4	16,1	7,1	*	*	*
30	457140,6	7422399	25,26	60,66	14,08	7,3	2,16	91,97	5,86
31	458422,2	7421142	8,3	85,36	6,34	6,9	3,74	91,2	5,06
32	460500	7416300	32,82	40,78	26,4	6,1	7,73	60,85	31,42
33	462100	7349400	2,25	25,28	72,47	8,3	1,89	98,11	0
34	465994,5	7388964	25,37	70,34	4,29	7	3,43	91,91	4,65
35	467726,5	7349419	6,62	51,62	41,76	6,1	0	100	0
36	468600	7394750	32,93	47,05	20,02	7	4,89	88,49	6,62
37	470068,1	7420340	20,86	53,84	25,29	7,4	0	96,47	3,53

38	475000	7398200	18,82	61,83	19,35	7,3	*	*	*
39	475798,5	7406758	12,18	29,08	58,74	8,1	0	98,89	1,11
40	476300	7424800	27,84	56,8	15,36	6,7	2,74	86,14	11,12
41	476500	7425300	4,16	67,81	28,03	7,3	2,39	84,66	12,95
42	477050	7425650	33,18	60,51	6,32	6,8	*	*	*
43	478300	7421200	0,72	16,23	83,05	9,1	10,16	51,99	37,86
44	478450	7414450	15,05	49,96	34,98	7	0	96,32	3,68
45	479142,6	7409439	9,08	68,34	22,59	8	*	*	*
46	482950	7414250	6,26	66,13	27,61	7,8	3,31	92,19	4,49
47	483400	7422100	5,45	47,24	47,31	8,4	4,68	69,97	25,35
48	483863,5	7426050	22,86	55,95	21,19	7,35	*	*	*
49	485550	7427000	23,67	55,78	20,55	7,45	0	93,68	6,32
50	485850	7413500	11,97	47,51	40,52	8,1	27,9	46,52	25,58
51	486550	7409750	3,96	51,44	44,6	7,9	0,83	95,78	3,39
52	488780	7425950	10,03	51,11	38,86	8,15	0	100	0
53	490000	7377600	8,39	66,43	25,18	7,8	*	*	*
54	491682,7	7414371	28,51	54,79	16,71	7,2	2,45	92,57	4,98
55	495073	7377778	19,07	68,98	11,95	6,4	1,49	76,29	22,22
56	495150	7429650	18,63	58,26	23,11	7,4	8,27	80,52	11,21
57	500141,4	7359788	17,16	60,98	21,86	7,1	*	*	*

## 12 CONCLUSÕES

A utilização de técnicas modernas de processamento de dados aeromagnéticos, como gradiente horizontal, amplitude e fase do sinal analítico e deconvolução de Euler, em regiões fortemente magnetizadas, mostram-se eficazes no delineamento do arcabouço estrutural-magnético e nas estimativas de profundidades das fontes da região central do Arco de Ponta Grossa.

Através do estudo de resolução dos dados aeromagnéticos na identificação de diques se constatou que as técnicas que melhor refletem a geologia são a amplitude do sinal analítico e o gradiente horizontal. A fase do sinal analítico, apesar de também exprimir a estruturação geológica, está vinculada a sinais de alta frequência espacial, muitas vezes confundidos com ruídos, dificultando a interpretação.

A interpretação dos mapas magnéticos permitiu refinar a megaestruturação da região central do Arco de Ponta Grossa, por meio da proposição de novos alinhamentos, segundo a direção NW-SE, como os de Apucarana, Arapongas e Maringá.

As anomalias aéreas apresentam amplitudes pico a pico nos perfis magnéticos residuais entre 80 e 350 nT e susceptibilidades médias calculadas de  $2 \times 10^{-3}$  e.m.u. Estas características permitem a detectabilidade de diques com espessuras superiores a 100 m para um levantamento realizado a uma altura de 450 m (Naomi *et al.*, 1991). As modelagens de anomalias aeromagnéticas ao longo das linhas de vôo, contemplando dados de magnetismo de rocha, correspondentes às intrusões de diques de dolerito, permitiram deduzir uma taxa média de extensão crustal de 12% e uma frequência em torno de 4 diques/km na região central do Arco de Ponta Grossa, ambas compatíveis com a literatura geológica da região.

Em relação ao comportamento das águas subterrâneas, o trabalho procurou demonstrar, apesar de seu caráter regional e à luz dos dados disponíveis, que os parâmetros hidrogeológicos do Sistema Aquífero Serra Geral, como potenciometria,

vazão, capacidade específica, potencial hidrogeniônico (pH) e sólidos totais dissolvidos (STD), devem estar condicionados pela trama estrutural proposta. Desta forma observou-se que a superfície potenciométrica, em geral, acompanha o relevo, sugerindo um comportamento de aquífero livre, mergulhando para o interior da bacia, e que os maiores contrastes ocorrem no ápice do Arco de Ponta Grossa, denotando controle estrutural. Foram também estabelecidas correspondências entre vazão, capacidade específica e STD, tendo-se constatado que a primeira variável é diretamente proporcional à segunda, exibindo, sobretudo a vazão, comportamento inverso em relação aos teores de STD.

Os mapas de vazão e capacidade específica mostram que as áreas de maior produtividade são condicionadas por compartimentos balizados por estruturas segundo as direções NW-SE e NE-SW. Tais áreas coincidem com baixos teores de STD. Já os tratos de maiores concentrações de STD, igualmente vinculados a grandes estruturas, sugerem maior tempo de residência das águas ou contribuição de outros aquíferos.

A distribuição espacial do pH indica, do mesmo modo, um condicionamento estrutural. As áreas alcalinas, normalmente, apresentam afinidade com águas do SAG, enquanto a tendência à neutralidade é característica do SASG. Na ausência de outros dados hidroquímicos, o pH pode ser um indicativo da conexão entre os mencionados sistemas aquíferos.

Os dados hidroquímicos, representados na forma de diagramas de Piper, mostram que as águas características do SASG são predominantemente bicarbonatadas cálcicas (56%) e bicarbonatadas cálcio magnesianas (10,5%), confirmando estudos anteriores. Já as áreas dominadas por águas bicarbonatadas sódicas (19,5%), bicarbonatadas sódio cálcicas (3,5%) e bicarbonatadas cálcio sódicas (10,5%), por outro lado, são resultantes de conexão com o SAG, evidenciando diferentes taxas de mistura com águas do SASG.

A distribuição georreferenciada das variáveis hidroquímicas, indicada pelos mapas ternários coloridos dos cátions e dos ânions, mostra com clareza o

---

condicionamento a grandes estruturas e compartimentos, mesmo considerando o número restrito de amostras. Nestes mapas, são indicadas as áreas de predominância das águas características do SASG, assim como aquelas de conexão com o SAG, ressaltando-se um trato localizado entre os alinhamentos do Rio Alonzo e Maringá (cor azul), sudoeste da área, no mapa dos cátions. As evidências hidroquímicas conduzem a que se caracterize um sistema aquífero híbrido, com taxas variadas de mesclagem das águas do SASG e do SAG.

Finalmente, considera-se que a metodologia e os resultados apresentados poderão ter desdobramentos importantes para a exploração de águas subterrâneas em áreas fortemente estruturadas dos sistemas aquíferos Serra Geral e Guarani.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-Paleozóico no Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, 16(4): 325-349 , 1986.

ARAÚJO, L.M., FRANÇA, A. B., POTTER, P. E., 1995. Aquífero Gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai: Mapas Hidrogeológicos das Formações Botucatu, Buena Vista, Misiones e Tacuarembó. **UFPR/Petrobrás**, 16 pp., 9 mapas.

ARTUR, P. C. **Paleolineamentos na Bacia do Paraná: favorabilidade para a acumulação de hidrocarbonetos**. Curitiba, 1998. 202p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná.

ASTOLFI, A. M., PAULA, O. B., GONZAGA, P. M. Integração aeromagnética da Bacia do Paraná. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Geofísica, 2., 1991, Salvador. **Resumos Expandidos**. Salvador. 408-412 p.

BASTANI, M., PEDERSEN, L. B. Automatic interpretation of magnetic dike parameters using the analytical signal technique. **Geophysics**, n. 66, p. 551-561, 2001.

BARBOSA, V.C.F., SILVA, J.B.C., E MEDEIROS, W.E. Making Euler deconvolution applicable to small ground magnetic surveys: *Journal of Applied Geophysics*, n. 43, p. 55-68, 2000.

BELLIENI, G., BROTZU, P., COMIN-CHIARAMONTI, P., ERNESTO, M., MELFI, A.J., PACCA, I.G. E PICCIRILLO, E.M. Flood basalt to rhyolite suites in the southern Paraná plateau (Brazil): paleomagnetism, petrogenesis and geodynamic implications. **Journal of Petrology**, 25, p. 579-618, 1984.

BITTENCOURT, A.V.L. **Sólidos hidrotransportados na bacia hidrográfica do rio Ivaí: Aplicação de balanço hidrogeoquímicos na compreensão da evolução de processos da dinâmica externa.** São Paulo, 1978. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP.

BITTENCOURT, A.V.L.; LISBOA, A.A. 1983 – Contribuição ao estudo dos controles geoquímicos dos elementos dissolvidos em águas termais da Bacia do Paraná. Simpósio Regional de Geologia (5.: 1985: São Paulo). **Boletim Resumos.** São Paulo, 1985

BITTENCOURT, A.V.L. Sobre o controle do quimismo de águas termais. **Boletim Paranaense de Geociências,** Curitiba, n. 44, p. 117-129, 1996.

BITTENCOURT, A.V.L., ROSA FILHO, E. F., HINDI, E. C., BUCHMANN FILHO, A. C. A influência dos basaltos e de misturas com águas de aquíferos sotopostos nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral na bacia do rio Piquiri, Paraná – BR. **Revista de Águas Subterrâneas,** São Paulo, n. 17, p. 67-76, 2003.

BRIGGS, I.C. Machine contouring using minimum curvature. **Geophysics,** 39(1), p. 39-48, 1974.

BUCHMANN FILHO, A. C. **Caracterização das águas do Sistema Aquífero Serra Geral no estado do Paraná,** Curitiba, 2002. 150 p. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná – UFPR.

CHANG, H. K., KOWSMANN, R. O. Significado dos diques do Arco de Ponta Grossa na abertura diferencial do Atlântico Sul. In: UNESP/SBG, Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 3, Rio Claro, **Boletim de Resumos.** Rio Claro. p. 77-88, 1991.

CONSÓRCIO CESP-IPT, 1981. Mapa geológico integrado do bloco SF-22-U (ACS-74). Escala 1:250000.

DEBEGLIA, N. & CORPEL, J. Automatic 3-D interpretation of potential field data using analytic signal derivatives. **Gephysics**, 62, 87-96, 1997.

FERNANDES, L. A. **A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá.** São Paulo, 1992. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo.

FERREIRA, F. J. F., MORAES, R. A. V., FERRARI, M. P., VIANNA, R. B. Contribuição ao estudo do alinhamento estrutural de Guapiara. In: Simpósio Regional de Geologia, 3., Curitiba, 1981. Atas. Curitiba,, SBG, Núcleo São Paulo, v.1, p. 226-240, 1981.

FERREIRA, F. J. F. Alinhamentos estruturais – magnéticos da região centro-oriental da Bacia do Paraná – reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos. **Consórcio CESP-IPT**, p.144-166, 1982a.

FERREIRA, F. J. F. **Integração de dados aeromagnéticos e geológicos: configuração e evolução tectônica do Arco de Ponta Grossa.** São Paulo, 1982b, 170 p. (inédito). Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP).

FERREIRA, F. J. F., CAMPANHA, G.A.C., MONNA, R., HENDRIK, H.E. An estimate of the degree of crustal extension and thinning associated with the Guapiara Lineament based on aeromagnetic and gravimetric modeling. In: WORKSHOP MAFIC DYKES OF BRAZIL, 1989, **Boletim Especial** (Trabalhos Apresentados), São Paulo, IUGS/UNESCO p.60-70, PIGC-257

FERREIRA, F. J. F. Estimativas preliminares dos graus de extensão crustal associados ao Arco de Ponta Grossa (Brasil) com base em modelagens de perfis magnetométricos terrestres. In: III CONGRESO GEOLÓGICO DE ESPAÑA / VIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE GEOLOGÍA, 1992, Salamanca, Espanha. **Resumos Expandidos**, 1992..

FERREIRA, F. J. F & PORTELA FILHO, C. V. Mapa magnético do estado do Paraná (parcial). **Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada (LPGA)**, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná – UFPR (inédito), 2000.

FRAGA, C. G. **Introdução ao Zoneamento do Sistema Aquífero Serra Geral no Estado do Paraná**. São Paulo, 1986. 125 p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP).

FRAGA, C. G. **Origem de fluoretos em águas subterrâneas dos Sistemas Aquíferos Botucatu e Serra Geral**. São Paulo, 1992. 177 p. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP).

FULFARO, V.J. & SUGUIO, K. Campos de diques de diabásio da Bacia do Paraná. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia.**, São Paulo, 16(2): p. 23-38, 1967.

FULFARO, V.J., SAAD, A.R., SANTOS, M.V., VIANA, R.B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, 12(4): 590-610, 1982.

GEOSOFT. Microlevelling using bi-directional gridding. **Geosoft Technical Note**, 2 p., 2001.

GEOSOFT. Griddepth: 3-D Euler deconvolution of potential data field. **Geosoft Technical Note**, 29p, 1994.

HSU, S. -K.; COPPENS, D.; SHYU, C. -T. Depth to magnetic source using the generalized analytical signal. **Geophysics**, 63, p. 1947-1957, 1998.

HSU, S. -K.; SIBUET, J. -C.; SHYU, C. -T. High-resolution detection of geologic boundaries from potential field anomalies: an enhanced analytic signal. **Geophysics**, 61, p. 373-386, 1996.

IBGE, 1977. Carta topográfica de Londrina SF-22-Y-D. Escala 1:250.000.

KECKLER, D. Contouring and 3D surface mapping. Surfer For Windows. **User's guide Golden software**, Inc golden, 234 p., 1994.

MAGMOD. Interactive Magnetic Anomaly Inversion, **Geosoft Inc.**, Ontario, Canada, 1994.

MARINI, O. J., FUCK, R. A., TREIN, E. O Grupo Açungui no estado do Paraná. In: Bigarella, Salamuni e Pinto (Ed.) – Geologia do pré-devoniano e intrusivas subseqüentes da porção oriental do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**. n. 23-25, p. 52-105, 1967.

MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica sul-ocidental**. Porto Alegre, 1997. 254 p. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) (inédito).

MILANI, E.J., RAMOS, V.A. Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, 28(4):473-484, 1998.

MILLIGAN, P.R. & GUNN, P.J. Enhancement and presentation of airborne geophysical data. **AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics**, n. 17(2), p. 63-75, 1997.

MINTY, B. R. S. Simple micro-levelling for aeromagnetic data. **Exploration Geophysics**, n. 22, p. 591-592, 1991.

NABIGHIAN, M. N. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: its properties and use for automated anomaly interpretation. **Geophysics**, n. 37, p. 507-517, 1972.

NABIGHIAN, M. N. Additional comments on the analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section. **Geophysics**, n. 39, p. 85-92, 1974.

NABIGHIAN, M. N. Toward a three-dimensional automatic interpretation of potential field data via generalized Hilbert transform: Fundamental relations. **Geophysics**, n. 49, p. 780-786, 1984.

NORTHFLEET, A. R., MEDEIROS, R. A., MÜHLMANN, H. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. **Boletim Técnico da Petrobrás**, Rio de Janeiro n. 12 (3): p. 291-346, 1969.

PICCIRILLO, E. M., CHIARAMONTI-COMIN, P., MELFI, A. J., STOLFA, D., BELLINI, G., MARQUES L. S., GIARETTA, A., NARDY, A. J. R., PINESE, J. P. P., RAPOSO, M. I. B., ROISENBERG, A. Petrochemistry of continental flood basalt-rhyolite suites and related intrusives from the Paraná Basin (Brasil). In: PICCIRILLO,

E. M. e MELFI A. J. The Mesozoic flood volcanism of the Parana Basin – petrogenetic and geophysical aspects. São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico. 1988. 600 p. p. 107-156.

PETROBRÁS. Projeto Aerogeofísico Rio Ivaí: Consórcio CESP-IPT, Paulipetro (dados digitais), 1981.

RAPOSO, M. I. B. **Paleomagnetismo do enxame de diques do Arco de Ponta Grossa**. São Paulo, 1992. 104 p. Tese de Doutorado. Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo.

REBOUÇAS, A. C. **Recursos hídricos subterrâneos da Bacia do Paraná – análise de pré-viabilidade**. São Paulo, 1976. 143 p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP). (circulação restrita).

REBOUÇAS, A. C. Potencialidades hidrogeológicas dos basaltos da Bacia do Paraná no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Recife, 1978. **Anais...**, v. 6, Recife: SBG. P. 2963-1976.

REBOUÇAS, A. C., FRAGA, C. G. Hidrogeologia das rochas vulcânicas do Brasil. **Revista de Águas Subterrâneas**, São Paulo, n. 12, p. , 1988.

REBOUÇAS, A. C., AMORE, L. O Sistema Aquífero Guarani-SAG. **Revista de Águas Subterrâneas**, São Paulo, n. 16, p. 103-110, 2002.

RENNE, P.R., ERNESTO, M., PACCA, I.I.G., COE, R.S., GLEN, J.M., PRÉVOT, M., E PERRIN, M. The age of Paraná flood volcanism, rifting of Gondwanaland, and the Jurassic-Cretaceous boundary. **Science**, n. 258, p. 975-979, 1992.

RICOMINI, C. Padrão de fraturamentos do maciço alcalino de Cananéia, estado de São Paulo: relações com a tectônica mesozóico-cenozóica do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 2, n. 25, p. 79-84, 1995.

ROCHA G. A. Mega reservatorio de agua subterranea do Cone Sul: bases para una politica de desenvolvimiento e gestao. **Seminario e Workshop Internacional do Aquifero Gigante do Mercosul**. Inéd: 29. Curitiba. 1996.

ROEST, W.R., VERHOEF, V. & PILKINGTON, M. Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. **Gephysics**, n. 57, p. 116-125, 1992.

ROSA FILHO, E. F., SALAMUNI, R., BITTENCOURT, A.V.L. Contribuição ao estudo das águas subterrâneas nos basaltos do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 37, p. 22-52, 1987.

ROSA FILHO, E. F., FORLIN, M., XAVIER, M. J. Informações básicas sobre a distribuição do Sistema Aquífero Guarany nas regiões sul e sudeste do Brasil. **A Água em Revista**, CPRM. n. 10, p. 23-27, 1998.

