



APRESENTAÇÃO

A MRS Estudos Ambientais apresenta ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) o documento intitulado:

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL DO
REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO –
VOLUME 2 – TOMO I

O presente documento está sendo entregue em 1 via impressa e 1 via em meio digital

Maio de 2013

Alexandre Nunes da Rosa
MRS Estudos Ambientais Ltda

ÍNDICE

6	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA	1
6.1	LEVANTAMENTO DE DADOS	1
6.1.1	MEIO FÍSICO	1
6.1.1.1	Geologia	1
6.1.1.1.1	Etapa Pré-Campo	1
6.1.1.1.2	Etapa de Campo	4
6.1.1.1.3	Etapa Pós-Campo	5
6.1.1.2	Geomorfologia	6
6.1.1.3	Pedologia	6
6.1.1.4	Hidrologia e Hidrogeologia	6
6.1.1.5	Sismologia	6
6.1.1.6	Meteorologia	7
6.1.2	MEIO BIÓTICO	7
6.1.2.1	Área de Estudo	8
6.1.2.2	Flora	14
6.1.2.2.1	Levantamento Florístico	14
6.1.2.2.2	Levantamento Qualitativo e Quantitativo da Vegetação	15
6.1.2.2.3	Distribuição por Estrato	16
6.1.2.3	Fauna	17
6.1.2.3.1	Herpetofauna	17
6.1.2.3.2	Avifauna	18
6.1.2.3.3	Mastofauna	21
6.1.2.3.4	Ictiofauna	25
6.1.2.4	Análise dos Dados	27
6.1.3	MEIO SOCIOECONÔMICO	28
6.1.3.1	Histórico de Ocupação Populacional	28
6.1.3.1.1	Área de Influência Indireta (AII)	28
6.1.3.1.2	Área de Influência Direta (AID)	28
6.1.3.1.3	Área Diretamente Afetada (ADA)	28
6.1.3.2	Dados Populacionais dos Principais Núcleos Urbanos e Rurais	28
6.1.3.2.1	Área de Influência Indireta	28
6.1.3.2.2	Área de Influência Direta	30
6.1.3.2.3	Área Diretamente Afetada	31
6.1.3.3	Populações de Interesse Especial	31
6.1.3.4	Conceitos e Definições	31
6.1.3.4.1	Edificações Destinadas à Ocupação Humana	32
6.1.3.4.2	Edificações ou Domicílios Fechados	32
6.1.3.4.3	Edificações ou Domicílios Abandonados	32
6.1.3.4.4	Edificações em Construção	32

6.1.3.5	Principais Vias de Acesso / Sistemas de Transporte.....	32
6.1.3.5.1	Área de Influência Indireta.....	32
6.1.3.5.2	Área de Influência Direta.....	33
6.1.3.5.3	Área Diretamente Afetada.....	33
6.1.3.6	Uso e Ocupação do Solo.....	33
6.1.3.6.1	Área de Influência Indireta.....	33
6.1.3.6.2	Área de Influência Direta.....	34
6.1.3.6.3	Área Diretamente Afetada.....	34
6.1.3.7	Programas e Projetos de Desenvolvimento Social.....	34
6.1.3.8	Diagnóstico Arqueológico.....	34
6.2	DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA.....	36
6.2.1	ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA).....	37
6.2.2	ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID).....	39
6.2.3	ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII).....	48
6.3	CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS DO MEIO FÍSICO.....	51
6.3.1	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	51
6.3.1.1	Contexto Geológico Regional.....	51
6.3.1.2	Área de Influência Indireta.....	53
6.3.1.2.1	Bacia do Paraná.....	53
6.3.1.2.2	Bacia Serra Geral.....	55
6.3.1.2.3	Bacia Bauru.....	57
6.3.1.2.4	Evolução Geológica.....	57
6.3.1.3	Área de Influência Direta – AID.....	59
6.3.1.4	Área Diretamente Afetada.....	63
6.3.1.4.1	Unidade Pelítica.....	63
6.3.1.4.2	Unidade Psamopelítica.....	67
6.3.1.4.3	Integração de Relatórios de Ensaios e Seções Geológicas de Superfície.....	69
6.3.1.4.4	Ocorrências Minerais.....	71
6.3.1.5	Aspectos Geomorfológicos do Estado de São Paulo.....	87
6.3.1.6	Aspectos Geomorfológicos da Área de Influência Indireta.....	88
6.3.1.6.1	Província da Depressão Periférica Paulista.....	90
6.3.1.6.2	Província do Planalto Ocidental.....	90
6.3.1.6.3	Província do Planalto Atlântico.....	90
6.3.1.6.4	Relevo Dômico de Araçoiaba.....	91
6.3.1.6.5	Geotecnia.....	92
6.3.1.6.6	Erodibilidade dos Solos.....	95
6.3.1.6.7	Condições Geomorfológicas e Estabilidade de Taludes.....	98
6.3.1.6.8	Processos Erosivos e Movimentos de Massa.....	102
6.3.1.6.9	Mapa de Fissuras.....	104
6.3.1.6.10	Caracterização Geotécnica da Área Diretamente Afetada (ADA).....	107
6.3.1.7	Espeleologia.....	111
6.3.2	SISMOLOGIA.....	114

6.3.2.1	Conceitos Básicos	114
6.3.2.2	Caracterização Sísmica Regional	116
6.3.2.2.1	Relatos Históricos da Sismicidade Regional.....	119
6.3.2.2.2	Sismicidade Próxima e Local.....	125
6.3.2.2.3	Risco Sísmico	127
6.3.2.2.4	Ameça Sísmica para o Local de Interesse	129
6.3.3	PEDOLOGIA	130
6.3.3.1	Pedologia da Área de Influência	130
6.3.3.1.1	Argissolos.....	130
6.3.3.1.2	Latossolos.....	130
6.3.3.1.3	Cambissolo	130
6.3.3.1.4	Neossolo.....	130
6.3.3.1.5	Nitossolo.....	131
6.3.3.1.6	Planossolo	131
6.3.3.2	Pedologia da Área Diretamente Afetada.....	133
6.3.3.2.1	Latossolo Vermelho Típico	133
6.3.3.2.2	Associação Podzólica	135
6.3.3.2.3	Organossolo Fólico Fábriico Típico	138
6.3.3.2.4	Gleissolo Melânico	140
6.3.4	HIDROLOGIA	143
6.3.4.1	Hidrologia de Superfície	143
6.3.4.1.1	Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba - All	145
6.3.4.1.2	Bacia Hidrográfica do Rio Ipanema.....	171
6.3.4.2	Hidrogeologia	178
6.3.4.2.1	Água Subterrânea na Área de Influência Indireta - All	179
6.3.4.2.2	Água Subterrânea na Área de Influência Direta – AID e Área Diretamente Afetada - ADA.....	183
6.3.4.2.3	Direção e Movimentação das Águas Subterrâneas	207
6.3.4.2.4	Vulnerabilidade à Contaminação do Aquífero.....	212
6.3.5	METEOROLOGIA	214
6.3.5.1	Climatologia Regional.....	214
6.3.5.1.1	Tipos de Massas de Ar	214
6.3.5.1.2	Sinótica da Região	217
6.3.5.1.3	Variações Sazonais das Condições Meteorológicas.....	224
6.3.5.2	METEOROLOGIA LOCAL	232
6.3.5.2.1	Fenômenos de Tempo Severo	232
6.3.5.2.2	Altura da Camada de Mistura.....	234
6.3.5.2.3	Condições de Dispersão Atmosférica	239
6.3.5.2.4	Medições Meteorológicas Locais	249

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1- IMAGEM DE SATÉLITE (<i>WORLD VIEW 2</i>) QUE DESTACA O LIMITE DA ADA, ÁREA DE CONSTRUÇÃO DO REATOR DE MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO, OS RIOS PERENES E INTERMITENTES EM FORMATO VETORIAL (<i>SHAPEFILE</i>), BEM COMO SEUS ASPECTOS MORFOLÓGICOS.	2
FIGURA 2 - IMAGEM DE SATÉLITE (<i>WORLD VIEW 2</i>) QUE DESTACA O LIMITE DA ADA, ÁREA DE CONSTRUÇÃO DO REATOR DE MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO E AS QUEBRAS DE RELEVO FOTOINTERPRETADAS.	3
FIGURA 3 - IMAGEM DE SATÉLITE (<i>WORLD VIEW 2</i>) QUE DESTACA O LIMITE DA ADA, ÁREA DE CONSTRUÇÃO DO REATOR DE MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO E AS ZONAS HOMÓLOGAS DEFINIDAS.	4
FIGURA 4 - IMAGEM DE SATÉLITE (<i>WORLD VIEW 2</i>) QUE DESTACA O LIMITE DA ADA EM VERMELHO, ÁREA DE CONSTRUÇÃO DO REATOR DE MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO EM TONS DE LILÁS E OS PONTOS DESCRITOS EM CAMPO, EM AMARELO.	5
FIGURA 5 – TRANSECTOS DE COLETA DE DADOS PRIMÁRIOS – AMBIENTE TERRESTRE.	9
FIGURA 6 – IMAGEM DA VEGETAÇÃO DOS TRANSECTOS 1,2,3 E 4.	10
FIGURA 7 – PONTOS DE COLETA DE DADOS PRIMÁRIOS – AMBIENTE AQUÁTICO.	11
FIGURA 8 – PONTOS DE COLETA 1,2,3 (LÓTICO).	12
FIGURA 9 – PONTO DE COLETA EM AMBIENTE LÊNITICO (P3).	13
FIGURA 10 - PARCELAS DE 10 M X 10 M, PARA A ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL.	14
FIGURA 11 - TRABALHO DE IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS.	15
FIGURA 12 - COLETA DE RAMA DE UM INDIVÍDUO ARBÓREO PARA POSTERIOR IDENTIFICAÇÃO.	15
FIGURA 13- BUSCA ATIVA NOS TRANSECTOS 1 E 2	18
FIGURA 14 - PITFALLS COM CERCA GUIA EM FORMA DE “Y”	18
FIGURA 15 – LINHA EXPLORATÓRIA NO TRANSECTO 4.	20
FIGURA 16 - PARADA DE 20 MINUTOS EM PONTO ESTRATÉGICO NO TRANSECTO 2.	20
FIGURA 17 - REDE DE NEBLINA ARMADA NO TRANSECTO 3.	21
FIGURA 18 - REDE DE NEBLINA ARMADA NO TRANSECTO 3.	22
FIGURA 19 - ARMADILHA TOMAHAWK COLOCADA NO TRANSECTO 4.	23
FIGURA 20 - COLOCAÇÃO DE ARMADILHA SHERMAN NO TRANSECTO 4.	24
FIGURA 21 - ARMADILHA PITFALL INSTALADA, COM ISCA (QUEIJO).	24
FIGURA 22 - BUSCA ATIVA DE MASTOFAUNA NAS MARGENS DO CÓRREGO NO TRANSECTO 3.	25
FIGURA 23 - LANCE DE TARRAFA NO PONTO 2 (RIO IPANEMA), REALIZADO POR PESCADOR PROFISSIONAL.	26
FIGURA 24 - LANCE DE TARRAFA EM AMBIENTE LÓTICO.	27
FIGURA 25 - COLOCAÇÃO DA REDE ESPERA.	27
FIGURA 26 - ÁREAS DE INFLUÊNCIA.	36
FIGURA 27 – PROJEÇÃO DO RAIOS DE 800 METROS A PARTIR DO PRÉDIO DO REATOR.	38
FIGURA 28 - PROCESSO DE TRANSPORTE DE RADIONUCLÍDEOS ATMOSFÉRICO (ADAPTADO DE IAEA, 1982).	40
FIGURA 29 - SETORES DE DIFUSÃO ATMOSFÉRICA E PROVÁVEIS ÁREAS DE MAIOR IMPACTO DE EFLUENTES AÉREOS DO RMB: SETORES NO, NNO E N.	42
FIGURA 30 – TOPOGRAFIA DA ÁREA DE INSERÇÃO DO RMB.	43
FIGURA 31 - MOSAICO INCLUINDO A DISTRIBUIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO E A IMAGEM DO TERRENO – ANO 2006.	44
FIGURA 32 - MOSAICO INCLUINDO A DISTRIBUIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO E A IMAGEM DO TERRENO – ANO 2007.	44
FIGURA 33 - MOSAICO INCLUINDO A DISTRIBUIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO E A IMAGEM DO TERRENO – ANO 2008.	45
FIGURA 34 - MOSAICO INCLUINDO A DISTRIBUIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO E A IMAGEM DO TERRENO – ANO 2009.	45

FIGURA 35 - MOSAICO INCLUINDO A DISTRIBUIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO E A IMAGEM DO TERRENO – ANO 2010.	46
FIGURA 36 - MOSAICO INCLUINDO A DISTRIBUIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE NO AR DE AR-41 OBTIDA A PARTIR DOS ESTUDOS DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA DOS EFLUENTES ATMOSFÉRICOS EMITIDOS PELO RMB EM CONDIÇÕES NORMAIS DE OPERAÇÃO.....	47
FIGURA 37 - ESBOÇO GEOLÓGICO DA PROVÍNCIA PARANÁ.....	52
FIGURA 38 – COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO PARANÁ.....	56
FIGURA 39 - EVOLUÇÃO TECTÔNICA DA PROVÍNCIA SEDIMENTAR MERIDIONAL, DE ACORDO COM A CLASSIFICAÇÃO GLOBAL DE BACIAS DE KINGSTON ET AL. 1983.	59
FIGURA 40- PADRÃO DA LITOFÁCIE DESCRITA, MOSTRANDO O ELEVADO GRAU DE ALTERAÇÃO, AS ESTRUTURAS SEDIMENTARES PRIMÁRIAS (S0) E AS ESTRUTURAS TECTÔNICAS (JUNTAS DE ALÍVIO). AFLORAMENTO AO LONGO DO RIBEIRÃO DO FERRO (PONTO RMB 29)	64
FIGURA 41- FOTOMICROGRAFIAS EVIDENCIANDO O ASPECTO ANGULOSO DOS GRÃOS QUE DEFINEM O ARCABOUÇO DA ROCHA, BEM COMO A ELEVADA PROPORÇÃO DE MATRIZ CONSTITUÍDA POR MATERIAL PELÍTICO	65
FIGURA 42 - DIFRATOGRAMA DE RAIOS-X MOSTRANDO AS FASES MINERAIS OBSERVADAS E SUAS RESPECTIVAS RESPOSTAS.....	66
FIGURA 43- ASPECTO EXTREMAMENTE FRIÁVEL DO LITOTIPO CARTOGRAFADO, ILUSTRANDO FRAGMENTOS RESIDUAIS DA ROCHA EXTREMAMENTE ALTERADA (PONTO RMB1).....	67
FIGURA 44 - BLOCO DIAGRAMA INTEGRANDO SEÇÕES GEOLÓGICAS E INDICAÇÃO DOS FUROS SONDADOS.....	70
FIGURA 45 - LOCALIZAÇÃO DO RELEVO DÔMICO DE ARAÇOIABA (MORRO DE ARAÇOIABA OU MORRO DE IPANEMA).	92
FIGURA 46 - DECLIVIDADE DA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA.....	99
FIGURA 47 - PROCESSO EROSIVO EM LATOSSOLO VERMELHO.	103
FIGURA 48 - DETALHE DE PROCESSO DE ASSOREAMENTO NO RIO SOROCABA.....	104
FIGURA 49 - ZONAS SÍSMICAS.....	117
FIGURA 50 - DISTRIBUIÇÃO DOS EVENTOS SÍSMICOS NO SUDESTE BRASILEIRO.	119
FIGURA 51 - MAPA DE ISOSSISTAS DO SISMO S.PEDRO E SÃO PAULO.	121
FIGURA 52 - MAPA DE ISOSSISTAS DO SISMO DE CANANÉIA.	121
FIGURA 53 - MAPA DE ISOSSISTAS DO SISMO CUNHA.	122
FIGURA 54 - MAPA DE ISOSSISTAS DO SISMO DE CAMPOS.	123
FIGURA 55 - MAPA A DE ISOSSISTAS DO SISMO DE BARRA DO TURVO.	124
FIGURA 56 - MAPA DE ISOSSISTAS DO SISMO DE PRIMERIO DE MAIO.....	125
FIGURA 57 - MAPA DE ISOSSISTAS DO SISMO DE SOROCABA OCORRIDO EM 30.10.1874. O LOCAL DO RMB ESTÁ MARCADO COM A ESTRELA AZUL.....	126
FIGURA 58 - MAPA DE ISOSSISTAS DO SISMO DE PINHAL (SP).	127
FIGURA 59 - DISTRIBUIÇÃO DOS EVENTOS SÍSMICOS OCORRIDOS NOS ANOS DE 1789- 2011.	128
FIGURA 60 - RISCO SÍSMICO NA PROVÍNCIA SISMOTECTÔNICA DO EMBASAMENTO PRÉ-CAMBRIANO PARA VALORES CUMULATIVOS DE MAGNITUDE E INTERVALOS DE TEMPO DE 1 A 100 ANOS	129
FIGURA 61 - DESENHO ESQUEMÁTICO ILUSTRANDO A DIVISÃO DE HORIZONTES PROPOSTOS.	134
FIGURA 62 - FOTOGRAFIAS ILUSTRATIVAS DAS CARACTERÍSTICAS DESCRITIVAS DO LATOSSOLO MAPEADO, MOSTRANDO AS SUBDIVISÕES AO LONGO UM DOS PERFIS DESCRITO (PONTO RMB 25).	135
FIGURA 63 - DESENHO ESQUEMÁTICO ILUSTRANDO A DIVISÃO DE HORIZONTES PROPOSTOS.	137
FIGURA 64- FOTOGRAFIAS ILUSTRATIVAS EM QUE SE OBSERVA AS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS BEM COMO AS SUBDIVISÕES DOS HORIZONTES DESCRITOS (PONTO RMB 29).....	138

FIGURA 65 - FOTOGRAFIAS EVIDENCIANDO AS CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS DO HORIZONTE SUPERFICIAL A, OBSERVADO EM PLANTA (PONTOS RMB 18 E 68).....	140
FIGURA 66 - FOTOGRAFIAS ILUSTRANDO A DEFICIÊNCIA EM DRENO E CONTEÚDO DE MATÉRIA ORGÂNICA DO GLEISSOLO DESCRITO EM PLANTA(PONTO RMB 13).....	141
FIGURA 67 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DO RIO SOROCABA MONITORADOS PELA CETESB.....	147
FIGURA 68 – COMPORTAMENTO MÉDIAS DE PRECIPITAÇÃO MENSAL PARA OS PERÍODOS DE 1957-2004 (DAEE) E 2007-2011 (CENTRO EXPERIMENTAL DE ARAMAR).....	153
FIGURA 69 – COMPORTAMENTO MENSAL DAS VAZÕES MÍNIMA, MÉDIA E MÁXIMA DO RIO SOROCABA NO PERÍODO DE 1978 A 2004.....	154
FIGURA 70 – VISTA DO RIO SOROCABA NO PONTO PRETENDIDO PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA.....	158
FIGURA 71 – VISTA DO RIO SOROCABA NO PONTO PRETENDIDO PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA.....	158
FIGURA 72 – VISTA DO RIBEIRÃO DO FERRO NA PROPRIEDADE DO EMPREENDIMENTO.....	158
FIGURA 73 – VISTA DO RIBEIRÃO DO FERRO NA PROPRIEDADE DO EMPREENDIMENTO.....	158
FIGURA 74 - SUSCEPTIBILIDADE À INUNDAÇÃO NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO RMB.....	160
FIGURA 75 - NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITAÇÃO MENSAL PARA OS PERÍODOS DE 1961-1990 (INMET) E 2007-2011 (CENTRO EXPERIMENTAL DE ARAMAR).....	166
FIGURA 76 – USOS DE ÁGUA NA UGRH Nº 10.....	169
FIGURA 77 - SEÇÃO GEOLÓGICA ESQUEMÁTICA DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	179
FIGURA 78- FOTOGRAFIAS DO CORTE DE ESTRADA (SP 268) EM QUE SE OBSERVA O PADRÃO DO ARENITO FELDSPÁTICO (SUBARCÓSEO) DESCRITO, AGRUPADO NO COMPLEXO GRANÍTICO DE SOCORRO GUAXUPÉ.....	187
FIGURA 79 - FOTOMICROGRAFIAS QUE MOSTRAM O MAL SELECIONAMENTO DOS GRÃOS QUE DEFINEM O ARCABOUÇO E A REDUZIDA PROPORÇÃO DE MATRIZ PELÍTICA.....	189
FIGURA 80 -DIFRATOGRAMA DE RAIOS-X MOSTRANDO AS FASES MINERAIS OBSERVADAS E SUAS RESPECTIVAS RESPOSTAS.....	190
FIGURA 81 - CONTORNO ESTRUTURAL DA BASE DO AQUÍFERO TUBARÃO.....	192
FIGURA 82 - CAPACIDADE ESPECÍFICA DO AQUÍFERO TUBARÃO.....	194
FIGURA 83 - VAZÃO EXPLORÁVEL DO AQUÍFERO TUBARÃO.....	195
FIGURA 84 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DO AQUÍFERO TUBARÃO, SEGUNDO O DIAGRAMA DE PIPER.....	198
FIGURA 85 – LOCALIZAÇÃO DO PONTOS DE COLETA.....	200
FIGURA 86 - PRINCIPAIS SISTEMAS SINÓTICOS QUE ATUAM SOBRE O CONTINENTE SUL-AMERICANO.....	216
FIGURA 87 - PADRÃO CARACTERÍSTICO DE CIRCULAÇÃO SINÓTICA DE INVERNO (22 A 31 DE AGOSTO DE 1958).....	219
FIGURA 88 - PADRÃO CARACTERÍSTICO DE CIRCULAÇÃO SINÓTICA DE PRIMAVERA (21 A 28 DE SETEMBRO DE 1959). FONTE: ATLAS CLIMÁTICO PARA O ESTADO DE SÃO PAULO.....	220
FIGURA 89 - PADRÃO CARACTERÍSTICO DE CIRCULAÇÃO SINÓTICA DE VERÃO (14 A 20 DE FEVEREIRO DE 1960).....	221
FIGURA 90 - PADRÃO CARACTERÍSTICO DE CIRCULAÇÃO SINÓTICA DE OUTONO (25 A 30 DE ABRIL DE 1960).....	222
FIGURA 91 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA FREQUÊNCIA DA DIREÇÃO DO VENTO NO ESTADO DE SÃO PAULO.....	225
FIGURA 92 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSAIS DE TEMPERATURA DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	226
FIGURA 93 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS DE TEMPERATURAS MÁXIMAS DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	226
FIGURA 94 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS DE TEMPERATURAS MÍNIMAS DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	227
FIGURA 95 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS DE UMIDADE DO AR DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	228
FIGURA 96 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	229
FIGURA 97 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA EM 24 H DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	229

FIGURA 98 - TOPOGRAFIA DA REGIÃO DE IPERÓ-SP.	230
FIGURA 99 - TOPOGRAFIA DA REGIÃO DO RMB.	232
FIGURA 100 - ALTURA DA CAMADA DE MISTURA AO LONGO DOS MESES COM BASE EM 5 ANOS DE DADOS DE METEOROLOGIA (SUPERFÍCIE E RADIOSSONDAGEM) DE CAMPO DE MARTE, CALCULADA COM O AERMET.	238
FIGURA 101 - ALTURA DA CAMADA DE MISTURA AO LONGO DAS HORAS DO DIA COM BASE EM 5 ANOS DE DADOS DE METEOROLOGIA (SUPERFÍCIE E RADIOSSONDAGEM) DE CAMPO DE MARTE, CALCULADA COM O AERMET.	238
FIGURA 102 - VALORES DE REDUZIDOS AO NÍVEL DE 10 M, A PARTIR DOS NÚMEROS DE RICHARDSON.....	246
FIGURA 103 - VARIÁVEL DE ESTABILIDADE DE OBUKHOV , REDUZIDA A 10 M, A PARTIR DE DIFERENÇAS DE TEMPERATURA E DE VELOCIDADE ENTRE OS NÍVEIS DE 10 E 60 M, PARA A PRIMAVERA DE 2010.	247
FIGURA 104 - VARIÁVEL DE ESTABILIDADE DE OBUKHOV , REDUZIDA A 10 M, A PARTIR DE DIFERENÇAS DE TEMPERATURA E DE VELOCIDADE ENTRE OS NÍVEIS DE 10 E 60 M, PARA O VERÃO DE 2010.....	247
FIGURA 105 - VARIÁVEL DE ESTABILIDADE DE OBUKHOV , REDUZIDA A 10 M, A PARTIR DE DIFERENÇAS DE TEMPERATURA E DE VELOCIDADE ENTRE OS NÍVEIS DE 10 E 60 M, PARA O OUTONO DE 2010.....	248
FIGURA 106 - VARIÁVEL DE ESTABILIDADE DE OBUKHOV , REDUZIDA A 10 M, A PARTIR DE DIFERENÇAS DE TEMPERATURA E DE VELOCIDADE ENTRE OS NÍVEIS DE 10 E 60 M, PARA O INVERNO DE 2010.	248
FIGURA 107 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O ANO DE 2004.	254
FIGURA 108 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O ANO DE 2005.	254
FIGURA 109 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O ANO DE 2006.	254
FIGURA 110 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O ANO DE 2007.	254
FIGURA 111 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O ANO DE 2008.	255
FIGURA 112 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O ANO DE 2009.	255
FIGURA 113 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O ANO DE 2010.	255
FIGURA 114 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O ANO DE 2011.	255
FIGURA 115 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O MÊS DE JANEIRO (2004 A 2011).	258
FIGURA 116 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O MÊS DE FEVEREIRO (2004 A 2011).	258
FIGURA 117 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O MÊS DE MARÇO (2004 A 2011).	258
FIGURA 118 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O MÊS DE ABRIL (2004 A 2011).	258
FIGURA 119 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O MÊS DE MAIO (2004 A 2011).	259
FIGURA 120 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O MÊS DE JUNHO (2004 A 2011).	259
FIGURA 121 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O MÊS DE JULHO (2004 A 2011).	259
FIGURA 122 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O MÊS DE AGOSTO (2004 A 2011).	259
FIGURA 123 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O MÊS DE SETEMBRO (2004 A 2011).	260
FIGURA 124 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O MÊS DE OUTUBRO (2004 A 2011).	260
FIGURA 125 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O MÊS DE NOVEMBRO (2004 A 2011).	260
FIGURA 126 - ROSA-DOS-VENTOS A 10 METROS DO SOLO PARA O MÊS DE DEZEMBRO (2004 A 2011).	260
FIGURA 127 - TEMPERATURA MÉDIA MENSAL NA TORRE METEOROLÓGICA DE ARAMAR.....	261
FIGURA 128 - PRESSÃO ATMOSFÉRICA MÉDIA MENSAL NA TORRE METEOROLÓGICA DE ARAMAR.	262
FIGURA 129 - UMIDADE RELATIVA MÉDIA MENSAL NA TORRE METEOROLÓGICA DE ARAMAR.	264
FIGURA 130 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL DE CINCO ANOS (2007 A 2011) NA TORRE METEOROLÓGICA DE ARAMAR.	265

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1 – ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO MEIO SOCIOECONÔMICO.	49
MAPA 2 – ÁREAS DE INFLUÊNCIA DOS MEIOS FÍSICO E BIÓTICO.	50
MAPA 3 – GEOLOGIA.	61
MAPA 4 – GEOLOGIA DA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA.	68
MAPA 5 – PROCESSOS MINERÁRIOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO MEIO FÍSICO.	86
MAPA 6 – GEOMORFOLOGIA.	89
MAPA 7 - PONTOS DE SONDAGENS REALIZADAS NA ÁREA DO RMB.	94
MAPA 8 - ERODIBILIDADE DO SOLO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO MEIO FÍSICO.	97
MAPA 9 – ÁREAS PREFERENCIAIS DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL.	101
MAPA 10 - FISSURAS GEOLÓGICAS.	105
MAPA 11 - LITOLOGIA GEOTÉCNICA.	106
MAPA 12 - ESPELEOLOGIA.	113
MAPA 13 – PEDOLOGIA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA DO MEIO FÍSICO.	132
MAPA 14 – PEDOLOGIA DA ÁREA DIERETAMENTE AFETADA.	142
MAPA 15 – HIDROGRAFIA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA DO MEIO FÍSICO.	144
MAPA 16 - USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DO MEIO FÍSICO.	163
MAPA 17 – HIDROVIA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA DO MEIO FÍSICO.	170
MAPA 18 – HIDROGEOLOGIA.	185
MAPA 19 - POÇOS PROFUNDOS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA DO MEIO FÍSICO.	210
MAPA 20 – POTENCIOMETRIA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA DO MEIO FÍSICO.	211
MAPA 21 - VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DO AQUIFERO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA DO MEIO FÍSICO.	213

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1- COORDENADAS GEOGRÁFICAS DOS PONTOS/TRANSECTOS AMOSTRAIS.....	13
QUADRO 2 - CLASSES DE FRAGILIDADE ASSOCIADAS À DECLIVIDADE.	98
QUADRO 3 - CLASSES DE FRAGILIDADES ASSOCIADAS À MORFOLOGIA DAS VERTENTES.....	98
QUADRO 4 - CLASSES DE FRAGILIDADES ASSOCIADAS À MATERIAIS DE COBERTURA DETRÍTICA.....	98
QUADRO 5 - DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DAS REDES DE MONITORAMENTO 2011 – RIO SOROCABA.	146
QUADRO 6 - CLASSIFICAÇÃO DE USO DO RECURSO HÍDRICO DE ACORDO COM A NORMA 717 DE 1996.	160
QUADRO 7 - CLASSIFICAÇÃO DE USO DE RECURSO HÍDRICO DE ACORDO COM A NORMA 717 DE 1996.....	161
QUADRO 8 - USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA.	162
QUADRO 9 - QUANTIFICAÇÃO DOS USOS CONSUNTIVOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA E DIRETA.	164

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – TERMO FONTE LIBERADO POR UM REATOR EM CONDIÇÕES NORMAIS DE OPERAÇÃO (ANSTO, 2008).	40
TABELA 2 – FREQUÊNCIA, VELOCIDADE E DIREÇÃO DO VENTO DE 2005 A 2008.	41
TABELA 3 - OCORRÊNCIAS MINERAIS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA.	71
TABELA 4 - REQUERIMENTOS PROTOCOLADOS JUNTO AO DNPm.	76
TABELA 5 - UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO.	87
TABELA 6 - DOMÍNIOS GEOMORFOLÓGICOS NA AII.....	88
TABELA 7 - VALORES MEDIANOS DE ERODIBILIDADE PARA AS PRINCIPAIS CLASSES DE SOLO (CARVALHO, 1994).....	96
TABELA 8 - DOMÍNIOS GEOMORFOLÓGICOS NA AII E COMPARAÇÃO COM CLASSES DE FRAGILIDADES.	98
TABELA 9 - SONDAGENS REALIZADAS PELA INTERTECHNE CONSULTORES S.A.....	108
TABELA 10 - CLASSIFICAÇÃO DE ROCHAS A PARTIR DA RESISTÊNCIA EM ENSAIOS DE COMPRESSÃO UNIAxIAL.....	110
TABELA 11 - CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ROCHA A PARTIR DO GRAU DE FRATURAMENTO.....	111
TABELA 12 – CAVERNAS LOCALIZADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA.	111
TABELA 13 - ESCALA DE INTENSIDADE DE MERCALLI MODIFICADA (MM)	115
TABELA 14 - CLASSIFICAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES.....	116
TABELA 15 - PRINCIPAIS SISMOS REGIONAIS COM INTENSIDADE SUPERIOR A 4,0.	119
TABELA 16 - QUANTIDADE DE SISMOS OCORRIDO NA ÁREA DE INTERESSE.	127
TABELA 17 - MÉDIAS DE 2011 E PARA O PERÍODO 2006 A 2010, DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS DE QUALIDADE – RIO SOROCABA.	149
TABELA 18 - MÉDIAS DE 2011 E PARA O PERÍODO 2006 A 2010, DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS DE QUALIDADE – RIO SOROCABA. (CONTINUAÇÃO)	150
TABELA 19 - RESULTADOS MENSIS E MÉDIA ANUAL DO IQA – 2011 – RIO SOROCABA.	151
TABELA 20 – ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS EXISTENTES NA UGRH Nº 10.	151
TABELA 21 - MÉDIAS DE PRECIPITAÇÃO MENSAL PARA OS PERÍODOS DE 1957-2004 (DAEE) E 2007-2011 (CENTRO EXPERIMENTAL DE ARAMAR).....	152
TABELA 22 – ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS EXISTENTES NO RIO SOROCABA.....	153
TABELA 23 – MÉDIAS MENSIS DE VAZÃO DO RIO SOROCABA.....	153
TABELA 24 - OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL NATURAL E DE CONTRIBUIÇÃO DE BACIAS OU UGRHIS VIZINHAS.	156
TABELA 25 - TIPOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA.	165
TABELA 26 - TIPOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA.	165
TABELA 27 - TIPOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA.	166
TABELA 28 - TIPOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA.	167
TABELA 29 - USINAS HIDRELÉTRICAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA.....	167
TABELA 30 - CLASSES DE USO DAS ÁGUAS SEGUNDO A RESOLUÇÃO CONAMA.	172
TABELA 31 - VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS ESTABELECIDOS.....	172
TABELA 32 - IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS COM AMOSTRAGEM DE ÁGUA.....	174
TABELA 33 - ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E BIOLÓGICA DE AMOSTRAS DE ÁGUA DO RIO SOROCABA E RIBEIRÃO DO FERRO.....	174
TABELA 34 - CONTRIBUIÇÕES UNITÁRIAS DE FÓSFORO TÍPICAS (VON SPERLING, 1986).....	176
TABELA 35 - PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO IQA E RESPECTIVO PESO.....	177
TABELA 36 - CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA.	178
TABELA 37 - ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE AMOSTRAS DO RIO SOROCABA E RIBEIRÃO DO FERRO.....	178
TABELA 38 - SÍNTESE DAS CARACTERÍSTICAS GERAIS DO AQUÍFERO TUBARÃO.	193

TABELA 39 - SÍNTESE DOS RESULTADOS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA O AQUIFERO TUBARÃO NO PERÍODO 2007 A 2009.	196
TABELA 40 – RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO, QUÍMICA E BIOLÓGICA DE AMOSTRAS DE ÁGUA DO LAGO DA FLONA IPANEMA.	200
TABELA 41 - RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO, QUÍMICA E BIOLÓGICA DE AMOSTRAS DE ÁGUA DE POÇO ARTESIANO LOCALIZADO NA AID.	204
TABELA 42 - CLASSIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE ESTABILIDADE VERTICAL E HORIZONTAL SEGUNDO PASQUILL.	240
TABELA 43 - CLASSIFICAÇÃO DE PASQUILL-GIFFORD DA ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA.	241
TABELA 44 - ALTURAS z* EQUIVALENTES PARA MEDIDAS EM DOIS NÍVEIS (TODOS OS DADOS EM M).	244
TABELA 45 - DISTRIBUIÇÃO HORÁRIA DA VELOCIDADE DO VENTO MÉDIA ESCALAR EM FUNÇÃO DOS MESES DO ANO.	250
TABELA 46 - NÚMERO DE HORAS COM VENTOS NAS DIREÇÕES HORIZONTAIS DE 0° A 360° DIVIDIDO EM 16 SETORES DE 22,5 E VELOCIDADES ACIMA DE 0,3 M/S, NO PERÍODO DE 2005 A 2011.	253
TABELA 47 - PERCENTUAL DE OCORRÊNCIA DE CALMARIAS E DE VENTO NA DIREÇÃO DE PREDOMINÂNCIA (SSE).	256
TABELA 48 - TEMPERATURA MENSAL MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA PARA O PERÍODO DE 2007 A 2011.	261
TABELA 49 - MÉDIAS MENSAIS DA TEMPERATURA NOS ANOS ENTRE 2007 E 2011.	262
TABELA 50 - PRESSÃO ATMOSFÉRICA MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA MENSAL NA TORRE METEOROLÓGICA DE ARAMAR, PARA O PERÍODO DE 2007 A 2011.	263
TABELA 51 - MÉDIAS MENSAIS DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA NOS ANOS ENTRE 2007 E 2011.	263
TABELA 52 - UMIDADE RELATIVA MÉDIA MENSAL NA TORRE METEOROLÓGICA DE ARAMAR.	264
TABELA 53 - MÉDIAS MENSAIS DA UMIDADE RELATIVA NOS ANOS ENTRE 2007 E 2011.	264
TABELA 54 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA MENSAL, NA TORRE METEOROLÓGICA DE ARAMAR, NO PERÍODO DE 2007 A 2011.	266
TABELA 55 - MÉDIAS MENSAIS DA PRECIPITAÇÃO NOS ANOS ENTRE 2007 E 2011.	266

6 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA

6.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

6.1.1 MEIO FÍSICO

6.1.1.1 Geologia

A análise da geologia foi feita a partir de dados secundários, obtidos do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, de estudos publicados por Universidades e periódicos, do EIA/RIMA do Centro Experimental Aramar – CEA, e, de levantamentos realizados em campo pela empresa que elaborou o Projeto Básico do RMB.

Por meio de imagens de satélite e observações de campo, foi feita a caracterização geológica da área e elaborado o mapa geológico.

6.1.1.1.1 Etapa Pré-Campo

Com a utilização de Imagens de Satélites, *World View 2* e *Google Earth (GeoEye)* foram definidos os locais principais a serem detalhados (Jensen, 2009), planejamento da navegação em campo, avaliação do padrão geomorfológico (aspectos fisiográficos, gradiente topográfico, padrões das redes de drenagens) e definição de zonas homólogas, estabelecidas de acordo com as seguintes abordagens.

6.1.1.1.1.1 Fotogeologia

Essa etapa foi dividida em Fotoleitura, Fotoanálise e Fotointerpretação (Soares & Fiori, 1976), pelos seus aspectos na foto aérea ou imagem de satélite.

Foto-leitura

Baseia-se no reconhecimento do posicionamento das feições da superfície terrestre, naturais ou artificiais. Atenta-se para as características da imagem como: escala, vegetação, drenagem, relevo, textura, estruturas, entre outras.

Foto-Análise

Consiste em separar qualquer objeto em suas partes ou elementos constituintes, o exame separadamente, bem como sua relação com o todo.

Foto-Interpretação

Visa à identificação e a avaliação por métodos indutivos, dedutivos e comparativos o significado, função e relação dos objetos que compõem a imagem.

A definição das porções prioritárias para detalhamento baseou-se na visualização espacial (Meneses, 2004) dos limites planejados para a construção civil, sendo definidas zonas homólogas de acordo com as seguintes abordagens.

6.1.1.1.2 Rede de Drenagens

O padrão observado para as drenagens dentro da ADA apresenta tropia bidirecional, densidade baixa a moderada e elevada sinuosidade (Figura 1). Esses aspectos devem ser ressaltados e avaliados através dos produtos de sensores remotos devido ao condicionamento lito-estrutural que os litotipos ou *Solum* exercem no padrão geomorfológico, guiando a definição das áreas prioritárias a serem investigadas.

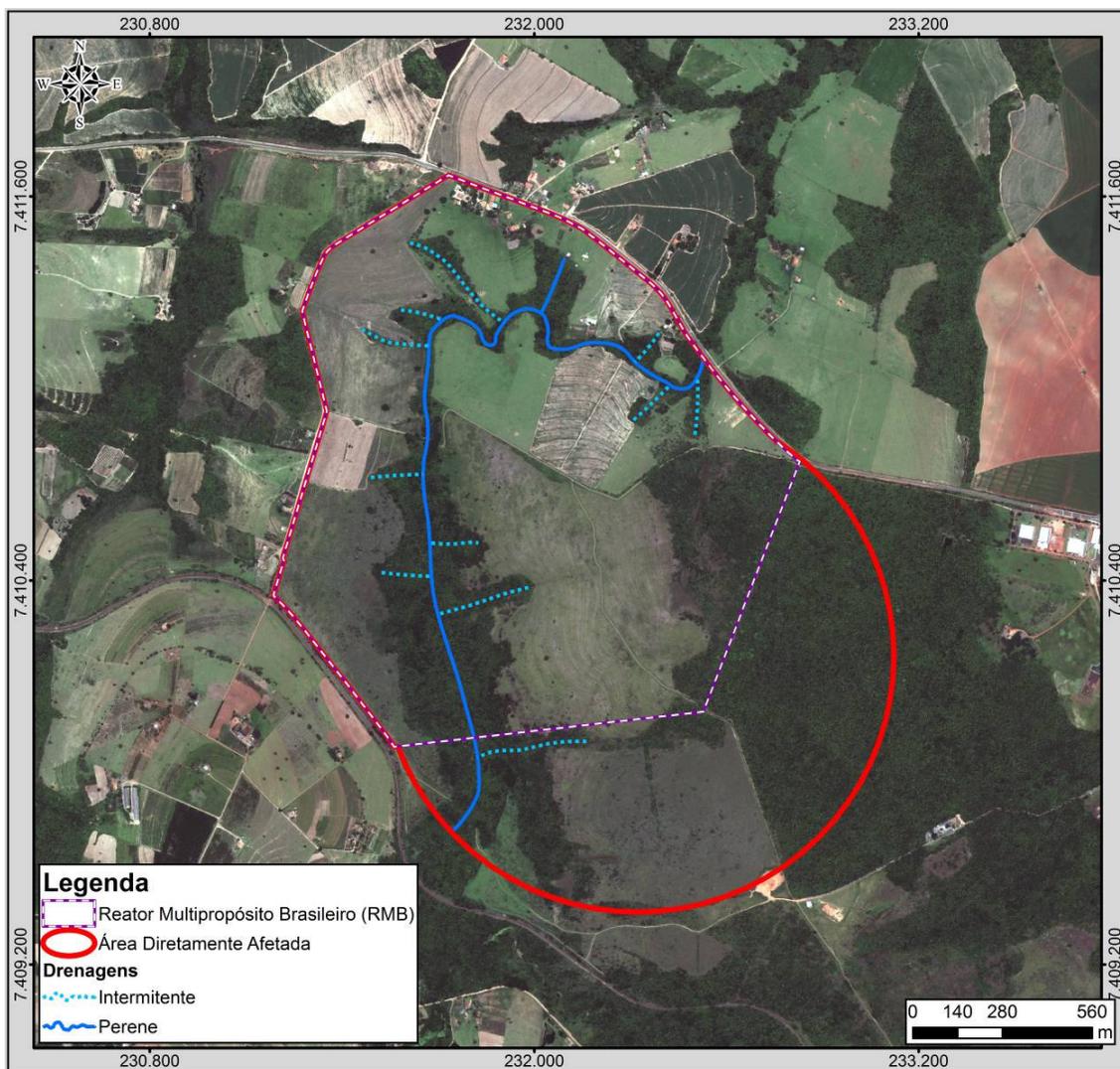


Figura 1- Imagem de satélite (*World View 2*) que destaca o limite da ADA, área de construção do Reator de Multipropósito Brasileiro, os rios perenes e intermitentes em formato vetorial (*shapefile*), bem como seus aspectos morfológicos.

6.1.1.1.3 Quebras de Relevo

A definição de mudanças abruptas no gradiente topográfico caracteriza as quebras positivas no relevo, que geralmente associam-se a maiores cotas de um determinado terreno e marcam alinhamentos de serras, montes ou morros testemunhos. As quebras negativas, no caso de cartografia, apresentam maior importância, pois normalmente expõem regiões de vales, menores cotas e depressões topográficas, facilitando na definição dos contatos entre unidades de mapeamento distintas e guiando os caminhamentos (Figura 2).

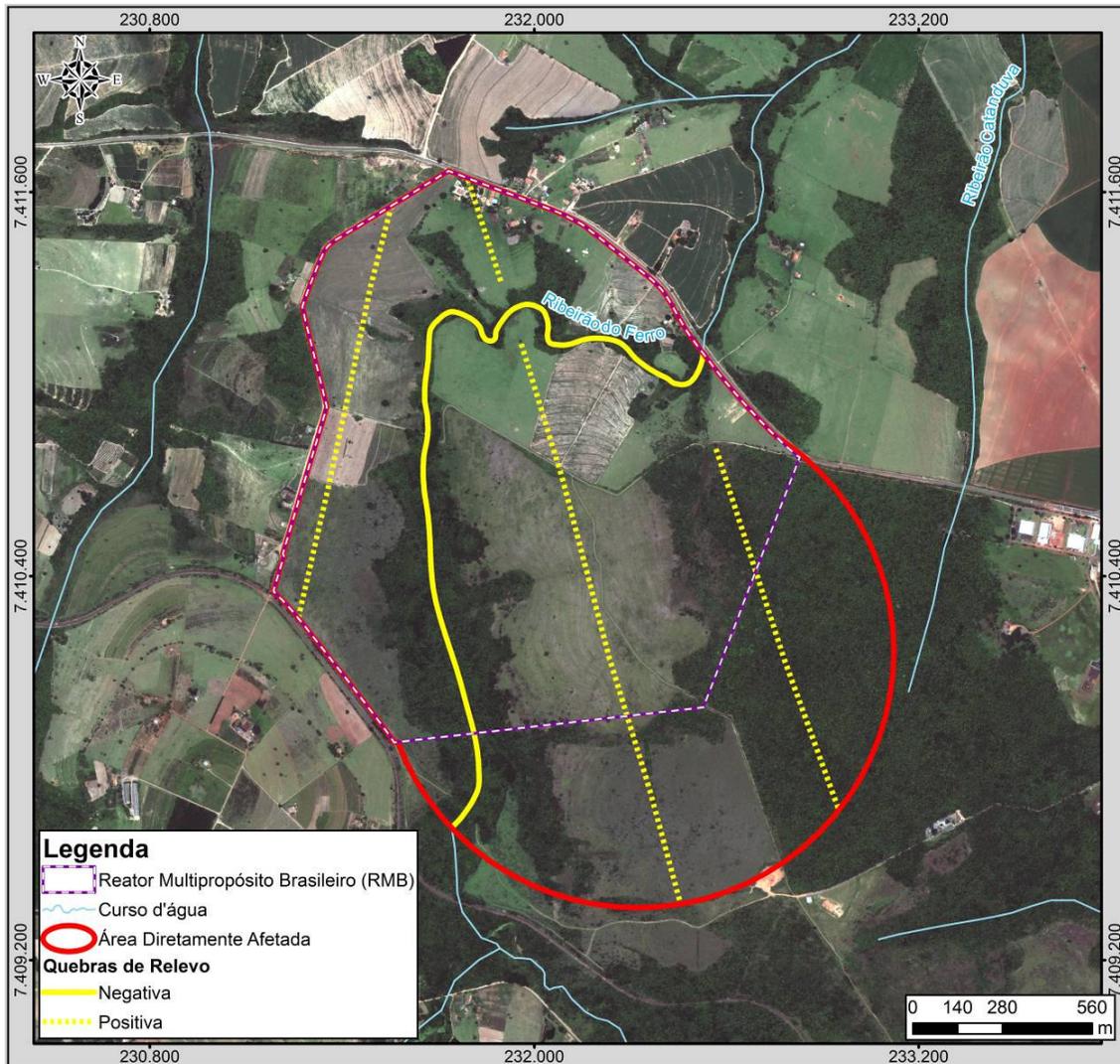


Figura 2 - Imagem de satélite (*World View 2*) que destaca o limite da ADA, área de construção do Reator de Multipropósito Brasileiro e as quebras de relevo fotointerpretadas.

Após a interpretação e integração das informações, foram propostos domínios que apresentam características geomorfológicas semelhantes que definem as zonas homólogas propostas (Figura 3).

Zona Homóloga 1

Definida por situar-se nas maiores altitudes dentro da ADA, ausência de rios de qualquer tipo e ordem de grandeza e condicionada pela ação antrópica (uso do solo para cultivo de imensas plantações de monoculturas - cana de açúcar, milho e *Brachiaria decumbens*).

Zona Homóloga 2

Foi caracterizada por situar-se nas menores cotas, onde se encontra os rios (perenes e intermitentes) e maior preservação da vegetação-(Mata de Galeria).

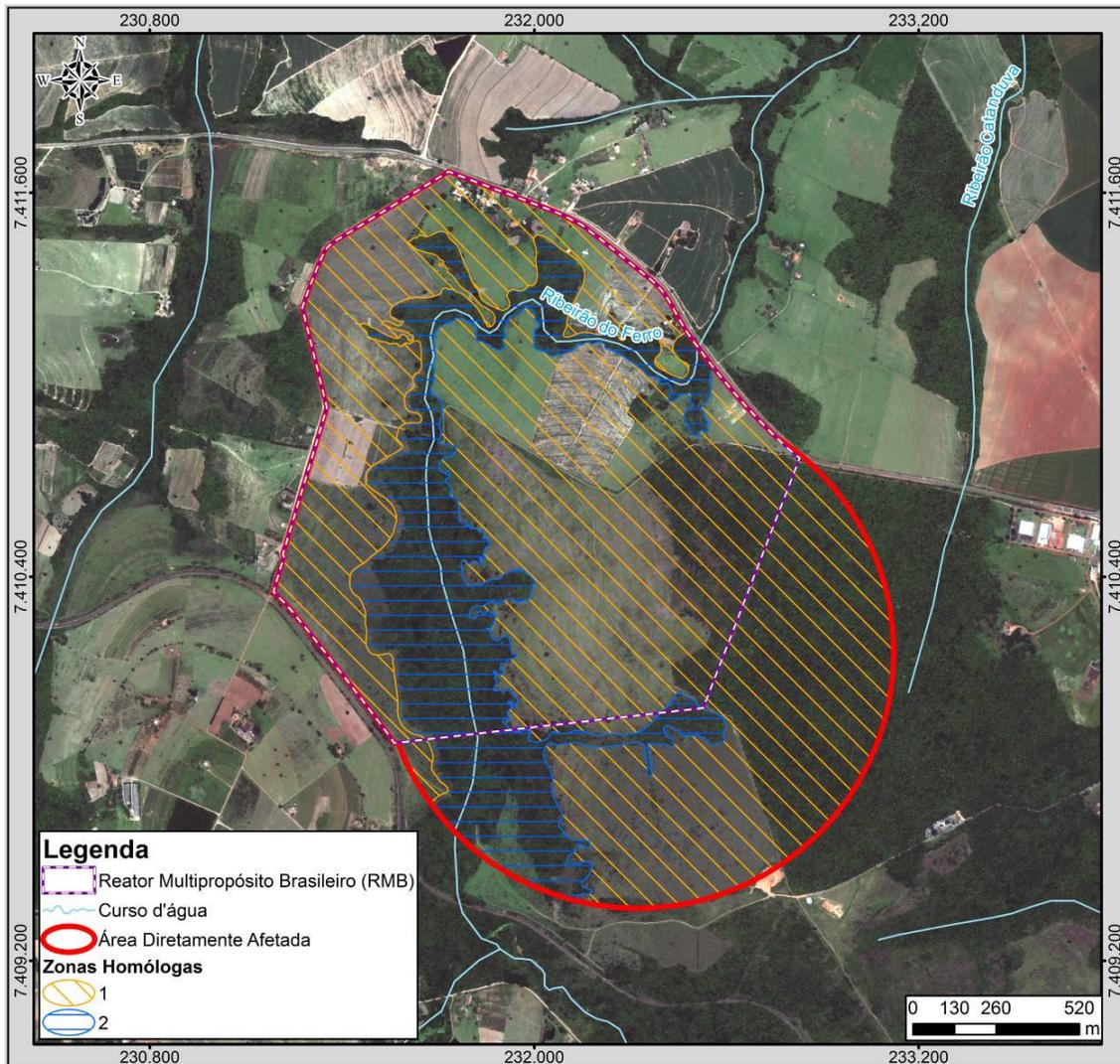


Figura 3 - Imagem de satélite (*World View 2*) que destaca o limite da ADA, área de construção do Reator de Multipropósito Brasileiro e as zonas homólogas definidas.

6.1.1.1.2 Etapa de Campo

O detalhamento da área referente ao empreendimento onde será realizada a edificação do reator e suas respectivas instalações foi feito de forma sistemática, usando de técnicas

condizentes com as estipuladas nas literaturas pertinentes (Barnes, 1981). Apoiado em perfis orientados, preferencialmente de Oeste para Leste, foram realizadas as descrições dos pontos visitados, levantamento dos dados e classificação dos materiais de naturezas distintas, sendo observados freqüentemente solos e eventualmente rochas (Figura 4).

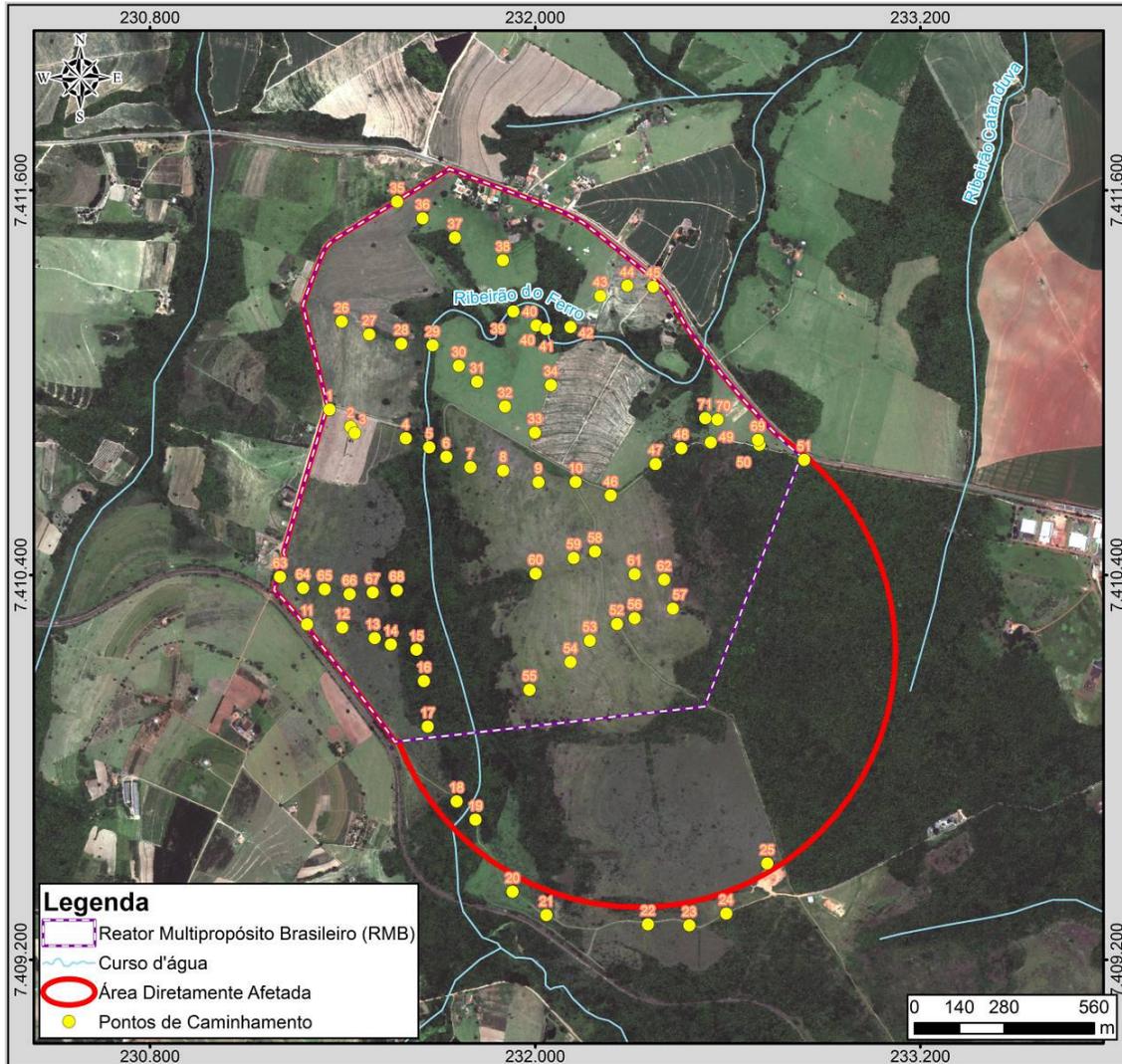


Figura 4 - Imagem de satélite (World View 2) que destaca o limite da ADA em vermelho, área de construção do Reator de Multipropósito Brasileiro em tons de lilás e os pontos descritos em campo, em amarelo.

6.1.1.1.3 Etapa Pós-Campo

Realizado o levantamento, processamento e interpretação dos dados, foram elaborados os mapas pedológicos e geológicos. Através da descrição dos tipos de rochas amostrados pela sondagem em diferentes pontos de coleta, análise do empilhamento estratigráfico, petrografia, descrições de campo obteve-se subsídios e espaço amostral suficiente para a sugestão de modelo de subsuperfície integrado bem como a melhor compreensão das variações laterais definidas na bacia de deposição (Cordani *et al.*,1984). Concluída essa

etapa, foi possível melhor compreensão da geometria, limites cartográficos e as condições mecânicas do terreno.

6.1.1.2 Geomorfologia

A análise geomorfológica foi desenvolvida a partir de dados secundários, por meio da delimitação das grandes formas de relevo com base em imagens de sensoriamento remoto e de uma revisão bibliográfica de estudos e projetos já realizados na área. O levantamento topográfico foi feito pela empresa que elaborou o projeto.

Em campo, foram avaliados aspectos associados à relação entre declividade do terreno e propensão à erosão, identificando a existência de feições erosivas e os locais preferenciais de carreamento e deposição final dos materiais erodidos. Em gabinete foi feita a análise geotécnica com base na geologia, geomorfologia e tipo de solos.

6.1.1.3 Pedologia

A classificação dos solos ocorreu baseada em dados secundários de trabalhos realizados na região e dados de sondagem realizados pela empresa projetista do RMB. A classificação dos solos foi feita de acordo com o Novo Sistema de Classificação de Solos de 2006, da EMBRAPA. A avaliação das condições pedológicas é feita em conjunto com o mapeamento geológico e geomorfológico, dado o relacionamento direto entre estes temas, especialmente no que tange à existência de processos erosivos.

6.1.1.4 Hidrologia e Hidrogeologia

A análise hidrológica e hidrogeológica foi feita a partir de dados secundários de trabalhos realizados na região, incluindo análise química e biológica de amostragem de água feita em campo. A análise hidrológica foi baseada no Atlas Socioambiental - Um retrato da Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê e a hidrogeologia foi feita a partir de dados do Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo.

6.1.1.5 Sismologia

Os dados para a elaboração desse relatório foram extraídos do Boletim Sísmico Brasileiro que é continuamente atualizado pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. Também foram utilizados dados da CPRM, do relatório local do Centro Experimental ARAMAR-CEA e dados do observatório sísmológico nacional. Para uma caracterização regional utilizou-se o zoneamento sísmológico do Estado de São Paulo elaborado pelo IPT.

Para uma interpretação sobre a caracterização sísmica foram feitas análises pela Berrocal & Associados – Soluções e Inovações Geofísicas Ltda, encomendado pela projetista do RMB (Intertechne). No estudo de caracterização sísmica da área foram realizadas estatísticas com os eventos sísmicos que ocorreram dos anos 1720 até 2011, esses dados foram úteis para a interpretação de possíveis riscos sísmicos, bem como recorrência em anos. As

análises estatísticas de ocorrências dos sismos foram realizadas utilizando os dados da IAG USP, que por sua vez possuem ampla abrangência, envolvendo os estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo e Santa Catarina.

6.1.1.6 Meteorologia

A análise meteorológica foi feita a partir de dados secundários, obtidos do Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo (IGG), Departamento de História e Geografia da Universidade de São Paulo (IHeG/USP), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e dados obtidos da Torre Meteorológica do Centro Experimental ARAMAR (CEA).

6.1.2 MEIO BIÓTICO

O diagnóstico ambiental do meio biótico para as áreas de influência do empreendimento objeto deste Estudo de Impacto Ambiental foi realizado em três etapas.

A primeira etapa consistiu em um extenso levantamento de dados secundários, com objetivo de levantar as seguintes informações para a área de influência do empreendimento:

- Descrição da cobertura vegetal, com identificação das fitofisionomias e das espécies arbóreas de interesse ecológico, econômico e científico, bem como o mapeamento de áreas de ocorrência destas espécies na área de influência;
- Descrição da fauna de vertebrados terrestres e aquáticos incluindo considerações acerca do estado de conservação da comunidade;
- Indicação de espécies em risco;
- Relações entre flora e fauna;
- Determinação de espécies bioindicadoras de radionuclídeos.

A segunda etapa consistiu na aquisição de dados primários por meio de duas campanhas de coleta de dados primários de 06 dias, uma na estação chuvosa (23 a 28/04/2012) e outra na estação seca (17 a 20/09/2012) considerando-se, assim, os eventuais efeitos da sazonalidade na dinâmica populacional dos grupos taxonômicos estudados.

Tanto na primeira, como na segunda campanha de coleta foram amostrados quatro transectos de caracterização de ambientes terrestres e dois pontos de caracterização da ictiofauna. Anteriormente, preveu-se a realização de coleta no ribeirão do Ferro, no entanto, devido às suas características de profundidade e transparência, o mesmo não comporta ictiofauna no limite de tamanho contemplado pelos apetrechos de pesca, 30 mm. Em ambas as campanhas a coleta foi realizada tanto em rio como em açude. Os organismos coletados em campo foram, em sua maioria, identificados no local e devidamente fotografados, medidos e pesados. Os organismos capturados foram soltos sempre que possível ainda com vida.

A terceira e última etapa consistiu na consolidação de todos os dados obtidos, sejam eles secundários ou primários, associada a análises de riqueza, abundância e similaridade da área de influência direta e da área diretamente afetada.

Obtido o diagnóstico da flora e fauna local, foram elencados espécies e grupos de espécies bioindicadoras de alteração da qualidade ambiental.

Por fim, apresenta-se uma caracterização de todas as unidades de conservação, federais, estaduais ou municipais, existentes a uma distância de 03 km do empreendimento, destacando-se suas características e principais objetivos.

A equipe executora deste diagnóstico ambiental para o meio biótico contou com profissionais da Unicamp e da MRS Estudos Ambientais Ltda.

6.1.2.1 Área de Estudo

A definição da área de estudo se difere, prioritariamente em função dos ambientes:

- Terrestre (Flora e fauna, com exceção da ictiofauna);
- Aquático (Ictiofauna).

Assim, para o ambiente terrestre foram definidos transectos, e para o ambiente aquático, pontos de coleta, com a seguinte descrição:

- 04 transectos para caracterização de ambientes terrestres (Figura 5 e Figura 6), todos integralmente ou parcialmente dentro da Área Diretamente Afetada do empreendimento:
 - ✓ Os transectos 1, 3 e 4 cobrem a extensão de fragmentos de vegetação que propiciam um adensamento amostra;
 - ✓ O transecto 2 representa um ambiente antropizado (cultivo de cana abandonado).
- 03 pontos de coleta para caracterização de ambientes aquáticos (Figura 7).
 - ✓ Todos os pontos se incluem na Área de Influência Direta.
 - ✓ Em função de restrições para o deslocamento da equipe dentro da área de propriedade da Marinha do Brasil, houve uma alteração do Ponto 2 (rio Ipanema), o qual foi deslocado na, segunda campanha, cerca de 350 metros à jusante do ponto original, em direção da ponte da estrada de Bacaetava-Sorocaba;
 - ✓ Na segunda campanha, foi possível realizar a campanha em ambiente lótico e lêntico no P3 (rio Sorocaba), como demonstrado na Figura 9.
- As coordenadas dos transectos e dos pontos de coleta estão apresentadas no Quadro 1.

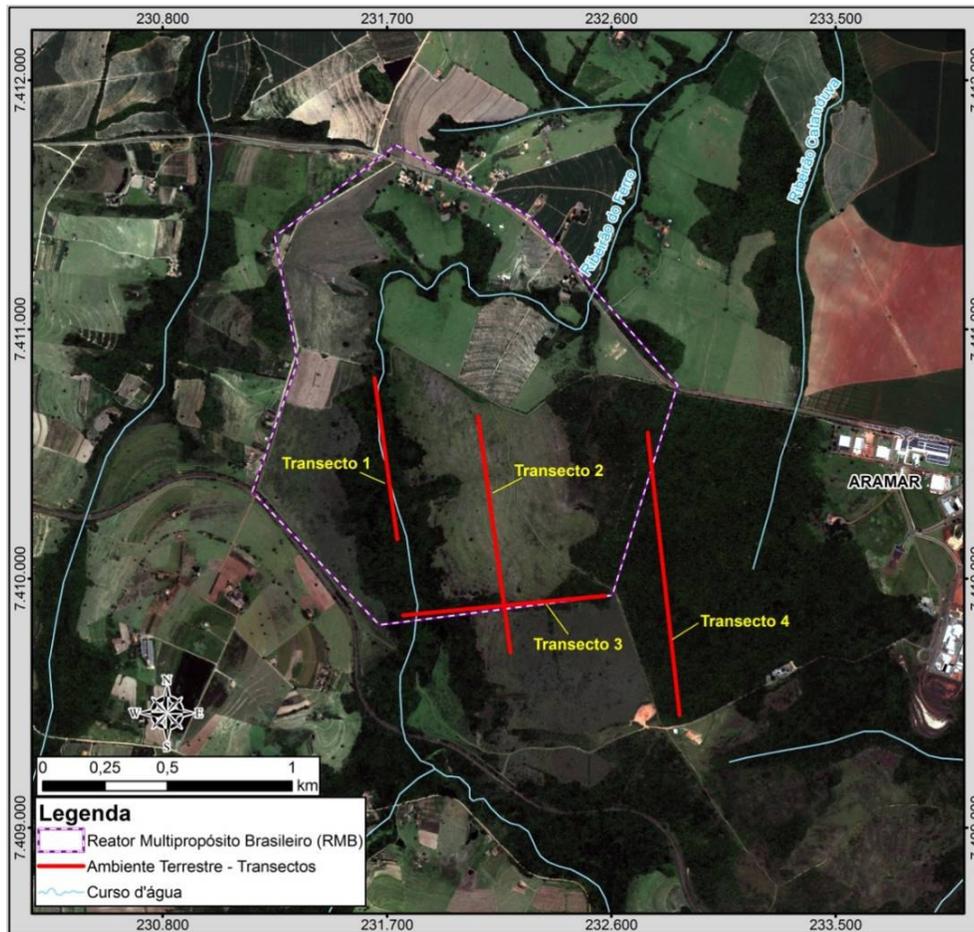


Figura 5 – Transectos de coleta de dados primários – ambiente terrestre.



Figura 6 – Imagem da vegetação dos Transectos 1,2,3 e 4.

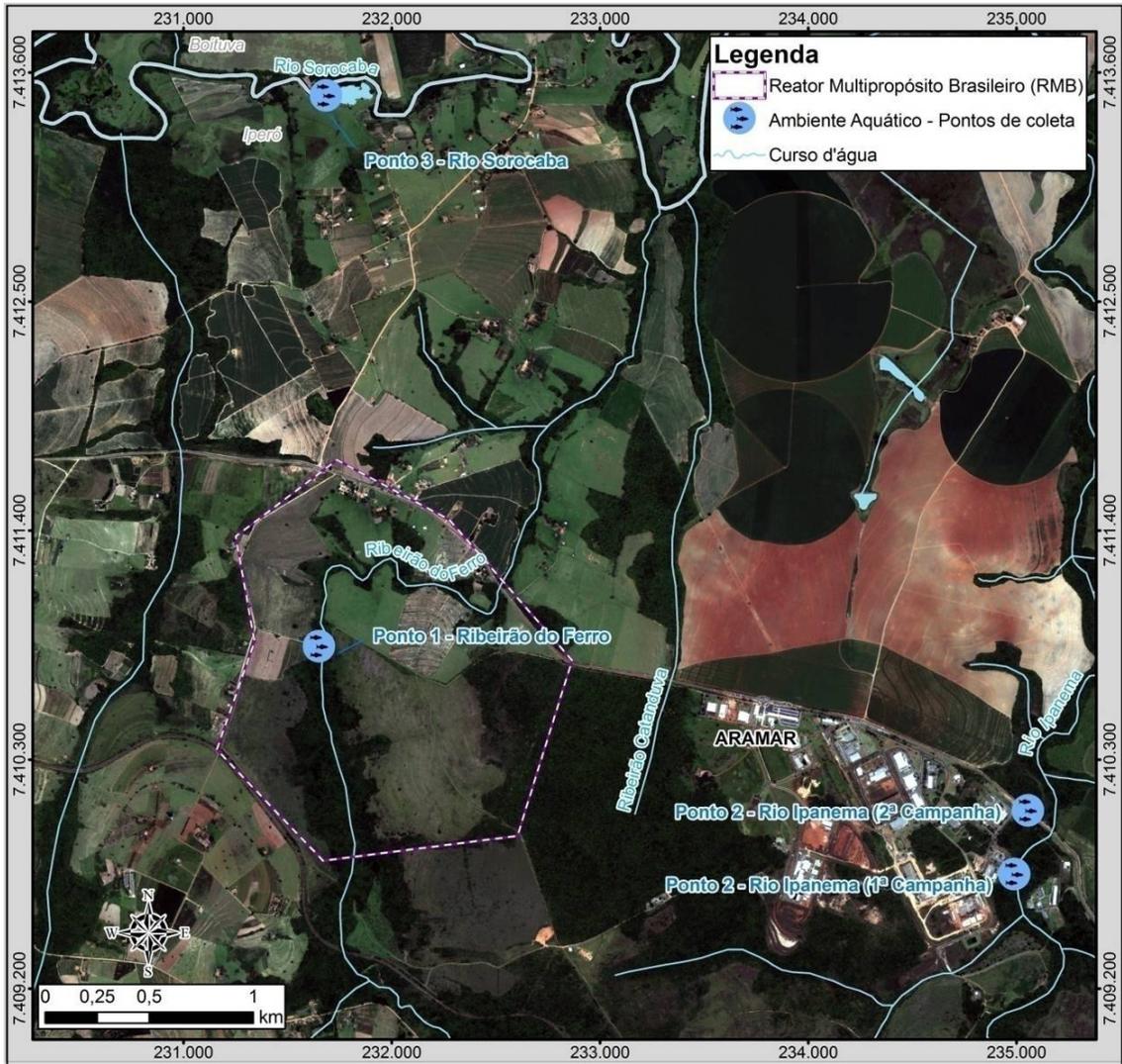


Figura 7 – Pontos de coleta de dados primários – ambiente aquático.



Figura 8 – Pontos de Coleta 1,2,3 (lótico).



Figura 9 – Ponto de Coleta em ambiente lântico (P3).