ROSA FILHO, E. F., HINDI, E. C., GIUSTI, D. A., MANTOVANI, L. E. Usos potenciais do hidrotermalismo do Sistema Aquífero Guarani. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 48, p. 63-69, 2000.

ROSA FILHO, E. F., HINDI, E. C., ROSTIROLLA, S. P., FERREIRA, F. J. F., BITTENCOURT, A. V. L. Sistema Aquífero Guarani – considerações preliminares sobre a influência do Arco de Ponta Grossa no fluxo das águas subterrâneas. **Revista de Águas Subterrâneas**, São Paulo, n. 17, p. 91-112, 2003.

ROSTIROLLA, S.P., ASSINE, M.L., FERNANDEZ, L.A., ARTUR, P.C. Reativação de paleolineamentos durante a evolução da Bacia do Paraná – O exemplo do Alto Estrutural do Quatiguá. **Revista Brasileira de Geociências**, 30(4): 639-648, 2000.

STEVANATO, R., FERREIRA, F.J.F., SOARES, P.C., SILVA, F. V. da. Desempenho de métodos de interpolação espacial na composição de mapas aerogeofísicos. In: SBGF, CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOFÍSICA, 4., 1995. Rio de Janeiro, **Resumos Expandidos**, p. 252-255.

SOARES, P.C., MATTOS, J.T., BALIEIRO, M.G., BARCELLOS, P.E., MENEZES, P.R., GUERRA, S.M.S., CSORDAS, S.M. Análise morfoestrutural regional com imagens de RADAR e LANDSAT na Bacia do Paraná. In: III Simpósio Regional de Geologia, SBG/NSP, Curitiba, p.201-217, 1981.

SOARES, P.C.; BARCELLOS, P.E.; CSORDAS, S.M.; MATTOS, J.T.; BALIEIRO, M.G.; MENESES, P.R. Lineamentos em imagens Landsat e Radar e suas implicações no conhecimento tectônico da Bacia do Paraná. II Simpósio de Sensoriamento Remoto, CNPq-INPE, Brasília, 1982.

SOARES, P. C. Tectônica sinsedimentar cíclica na Bacia do Paraná: controles. Curitiba, 1991. 148 p. **Tese de Titular**. Universidade Federal do Paraná.

SOARES, P. C., ASSINE, M. L. A seqüência Triássico – Jurássica da Bacia do Paraná. Encontro sobre sedimentação continental das bacias mesozóicas brasileiras, 1, In. **Acta Geológica Leopoldinensia**, n. 36, p. 137 – 138, 1992.

STRUGALE, M. **Arcabouço e evolução estrutural do Arco de Ponta Grossa no Grupo São Bento (Mesozóico): Implicações na Hidrodinâmica do Sistema Aquífero**

**Guarani e na migração de hidrocarbonetos na Bacia do Paraná.** Curitiba, 2002. 124 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná

TURNER, S., REGELOUS, M., KELLEY, S., HAWKESWORTH, S., E MANTOVANI, M.M.S. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  geochronology. **Earth Planetary Science Letter**, n. 124, p. 333-348, 1994.

THOMPSON, D.T., , EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data: **Geophysics**, 47:31-37, 1982.

THURSTON, J.B. & SMITH, R. S. Automatic conversion of magnetic data to depth, dip, and susceptibility contrast using SPI (TM) method. **Geophysics**, n. 62, p. 807-813, 1997.

USSAMI, N., KOLISNYK, A., RAPOSO, M.I.B., FERREIRA, F.J.F., MOLINA, E.C., ERNESTO, M. Detectabilidade magnética de diques do Arco de Ponta Grossa: um estudo integrado de magnetometria terrestre/aérea e magnetismo de rocha. **Revista Brasileira de Geociências**, 21(4): 317-327, 1991.

WHITE, I.C. Relatório final da comissão de estudos das minas de carvão de pedra do Brasil. Rio de Janeiro, 1988.: **DNPM** , 1988. Parte I, p.1-300 ; Parte II, p. 301-617. (ed. Fac-similar)

ZALÁN, P. V.; WOLF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; APPI, V. T.; NETO, E. V. S.; CERQUEIRA, J. R.; MARQUES, A. The Paraná Basin, Brazil. In: Interior cratonic Basins, Leighton et al. (coords). **AAPG Memoir**, n. 51; p. 681-708, 1990.

**ANEXO I: DADOS PALEOMAGNÉTICOS (Raposo, 1995)**



**ARCO DE PONTA GROSSA - DADOS PALEOMAGNÉTICOS**

FARTURA		N	n	DEC	INC	MRN	INTENS	SUSC	SUSC	MI	Q (SI)	Q (cgs)
Sítio	total			usados	graus	graus	(A/m)	(A/m)	10 <sup>-3</sup> SI	cgs	(A/m)	(MRN/MI)
1	9	9	352,3	-35,8	6,36E-01	3,05E-01	19,35	0,0015	454,1445	0,0014	1,40	
2	8	8	166,2	30,3	1,79E+00	9,03E-01	27,52	0,0022	645,8944	0,0028	2,77	
3	6	6	167,7	40,1	6,32E-01	6,59E-01	23,37	0,0019	548,4939	0,0012	1,15	
4	9	9	348,4	-31,8	4,43E+00	6,91E-01	82,94	0,0066	1946,6018	0,0023	2,28	
5*	14	14	188,2	-1,5	1,05E+00	4,27E-01	33,05	0,0026	775,6835	0,0014	1,35	
6	9	9	23,3	-63,3	1,39E+01	3,52E+00	53,29	0,0042	1250,7163	0,0111	11,11	
7	11	8	175,5	51,3	7,09E-02	7,24E-02	3,18	0,0003	74,6346	0,0009	0,95	
8	12	12	348,9	-29,8	2,12E+00	2,74E-01	44,11	0,0035	1035,2617	0,0020	2,05	
9	10	10	156,6	62,3	1,63E+00	5,56E-01	34,31	0,0027	805,2557	0,0020	2,02	
10	18	18	15,9	-46,5	8,95E+00	3,13E+00	38,45	0,0031	902,4215	0,0099	9,92	
11	9	6	346,4	-34,7	4,41E+00	2,81E+00	17,87	0,0014	419,4089	0,0105	10,51	
12	22	19	165,9	32,6	9,19E-01	8,21E-01	14,95	0,0012	350,8765	0,0026	2,62	
13	10	10	164,3	31,4	3,39E+00	1,55E+00	23,12	0,0018	542,6264	0,0062	6,25	
14	6	6	344	-37,3	5,35E+00	3,59E+00	42,6	0,0034	999,822	0,0054	5,35	
15	4	4	342,6	-34,1	4,58E+00	1,47E+00	44,96	0,0036	1055,2112	0,0043	4,34	
16*	10	10	167,3	-1,5	2,23E+00	1,53E+00	18,1	0,0014	424,807	0,0052	5,25	
17*	6	6	170,5	-1,2	6,39E-01	7,60E-01	21,11	0,0017	495,4517	0,0013	1,29	
18*	9	9	167,4	0,5	4,55E-01	5,34E-01	18,72	0,0015	439,3584	0,0010	1,04	
19*	10	6	173,4	-4,4	1,76E-01	5,59E-02	22,49	0,0018	527,8403	0,0003	0,33	
21	18	18	348,8	-29,3	5,32E+00	2,75E+00	47,75	0,0038	1120,6925	0,0047	4,75	
22	6	6	349	-40,7	3,22E+00	1,14E-01	17,59	0,0014	412,8373	0,0078	7,80	
23	6	6	345,2	-42,7	1,13E+01	3,29E+00	39,96	0,0032	937,8612	0,0120	12,05	
84	9	9	164,9	31,5	4,18E+00	2,52E+00	30,91	0,0025	725,4577	0,0058	5,76	
119	12	12	4,2	-46,8	3,74E+01	9,19E+00	40,59	0,0032	952,6473	0,0393	39,26	
120	9	9	158,8	57,5	1,65E+00	1,02E+00	32,8	0,0026	769,816	0,0021	2,14	
121	15	15	9,4	-43,7	1,33E+01	6,50E+01	38,96	0,0031	914,3912	0,0145	14,55	
<b>Média</b>			<b>355,9</b>	<b>-43,8</b>	<b>5,14E+00</b>	<b>4,14E+00</b>	<b>32,00</b>	<b>0,0025</b>	<b>751,04</b>	<b>0,0068</b>	<b>6,84</b>	

SAPOPEMA		N	n	DEC	INC	MRN	INTENS	SUSC	SUSC	MI	Q (SI)	Q (cgs)
sítio	total			usados	graus	graus	(A/m)	(A/m)	10 <sup>-3</sup> SI	cgs	(A/m)	(MRN/MI)
24	9	9	349,4	-37,8	7,50E+00	2,63E+00	45,62	0,0036	1070,7014	0,0070	7,00	
25	9	9	344,6	-36,3	2,68E+00	1,1931	37,26	0,0030	874,4922	0,0031	3,06	
26*	10	10	SR	SR	5,62E-01	3,76E-02	32,01	0,0025	751,2747	0,0007	0,75	
27	9	6	354,5	-44,7	1,01E+00	4,12E-01	58,63	0,0047	1376,0461	0,0007	0,73	
28	21	21	353,8	-42,7	2,94E+00	1,55E+00	39,46	0,0031	926,1262	0,0032	3,17	
29	6	6	5,9	-31,4	5,82E+00	3,28E-01	53,91	0,0043	1265,2677	0,0046	4,60	
30	14	14	355,4	-50,6	4,88E-01	1,45E-01	41,09	0,0033	964,3823	0,0005	0,51	
31	12	12	10,2	-26,5	4,58E+01	15,9431	47,88	0,0038	1123,7436	0,0408	40,76	
32	10	10	350,5	-29,1	2,80E+00	7,77E-01	40,29	0,0032	945,6063	0,0030	2,96	
33	9	9	356,9	-34,3	1,18E+00	7,72E-01	41,72	0,0033	979,1684	0,0012	1,21	
34	10	10	352,2	-33,4	3,08E+00	1,28E+00	37,40	0,0030	877,778	0,0035	3,51	
35	9	9	339,2	-28,0	2,85E+00	7,81E-01	44,48	0,0035	1043,9456	0,0027	2,73	
46	6	6	176,4	58,7	8,78E-01	6,47E-01	16,59	0,0013	389,3673	0,0023	2,25	
47	9	9	355,4	-52,8	3,04E+00	1,05E+00	77,94	0,0062	1829,2518	0,0017	1,66	
52	11	11	347,8	-42,2	5,17E+00	2,08E+00	39,08	0,0031	917,2076	0,0056	5,64	
<b>Média</b>			<b>355,1</b>	<b>-44,0</b>	<b>5,72E+00</b>	<b>1,98E+00</b>	<b>43,56</b>	<b>0,0035</b>	<b>1022,35</b>	<b>0,0056</b>	<b>5,59</b>	

TELEMCO BORBA		N	n	DEC	INC	MRN	INTENS	SUSC	SUSC	MI	Q (SI)	Q (cgs)
Sítio	total			usados	graus	graus	(A/m)	(A/m)	10 <sup>-3</sup> SI	cgs	(A/m)	(MRN/MI)
36	16	11	354,5	-35,0	1,74E+00	5,21E-01	48,13	0,0038	1129,6111	0,0015	1,54	
37	9	9	181,2	51,0	1,63E+00	7,36E-01	43,48	0,0035	1020,4756	0,0016	1,60	
38	6	6	334,8	-40,5	6,64E-01	2,18E-01	38,33	0,0031	899,6051	0,0007	0,74	
39	9	6	154,4	56,1	1,09E+00	9,04E+00	40,84	0,0033	958,5148	0,0011	1,14	
40	3	3	3,5	-52,9	3,17E+00	1,37E+00	10,14	0,0008	237,9858	0,0133	13,32	
41	6	6	3,4	-39,1	6,68E-01	6,80E-01	32,42	0,0026	760,8974	0,0009	0,88	
42	10	10	2,9	-33,8	1,32E+00	1,08E+00	22,24	0,0018	521,9728	0,0025	2,53	
43	9	9	353,0	-43,1	1,04E+00	4,56E-01	26,01	0,0021	610,4547	0,0017	1,70	
44*	10	10	341,8	-21,0	5,89E-01	4,79E-01	27,52	0,0022	645,8944	0,0009	0,91	
45	7	7	160,1	57,3	2,46E+00	2,34E+00	63,08	0,0050	1480,4876	0,0017	1,66	
49	9	9	156,1	57,5	5,94E+00	7,85E-01	21,74	0,0017	510,2378	0,0116	11,64	
50	6	6	10,1	-40,6	1,10E+01	5,12E+00	25,38	0,0020	595,6686	0,0185	18,47	
51	8	8	0,5	-41,2	2,19E-01	6,73E-02	5,48	0,0004	128,6156	0,0017	1,70	
53	9	9	357,7	-29,0	3,62E+00	2,87E+00	20,73	0,0017	486,5331	0,0074	7,44	
54	9	9	331,1	-57,5	4,51E+00	1,22E+00	34,31	0,0027	805,2557	0,0056	5,60	
55	11	11	4,3	-48,2	2,00E+00	5,08E-01	40,09	0,0032	940,9123	0,0021	2,13	
56	8	6	347,3	-46,6	5,90E+00	1,64E+00	41,25	0,0033	988,1375	0,0061	6,09	
57	6	6	341,6	-58,0	1,21E+01	6,50E-01	21,61	0,0017	507,1867	0,0239	23,86	
58	7	7	147,9	46,7	1,14E+01	1,05E+01	64,72	0,0052	1518,9784	0,0075	7,51	
59*	9	9	192,7	21,7	2,89E+00	1,58E+00	82,44	0,0066	1934,8668	0,0015	1,49	
60	9	9	359,5	-38,2	2,03E+01	8,63E+00	35,06	0,0028	822,8582	0,0247	24,67	
61	9	9	359,7	-56,7	2,55E+00	7,72E-01	13,35	0,0011	313,3245	0,0081	8,14	
62*	56	43	186,8	39,5	3,74E+00	1,91E+00	26,64	0,0021	625,2408	0,0060	5,98	
63	3	3	2,0	-54,2	3,18E+00	1,14E+00	18,47	0,0015	433,4909	0,0073	7,34	
64	8	8	358,0	-50,7	9,80E+00	4,15E-01	68,01	0,0054	1596,1947	0,0061	6,14	
65	9	9	161,9	45,4	6,52E+00	1,84E+00	18,72	0,0015	439,3584	0,0148	14,84	

66	9	9	357,5	-35,0	6,23E+00	1,54E+00	27,83	0,0022	653,1701	0,0095	9,54
67	9	9	335,3	-37,4	4,39E+00	2,22E+00	23,50	0,0019	551,545	0,0080	7,96
68	9	9	358,5	-40,6	3,25E+00	1,19E+00	33,30	0,0027	781,551	0,0042	4,16
69	9	9	4,2	-33,4	2,33E+00	6,61E-01	8,61	0,0007	202,0767	0,0115	11,53
70	9	9	357,6	-43,4	4,60E+00	2,23E+00	17,97	0,0014	421,7559	0,0109	10,91
71	12	12	353,3	-36,6	1,11E+01	2,01E+00	35,81	0,0029	840,4607	0,0132	13,21
<b>Média</b>			<b>350,6</b>	<b>-47,4</b>	<b>4,75E+00</b>	<b>2,08E+00</b>	<b>32,41</b>	<b>0,0026</b>	<b>760,66</b>	<b>0,0062</b>	<b>6,24</b>

#### CURITIBA

Sítio	N	n	DEC	INC	MRN	INTENS	SUSC	SUSC	MI	Q (SI)	Q (cgs)
	total	usados	graus	graus	(A/m)	(A/m)	10 <sup>-3</sup> SI	cgs	(A/m)	(MRN/MI)	(MRN/MI)
72	6	3	155,8	28,1	1,10E+01	7,13E+00	35,11	0,0028	824,0317	0,0133	13,35
73*	4	4	SR	SR	5,39E+00	7,33E-01	29,78	0,0024	698,9366	0,0077	7,71
74	12	12	345,1	-33,3	1,09E+01	4,98E+00	48,76	0,0039	1144,3972	0,0095	9,52
75	9	9	0,5	-51,4	3,57E+00	2,24E+00	30,28	0,0024	710,6716	0,0050	5,02
76	6	6	0,3	-35,2	4,56E+00	2,65E+00	26,44	0,0021	620,5468	0,0073	7,35
77	9	9	160,6	54,2	9,20E-01	2,48E-01	34,93	0,0028	819,8071	0,0011	1,12
78	6	6	341,8	-42,0	7,33E+00	1,41E+00	44,11	0,0035	1035,2617	0,0071	7,08
79	9	9	154,0	37,6	3,08E+00	1,89E+00	25,51	0,0020	598,7197	0,0051	5,14
79*	6	6	351,0	-38,2	4,70E+00	1,21E+00	30,54	0,0024	716,7738	0,0066	6,56
80	9	9	357,6	-42,8	7,39E+00	6,15E+00	30,54	0,0024	716,7738	0,0103	10,31
81	6	6	165,0	46,3	1,43E+00	1,31E+00	22,12	0,0018	519,1564	0,0028	2,75
82	12	12	349,8	-32,1	4,04E+00	1,96E+00	28,28	0,0023	663,7316	0,0061	6,09
83	12	12	181,2	45,2	5,29E-01	2,94E-01	52,02	0,0041	1220,9094	0,0004	0,43
85	16	16	354,4	-58,0	2,74E+00	1,19E+00	37,45	0,0030	878,9515	0,0031	3,12
86	6	6	171,2	45,0	9,01E-01	8,64E-01	38,33	0,0031	899,6051	0,0010	1,00
87	5	5	181,1	46,2	1,23E+00	7,07E-01	17,34	0,0014	406,9698	0,0030	3,02
88*	6	6	SR	SR	3,20E-02	1,30E-02	0,35	0,0000	8,2145	0,0039	3,90
89*	3	3	SR	SR	1,05E-03	8,80E-04	0,97	0,0001	22,7659	0,0000	0,05
90	5	5	174,4	44,2	1,14E+00	1,02E+00	29,95	0,0024	702,9265	0,0016	1,62
91	12	12	168,5	44,5	9,05E-01	7,48E-01	14,2	0,0011	333,274	0,0027	2,72
92	3	3	180,4	37,3	1,34E-02	1,25E-02	0,84	0,0001	19,7148	0,0007	0,68
93	6	6	346,4	-34,0	3,31E+00	1,07E+00	25,64	0,0020	601,7708	0,0055	5,50
94	6	6	164,7	48,9	1,21E+00	1,13E+00	27,79	0,0022	652,2313	0,0019	1,86
95	9	9	161,6	33,4	3,17E+00	2,41E+00	38,96	0,0031	914,3912	0,0035	3,47
96	12	12	353,0	-54,6	4,58E+00	2,74E+00	31,29	0,0025	734,3763	0,0062	6,24
97	4	4	351,4	-53,1	4,87E+00	2,83E+00	49,56	0,0039	1163,1732	0,0042	4,19
98	5	5	192,3	41,6	1,11E+00	1,14E+00	46,44	0,0037	1089,9468	0,0010	1,02
99	9	9	344,3	-33,7	5,60E+00	4,15E+00	32,55	0,0026	763,9485	0,0073	7,33
100	7	7	11,1	-54,7	1,25E+01	1,10E+00	42,47	0,0034	996,7709	0,0125	12,54
101	11	11	343,0	-49,4	3,05E+00	2,12E+00	30,66	0,0024	719,5902	0,0042	4,24
102	6	6	349,6	-51,1	6,07E+00	2,85E+00	29,91	0,0024	701,9877	0,0086	8,65
103	4	4	154,6	28,5	2,23E+00	2,42E+00	28,53	0,0023	669,5991	0,0033	3,33
104	27	27	358,4	-46,0	2,09E+00	6,48E-01	34,68	0,0028	813,9396	0,0026	2,57
122	9	9	355,8	-54,1	1,14E+01	1,31E+00	33,3	0,0027	781,551	0,0146	14,59
123	6	6	348,4	-53,1	3,21E+00	2,68E+00	15,21	0,0012	356,9787	0,0090	8,99
<b>Média</b>			<b>348,0</b>	<b>-44,0</b>	<b>3,89E+00</b>	<b>1,87E+00</b>	<b>29,85</b>	<b>0,0024</b>	<b>700,58</b>	<b>0,0056</b>	<b>5,55</b>