Quadro 1- Coordenadas Geográficas dos Pontos/Transectos Amostrais

Pontos/Transectos	Coordenadas Geográficas	Cumprimento (metros)
Ponto 1 – ribeirão do Ferro	Lat.: 23°23'25.13"S Long.: 47°37'31.89"O	Não se aplica
Ponto 2 – rio Ipanema (1ª Campanha)	Lat.: 23°24'2.50"S Long.: 47°35'34.55"O	Não se aplica
Ponto 2 – rio Ipanema (2ª Campanha)	Lat.: 23°23'52,26"S Long.: 47°37'27.98"O	Não se aplica
Ponto 3 – rio Sorocaba	Lat.: 23°21'58.92"S Long.: 47°37'27.98"O	Não se aplica
Transecto 1 - Início	Lat.: 23°23'25.13"S Long.: 47°37'31.89"O	650
Transecto 1 - Fim	Lat.: 23°23'47.99"S Long.: 47°37'29.37"O	
Transecto 2 - Início	Lat.: 23°23'31.34"S Long.: 47°37'18.01"O	950
Transecto 2 - Fim	Lat.: 23°24'3.51"S Long.: 47°37'11.07"O	
Transecto 3 - Início	Lat.: 23°23'56.29"S Long.: 47°37'28.06"O	810
Transecto 3 - Fim	Lat.: 23°23'54.20"S Long.: 47°37'3.67"O	
Transecto 4 - Início	Lat.: 23°24'10.82"S Long.: 47°36'49.20"O	1140
Transecto 4 - Fim	Lat.: 23°23'35.25"S Long.: 47°36'52.60"O	

6.1.2.2 Flora

6.1.2.2.1 Levantamento Florístico

O levantamento florístico foi realizado por meio do pelo estabelecimento de parcelas nos transectos 1, 3 e 4 (Figura 10).

- No transecto 2 não foi realizado levantamento, pois se trata de um campo de cultivo de cana de açúcar abandonado.

Foram colocadas 3 parcelas com área de 10 x 10 m cada nos fragmentos 3 e 4, e uma parcela no fragmento 1 de 20 x 20 m que abrangia praticamente toda a área do fragmento (Figura 10). O levantamento florístico incluiu apenas as espécies lenhosas com circunferência mínima de 15 cm a altura do peito (CAP). No entanto, indivíduos com outros hábitos também foram observados e coletados.

- Fora das parcelas foram coletados indivíduos a esmo pela área, a fim de se buscar as espécies em estado reprodutivo.



Figura 10 - Parcelas de 10 m x 10 m, para a análise da cobertura vegetal.

As amostras do material botânico de cada morfo-espécie coletadas tiveram os dados observados no campo e anotados em caderno de coletor: hábito, altura da planta, diâmetro a altura do peito, presença de látex ou resina, aroma, coloração e aparência da casca, coloração das flores e frutos, e outras julgadas interessantes para a identificação das espécies e que seriam perdidas no processo de secagem do material.

As identificações foram feitas em campo com o auxílio do Sr. João Martins Hum, monitor da FLONA de Ipanema, além de consultas à literatura especializada para identificação arbórea Árvores Brasileiras (LORENZI 2002 e 2008) (Figura 11).



Figura 11 - Trabalho de identificação de espécies vegetais.

6.1.2.2.2 Levantamento Qualitativo e Quantitativo da Vegetação

Além do levantamento florístico realizado na primeira campanha, na segunda campanha foi realizado um levantamento qualitativo levando em consideração a identificação das espécies mais frequentes em cada transecto considerado.

- Nesta segunda campanha foram coletados indivíduos dentro de cada transecto a fim de se buscar as espécies em estado reprodutivo.
- As amostras do material botânico dos morfotipos coletados tiveram os dados observados no campo e anotados em caderno de coletor;
- As identificações foram feitas em campo, quando possível, com o auxílio de literatura especializada para identificação arbórea Árvores Brasileiras (LORENZI 2002, 2008), quando não foi possível a identificação, os indivíduos tiveram suas ramas coletadas para posterior identificação (Figura 12).



Figura 12 - Coleta de rama de um indivíduo arbóreo para posterior identificação.

6.1.2.2.3 Distribuição por Estrato

Para a análise completa dos dados fitofisionômicos foi estabelecido perfil vertical e horizontal, e calculados a área basal e o índice de valor de importância das espécies arbóreas do fragmento considerado, como mostrados a seguir.

- Com o estabelecimento dos perfis se visualiza os fragmentos florestais através de dois cortes, um horizontal e outro vertical.
 - ✓ No perfil vertical pode ser observada a estratificação das copas, sua expansão, a altura e o diâmetro das árvores, o formato dos troncos e dos ramos e a densidade de cobertura;
 - ✓ O perfil horizontal permite observar o número de árvores por área, sua distribuição, a forma de agrupamento e a área basal.
 - ✓ No perfil são incluídas apenas as árvores acima de 5 cm de diâmetro (DAP > 5 cm).
- Primeiramente foi desenhado o perfil vertical da floresta, representando as árvores contidas nas parcelas estabelecidas, considerando a arquitetura das copas e o formato dos troncos. Para o caso de espécies arbóreas ainda não identificadas estabeleceu-se a representação de copa irregular, comumente presente nos fragmentos florestais secundários.
- Em seguida foi desenhado o perfil horizontal localizando as árvores com o DAP > 5 cm em croqui feito em planilha eletrônica. Os segmentos dos troncos das árvores foram representados através de pequenos círculos, observando sempre escala relativa ao DAP, 1 cm = 1,2 pixels.

6.1.2.2.3.1 Índice de Valor de Importância – Densidade, Abundância, Frequência e Dominância

Para expressar numericamente a importância de uma determinada espécie, foi adotado o **Índice de Valor de Importância (IVI)**, o qual é expresso em porcentagem. O IVI é determinado através da soma dos valores de densidade, frequência e dominância:

$$IVI = DR + FR + DoR$$

A **densidade** de uma espécie foi considerada como o número de indivíduos da espécie por unidade de área. O número de indivíduos de tal espécie dividido pelo número total de indivíduos de todas as espécies dentro da área estudada será a Densidade Relativa (**DR**).

- A abundância será analisada a partir da densidade.

A **frequência** indica o número de parcelas em que uma espécie ocorre em relação ao número total de parcelas. Esta variável é sensível aos padrões de distribuição dos indivíduos. O termo Frequência Relativa (**FR**) designa a relação entre a frequência da

espécie dividida pela soma das frequências de todas as espécies encontradas na área amostrada.

A dominância de uma espécie arbórea é convencionalmente expressa pela área basal desta espécie. A Dominância Relativa (**DoR**) é calculada pela razão entre a área basal da espécie e a soma da área basal de todas as espécies juntas. A dominância relativa, a exemplo da densidade e frequência relativas, deve ser expressa em porcentagem.

Como os três índices relativos que compõem o IVI são porcentagens, a soma do IVI de todas as espécies inventariadas na comunidade atinge o valor máximo de 300.

Para a comparação da diversidade arbórea entre os fragmentos foi calculado o Índice de Shannon-Wiener.

6.1.2.2.3.2 Levantamento Volumétrico

Para o cálculo da **Área Basal (AB)** da parcela, somou-se a área basal dos troncos das árvores amostradas. A área basal de uma árvore pode ser calculada com a seguinte fórmula:

$$AB = \pi \cdot (DAP)^2 / 4$$

Onde:

DAP = diâmetro do tronco medido à altura do peito (m)

AB = área basal (m²)

π = razão entre perímetro e diâmetro de uma circunferência (~ 3,1416)

A distribuição da frequência do DAP das árvores encontradas na parcela foi feita separando-se os diâmetros das árvores em classes a partir de 5 cm de DAP.

6.1.2.3 Fauna

6.1.2.3.1 Herpetofauna

Para o levantamento primário quantitativo foram realizadas aplicações simultâneas de métodos complementares de captura, procura ativa e amostragem passiva em ambas as campanhas.

- A caracterização da herpetofauna foi complementada por informações obtidas em entrevistas com locais.

As buscas ativas para a localização de indivíduos foram realizadas nos transectos 1, 2, 3, 4 (Figura 13).

- O período de realização dessas buscas ocorreu, preferencialmente durante as horas mais quentes, ao cair da tarde e início da noite.

- Foram realizados registros do canto (para anfíbios), em gravações, e fotográfico, para o reconhecimento das espécies.

Para o método de amostragem passiva foram utilizadas armadilhas de queda (*pitfalls*) com cerca-guia (*drift-fences*) como apresentado na Figura 14. Para essas armadilhas foram utilizados baldes de 35 l, conectados por 10 m de cerca guia com 0,5 m de altura.

- Essas armadilhas foram feitas com cinco baldes cada, colocados em linhas (dispostos em “Y” ou “T”) nos transectos 1, 3 e 4.
- No transecto 2 não foi possível a colocação dos pitfalls devido à topografia e vegetação local.



Figura 13- Busca ativa nos transectos 1 e 2 .



Figura 14 - Pitfalls com cerca guia em forma de “Y”.

6.1.2.3.2 Avifauna

Com o objetivo de se fazer uma caracterização completa, em ambas as campanhas foram utilizados métodos distintos de amostragem da avifauna: transectos de pontos, captura com redes de neblina, amostragens esporádicas.

No transecto 4, o levantamento primário quantitativo das aves foi realizado por meio de linha exploratória com dez pontos de parada (a cada 100 m) com dez minutos de observação (Figura 15).

- Devido às condições do terreno os transectos 1, 2 e 3 as linhas exploratórias foram substituídas por períodos de 20 minutos de observação em pontos estratégicos dos respectivos (Figura 16).

Como amostragens quantitativas, nos transectos 1, 3 e 4 foram dispostas 02 redes de neblina (Figura 17) por transecto de 2,5 x 9,0 m a 0,5 m de altura e malha 17 mm.

- No transecto 2 não foi colocada rede, pois o ambiente de campo aberto não permitia a fixação.
- As redes permaneceram abertas por um período médio de oito horas em cada ponto de coleta, no período da manhã e da tarde, e foram inspecionadas duas vezes ao dia;
- Todos os indivíduos capturados, observados visual e/ou auditivamente foram registrados, fotografados e identificados em campo, com exceção das gravações, que foram identificadas em laboratório computacional.

Na segunda campanha foi realizado também um transecto contínuo de maior extensão unindo o transecto 2 e 4, adensando dessa forma, a amostragem nestas localidades.

Para a amostragem qualitativa das aves foram realizados registros escritos dos avistamentos ocorridos, quando possível, fotografias e gravações dos cantos foram realizadas.

Para o registro, foram adotados os seguintes métodos:

- Contato visual: os indivíduos foram anotados por meio de observação, com auxílio de binóculos Nikula 7 x 18 e 10 x 25 Digital Camera Binoculars. Quando necessário, foram utilizados materiais bibliográficos para identificação precisa (SICK 1997; SIGRIST 2009);
- Registro auditivo: procurou-se gravar as manifestações sonoras das aves, utilizando-se o gravador do iPhone;
- Evidências indiretas: foram analisados os vestígios encontrados, como penas, ninhos, ossadas e pegadas, para eventual identificação da espécie;
- Entrevistas: foram realizadas entrevistas direcionadas a moradores, funcionários e membros da equipe de estudo.

Para a ordenação sistemática foi adotada a nomenclatura científica e a proposta pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos CBRO - Listas das Aves do Brasil, versão 2001, 10^a Edição.

Quanto à classificação do status ou categoria de conservação das espécies, foram consideradas as seguintes listas:

- Lista das espécies da fauna ameaçada de extinção no Estado de São Paulo. Decreto Estadual n.º 42.838, de 4 de Fevereiro de 1998 (SMA-SP, 1998);
- Lista das espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção (MMA, 2003);

- Lista vermelha das espécies ameaçadas (IUCN, 2007).

Para a análise das espécies, as aves foram agrupadas de acordo com seu hábitat, conforme os dados coletados em campo, acrescidos de informações da literatura (SICK, 1997; SIGRIST, 2009). Assim, foram determinados quatro grupos de aves segundo seu hábitat: aves florestais, aves campestres, aves de borda e aves aquáticas.

- Foram consideradas aves de floresta ou florestais, aquelas associadas preferencialmente às matas semidecíduas;
- Como espécies campestres ou de áreas abertas, aquelas associadas preferencialmente às pastagens, campos, pastos sujos e áreas abertas.
- O hábitat de borda entre matas e campos foi também considerado.



Figura 15 – Linha exploratória no transecto 4.



Figura 16 - Parada de 20 minutos em ponto estratégico no transecto 2.



Figura 17 - Rede de Neblina armada no transecto 3.

No tratamento dos dados, na tabela com a listagem das espécies registradas, a terminologia “frequente” foi utilizada quando era avistado um numero muito grande de indivíduos em um determinado momento ou várias vezes, como aconteceu com *Passer domesticus*, *Pseudoleistes guirahuro*, *Pygochelidon cyanoleuca*, *Patagioenas picazuro*, entre outros. No momento do avistamento estes indivíduos foram contados de maneira aproximada, sendo anotado este número aproximado nas planilhas de campo, mas registrados como frequentes nas tabelas com a listagem das espécies.

6.1.2.3.3 Mastofauna

Com a finalidade de amostrar de forma adequada comunidades existentes dentro da área de estudo, a mastofauna foi caracterizada a partir de três grupos distintos:

- Mamíferos voadores (quirópteros);
- Pequenos mamíferos não voadores (roedores e marsupiais); e
- Mamíferos de médio e grande porte (todos os mamíferos não voadores, com exceção dos marsupiais e algumas famílias de roedores).

Para cada grupo foram utilizadas diferentes metodologias para melhor adequação à diversidade dos mamíferos, em ambas as campanhas. Planilhas de campo, previamente elaboradas auxiliaram na obtenção das informações.

6.1.2.3.3.1 Mamíferos Voadores (quirópteros)

Para a captura de mamíferos voadores (quirópteros ou morcegos) empregou-se redes de neblina (Figura 18) utilizadas para o levantamento de avifauna, armadas a um metro do chão, chegando a uma altura máxima de três metros.

O esforço amostral de captura foi caracterizado por rede/horas, usando 2 redes para cada ponto estudado. As redes de neblina foram abertas no transecto 1 durante duas noites (2 rede / 24 horas), no transecto 3 durante duas noites (2 rede / 24 horas) e no transecto 4 durante uma noite (2 redes / 12 horas).

- No transecto 2 não foi colocada rede, pois o ambiente de campo aberto não permitia a fixação;
- As redes foram abertas ao anoitecer, assim permanecendo até às 23 horas, horário em que foram fechadas.
- Nos pontos amostrais dos transectos 1, 3 e 4 foram selecionadas áreas nas bordas dos fragmentos vegetados, já que são prováveis pontos de passagem (entrada e saída dos ambientes vegetados).
- Os indivíduos capturados foram identificados e pesados.



Figura 18 - Rede de Neblina armada no transecto 3.

6.1.2.3.3.2 Pequenos Mamíferos Não Voadores

Para a coleta sistemática de pequenos mamíferos não voadores (roedores e marsupiais), foram selecionados os principais ambientes vegetados dentro de cada transecto.

- A amostragem quantitativa foi realizada a partir de um programa de captura, fotografia e soltura;
- A amostragem qualitativa se baseou em informações oriundas de relatos de terceiros.

Para o levantamento quantitativo, os esforços amostrais basearam-se no emprego de armadilhas (Figura 19 e Figura 20) de arame galvanizado tipo “Tomahawk” e de alumínio do tipo “Sherman” instaladas nos transectos 1, 3 e 4 e deixadas montadas durante o período noturno.

- Foram instaladas duas armadilhas por transecto;
- Não foram instaladas no transecto 2 devido à irregularidade do terreno, presença de grandes valas e densa formação de capim;
- O esforço amostral de captura foi caracterizado por armadilha/hora, por área estudada;
 - ✓ Na primeira campanha, as armadilhas foram deixadas no transecto 1, durante duas noites, no transecto 03 e 4, durante uma noite;
 - ✓ Na segunda campanha, as armadilhas foram deixadas em cada um dos transectos (1, 3 e 4) por uma noite.
- Como isca foi utilizada pasta de amendoim ou queijo (Figura 21);

A cada manhã as trilhas foram percorridas, e as armadilhas inspecionadas.

- No caso de captura, os animais foram fotografados, as medidas morfométricas padrão tomadas e soltos no mesmo posto de captura.
- Além disso, foram quantificadas quaisquer captura de pequenos mamíferos feitos por armadilhas tipo *pitfall*, instaladas nos transectos 1, 3 e 4, utilizadas para a amostragem de reptéis e anfíbios, onde foram quantificados seguindo metodologia descrita para herpetofauna;
- Os pequenos mamíferos que eventualmente caíram nas armadilhas de queda também foram devidamente fotografados, identificados e soltos;
- Também foram levadas em consideração quaisquer informações obtidas durante a procura ativa feita pelo método de transecção nos pontos amostrais empregados durante o levantamento de mamíferos de médio e grande porte, que será discutido a diante.



Figura 19 - Armadilha Tomahawk colocada no transecto 4.



Figura 20 - Colocação de armadilha Sherman no transecto 4.



Figura 21 - Armadilha pitfall instalada, com isca (queijo).

6.1.2.3.3 Mamíferos de Médio e Grande Porte

Para o levantamento primário quantitativo dos mamíferos de médio e grande porte, em ambas as campanhas foi empregado o método de transecção linear. Este método consiste em percorrer cuidadosamente uma trilha (Figura 22) retilínea, durante 30 minutos, a um ritmo uniforme, registrando todos os encontros com espécies (avistamento) e observando os indícios de ocorrências (pegadas, vocalizações, odores, ossadas e fezes).

- Além das caminhadas nos transectos 1, 3 e 4, foi realizada a busca ativa no Ponto de Coleta 3 (rio Sorocaba), também com 30 minutos de duração;
- A transecção foi realizada entre os horários de 06h00 e 11h00.
- Não foram feitas transecções nos períodos noturnos;
- Antes de se iniciar o percurso, foram anotados a data, o ponto amostral, observadores, clima e hora de início;

- Ao final, anotou-se também a hora de encerramento.
- Para cada registro, anotou-se também hora, localização na trilha, espécie e tipo de testemunho;
- Registros fotográficos também foram feitos sempre que possível;
- As pegadas encontradas foram identificadas com auxílio do guia Rastros de Mamíferos Silvestres Brasileiros: um guia de campo (BECKER e DALPONTE 1991).

O levantamento qualitativo foi realizado por meio de entrevistas com locais, levando em consideração, todos os registros de avistamento, vocalização, pegadas e fezes.



Figura 22 - Busca ativa de mastofauna nas margens do córrego no transecto 3.

6.1.2.3.4 Ictiofauna

Em cada um dos três pontos de coleta de ictiofauna, indicados no capítulo referente a Área de Estudo foram realizados cinco lances de tarrafa (Figura 23) por campanha, adotando-se esse padrão como esforço de pesca uniformizado.

- Na primeira campanha nos 3 pontos de coleta de ictiofauna, foram invariavelmente realizados cinco lances de tarrafa (Figura 23), nos caso do ponto três rio Sorocaba, foram realizados cinco lances no ambiente lótico (rio) e cinco no ambiente lêntico (açude), adotando-se esse padrão como esforço de pesca uniformizado.
- Na segunda campanha de coleta, a sazonalidade proporcionou a consideração do sistema hídrico da região do rio Sorocaba (P3), já que se trata de um reservatório artificial, sendo viável coletas em ambientes lóticos (Figura 24) e lênticos;
- O petrecho utilizado foi uma tarrafa padrão, que tem como malha 30 mm entre nós;

- Este procedimento foi realizado sempre por um mesmo operador, um pescador profissional que acompanhou todo o processo do trabalho de campo.

Em complementação à operação das tarrafas, também foram utilizadas nas amostragens redes de espera (Figura 25), medindo 2 m de comprimento e 2 m de altura, confeccionadas com dois tamanhos de malhas, em série de 30 mm e 90 mm entre nós.

- As redes foram armadas dois dias por transecto, no período da manhã e antes do anoitecer, e verificadas respectivamente ao final da tarde e início da manhã.

Retirados do aparelho de pesca (tarrafa ou rede de espera), os peixes, a grande maioria ainda vivos, foram triados e fotografados. Durante a triagem, os animais foram inicialmente separados em grupos por família/gênero e para cada um, foi obtido o comprimento total, com o uso de uma fita métrica (com escala em mm) e a massa corpórea total (g), com a utilização de uma balança eletrônica semi-analítica com precisão de 0,1g.

Após este procedimento, os exemplares já identificados foram soltos e quando necessário foram fixados em formol 4% e acondicionados em sacos plásticos, devidamente separados e etiquetados, para a análise em laboratório.

A identificação taxonômica de cada exemplar foi realizada através da utilização de bibliografia especializada, chaves de identificação específicas e levantamentos de fauna de regiões adjacentes, além de consultas ao Fishbase (www.fishbase.org) e em listas oficiais quanto ao status de conservação de espécies.

A composição específica foi analisada conjuntamente com a abundância numérica dos peixes coletados por captura total, por ponto de coleta e por captura por unidade de esforço para cada aparelho de pesca.



Figura 23 - Lance de tarrafa no ponto 2 (rio Ipanema), realizado por pescador profissional.



Figura 24 - Lance de tarrafa em ambiente lótico.



Figura 25 - Colocação da rede espera.

6.1.2.4 Análise dos Dados

As análises dos grupos de fauna foram divididas em qualitativas e quantitativas:

- As análises qualitativas versaram sobre ocorrências por localidade amostrada;
- As análises quantitativas permitiram inferências sobre a abundância relativa das espécies, os padrões de dominância e de diversidade.

A adequação do esforço amostral realizado foi avaliada por meio de curvas de rarefação, também conhecidas como curvas de acúmulo de espécie.

- A área pode ser considerada bem amostrada a partir do momento que a curva de "número de espécies X tempo de amostragem" atinge seu ponto de inflexão.
- Foi construída uma curva para os métodos de amostragem qualitativos e quantitativos, considerando separadamente os grupos faunísticos mastofauna e avifauna.

6.1.3 MEIO SOCIOECONÔMICO

6.1.3.1 Histórico de Ocupação Populacional

6.1.3.1.1 Área de Influência Indireta (AII)

As informações históricas dispostas no item foram obtidas mediante consulta ao acervo histórico das Prefeituras Municipais, Câmaras Legislativas e Museu Histórico Sorocabano. Também foram consultadas bibliografias sobre a região e demais trabalhos de uso público, tais como mestrados e doutorados acadêmicos da Universidade de São Paulo e Unicamp.

Com relação à dinâmica populacional e dados sobre as atividades econômicas desenvolvidas, as informações foram obtidas através de consulta no Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE), em especial: Censo Demográfico 2010, Censo Agropecuário 2006 e Produção Agrícola Municipal 2010.

O item foi descrito de forma a compor um registro histórico de formação econômica e social dos municípios envolvidos pela área de estudo. Também no item foram apresentados dados municipais, com o objetivo de contextualizar a dinâmica populacional e condições econômicas da área de estudo descritas nos itens posteriores.

6.1.3.1.2 Área de Influência Direta (AID)

As informações dispostas no item agrupam dados do Governo do estado de São Paulo, Prefeitura Municipal de Iperó e Boituva, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e relato dos moradores da área de estudo, adquiridos por meio de registros de campo (realizado no mês de maio de 2012).

O item foi descrito de forma a compor um registro histórico da área de estudo, associado, principalmente às condições de uso e ocupação do solo nas áreas afins, sendo estas: Assentamento Ipanema, Bairro Bacaetava e Floresta Nacional de Ipanema.

6.1.3.1.3 Área Diretamente Afetada (ADA)

As informações obtidas para a construção do item foram coletadas a partir de campanha de campo e junto ao Centro Experimental Aramar (CEA) e Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), com o objetivo de apresentar o histórico e ocupação da área de estudo.

6.1.3.2 Dados Populacionais dos Principais Núcleos Urbanos e Rurais

6.1.3.2.1 Área de Influência Indireta

A área de influência indireta será apresentada com base na análise dos dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referente aos Setores Censitários de 2000 e 2010 (menor unidade territorial adequada à operação de

pesquisas) identificados dentro do raio de 15 km a partir do prédio de instalação do Reator Multipropósito Brasileiro.

Os temas apresentarão aspectos populacionais da AII e abordarão: total populacional por município e total da área de estudo, projeção populacional para anos futuros, distribuição de gênero, composição etária, percentual de composição etária, distribuição de situação domiciliar, condições de moradia e de domicílio. Para efeito de comparação, em indicadores, também foram expostos dados da Região Administrativa do estado a qual pertencem e dados dos próprios municípios, quando necessário.

Além disso, os dados apresentados para os municípios foram obtidos através do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), Governo do Estado de São Paulo e demais bibliografias sobre o tema dispostas por órgãos com *expertise* na temática.

Com relação à alguns indicadores específicos, cabe maior detalhamento, a saber:

- Projeção populacional

Os cenários futuros foram projetados para o período de 30 anos, considerando o ano de 2010 como base e 2040 como último ano da projeção. Os valores de crescimento populacional projetados são apresentados para os anos de 2020, 2030 e 2040, sendo que este último deve ser considerado apenas como uma extrapolação com fins ilustrativos, pois se trata de uma projeção de muito longo prazo. O ano base de 2010 foi escolhido devido à proximidade do cenário atual e por estarem disponíveis informações do último Censo Demográfico realizado pelo IBGE.

A projeção de população ora apresentada baseou-se no chamado cenário Tendencial, ou seja, a projeção geométrica que extrapola para o futuro a tendência de evolução dos indicadores em um período recente para o qual se dispõe de mensuração.

Esta metodologia corresponde a forma mais isenta de estimar o comportamento futuro de variáveis de interesse e se baseia em uma espécie de raciocínio inercial, ou seja, de que o comportamento futuro tenderá a ser mais parecido com o atual, não considerando a hipótese de grandes variações em relação ao comportamento atual.

Entretanto, o comportamento demográfico pode sofrer variações significativas em relação à tendência atual, devido a mudanças nas conjunturas local, regional, nacional ou internacional, que podem interferir no sistema. Essa interferência pode ser positiva, devido a descoberta ou viabilidade de exploração de novos recursos naturais, a implantação de empreendimentos com potencial dinamizador sobre a economia; ou interferências negativas, como a transferência de investimento para outras áreas, crises setoriais com impacto no perfil econômico local, alterações climáticas e naturais negativas, dentre outros.

Assim, a projeção de população realizada oferece basicamente uma ferramenta de projeção da tendência atual para o futuro, não devendo ser tomado como uma previsão, mas como um instrumento de prospecção e planejamento do futuro.

Fórmulas:

Fórmula da projeção:

$$P_t = P_0 \cdot (1 + i)^{(t-t_0)}$$

Coeficientes:

$$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{t_2 - t_0}$$

$$i = e^{K_g} - 1$$

Onde:

- P_0, P_1, P_2 = populações nos anos t_0, t_1, t_2
- P_t = população estimada no ano t (hab)
- K_g, i = coeficientes (a obtenção dos coeficientes pela análise da regressão é preferível, já que se pode utilizar toda a série de dados existentes, e não apenas P_0, P_1 e P_2);
- \ln = logaritmo natural;
- e = número de Euler

Sendo esta metodologia adaptada parcialmente de Qasim (1985 apud BENETTI, 2007).

6.1.3.2.2 Área de Influência Direta

A Área de Influência Direta será apresentada a partir de dados do Setor Censitário 2010 que compõe a área de estudo, avaliação de imagens de satélite de alta resolução *WorldView 2*, datada de 21/12/2011 da área dentro do raio de 4 km e coleta de dados primários realizada por equipe de socioeconomia durante o período de 23 a 27 de Abril de 2012.

A imagem de satélite de alta resolução permitiu a contagem visual, preliminar, das edificações dentro do buffer de 4 km. Nesta contagem foram consideradas apenas edificações destinadas à ocupação humana, inclusive estruturas abandonadas e/ou em construção. Edificações visualmente destinadas a atividades não residenciais, tais como galpões e estaleiros de agropecuária de grande porte, não foram consideradas.

Os dados obtidos com a contagem de edificações permitiram o planejamento de campo e a validação do número de questionários aplicados na segunda etapa do levantamento de dados.

A coleta de dados primários ocorreu através da aplicação de questionário estruturado em todos os pontos pré-identificados na imagem de satélite. Ele foi estruturado de modo a apreender informações sobre a localização da propriedade, estrutura familiar dos residentes, composição etária familiar, fluxo migratório, número de habitantes com deficiências físicas ou mentais, uso da propriedade, comercialização de produtos produzidos na propriedade, situação domiciliar, utilização de serviços públicos, participação em projetos de desenvolvimento social, estruturas de saúde e escolas utilizadas e, por fim, observações a cerca das condições socioambiental da localidade.

O universo da pesquisa em análise, ou seja, total de aplicação de questionários, corresponde a 176.

A compilação dos dados primários considerou todas as informações levantadas e no caso onde não foram aplicados os questionários, em consequência da resistência ou ausência do proprietário, não foram estimados valores populacionais ou qualquer outro indicador.

O item foi descrito apresentando dados do Setor Censitário e dados primários, de modo a atender integralmente as solicitações do termo de referência.

6.1.3.2.3 Área Diretamente Afetada

O item foi descrito por meio de dados do setor censitário 2010, dados primários coletados em campo e por meio de dados fornecidos pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), no período de Junho/2012, de modo a trabalhar o tema em sua totalidade, conforme explicitado para as demais áreas.

6.1.3.3 Populações de Interesse Especial

O item foi dividido em dois subitens, sendo estes: (1) Terras Indígenas e (2) Comunidades Tradicionais e Terra Quilombola.

As informações contidas neste item foram obtidas junto ao Governo do Estado de São Paulo, Secretarias e Prefeituras Municipais, Fundação Nacional do Índio (FUNAI) e Fundação Palmares.

A avaliação foi realizada sob orientação da Portaria Interministerial nº 419/2011 – que regulamenta a atuação dos órgãos e entidades da administração pública no licenciamento ambiental.

6.1.3.4 Conceitos e Definições

A seguir serão apresentados conceitos a respeito da terminologia utilizada no estudo, sob orientação da Base de Informação do Censo Demográfico de 2010.

6.1.3.4.1 Edificações Destinadas à Ocupação Humana

O termo “edificações destinadas à ocupação humana” deve ser interpretado como “domicílio”, tal como definido pelo IBGE, “o qual é estruturalmente separado e independente que se destina a servir de habitação a uma ou mais pessoas”.

Os critérios essenciais para esta avaliação foram de separação e independência, conforme apresentado abaixo:

- Separação: habitação limitada por paredes, muros, cercas, cobertos por um teto – permitindo a uma ou mais pessoas que nele habitam, isolar-se dos demais com a finalidade de dormir, preparar e/ou consumir seus alimentos e proteger-se do meio ambiente;
- Independência: local de habitação que tem acesso direto, permitindo a seus moradores entrar e sair sem necessidade de passar por locais de moradia de outras pessoas.

6.1.3.4.2 Edificações ou Domicílios Fechados

As edificações ou domicílios classificados como “fechados” são aqueles que sabidamente possuíam moradores na data de referência, mas que não tiveram entrevista realizada para o preenchimento das informações do questionário, independente do motivo da não realização da entrevista. Para estes domicílios não foram consideradas estimativas populacionais.

6.1.3.4.3 Edificações ou Domicílios Abandonados

As edificações ou domicílios classificados como “abandonados” são aqueles que sabidamente não possuíam moradores na data de referência e, portanto, não agregam estimativas populacionais.

6.1.3.4.4 Edificações em Construção

As edificações ou domicílios classificados como “em construção” são aqueles em processo de levantamento de paredes, construção de telhados e outros procedimentos da obra civil, que não abrigavam moradores em seu interior na data de referência. Para estas edificações não foram consideradas estimativas populacionais.

6.1.3.5 Principais Vias de Acesso / Sistemas de Transporte

6.1.3.5.1 Área de Influência Indireta

O item abordará todos os meios que formam o sistema de transporte da região, sendo estes: o sistema rodoviário, aéreo e ferroviário.

O levantamento de dados foi realizado junto às Agências Reguladoras, Departamentos de Estradas de Rodagem, Secretarias de Transporte e Prefeituras Municipais, Serviço Regional

de Proteção ao Vôo de São Paulo (SRPV-SP), Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo (DAESP) e estabelecimentos particulares, considerando as seguintes características:

- Tipo de uso;
- Características dos produtos transportados;
- Volumes de tráfego;
- Condições gerais das vias;
- Localização e características dos aeroportos;
- Localização e características das pistas de pouso de pequenos aviões;
- Volume de tráfego aéreo, pousos e decolagens;
- Tipos de aeronaves e;
- Rotas de vôo.

As informações dispostas apresentarão dados e peculiaridades do sistema de transporte de ligação direta e indireta ao empreendimento, capaz de sinalizar as áreas de maior atenção com relação ao volume diário de tráfego e produtos transportados.

6.1.3.5.2 Área de Influência Direta

O sistema de transporte da AID foi descrito com o objetivo de complementar com dados primários as informações prestadas na AII. Para tanto contou-se com a utilização de GPS, registro fotográfico e registros/fichas de campo.

6.1.3.5.3 Área Diretamente Afetada

Neste item foi descrita a futura localização do empreendimento e condição das vias rodoviárias do entorno.

6.1.3.6 Uso e Ocupação do Solo

6.1.3.6.1 Área de Influência Indireta

Para compor este item foi solicitado o Plano Diretor e Mapas das Zonas de Uso e Ocupação do Solo de todos os municípios abrangidos pela área de estudo. As consultas foram feitas às Prefeituras Municipais e ocorreram nos meses de Abril e Maio de 2012.

As informações referentes aos documentos encaminhados foram dispostas no texto com o objetivo de caracterizar o uso e a ocupação do solo dentro da área de estudo (raio de 15 km) incluindo o entorno direto da área, em especial as áreas de expansão urbana e/ou industrial.

As informações apresentadas auxiliarão na identificação dos padrões de uso e ocupação do solo atual e projeção futura de desenvolvimento da área de estudo.

Em especial, para a descrição de uso e ocupação do solo da Flona de Ipanema, o ICMBio também foi consultado através do atual plano de Manejo e visita agendada.

6.1.3.6.2 Área de Influência Direta

A AID foi descrita de forma a complementar os dados apresentados na AII, através da coleta de dados primários entre os meses de Abril e Maio de 2012.

Para tanto foram utilizados GPS, registros de campo e registro fotográfico. O item foi dividido em quatro áreas de estudo para melhor apresentação do tema, a saber: Assentamento Ipanema, Bairro Bacateva e Flona Ipanema.

6.1.3.6.3 Área Diretamente Afetada

A ADA foi descrita com foco no Plano Diretor Municipal de Iperó e Plano de Manejo da Flona Ipanema, o qual identifica as zonas de uso da mesma.

6.1.3.7 Programas e Projetos de Desenvolvimento Social

Diferente dos demais itens do diagnóstico, este item será apresentado na totalidade da área de influência, considerando a bacia hidrográfica do empreendimento.

O item foi estruturado para que todos os atuais projetos de cunho governamental fossem apresentados, inclusive referentes ao meio físico e biótico.

Para tanto foram consultados o Ministério de Desenvolvimento Agrário, Ministério da Educação, Comitê de Bacia do Alto Tietê, a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, e outros órgãos relacionados a temática.

6.1.3.8 Diagnóstico Arqueológico

As atividades relativas ao diagnóstico arqueológico não-interventivo ocorreram em três etapas sucessivas:

1) Preparação, que consiste das pesquisas iniciais para familiarização com aspectos ambientais e sociais da região e das características técnicas do empreendimento:

- Análise cartográfica e de imagens de satélite da área de instalação do empreendimento;
- Análise do projeto do empreendimento;
- Pesquisa bibliográfica sobre a história e pré-história regional.

2) Execução, que compreende as atividades desenvolvidas em campo:

- Vistoria da área de instalação do empreendimento;

- Aplicação de questionário sobre arqueologia com parte da população local;
- Levantamento do patrimônio histórico, arqueológico, cultural e paisagístico regional;
- Obtenção das coordenadas geográficas das ocorrências identificadas;
- Registro fotográfico.

3) Finalização, que abrange as atividades desenvolvidas após o campo:

- Compilação, organização e análise dos dados obtidos durante a execução do diagnóstico não-interventivo;
- Redação do presente relatório.