#### GUAPIARA

Sítio	N	n	DEC	INC	MRN	INTENS	SUSC	SUSC	MI	Q (SI)	Q (cgs)
	total	usados	graus	graus	(A/m)	(A/m)	10 <sup>-3</sup> SI	cgs	(A/m)	(MRN/MI)	(MRN/MI)
105	12	12	165,8	34,8	6,00E+00	3,91E+00	26,89	0,0021	631,1083	0,0095	9,51
106	8	4	156,6	39,8	4,99E+01	2,04E+00	86,75	0,0069	2036,0225	0,0245	24,51
107	9	6	345,1	-49,8	2,58E+00	1,48E+00	24,76	0,0020	581,1172	0,0044	4,44
108	3	3	352,4	-32,8	2,09E+01	1,40E+01	51,99	0,0041	1220,2053	0,0171	17,13
109	9	9	354,9	-34,8	5,50E+00	1,58E+00	30,03	0,0024	704,8041	0,0078	7,80
110	3	3	1,0	-39,0	2,33E+01	4,46E-01	32,17	0,0026	755,0299	0,0309	30,86
111	10	6	181,7	24,9	7,70E+00	9,68E-01	26,73	0,0021	627,3531	0,0123	12,27
112	7	7	358,3	-28,0	3,57E+01	2,76E+00	32,92	0,0026	772,6324	0,0462	46,21
113	9	9	171,8	52,8	2,39E+01	8,32E+00	32,92	0,0026	772,6324	0,0309	30,93
114*	12	12	196,2	32,3	6,59E-01	4,13E-01	38,45	0,0031	902,4215	0,0007	0,73
115*	6	6	SR	SR	9,65E+00	1,81E-01	29,88	0,0024	701,2836	0,0138	13,76
116*	4	4	SR	SR	1,22E-02	3,71E-03	0,7	0,0001	16,429	0,0007	0,74
117	4	4	340,0	-49,9	2,80E+00	1,24E+00	24,71	0,0020	579,9437	0,0048	4,83
118*	12	8	174,1	-4,1	8,80E+00	2,03E-01	50,39	0,0040	1182,6533	0,0074	7,44
131	9	9	164,0	55,7	1,81E+01	2,96E+00	63,46	0,0051	1489,4062	0,0122	12,15
132	9	9	165,0	51,0	1,58E+01	5,25E+00	46,12	0,0037	1082,4364	0,0146	14,60
133	6	6	352,6	-49,2	2,69E+00	3,17E+01	26,52	0,0021	622,4244	0,0043	4,32
134	3	3	345,3	-43,0	2,19E+01	1,11E+00	79,04	0,0063	1855,0688	0,0118	11,81
135	8	5	144,9	51,3	3,29E+01	4,33E+00	35,19	0,0028	825,9093	0,0398	39,83
<b>Média</b>			<b>347,8</b>	<b>-41,8</b>	<b>1,52E+01</b>	<b>4,36E+00</b>	<b>38,93</b>	<b>0,0031</b>	<b>913,687</b>	<b>0,0166</b>	<b>16,64</b>

#### OBSERVAÇÕES

N=número de espécimnes medidos

n=número de espécimnes usados na média

DEC =declinação

INC=inclinação quando positiva=polaridade reversa quando negativa =polaridade normal do campo geoamag.

MRN= intensidade da da magnetização sem qualquer tratamento de Lab. A unidade A/m é SI

INTENS= intensidade da magnetização com o tratamento de Lab. Escolhido para o cálculo da direção, também em A/m SI

SUSC (k)=valor da suscetibilidade magnética x 10<sup>-3</sup>. A unidade A/m é SI

MI= magnetização induzida = k x T, onde T= intensidade de magnetização na época do levantamento (23470 nT)

Q = Fator de Koenisberger

**ANEXO II: DADOS HIDROGEOLÓGICOS (Suderhsa, 2001)**

X	Y	Codigo	Cota	Potenciom	Prof	EA01de	EA01ate	EA02de	EA02ate	EA03de	EA03ate	EA04de	EA04ate	EA05de	EA05ate	NE	VazT1	NDT1	CrvoT2	VazT2	NDT2	VazT3	NDT3	VazExplo	NDExplo	Cap Especific	Temp	Cor	Turb	pH	STD	Dureza		
455888,0	7395031,2	08380501	790,0	784,0	55	14	14	9	9	*	*	*	*	*	*	6	10	10	*	*	*	*	*	7,5	10	1,88	20	5	0,4	7,7	105	41		
457511,2	7401647,9	18280101	790,0	743,0	115	56	56	85	85	*	*	*	*	*	*	47	22,62	48	74	41,88	60	*	*	19,52	52	3,90	*	7,5	0,83	8,1	117	50		
453500,0	7397000,0	88380001	790,0	*	138	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	24,7	21,16	*	*	*	*	*	24,7	21,16	*	*	*	*	*	*	*		
482100,0	7348400,0	18620001	795,0	790,0	100	94	98	*	*	*	*	*	*	*	*	5	8,37	43	84	8,87	73	*	*	7,47	88	0,09	22	3	0,8	8,3	103	17		
483491,2	7358455,0	88400201	810,0	803,4	120	98	98	*	*	*	*	*	*	*	*	6,65	6,6	72,4	*	*	*	*	*	8,63	93	0,10	0	0,28	8,4	232	70,8			
475900,0	7358400,0	88570001	858,0	843,0	118	85	85	95	95	110	110	*	*	*	*	15	5	50	*	*	*	*	*	5	50	0,14	3	1,88	6	69	21			
487725,2	7348392,5	08400701	865,0	862,1	40	13	13	25	25	*	*	*	*	*	*	2,9	14,84	4,71	*	*	*	*	*	8	5	3,81	3	0,4	6,1	28	6,6			
487725,2	7349392,5	08400708	865,0	862,1	40	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2,9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
399718,3	7330181,5	08070501	*	*	38	32	32	*	*	*	*	*	*	*	*	12	*	*	*	*	*	*	*	*	9	26	0,64	20,5	15	8,5	8,4	337	152	
459403,2	7314309,9	02200301	*	*	46	37	37	*	*	*	*	*	*	*	*	22	3,2	35	*	*	*	*	*	*	2	35	0,15	*	*	*	*	*	*	
411850,6	7331132,5	88520201	*	*	52	13	13	23	23	*	*	*	*	*	*	4,7	27,31	11,1	*	*	*	*	*	5	15	0,49	1	0,28	7,8	252	15			
414802,2	7405181,8	7031101	*	*	55	35	35	*	*	*	*	*	*	*	*	19,94	6	22,9	*	*	*	*	*	6	24	1,48	22	3,5	0,35	7	74	31,92		
404055,8	7335481,9	08070401	*	*	60	57	58	*	*	*	*	*	*	*	*	20	*	*	*	*	*	*	*	6	50	0,20	*	*	*	*	*	*	*	
383881,3	7340652,0	18070301	*	*	72	89	89	*	*	*	*	*	*	*	*	32	21,28	33	84	80	37	*	*	108	58	3,93	21	3	1	7,5	287	155		
428300,0	7340800,0	18520101	*	*	80	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2	15,23	5	66	72	18	*	*	72	18	4,50	2,5	0,69	7,6	155	76			
404338,2	7335483,8	08070404	*	*	82	27	27	48	48	79	79	*	*	*	*	6	6,5	35	*	*	*	*	*	5,5	58	0,11	21	10	1,1	8,8	104	23		
396094,6	7342962,3	08070005	*	*	82	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
397150,0	7340150,0	88070008	*	*	100	19	19	40	41	68	72	85	89	*	*	3,89	37,6	6,26	38	80	12,39	120	15,78	55	11	7,74	2,5	0,38	7,8	308	350,2			
397197,7	7342785,7	88070002	*	*	100	38	38	39	39	*	*	*	*	*	*	40,6	15,84	*	*	39,6	*	21,4	*	17	41	42,50	2,5	0,7	6,9	195	94			
373800,0	7325000,0	88070103	*	*	100	74	76	*	*	*	*	*	*	*	*	13,48	68,43	35,42	*	*	*	*	*	55	35	2,55	*	2,5	7,3	*	73			
397822,2	7342698,4	18070002	*	*	100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9	15,84	12	72	39,6	21	*	*	42	35	1,62	2,5	0,7	6,9	185	94			
404055,8	7335481,9	08070402	*	*	102	28	28	*	*	*	*	*	*	*	*	30	1,2	78	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
414942,3	7328281,3	08520403	*	*	102	34	35	39	39	50	50	*	*	*	*	28,79	24	32,45	*	*	*	*	*	10	33	1,61	2,5	0,4	8	240	186			
404055,8	7335481,9	08070403	*	*	102	53	53	*	*	*	*	*	*	*	*	39	1,2	71	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
378848,0	7324554,3	18070102	*	*	120	17	17	41	41	71	71	*	*	*	*	41	20,00	45	*	*	*	*	*	28	80	1,37	*	*	*	*	*	*	*	
378848,0	7324554,3	18070102	*	*	120	71	71	41	41	17	17	*	*	*	*	41	20	45	114	10,14	47	*	*	26	80	1,37	19	3	0,85	7,3	118	58		
398863,8	7342381,9	88070001	*	*	130	52	52	*	*	*	*	*	*	*	*	37,87	30,4	*	*	39,6	*	49,5	*	20	42	4,84	2,5	0,6	7,4	141	95,49			
398834,0	7342290,9	18070001	*	*	130	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	7	18,73	11	42	41,43	38	*	*	70	42	2,00	2,5	0,6	7,4	141	95,48			
477900,0	7313100,0	82210101	*	*	150	17	17	*	*	*	*	*	*	*	*	2,2	4,90	61,53	*	*	*	*	*	9	72	0,04	2,5	1,5	7,4	283	104			
412589,7	7329048,8	88520301	*	*	150	23	26	*	*	*	*	*	*	*	*	22,66	5,04	26,63	*	*	*	*	*	2	26	0,60	5	1,1	8,1	170	94			
414239,0	7323212,7	16480101	*	*	150	43	43	*	*	*	*	*	*	*	*	5	2,4	77	*	2,67	94	*	*	1,82	39	0,05	*	*	*	*	*	*		
425800,0	7338900,0	18520002	*	*	150	48	48	61	61	*	*	*	*	*	*	2	15,32	14	78	18,85	59	*	*	13	46	0,30	22	15	5,4	9,2	156	62		
448200,0	7329800,0	12200002	*	*	150	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	41	6,99	80	115	18	82	*	*	8	121	0,10	21	10	2	7,9	178	74		
423927,7	7338882,8	18520001	*	*	152	31	31	*	*	*	*	*	*	*	*	10	18,46	31	80	7,13	88	*	*	8	26	0,42	22	45	10	9,5	187	11		
450041,2	7330888,4	12200001	*	*	171	137	137	*	*	*	*	*	*	*	*	117	7,88	122	129	11,08	125	*	*	8,4	128	0,78	28	2,5	1,05	7,1	180	63,6		
442800,0	7338800,0	16400501	*	*	200	158	196	185	168	170	173	177	180	186	189	196	2,95	55	114	8,16	109	*	*	9	134	-0,15	2,5	2	6,9	186	108			
414239,0	7323212,7	16480102	*	*	300	135	135	41	41	*	*	*	*	*	*	18	1,5	76	*	*	*	*	*	2,6	119	0,03	22	40	30	8,2	284	125		

X	Y	Codigo	Cota	Potenciom	Prof	EA01de	EA01ate	EA02de	EA02ate	EA03de	EA03ate	EA04de	EA04ate	EA05de	EA05ate	NE	VazT1	NDT1	CrivoT2	VazT2	NDT2	VazT3	NDT3	VazExplo	NDExplo	Cap Especif	Temp	Cor	Turb	pH	STD	Dureza		
451700,0	7391800,0	86380001	730,0	*	95																			60	*	*		2	0,54	6,8		48		
529914,8	7397373,5	06080201	730,0	730,0	100											0																		
444171,2	7396467,3	86420501	730,0	723,3	105	42	42	92	92							6,87	6,6	19,86						6,5	20	0,49		20	19	7,3	199	120		
528102,1	7390030,9	06090101	730,0	721,8	120	14	14	20	20	26	26					8,4	24	30,1						21,3	28	1,09		22	10	5,5	8,8	92	14	
451700,0	7391800,0	86361202	730,0	696,5	148											33,5	41,6	45,81								*		0	0,01	6,8		794		
434600,0	7388800,0	06430101	730,0	725,6	150	10,5	10,5									4,37	11,64								8	53	0,16				6,7	212	126	
439800,0	7390800,0	16420002	735,0	707,0	120	60	60	61	61							28	14,12	26	73	48	36			38	52	1,58		21	2	0,7	7,9	129	83	
434625,3	7391291,4	06430002	737,0	731,5	150	13,6	13,6									5,5	4,21	81,24						3,5	138,24	0,03		2,5	0,5	6,7	212	126		
458850,0	7417200,0	86270501	737,0	656,3	160	70	100									80,72	5,245	113,8						4	114	0,12		5	3,8	7,4	31	34		
451050,0	7395000,0	86380901	738,0	641,1	130											96,88	9,54	99,95						7,8	104	1,10								
460500,0	7418300,0	86270401	740,0	714,8	120											25,36	11,47	28,94						7	28	2,85		1	0,04	6,1	78	13		
460500,0	7418300,0	86270401	740,0	714,6	120											25,36	11,476	28,94						7	28	2,85		2	0,3	6,7		19		
449450,0	7418150,0	16280201	740,0	713,0	124											27	6,77	101						6,77	102	0,09								
458829,5	7417089,8	86270002	740,0	724,0	150											16	3,3	88,54								*								
458829,5	7417089,8	86270001	740,0	*	180											10,56										*								
514818,3	7386048,8	06100102	745,0	711,0	82	51	51									34	1,28	57						0,8	55	0,04								
457700,0	7392800,0	86361201	745,0	710,0	120											35	11,4	68						10	68	0,30								
468550,0	7374250,0	8390302	748,0	745,8												2,2	10,15			10,28				10,28	78,28	0,14		2,5	0,35	6,4	128	54		
500141,4	7359762,1	06010902	750,0	747,0	75	3	6	9	9							3	1,5	49						1,5	8	0,30		20	5	5,8	7,1	158	77	
461400,0	7385600,0	86370101	750,0	730,8	150	127	127	135	135							19,38	1,11	89,73						1,6	100	0,02		21	5	1,6	8,1	111	72	
490000,0	7377600,0	16011401	750,0	745,0	220	179	179									5	6,55	65	120	9,8	72			10,48	97	0,11		20	3	1,2	7,8	91	26	
494987,9	7377752,1	86012801	760,0	756,4	90	80	80									3,58	6,8	58,12						5	65	0,08		2,5	0,82	7,5		114		
495072,8	7377752,2	86010001	760,0	741,0	110											19	9,5	32						9,5	32	0,73		6	1,8	6,4	254	101		
495072,8	7377752,2	86010002	760,0	738,0	155											22	3,04	90						3,04	90	0,04		3	0,18	6,5	253	100		
463259,4	7382885,4	16370001	760,0	759,0	158	4	4	90	90							1	1,36	72							*									
495072,8	7377752,2	06010000	760,0	684,0	200											76	6,76	124,1						6	135	0,10		5	3,4	9,7	107	14		
456700,0	7413200,0	86280901	765,0	745,0	78	28,5	34,5									20	10	42						10	42	0,45								
470050,0	7374500,0	16390003	765,0	760,0	100	40	41									5	10,43	15	78	27,69	34			14,1	35	0,47		21	10	3,7	8,8	120	32	
468017,8	7378420,8	86370301	765,0	754,9	150	28,5	28,5									10,12	3,83	63,17						2,2	60	0,04		2,5	0,27	8,1	82	48,3		
456700,0	7413200,0	86281101	770,0	734,9	120	52	52									35,1	13,2	37,07						13,2	37,07	6,70		0	0,1	7,1		34		
466393,8	7362921,4	16390101	770,0	770,0	130											0									*									
441137,8	7389320,5	16420001	770,0	731,0	150	98	98	103	103							39	11,31	87	118	10,91	98			4,08	94	0,07								
441137,8	7389320,5	16420001	770,0	731,0	150	98	98	103	103							39	11,31	87	118	10,91	98			4,08	94	0,07								
441186,0	7389320,8	16420004	770,0	730,0	200	35	35	182	182							40	11	68						33	*									
451100,0	7393850,0	86361001	775,0	676,6	122	70	102									98,4	2	102						2	102	0,56		0	0,1	8,2		36		
453050,0	7393100,0	86360013	775,0	773,9	150	16	49									1,1	82,42	44,88	80	20,84	7,72	44	18,42	56	47	1,22		2,5	0,35	7,2		144		
454488,3	7397733,2	86360001	780,0	777,9	120											2,15	24	11,05	66	38	19,08	51,45	41,16	51	45	1,19		2,5	0,45	6,9	96	52		
452850,0	7396200,0	86361201	780,0	752,9	120											27,09		81,94	80	9,9	87,89			9,9	87,8	0,16								
456300,0	7411000,0	86280801	782,0	709,1	120											72,8	19,8	73,82						19,8	73,82	27,50								
456900,0	7397000,0	16360101	782,0	737,7	150	40	40	50	50	63	63	115	115			44,31	12,18			13,89				11	73	0,38		7,5	2,2	7,1	76	44		
455722,1	7411791,2	16280001	782,0	768,0	151											14	8,47	17						7,5	18	1,88		2,5	2,6	6,7	54	20		
452900,0	7393800,0	86361101	785,0	753,0	180											32	5	52,3						5	84	0,10								

X	Y	Codigo	Cota	Potenciom	Prof	EA01de	EA01ate	EA02de	EA02ate	EA03de	EA03ate	EA04de	EA04ate	EA05de	EA05ate	NE	VazT1	NDT1	CrivoT2	VazT2	NDT2	VazT3	NDT3	VazExplo	NDExplo	Cap Especif	Temp	Cor	Turb	pH	STD	Dureza	
489854,8	7428958,9	16110304	840,0	609,0	200	42	42									31	15,84	35	34,43	68				30,3	41	3,03	2,5	0,8	7,6	69	36		
524258,8	7406394,5	06080001	645,0	627,0	85	31	31	59	59	84,5	84,5					18	6	56,32						6	59	0,15	2,5	2,5	9,2	258	26		
470150,0	7425550,0	16110001	645,0	606,0	104	79	79	43	43							39	36	42	48	38	42			50	47	6,25	2,5	0,6	6,9	105	36,5		
451100,0	7384700,0	66360001	645,0	527,0	140											118	4,3	123,5						3	123,5	0,55			7,1	152			
470394,4	7428958,0	16110004	645,0	551,0	180	105	105	122	122							94	9,23	102						15,4	116	0,70	5	1,1	7,6	172	87		
432200,0	7429700,0	16300003	645,0	633,0	199	24	24	60	60	68	68					12	12,86	23	98	13,09	56			12,25	36	0,51	2,5	0,56	7,5	70	23,1		
484850,0	7427150,0	66270801	645,0	617,3	200	30	33									27,72	1,780	104,8						1,5	105	0,02	2,5	0,45	6,6	98	40		
484540,2	7427498,7	6270801	645,0	617,3	200	33	33									27,72	1,78	104,8						1,5	105	0,02	2,5	0,45	6,6	98	40		
524700,0	7408250,0	66080301	648,0	620,8	98	26	66									25,37	8,48	54,3						6,73	56	0,22	10	2,6	8,2	31	16,4		
520426,1	7404770,5	06071101	648,0	599,5	78	71	71									48,53	7,2	50,26						7	50,8	3,08	2,5	0,3	7,2	162	85		
524798,3	7406762,7	6080301	648,0	622,8	98	66	66									25,37	6,48	54,3						6,73	56	0,22	10	2,6	8,2	31	16,4		
524750,0	7406800,0	6080001	648,0	639,7	150	32	32	54	54							8,31	30,96							30,96	53,22	0,99	2	3,5	8,3	164	25		
456950,0	7385150,0	66380101	649,0		42	14	16										15								15	16		2,5	1,49	7,4	79	54	
431900,0	7429800,0	16300003	650,0	606,0	150	46	46									44	16	44	80	28,8	43			15,5	45	15,50	2,5	0,72	6,9	99	38,9		
454600,0	7345700,0	66400801	650,0	637,3	150											12,7	5,425	70,03	138	2,475	79,5			2	80	0,03	2,5	0,5	7,2		48		
463000,0	7424900,0	66270701	660,0	654,7	66	35	64									5,29	24,000	34						10	25	0,51	1	0,42	8,4	191	17		
451640,5	7384284,8	66360802	660,0	649,3	108											10,7	9,42	18,81						5	18	0,60	12	5,3	7,1	197	103		
458420,7	7421117,1	6271301	665,0	650,3	80	24	24	37	37							14,88	10,7	60,04						8	70	0,14	1	1,24	6,9	27	22		
462959,8	7423189,5	6270701	670,0	664,7	66	35	64	64								5,26	24	34						10	25	0,51	1	0,42	8,4	191	17		
433301,3	7398636,2	070204001	670,0	603,7	75	58	60									68,26	3,2	67,25						3	67	4,23	5	1,1	7,7	56	40		
433400,0	7398700,0	67020002	670,0	655,4	100	36	36	66	66							14,85	79,2	33,72						60	35	2,95	0	0,1	8,3	36	92		
487759,2	7410653,8	06361504	670,0	685,1	140	18	18									4,86	28,8	38						28	38	0,84	4	1,6	7	103	38		
488550,0	7423800,0	06110401	670,0	644,1	150											25,86	24,75			52,8				45	56	1,49	2,5	0,53	7,8		26		
433524,0	7399559,8	67020001	670,0		150																								8,1	271			
489093,3	7383717,1	06370501	675,0	630,0	100	52	52									45	6	51						3,4	51	0,57	21	5	0,5	8,2	144	55	
450450,0	7407900,0	66280701	680,0	638,8	80											41,2	6,33	41,51						6,33	41,51	20,42							
433350,0	7399300,0	67020003	680,0	679,2	150	32	32	65	65							0,8	10	55,91						6	60	0,10	2	0,66	8,1		103,8		
513206,3	7389433,2	06100501	685,0	685,0	81	15	15									0																	
458700,0	7419900,0	66270001	690,0		160												10,56							10,6									
431470,0	7397730,0	67020201	695,0	679,4	90											15,6	6,80	43,8						5	43	0,18	1	0,6	7,1		52,21		
481318,3	7420848,2	16270001	698,0	686,0	100											12	13,2	16		31,7	18			56	47	1,60							
481318,3	7420848,2	16270002	698,0	676,0	121	33	33	56	56							22	4,9	83										22	2,5	2,75	8,3	75	27,9
443915,3	7389289,9	66420301	700,0	686,3	72,4	24	24	57	57							13,75	5,85	14,83						2	15	1,60	2,5	0,4	7,3	138	74		
481318,3	7420848,2	16270003	700,0	693,0	66	59	59	66	66							7	10,56	41		5,54	29			10,5	53	0,23	10	1,9	9,2	150	12,4		
443900,0	7421350,0	6290001	700,0	678,9	100											21,06	18		37,89		60			32	34	2,47	5	0,5	7,9	106	33,7		
436000,0	7392100,0	66430003	710,0	682,8	2000	28	80									47,36	16,5	54,34						13,81	47,36		2,5	1,6	7,2	157	84		
439650,0	7391800,0	76420005	720,0	707,6	108	18	18	90	90	96	96	100	100			12,44	48	36,86						30	76	0,47	2,5	0,3	7,4	124	66		
465993,2	7388938,2	66360002	720,0	707,0	120											13	60	33,04															
465993,2	7388938,2	66360102	720,0	710,1	126											9,9	5,5	45						5	50	0,12	1	1,56	7	31	28		
460850,0	7415750,0	66271101	720,0	685,7	140	75	86									54,3	11,82	62,57						9	60	1,58	0	0,03	7,6	114	44		
439600,0	7391550,0	76420004	720,0	679,3	200	35	35	182	182							40,7	11	68,8						11	73,24	0,34							
469489,1	7380119,7	66370201	725,0	712,0	81	76	76									13,04	2,03	42,44	60	5,95	56,74			3	35	0,14	13	3,4	9,7	104	10		

X	Y	Codigo	Cota	Potenciom	Prof	EA01de	EA01ate	EA02de	EA02ate	EA03de	EA03ate	EA04de	EA04ate	EA05de	EA05ate	NE	VazT1	NDT1	CrivoT2	VazT2	NDT2	VazT3	NDT3	VazExplo	NDExplo	Cap Especif	Temp	Cor	Turb	pH	STD	Dureza	
478300,0	7424800,0	86014203	600,0	536,0	150	70	70									64	30	72						30	72	3,75		0	0,1	6,7		41	
438100,0	7431050,0	86590101	800,0	589,8	152	114	114									10,21	4,850	76,61						5	106	0,05		5	0,6	7	106	56	
475950,0	7423900,0	86110001	600,0	552,0	250											48								2,36	107	0,04							
470152,5	7420130,8	86110801	605,0	578,3	54	22	23	39	39							26,7	15,23	28,97						10	35	1,20		7	3	7,6	132	36	
470068,9	7420314,9	86110802	805,0	584,0	56	46	46	26	26							21	4,8	24						11	31	1,10	21	5	0,5	7,4	97	33	
457600,0	7371800,0	26380001	605,0	585,0	115											20	18,46	37		24,82	42			21	48	0,75		5	0,8	7,7	181	74,9	
475000,0	7398200,0	06010801	610,0	585,3	80											14,67	37,89			40				40	27	3,24	20	5	0,6	7,3	122	57	
438101,1	7400432,4	87020006	610,0	604,1	108	16	16	54	54	60	60	76	76			5,9	113	13,3						60	14,8	6,67	18	0	0,04	7,4	216	113,6	
472361,8	7423240,8	16110003	610,0	602,0	143	50	50	120	120	46	46	18	18			8	12,83	16	91	25,71	88			17	45	0,46	30	7,5	0,6	6,4	197	87,3	
488121,3	7427014,8	16110007	610,0	601,0	150	42	42									9	26,4	19	73	15,84	17			27	72	0,43		2,5	0,39	6,8	79	42	
470900,0	7423750,0	16110008	610,0	599,0	150	60	60	19	19							11	41,66	15	72	132	20			110	32	5,24		2,5		7		36	
455850,0	7435550,0	86271001	615,0	557,3	150	36	75	75	134							57,7	27,310	60,8						21,848	61	6,62		2,5	0,5	8,7	174	20	
439656,1	7418838,2	6280201	615,0	545,6	162	78	78									69,38	5,91	69,46						10	75	1,78							
450551,5	7346575,8	86400801	618,0	614,3	45	32	32									3,7	9,54	24,19						8	30	0,30		1	2,2	8,9	88	52	
429831,8	7406585,4	07020203	620,0	580,9	50	41	41									39,14	6,5	39,33						6,5	40	7,56		2,5	0,72	8,1	204	69	
426928,6	7431359,2	86301401	620,0	605,0	67	31	42									15	7,4	27,16						5	30	0,33		20	2,6	6,8	22	40	
429888,2	7409847,2	7020301	620,0		70																												
466860,3	7419170,2	8270901	620,0	611,6	100	18	18	23	23	47	47					8,41	14,66	15,94						8	16	1,05		2,5	0,63	6,7	40	30	
466800,0	7419250,0	86270901	620,0	611,6	100	18	23	23	47							8,41	14,666	15,94						8	16	1,05		2,5	0,63	6,7	40	30	
444504,0	7413475,4	86280801	620,0	601,8	120	15	15	22	22	36	36	66	66			18,16	21,4							13,3	25	1,95		0	0,27	6,9		36	
458850,0	7422850,0	6270009	620,0	599,8	150	51	51	64	64	74	74					20,2	24,75	29,83	72	52,8	41,16	72	47,83	56	50	1,88							
474250,0	7424450,0	06110003	620,0	599,9	150	53	53									20,12	48,56			49,5		99		125	48	4,48				6,4			
474150,0	7425400,0	06110401	625,0	580,0	120											44,98	15,84	56,37						10	60	0,67		0	0,07	7,2	113	66	
474100,0	7424650,0	06110001	625,0	588,0	122	28	29									27	29,33							22,5	77	0,45		2,5	0,11	7,1	116	60	
439750,0	7419100,0	86290201	625,0	555,6	162	78	78									69,38	5,910	69,46						10	75	1,78		2,5	0,16	7,5	217	126	
473370,0	7428300,0	06110004	625,0	555,0	187											70	1,22	88															
434786,8	7428289,6	36301101	627,0	567,0	150	63	63									60	9,31	63,83						7,76	63,8	2,04		2,5	0,47	7,8		63,4	
466559,2	7414187,7	06110201	628,0	604,0	85	32	32	26	26							24	2,8	33						1	28	0,25							
434950,0	7398850,0	87020001	628,0	615,2	94	24	24	46	46							12,8	88	28,65						60	35	2,70		0	0,06	7,2		110	
439143,8	7419112,9	06070301	630,0	591,0	79	78	78									39	7,2	43						5	45	0,83	22	5	0,7	7,2	136	42	
457400,0	7422500,0	6270008	630,0	618,6	90	40	40									11,4	37,71			56,57		66		61	37,9	2,30		7,5	2,2	6	139	72	
457139,0	7422374,3	86270003	630,0	622,9	120	26	26	52	52	55	55	92	92			7,12	80,9	25,97						52	30	2,27		1	0,6	7,3	177	97	
469739,7	7427571,7	16110005	630,0	591,0	150	54	54	40	40							39	12,2	42	96	10,91	76			9	56	0,45	21	3	2,1	6,9	202	100	
473400,0	7426030,0	06110005	630,0	554,0	316											76	50,4			51,43	79,4												
430800,0	7431500,0	16300005	632,0	626,0	150	65	70	19	19	70	70					6	8,47	8	91	28,8	63			26	64	0,48	21	3	2,6	7,4	145	41	
435489,8	7378317,1	86410301	635,0	626,7	150	13	13	88	88							8,33	2,84	50,54	90	2,28	20,59			1,6	26	0,09		2,5	0,41	8,9	152	20	
513100,0	7390850,0	06100502	640,0	635,7	46	23	32									4,3	13,20	18,11						6	20	0,38		20	9,4				
519750,0	7412100,0	86070401	640,0	589,9	100	42	42	82	82							50,06	4,23	67,91						4,23	67,91	0,24							
470300,0	7425300,0	06110002	640,0	608,7	120											31,33	9,35	42,4	80	19,46	48,86			15	49,83	0,81		5	0,5	7,4	116	36	
431228,8	7429565,2	16300004	640,0		150																												
431228,8	7429565,2	16300004	640,0		150																												
432191,0	7430481,5	16300002	640,0	626,0	198	24	60									12	12,86	23						12,25	36	0,51							

X	Y	Codigo	Cota	Potenciom	Prof	EA01de	EA01ate	EA02de	EA02ate	EA03de	EA03ate	EA04de	EA04ate	EA05de	EA05ate	NE	VazT1	NDT1	CrivoT2	VazT2	NDT2	VazT3	NDT3	VazExplo	NDExplo	Cap Especif	Temp	Cor	Turb	pH	STD	Dureza
480350,0	7420200,0	86014201	575,0	526,8	180											48,4	12,37	52,86						12,3	52,8	2,80						
480550,0	7420320,0	86010101	575,0	541,8	800											33,4	33	61,4						5	61,4	0,18			7,2	105	77,1	
482800,0	7422000,0	86010001	578,0	556,0	155											22	3,04	90						3	90	0,04		3	0,18	6,5	253	100
525850,0	7411300,0	86080401	580,0	572,1	71	37	84									7,9								3,5	36	0,12		13	5,4	9,2	164	20
478900,0	7425300,0	86015901	580,0	552,5	100	75	75									27,5	52,8	32,21						52,8	92,21	11,21		37	16,2	7,3		170
472153,5	7428283,7	18110002	580,0	551,0	102	45	45	38	38	69	69					29	32,73	35	84	24,83	34			42,15	42	3,24	26	2,5	18,5	7	253	66,7
448788,0	7379477,2	18420102	580,0	579,0	111	104	104									1	4,65	37	78	39,6	34			40	40	1,03		2,5	1,7	8,4	102	40
430800,0	7438850,0	06300204	580,0	553,3	120											26,7	14,96							15,5	33	2,46	21	3	0,35	7,7	106	33
478300,0	7421200,0	86014201	580,0	525,8	144	190	190									54,21	33	69,81						33	54,21	*		0	0,08	9,1		11
478300,0	7421200,0	86014203	580,0	525,8	144	190	190									54,21	33	69,81						33	54,21	*		0	0,1	8,8		13
430703,8	7420336,7	86300202	580,0	584,7	150	31	35	134	141							15,31	13,2							7,7	36,37	0,37		0	0,4	7,1		35,4
430628,4	7438851,0	06300202	580,0	584,7	150	31	35	136	141							15,31	13,2	27,84						7,7	36,37	0,37		0	0,4	7,1		35,4
483400,0	7422100,0	86010001	580,0	506,0	186	80	80	165	165	174	174					74	7,9	115,1						7,92	115,6	0,19		2	0,42	8,4	275	54
418450,0	7401200,0	87030701	587,0	544,0	108											43								10	44	10,00		1	0,18	7,7		86,34
430850,0	7382750,0	86430001	580,0	576,0	38											14	37	13,98						26,3	14	*		2,5	0,46	7,8		54
478350,0	7434700,0	18010701	590,0	554,0	80	50	50									36	15,65	37	72	48	41			39	45	4,33		3	1	7,1	156	52
431575,5	7434518,1	36300501	590,0	583,8	104	63	63									6,42	22,67	8,31						20	8	12,66		0	0,41	7,1		40
419170,0	7401530,0	87030801	590,0	559,8	108	38	52									30,24	17,21	31,87						17,217	31,87	10,56		1	0,25	7,9		64,26
434888,8	7431457,7	36301001	590,0	574,3	118	19	19	73	73							15,67	8,8	21,35						6	68	0,11		0	0,15	7,7		36,8
468800,0	7394750,0	18380104	590,0	585,1	140	18	18	15,3	31,3							4,86	36							28,8	38	0,87		4	1,8	7	103	38
517065,7	7393857,6	8090101	590,0	585,1	150	14	14	49	49	81	81					4,9	2	116						0,9	48,9	0,02		15	5,9	9,9	202	26
511150,0	7383200,0	86100801	590,0	580,2	152	84	84									9,76	1,380	74,06						1,1	77,56	0,02		13	5,9	7,4	85	40
419220,0	7401520,0	87031001	590,0	556,0	180	44	88	88	168							34,04	12,7	44,28						12,774	44,28	1,25		1	0,23	8		88,35
434950,0	7437050,0	06300101	592,0	535,8	140	31	31	60	60							56,16	44							40	58,27	18,96		2,5	0,1	6,9	84	34
525717,7	7413280,8	8080403	595,0	587,1	71											7,9	1,8	26,87						3,5	36	0,12		13	5,4	9,2	164	20
525918,5	7413372,5	08080102	595,0	582,9	96	46	46									32,07	0,8	73,11						0,25	46	0,02		2,5	1,2	7,9	116	53
477050,0	7425850,0	86110006	595,0	535,0	98	50	82	95	95							60	24	60						20	67,08	2,82		5	0,1	7,2		54
432529,1	7381625,2	18430101	595,0	578,0	120	85	85									19	13,09	28	73	34,28	48			36,5	55	1,01	22	7	5,7	7,2	203	84
418000,0	7407100,0	87030801	595,0	*	137	30	92	92	98	98	104					29,33	88,88							29,333	88,88	*		1	0,1	7,4		36,79
477050,0	7425850,0	86110004	595,0	513,0	185	43	57	60	94							82	44	82						40	82,08	*		5	0,4	6,9		331
477050,0	7425850,0	86110001	595,0	525,0	187	41	107	169	169							70	22	70						20	86,36	1,22		5	0,45	6,8		543
477050,0	7425850,0	86110005	595,0	519,0	318	74	180	250	250							76	51,43	76						40	78,64	15,15		5	0,1	7		197
478850,0	7423850,0	86014401	595,0	*																						*						
488503,6	7394448,7	18380103	599,0	586,0	150	30	33	57	60	98	100					13	99							94	22,34	10,06		2,5	1,5	6,8	34	52
420882,1	7401885,1	7031301	600,0	580,0	70	30	33	69	70							20	11,31	23,33						9	25	1,80		5	1	7	155	46
441738,4	7380834,8	86420201	600,0	581,4	75	68	68									8,6	5,14	6,96						2,5	75	0,04		2,5	0,25	7,2	120	62
443728,5	7408920,9	86280301	600,0	595,8	83	23	23	69	71							4,21	15,52	7						8,5	7	3,05		2,5	0,24	7,3	167	96
476300,0	7424800,0	86014201	600,0	540,0	95	95	95									60	28	67						21	67	3,00		0	0,1	6,5		41
477700,0	7424150,0	86010001	600,0	589,0	100	45	45	60	60	32	32					31	10	68						10	68	0,27						
478300,0	7424800,0	86014202	600,0	585,0	102	97	97									35	31,68	55						31,68	55	1,58		1	1,3	6,4		28
478500,0	7425300,0	86013001	600,0	583,4	102											36,63	10,28	36,64						5	37	13,51		0	0,07	7,3	150	40
477700,0	7423950,0	86010002	600,0	578,0	107											22	14	35						14	35	1,08						