A realização deste diagnóstico resultou no encontro de 5 ocorrências arqueológicas na forma de fragmentos cerâmicos, e na indicação, por parte da população local, da existência de mais material arqueológico em subsuperfície na região.

6.2 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA

Todo empreendimento influencia pelo menos três áreas afins e, geralmente, contíguas: a Área Diretamente Afetada, a Área de Influência Direta e a Área de Influência Indireta. Estas áreas são a delimitação geográfica onde ocorrem as modificações ambientais, quer sejam elas permanentes ou temporárias. Nestas áreas são introduzidas pelo empreendimento elementos que afetam as relações físicas, físico-químicas, biológicas, e sociais do ambiente (FOGLIATTI *et al*, 2004).

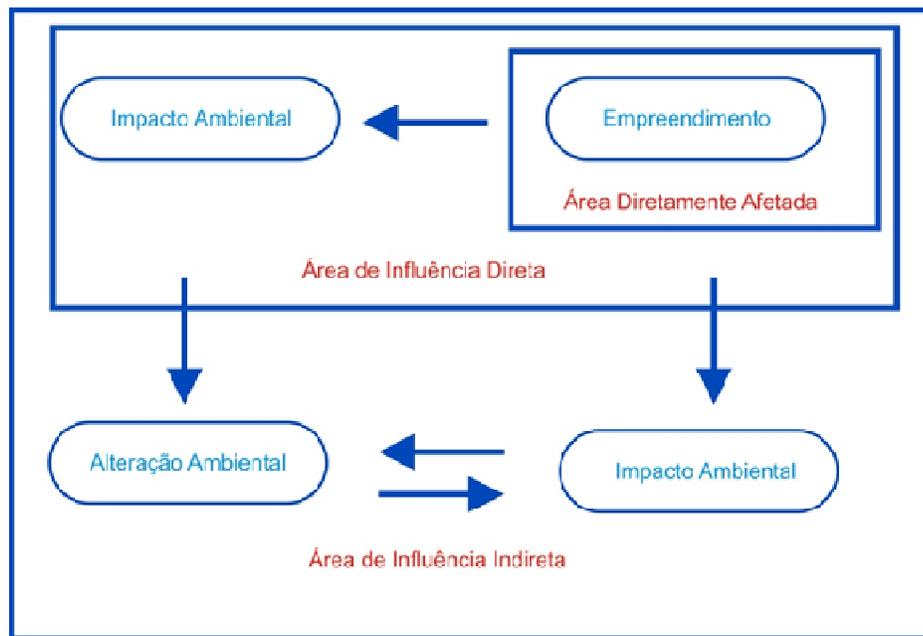


Figura 26 - Áreas de Influência.

Fonte: Modificado de Fogliatti *et al*, 2004.

Conforme literatura, somente após a previsão de impactos é possível obter conclusões sobre a área de influência de um projeto. No entanto, ela pode ser estabelecida como uma hipótese a ser verificada. Essa definição preliminar da área de influência auxilia na execução dos estudos do diagnóstico, e para a elaboração deste, a mesma será delimitada conforme os critérios estabelecidos no TR emitido pelo órgão ambiental, quais sejam:

- Devem ser estabelecidas, preliminarmente como áreas de estudo, as áreas que poderão sofrer influência direta e indireta do empreendimento em graus variáveis, com base na estrutura regional de inserção do empreendimento.
- A definição preliminar dos limites das áreas de influência deve ser justificada nos estudos. Observa-se ainda que, para alguns temas específicos, os limites das Áreas de Influência Direta e Indireta podem ser diferentes e sujeitas à revisão por parte do Órgão Licenciador, conforme a identificação e a abrangência dos impactos apontados pelo EIA.

- A Área de Influência Indireta (AII) corresponde ao território onde a implantação do projeto impacta de forma indireta os meios físico, biótico e socioeconômico.
- A Área de Influência Direta (AID) é a área cuja incidência dos impactos ocorre de forma direta sobre os recursos ambientais, modificando a sua qualidade ou diminuindo seu potencial de conservação ou aproveitamento.
- O local de implantação do empreendimento, identificado como Área Diretamente Afetada (ADA).

O empreendimento, objeto deste estudo, possui características que interagem de maneiras diferentes com os meios físico, biótico e socioeconômico. Portanto, a identificação e delimitação das áreas de influência do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) foram diferenciadas para cada meio que compõe o diagnóstico ambiental.

A seguir, são descritas as delimitações de cada uma das categorias de área de influência.

6.2.1 ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)

A Área Diretamente Afetada (ADA) foi definida tendo como base a Zona de Planejamento de Emergência (ZPE). Conforme a ANSI.ANS 15.16 – 2008 “*Emergency Planning for Research Reactors*” a Zona de Planejamento de Emergência é a área externa ao reator onde o planejamento de emergência deve ser implantado de forma que ações efetivas para proteção dos indivíduos dos públicos possam ser adotadas no caso da ocorrência de um acidente.

Para um reator da potência do RMB, de 30 MW, estipula-se uma ZPE de 800 metros, sendo esse um raio a partir do prédio do reator. Ao colocar esse buffer de 800 metros verificou-se que esse não abrange toda área da propriedade do empreendimento (Figura 27). Portanto, a ADA deste estudo corresponde à propriedade do RMB acrescida de um raio de 800 m a partir do prédio do reator (Mapa 1 e Mapa 2).

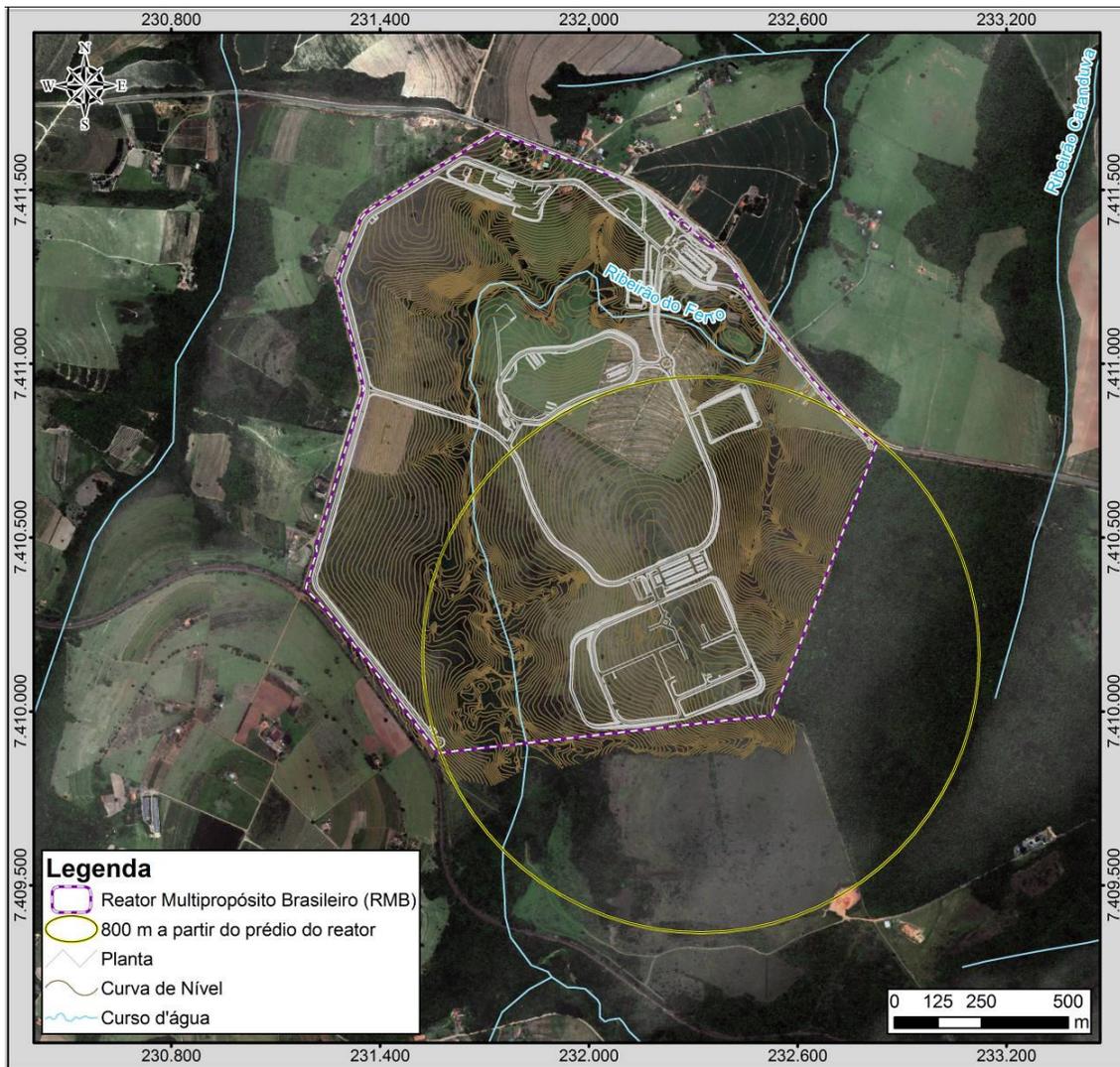


Figura 27 – Projeção do raio de 800 metros a partir do prédio do reator.

6.2.2 ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID)

A AID relativa ao meio físico e meio biótico foi estabelecida compreendendo a Sub-bacia do Médio Sorocaba e a área da Flona Ipanema e sua zona de amortecimento (Mapa 2). A zona de amortecimento da Flona Ipanema foi adotada como a área delimitada por um raio de 10 km a partir do limite da mesma, que era o valor estabelecido pelo Plano de Manejo vigente (IBAMA, 2012). Atualmente este plano encontra-se em fase de revisão, assim como a sua zona de amortecimento, não estando disponíveis ainda as configurações e novos limites.

A Área de Influência Direta do meio socioeconômico foi delimitada considerando a rede de relações sociais, econômicas e culturais a ser afetada durante todas as fases de implantação do empreendimento. Para este empreendimento em particular, os aspectos radiológicos merecem destaque pelo fato da segurança radiológica ser fundamentada nos conceitos de exposição da população à radiação, conforme estabelecido pelas normas e guias de proteção radiológica (Norma CNEN 3.01). Esta norma estabelece que o projeto de uma instalação radioativa ou nuclear deve assegurar que, em condições normais de operação, a liberação de efluentes para o meio ambiente não resulte em uma dose nos indivíduos do público acima do limite de 1 mSv/ano.

Para verificar a correção da adoção da AID torna-se importante descrever o conceito de grupo crítico, que é definido como “um grupo populacional razoavelmente homogêneo em relação a uma determinada fonte ou via de exposição à radiação, que seja típico os indivíduos que recebem as maiores doses efetivas ou equivalentes devidas àquela fonte ou via de exposição”.

A definição da localização do grupo crítico, considerando tanto o RMB como o CEA, deve levar em conta os seguintes parâmetros:

- Dados meteorológicos e dispersão atmosférica;
- Vias críticas de exposição (Hábitos alimentares);
- Distribuição da população;
- Distância ao centro populacional mais próximo;
- Localização do grupo crítico.

O estudo inicial de avaliação da concentração radioativa na região do empreendimento foi calculado segundo a modelagem da emissão de poluentes atmosféricos do RMB, conforme a Figura 28, utilizando-se o código ARTM View, desenvolvido na Alemanha, para determinar a concentração de dispersão e deposição de materiais radioativos. Ele foi escolhido devido à sua capacidade de simular processos de dispersão de radionuclídeos em terrenos complexos.

As vias de transferência que contribuem para as maiores doses de radiação no homem são conhecidas como vias críticas de exposição (FERREIRA, 1992 apud BARRETO *et al*, 2012). Neste estudo foram consideradas as liberações radioativas que ocorrem na forma de

material dissolvido ou em suspensão (material particulado) nos efluentes gasosos (BARRETO *et al*, 2012).

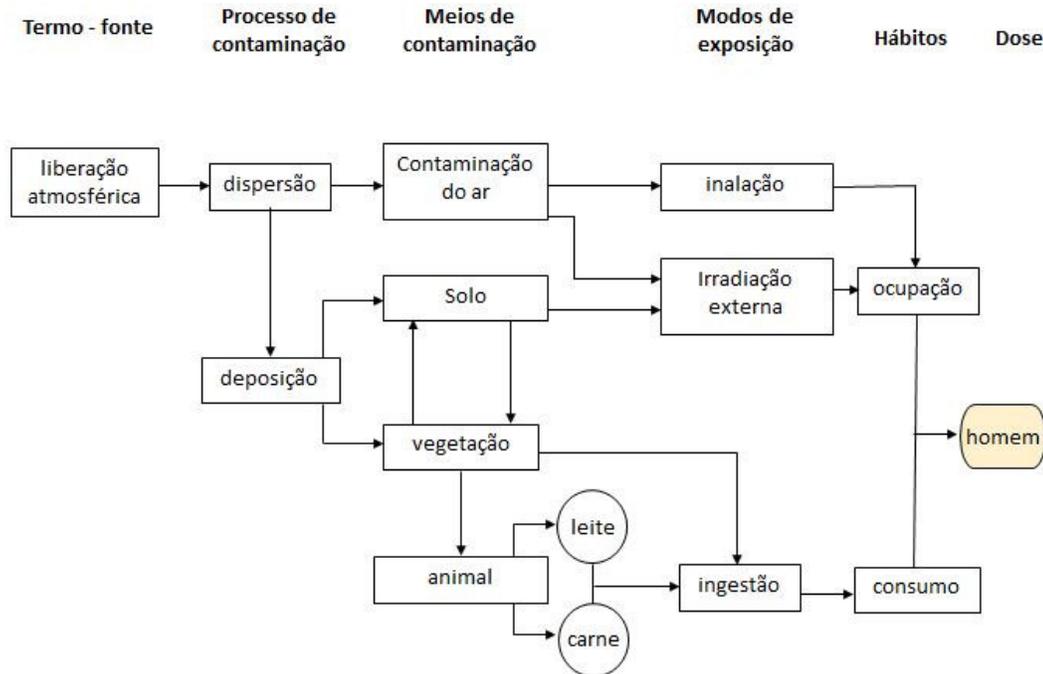


Figura 28 - Processo de transporte de radionuclídeos atmosférico (adaptado de IAEA, 1982).

Fonte: Barreto *et al*, 2012.

Outro dado de entrada do modelo utilizado para simulação do transporte de radionuclídeos na atmosfera é o termo fonte radioativo (vazão, diâmetro, altura da chaminé, radionuclídeos, regime de operação, dentre outras) que foi baseado nos dados do projeto básico do RMB que tem como referência o reator de pesquisa australiano Open Pool Australian Light Water Reactor (OPAL). Esse reator funciona a uma potência de 20 MW, enquanto que o RMB está previsto para funcionar a 30 MW, sendo necessário, portanto, um ajuste dos valores (TEC-DOC 955), conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Termo fonte liberado por um reator em condições normais de operação (ANSTO, 2008).

Nuclídeos	Liberação Anual (Bq)	Valor Ajustado (RMB)
⁴¹ Ar	$4,23 \times 10^{12}$	$6,34 \times 10^{12}$
¹⁴⁰ Ba	$1,36 \times 10^5$	$2,04 \times 10^5$
⁵¹ Cr	$3,63 \times 10^6$	$5,44 \times 10^6$
¹³⁷ Cs	$1,82 \times 10^4$	$2,73 \times 10^4$
¹³¹ I	$1,06 \times 10^7$	$1,59 \times 10^7$
¹³³ I	$3,48 \times 10^8$	$5,22 \times 10^8$
^{85m} Kr	$2,12 \times 10^{10}$	$3,18 \times 10^{10}$
⁸⁷ Kr	$2,12 \times 10^{10}$	$3,18 \times 10^{10}$
⁸⁸ Kr	$5,65 \times 10^{10}$	$8,47 \times 10^{10}$
¹⁴⁰ La	$2,12 \times 10^{15}$	$3,10 \times 10^{15}$
¹³³ Xe	$4,94 \times 10^{11}$	$7,41 \times 10^{11}$
¹³⁵ Xe	$5,65 \times 10^{10}$	$8,46 \times 10^{10}$

Nuclídeos	Liberação Anual (Bq)	Valor Ajustado (RMB)
^3H	$3,7 \times 10^{10}$	$5,70 \times 10^{10}$
^{90}Sr	$1,54 \times 10^6$	$2,31 \times 10^6$

Fonte: Barreto *et al*, 2012.

Em uma análise preliminar dos dados meteorológicos da área de instalação do RMB verificou-se que as direções predominantes do vento ocorrem nas direções Sudeste, Sul-Sudeste e Sul. Portanto, pode-se afirmar que a provável área de maior impacto de efluentes aéreos potencialmente ocorrerá nos setores opostos. Os dados meteorológicos do local do RMB, de 2005 a 2008, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Frequência, velocidade e direção do vento de 2005 a 2008.

D ⁽¹⁾	Ano 2005		Ano 2006		Ano 2007		Ano 2008		Média ⁽⁴⁾	
	F ⁽²⁾ (%)	V ⁽³⁾ (m/s)	F (%)	V (m/s)	F (%)	V (m/s)	F (%)	V (m/s)	F (%)	V (m/s)
N	5,82	2,07	5,27	1,91	7,54	2,10	3,74	1,91	5,59	2,0
NNE	6,82	2,17	6,56	1,94	5,87	2,04	3,43	1,99	5,67	2,0
NE	2,44	1,78	3,26	1,59	1,64	1,43	1,75	1,49	2,27	1,6
ENE	1,22	1,58	1,20	1,39	0,81	1,57	0,91	1,52	1,03	1,5
E	1,33	1,78	1,06	1,50	1,77	1,91	1,47	2,07	1,41	1,8
ESSE	3,25	2,59	2,51	2,34	4,13	2,89	5,01	2,81	3,72	2,7
SE	9,00	2,99	7,15	2,87	15,22	3,07	13,54	2,99	11,22	3,0
SSE	22,43	2,96	21,94	2,76	17,88	2,73	20,42	2,83	20,67	2,8
S	16,28	3,07	19,03	2,76	8,16	2,36	8,13	2,79	12,90	2,7
SSW	4,70	2,18	4,85	2,14	2,25	1,44	2,30	1,59	3,53	1,8
SW	2,43	1,46	1,65	1,64	1,20	1,74	1,28	2,02	1,64	1,7
WSW	1,33	1,95	1,36	1,95	1,07	1,74	1,30	1,56	1,26	1,8
W	1,18	1,87	1,03	1,87	0,92	1,63	0,99	1,66	1,03	1,8
WNW	1,61	2,08	1,75	1,63	1,72	1,70	1,79	1,80	1,72	1,8
NW	2,87	2,08	3,01	2,00	3,12	2,01	2,21	2,06	2,80	2,0
NNW	3,41	2,09	3,62	1,92	5,26	2,03	16,74	2,23	7,26	2,1
Calmaria	13,86	0,00	14,75	0,00	21,45	0,00	14,87	0,00	16,23	0,0

Legenda: (1) – D é a direção do vento; (2) – F é a frequência anual média de ocorrência da direção do vento; (3) – V é a velocidade média do vento; (4) – Frequência média global de 2005 a 2008.

Fonte: Torre Meteorológica de ARAMAR.

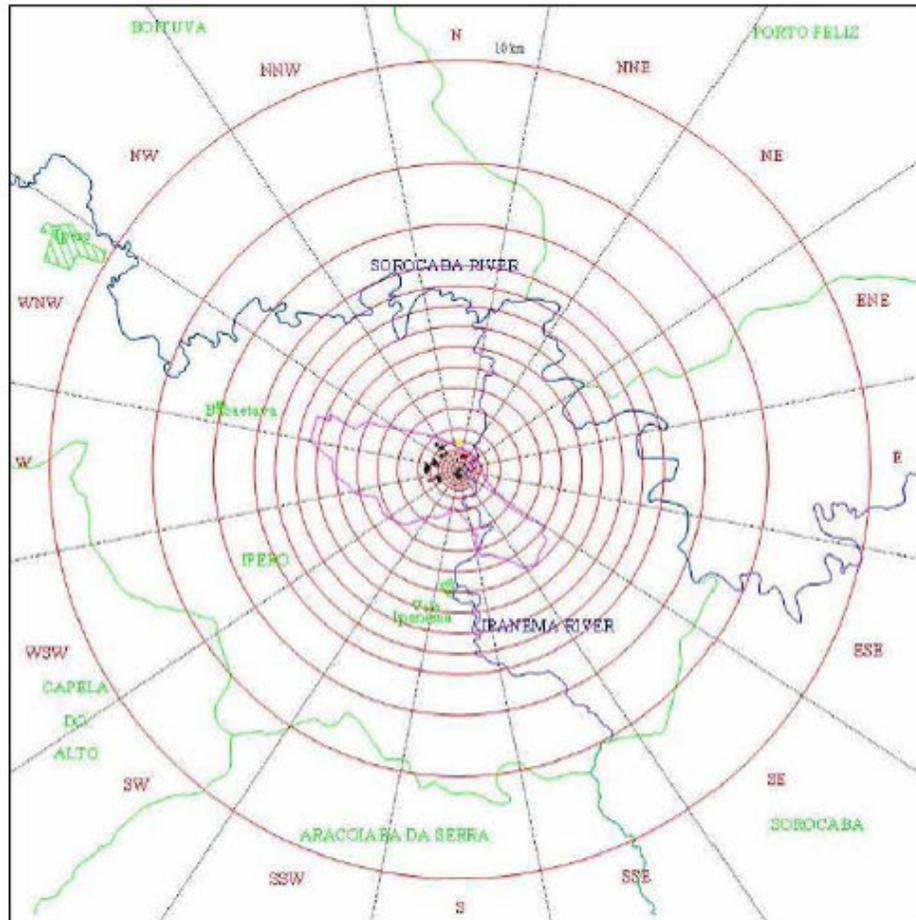


Figura 29 - Setores de difusão atmosférica e prováveis áreas de maior impacto de efluentes aéreos do RMB: setores NO, NNO e N.

Os cálculos de dispersão atmosférica foram realizados considerando a topografia do local, conforme apresenta a Figura 30, bem com a influência dos prédios no local.

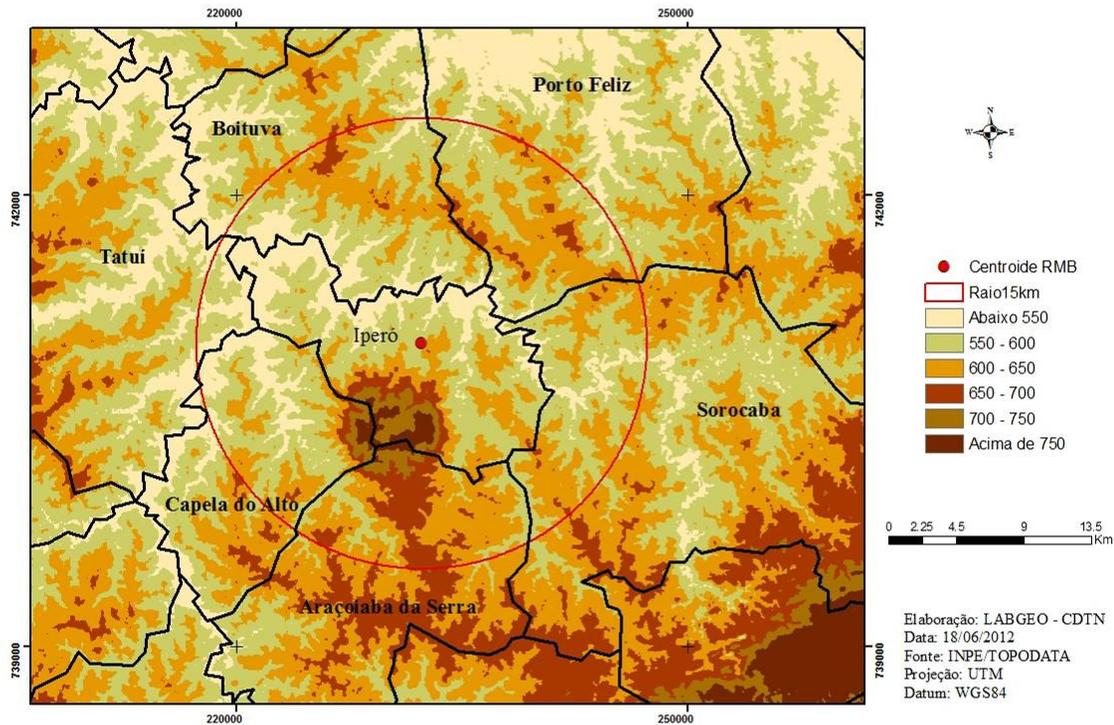


Figura 30 – Topografia da área de inserção do RMB.
Fonte: Barreto *et al*, 2012.

De acordo com os resultados obtidos por Barreto *et al* (2012) os maiores valores de concentração de atividade, expressos em Bq/m^3 foram obtidos para o Ar-41. Foi verificado que eles ocorrem na direção NW da posição do RMB. Nesses locais ocorreram, simultaneamente, os maiores valores de concentração de atividade e de densidade demográfica (vide triângulos da Figura 31 a Figura 35). Esses pontos foram considerados como locais preferenciais para a instalação de estações de monitoramento do programa de monitoração radiológica ambiental na área de influência do RMB, a ser implantado no futuro.

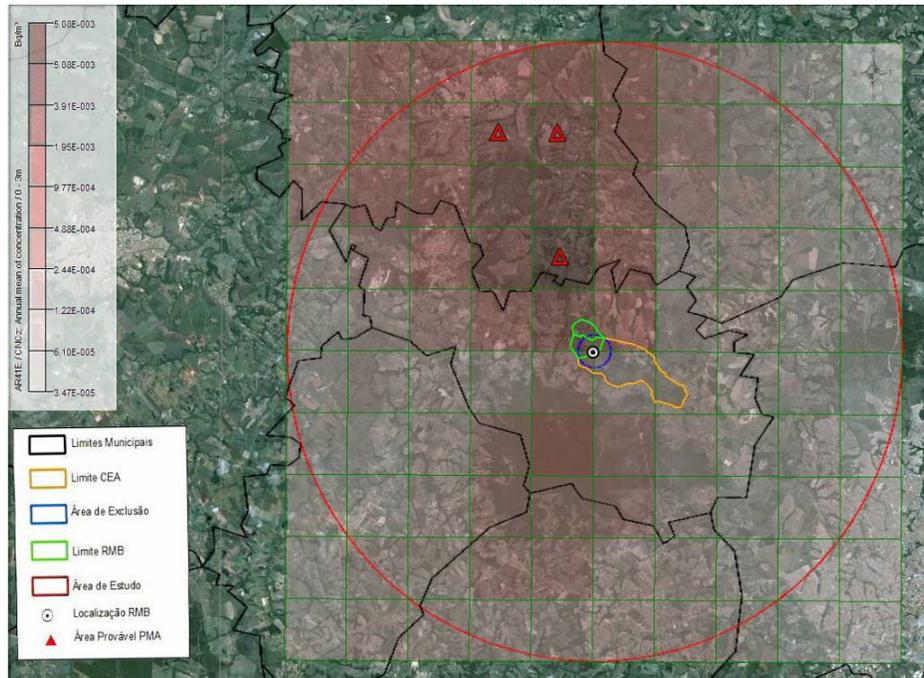


Figura 31 - Mosaico incluindo a distribuição da concentração e a imagem do terreno – ano 2006.

Fonte: Barreto *et al.*, 2012.

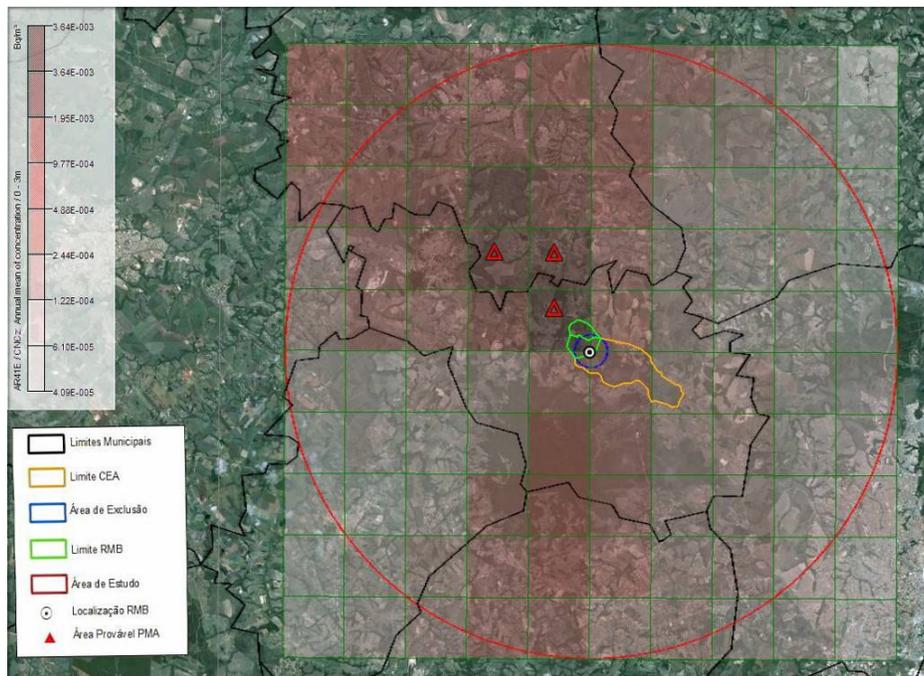


Figura 32- Mosaico incluindo a distribuição da concentração e a imagem do terreno – ano 2007.

Fonte: Barreto *et al.*, 2012.

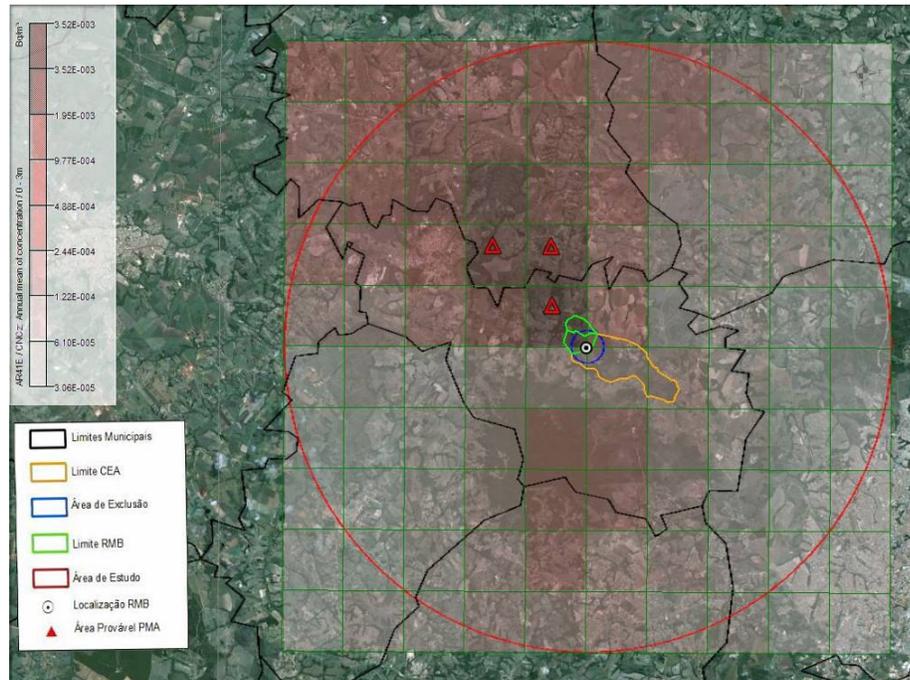


Figura 33 - Mosaico incluindo a distribuição da concentração e a imagem do terreno – ano 2008.
Fonte: Barreto *et al.*, 2012.

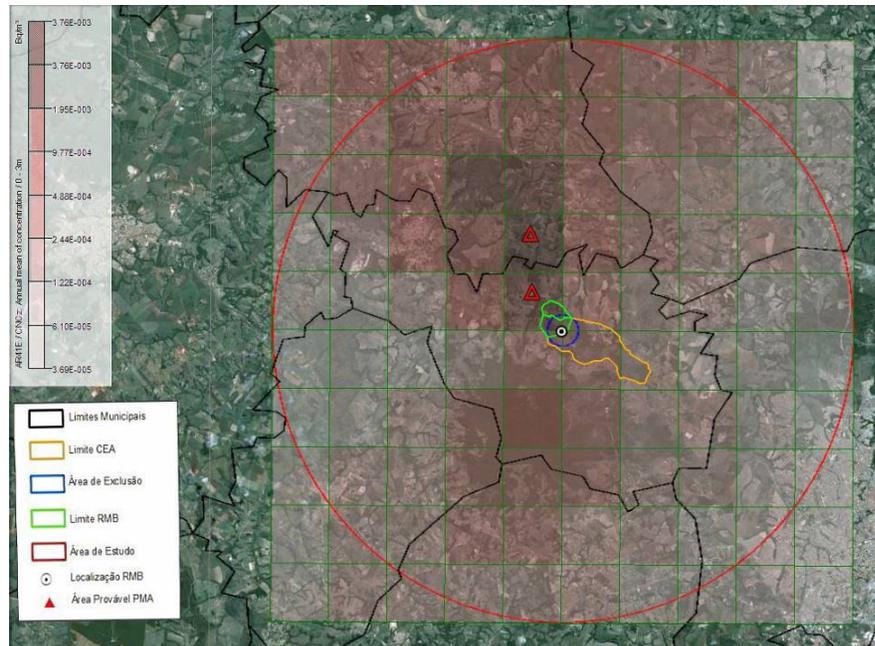


Figura 34 - Mosaico incluindo a distribuição da concentração e a imagem do terreno – ano 2009.
Fonte: Barreto *et al.*, 2012.

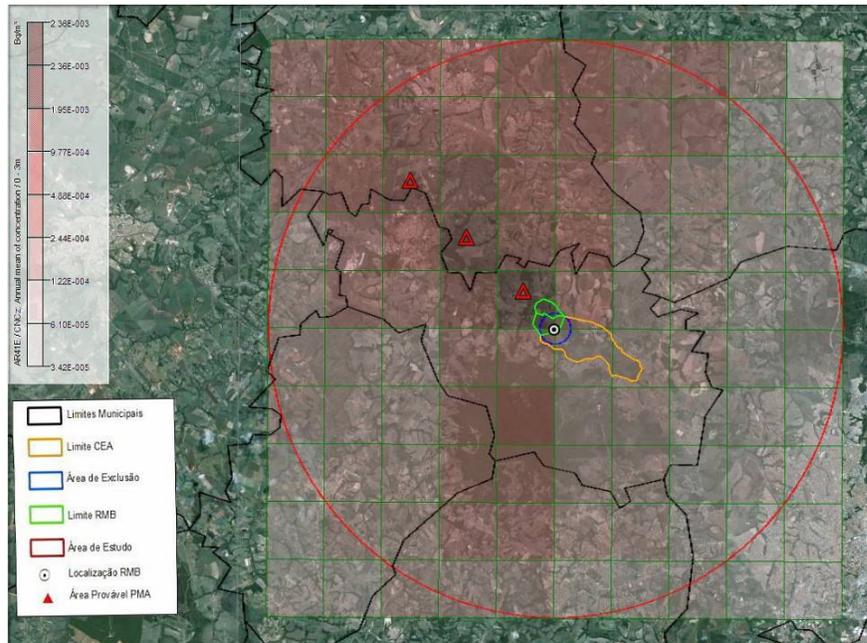


Figura 35 - Mosaico incluindo a distribuição da concentração e a imagem do terreno – ano 2010.

Fonte: Barreto *et al.*, 2012.