X	Y	Codigo	Cota	Potenciom	Prof	EA01de	EA01ate	EA02de	EA02ate	EA03de	EA03ate	EA04de	EA04ate	EA05de	EA05ate	NE	VazT1	NDT1	CrivoT2	VazT2	NDT2	VazT3	NDT3	VazExplo	NDExplo	Cap Especif	Temp	Cor	Turb	pH	STD	Dureza	
483400,0	7421050,0	86010001	552,0	531,0	120	87	87	116	116							21								7,9	87	0,12		2	21	6,4	224	93	
408500,0	7407600,0	87013717	552,0	520,0	150	37	105									32								15	38	2,50		2,5	0,12	7,2	51	42	
484300,0	7419300,0	86018101	552,0	486,7	153	98	114	114	141							65,28	20,307	89,99						14,941	77	1,27		0	0,41	7,1		25	
410000,0	7407700,0	87450301	553,0	531,0	40											22	32	38,3						32	38,3	1,96	25	1	0,05	7,6		67,45	
408250,0	7407900,0	87010801	553,0	535,0	102	88	88									18	10	29,5						10	29,5	0,87		0	0,12	6,8		30	
487600,0	7400900,0	16010201	555,0	539,0	97	70	70	40	40							16	13,09	16	79	5,78	15			24,9	44	0,89	23	2	0,5	7,2	244	140	
417070,0	7403080,0	87030901	555,0	520,2	106	58	58									34,8	12,9	38,5						12,883	38,53	3,48		1	12,5	7,4		22,1	
483250,0	7421100,0	86010001	555,0	531,5	120											23,5	4,8	72,5						4	81	0,07		2	1	6,7	229	86	
408850,0	7407500,0	87010001	555,0	539,0	150											16								49,5	45	1,71		1	0,2	7		57,23	
483350,0	7421250,0	86010001	558,0	537,0	102											21	7,07	70						5,7	73	0,11		0	0,25	6	306	127	
515888,8	7414432,5	86070002	560,0	543,7	50,7											16,34	9							7	25	0,81		10	0,5	6,7	314	132	
478788,9	7419407,4	08011201	560,0	547,0	102	27	27	45	45							13	0,1	91															
481681,4	7421071,9	16011801	560,0	557,0	150	85	85									3	15,52	78	97	8	89			3,8	58	0,07		2,5	1,6	7	11	48	
481883,8	7418335,2	16011902	560,0	518,0	150	92	92									42	34,43	47	73	22,62	47			48	74	1,50		2,5	0,27	7,2	85	46	
516550,6	7414739,1	08070501	560,0	512,0	180	186	186	45	45							48	3,43	83						3	88	0,08	18	5	1,3	7,8	267	81	
481900,0	7420100,0	86013401	560,0	459,0	203											101	9	116,3						4	113	0,33		0	0,3	9,2	498	94	
484150,0	7421750,0	86010001	560,0	480,0	205											80	17	145,5	150	13	108			13	106	0,50				9	129		
477294,8	7411009,9	86012901	562,0	548,0	80	14	14	30	30							14	21,4	28,15						20	25,28	1,77		2,5	2	6,7	79	42	
482850,0	7421400,0	86010001	562,0	487,2	200	156	156									94,8	5,5	123,4	172	4,82	150,2			4,2	147,53	0,08		0	0	9	446	74	
488850,0	7397100,0	06010501	565,0	562,5	120	15	15	22	22							2,5	21,4							20,3	80	0,28	21,5	2,5	1,5	6,9	107		
448500,0	7443900,0	86170003	565,0		125																												
482850,0	7421500,0	86010001	565,0	551,0	130											14	6,5	50						5	90	0,07		1	0,25	6,6	234	90	
480245,4	7433124,7	16011603	565,0	562,0	132	102	102									3	79,2	28	48	30,46	10			135	75	1,88		2,5	0,08	8,1	127	106	
482850,0	7421550,0	86010001	565,0	538,0	150	86	86	135	135							27	4,6	93						4,6	93	0,07		2	0,39	6,7	214	95	
446450,0	7444200,0	86170001	565,0		200	10	8	6	6																								
448550,0	7443500,0	86170004	565,0	544,0												21																	
483250,0	7421650,0	86010001	568,0	546,0	100											22	13,2	51,82						9,5	53	0,31							
430543,5	7382200,2	06430201	570,0	508,0	95	87	87	90	90							62	3,43	72						2,9	77	0,19	21	5	3	7	283	24	
483700,0	7422000,0	86010001	570,0	545,0	100											25	8	71						8	71	0,17							
483700,0	7422450,0	86010001	570,0	539,0	100											31	12,3	88						10	88	0,27		0	0,1	6		23	
483830,0	7422850,0	86018001	570,0	545,0	101											25	12,10	28						9,9	28	3,30		0	0,36	6,5		80	
483250,0	7421900,0	86010001	570,0	547,0	103	83	83	97	97							23								12	38	0,80		2	0,12	6,2	213	81	
483700,0	7422450,0	86010002	570,0	548,0	107											22	16,3	35						14	35	1,08		0	0,1	6		51	
483100,0	7421650,0	86010001	570,0	541,7	121	35	35	40	40							28,34	5,045			4,17													
445550,0	7368850,0	86550102	570,0	583,5	150	20	20									6,53	1,385	68,52	90	1,8	24,05			1	19	0,08		7,5	5,1	8,6	203	20	
477079,8	7421526,8	16012002	570,0	585,0	150											5	4,4	106															
479141,8	7409413,5	06010901	572,0	537,0	102	94	94									35								2	80	0,08		5	0,8	8	79	41	
479650,0	7389000,0	16010101	572,0	589,0	150	45	45	112	112							3	23,29	9	72	49,5	17			30	11	3,75		2,5	0,28	7,8	136	58	
481950,0	7423250,0	86013302	573,0		358																												
482850,0	7421900,0	86010001	575,0	560,0	105	35	35	91	91							15	7,5	60						7,5	80	0,17		1	0,16	6,7	204	86	
482800,0	7421950,0	86010001	575,0	556,0	110											19	9,5	32						9,5	32	0,73		6	1,8	6,4	254	101	
483823,7	7438819,0	16012103	575,0	567,0	150	92	92									8	27,31	18	79	66	33			55	62	1,02		2,5	0,56	7,1	138	54	

X	Y	Codigo	Cota	Potenciom	Prof	EA01de	EA01ate	EA02de	EA02ate	EA03de	EA03ate	EA04de	EA04ate	EA05de	EA05ate	NE	VazT1	NDT1	CrivoT2	VazT2	NDT2	VazT3	NDT3	VazExplo	NDExplo	Cap Especif	Temp	Cor	Turb	pH	STD	Dureza	
398550,0	7412900,0	67014501	540,0	432,0	180											108	8	130						8	148	0,20		1	0,08	7,8		52,21	
483200,0	7424900,0	66010001	540,0	512,4	181											27,6	5,82											0	0	6,8	231	101	
400450,0	7410150,0	67010002	540,0	450,0	208											90								3	168	0,04							
405350,0	7409950,0	67012901	540,0	524,0	264	30	78									16	3,2	87						3,2	87	0,05		0	0,35	7,4		103	
404750,0	7409750,0	67012601	541,0	517,0	68	42	42									24	18	37						8	38	0,57		0	0,1	6,8		99	
405500,0	7408950,0	67016301	541,0	519,0	96											22	48	64						48	64	1,14	26	1	0,16	6,3		106,29	
405000,0	7409350,0	67010901	541,0	501,0	100	43	63									40	4	63,5						4	63,5	0,17	26	2	0,1	8,7		111,54	
404900,0	7410900,0	67011001	541,0	508,0	100											35	9	66						9	68	0,27		0	0,22	7,2		84	
405550,0	7408950,0	67016302	541,0	493,0	116											48	48	64						48	64	3,00	23	1	0,8	7,9		46,36	
422950,0	7424400,0	06300301	542,0	538,6	90	26	26	36	36	73	73	84	84			3,39	158,4							158,4	13,23	18,10		2,5		7,3		48	
405700,0	7409300,0	67012901	543,0	525,0	80	41	63									18	4,6	45						4	45	0,15		0	0,1	6,2		86	
405300,0	7410000,0	67011001	543,0	528,0	102	38	78									15	9,9	17,27						9,9	17,27	4,36		3	0,65	6,6		30,42	
405250,0	7409500,0	67012901	543,0	501,0	120	38	64	64	92							42	6	68						5	68	0,19		0	0,38	7,3		78	
405100,0	7409800,0	67012601	543,0	505,0	132											38	5,01	69,8						5,01	69,8	0,16		1	0,1	7,3		53,46	
408450,0	7410000,0	67011001	544,0	519,0	112											25	10,2	66						8,53	68	0,20		0	0,17	7,5		82	
405550,0	7410800,0	67015118	544,0	514,1												29,66								40	45,9	2,56		2,5	0,1	6,7	180	95	
408150,0	7409950,0	67014901	545,0	518,0	80	46	46									27	5	35						5	35	0,63		0	2,7	7,4		35	
408050,0	7409350,0	67012901	545,0	519,0	80	45	78									26	5,3	35						5	35	0,56		5	0,42	7,4		66	
408100,0	7409950,0	67011001	545,0	492,0	100											53	8,3	66						7,5	68	0,50		0	0,16	7,7		84	
488290,0	7421650,0	66010001	545,0	513,0	138	42	42	90	90							32	7,2	46						7,2	46	0,51		2	0,26	7,1	169	84	
402800,0	7409800,0	67013401	545,0	520,0	147											25	8,0	76						8	76	0,16		1	0,12	8,4		120,4	
414100,0	7430100,0	66320501	545,0	541,6	150	26	51	51	132							3,42	9,31	13,85	66	11	21,58			10	21	0,57		5	0,04	6,6	100	37	
408200,0	7409500,0	67012901	546,0	507,7	102	42	64									38,28	14,14	39,11						14,142	39,11	17,04	25	1	0,15	8		52,73	
406300,0	7408950,0	67010401	546,0	516,0	212	52	52	80	80	141	141					30	8,8	120						8,8	120	0,10				8,7	42		
407200,0	7409350,0	67013101	547,0	530,0	101	56	75									17	14,4	32										1	0,75	7,9		83,15	
407250,0	7409200,0	67012701	547,0	517,0	220	65	168									30	4,5	66						4,5	68	0,08		1	0,1	9		4	
388800,0	7420450,0	67100201	548,0	527,0	82	20	20	63	63							21	3,6	28						3,6	28	0,51							
407650,0	7409100,0	67012701	548,0	525,0	100	53	78									23	0,62	52						15	52	0,52		0	0,45	8,5		38	
407500,0	7409150,0	67013101	548,0	523,0	140	89	118									25	15	51						15	51	0,58		0	0,85	7,2			
422496,3	7425585,7	36300901	550,0	517,7	76	52	52	72	72							32,33	12,68	38,81						8	66,67	0,23		0	0,05	7,7		40,2	
408850,0	7408800,0	67015208	550,0	548,8	84	30	42	68	72							1,2	36	49,44						36	55	0,87		7,5	1,6	7,5	40	64,4	
482800,0	7424515,0	66010001	550,0	529,0	98	35	35	68	68							21								4	73	0,08		1	0,7	8,5	224	100	
477800,0	7414050,0	66012601	550,0	522,9	100											27,12	16,8	28,66										0	0,1	7,1		55	
515800,0	7413850,0	18070001	550,0	540,0	118	66	66									10	6	34	90	10,75	62			5,5	64	0,10	22	5	0,5	7,1	247	113	
391200,0	7415000,0	17010201	550,0	494,0	120	78	78									56	10,7	80	90	31,68	74			15,7	73	0,92		2,5	0,14	7,5	86	38	
478450,0	7414450,0	66016601	550,0	543,6	120											6,37	8,703	7,74						6	9	2,28		2,5	1,9	7	71	34	
448550,0	7371850,0	76420101	550,0	498,9	150	63	63	83	83							51,1	8,9			8,27		10,26		4	65,9	0,27		21	10	4,5	8	203	52
480254,3	7426359,4	16012201	550,0	526,0	150											24	2,32	66	102	2	99												
422200,0	7378050,0	06440003	550,0	524,2	169											25,77	5,91																
445850,0	7445250,0	66170201	550,0	530,8	166	148	148									19,2	18	45,3	84	24	77	22,82	80	35	110	0,39		0	0	8,7	190	66,9	
408850,0	7408800,0	67012501	550,0	530,0												20	4,00	22						14	22	7,00		0	0,1	6,8		71	
408075,0	7408400,0	67012401	552,0	524,0	100											28								13	44	0,81		23	1	0,4	7,1		50,2

X	Y	Codigo	Cota	Potenciom	Prof	EA01de	EA01ate	EA02de	EA02ate	EA03de	EA03ate	EA04de	EA04ate	EA05de	EA05ate	NE	VazT1	NDT1	CrivoT2	VazT2	NDT2	VazT3	NDT3	VazExplo	NDExplo	Cap Especif	Temp	Cor	Turb	pH	STD	Dureza
404850,0	7409350,0	87010901	538,0	520,0	100	45	78									18	8,8	69						8,8	69	0,17	25	1	0,1	8,1	125,56	
404350,0	7409750,0	87012801	538,0	512,0	100											28	12	60						12	60	0,35		0	0,15	6,8	147	
404800,0	7409300,0	87012801	538,0	506,0	104											32	13,2	56						9,5	56	0,40	25	2	0,43	7,8	117,62	
404875,0	7409200,0	87010901	538,0	508,0	108	64	105									30	14	36,45						14	36,45	2,17	25	1	0,64	7	162,24	
407550,0	7408800,0	87014401	538,0	513,0	122											25	15,2	42						13,2	42	0,78		0	0,3	6,9	24	
404560,0	7409350,0	87010901	538,0	495,0	135											43	9,9	48						9,9	48	1,98	27	2	0,25	8,2	113,57	
478718,5	7417743,7	18012003	538,0	518,0	150	53	53									20	29,33	22	77	99	31											
404875,0	7409150,0	87012801	538,0	485,0	150	88	108	106	130							73	10	80						10	80	1,43	25	1	0,2	7,4	83,15	
404875,0	7409250,0	87012801	538,0	486,0	180											52	12	96						12	96	0,27	26	1	0,1	8,2	70,98	
404800,0	7409450,0	87012801	538,0	514,0	102											25	13,2	32						11,2	32	1,60		2	0,15	6,6	117,62	
404750,0	7409400,0	87012801	538,0	505,4	156	70	135									33,61	6,1	117,5						6,1	117,48	0,07	26	4	0,5	9	1078,9	
430750,0	7481400,0	88190001	540,0	503,0	28	86	86	96	96	107	107					37	18	42,66						18	42,66	3,18						
425232,5	7360385,6	08430401	540,0	535,0	51	8	8									5	6,65	8						3	5	*	22	5	3,4	6,6	207	82
415085,2	7429758,5	88301501	540,0	526,7	92	25	25	32	37	59	59					13,31	6,44	14,15						5,8	18	1,24		0	0,16	8,2		
400350,0	7408000,0	87010801	540,0	523,0	100	42	42	80	80							17								7,55	34	0,44		2	0,25	8	106,64	
402500,0	7409250,0	87011501	540,0	505,0	100	43	43									35	5	45						4	45	0,40		0	0,05	8,5	71	
402300,0	7409300,0	87011501	540,0	503,0	100	46	46									37	3,4	53						3	53	0,19		0	0,12	7,6	125	
402150,0	7408250,0	87011501	540,0	500,0	100	40	56									40	6	60						6	60	0,40		0	0,07	7	84	
402450,0	7408700,0	87011501	540,0	510,0	100	40	58									30	5	65						5	65	0,14		0	0,12	6,9	29	
402850,0	7408250,0	87011501	540,0	478,0	100	38	66									64	10	68						10	68	2,50		0,3	2,7	7,1	72	
402800,0	7408700,0	87011501	540,0	492,0	100	72	72									48	7	56						7	56	0,70		0	0,44	5,7	14	
402800,0	7408850,0	87011301	540,0	511,0	100	42	85									29	7,0	62,5						7	62,5	0,21		0	0,22	6,5	61	
402400,0	7407900,0	87011301	540,0	480,0	100	49	87									60	10	80						10	80	0,50		0	0,5	6,6	87	
404800,0	7410450,0	87011001	540,0	504,0	100											36	7	61,3						7	61,3	0,28		2	0,15	7,5	74,24	
400100,0	7408750,0	87014101	540,0	473,0	100											67	12,2	78						11	78	1,00		2	0,55	7,6	75,04	
405350,0	7409250,0	87012901	540,0	524,0	102	41	47	95								16		32						7	32	0,44		0	1,25	7,5	28	
400850,0	7409100,0	87010501	540,0	494,0	102	77	77	89	89							46	7,2	64,35						7	65	0,37						
404400,0	7410400,0	87011001	540,0	518,0	102											22	10,3	48						8,5	48	0,33		0	0,17	7,4	104	
404800,0	7409700,0	87010901	540,0	512,0	102											28	6,5	69,5						4,2	69,5	0,10		0	0,35	6,7	73	
404400,0	7410350,0	87011001	540,0	510,0	110											30	9	72,8						9	72,8	0,21		1	0,6	7,8	72,29	
401800,0	7409000,0	87010501	540,0	510,0	120	42	71	71	113							30	4,3	58						4	58	0,14		0	0,23	7,1	219	
407750,0	7408750,0	87013501	540,0	481,0	120	58	72									59	12	72						12	61	6,00		0	0,08	6,5	35	
402750,0	7408800,0	87011501	540,0	495,0	120	44	104									45	10,84	48						10,84	48	3,61		0	0,08	6,5	46	
368400,0	7413000,0	87010001	540,0	*	120												9	105						9	105	*	26	1	0,15	7,7	44,97	
400450,0	7410150,0	87010001	540,0	488,0	130											72								9	105	0,27						
481872,8	7427345,5	16801102	540,0	532,0	137	60	80									8	72	45	54	28,4	28			55	54	1,20		2,5	0,12	7,1	206	104
404800,0	7409450,0	87012801	540,0	508,0	140											32	11,2	68						10,3	68	0,29		2	0,35	7,2	120,04	
445400,0	7445450,0	88170001	540,0	509,0	142	42	42	118	118							31								5	110	0,08		2	0	6,5	100	38
401900,0	7407800,0	87011501	540,0	480,0	147											60	6,8	68						6,8	68	0,85						
388500,0	7418500,0	17100002	540,0	*	150	36	36																									
402100,0	7408970,0	87011501	540,0	498,0	150	48	117									42	6,5	98						5	98	0,09		0	0,8	7,2	61	
402450,0	7408700,0	87013301	540,0	471,0	180	48	97	97	138							69	7	72						7	68	*		0	0,08	6,5	35	