A partir dos resultados dos estudos de dispersão dos efluentes atmosféricos liberados pelo RMB, em condições normais de operação, por Barreto *et al.* (2012) foi possível confirmar que as maiores concentrações de radioatividade situam-se na direção do grupo crítico, que está localizado a cerca de 2000 m do RMB, conforme observado na Figura 36. Dessa forma, considerando-se as possíveis vias de exposição direta e indireta do homem à radiação, a AID do meio socioeconômico foi definida como um raio de 4 km a partir do ponto de instalação do prédio do reator (Mapa 1). Esta área, além de englobar totalmente o grupo crítico, abrange parcialmente o território do município de Iperó e Boituva e, parte da Flona de Ipanema.

Estes resultados obtidos confirmam que a AID do empreendimento sob o ponto de vista socioeconômico será mantida como a área compreendida pela sub-bacia do Médio Sorocaba mais a Flona Ipanema e a sua zona de amortecimento de 10 km. Para fins de gerenciamento da segurança radiológica será adotado um raio de 4 km centrado no prédio do reator do RMB.

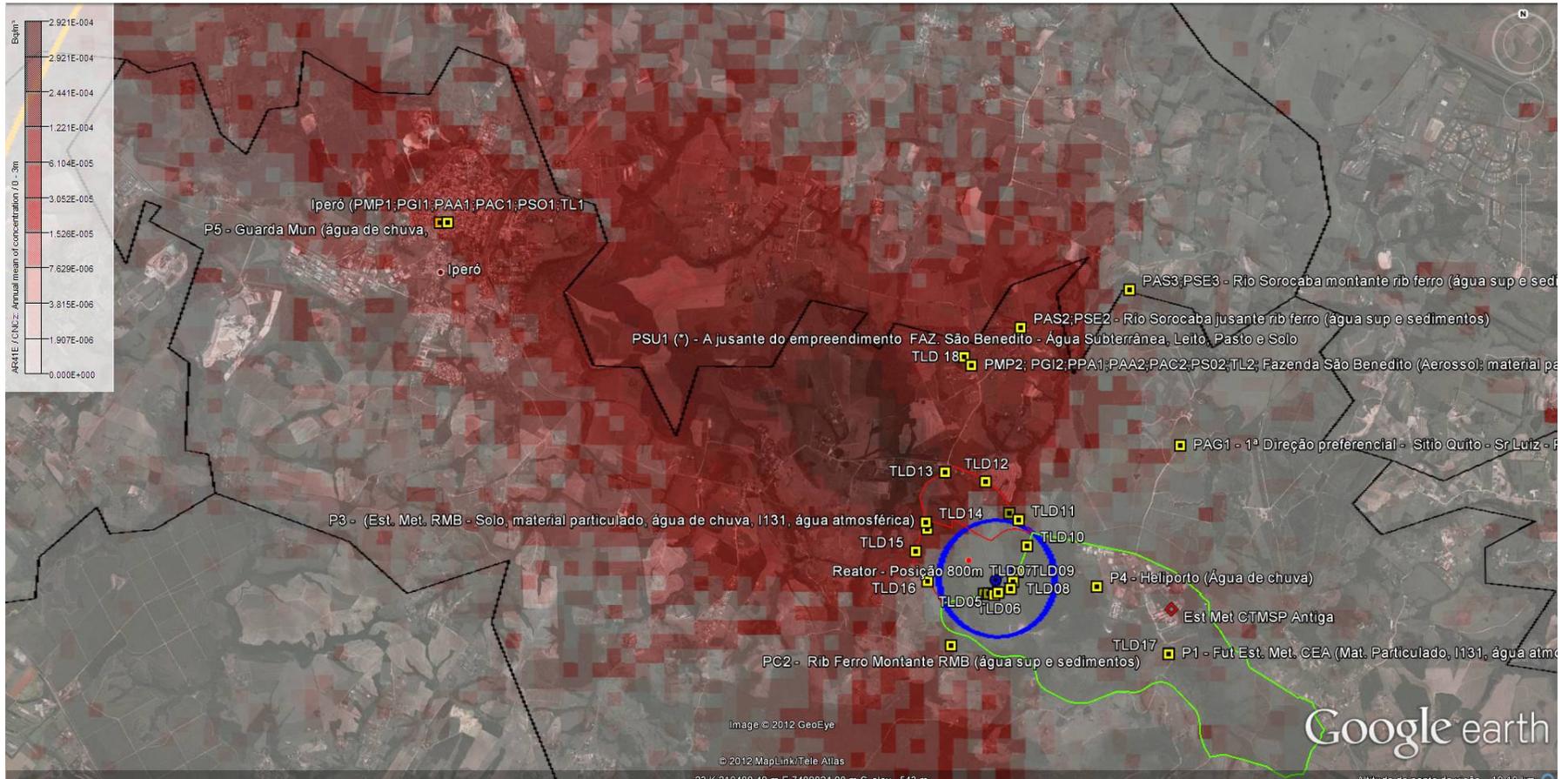
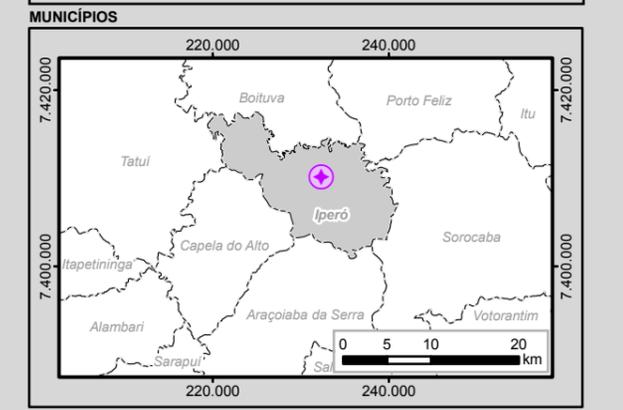
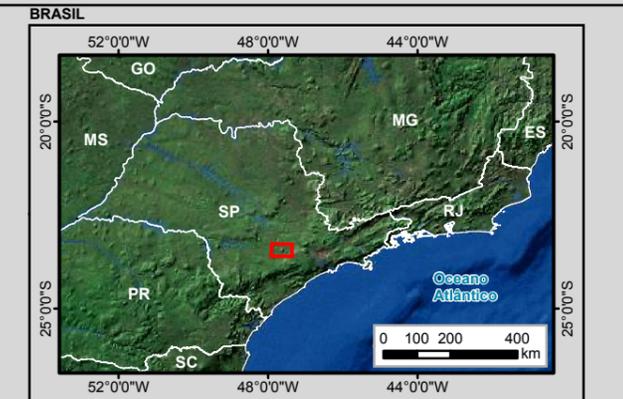
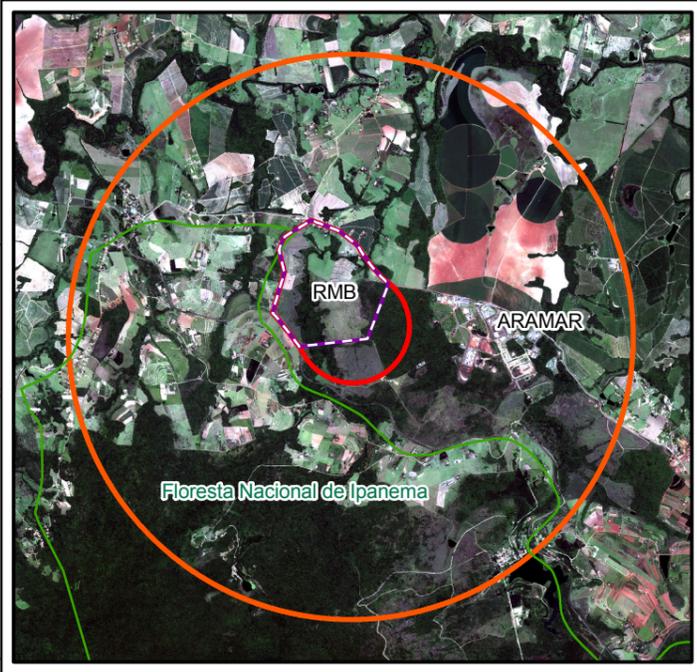
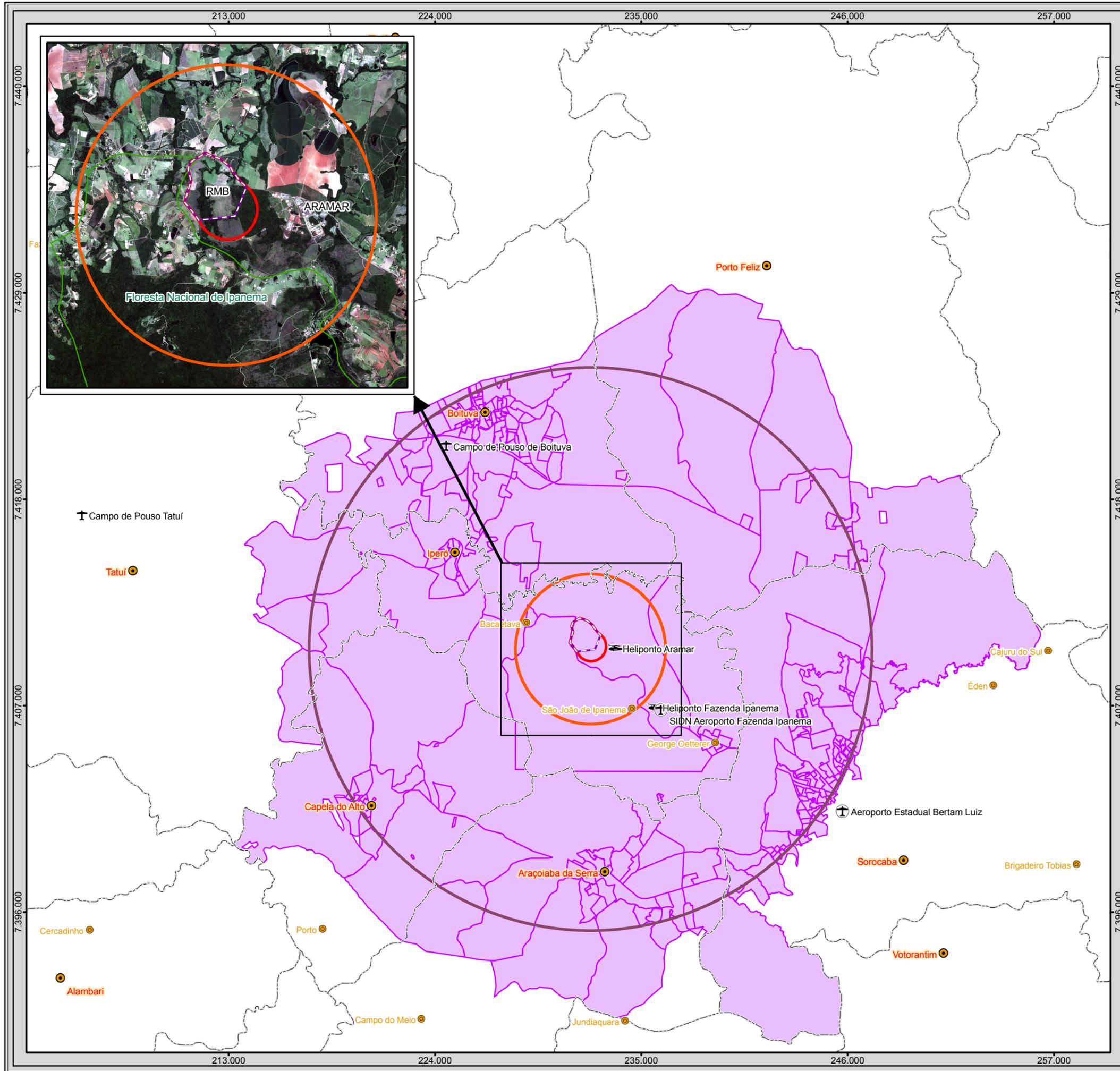


Figura 36 - Mosaico incluindo a distribuição da concentração de atividade no ar de Ar-41 obtida a partir dos estudos de dispersão atmosférica dos efluentes atmosféricos emitidos pelo RMB em condições normais de operação.

Fonte: Barreto et al., 2012.

6.2.3 ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)

Para o meio socioeconômico, considerou-se um raio de 15 km ao redor a partir do ponto de instalação do prédio do reator, na zona rural do município de Iperó. Este raio inclui o território integral do município de Iperó e parcialmente o território dos municípios do entorno, sendo estes: Sorocaba, Araçoiaba da Serra, Capela do Alto, Tatuí, Boituva e Porto Feliz (Mapa 1). Enquanto que para o meio físico e biótico considerou-se a bacia hidrográfica Sorocaba/ Médio Tietê (Mapa 2).



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Vila
- Cidade
- Aeroporto
- Campo de Pouso
- Heliporto
- Limite Municipal
- Município de Iperó
- Flona de Ipanema

Áreas de Influência do Meio Socioeconômico

- Área Diretamente Afetada (Raio de 800m a partir do reator + limite da propriedade)
- Área de Influência Direta (Raio de 4 km a partir do reator)
- Área de Influência Indireta (Raio de 15 km a partir do reator)
- Área de Influência Indireta (Setores Censitários interceptados pelo Raio de 15 km)

Articulação das Folhas 1:50.000

48°00'W	47°15'0"W	
SF-23-Y-C- I-1	SF-23-Y-C- I-2	SF-23-Y-C- II-1
23°00'S	23°00'S	23°00'S
SF-23-Y-C- I-3	SF-23-Y-C- I-4	SF-23-Y-C- II-3
23°30'0"S	23°30'0"S	23°30'0"S
48°0'0" W	47°15'0" W	47°15'0" W

0 1 2 4 Km

1:200.000

Escala numérica em impressão A3

Projeção UTM

Datum Horizontal SIRGAS 2000

Zona 23 K

CNEN

Identificação do Projeto

EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

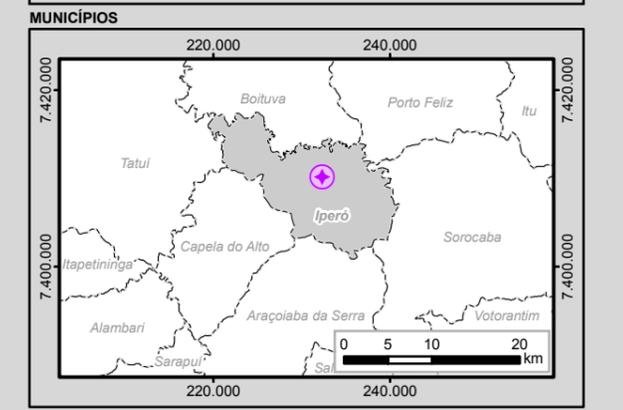
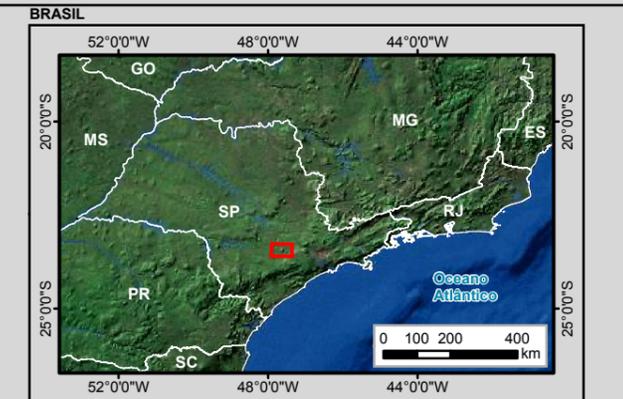
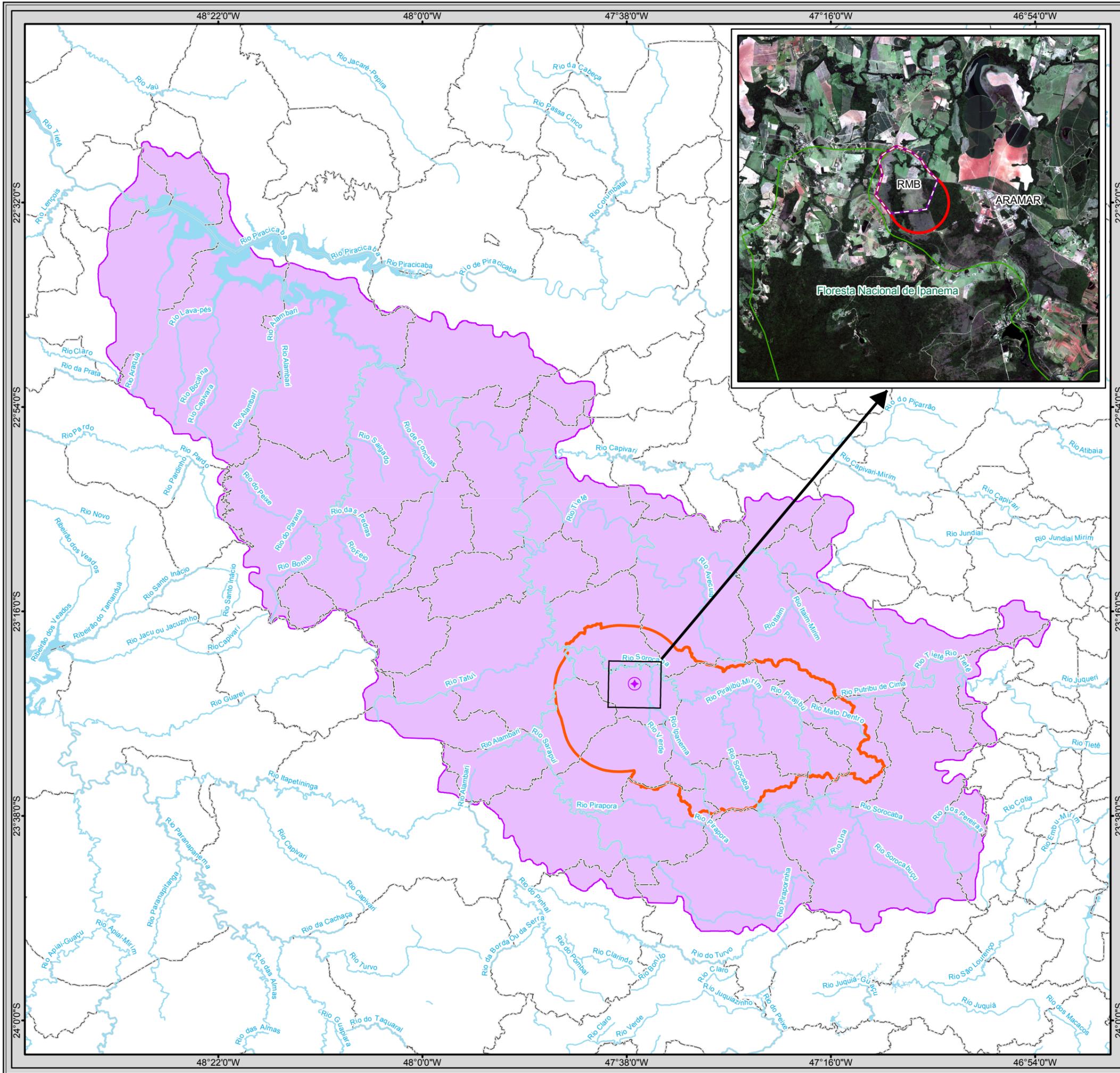
Título do Mapa

Mapa 1 - Áreas de Influência do Meio Socioeconômico

Empreendedor

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico	Data: Maio/2013
MRS	Fonte:
Estudos Ambientais	Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010)
	Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009
	Lote 2 (IBGE, 2009); Imagem Orbital Worldview2, Composição das Bandas R3, G2, B1, Resolução Espacial 0,5 m, Data da Passagem: 21/12/2011;



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Vila
- Cidade
- Curso d'água
- Massa d'água
- Limite Municipal
- Município de Iperó
- Unidades de Conservação Federais - ICMBio (Agosto, 2011)

Áreas de Influência dos Meios Físico e Biótico

- Área Diretamente Afetada (Raio de 800m a partir do reator + limite da propriedade)
- Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Flona de Ipanema)
- Área de Influência Indireta (Bacia Hidrográfica Sorocaba / Médio Tietê)

Articulação das Folhas 1:50.000

48°00'W	47°15'0\"/>
---------	-------------

0 3 6 12 Km
1:750.000
Escala numérica em impressão A3
Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Horizontal SIRGAS 2000

CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
Mapa 2 - Áreas de Influência dos Meios Físico e Biótico

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

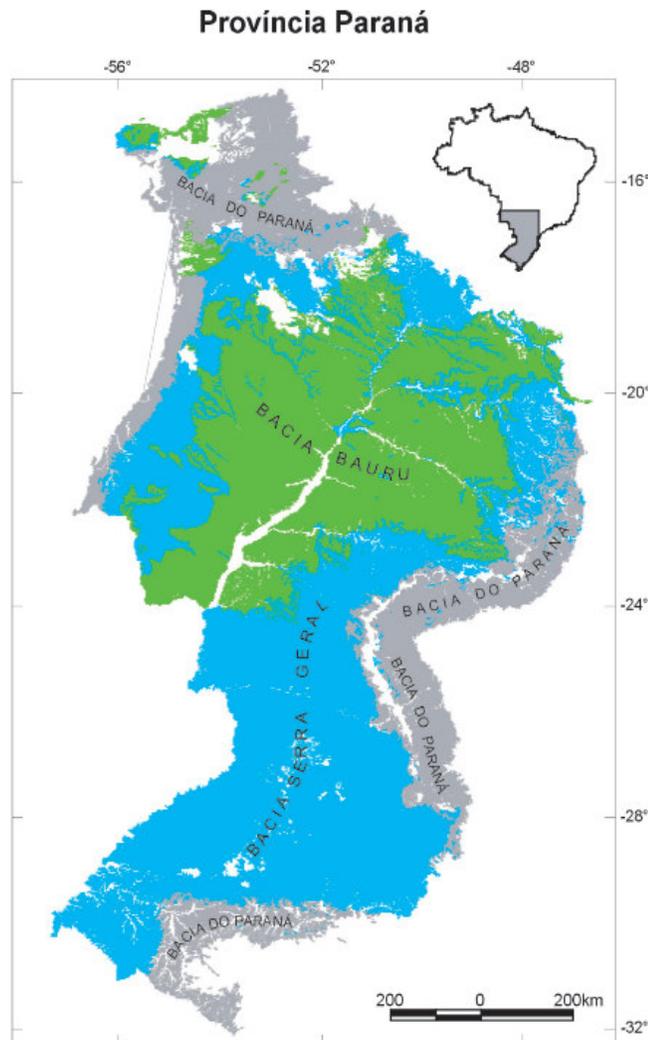
Responsável Técnico MRS Estudos Ambientais	Data: Maio/2013 Fonte: Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010) Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009); Imagem Orbital Worldview2, Composição das Bandas R3, G2, B1, Resolução Espacial 0,5 m, Data da Passagem: 21/12/2011;
---------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6.3 CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS DO MEIO FÍSICO

6.3.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

6.3.1.1 Contexto Geológico Regional

A região proposta para a instalação do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) localiza-se na região sudeste do território brasileiro, constituída basicamente por rochas do embasamento da Plataforma Sul-Americana e coberturas vulcano-sedimentares fanerozóicas. Geotectonicamente, essa porção do estado de São Paulo está inserida na Província Sedimentar Meridional, designada também de Província do Paraná. Com aproximadamente 1.050.000 km² em território brasileiro, a Província compreende três áreas de sedimentação independentes, separadas por profundas discordâncias (Figura 37): Bacia do Paraná propriamente dita, uma área de sedimentação que primitivamente se abria para o oceano Panthalassa a oeste (Milani e Ramos, 1998); Bacia Serra Geral, compreendendo os arenitos eólicos da Formação Botucatu e os derrames basálticos da Formação Serra Geral; e a Bacia Bauru, uma bacia intracratônica contendo depósitos acumulados em condições semi-áridas a desérticas (Bizzi *et al.*, 2003).



**Figura 37 - Esboço geológico da Província Paraná.
Fonte: CPRM, 2003.**

A Bacia do Paraná é uma bacia intracratônica que evoluiu sobre a Plataforma Sul-Americana, e sua formação teve início há cerca de 400 milhões de anos, no Período Devoniano terminando no Cretáceo. A persistente subsidência na área de formação da bacia, embora de caráter oscilatório, possibilitou a acumulação de grande espessura de sedimentos, lavas basálticas e sills de diabásio, ultrapassando 5.000 metros na porção mais profunda. Sua forma é aproximadamente elíptica, aberta para sudoeste, com espessura total máxima em torno de 7.000 metros, coincidindo geograficamente o depocentro estrutural da sinéclise com a região da calha do rio Paraná (MILANI, 2007).

A Bacia Serra Geral, assim designada em referência à Serra Geral do Planalto Meridional Brasileiro, corresponde à Supersequência Gondwana III (Jurássica-Eocretácica), que consiste de sedimentos eólicos da Formação Botucatu e os derrames basálticos da Formação Serra Geral, reunidos no Grupo São Bento (MILANI, 2007).

Em contato basal discordante com os basaltos da Formação Serra Geral, repousa a Bacia Bauru, que corresponde à Supersequência Bauru (Neocretácea). Tem espessura máxima de 300 m e área de ocorrência de 370.000 km². É formada pelo Grupo Caiuá, que corresponde às formações Rio Paraná, Goio Erê e Santo Anastácio; e pelo Grupo Bauru, que compreende as formações Uberaba, Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente e Marília (BIZZI *et al.*, 2003).

O substrato da província compreende blocos cratônicos e maciços alongados na direção NE–SW (Rio Apa, Rio Aporé, Triângulo Mineiro, Rio Paranapanema, Guaxupé, Joinville e Pelotas), separados por faixas móveis brasileiras: de norte para sul, Paraguai–Araguaia, Rio Paraná, Apiaí e Tijucas (MILANI e RAMOS, 1998).

6.3.1.2 Área de Influência Indireta

A Área de Influência Indireta – AII do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB), apresentada no Mapa 3, está inserida em litologias pertencentes às três bacias que pertencem a Província do Paraná.

6.3.1.2.1 Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná corresponde às supersequências: Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I e Gondwana II (MILANI, 1997); em que a fase rifte corresponde à Supersequência Rio Ivaí (TEIXEIRA, 2001) e a fase sinéclise às demais supersequências. Na AII da região estudada, ocorrem representantes dos Grupos: Itararé, Guatá e Passa Dois, que correspondem à Supersequência Gondwana I, de idade Carbonífera Eotriássica (Figura 38).

De acordo com a interpretação de Milani (1997), a porção basal da supersequência, transgressiva, correspondente ao Grupo Itararé e ao Grupo Guatá. O Grupo Itararé é constituído por depósitos sedimentares de origem glácio-marinha e compreende as formações Lagoa Azul, Campo Mourão, Taciba e Aquidauana. O Grupo Guatá é formado por rochas de ambiente deltaico, marinho e litorâneo da Formação Rio Bonito e por sedimentos marinhos da Formação Palermo. A parte superior da Supersequência Gondwana I, que corresponde à deposição regressiva, está registrada nas rochas marinhas e transicionais do Grupo Passa Dois. Compreende as Formações: Irati, Serra Alta, Teresina, Corumbataí e Rio do Rasto; sendo que somente as quatro primeiras ocorrem na AII.

O Grupo Itararé constitui a porção inferior da Supersequência Gondwana I, representado pelos depósitos diretamente ligados à fase de degelo dos grandes glaciares do Carbonífero Inferior. Os depósitos glaciogênicos da Bacia do Paraná são representados por diamictitos maciços ou estratificados, com seixos e blocos de múltiplas litologias e áreas-fonte que evidenciam o trabalho das geleiras carreando imenso volume sedimentar para a bacia. As fácies arenosas, maciças, gradadas ou com ondulações unidirecionais totalizam o maior volume sedimentar do pacote glacial e correspondem ao de contexto sedimentação turbidítica. São comuns corpos arenosos apresentando deformações sinsedimentares ligadas a escape de água ou dobras diversas. Dois outros litotipos, de ocorrência

subordinada, são bastante característicos neste pacote: os ritmitos e os tilitos. Os ritmitos incluem os varvitos, originados por variações climáticas sazonais em lagos periglaciais. Já os tilitos relacionam-se a pavimentos estriados impressos no substrato pela ação mecânica da geleira em movimento (MILANI, 2007).

Sobreposta de forma discordante ao Grupo Itararé ocorre a Formação Tatuí, que marca o início da deposição pós-glacial do Permiano superior. Esta unidade pode estar correlacionada ao Grupo Guatá, e, representa o fenômeno de transgressão marinha na bacia, na qual o membro inferior corresponde à sedimentação realizada acima do nível das águas, e o membro superior indica a frequência de sucessões de recobrimento e exposição pelas águas em regime de intermaré. O membro superior está representado por siltitos de cores claras, com intercalações de corpos acanalados de arenitos; e, o membro inferior consiste de siltitos e arenitos muito finos de cor marrom-avermelhada. Tais pacotes possuem espessura média de 60 a 70 metros podendo alcançar até 100 metros.

Em contato concordante com a Formação Tatuí tem-se a ocorrência dos sedimentos terrígenos do Grupo Passa Dois, representado pela Formação Irati na base, passando pelas formações Serra Alta e Teresina, tendo a Formação Corumbataí no topo.

O pacote sedimentar da Formação Irati é constituído por siltitos e folhelhos cinzas no seu membro inferior; e por folhelhos pretos, calcários dolomíticos e siltitos na sua porção superior. A Formação Irati documenta um momento singular na evolução da Bacia do Paraná, marcada por efetiva restrição à circulação de águas que culminou no desenvolvimento de um ambiente hipersalino na bacia interior. Sob tais condições acumularam-se carbonatos e evaporitos na porção norte, e folhelhos betuminosos na porção sul da bacia, sendo que estes exibem um conteúdo orgânico quantitativo que atinge níveis dos mais elevados já registrados em depósitos sedimentares do planeta, qualificando-os como um gerador em potencial para acumulações petrolíferas na área (MILANI, 2007).

Na sucessão sedimentar, segue a Formação Serra Alta, um pacote de folhelhos cinza-escuros finamente laminados, produto de decantação de argila em um contexto marinho de baixa energia. A sedimentação 'pós-Serra Alta' ocorreu em um contexto de tendência regressiva em grande escala, em que sistemas continentais passaram a dominar a bacia de acumulação, representando assoreamento da bacia remanescente. Tem-se então os sedimentos pelíticos com estruturas sedimentares ligadas à ação de marés que marcam a Formação Teresina. Os sedimentos da Formação Corumbataí documentam amplo sistema de planície de marés, e são caracterizados por arenitos muito finos, siltitos, lamitos e folhelhos com níveis de calcário oolítico de coloração lilás e cinza (MILANI, 2007).

A Formação Teresinha, na sua porção oeste, encontra-se em contato com a Formação Pirambóia, que marca o início do Grupo São Bento. A Formação Pirambóia, cuja deposição ocorreu no Triássico, é constituída por arenitos fluviais e eólicos, na qual associações de fácies de dunas e lençóis de areia cortadas por fácies de canais fluviais temporários, compõem uma sucessão de subambientes interrelacionados lateral e verticalmente. Alguns

autores apontam a dominância eólica na sedimentação dessa formação, cuja espessura alcança 270 metros em algumas regiões (CAETANO-CHANG-WU, 2003).

6.3.1.2.2 Bacia Serra Geral

A Supersequência Gondwana III, denominada de Sequência Jurássica-Eocretácica, compreende os sedimentos eólicos da Formação Botucatu e a província magmática da Formação Serra Geral, as quais constituem o Grupo São Bento. Os sedimentos continentais desta supersequência são representados predominantemente por fácies eólicas (MILANI, 2007) (Figura 38).

A Formação Botucatu é constituída quase totalmente por arenitos médios a finos de elevada esfericidade e aspecto fosco, róseos, que exibem estratificação cruzada tangencial, de médio a grande porte, cujas fácies associam-se ao que se denomina “deserto Botucatu”. Na porção basal do pacote sedimentar, localmente ocorrem ventifactos derivados de um persistente retrabalhamento eólico sobre depósitos fluviais subjacentes ao campo de dunas (MILANI, 2007).

A Formação Serra Geral registra o intenso vulcanismo ocorrido nas bacias cratônicas sul-americanas durante o Mesozóico. Constituem a Formação Serra Geral termos petrológicos dominados por basaltos toleíticos e andesitos basálticos, com subordinadas quantidades de riolitos e riodacitos. O evento magmático ocorrido na Bacia Serra Geral é marcado por espessa cobertura de lavas, associada à rede de diques que corta seções sedimentares e múltiplos níveis de soleiras intrudidas segundo os planos de estratificação paleozóicos (MILANI, 2007).

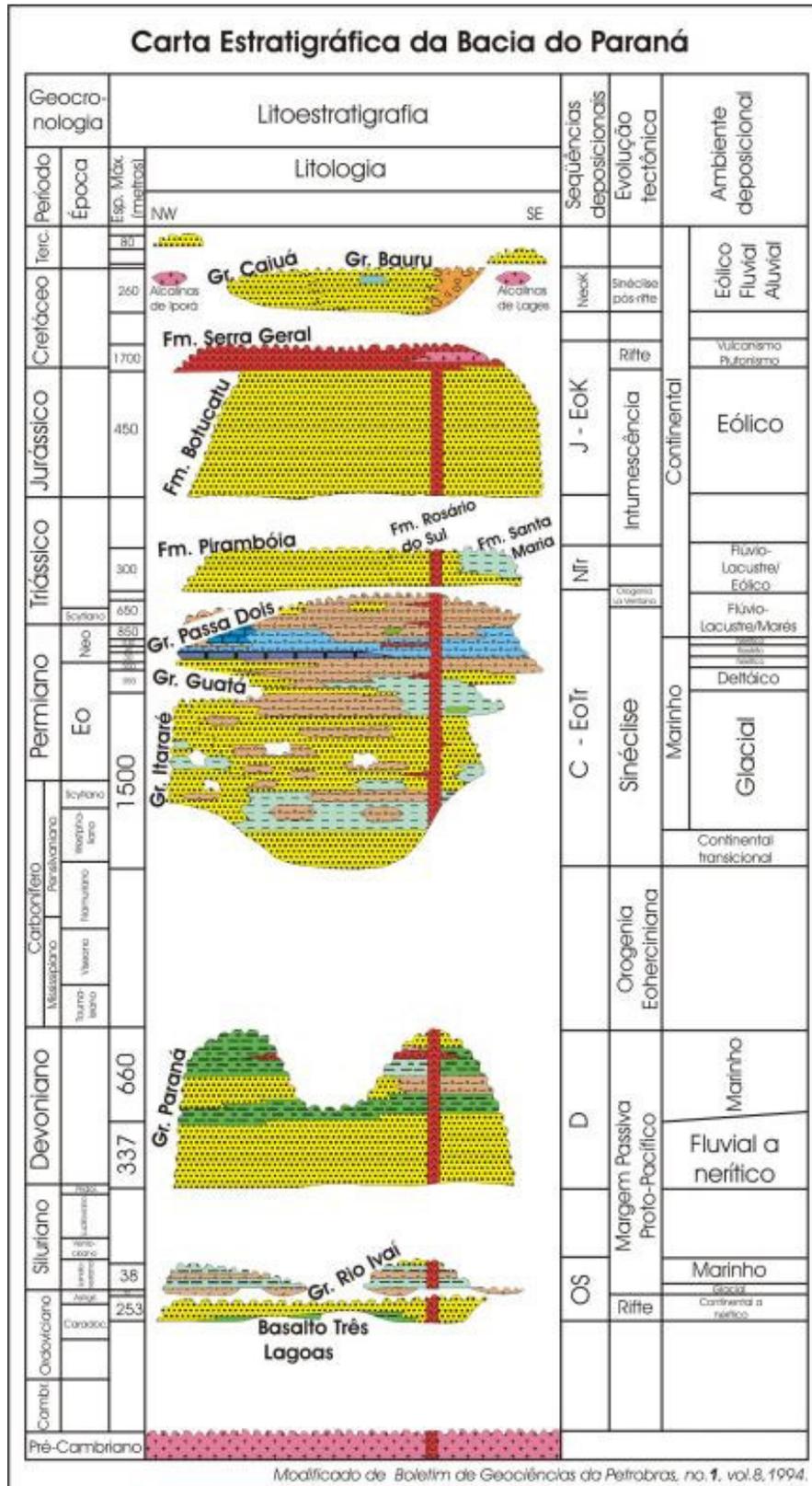


Figura 38 – Coluna Estratigráfica da Bacia do Paraná.
Fonte: Adaptação para Bizzi *et al.* (2001)

6.3.1.2.3 Bacia Bauru

A cobertura pós-basáltica constitui unidade siliciclástica psamítica depositada em condições semi-áridas a desérticas, que corresponde à Supersequência Bauru (Neocretácea), depositada na denominada Bacia Bauru. Esta supersequência encontra-se em contato basal discordante com os basaltos da Formação Serra Geral, e, em termos litoestratigráficos é formada pelos grupos Caiuá e Bauru (Figura 38). Na região da Área de Interferência Indireta – All, afloram duas unidades litológicas representantes do Grupo Bauru: Formação Vale do Rio do Peixe e Formação Marília; e, correspondem a depósitos de trato de sistemas de clima semi-árido, formado por leques aluviais marginais e lençóis de areia atravessados por sistemas fluviais efêmeros.