X	Y	Codigo	Cota	Potenciom	Prof	EA01de	EA01ate	EA02de	EA02ate	EA03de	EA03ate	EA04de	EA04ate	EA05de	EA05ate	NE	VazT1	NDT1	CrivoT2	VazT2	NDT2	VazT3	NDT3	VazExplo	NDExplo	Cap Especif	Temp	Cor	Turb	pH	STD	Dureza
404450,0	7409050,0	87012801	535,0	499,0	104	56	77	77	91							36	13,20	47,7						13,2	47,7	1,13	27	2	0,18	7,9	107,48	
403800,0	7409200,0	87011301	535,0	498,0	105	68	82									37	11,31	63						11,31	63	0,44	0	0,45	7,8	152		
403400,0	7409150,0	87010901	535,0	489,0	105											46	11	51						11	51	2,20	25	2	0,45	8,3	259	124,74
403850,0	7409100,0	87012801	535,0	492,0	110	63	70									43	4,5	68						4	68	0,16	0	0,55	7,2	76		
403350,0	7409200,0	87010901	535,0	520,4	114	42	92									14,6	11	45						11	45	0,36	0	0,4	6,6	116		
403850,0	7409150,0	87012801	535,0	499,0	116											36	6	78						6	78	0,14	10	4,67	7	280	143	
406350,0	7407700,0	87013701	535,0	525,0	117											10	21,40	48						21	48	0,55	1	0,3	6,7	179,87		
404450,0	7409250,0	87012801	535,0	508,0	118											28	08,8	38						8,8	38	0,98	1	0,07	7,1	101,4		
404050,0	7409350,0	87010001	535,0	508,0	118											28	8,8	38						8,8	38	0,98						
404600,0	7408350,0	87011201	535,0	515,0	120	45	78	78	102							20	6,5	38						6	38	0,33	0	0,12	7,3	59		
403350,0	7409200,0	87010901	535,0	500,0	120											35	11,2	72						9,8	72	0,26	0	0,04	6,5	91		
403750,0	7409100,0	87012801	535,0	496,8	126	58	91	91	116							38,22	7,76	39						7,76	39	9,95	2,5	0,34	7	268	178	
403850,0	7409250,0	87012802	535,0	490,0	140	65	135									45	11	55						10	55	1,00	0	0,11	7,7	113		
403100,0	7409400,0	87011301	535,0	482,0	150	83	30									53	3	89						3	89	0,08	0	0,35	6,8	131		
403950,0	7409200,0	87012801	535,0	485,0	162	30	105									50	9,0	92,5						9	92,5	0,21	0	0,6	7,7	72		
402750,0	7409300,0	87011301	535,0	467,0	172	72	72	165	165							66		96	8	79				8	79	0,73						
418750,0	7379100,0	16440003	535,0	519,0	200	84	84	65	65							16	14,66	33	78	21,4	73			20,65	80	0,32	18	9,2	9,4	142	24	
404250,0	7409300,0	87010901	536,0	494,0	103											42	8,2	44						7,6	44	3,80	26	3	0,08	8,5	117,62	
407360,7	7410643,9	7012302	536,0	531,7	110	24	24	48	48	64	64					4,32	60,92	30,48						52,8	30	2,06	0	0,11	7	159	70	
407450,0	7410750,0	87012319	536,0	531,7	110	24	48	64								4,32								52,8	30	2,06	0	0,11	7	159	70	
403525,0	7409250,0	87011001	536,0	501,0	120	45	91									35	5,6	62						5	62	0,19	0	0,05	6,7	69		
403525,0	7409250,0	87010001	536,0		120																											
404850,0	7409050,0	87010901	537,0	514,0	80	68	78									23	7	27						5	27	1,25	0	0,65	7	125		
404350,0	7409850,0	87010901	537,0	516,0	90	43	43									21	5	32						4	32	0,36	1	0,3	8,3	121,68		
404500,0	7409200,0	87010901	537,0	520,0	90	32	65									17	6	48						6	48	0,19	25	2	0,35	8,3	125,74	
404475,0	7409050,0	87010901	537,0	501,0	100	48	59									36																
404250,0	7409400,0	87010901	537,0	480,0	100	48	76									57	12,3	68						12,3	68	1,12	0	0,05	6,8	198		
404500,0	7409150,0	87010901	537,0	489,0	100	58	86									48	12	60						12	60	1,00	22	1	0,1	6,7	104,86	
404475,0	7409250,0	87010901	537,0	502,4	100	36	93									34,6	8,6	71,3						8,6	71,3	0,23	26	1	0,3	8,2	93,26	
404825,0	7409250,0	87012801	537,0	516,0	100											21	10,8	35						9,3	35	0,66	25	3	0,65	7,4	150,6	
404500,0	7409250,0	87010901	537,0	527,7	102											9,3	9,3	53						5,8	53	0,13	22	1	0,09	8,2	162,65	
404525,0	7409250,0	87010901	537,0	502,0	106											35	10	55						6	55	0,30	26	1	0,15	8,1	111,54	
367850,0	7418600,0	17100001	537,0	532,0	111	25	25	50	50							5	25,5	6	57	33	6			70	16	6,36	2,5	0,6	7,2	123	52,12	
404850,0	7409150,0	87010901	537,0	514,7	112	60	92									22,3	6	22,3						5	68	0,11	25	1	0,05	8,1	115,6	
404550,0	7409150,0	87010901	537,0	515,5	116											21,5	14,3	65						11,2	65	0,26	26	2	1,6	7,9	83,15	
407600,0	7408500,0	87013501	537,0	488,0	120	35	53	53	74							49	11,31	49,87						11,31	49		0	0,2	7,5	36		
404450,0	7409300,0	87012801	537,0	497,9	120	67	71	71	113							39,15	14,4	43,55						7	43,55	1,59	2	0,19	8,6	164,27		
404450,0	7409300,0	87010901	537,0	506,0	140	105	130									31	10	45						10	45	0,71	25	3	0,1	7,3	148,2	
404500,0	7409100,0	87012801	537,0	499,0	70	92										38	6	58						4,9	58	0,23	25	2	0,4	7,5	168,32	
404850,0	7409200,0	87012801	538,0	509,0	80	40	67									29	11	60,5						11	60,5	0,35	0	0,08	6,8	264		
408050,0	7408300,0	87010001	538,0	479,0	90	60	60									59	6	62						6	62	2,00	0	0,4	7,1	18		
404800,0	7409250,0	87010901	538,0	507,0	100	60	74									31	11,15	35						11,15	34	3,72	26	1	0,05	7,7	143,96	

X	Y	Codigo	Cota	Potenciom	Prof	EA01de	EA01ate	EA02de	EA02ate	EA03de	EA03ate	EA04de	EA04ate	EA05de	EA05ate	NE	VazT1	NDT1	CrivoT2	VazT2	NDT2	VazT3	NDT3	VazExplo	NDExplo	Cap Especif	Temp	Cor	Turb	pH	STD	Dureza
403250,0	7409100,0	87011301	530,0	481,0	128	38	81	*	*	*	*	*	*	*	*	49	11	80	*	*	*	*	*	11	80	1,00	*	0	0,25	7,3	*	81
483950,0	7428150,0	86017102	530,0	521,9	150	6,5	6,5	102	102	128	128	135	135	*	*	8,13	48	33,42	70	51,42	34,62	72	48,64	72	64,13	1,29	*	2,5	1	7,4	138	55
483400,0	7428050,0	86012003	530,0	507,7	150	42	42	53	53	88	88	92	92	*	*	22,3	27,31	18,08	75	72	38,13	86	33,6	55	82	1,39	*	2,5	0,13	6,8	199	94
483882,9	7428025,5	18011402	530,0	524,0	150	85	85	128	128	102	102	135	135	*	*	6	53,38	30	80	72	38	*	*	80,9	83	1,42	22	2,5	1	7,4	138	55
421020,7	7377815,1	16440002	530,0	527,0	152	25	25	34	34	118	118	*	*	*	*	3	11,80	52	*	*	*	*	*	13	103	0,13	*	*	*	*	*	*
421000,0	7377900,0	16440002	530,0	527,0	152	118	118	34	34	*	*	*	*	*	*	3	11,8	52	*	*	*	*	*	13	103	0,13	17	60	37	8,3	168	28
434300,0	7459850,0	08190002	530,0	528,5	153	73	73	117	117	141	141	*	*	*	*	3,5	6,54	*	*	6,54	*	*	*	12,8	110	0,12	*	2,5	0,7	7,6	117	79,5
485550,0	7427000,0	08015403	530,0	519,7	180	50	50	75	75	125	125	170	170	*	*	10,3	113	*	*	*	*	*	*	110	22,7	8,87	*	2,5	1,4	7,5	104	41,8
481953,2	7431158,8	18011702	530,0	519,0	200	78	78	181	181	*	*	*	*	*	*	11	20,84	21	78	72	59	*	*	50	48	1,43	*	2,5	0,14	6,7	251	172
403550,0	7407900,0	87011301	532,0	484,0	100	72	72	*	*	*	*	*	*	*	*	68	13	80	*	*	*	*	*	13	80	1,08	*	0	0,07	7,8	*	115
405500,0	7408000,0	87013801	532,0	503,0	100	42	74	*	*	*	*	*	*	*	*	28	13,2	44,55	*	*	*	*	*	13,2	44,55	0,85	*	0	0,08	7	*	97
403950,0	7410250,0	87011001	532,0	503,5	100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	28,5	9,23	43	*	*	*	*	*	8,5	43	0,59	*	0	0,7	6,7	*	102
403300,0	7409300,0	87012801	532,0	481,0	105	102	102	*	*	*	*	*	*	*	*	51	4,6	84	*	*	*	*	*	4	84	0,31	*	0	0,1	7,1	*	96
403300,0	7409850,0	87012801	532,0	501,0	110	100	100	*	*	*	*	*	*	*	*	31	7,2	42	*	*	*	*	*	6,5	42	0,59	*	0	0,33	7,5	*	108
403950,0	7409850,0	87012801	532,0	490,0	120	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	42	6,5	84	*	*	*	*	*	5	84	0,23	*	0	0,07	8,4	*	114
403950,0	7410200,0	87011001	532,0	503,2	132	49	83	83	111	*	*	*	*	*	*	28,76	8,4	449,9	*	*	*	*	*	3	49,9	0,14	*	1	0,1	8,3	*	107,48
410950,0	7410150,0	7018502	532,0	514,0	150	56	56	*	*	*	*	*	*	*	*	18	31,7	*	*	*	*	*	*	25,4	50	0,79	*	2,5	0,54	7,2	87	44
403700,0	7410100,0	87011001	532,0	484,0	150	80	80	128	128	*	*	*	*	*	*	48	7,8	42,8	*	*	*	*	*	4,7	76	0,17	25	3	0,4	8,1	211	104,82
403400,0	7409100,0	87011301	532,0	485,5	150	33	75	75	130	*	*	*	*	*	*	46,5	6,5	49,2	*	*	*	*	*	5	49,2	1,85	*	0	0,22	6,6	*	107
403250,0	7409200,0	87010801	532,0	487,0	150	54	92	92	135	*	*	*	*	*	*	45	11,82	87	*	*	*	*	*	11,82	87	0,54	25	1	0,35	8,6	*	98,32
403300,0	7409800,0	87012801	532,0	480,0	150	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	52	*	*	*	*	*	*	*	10	52,04	*	*	0	0,2	7,3	*	86
403750,0	7409400,0	87010801	534,0	489,0	92	36	63	63	88	*	*	*	*	*	*	45	8,2	65	*	*	*	*	*	8,2	62	0,48	*	2	0,4	8,2	*	94,38
403450,0	7409200,0	87010801	535,0	497,0	9,8	48	78	*	*	*	*	*	*	*	*	38	9,90	44	*	*	*	*	*	9,9	44	1,65	*	0	0,04	6,8	*	127
404425,0	7409050,0	87012801	535,0	504,0	80	51	51	*	*	*	*	*	*	*	*	31	12	65,5	*	*	*	*	*	11	65,5	0,32	25	2	0,06	8,4	*	101,4
404700,0	7408200,0	87011201	535,0	510,0	90	47	83	*	*	*	*	*	*	*	*	25	5,8	43	*	*	*	*	*	5	43	0,28	*	0	0,18	7,1	*	81
403850,0	7409300,0	87010001	535,0	493,0	100	42	42	98	98	*	*	*	*	*	*	42	10,15	68	*	*	*	*	*	10	68	0,38	*	*	*	*	*	*
403700,0	7409100,0	87010801	535,0	500,0	100	42	42	*	*	*	*	*	*	*	*	35	15,8	38	*	*	*	*	*	15,84	38	5,28	*	0	0,06	6,7	*	107
403700,0	7409250,0	87010801	535,0	505,0	100	54	54	*	*	*	*	*	*	*	*	30	13	40	*	*	*	*	*	13	40	1,30	*	1	0,1	8,3	*	104,98
403900,0	7409450,0	87012801	535,0	491,0	100	36	57	*	*	*	*	*	*	*	*	44	11,31	56	*	*	*	*	*	11,31	56	0,94	*	0	0,1	7,1	*	144
403850,0	7409200,0	87012801	535,0	497,0	100	45	58	*	*	*	*	*	*	*	*	38	8	49	*	*	*	*	*	8	58	0,40	*	0	0,1	7	*	91
403300,0	7407850,0	87014801	535,0	487,0	100	45	89	*	*	*	*	*	*	*	*	48	8	60	*	*	*	*	*	8	60	0,67	*	0	0,75	8,3	*	82
403350,0	7409300,0	87010801	535,0	484,0	100	42	78	*	*	*	*	*	*	*	*	51	5	57	*	*	*	*	*	4,8	57	0,80	*	0	0,25	7	*	123,5
403175,0	7408975,0	87011301	535,0	493,4	100	54	78	*	*	*	*	*	*	*	*	41,58	11,31	42,93	*	*	*	*	*	11	42,93	8,15	*	1	0,4	7	*	82,33
404425,0	7409150,0	87010801	535,0	491,2	100	48	79	*	*	*	*	*	*	*	*	43,78	9,900	44,28	*	*	*	*	*	9,9	44,28	19,80	25	1	0,25	6,9	*	100,16
403700,0	7409100,0	87010801	535,0	493,0	100	90	90	*	*	*	*	*	*	*	*	42	5,4	48	*	*	*	*	*	5,4	48	0,90	*	0,5	0,47	7,5	*	70,77
404500,0	7408500,0	87011101	535,0	515,0	100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	20	12	40	*	*	*	*	*	12	40	0,60	*	1	0,05	8,1	202	56
404500,0	7408500,0	87015001	535,0	515,0	100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	20	12	40	*	*	*	*	*	12	40	0,60	*	1	0,05	8,1	*	56
404150,0	7409300,0	87010801	535,0	500,0	100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	35	8	59	*	*	*	*	*	8	59	0,33	27	2	0,3	7,8	*	125,74
403950,0	7409200,0	87010801	535,0	495,0	101	93	93	*	*	*	*	*	*	*	*	40	12,18	59	*	*	*	*	*	13	59	0,68	*	0	0,05	6,8	*	116
404450,0	7409150,0	87010801	535,0	507,1	102	43	73	*	*	*	*	*	*	*	*	27,95	12	33,85	*	*	*	*	*	12	33,85	2,03	27	2	0,07	7,6	*	85,18
403350,0	7409200,0	87010801	535,0	513,0	102	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	22	12,3	54	*	*	*	*	*	9,3	54	0,29	*	0	0,08	6,7	*	101
403750,0	7408800,0	87011201	535,0	499,0	102	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	36	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	0,1	7	*	105