Situada estratigraficamente sobre a Formação Marília encontra-se a Formação Itaqueri, constituída de depósitos clásticos com fragmentos de diâmetro maior que 2 mm (rudáceos) de leques aluviais, aflorando em porção restrita mais sudoeste da All.

Na porção NE da Área de Interferência Indireta, observam-se unidades vulcano-sedimentares do Grupo Serra do Itaberaba, unidades metavulcânicas, metapelíticas e carbonáticas do Grupo São Roque, além de representantes pré-Cambrianos do Grupo Açungui. Este último é representado na região pela sequência vulcano-sedimentar metamorfisada em baixo grau da Formação Votuverava. Nesta faixa foram diferenciados corpos graníticos sin e tardi-cinemáticos, parautóctones, tardi e pós-cinemáticos do pré-Cambriano.

6.3.1.2.4 Evolução Geológica

6.3.1.2.4.1 Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná é do tipo MSIS (Depressão Marginal, passando a Depressão Interior devido à obstrução da margem aberta) (Kingston et al. 1983), com quatro ciclos de subsidência: a Supersequência Rio Ivaí de idade Ordoviciano-Siluriana (Milani, 1997), correspondente a um ciclo transgressivo, constituída pelas formações Alto Garças, Iapó, e Vila Maria; Supersequência Paraná, correspondente a um ciclo transgressivo-regressivo, composta pelas formações Furnas (de deposição em ambiente fluvial e transicional) e Ponta Grossa; Supersequência Gondwana I de idade Carbonífera-Eotriássica, composta pelas grupos Itararé (ciclo transgressivo, constituído por depósitos sedimentares de origem glácio-marinha), Guatá (ciclo transgressivo, formado por rochas de ambiente deltaico) e Passa Dois (sequência regressiva)(Milani, 1997); e Supersequência Gondwana II (Triássico Médio a Superior, que encerra a sedimentação na Bacia do Paraná (Milani, 1997).

6.3.1.2.4.2 Bacia Serra Geral

Segundo Scherer (2002), a Bacia Serra Geral é do tipo IF (Fraturas Interiores, produzidas por esforços distensivos), com a abertura do Oceano Atlântico Sul, as antéclises limitantes da Província Sedimentar Meridional (Asunción a oeste, Alto Xingu a NNW, Paranaíba a NE,

Ponta Grossa a SE e Rio Grande a Sul) foram reativadas e transformadas nos arcos homônimos. Com o rebaixamento do fundo da bacia, houve a formação de ampla depressão topográfica, onde se depositaram arenitos de granulação fina a média, os quais, de acordo com Scherer (2002), podem ser separados em duas unidades genéticas: a Formação Botucatu e a Formação Serra Geral.

6.3.1.2.4.3 Bacia Bauru

A Bacia Bauru (FERNANDES & COIMBRA, 1998) é do tipo IS (Depressão Interior, causada por movimentos verticais) (Figura 39), inteiramente contida na seqüência neocretácea (ÉPSILON, de SOARES et al. 1974) da “Bacia do Paraná” (MILANI, 1997). Estes autores atribuem, à Bacia Bauru, duas fases de deposição: a primeira fase compreende um trato de sistema desértico, com formação do Pantanal Araçatuba (Formação Araçatuba; siltitos); a segunda, um trato de sistema flúvioeólico, proveniente do nordeste.

**Província Sedimentar Meridional
Evolução Tectônica**

Idade	Tipo de Bacia	
Meso-neo- Cretáceo	IS	Bacia Bauru 
Jurássico/ Eo-Cretáceo	IF	Bacia Serra Geral 
Carbonífero/ Permiano	M S I S	Bacia do Paraná 
Devoniano		Orogenia Eo-Herciniana 
Ordoviciano/ Siluriano	IF	Rifte Central (sub-superfície) 

Figura 39 - Evolução tectônica da Província Sedimentar Meridional, de acordo com a classificação global de bacias de Kingston et al. 1983.

Fonte: Schobbenhaus, 2003.

6.3.1.3 Área de Influência Direta – AID

Na região que engloba a ADA e na AID do empreendimento, a unidade geológica preponderante é o Grupo Itararé (Neocarbonífero-Eopermiano), que representa o registro do período glacial permocarbonífero na Bacia do Paraná. Vestígios da influência direta e indireta de geleiras estão impressos na sua complexa sucessão vertical de fácies. A identificação de três grandes sequências ou ciclos estratigráficos subdivide o Grupo Itararé nas formações Lagoa Azul, Campo Mourão e Taciba, com base em dados de poços (ARAB *et al.*, 2009).

Na Área de Influência Direta, o Grupo Itararé é representado por:

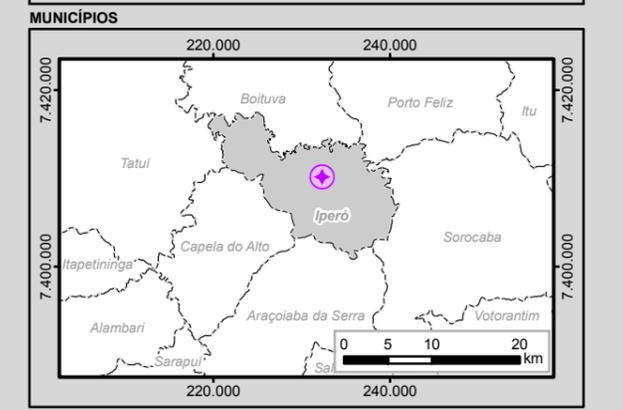
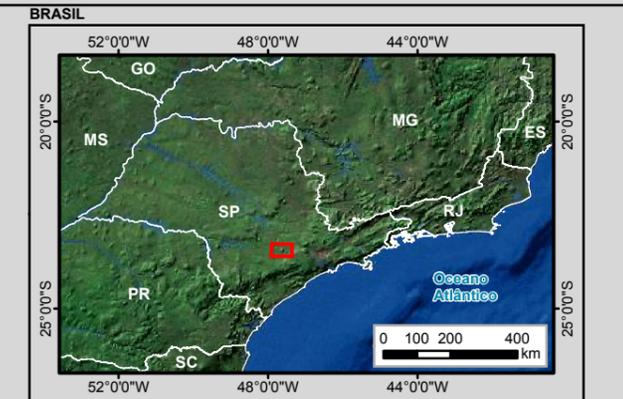
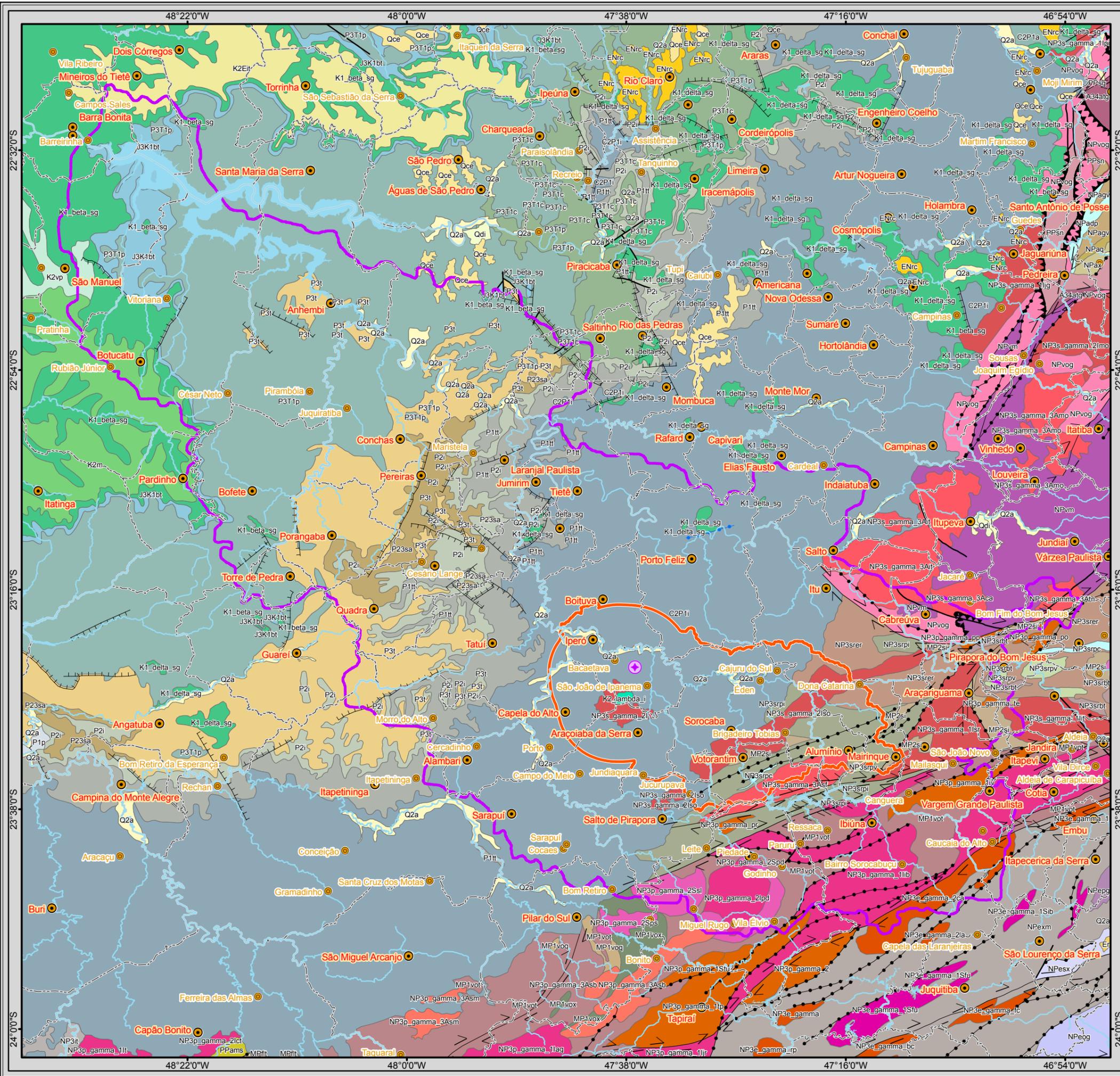
- Unidade Inferior – arenitos grosseiros estratificados, mal selecionados, conglomeráticos, lenticulares, associados a ritmitos cinza claro e escuro, siltitos

e lamitos, com espessura de 200 metros, depositados em ambiente flúvio-glacial e lacustre, às vezes marinho.

- Unidade média – arenitos com estratificação horizontal, lamitos avermelhados e diamictitos cinza esverdeados, com ocorrências de folhelhos intercalados. Espessura do pacote variando de 250 a 400 metros, depositado em ambiente marinho.
- Unidade Superior – arenitos grosseiros, conglomerados, diamictitos e argilitos e siltitos de coloração marrom avermelhada, com estratificação plano-paralela e espessura de 200 metros. Deposição em ambiente flúvio-glacial de planície glacial litorânea. Na região de Capela do Alto, devido a intrusão do corpo de rochas alcalinas aflorantes, a espessura do subgrupo Itararé se acha bastante reduzida.

Inserido na AID, próximo à Área Diretamente Afetada – ADA, afloram o Granitóide Socorro-Guaxupé e o Complexo Plutônico Alcalino, que correspondem geomorfologicamente ao Morro de Ipanema (ou Serra de Araçoiaba). Tais complexos plutônicos formaram-se como resultado da convergência e colisão das placas São Francisco e Paraná no Pré-Cambriano Superior (620-630 Ma). Tais maciços são afetados pelos períodos tectônicos de cavalgamento, transcorrência e falhamentos normais, que na região expressam o fim da convergência e colisão entre essas placas. O orógeno Socorro-Guaxupé corresponde a granitóides tipo I (resultado da fusão parcial de rochas metaígneas), tardi-orogênicos, com associação magmática cálcio-alcalina a subalcalina.

Na porção leste da Área de Influência Direta – AID, são diferenciados elementos do Granito Sorocaba e Granito São Francisco, além de representantes diversos do Grupo São Roque. Neste último, são reconhecidas as formações: (i) Piragibu – metapelítica com lentes de metaconglomerados e de metavulcânicas na base; (ii) Pirapora do Bom Jesus – essencialmente metavulcânica com cálcio-filitos; (iii) Estrada dos Romeiros – com metapelitos e metarenitos rítmicos; (iv) Boturuna – metarenítica e arcoseana (JULIANI & BELJAVSKIS, 1995).



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Vila
- Cidade
- Curso d'água
- Massa d'água
- Limite Municipal
- Município de Iperó

Áreas de Influência dos Meio Físico

- Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Flona de Ipanema)
- Área de Influência Indireta (Bacia Hidrográfica Sorocaba / Médio Tietê)

Legenda de Geologia - Folha Anexa

Articulação das Folhas 1:50.000

48°00'W	47°15'W	47°15'W
SF-23-Y-C- I-1	SF-23-Y-C- I-2	SF-23-Y-C- II-1
48°00'W	47°15'W	47°15'W
23°30'0"S	23°30'0"S	23°30'0"S
SF-23-Y-C- I-3	SF-23-Y-C- I-4	SF-23-Y-C- II-3
48°00'W	47°15'W	47°15'W

0 3 6 12 Km
1:700.000
Escala numérica em impressão A3
Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Horizontal SIRGAS 2000

CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

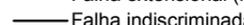
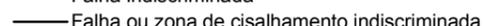
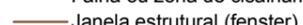
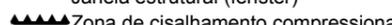
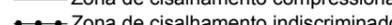
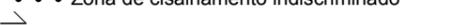
Título do Mapa
Mapa 3 - Geologia

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico MRS Estudos Ambientais	Data: Maio/2013 Fonte: Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010); Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009); Geologia: Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
---------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Unidades Litoestratigráficas

ESTRUTURAS

-  Dique
-  Falha extensional (normal)
-  Falha indiscriminada
-  Falha ou zona de cisalhamento indiscriminada
-  Janela estrutural (fenster)
-  Zona de cisalhamento compressional
-  Zona de cisalhamento indiscriminado
-  Zona de cisalhamento transcorrente dextral

-  Q2a, Depósitos aluvionares
-  Qce, Depósitos colúvio-eluvionares
-  Qdi, Coberturas detríticas indiferenciadas
-  ENrc, Formação Rio Claro
-  K2Eit, Formação Itaqueri
-  Np, Formação Pindamonhangaba
- GRUPO TAUBATÉ**
-  Er, Formação Resende
-  Esp, Formação São Paulo

PROVÍNCIA PARANÁ

Complexos Plutônicos Alcalinos

-  K2_lambda_i, Ipanema

BACIA BAURU

- GRUPO SÃO BENTO**
-  K1_beta_sg, Formação Serra Geral
-  K1_delta_sg, Formação Serra Geral, Intrusivas básicas
-  J3K1bt, Formação Botucatu
- GRUPO BAURU**
-  K2m, Formação Marília
-  K2vp, Formação Vale do Rio do Peixe

BACIA DO PARANÁ

-  P3T1p, Formação Pirambóia
- GRUPO GUATÁ**
-  P1p, Formação Palermo
-  P1rb, Formação Rio Bonito
-  P1tt, Formação Tatuí
- GRUPO ITACARÉ**
-  C2P1i, Grupo Itararé Indiviso
-  C2P1a, Formação Aquidauana
- GRUPO PASSA DOIS**
-  P3T1c, Formação Corumbataí
-  P3t, Formação Teresina
-  P23sa, Formação Serra Alta
-  P2i, Formação Irati

SUPER GRUPO AÇUNGUI

- SUBGRUPO LAGEADO**
-  MPfit, Formação Furnas Lageado, unidade terrígena
-  MP2si, Grupo Serra do Itaberaba
- GRUPO VOTUVERAVA**
-  MP1vot, Unidade terrígena
-  MP1voq, Unidade quartzítica
-  MP1vox, Unidade de xistos
- FORMAÇÃO ÁGUA CLARA**
-  MP1acc, Unidade carbonática
-  MP1acq, Unidade quartzítica
- COMPLEXO APIAÍ-MIRIM**
-  PPams, Apiaí Mirim, unidade metassedimentar
- MAGMATISMO DOMÍNIO EMBU**
-  NP3e_gamma_2ca, Granito Caucaia
-  NP3e_gamma_2la, Granito Laranjeiras
-  NP3e_gamma_1Sfu, Granito Fumaça ou Represa do França
-  NP3e_gamma_1Sib, Granito Itatuba
-  NP3e_gamma_1Sis, Granito Itapecerica da Serra
-  NP3e_gamma_1, Granitóides indiferenciados, sinorogênicos, do Terreno Embu
-  NP3e_gamma, Granitóides indiferenciados do Terreno Embu
-  NP3e_gamma_bc, Granito Bairro do Cafezal
-  NP3e_gamma_fa, Granito Faú
-  NP3e_gamma_fc, Granito Fazenda Carioca
-  NP3e_gamma_rp, Granito Rio das Pedras
-  NP3ml, Rochas miloníticas

FORMAÇÃO IPORANGA

-  NP3p_gamma_1lag, Granito Agudos Grandes
-  NP3p_gamma_1lib, Granito Ibiúna
-  NP3p_gamma_1ljr, Granito Jurupará
-  NP3p_gamma_1lt, Complexo Três Córregos
-  NP3p_gamma_1Stu, Granito Turvo
-  NP3p_gamma_1iv, Granito Itapevi
-  NP3p_gamma_1tp, Granito Tapiraí
-  NP3p_gamma_2, Granitóides indiferenciados, tardiorogênicos do orógeno Paranapiacaba
-  NP3p_gamma_2lct, Granitóide Capote, Complexo Três Córregos
-  NP3p_gamma_2lcu, Granito Capuava
-  NP3p_gamma_2lpd, Piedade, granito tipo I
-  NP3p_gamma_2Spd, Piedade, granito tipo S
-  NP3p_gamma_2Sps, Granito Pilar do Sul
-  NP3p_gamma_2Ssl, Granito Serra dos Lopes
-  NP3p_gamma_3Asb, Granito Serra da Batéia
-  NP3p_gamma_3Asm, Granito São Miguel Arcanjo
-  NP3p_gamma_po, Granito Ponanduva
-  NP3p_gamma_pp, Granito Pica-Pau
-  NP3p_gamma_pr, Granito Pirapora
-  NP3p_gamma_te, Granito Tevere
- GRUPO ITAIACOCA**
-  NP3it, Itaiacoca, unidade terrígena
-  NP3ab, Abapã
- GRUPO SÃO ROQUE**
-  NP3srbt, São Roque, Formação Boturuna
-  NP3srer, São Roque, Formação Estrada dos Romeiros
-  NP3srpi, São Roque, Formação Piragibu
-  NP3srpc, São Roque, Formação Pirapora do Bom Jesus, unidade carbonática
-  NP3srpv, São Roque, Formação Pirapora do Bom Jesus, unidade metavulcânica
- COMPLEXO EMBU**
-  NPesx, Embu, unidade de sericita xistos
-  NPepg, Embu, unidade paragnáissica
-  NPexm, Embu, unidade de xistos, localmente migmatíticos
-  NPeog, Embu, unidade ortognáissica
-  NPvm, Varginha-Guaxupé, unidade paragnáissica migmatítica superior
- PROVÍNCIA TOCANTINS**
- MAGMATISMO RELACIONADO AO ÓROGENO SOCORRO-GUAXUPÉ**
-  NP3s_gamma_3Aca, Granitóide Cachoeira
-  NP3s_gamma_3Ait, Itu
-  NP3s_gamma_3Amo, Morungaba, granito tipo A
-  NP3s_gamma_3Asf, Granito São Francisco
-  NP3s_gamma_3Atn, Granito Terra Nova
-  NP3s_gamma_2I, Granitóides tipo I, tardiorogênicos, do orógeno Socorro-Guaxupé
-  NP3s_gamma_2lmo, Morungaba, granito tipo I
-  NP3s_gamma_2lso, Granito Sorocaba
-  NP3s_gamma_1lbp, Socorro, Suíte Bragança Paulista
-  NP3s_gamma_1lcr, Granito Cantareira
-  NP3s_gamma_1lit, Granitóide Itaquí
-  NP3s_gamma_1ljj, Jaguariúna
-  NP3s_gamma_1lpi, Granito Pinhal-Ipuiúna
-  NP3s_gamma_1lsl, Granitóide São Roque
-  NP3s_gamma_1lStt, Granito Tico-Tico
-  NP3s_gamma_1ja, Granito Jarinu
- GRUPO ANDRELÂNDIA**
-  NPadp, Andrelândia, gnaisses duas pontes
-  NPagv, Andrelândia, unidade de metagrauvacas
-  NPaq, Andrelândia, unidade quartzítica
-  NPax, Andrelândia, unidade de xistos
- COMPLEXO VARGINHA GUAXUPÉ**
-  NPvog, Varginha-Guaxupé, unidade ortognáissica migmatítica intermediária
- COMPLEXO**
-  A34atg, Amparo, unidade de migmatitos tonalito-trondhjemíticos
- COMPLEXO**
-  PPsg, São Gonçalo do Sapucaí
-  PPsn, Ortognaisse Serra Negra

6.3.1.4 Área Diretamente Afetada

O mapa geológico da área do empreendimento (Mapa 4) foi feito de forma indireta devido à elevada escassez de exposição de afloramentos, apenas nos pontos RMB 1 e 29, sendo os contatos litológicos definidos como encobertos (pelas coberturas de solos) e inferidos. Através da revisão bibliográfica (TUCKER, 1982; FRY, 1984), descrição dos testemunhos de sondagens, integração com a carta pedológica estabelecida, correlação com as unidades litoestratigráficas regionais (Grupo Itararé) bem como a definição específica das litofácies alteradas pelos processos de intemperismo, pediplanação e pedogênese. Concluída essa integração de dados, foram definidos os materiais parentais geradores dos solos observados, proposto modelo tridimensional de subsuperfície para a continuidade das camadas geológicas na área do empreendimento, que auxiliando na visualização espacial e principalmente implementa a interpretação geotécnica da área de construção civil.

6.3.1.4.1 Unidade Pelítica

Essa unidade Litoestratigráfica apresenta maior variação faciológica, variando em conteúdo de silte /argila e variações nos tipos de estruturas sedimentares, sendo diferenciada da base para o topo da seguinte maneira:

- DIAMICTITO (Diam) - Caracterizado por apresentar matriz siltosa não laminado, com fragmentos polimíticos de tamanho variando de milimétrico a decimétrico e coloração variando em tons de cinza;
- RITIMITO (Ritim) - Definido por apresentar estratificação plano-paralela com lâminas de silte e argila variando desde milimétricas até centimétricas (12 cm), comumente apresenta deslocamento ao longo dos planos de estratificação, expondo superfícies lisas e sedosas com coloração variando em tons de cinza a preto.
- SILTITO (Silt) - Constituído exclusivamente por material siltoso, apresenta coloração variando em tons de cinza e marrom.

As variações de fácies foram descritas em testemunhos de sondagens (SP101 a 150), sendo que apenas o nível mais superior (Silt) foi cartografado (figura10) em campo (ponto RMB 29). Situado nas menores cotas (540-545 m), em vale com relevo suave a moderadamente ondulado e inclinação moderada a forte. O detalhamento dos aspectos descritivos acerca da litofácie SILTITO (Silt) foi realizado através de estudos petrográficos.



Figura 40- Padrão da litofácia descrita, mostrando o elevado grau de alteração, as estruturas sedimentares primárias (S0) e as estruturas tectônicas (juntas de alívio). Afloramento ao longo do Ribeirão do ferro (ponto RMB 29)

6.3.1.4.1.1 Descrição Microscópica

Os constituintes principais presentes na rocha são:

- Matriz Pelítica (75%): O tamanho diminuto impossibilita a especificação
- Quartzo (20%)- Ocorre em tamanhos distintos (mal selecionado), morfologia disforme, moderado retrabalhamento (grãos subangulosos a subarredondados), provavelmente com origem vulcânica por não apresentarem extinção ondulante e tamanho variando entre 0,1-0,2 mm;
- Olivina (4%): Ocorre em tamanho similar (bem selecionado), morfologia simétrica, retrabalhamento elevado (grãos variando de sub-arredondados a arredondados) e tamanho variando entre 0,1-0,2 mm;
- Plagioclásio (1%): Ocorre em tamanho similar (bem selecionado), morfologia disforme, moderado retrabalhamento (grãos sub-angulosos), manifestando geminação lei da albita diagnóstica, provavelmente com origem vulcânica por não apresentarem extinção ondulante e tamanho variando entre 0,15-0,25 mm;

A rocha apresenta grãos que indicam retrabalhamento moderado devido à morfologia sub-angulosa a sub-arredondada, sendo que os grãos de quartzo apresentam película de óxido de ferro. A porosidade primária é elevada devido proporção elevada de matriz pelítica e devido à natureza composicional dos grãos ser variada, sugere-se diferentes áreas fontes participantes na sedimentação.

A Rocha é constituída predominantemente por matriz pelítica e participação em reduzida proporção de arcabouço de quartzo, plagioclásio, olivina, sendo esses constituintes relacionados à fase sin sedimentar. A granulação varia de fina a média e o grau de selecionamento é moderado, variando de subarredondados a subangulosos, conseqüente de resultado de transporte moderado. O ambiente deposicional provável é de fácies fluvial (Figura 41).

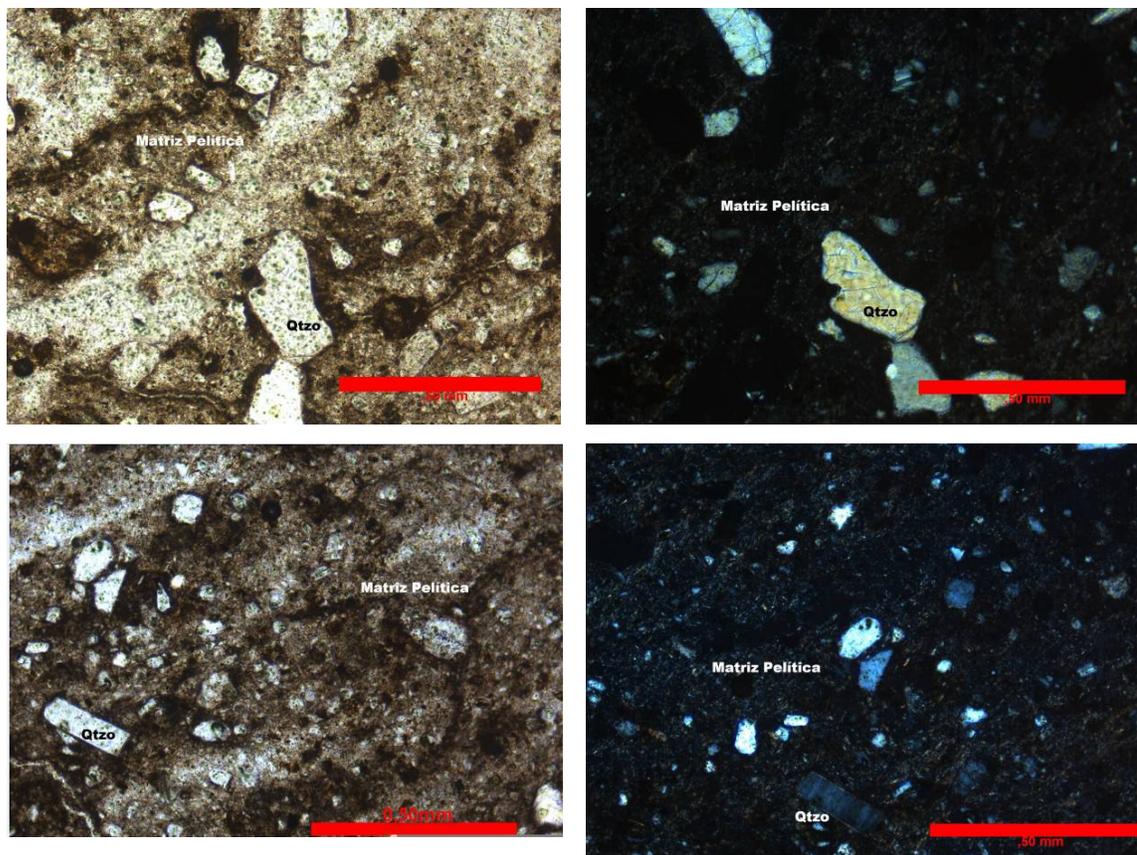


Figura 41- Fotomicrografias evidenciando o aspecto anguloso dos grãos que definem o arcabouço da rocha, bem como a elevada proporção de matriz constituída por material pelítico

6.3.1.4.1.2 Identificação Por Difração De Raios-X

Método Analítico

- Amostra Total

A amostra foi pulverizada e compactada a seco em lâmina de vidro. A análise de difratometria de raios-x foi procedida em equipamento RIGAKU ULTIMA-IV operando com tubo de cobre e filtro de níquel, sob voltagem de 35 kv e 15 mA, velocidade de varredura de 5°/minuto, no intervalo de 3° a 80° - 2θ.

Para a interpretação dos difratogramas foi utilizado o software JADE 9.0, tendo o banco de dados PDF-ICDD.

Resultados

Quartzo como maior constituinte, Albita, Microclínio, Muscovita e Montmorillonite como menores constituintes. Cristais de Hematita como constituinte traço (Figura 42).

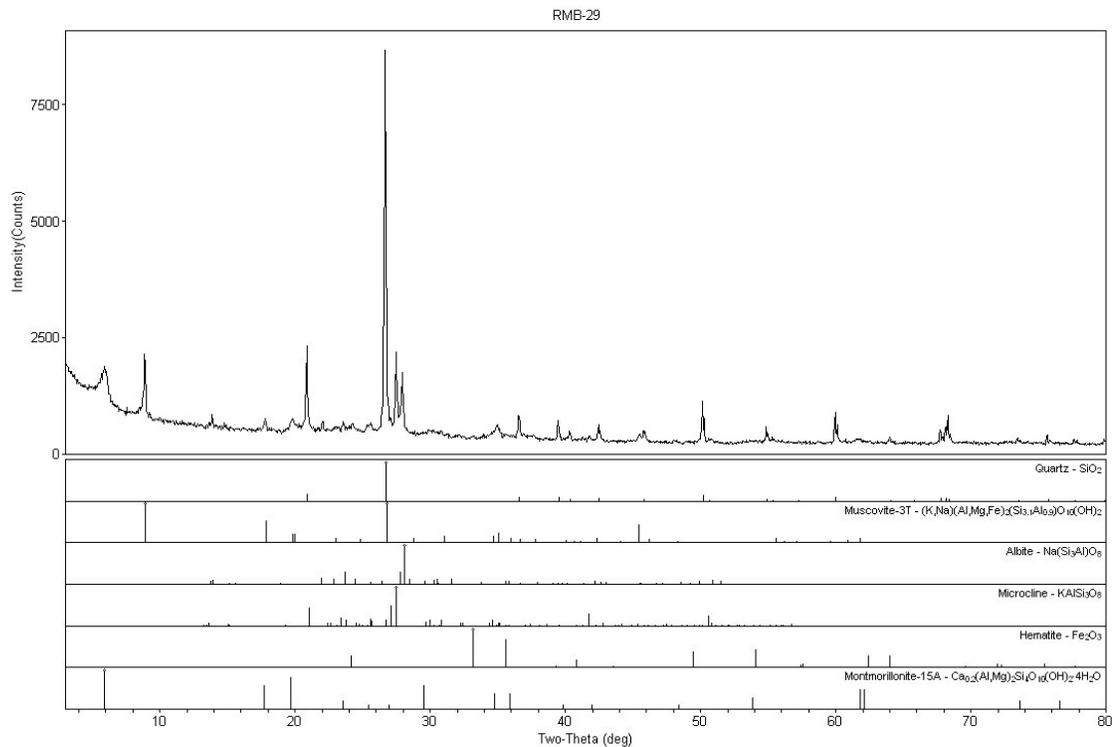


Figura 42 - Difratograma de raios-x mostrando as fases minerais observadas e suas respectivas respostas.

6.3.1.4.2 Unidade Psamopelítica

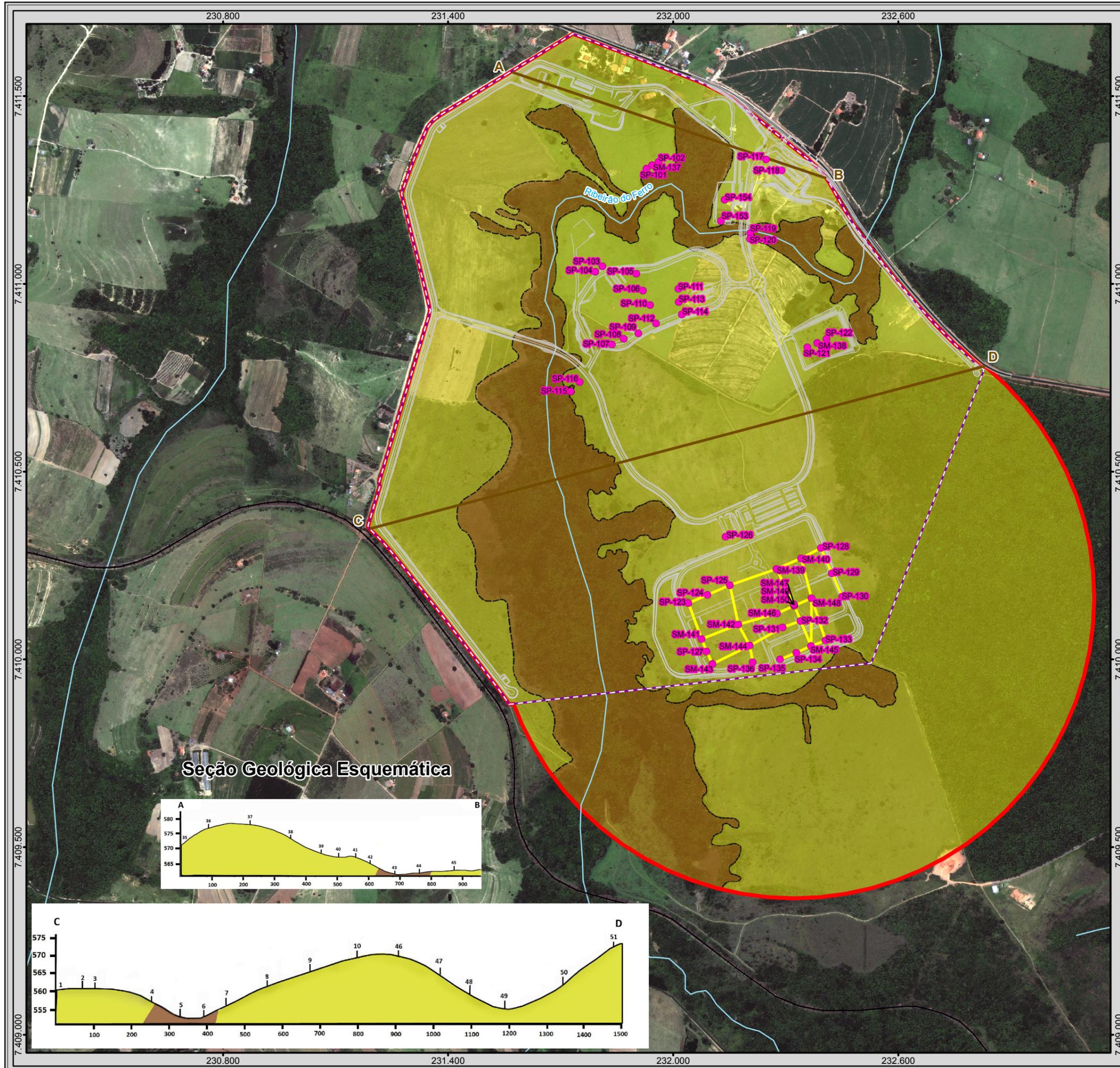
Dentro do limite estabelecido para a ADA identificam-se duas litofácies distintas pertencentes a essa unidade litoestratigráfica, relacionadas ao Grupo Itararé e diferenciadas da base para o topo da seguinte maneira:

- ARENITO CONGLOMERÁTICO (Arcong) - Caracterizado por apresentar predominantemente matriz na fração areia fina, com seixos e fragmentos polimíticos de até 6 cm de tamanho, morfologia arredondada e coloração marrom escuro
- ARENITO MACIÇO (Arm) - Constituído de matriz predominantemente fina e localmente média a grossa, sendo a coloração variando em tons de amarelo.

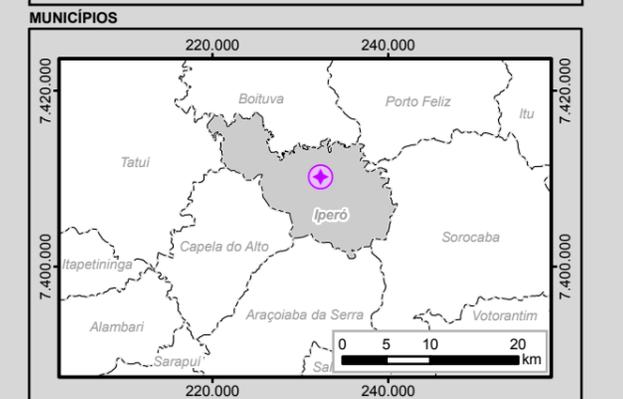
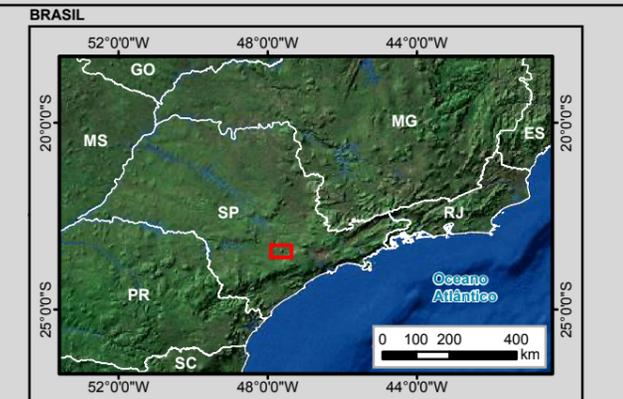
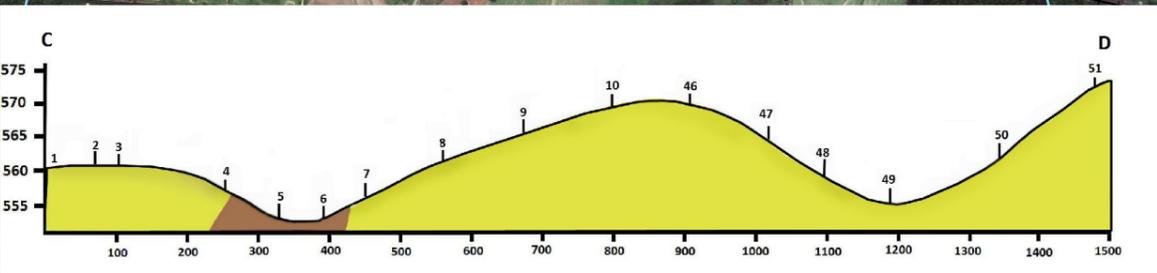
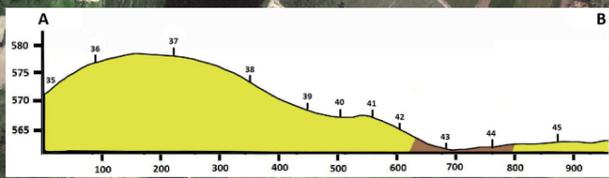
Essas variações de fácies foram descritas em testemunhos de sondagens (SP 101 a 150), sendo que apenas o nível mais superior (Arm) foi cartografado (Figura 43) em campo (ponto RMB1), situado em Platô com relevo plano nas cotas mais elevadas (565-600m).



Figura 43- Aspecto extremamente friável do litotipo cartografado, ilustrando fragmentos residuais da rocha extremamente alterada (ponto RMB1)



Seção Geológica Esquemática



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Planta
- Curso d'água
- Limite Municipal
- Município de Iperó
- Área Diretamente Afetada
- Sondagens
- Seções geológicas integradas com a malha de sonda
- Seções Geológicas

Sistema Viário

- Ferrovia Existente
- Rodovia Municipal
- Pavimentada
- Não Pavimentada

Unidades Geológicas

Unidade Psamítica

- Litofácies Arenito Conglomerático; Arenito Maciço

Unidade Pelítica

- Litofácies Diamicítico; Ritímico; Siltito

Articulação das Folhas 1:50.000

48°0'0" W	47°15'0" W
SF-23-Y-C- I-1	SF-23-Y-C- I-2
SF-23-Y-C- I-3	SF-23-Y-C- I-4
48°0'0" W	47°15'0" W

23°0'0" S, 23°30'0" S, 23°0'0" S, 23°30'0" S

0 50 100 200 m

1:10.000
Escala numérica em impressão A3
Projeção UTM
Datum Horizontal SIRGAS 2000
Zona 23 K

CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
Mapa 4 – Geologia da Área Diretamente Afetada

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico
MRS
Estudos Ambientais

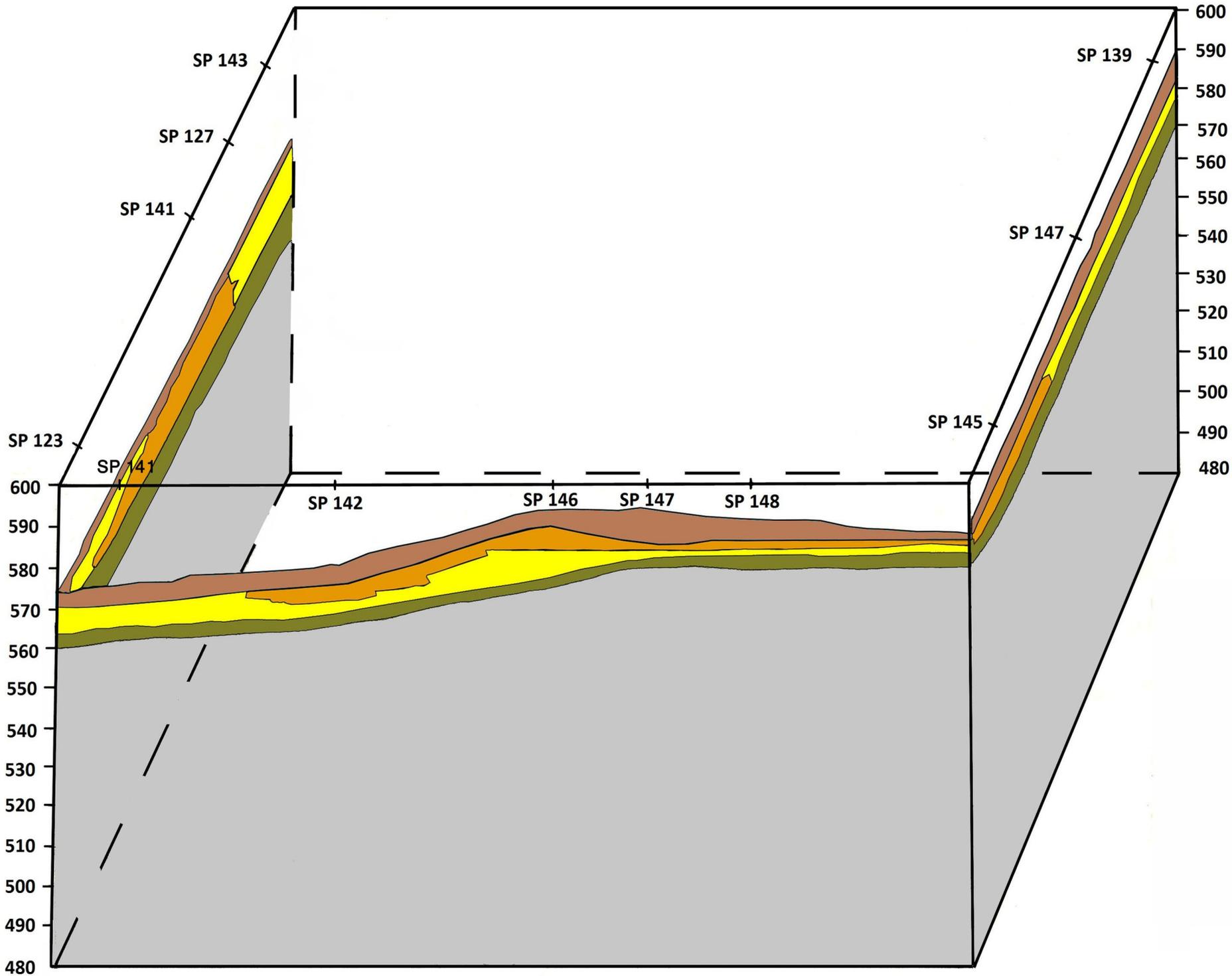
Data: Maio/2013

Fonte:
Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010);
Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009,
Lote 2 (IBGE, 2009); Imagem Orbital WorldView 2, Composição das Bandas
R3, G2, B1, Resolução Espacial 0,5 m, Data da Passagem: 21/12/2011;
Geologia: Mapeamento detalhado em campo, Escala 1:7.000.

6.3.1.4.3 Integração de Relatórios de Ensaios e Seções Geológicas de Superfície

A partir de relatórios de ensaios realizados pela EPT (ENGENHARIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A.) foram integrados dados de seções geológicas de subsuperfície referentes a 29 furos de sondagem (SP 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 114, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147 e 148) e propostos modelos 3D (Figura 44) para projeção das camadas geológicas, com o objetivo de melhor visualização espacial da continuidade de cada tipo de rocha.

Com a avaliação desses resultados, o laudo técnico de construção civil poderá ser mais embasado de acordo com limites mais aproximados da realidade e principalmente associados os seus respectivos resultados de análises reológicas.



Escala Horizontal 1:30

0 30 60 90

Escala Vertical - 1:10

0 10 20 30 m

- Solo Eluvial
- Solo Alterado Silto-argiloso
- Solo Alterado Silto=arenoso
- Rocha Alterada
- Rocha Sã

SP - Furos Sondados

6.3.1.4.4 Ocorrências Minerais

Os recursos minerais potenciais ou em fase de exploração na Área de Influência Direta do RMB são constituídos, em sua maioria, por água mineral e principalmente por materiais utilizados na construção civil, desde agregados às rochas ornamentais. Dos 216 requerimentos existentes, 78,4% referem-se ao uso na construção civil (areia, argila, calcário e granito), 7,4% à água mineral e 14,2% a outras commodities (Tabela 3).

Tabela 3 - Ocorrências Minerais na Área de Influência Direta.

Substância	N° de Requerimentos
Água Mineral	20
Anfibólio	1
Anfibolito	1
Apatita	2
Areia	79
Argila	45
Calcário	13
Caulim	7
Estanho	2
Feldspato	6
Filito	8
Folhelho Argiloso	1
Fosfato	5
Granito	20
Granito Ornamental	1
Hidrargilita	2
Mármore	1
Minério De Ouro	3
Siltito	1
Turfa	1
Xisto Argiloso	1

6.3.1.4.4.1 Água Mineral

A exploração de água mineral se dá principalmente através de poços tubulares, onde a sua presença e existência de reserva explotável não é suficiente para que seja explorada. Esta atividade só pode ser realizada com a prevenção de contaminação do aquífero e controle de sua superexploração.

As captações de água mineral na Área de Influência Direta se dividem igualmente nos aquíferos Pré-Cambriano e Tubarão. O Aquífero Pré-Cambriano possui potencial hídrico limitado à ocorrência de zonas favoráveis, o que resulta em grande variação das condições de produção, com valores extremos de 0 a 50 m³/h, média de 7 m³/h e a vazão específica média de 0,3 m³/h/m, oscilando entre 0,06 e 0,7 m³/h/m (CETESB, 2009).

O Aquífero Tubarão possui permeabilidade natural de $7,70 \times 10^{-2}$ m/dia acima do nível freático e de $2,91 \times 10^{-2}$ m/dia a $18,28 \times 10^{-2}$ m/dia abaixo do nível freático. A permeabilidade aparente é de $0,102 \times 10^{-2}$ m/dia e a transmissividade maior que zero até $1,0 \text{ m}^2/\text{dia}$, enquanto que a porosidade efetiva varia de 0,3 % a 3 % (DAEE, 1996).

6.3.1.4.4.2 Anfibolitos

Os anfibolitos pertencem à Formação Pirapora do Bom Jesus do Grupo São Roque. São anfibolitos finos com textura nemotoblástica e lepidoblástica, com bancos métricos de anfibolitos médios e grosseiros.

6.3.1.4.4.3 Agregados para construção civil

Agregados para construção civil constituem toda a matéria prima mineral bruta ou beneficiada de emprego direto na construção civil. Neste caso são incluídos os diversos tipos de areia e brita.

Areia

A areia para construção civil pode ser definida como substância mineral inconsolidada, constituída por grãos predominantemente quartzosos, com tamanhos na faixa entre 2,0 e 0,07 mm. Além do quartzo, outros minerais também podem estar presente na composição das areias em quantidades variáveis, a depender da natureza do jazimento, a saber: feldspato, mica, minerais pesados, óxidos e hidróxidos de ferro, entre outros.

Os principais depósitos de areia e cascalho estão relacionados a cinco contextos geológico-geomorfológicos: vale de rios; sedimentos costeiros praias; sedimentos psamíticos das bacias de Taubaté e São Paulo; unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná e coberturas cenozóicas associadas; e coberturas elúvio-coluvionares associadas às rochas do embasamento cristalino.

Os depósitos de vales de rios estão concentrados nos leitos atuais, e nas planícies e terraços aluviais. Seus representantes mais significativos estão relacionados aos grandes rios que drenam o Estado, como o Tietê, Paraná, Paranapanema, Paraíba do Sul, Grande, Mogi Guaçu e Ribeira de Iguape.

As areias aqui tratadas são geralmente finas, sendo adicionadas às massas de concreto para dar uma melhor distribuição granulométrica, ocasionando melhor resistência e economia de cimento.

Na área de influência direta, a areia é o agregado explorado, considerado o produto da desagregação do Arenito do Grupo Itararé. É, também, explorada nos Depósitos Aluvionares nas proximidades da Área de Influência Direta.

Granito

São as rochas cristalinas que, após britagem, podem ser misturadas com outros insumos minerais e utilizadas na construção civil. As rochas britadas, ou simplesmente brita, destinam-se a diversos tipos de obras, sendo empregadas em grande escala na pavimentação e na conservação de rodovias e ferrovias, e como agregado na composição do concreto em obras de engenharia civil.

As rochas para serem utilizadas na construção devem apresentar elevada resistência mecânica e física. Contudo, outras características devem ser consideradas, como a resistência às ações do tempo e dos agentes químicos. A resistência às alterações depende da composição, textura, porosidade e resistência mecânica do material.

A principal fonte de rocha fanerozóica para brita é a Formação Serra Geral. Esta unidade compreende essencialmente derrames basálticos toleíticos, associados a corpos intrusivos similares (diques e soleiras). Mais localizadamente, são também utilizadas rochas alcalinas, como subproduto das atividades de aproveitamento dessas rochas para fosfato e cimento.

A extração de brita, a partir de rochas fanerozóicas, está concentrada nas regiões de Campinas, Ribeirão Preto, São José do Rio Preto, Sorocaba e Bauru, totalizando uma produção anual de cerca de 10,1 milhões de toneladas (Kulaif, 2001).

6.3.1.4.4.4 Apatita

Concentrações econômicas de fosfato ocorrem em ambientes sedimentares (ambientes marinhos, depósitos de guano) e ígneos (intrusivas e extrusivas alcalino-carbonatíticas).

As mineralizações fosfáticas em complexos alcalinos estão associadas à fácies carbonatíticas intrusivas e extrusivas. São representadas por conteúdos primários de apatita, ou por fosfatos secundários de bário, estrôncio e elementos de terras raras, no manto de alteração intempérica comum a essas rochas.

Os complexos ígneos vêm aumentando sua participação nesta produção, ao mesmo tempo em que diminui paulatinamente a importância dos fosfatos de guano (Kulaif & Damasceno, 1994).

As reservas paulistas de fosfato resumem-se aos depósitos de apatita (normalmente flúorapatita, $Ca_5(PO_4)_3F$) dos maciços alcalino-carbonatíticos mesozóicos de Jacupiranga (município de Cajati), Juquiá (Registro) e Ipanema (Iperó).

Em todos estes complexos a apatita ocorre inicialmente como disseminações ou agregados primários nas fácies carbonáticas das intrusões. O minério fosfático é enriquecido pelo intemperismo, concentrando-se em coberturas eluvionares dispostas sobre os carbonatitos mineralizados.

A produção anual paulista de minério fosfático bruto é estimada em 4,57 milhões de toneladas, com 232,3 mil toneladas de fosfato contido (DNPM, 2000).

Na Área de Influência Direta, a ocorrência de apatita se dá em lentes alongadas com direção NE-SW pertencentes ao Complexo Alcalino Ipanema.

6.3.1.4.4.5 Argila

As argilas utilizadas na indústria de cerâmica vermelha ou argilas comuns abrangem uma grande variedade de sedimentos pelíticos, consolidados e inconsolidados. São argilas aluvionares quaternárias, argilitos, siltitos, folhelhos, lamitos e ritmitos que queimam em cores avermelhadas, a temperaturas variáveis entre 800 e 1.250°C. São empregadas na fabricação de tijolos, telhas, blocos cerâmicos, ladrilhos, pisos, manilhas e agregados leves. Algumas dessas argilas possuem outras aplicações industriais, como pozolanas naturais e na fabricação de cimento.

As argilas fundentes são compostas por uma mistura de argilo-minerais, que incluem a illita, caulinita e esmectita, com proporção variada de quartzo, óxidos fundentes e outros minerais não-plásticos. Trata-se na verdade de rochas sedimentares, tais como siltitos, folhelhos e argilitos, usualmente denominados de “taguá” no jargão ceramista.

A maioria das suas unidades fabris tem como matéria-prima básica taguás provenientes da seqüência sedimentar permo-carbonífera da Bacia do Paraná. Como taguá é minerada grande variedade de rochas pelíticas, como folhelhos, ritmitos, argilitos, lamitos, siltitos e diamictitos, frescos e alterados, associados ao Grupo Itararé, Formação Tatuí e Formação Corumbataí.

A partir deste tipo de matéria-prima, as indústrias do cinturão cerâmico paulista preparam uma série de massas, através de misturas entre diferentes taguás, com argilas aluviais quaternárias, ou com outros bens minerais específicos (e. g, basaltos, filitos), que suprem uma produção diversificada, desde blocos cerâmicos tradicionais até pisos e revestimentos.

As reservas medidas de argilas no Estado, incluindo argilas comuns, fundentes e plásticas, são superiores a 670 milhões de toneladas (DNPM, 2000).

A exploração de argila se dá principalmente nos argilitos pertencentes às formações Tatuí, Irati e Teresina.

6.3.1.4.4.6 Calcário

As rochas carbonáticas, nas mais variadas composições químicas e texturais, atendem aplicações industriais bastante diversificadas. Dentre as ocorrências fanerozóicas, os principais depósitos do Estado associam-se às formações Irati, Teresina e Corumbataí (Grupo Passa Dois), da Bacia do Paraná, e são aproveitados principalmente na produção de pó como corretivo da acidez de solos.

Na Formação Irati é lavrada uma fácies carbonática correspondente a um banco tabular de calcário dolomítico com 2 a 4 m de espessura, encimado por uma seqüência rítmica de folhelhos e calcários silicificados. Na Formação Teresina é aproveitado um banco de calcários oolíticos calcíticos com cerca de 2 m de espessura, em Taguaí. No município de

Santa Rosa do Viterbo é minerado um banco de calcário dolomítico associado à Formação Corumbataí, de 2 a 3 m de espessura, originado pela coalescência de estruturas algáticas estromatolíticas.

6.3.1.4.4.7 Caulim

Caulim é um termo geral empregado para designar materiais rochosos ou argilosos, cuja fração fina é composta essencialmente de argilo-minerais do grupo da caulinita. O caulim é um dos mais versáteis minerais de aplicação industrial, sendo utilizados em cerâmica, papéis, tintas, borrachas, plásticos e muitos outros segmentos, devido a algumas de suas características peculiares, tais como inércia química em uma faixa ampla de pH, cor branca, boas características de espalhamento e cobertura de superfícies, suavidade e não-abrasão, baixa condutividade de calor e eletricidade e baixo custo.

Quanto à origem, os depósitos de caulim podem ser classificados em residuais, hidrotermais ou sedimentares. Os caulins residuais são originados a partir da transformação intempérica de rochas ricas em alumino-silicatos pobres em ferro, sob condições propícias de lixiviação. Áreas sujeitas a longos períodos de estabilização, com drenagem livre e com fases climáticas quentes e úmidas, são particularmente favoráveis ao desenvolvimento de mantos de alteração caulíníficos.

No Estado, as principais reservas de caulim são de natureza residual e em geral estão associadas à alteração de rochas pegmatíticas e graníticas do embasamento pré-cambriano. As ocorrências de caulim relacionadas a pegmatitos e granitos concentram-se nas regiões de Mogi das Cruzes, Tapiraí, Embu-Guaçu, Juquitiba e Socorro. Nas proximidades de Piedade, no sul do Estado, ocorrem caulins residuais em granitos alterados e em zonas de cisalhamento do embasamento.

6.3.1.4.4.8 Estanho

A cassiterita (SnO_2) é o principal mineral-minério de estanho, elemento utilizado na fabricação de chapas metálicas estanhadas, ligas metálicas diversas, soldas, galvanoplastia, indústria eletrônica, defensivos agrícolas e alguns produtos químicos (Damasceno, 1988).

Além de constituir ocorrências primárias, parte dos depósitos de cassiterita do Granito Correas está concentrada em coberturas elúvio-coluvionares, resultantes de processos morfoclimáticos cenozóicos. Aluviões situados próximos a estes depósitos apresentam Os depósitos primários ocorrem em greisens, veios, bolsões e stockworks de quartzo aflorantes ou subaflorantes, como resultado de processos tardi a pósmagmáticos de alteração metassomático-hidrotermal da cúpula granítica. Neste caso, a cassiterita mostra granulação fina a grossa, disseminando-se ou formando concentrações maciças, podendo estar ou não associada a alguma wolframita.

Nos depósitos secundários, cassiterita (e wolframita), também com granulação variada, disseminase em solos areno-argilosos, juntamente com grânulos e seixos de greisen, quartzo e hidróxidos de ferro.

6.3.1.4.4.9 Feldspato

A utilização do feldspato na indústria é bem variada, usado tanto na produção de cerâmicas, vidros, vernizes, tintas, etc.

6.3.1.4.4.10 Turfa

A turfa corresponde ao estágio inicial de carbonificação da matéria orgânica vegetal, sendo composta por uma mistura de restos vegetais em diversos graus de decomposição (húmus), que contém desde remanescentes orgânicos totalmente identificáveis até uma massa gelatinosa amorfa. Segundo o grau de umificação, a turfa pode ser classificada texturalmente em fibrosa, hêmica ou sáprica, de acordo com o aumento do conteúdo de matéria orgânica amorfa decomposta em relação à porção vegetal fibrosa.

Em São Paulo a turfa tem sido comercializada para o fabrico de substratos para a formação de mudas, condicionadores para incorporação em solos cultivados e degradados visando recuperação e produtos para paisagismo e jardinagem.

Os principais depósitos paulistas são de idade holocênica e associam-se a regiões paludiais costeiras e a várzeas de planícies de inundação (IPT, 1986).

Estas turfás distribuem-se em áreas amplas, baixas e úmidas, e são capeadas por densa vegetação arbórea da Mata Atlântica. Constituem estratos de turfa hêmica a sáprica, marrom-escura a preta, com intercalações de material lenhoso menos decomposto, e possuem espessuras entre de 0,5 a 2,5 m, que podem alcançar até 4,0 m. O conteúdo inorgânico (teor de cinzas) é geralmente inferior a 20%. A Figura 12 situa os principais depósitos de turfa do Litoral Sul paulista e baixo Vale do Ribeira.

Os dados oficiais registram apenas 17,3 milhões de toneladas de reservas de turfa no Estado (DNPM, 2000), com uma produção de 34,4 mil t/ano. No entanto, campanhas prospectivas efetuadas pelo IPT (Motta et al., 1982) e a CPRM - Serviço Geológico do Brasil (Aboarrage & Oliveira, 1981) identificaram reservas expressivas que totalizam cerca de 380 milhões de m³ de turfa *in situ*.

Na Tabela 4 são discriminados os requerimentos protocolados junto ao DNPM, com n° de processo, situação, localização e requerente.

Tabela 4 - Requerimentos protocolados junto ao DNPM.

Processo/Ano	Área (ha)	Fase	Nome	Substância	Uso
820826/2010	579,75	Autorização de Pesquisa	Giuliano LoSchiavo	Calcário	Brita
820927/2007	19,5	Requerimento de Licenciamento	Companhia Brasileira de Alumínio	Granito	Brita

Processo/Ano	Área (ha)	Fase	Nome	Substância	Uso
820854/2010	50	Autorização de Pesquisa	Construtora Júlio & Júlio Ltda	Granito	Brita
820853/2010	50	Autorização de Pesquisa	Construtora Júlio & Júlio Ltda	Granito	Brita
821007/2010	47,97	Autorização de Pesquisa	Savi Assessoria e Consultoria Em Mineração e Meio Ambiente Ltda.	Granito	Brita
820733/2010	49,53	Requerimento de Pesquisa	Savi Assessoria e Consultoria Em Mineração e Meio Ambiente Ltda.	Granito	Brita
821008/2010	47,98	Autorização de Pesquisa	Sidney PaganLittério	Granito	Brita
820508/2009	41,75	Requerimento de Lavra	Continental Indústria e Comércio de Cerâmica LtdaEpp	Argila	Cerâmica Vermelha
820104/2006	47,41	Licenciamento	Indústrias Cerâmicas Matieli Ltda	Argila	Cerâmica Vermelha
820519/2005	6,73	Licenciamento	Indústrias Cerâmicas Matieli LTDA	Argila	Cerâmica Vermelha
820897/2007	16,76	Autorização de Pesquisa	Olaria Nosefa Ltda. Me	Argila	Cerâmica Vermelha
820891/2002	4,38	Concessão de Lavra	Olaria Nosefa Ltda. Me	Argila	Cerâmica Vermelha
820174/2011	16,76	Requerimento de Licenciamento	Olaria Nosefa Ltda. Me	Argila	Cerâmica Vermelha
820330/2001	50	Licenciamento	Olaria Soeira Ltda EPP	Argila	Cerâmica Vermelha
820010/2011	24,28	Autorização de Pesquisa	Ollem Empreendimentos Imobiliários Ltda	Argila	Cerâmica Vermelha
820457/2009	9,43	Autorização de Pesquisa	Potiguara Empreendimentos Imobiliários Ltda	Argila	Cerâmica Vermelha
820132/2011	32,83	Autorização de Pesquisa	Potiguara Empreendimentos Imobiliários Ltda	Argila	Cerâmica Vermelha
820165/2001	26,88	Concessão de Lavra	Potira Extratora De Argila Ltda	Argila	Cerâmica Vermelha
821265/2011	5,38	Requerimento de Pesquisa	Tijofran Indústria e Comércio de Tijolos Ltda.	Argila	Cerâmica Vermelha
820699/2002	50	Requerimento de Lavra	Feldspar&Quartz Ltda.	Feldspato	Cerâmica Vermelha
820855/2009	134,76	Autorização de Pesquisa	Anercio Zanetti	Areia	Construção Civil
820595/2005	40,03	Autorização de Pesquisa	Banco de Areia Aracacu Ltda	Areia	Construção Civil
820699/2005	27,94	Requerimento de Pesquisa	Banco de Areia Aracacu Ltda	Areia	Construção Civil
820699/2005	5,38	Requerimento de Pesquisa	Banco de Areia Aracacu Ltda	Areia	Construção Civil
820699/2005	22,06	Requerimento de Pesquisa	Banco de Areia Aracacu Ltda	Areia	Construção Civil
820109/2012	1994,42	Requerimento de	Carlos Roberto Alves	Areia	Construção Civil

Processo/Ano	Área (ha)	Fase	Nome	Substância	Uso
		Pesquisa			
820226/2012	429,51	Requerimento de Pesquisa	Central Office Solutions e Apoio Administrativo Ltda	Areia	Construção Civil
820732/2007	323,13	Autorização de Pesquisa	Claudinei Antônio Messias - ME	Areia	Construção Civil
820593/2008	868,39	Autorização de Pesquisa	Dibásicos Extração e Comércio de Areia Ltda.	Areia	Construção Civil
820513/2006	83,54	Requerimento de Pesquisa	Dibásicos Extração e Comércio de Areia Ltda.	Areia	Construção Civil
820059/2003	6	Autorização de Pesquisa	Disiteu Israel Rodrigues-ME	Areia	Construção Civil
820274/2012	444,7	Requerimento de Pesquisa	Eduardo Moacir de Toledo Aranha	Areia	Construção Civil
820612/2005	185,93	Autorização de Pesquisa	Eduardo Rodrigues Machado Luz	Areia	Construção Civil
820393/2005	10	Autorização de Pesquisa	Extração Aleixo Ltda ME	Areia	Construção Civil
820045/2009	10	Autorização de Pesquisa	Extração Aleixo Ltda ME	Areia	Construção Civil
820695/2004	134,75	Autorização de Pesquisa	Extração e Comércio de Areia Gomes e Zanetti Ltda	Areia	Construção Civil
820501/2009	193,57	Autorização de Pesquisa	Extração e Comércio de Areia Quevedo & Silva Ltda	Areia	Construção Civil
820217/1990	905,5	Autorização de Pesquisa	Extrabase Extração, Comércio e Trasnportes Ltda.	Areia	Construção Civil
820226/2007	707,03	Autorização de Pesquisa	Extrabase Extração, Comércio e Trasnportes Ltda.	Areia	Construção Civil
820512/2008	905,5	Autorização de Pesquisa	Extrabase Extração, Comércio e Trasnportes Ltda.	Areia	Construção Civil
820266/2003	13,01	Licenciamento	Extrabase Extração, Comércio e Trasnportes Ltda.	Areia	Construção Civil
820970/2009	11,87	Requerimento de Lavra	Extrabase Extração, Comércio e Trasnportes Ltda.	Areia	Construção Civil
820792/2011	444,69	Requerimento de Pesquisa	Extrabase Extração, Comércio e Trasnportes Ltda.	Areia	Construção Civil
820582/2012	158,51	Requerimento de Pesquisa	Extrabase Extração, Comércio e Trasnportes Ltda.	Areia	Construção Civil
821894/1998	7,88	Concessão de Lavra	Extração de Areia Giuli Ltda Me	Areia	Construção Civil
821159/2002	23,41	Autorização de Pesquisa	Extração de Minérios e Materiais Para Construção Mendes Domingues Ltda Me	Areia	Construção Civil
820817/2010	49,64	Autorização de Pesquisa	Hs Miner Ltda	Areia	Construção Civil
820818/2010	941,98	Autorização de	Hs Miner Ltda	Areia	Construção Civil

Processo/Ano	Área (ha)	Fase	Nome	Substância	Uso
		Pesquisa			
820786/2008	759,6	Autorização de Pesquisa	Karl Heinz Bauermeister - FI	Areia	Construção Civil
821103/2011	43,13	Requerimento de Pesquisa	Leandro Fracassi	Areia	Construção Civil
821102/2011	48,49	Requerimento de Pesquisa	Leandro Fracassi	Areia	Construção Civil
820506/2012	279,07	Requerimento de Pesquisa	Magnificat Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda	Areia	Construção Civil
820507/2012	477,61	Requerimento de Pesquisa	Magnificat Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda	Areia	Construção Civil
820752/2008	1066,36	Autorização de Pesquisa	Makinvest Investimentos e Participações Ltda	Areia	Construção Civil
820815/2009	1021,9	Autorização de Pesquisa	Makinvest Investimentos e Participações Ltda	Areia	Construção Civil
820339/2011	970,18	Autorização de Pesquisa	Metacaulim do Brasil Indústria e Comércio Ltda	Areia	Construção Civil
820886/2008	338,56	Autorização de Pesquisa	Miguel de Siqueira Salomão	Areia	Construção Civil
820307/2010	2,96	Autorização de Pesquisa	Moraes Costa & Costa Itu Ltda.	Areia	Construção Civil
821185/2011	49,04	Requerimento de Pesquisa	Moraes Costa & Costa Itu Ltda.	Areia	Construção Civil
820175/2010	49,98	Autorização de Pesquisa	Márcia da Silva Modesto Rodrigues Epp	Areia	Construção Civil
821042/2010	18,88	Autorização de Pesquisa	Portomais Extração e Comércio de Areia Ltda.	Areia	Construção Civil
820899/2010	3,49	Autorização de Pesquisa	Portomais Extração e Comércio de Areia Ltda.	Areia	Construção Civil
820897/2010	48,81	Autorização de Pesquisa	Portomais Extração e Comércio de Areia Ltda.	Areia	Construção Civil
820150/2011	47,37	Autorização de Pesquisa	Purareia Comércio de Areia Ltda	Areia	Construção Civil
821101/2011	28,38	Requerimento de Pesquisa	Sarp Mineração Ltda	Areia	Construção Civil
821098/2011	24,11	Requerimento de Pesquisa	Sarp Mineração Ltda	Areia	Construção Civil
821099/2011	31,62	Requerimento de Pesquisa	Sarp Mineração Ltda	Areia	Construção Civil
821100/2011	38,21	Requerimento de Pesquisa	Sarp Mineração Ltda	Areia	Construção Civil
821141/2010	241,23	Autorização de Pesquisa	Sonia Garcia Dantas Martins	Areia	Construção Civil
821112/2010	40,02	Requerimento de Pesquisa	Sérgio de Moraes Filho	Areia	Construção Civil
821053/2002	107,86	Autorização de Pesquisa	Vale do Paititi Ltda Me	Areia	Construção Civil
820489/2000	32,83	Requerimento de Lavra	Vale do Paititi Ltda Me	Areia	Construção Civil
820470/2007	270,17	Requerimento de	Vale do Paititi Ltda Me	Areia	Construção Civil