X	Y	Codigo	Cota	Potenciom	Prof	EA01de	EA01ate	EA02de	EA02ate	EA03de	EA03ate	EA04de	EA04ate	EA05de	EA05ate	NE	VazT1	NDT1	CrivoT2	VazT2	NDT2	VazT3	NDT3	VazExplo	NDExplo	Cap Especif	Temp	Cor	Turb	pH	STD	Dureza
404900,0	7408500,0	87014301	510,0	478,0	150	38	77									32	20	84						18	84	0,56	2,5	0,13	7,2	171	108	
405100,0	7412890,0	87016201	512,0	489,2	90	38	45	68								22,85		23,39						3	23,39	5,56	0	0,8	7,6		64	
403950,0	7407000,0	7016803	514,0	499,5	150	39	39	118	118	121	121					14,46	158,4							185	34	9,47	2,5	0,4	7,4	238	150	
388834,7	7424418,1	87100701	515,0	504,8	70											10,2	3,3	38						2	35	0,08	75	18	8,6	280	122,6	
482600,0	7428300,0	18011602	515,0	512,0	150	62	62	38	38							9	113	10		132	11			178	57	3,30	2,5	1,1	8	121	80	
404400,0	7407100,0	87012801	518,0	444,2	144	107	118									71,8	5,65	94,4						5,65	94,4	0,25	0	0,1	7,9		54	
404700,0	7407250,0	87012801	519,0	484,0	100											55								5	70	0,33	1	0,45	6,7		79,72	
409750,0	7412150,0	87015511	520,0	496,4	60											23,85	88	40,91	24,37					50	44	2,48	0	0,12	7,5		85,8	
405300,0	7407050,0	87013801	520,0	500,0	80	27	50									20	5	29						4,5	28	0,50	0	0,14	6,8		36	
414839,4	7398509,8	7031201	520,0	490,0	98	32	32	93	93							30	13,65	32,86						10	31,5	6,67	0	0,22	8,2		91,8	
404750,0	7411950,0	87014001	520,0	490,0	102	40	40									30	10	48						10	48	0,56	1	0,15	6,8		67,58	
404350,0	7407450,0	87012801	520,0	500,0	120											20	26,5	54						24	54	0,71	26	2	0,45	8		150,07
398800,0	7410550,0	87010701	520,0		134	47	47	118	118	130	130					18	88	31									22	0,5	0,31	7,7	60	30,33
414850,0	7432550,0	88320801	520,0	506,7	150	77	77									13,3	60,82	28,3	80	20,31	8,88			25	18	4,39	23	3	0,38	7,4		63
405400,0	7407000,0	87012801	520,0	489,0												51	6,6	63,4						6,6	51		0	0,1	6,8		55	
405750,0	7407100,0	87018001	521,0	470,7	95											50,3	12,6	55									0	0,38	7		80	
434847,0	7460302,7	18190001	522,0	521,0	75	39	54									1	6,8	20	61	9,9	36			8,8	38	0,24	7,5	2	7,2		30,52	
478932,8	7418824,5	06011101	522,0	502,0	80	80	80									20	2	66						1,3	57	0,04						
434847,0	7460302,7	28190002	522,0	491,0	118											31	5,83	38	78	8,67	48			7	44	0,54	2,5	2,5	6,8	62	8,9	
434847,0	7460302,7	28190001	522,0	508,0	155											14	5,54	25	12	7,83	28			9	33	0,47	2,5	0,5	6,8	105	24,8	
508970,0	7413981,8	08080101	525,0	525,0	100											0																
404820,0	7407500,0	87012801	525,0	483,5	130	50	93	118	125							41,5	10,7	87,8						7	87,8	0,27	0	0,2	7,2		78	
400050,0	7408500,0	87015718	525,0	507,9												17,1								9,5	91	0,13	0	0,14	7,1	20	118	
400050,0	7408500,0	87015715	525,0	487,0												38								16,4	55,4	0,94	0	0,2	7,2	29	120	
405750,0	7407400,0	87013801	528,0	510,5	87,5											17,5	8,780	23,5						6,5	23,5	1,08	0	0,3	6,9		126	
408241,1	7410557,1	7012310	530,0	523,7	81	19	19									6,35	40	32,93						38	40	1,13	0	0,23	7,6		52,2	
403800,0	7410300,0	87011001	530,0	486,0	100	62	62									44	5	81						5	44		0	0,3	7,4		116	
403900,0	7410250,0	87011001	530,0	504,0	100	48	87									26	13,00	38						32,5	38	2,71	0	0,3	6,7		68	
395800,0	7414050,0	87013101	530,0	485,0	100	48	88									45	7	56						7	56	0,64	0	0,7	6,3		49	
403950,0	7410350,0	87011001	530,0	510,0	100											20	11,2	26						10	26	1,67	0	0,12	7,2		66	
399200,0	7408000,0	87012101	530,0	509,0	100											21	5,80	38,5						5,6	38,5	0,32						
402950,0	7407100,0	87011501	530,0	495,0	100											35	10,5	50						7,8	50	0,52	1	0,3	7,3		87,2	
403450,0	7410250,0	87011001	530,0	500,0	102	36	65									30	5	48						4	48	0,22	0	0,1	7,7		53	
403800,0	7410200,0	87011001	530,0	498,5	102											31,5	8,5	48,5						6,5	48,5	0,38	23	1	0,45	6,6		94,02
403850,0	7410200,0	87011001	530,0	498,0	102											32	7,0	58						7	32		25	1	0,05	8,3		114,38
402800,0	7410000,0	87013901	530,0	485,0	102											45	9,85	72						6,5	72	0,24	5	0,17	7	163	95	
403200,0	7410150,0	87011001	530,0	504,0	107	34	83									26	11,2	88,3						11,2	88,3	0,26	0	0,28	6,9	186	94	
403450,0	7410250,0	87011002	530,0	503,0	118											27	9	58						9	27		0	0,5	6,8		39	
403750,0	7410300,0	87010001	530,0	505,0	120	37	37	75	75							25,02	9,9	53,98						9,9	53,98	0,34	26	1	2	7,8		132,86
485141,4	7428028,8	18011301	530,0	507,0	120	40	50	90	90							23	10,7	31						12	36	0,92	20	25	7,5	6,8	78	35
403750,0	7410200,0	87011001	530,0	497,8	120	43	95									32,2	6,09	58,83						6,09	58,83	0,23	27	1	0,65	6,8		120,6
404000,0	7410450,0	87011101	530,0	510,2	120	80	105									19,8	9,9	24,12						9	24,12	2,08	0	0,14	7,5		100	



X	Y	Codigo	Cota	Potenciom	Prof	EA01de	EA01ate	EA02de	EA02ate	EA03de	EA03ate	EA04de	EA04ate	EA05de	EA05ate	NE	VazT1	NDT1	CrivoT2	VazT2	NDT2	VazT3	NDT3	VazExplo	NDExplo	Cap Especif	Temp	Cor	Turb	pH	STD	Dureza	
417458,4	7452898,9	8331301	445,0	430,2	70	15	15	56	56	66	66					14,76	12	42,75						12,37	45,5	0,40		0	0,25	6,4	116	23,4	
414100,0	7454100,0	86330801	445,0	414,4	93	25	87									30,6	2,32	48,8						3,5	72	0,08		0	0,2	7,8		21,8	
406050,0	7377300,0	86440201	445,0	424,0	100	36	36	70	70							21	15,6	21						15	21	*							
403700,0	7415850,0	87013201	445,0	403,0	100	65	78									42	12	56						12	56	0,86							
404550,0	7415750,0	87013201	445,0	414,0	150											31	10,15	88,5						10	88,5	0,17							
418250,0	7451200,0	8330008	448,0	443,4	147											4,6	28,25							28,25	21,03	1,72		5	1,7	6,5	86	55	
418550,0	7451800,0	16330003	448,0	439,0	150	91	91	26	26							9	20,84	10		113,14	37			96	32	4,17	22	2,5	1	5,8	27	4,9	
402295,0	7416916,2	7015812	450,0	442,6	39	38	38									7,39	8	8,65						73	23	4,88		0	0,07	7,6		106,6	
402295,0	7416916,2	87010020	450,0	433,1	76	24,85	24,85									16,92	10							10	33,4	0,61		0	0,08	8,2	518	16,8	
500850,0	7404850,0	16010401	450,0	448,0	80	32	32	44	44							2	24,75	4	60	37,71	51			20	42	0,50		7,5	2,6	6,7	56	34	
402500,0	7403440,0	87010801	450,0	442,2	80	80	80									7,8	5	58,3						2,5	58,3	0,05		0	1,18	8,2		97	
416720,4	7452525,8	16330002	450,0	446,0	150											4	36	80		29,33	19			28,25	21	1,66		5	1,7	8,5	86	55	
504428,0	7412584,3	08070301	460,0	447,0	36	25	25									13	3,78	24						2	22	0,22	22	5	0,5	7,9	225	94	
514287,1	7422583,2	08070501	480,0	440,0	82	28	28	75	75							20	1,5	78						1,2	70	0,02	21	5	2,3	7,2	190	92	
514287,1	7422583,2	08070401	480,0	440,0	82	28	75									20	1,50	78						1,2	70	0,02							
514200,0	7422400,0	86080802	480,0	437,3	108	100	100									22,88	02,690	89,85						2	90	0,03		1	1,77	7		141	
493950,0	7428500,0	86050301	480,0	*	180																			2,5	174	*							
495200,0	7428100,0	86050301	480,0	*													8,8	151,6						7,4	152	*							
514514,5	7422798,2	86070502	470,0	456,3	38	9	9	18	18	36	36					13,75	6,09	14,6						5	17	1,54							
410431,0	7452305,0	06330301	470,0	469,0	41	17	17	37	37							1	7,2	3						5	5	1,25	22	5	5	7,4	143	50	
431161,5	7365410,6	86470101	470,0	464,1	42	18	18									5,88	9	24,76						3	25	0,16		2,5	0,35	7	147	84	
407700,0	7415550,0	87010801	470,0	404,0	103	86	86	92	92							86								9	72	1,50	26	1	0,26	8,3		32,19	
412336,0	7433279,3	16320001	470,0	465,0	115	48	48									5	37,89	24	49	40	20			51	45	1,28	22	5	3,7	7,4	164	72	
431359,4	7365442,3	06470001	472,0	472,0	73	23	23									0																	
369855,0	7420950,1	07100301	475,0	*	96																												
407350,0	7440250,0	87010001	475,0	449,0	100											26	11	40						11	40	0,78							
442350,0	7363900,0	86550201	480,0	455,0	35	48	48									25	7,2	17,88						5	25	*		2	0,1	7,1	209	54	
438154,8	7355991,8	86410201	480,0	475,1	72	14	14									4,91	9,77	8						2	9,2	0,47		2,5	0,29	7,5	155	74	
407650,0	7414700,0	87014201	480,0	438,0	100	98	98									42	12	56						12	56	0,86		4	1,5	7,2		20,28	
408765,0	7413051,8	7015501	480,0	478,2	130	33	33	75	75							1,8	39	30						50	30	1,77		0	0,12	7,5		65,6	
485850,0	7413500,0	86018803	480,0	485,4	151	25	78									14,6	56,5	49,71	72	26,4	27,26	44	41,5	43	49,25	1,24		2,5	1,8	8,1	203	90	
487300,0	7410200,0	08015701	480,0	457,7												22,26	7,8							7,8	44	0,36		2,7		7,6	186	86	
408175,0	7418500,0	87016101	482,0	404,0	115											76	10,2	82						8,16	82	2,04		1	0,04	8,3		16,22	
434005,0	7412448,0	8290101	485,0	475,6	42	24	24									9,36	14,7	9,74						8	10	12,50		2,5	0,15	7	203	112	
434200,0	7412300,0	86290101	485,0	475,6	42	24	24									9,36	14,700	9,74						8	10	12,50		2,5	0,15	7	203	112	
484650,0	7413980,0	86016301	485,0	477,6	72	10	10	20	20	24	24	42	42	86	86	7,4	56,5	14,2						56	14,2	8,24							
383788,0	7412199,2	07100401	485,0	*	98																												
431100,0	7457000,0	86190005	485,0	473,3	150	40	75									11,69	93	25,41						52	18	9,24		2,5	0,12	7,9	158	88	
427089,3	7421795,5	86301301	487,0	476,3	120	56	56									10,72	8,33	24,85						6	36	0,24		2,5	0,32	7,7	277	174	
488780,0	7425950,0	86013901	490,0	481,8	65	45	45									8,25								36	29,5	1,69		3	0,4	8,2	108	35	
482950,0	7414250,0	86016901	490,0	486,6	87,5	21	21									3,41	60,92	19,88	42	80,92	20,58	44	15,88	48,45	18	3,32		3	1,3	7,8	188	85	
406980,0	7414300,0	87014201	490,0	458,0	90											32	9,5	39										0	1,8	6,5		50	

X	Y	Codigo	Cota	Potenciom	Prof	EA01de	EA01ate	EA02de	EA02ate	EA03de	EA03ate	EA04de	EA04ate	EA05de	EA05ate	NE	VazT1	NDT1	CrivoT2	VazT2	NDT2	VazT3	NDT3	VazExplo	NDExplo	Cap Especif	Temp	Cor	Turb	pH	STD	Dureza	
408950,0	7422300,0	67010001	403,0	388,0	116	50	50	90	90							15	72	45						72	45	2,40							
408950,0	7422300,0	67010002	403,0	384,0	150	81	81	120	120							9	133	42						120	42	3,64							
408950,0	7422300,0	67010003	403,0	400,8	150											2,24	132	6,02						85	36	2,52							
506250,1	7425633,2	68080401	408,0	390,9	30	24	27									17,12	26,4	18,71						10	25	1,27	1	0,78	7,9	205	111		
522798,6	7433489,4	68090201	410,0	410,0	100	40	40									0	11,31	1,9						5	1,9	2,63	2,5	0,28	7,5	258	108		
408850,0	7424370,0	68320301	410,0		120																			16	25	*							
495150,0	7429650,0	68050001	410,0	370,0	180											40	39,49	101						39	101	0,84	1	0,7	7,4	254	140		
402950,0	7402200,0	67015812	420,0	412,8	38	38	38									7,39	8	8,85						73	23	4,68	0	0,07	7,6		108,6		
497500,0	7439250,0	68050501	420,0	417,4	150	21	83									2,85								10	21	0,54	10	5	6,5		25,28		
416175,3	7349030,2	6481201	421,0	404,9	150	45	45									16,12	7,54	26,24						5	30	0,36							
429119,9	7368292,7	68470301	425,0	423,2	42	18	18	34	34							1,8	26,4	14,87						8	15	0,81	2,5	0,2	7,9	173	88		
395200,0	7398350,0	17010102	425,0	424,0	60	16	16	21	21							1	23,32	22	72	22,5	21			14,3	15	1,02	21	5	1	6,9	165	73	
509156,9	7440300,0	08040301	425,0		99																					*							
501987,3	7415488,3	68070201	425,0	421,7	102											3,3	8,5	13,89						8,5	16	0,58	2,5	1,4	7	111	70		
433947,3	7362594,1	68470201	425,0	419,5	120	42	42	73	73	85	85					5,48	9,42	72,86						5	70	0,08	2,5	0,45	7	140	84		
402100,0	7445300,0	68340003	428,0	424,6	64	33	33	42	42							3,39								50	13	5,20							
413450,0	7420000,0	67015921	430,0	423,1	29	26,5	26,5									6,9								9	15	1,11	0	0,1	7,7	287	162,4		
418100,0	7453600,0	68331301	430,0	415,2	70	15	56	56	69							14,78								12,37	45,5	0,40	0	0,25	6,4	116	23,4		
400428,2	7445506,8	08340102	430,0		90																					*							
400428,2	7445506,8	08340101	430,0	419,0	83	24	25									11	4,24	22						4	22	0,36	21	5	1,5	6,7	87	14	
407450,0	7418100,0	67010001	430,0	383,0	100											67	9	75						5	78	0,45							
394304,9	7398591,4	07010101	430,0	427,0	102	95	95									3	4,5	45						9,5	88	0,11	22	2,5	0,5	8,9	150	15	
392550,0	7398250,0	17010101	430,0	429,0	180	70	70									1	1,3	71						1,05	70	0,02	22	60	44	6,8	219	68	
507327,1	7420487,1	08080801	432,0	427,5	38	12	12	20	20	30	30					4,54	2,44	9,53						3	18	0,22							
471441,5	7458941,4	06120301	435,0	381,9	80	23	23	44	44	51	51					53,13	18,8	56,51						10	60	1,48	5	3,57	7,7	263	144		
418300,0	7364400,0	68450201	435,0	409,8	80	18	56									25,22								5	30	1,05	2	2,18	6,8	138	80		
393852,0	7398485,1	7010103	435,0	430,1	182	40	40									4,9	12	32,16						7,5	37	0,23	25	1,2	7,3		141		
402388,1	7448319,1	28340001	438,0	412,0	100											28	6,33	32	88	6,37	34			6,37	35	0,71	19	2,5	0,4	7,2	51	13	
417775,3	7348025,2	16480003	438,0	419,0	150	87	87	28	28							19	8	23		21,82	28			45	81	0,73	22	5	7,75	1,5	280	61	
491682,3	7414346,2	08012201	440,0	436,0	30	14	14	28	28							4	6	9						4	12	0,50	22	5	0,9	7,2	119	88	
395000,0	7422350,0	7100901	440,0	432,1	82	42	42	64	64							7,86	44							25	16	3,07	2,5	0,68	7,8	32	50,8		
395157,3	7422311,2	7100901	440,0	432,1	84	42	42	64	64							7,86	44	15,82						25	16	3,07	2,5	0,68	7,8		50,8		
441190,0	7369391,6	68470402	440,0	429,5	83	24	24	43	43							10,48	6,32	31,06						4,5	25	0,31	0	0,13	7		87,4		
393457,4	7398123,9	67010003	440,0	414,0	100											26	11	40								*							
393457,4	7398123,9	67010008	440,0	425,0	116											15	72	46								*							
393457,4	7398123,9	67010004	440,0	411,0	118											29	8,8	38								*							
393457,4	7398123,9	67010005	440,0	396,0	121											44	13,2	52								*							
413419,1	7365561,3	6450501	440,0	421,4	135	42	42									16,6	4,2	38,04						4	42	0,17	2,5	0,33	7,5	144	46		
413400,0	7365600,0	68450501	440,0	402,5	135	42	42									37,5								4	42	0,89	2,5	0,33	7,5	144	46		
417549,2	7346023,9	16480001	440,0	412,0	150											28	13,85	44		27,68	68			18,13	81	0,34	55	18	9,3	280	17,1		
393457,4	7398123,9	67010007	440,0	389,0	224											51	33	90						33	90	0,85							
417500,0	7345900,0	16480002	442,0	410,0	150	108	108	110	110							32	13,09	48		12	48			25,5	99	0,38	22	10	7,1	9,9	216	15	

X	Y	Codigo	Cota	Potenciom	Prof	EA01de	EA01ate	EA02de	EA02ate	EA03de	EA03ate	EA04de	EA04ate	EA05de	EA05ate	NE	VazT1	NDT1	CrivoT2	VazT2	NDT2	VazT3	NDT3	VazExplo	NDEExplo	Cap Especific	Temp	Cor	Turb	pH	STD	Dureza		
384983,1	7382957,3	07050201	340,0	316,0	67	47	47	58	58	*	*	*	*	*	*	24	4,8	34	*	*	*	*	*	12	*	*	21	5	1	6,3	98	23		
397000,0	7385750,0	17040003	340,0	334,0	104	6	6	10	10	*	*	*	*	*	*	6	22,83	58	72	10,7	13	*	*	16	18	1,33	2,5	0,84	7,1	169	82			
408477,4	7358197,7	6450801	340,0	340,0	145	35	35	*	*	*	*	*	*	*	*	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
501850,0	7427700,0	88080001	342,0	*	195	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	28,28	*	*	*	*	*	*	*	28	*	*	*	*	*	*	*	*		
385452,0	7388190,0	07050101	345,0	314,0	92	33	35	92	92	*	*	*	*	*	*	31	3,8	37	*	*	*	*	*	10	57	0,36	*	*	*	*	*	*		
398850,0	7384350,0	17040002	345,0	341,0	121	29	29	30	30	*	*	*	*	*	*	4	34,28	10	87	38	21	*	*	37,7	27	1,64	22	10	4	7,7	129	41		
400023,5	7354893,9	88080003	347,0	339,8	80	32	32	74	74	*	*	*	*	*	*	7,37	30,4	*	41,63	*	*	*	*	51,8	24,52	3,01	2,5	0,44	6,9	83	40			
401289,5	7354625,7	18080002	347,0	344,0	150	34	34	23	23	*	*	*	*	*	*	3	11,8	7	21,18	71	*	*	*	18,2	45	0,43	10	2,1	7,8	126	55			
401289,5	7354625,7	18080001	347,0	345,0	152	40	40	20	20	*	*	*	*	*	*	2	8,28	13	79	10,75	27	*	*	9,4	25	0,41	22	3	1,5	6,2	57	28		
389472,5	7388743,9	07050401	350,0	312,0	65	59	59	41	41	*	*	*	*	*	*	38	*	*	*	*	*	*	*	6	55	0,35	*	*	*	*	*	*		
502955,1	7428217,3	08060001	350,0	339,0	81	50	58	80	80	*	*	*	*	*	*	11	22,5	13	81	24	13	*	*	60	45	1,76	23	5	7,6	7,7	354	219		
390150,0	7388850,0	07050001	350,0	348,3	100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1,75	80	*	*	*	*	*	*	140	23	8,59	2,5	0,6	7,3	99	33,7			
502800,0	7427750,0	88060701	350,0	339,0	124	50	58	80	80	*	*	*	*	*	*	11	*	*	*	*	*	*	*	18	52	0,39	0	1	7,1	*	285			
399120,6	7354810,8	88080002	350,0	346,1	150	23,34	23,34	*	*	*	*	*	*	*	*	3,9	21,18	*	*	*	*	*	*	18,2	71,4	0,27	10	2,1	7,8	126	55			
502800,0	7427300,0	88080001	350,0	332,5	150	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	17,48	54,77	29,88	*	*	*	*	*	50	28,37	4,59	*	*	*	*	*	*		
503125,5	7427786,7	08060002	350,0	350,0	162	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
502800,0	7427750,0	88080002	350,0	339,0	50	50	58	80	80	*	*	*	*	*	*	11	22,5	13,95	81	24	13,98	*	*	60	45	1,76	0	0,51	7,4	*	222			
502900,0	7427400,0	88080005	350,0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
503000,0	7427300,0	88080003	350,0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
414900,0	7352800,0	88481001	355,0	349,9	30	8	8	*	*	*	*	*	*	*	*	5,14	*	*	*	*	*	*	*	2,5	6	2,91	35	4,7	7,8	329	161,8			
414853,3	7352713,3	8481001	355,0	349,9	30	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5,14	8,8	8,01	*	*	*	*	*	2,5	6	2,91	35	4,7	7,8	329	161,8			
498100,0	7452250,0	88030101	355,0	323,0	100	87	87	*	*	*	*	*	*	*	*	31,98	22,6	36,32	*	*	*	*	*	22,6	36,32	5,21	*	*	*	*	*	*	*	
409100,0	7381650,0	88450101	355,0	*	80	80	72	72	84	84	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	1,25	*	1	0,18	8,3	*	*	*	*	
411350,0	7381800,0	88450001	358,0	*	103	58	58	*	*	*	*	*	*	*	*	21,18	8,08	80	38	18,91	48	39,87	38,5	53	*	5	3,8	8,2	*	74				
411050,0	7381450,0	88450002	358,0	332,0	150	49	96	136	136	*	*	*	*	*	*	26	18,85	47	98	44	65,4	28,28	75,76	20	91	0,31	7,5	4,6	8,9	157	48			
402850,0	7380850,0	87040101	380,0	320,9	102	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	39,12	8	45,85	*	*	*	*	*	8	45,85	1,19	1	0,35	7,8	148	100,07			
406900,0	7349100,0	16480201	380,0	352,0	150	92	92	*	*	*	*	*	*	*	*	8	15,85	31	*	*	*	*	*	10	87	0,13	23	3	0,75	8	182	49		
397400,0	7383700,0	17040001	380,0	355,0	151	41	41	33	33	30	30	*	*	*	*	5	19,48	30	91	14,4	42	*	*	8,74	28	0,38	*	*	*	*	*	*		
411450,0	7381350,0	88450003	382,0	343,3	150	17	56	*	*	*	*	*	*	*	*	18,88	12,1	72	78	13,2	43,42	*	*	12	43,5	0,48	2,5	0,44	7,6	369	172			
405250,0	7370800,0	8450101	370,0	387,0	33	12	12	28	28	*	*	*	*	*	*	3	12	*	*	*	*	*	*	12	*	*	2,5	1,2	7,2	*	*	*	*	
397786,9	7373856,2	07040101	372,0	334,0	75	17	73	*	*	*	*	*	*	*	*	38	7,2	41	66	7,2	41	*	*	7	45	1,00	*	*	*	*	*	*		
397796,9	7373856,2	07040401	372,0	334,0	75	73	73	17	17	*	*	*	*	*	*	38	7,2	41	*	*	*	*	*	7	45	1,00	23	3	0,35	8,8	244	83		
412350,0	7350150,0	88480001	372,0	*	120	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
412128,2	7349897,9	8480702	378,0	334,0	120	93	93	*	*	*	*	*	*	*	*	44	13,2	47,58	*	*	*	*	*	5	49	1,00	*	*	*	*	*	*	*	
417950,0	7351000,0	88480901	380,0	384,8	97,5	20	22	22	62	*	*	*	*	*	*	15,37	4,190	29,81	*	*	*	*	*	3,168	21,48	0,52	25	6	7,7	383	131,6			
417831,2	7351089,7	8480901	380,0	384,8	97,5	20	22	62	62	*	*	*	*	*	*	15,37	4,19	29,81	*	*	*	*	*	3,16	21,48	0,52	25	6	7,7	383	131,6			
508450,0	7449800,0	8040001	380,0	372,1	150	22	22	51	51	132	132	*	*	*	*	7,9	33	*	46,58	*	72	*	*	13	25	0,76	2,5	0,28	6,8	93	44			
405205,0	7394000,0	87030401	392,0	365,0	87	29	29	*	*	*	*	*	*	*	*	27	13	38	*	*	*	*	*	8	36	0,89	*	*	*	*	*	*	*	
413157,0	7362084,1	16450001	395,0	394,0	103	58	58	*	*	*	*	*	*	*	*	1	36	18	65,45	66	*	*	*	38,5	53	0,74	22	5	3,8	8,2	230	74		
522801,3	7438564,5	88060501	398,0	398,0	58	39	39	48	48	*	*	*	*	*	*	0	79,2	10,15	*	*	*	*	*	3	*	*	2,5	0,48	6,9	229	180			
508389,5	7448387,4	16040003	400,0	393,0	150	22	22	51	51	*	*	*	*	*	*	7	22,82	11	72	20	*	*	42	17	4,20	2,5	0,53	6,7	79	36				
498800,0	7431750,0	88050401	400,0	387,9	150	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	32,1	13,2	49,4	*	*	*	*	*	9	43,94	0,76	*	*	*	*	*	*	*	

**ANEXO III: DADOS HIDROQUÍMICOS (Buchmann, 2002)**



X	Y	Código	STD	Temp	pH	Ca	Ca (mg/L)	Na	Na (mg/L)	K	K (mg/L)	Na + K	Na + K (mg/L)	Mg	Mg (mg/L)	SO4	SO4 (mg/L)	HCO3	HCO3 (mg/L)	Cl	Cl (mg/L)	DBI	%Ca	%Mg	%Na+K	%SO4	%Cl	%HCO3
402387,6	7446682	1	93	17	7,5	14,6	0,729	2,5	0,109	3,25	0,083	5,75	0,192	1,19	0,098	0	0,000	43	0,705	3,5	0,099	8,48	71,54	9,62	18,84	0	12,29	87,71
402389,8	7446344	2	51	19	7,2	3,48	0,174	2,45	0,107	2,45	0,063	4,9	0,169	1,04	0,086	0	0,000	15	0,246	2,5	0,071	8,48	40,53	19,97	39,5	0	22,29	77,71
406387,2	7444094	3	120	*	7,2	15,3	0,763	4,8	0,209	2,7	0,069	7,5	0,278	3,76	0,309	0	0,000	65	1,065	1	0,028	7,06	56,52	22,91	20,57	0	2,58	97,42
410434,4	7452330	4	143	22	7,4	14,2	0,709	4,33	0,188	2,16	0,055	6,49	0,244	3,7	0,304	*	*	58	*	1	*	9,16	56,39	24,23	19,39	*	*	*
412339,3	7433304	5	164	22	7,4	18,2	0,908	10,6	0,461	1,72	0,044	12,32	0,505	6,39	0,526	*	*	89	*	3	*	6,19	46,83	27,12	26,05	*	*	*
418200	7367100	6	166	*	6,8	12,1	0,604	0,4	0,017	0,3	0,008	0,7	0,025	6,07	0,500	1	0,021	50	0,820	2	0,056	8,28	63,51	44,27	2,22	2,32	6,29	91,39
417400	7365950	7	*	*	7,6	26,4	1,317	2,2	0,957	0,5	0,013	22,5	0,970	4,9	0,403	0	0,000	125	2,049	1	0,028	4,75	48,97	14,99	36,05	0	1,36	98,64
417500	7345900	8	216	22	9,45	5,04	0,251	56,67	2,465	0,63	0,016	57,3	2,481	0,51	0,042	6	0,125	68	1,115	8	0,228	6,73	9,08	1,51	89,42	8,53	16,4	76,07
417778,4	7348051	9	280	22	*	18,3	0,913	48,88	2,126	0,9	0,023	49,78	2,149	3,79	0,312	6	0,125	133	2,180	13	0,367	-4,8	27,08	9,24	63,7	4,88	13,73	81,8
418550	7451600	10	27	22	5,8	1,36	0,088	1,25	0,054	2,7	0,069	3,95	0,123	0,36	0,030	*	*	7	*	3	*	-0,74	30,72	13,41	55,87	*	*	*
421000	7377392	11	166	17	8,25	7,85	0,392	30,9	1,344	0,9	0,023	31,8	1,387	2,11	0,174	0	0,000	99	1,623	2	0,056	-8,5	20,27	8,98	70,75	0	3,36	96,64
422050	7387100	12	58	*	6,55	4,6	0,230	2,1	0,091	0,67	0,017	2,77	0,108	2,16	0,178	0	0,000	28	0,426	1	0,028	2,54	44,5	34,46	21,03	0	6,21	93,79
423548,4	7377393	13	105	22	7,4	10,8	0,539	4,18	0,182	0,9	0,023	5,08	0,205	3,58	0,295	0	0,000	47	0,770	2	0,056	7,86	51,9	28,37	19,73	0	6,82	93,18
430546,1	7382226	14	283	21	7	9,33	0,466	87,27	3,798	0,39	0,010	87,66	3,806	0,22	0,018	10	0,208	124	2,032	6	0,169	3,51	10,85	0,42	88,73	8,64	7,02	84,34
430600	7438950	15	108	21	7,7	8,92	0,445	2,24	0,097	2,08	0,053	4,32	0,181	2,85	0,218	1	0,021	39	0,639	1	0,028	5,7	54,69	26,8	15,51	3,03	4,1	92,88
431900	7429800	17	99	*	8,85	8,6	0,428	3,38	0,147	2,52	0,064	5,9	0,211	4,23	0,348	12,5	0,260	37	0,606	1	0,028	1,91	43,4	35,21	21,39	29,08	3,15	67,77
432200	7429700	18	70	*	7,5	6,24	0,311	1,77	0,077	0,25	0,006	2,02	0,083	1,82	0,150	1	0,021	24	0,383	2,5	0,071	2,2	57,18	27,5	15,31	4,3	14,55	81,15
433303,8	7398662	19	56	*	7,7	12,2	0,609	6,4	0,278	0,5	0,013	6,9	0,291	2,3	0,189	0	0,000	51	0,836	0	0,000	7,31	55,89	17,38	26,73	0	0	100
435492,2	7378343	21	152	*	8,9	4,8	0,240	45,2	1,966	0,5	0,013	45,7	1,979	1,9	0,156	2	0,042	88	1,410	1	0,028	0,29	10,09	6,58	83,33	2,81	1,91	95,28
436157,3	7398018	22	155	*	7,5	20	0,998	17,2	0,748	0,4	0,010	17,6	0,758	5,8	0,477	2,5	*	105	*	*	*	4,12	44,68	21,37	33,95	*	*	*
445400	7446450	23	100	*	6,5	12,7	0,634	3,9	0,170	0,7	0,018	4,6	0,188	1,6	0,132	1,4	0,029	48	0,787	1	0,028	2,51	66,5	13,82	19,68	3,45	3,34	93,2
445550	7368850	24	203	*	8,6	8,4	0,319	68	2,958	0,4	0,010	68,4	2,968	1	0,082	1	0,021	146	2,393	0	0,000	-5,27	9,48	2,44	88,08	0,86	0	99,14
448550	7371850	25	203	21	7,95	13,8	0,689	34,07	1,482	1	0,026	35,07	1,508	4,3	0,354	2	0,042	130	2,131	1	0,028	-4,68	27	13,88	59,12	1,89	1,28	96,83
451100	7393850	26	*	*	8,2	10,7	0,534	16,4	0,670	0,7	0,018	16,1	0,688	2,11	0,174	1	0,021	75	1,229	1	0,028	-5,74	38,26	12,44	49,29	1,63	2,21	96,16
45723,7	7411816	27	54	*	6,65	5,57	0,278	2,35	0,102	0,36	0,009	2,71	0,111	1,86	0,128	*	*	25	*	1	*	4,14	53,68	24,79	21,52	*	*	*
458587,6	7395057	28	105	20	7,7	9,78	0,488	3,39	0,147	0,81	0,021	4,2	0,168	4,08	0,336	*	*	49	*	*	*	5,56	49,2	33,85	16,95	*	*	*
459700	7413200	29	*	*	7,1	9,2	0,459	2,6	0,113	0,7	0,018	3,3	0,131	2,72	0,224	*	*	37	*	1	*	9,21	56,4	27,5	16,1	*	*	*
457140,8	7422399	30	177	*	7,3	27,4	1,367	7	0,305	0,5	0,013	7,5	0,317	6,92	0,669	2	0,042	108	1,770	4	0,113	4,6	60,66	25,26	14,08	2,16	5,86	91,97
458422,2	7421142	31	27	*	6,9	8,14	0,406	0,4	0,017	0,5	0,013	0,9	0,030	0,48	0,039	1	0,021	31	0,608	1	0,028	-8,39	85,36	8,3	6,34	3,74	5,06	91,2
460500	7416300	32	78	*	6,1	2,93	0,146	2	0,087	0,3	0,008	2,3	0,096	1,43	0,118	1	0,021	10	0,164	3	0,085	8,69	40,78	32,82	26,4	7,73	31,42	60,85
462100	7349400	33	103	22	8,3	6,48	0,323	20,87	0,908	0,75	0,019	21,62	0,927	0,35	0,029	1	0,021	68	1,082	0	0,000	-9,57	25,28	2,25	72,47	1,89	0	98,11
465994,5	7385954	34	31	*	7	8,23	0,411	0,4	0,017	0,3	0,008	0,7	0,025	1,8	0,148	1	0,021	34	0,957	1	0,028	-2,66	70,34	25,37	4,29	3,43	4,65	91,91
487726,5	7349419	35	29	*	6,1	0,9	0,045	0,6	0,028	0,4	0,010	1	0,036	0,07	0,006	0	0,000	4	0,066	0	0,000	4,83	51,62	6,62	41,76	0	0	100
466300	7384750	36	103	*	7,4	8,86	0,442	4	0,174	0,55	0,014	4,55	0,188	3,76	0,309	2	0,042	46	0,754	2	0,056	0,81	47,05	32,93	20,02	4,89	8,62	88,49
470058,1	7420340	37	97	21	7,4	9,49	0,474	4,82	0,210	0,5	0,013	6,32	0,222	2,23	0,184	0	0,000	47	0,770	1	0,028	-0,3	53,84	20,86	25,29	0	3,53	96,47
475000	7398200	38	122	20	7,3	17,5	0,873	5,74	0,250	0,92	0,024	6,66	0,273	3,23	0,266	*	*	66	*	*	*	9,4	61,83	18,82	19,35	*	*	*
475798,5	7406758	39	204	*	8,1	19,5	0,973	44	1,914	2	0,051	46	1,965	4,95	0,407	0	0,000	154	2,524	1	0,028	-0,3	29,08	12,18	58,74	0	1,11	98,89
476300	7424800	40	*	*	6,7	11	0,649	3	0,131	0,7	0,018	3,7	0,148	3,27	0,269	1	0,021	40	0,656	3	0,085	8,2	58,8	27,84	15,36	2,74	11,12	86,14
476500	7426300	41	150	*	7,3	14,8	0,739	6,9	0,300	0,2	0,006	7,1	0,305	0,55	0,045	1	0,021	45	0,738	4	0,113	3,6	67,81	4,16	28,03	2,39	12,95	84,66
477050	7425650	42	*	*	8,5	14,0	6,986	15	0,653	3	0,077	18	0,729	46,85	3,831	4	0,083	111	1,819	*	9,507	-0,4	60,51	33,18	6,32	*	*	*
478300	7421200	43	*	*	9,1	4,1	0,205	24	1,044	0,1	0,003	24,1	1,047	0,11	0,009	4	0,083	26	0,426	11	0,310	-0,9	16,23	0,72	83,05	10,16	37,86	51,99
478450	7414450	44	71	*	7	10,4	0,519	8	0,348	0,6	0,015	8,6	0,363	1,9	0,156	0	0,000	45	0,738	1	0,028	7,1	49,96	15,05	34,98	0	3,68	96,32
479142,8	7405439	45	79	*	8	14,4	0,719	5,36	0,233	0,17	0,004	5,53	0,238	1,16	0,095	*	*	56	*	4	*	-3,9	68,34	9,08	22,59	*	*	*
482950	7414250	46	188	*	7,5	31,2	1,557	14,85	0,637	0,5	0,013	15,15	0,650	1,79	0,147	3	0,062	106	1,737	3	0,085	4,3	66,13	6,26	27,61	3,31	4,49	92,19
483400	7422100	47	275	*	8,4	19,3	0,963	22	0,957	0,3	0,008	22,3	0,965	1,35	0,111	4	0,083	76	1,246	16	0,451	-5,9	47,24	5,45	47,31	4,88	25,35	69,97
483863,5	7426050	48	138	22	7,35	15,5	0,773	6,44	0,280	0,5	0,013	6,94	0,293	3,84	0,316	*	*	61	*	2	*	7,5	55,95	22,86	21,19	*	*	*
485650	7427000	49	104	*	7,45	11,7	0,584	4,65	0,202	0,5	0,013	5,15	0,215	3,01	0,248	0	0,000	51	0,836	2	0,056	3,7	55,78	23,67	20,65	0	6,32	93,68
485850	7413500	50	203	*	8,1	29,8	1,437	29	1,218	0,3	0,008	28,3	1,															