Processo/Ano	Área (ha)	Fase	Nome	Substância	Uso
		Pesquisa			
820881/2009	252,45	Requerimento de Pesquisa	Vale do Paititi Ltda Me	Areia	Construção Civil
820881/2009	305,72	Requerimento de Pesquisa	Vale do Paititi Ltda Me	Areia	Construção Civil
820724/2005	252,09	Requerimento de Pesquisa	Vale do Paititi Ltda Me	Areia	Construção Civil
820581/2011	24,74	Requerimento de Pesquisa	Vale do Paititi Ltda Me	Areia	Construção Civil
820581/2011	26,71	Requerimento de Pesquisa	Vale do Paititi Ltda Me	Areia	Construção Civil
820581/2011	46,26	Requerimento de Pesquisa	Vale do Paititi Ltda Me	Areia	Construção Civil
820581/2011	1,45	Requerimento de Pesquisa	Vale do Paititi Ltda Me	Areia	Construção Civil
820581/2011	2,05	Requerimento de Pesquisa	Vale do Paititi Ltda Me	Areia	Construção Civil
820192/2012	918,25	Requerimento de Pesquisa	Vale do Paititi Ltda Me	Areia	Construção Civil
820016/2012	909,34	Requerimento de Pesquisa	Vicente Olindo	Areia	Construção Civil
820806/2010	991,39	Autorização de Pesquisa	Votorantim Cimentos Brasil S A	Areia	Construção Civil
820690/2002	20,38	Licenciamento	Cerâmica Terracota Ltda	Argila	Construção Civil
820081/2007	50	Autorização de Pesquisa	André Beer Junior	Água Mineral	Engarraçamento
820195/2011	17,62	Requerimento de Pesquisa	Eduardo Alvaro Vieira	Água Mineral	Engarraçamento
821453/2001	18,89	Autorização de Pesquisa	Fernandes Carlini	Água Mineral	Engarraçamento
820494/2006	50	Autorização de Pesquisa	Herinaldo Menezes Costa	Água Mineral	Engarraçamento
820996/2010	49,83	Autorização de Pesquisa	Ignez Emilia Jens Kotolak	Água Mineral	Engarraçamento
820028/2000	50	Concessão de Lavra	Irmãos Matieli Ltda	Água Mineral	Engarraçamento
820020/2006	41,53	Autorização de Pesquisa	Itamar Cassola	Água Mineral	Engarraçamento
820583/2009	49,45	Autorização de Pesquisa	Paulo Afonso de Sousa Dias	Água Mineral	Engarraçamento
821446/2001	50	Autorização de Pesquisa	Schincariol Empresa de Mineração Ltda	Água Mineral	Engarraçamento
820148/2011	34,12	Requerimento de Pesquisa	Silvia Fernanda Betti Albiero Tavares	Água Mineral	Engarraçamento
820393/2004	47,31	Requerimento de Lavra	Waterworld Mineração Ltda	Água Mineral	Engarraçamento
820825/2011	198,91	Autorização de Pesquisa	Adher Empreendimentos Ltda.	Calcário	Fabricação De Cal
820239/2004	182,76	Autorização de Pesquisa	Rodrigo de Andrade Britta	Calcário	Fabricação De Cal
820700/2004	1000	Autorização de	Cimento Rio Branco S.A.	Anfibolito	Fabricação De

Processo/Ano	Área (ha)	Fase	Nome	Substância	Uso
		Pesquisa			Cimento
820704/2007	991,88	Requerimento de Pesquisa	L.a.a.s.p.e. Empreendimentos e Participações Ltda	Calcário	Fabricação De Cimento
820130/2003	157,29	Autorização de Pesquisa	Cimento Rio Branco S.A.	Filito	Fabricação De Cimento
820421/2003	346,74	Requerimento de Pesquisa	Bunge Fertilizantes S A	Fosfato	Fertilizantes
820474/2003	883,55	Requerimento de Pesquisa	Bunge Fertilizantes S A	Fosfato	Fertilizantes
820117/2002	320,31	Requerimento de Pesquisa	Bunge Fertilizantes S A	Fosfato	Fertilizantes
820226/2002	1285,59	Requerimento de Pesquisa	Bunge Fertilizantes S A	Fosfato	Fertilizantes
820724/2004	706,01	Autorização de Pesquisa	Vale Fosfatados S A	Fosfato	Fertilizantes
820148/2006	6,52	Autorização de Pesquisa	Eduardo Alvaro Vieira	Água Mineral	Industrial
820949/2008	997,33	Autorização de Pesquisa	Votorantim Cimentos Brasil S A	Anfibólio	Industrial
820253/2009	466,54	Autorização de Pesquisa	Ademar de Proença	Areia	Industrial
820631/2002	730	Requerimento de Lavra	Prominex Mineração Ltda.	Areia	Industrial
820475/2003	711,75	Requerimento de Pesquisa	Águas Claras Mineração e Comércio Ltda	Argila	Industrial
820689/2002	34,75	Requerimento de Licenciamento	Cerâmica Soamin Ltda	Argila	Industrial
820079/2008	46,58	Requerimento de Pesquisa	Empreendimentos Imobiliários Castellabatti Ltda.	Argila	Industrial
820079/2008	21,2	Requerimento de Pesquisa	Empreendimentos Imobiliários Castellabatti Ltda.	Argila	Industrial
820079/2008	30,11	Requerimento de Pesquisa	Empreendimentos Imobiliários Castellabatti Ltda.	Argila	Industrial
820272/2007	2,68	Requerimento de Pesquisa	João Bosco Antunes de Oliveira Me	Argila	Industrial
820320/2010	594,28	Autorização de Pesquisa	Luciano Edaes Fauvel	Argila	Industrial
821247/1995	27,85	Autorização de Pesquisa	Oswaldo José Stecca	Argila	Industrial
820603/2007	1000	Autorização de Pesquisa	Votorantim Cimentos Brasil S A	Argila	Industrial
820275/2007	537	Autorização de Pesquisa	Votorantim Cimentos Brasil S A	Argila	Industrial
820274/2007	816,22	Autorização de Pesquisa	Votorantim Cimentos Brasil S A	Argila	Industrial
820622/2010	857,26	Autorização de Pesquisa	Votorantim Cimentos Brasil S A	Argila	Industrial
820892/2010	385,64	Autorização de	Votorantim Cimentos Brasil	Argila	Industrial

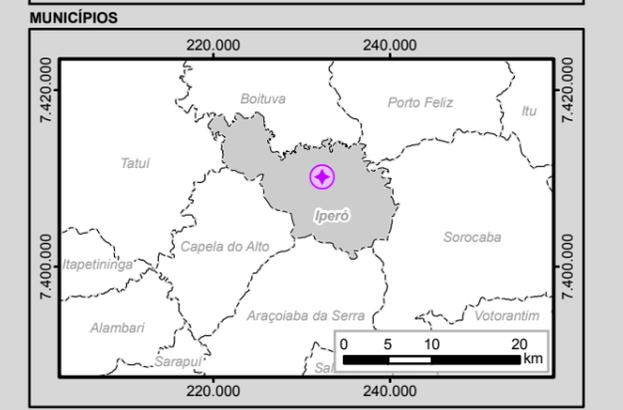
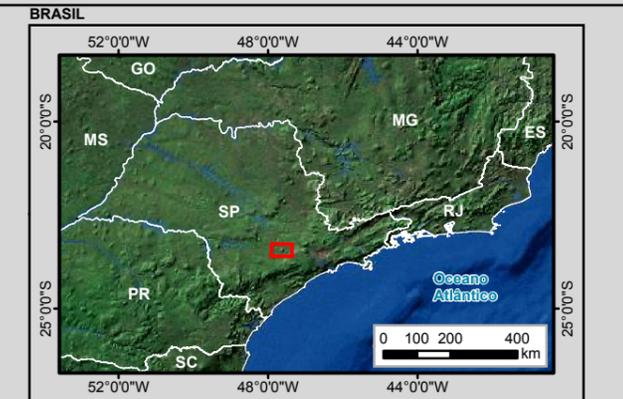
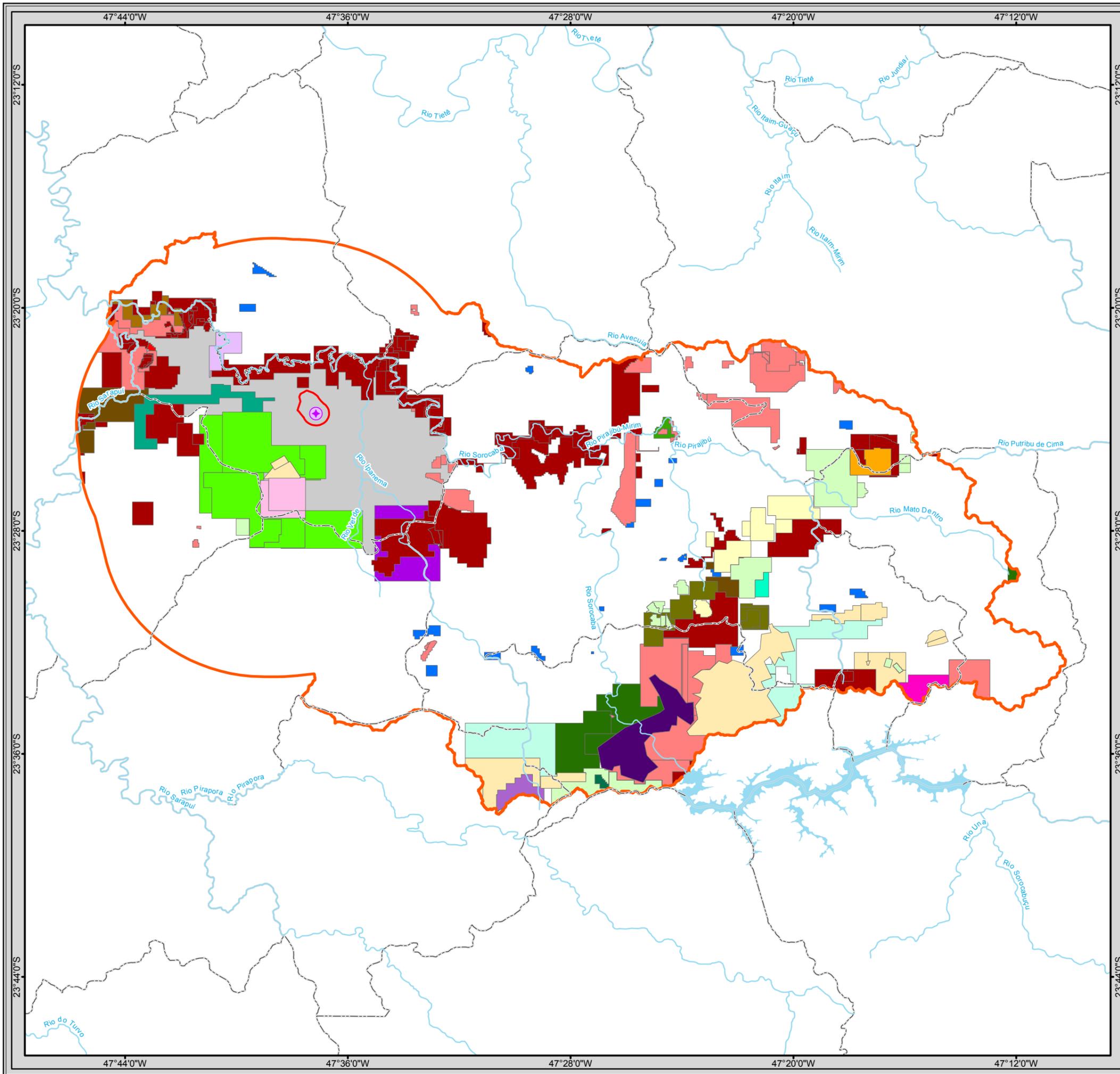
Processo/Ano	Área (ha)	Fase	Nome	Substância	Uso
		Pesquisa	S A		
821098/2010	998,68	Autorização de Pesquisa	Votorantim Cimentos Brasil S A	Argila	Industrial
820891/2010	767,25	Autorização de Pesquisa	Votorantim Cimentos Brasil S A	Argila	Industrial
820723/2010	113,1	Requerimento de Pesquisa	Votorantim Cimentos Brasil S A	Argila	Industrial
820723/2010	138,39	Requerimento de Pesquisa	Votorantim Cimentos Brasil S A	Argila	Industrial
820902/2002	24,83	Autorização de Pesquisa	Manoel Monteiro de Castro Affonso	Argila Refratária	Industrial
820521/2002	169,5	Autorização de Pesquisa	Manoel Monteiro de Castro Affonso	Argila Refratária	Industrial
820092/2005	177	Autorização de Pesquisa	Monica Cristina Zandona Meleiro	Calcário	Industrial
820400/2006	29,61	Autorização de Pesquisa	Marisa Mauro Zanini	Caulim	Industrial
820452/2007	139,01	Autorização de Pesquisa	Marisa Mauro Zanini	Caulim	Industrial
820959/2008	106	Autorização de Pesquisa	Marisa Mauro Zanini	Caulim	Industrial
821109/2010	137,56	Autorização de Pesquisa	Marisa Mauro Zanini	Caulim	Industrial
820086/2005	111,89	Autorização de Pesquisa	Tech Rock Mineração Ltda.	Caulim	Industrial
820363/2004	4,13	Autorização de Pesquisa	Tech Rock Mineração Ltda.	Caulim	Industrial
820062/2004	750	Autorização de Pesquisa	José Raimundo dos Santos	Filito	Industrial
820207/2008	750	Autorização de Pesquisa	Jose Reinaldo Martins Fontes Junior	Filito	Industrial
820143/2012	750,15	Requerimento de Pesquisa	Jose Reinaldo Martins Fontes Junior	Filito	Industrial
820182/2008	157,29	Autorização de Pesquisa	Votorantim Cimentos Brasil S A	Filito	Industrial
820736/2008	716,14	Autorização de Pesquisa	Votorantim Cimentos Brasil S A	Filito	Industrial
820735/2008	919,3	Autorização de Pesquisa	Votorantim Cimentos Brasil S A	Filito	Industrial
820793/2011	159,17	Requerimento de Pesquisa	Votorantim Cimentos S A	Filito	Industrial
820205/2005	915,27	Autorização de Pesquisa	Lima M.G.P. Comércio de Pedras e Granitos Ltda	Granito Ornamental	Industrial
820131/2008	110,84	Autorização de Pesquisa	Daniel Guilherme De Lena	Minério De Estanho	Industrial
820382/2010	1386,96	Autorização de Pesquisa	Antonio Carlos Rodrigues	Minério De Ouro	Industrial
820876/2011	1881,63	Requerimento de Pesquisa	Rydien Mineração, Empreendimentos, Indústria e Comércio Ltda.	Minério De Ouro	Industrial
820877/2011	1722,66	Requerimento de Pesquisa	Rydien Mineração, Empreendimentos,	Minério De Ouro	Industrial

Processo/Ano	Área (ha)	Fase	Nome	Substância	Uso
			Indústria e Comércio Ltda.		
820483/1999	43,76	Concessão de Lavra	Antonio Benedito Rodrigues Silveira Me	Água Mineral	Não Informado
5631/1965	2,25	Concessão de Lavra	Empresa de Mineração a Mendes Ltda	Água Mineral	Não Informado
821436/1999	47,1	Autorização de Pesquisa	Flavio Godinho	Água Mineral	Não Informado
820170/1998	8,75	Concessão de Lavra	Todesco Poços Artesianos Ltda	Água Mineral	Não Informado
816160/1968	484,83	Concessão de Lavra	Vale Fosfatados S A	Apatita	Não Informado
804995/1973	237,5	Concessão de Lavra	Vale Fosfatados S A	Apatita	Não Informado
820463/1992	321,25	Requerimento de Lavra	Águas Claras Mineração e Comércio Ltda	Areia	Não Informado
820954/1985	160,73	Concessão de Lavra	Arggical, Indústria e Comércio de Minérios Ltda	Areia	Não Informado
820031/1999	19,09	Licenciamento	Ercílio Domingues dos Santos Me	Areia	Não Informado
820406/1998	50	Concessão de Lavra	Extração Aleixo Ltda ME	Areia	Não Informado
821762/1998	25	Concessão de Lavra	Extração e Comércio De Areia Quevedo & Silva LTDA	Areia	Não Informado
820290/1995	24,85	Concessão de Lavra	Extração E Comércio De Areia Quevedo & Silva LTDA	Areia	Não Informado
820506/1996	11,86	Licenciamento	Extrabase Extração, Comércio e Trasnportes Ltda.	Areia	Não Informado
820443/1999	33,75	Autorização de Pesquisa	Fabio Roberto ChimentiAuriemo	Areia	Não Informado
820443/1999	16,24	Autorização de Pesquisa	Fabio Roberto ChimentiAuriemo	Areia	Não Informado
820657/1989	49,71	Concessão de Lavra	João Bosco Antunes de Oliveira Me	Areia	Não Informado
820513/1996	49,98	Concessão de Lavra	Márcia da Silva Modesto Rodrigues Epp	Areia	Não Informado
821089/2011	16,64	Autorização de Pesquisa	Extração de Minérios e Materiais de Construção Nelu Ltda	Areia Quartzosa	Não Informado
821773/1998	16,64	Licenciamento	Extração de Minérios e Materiais de Construção Nelu Ltda	Areia Quartzosa	Não Informado
820310/1994	571,75	Disponibilidade	Águas Claras Mineração e Comércio Ltda	Argila	Não Informado
820298/1986	33,22	Requerimento de Lavra	Águas Claras Mineração e Comércio Ltda	Argila	Não Informado
820299/1986	18,38	Requerimento de Lavra	Águas Claras Mineração e Comércio Ltda	Argila	Não Informado
821476/1999	25,75	Licenciamento	Cerâmica Giatex Ltda	Argila	Não Informado
820471/1995	49,93	Requerimento de	Dibásicos Extração e	Argila	Não Informado

Processo/Ano	Área (ha)	Fase	Nome	Substância	Uso
		Lavra	Comércio de Areia Ltda.		
820471/1995	765,22	Requerimento de Lavra	Dibásicos Extração e Comércio de Areia Ltda.	Argila	Não Informado
802047/1977	231,25	Concessão de Lavra	Holcim (brasil) S A	Argila	Não Informado
805249/1974	61,69	Concessão de Lavra	Indústria Cerâmica Nossa Senhora Do Patrocinio Ltda	Argila	Não Informado
821766/1999	3,05	Concessão de Lavra	Indústria De Cerâmica Cilda Ltda.	Argila	Não Informado
820626/2003	49,47	Requerimento de Lavra	Potiguara Empreendimentos Imobiliários Ltda	Argila	Não Informado
1858/1936	1467,48	Concessão de Lavra	Votorantim Cimentos Brasil S A	Argila	Não Informado
7713/1961	3,67	Concessão de Lavra	Votorantim Cimentos Brasil S A	Argila	Não Informado
820558/1986	535,32	Requerimento de Lavra	Portomais Extração e Comércio de Areia Ltda.	Argilito	Não Informado
820743/1971	54,35	Requerimento de Lavra	Cimento Rio Branco S.A.	Calcário	Não Informado
821867/1969	196,26	Requerimento de Lavra	Cimento Rio Branco S.A.	Calcário	Não Informado
2911/1936	59,51	Concessão de Lavra	Companhia Brasileira de Alumínio	Calcário	Não Informado
2707/1936	43,47	Concessão de Lavra	Companhia Brasileira de Alumínio	Calcário	Não Informado
2913/1936	4,21	Concessão de Lavra	Companhia Brasileira de Alumínio	Calcário	Não Informado
4482/1950	150,71	Concessão de Lavra	Holcim (brasil) S A	Calcário	Não Informado
2049/1944	50	Concessão de Lavra	Holcim (brasil) S A	Calcário	Não Informado
2708/1936	2373,3	Concessão de Lavra	Votorantim Cimentos Brasil S A	Calcário	Não Informado
820255/1988	396,5	Requerimento de Lavra	Tech Rock Mineração Ltda.	Caulim	Não Informado
557/1945	500	Concessão de Lavra	Votorantim Cimentos Brasil S A	Estanho	Não Informado
820954/1988	90	Concessão de Lavra	Ecomineral Mineração Ltda	Feldspato	Não Informado
820955/1988	451,5	Requerimento de Lavra	Feldspar&Quartz Ltda.	Feldspato	Não Informado
820642/1996	50	Requerimento de Pesquisa	Fractal Mineração Ltda	Feldspato	Não Informado
820406/1994	262,8	Requerimento de Lavra	Ricardo Dutra	Feldspato	Não Informado
820254/1988	97,91	Concessão de Lavra	Tech Rock Mineração Ltda.	Feldspato	Não Informado
820413/1992	94,45	Concessão de Lavra	Águas Claras Mineração e Comércio Ltda	Folhelho Argiloso	Não Informado
853162/1976	22	Licenciamento	Companhia Brasileira de Alumínio	Granito	Não Informado

Processo/Ano	Área (ha)	Fase	Nome	Substância	Uso
810159/1975	24,3	Concessão de Lavra	Construtora Júlio & Júlio Ltda	Granito	Não Informado
806469/1977	42,44	Concessão de Lavra	Construtora Júlio & Júlio Ltda	Granito	Não Informado
806470/1977	20,72	Concessão de Lavra	Construtora Júlio & Júlio Ltda	Granito	Não Informado
820128/1984	998,4	Requerimento de Lavra	Granitos MoredoLtda	Granito	Não Informado
821495/1987	33,14	Concessão de Lavra	Holcim (brasil) S A	Granito	Não Informado
820303/1982	37,54	Requerimento de Lavra	Holcim (brasil) S A	Granito	Não Informado
820283/1991	88	Requerimento de Lavra	Ivan Vecina Garcia	Granito	Não Informado
820253/1988	445	Requerimento de Lavra	Tech Rock Mineração Ltda.	Granito	Não Informado
802170/1978	61,62	Concessão de Lavra	TonesaMarmores E Granitos Ltda	Granito	Não Informado
820418/1991	342	Autorização de Pesquisa	Mineração Baruel Ltda.	Hidrargilita	Não Informado
820418/1991	562,72	Autorização de Pesquisa	Mineração Baruel Ltda.	Hidrargilita	Não Informado
1856/1936	1467,48	Concessão de Lavra	Votorantim Cimentos Brasil S A	Mármore	Não Informado
820679/1987	345,04	Autorização de Pesquisa	Mineração Baruel Ltda.	Siltito	Não Informado
820950/1999	1974,5	Autorização de Pesquisa	José Raimundo Dos Santos	Turfa	Não Informado
804348/1968	409,37	Requerimento de Lavra	Cimento Rio Branco S.A.	Xisto Argiloso	Não Informado
821038/2010	145,53	Requerimento de Pesquisa	Adher Empreendimentos Ltda.	Granito	Revestimento
820151/2003	431,72	Autorização de Pesquisa	Edemar Pereira Lima Júnior	Granito	Revestimento
820151/2003	510,22	Autorização de Pesquisa	Edemar Pereira Lima Júnior	Granito	Revestimento
820235/2008	865,98	Autorização de Pesquisa	Lima Agro - TEC Ltda - EPP	Granito	Revestimento

Com relação a existência de interferência do RMB com alguma das explorações levantadas, verificou-se que não há requerimentos na Área Diretamente Afetada e que a implantação do RMB afetará somente as explorações de agregados para construção civil durante a fase de instalação, como pode ser visualizado no Mapa 5.



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Curso d'água
- Massa d'água
- Limite Municipal
- Município de Iperó

Áreas de Influência dos Meios Físico e Biótico

- Área Diretamente Afetada (Raio de 800m a partir do reator + limite da propriedade)
- Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Flona de Ipanema)

Processos Minerários na AID

Anfibólito	Brita de Granito	Hidrargilita
Anfibólio	Calcário	Minério de Estanho
Apatita	Caulim	Minério de Ouro
Areia	Estanho	Mármore
Areia Quartzosa	Feldspato	Silito
Argila	Filito	Turfa
Argila Refratária	Folhelho Argiloso	Xisto Argiloso
Argilito	Fosfato	Água Mineral
	Granito	
	Granito Ornamental	

Articulação das Folhas 1:50.000

48°00'W	47°15'0"W	
SF-23-Y-C- I-1	SF-23-Y-C- I-2	SF-23-Y-C- II-1
23°30'0"S	23°30'0"S	23°30'0"S
48°0'0"W	47°15'0"W	47°15'0"W

Scale: 1:250.000
 Escala numérica em impressão A3
 Sistema de Coordenadas Geográficas
 Datum Horizontal SIRGAS 2000

CNEN

Identificação do Projeto
 EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
 Mapa 5 – Processos Minerários na Área de Influência Direta do Meio Físico

Empreendedor
 CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico
 MRS
 Estudos Ambientais

Data: Maio/2013
Fonte:
 Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010);
 Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009
 Lote 2 (IBGE, 2009); Processos Minerários: Departamento Nacional de
 Produção Mineral (DNPM, 2012).

6.3.1.5 Aspectos Geomorfológicos do Estado de São Paulo

O estado de São Paulo pode ser compartimentado nas unidades morfoestruturais: Cinturão Orogênico do Atlântico, Bacia Sedimentar do Paraná e Bacias Sedimentares Cenozóicas.

A unidade morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico é uma importante feição geotectônica da fachada atlântica brasileira, que se desenvolve desde o Uruguai até o norte da Bahia. Sua gênese vincula-se a vários ciclos de dobramentos acompanhados de metamorfismos regionais, falhamentos e extensas intrusões. As diversas fases orogenéticas do Pré-Cambriano foram sucedidas por ciclos de erosão (ROSS, 1990).

A Bacia Sedimentar do Paraná representa uma complexa fossa tectônica de forma elipsoidal encravada no escudo pré-cambriano ocupando uma área de aproximadamente 1.600.000 km². Os planaltos e chapadas da Bacia do Paraná englobam terrenos sedimentares com idades desde o Devoniano ao Cretáceo, bem como ocorrência extensa de rochas vulcânicas básicas e ácidas do Jurássico ao Cretáceo (ROSS, 1985).

A unidade morfoestrutural denominada de Bacias Sedimentares Cenozóicas abrange extensa área da costa brasileira, que vai do estado do Rio de Janeiro ao estado do Pará (MABESOONE *et al.*, 1972; BIGARELLA, 1975). Corresponde a rochas sedimentares e sedimentos inconsolidados armazenados em bacias tafrogênicas continentais, resultantes do afundamento da crosta, gerado pela tectônica extensional ocorrida no início do Cenozóico. Os setores de maior subsidência são preenchidos por sedimentação fluvial ou marinha de idade quaternária, associada aos últimos eventos transgressivos do nível do mar.

O Tabela 5 apresenta a compartimentação das unidades geomorfológicas do estado de São Paulo, de acordo com Ross & Moroz (1997).

Tabela 5 - Unidades Geomorfológicas do estado de São Paulo.

Unidade Morfoestrutural	Unidade Morfoescultural	Sistemas de Relevo Principais
Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico	Planalto e Serra da Mantiqueira
		Planalto e Serra da Bocaina
		Planalto de Paratinga / Paraibuna
		Planalto de Ibiúna / São Roque
		Planalto de Jundiá
		Planalto de Serra Negra / Lindóia
		Planalto Paulistano / Alto Tietê
		Planalto do Alto Rio Grande
		Planalto do Ribeira / Turvo
		Escarpa / Serra do Mar e Morros Litorâneos
		Planalto de Guapiara
		Planalto do Médio Vale do Paraíba
		Bacia Sedimentar do Paraná
Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto		

Unidade Morfoestrutural	Unidade Morfoescultural	Sistemas de Relevo Principais	
		Planaltos Residuais de Batatais / Franca	
		Planalto Residual de São Carlos	
		Planalto Residual de Botucatu	
		Planalto Residual de Marília	
	Depressão Periférica Paulista	Depressão Mogi-Guaçu	
		Depressão Médio Tietê	
Bacias Sedimentares Cenozóicas	Planalto de São Paulo		
			Depressão do Médio Paraíba
			Depressão do Baixo Ribeira
	Planícies Litorâneas e Fluviais		Iguape / Cananéia
			Praia Grande
			Santista
			Bertioga
			Litoral Norte
			Rio Paraná

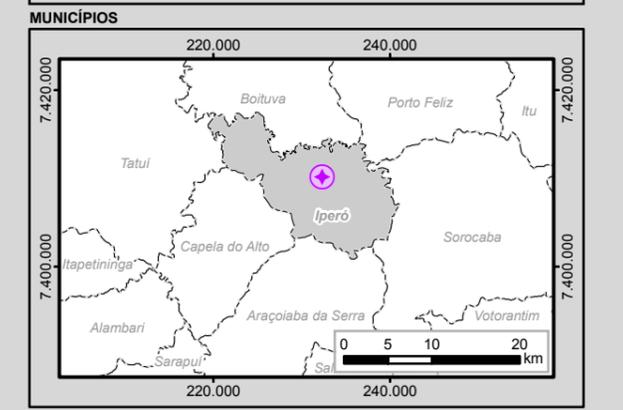
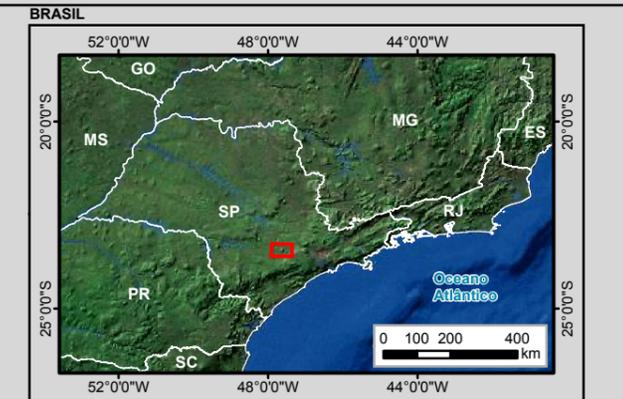
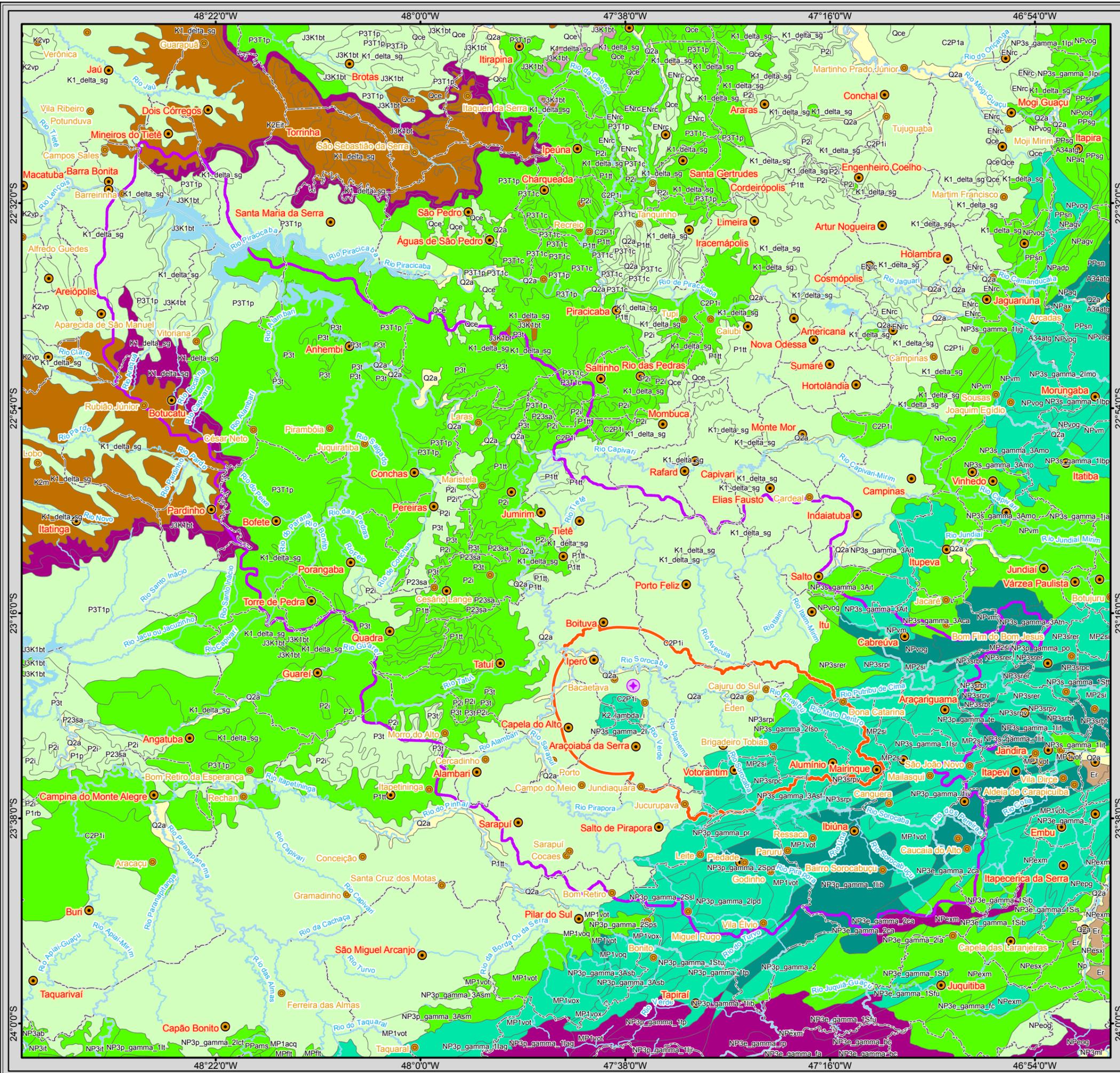
6.3.1.6 Aspectos Geomorfológicos da Área de Influência Indireta

A Área de Influência Indireta compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba, e as principais unidades morfoesculturais presentes na AII são apresentadas na Tabela 6 e no Mapa 6 e encontram-se descritas a seguir.

Tabela 6 - Domínios Geomorfológicos na AII.

Unidade Morfoescultural	Unidade Morfoescultural	Relevo Dominante	Altimetria (m)	Declividade (%)	
Bacia Sedimentar do Paraná	Depressão Paulista	1. Depressão do Médio Tietê	Colinas com topos amplos	500 a 650	10 a 20
		2. Depressão do Paranapanema	Colinas com topos convexos	600 a 700	10 a 20
	Planalto Ocidental Paulista	3. Planalto Centro Oriental	Colinas amplas e baixas	300 a 600	20 a 30
		4. Planalto Residual de Botucatu	Colinas com topos amplos	600 a 900	10 a 20
Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico	5. Planalto São Roque / Ibiúna	Morros altos	900 a 1100 800 a 900	> 30 20 a 30
		6. Planalto Paulistano / Alto Tietê	Morros altos e médios	800 a 1000	10 a 20
		7. Planalto de Jundiá	Colinas e morros altos	900 a 1200 700 a 800	20 a 30 10 a 20
	Relevo Dômico de Araçoiaba	8. Serra de Araçoiaba	Colinas e morros altos	700 a 800	10 a 20

Fonte: Atlas Socioambiental – Otero, 2009



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Limite Municipal
- Município de Iperó
- Áreas de Influência dos Meio Físico
 - Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Fona de Ipanema)
 - Área de Influência Indireta (Bacia Hidrográfica Sorocaba / Médio Tietê)

Geomorfologia
Código, Relevo

- R1a, Planícies fluviais ou flúvio-lacustres
- R1b, Terraços fluviais
- R1d, Planícies flúvio-marinhas
- R1e, Planícies costeiras
- R2a1, Tabuleiros
- R2a2, Tabuleiros dissecados
- R2b, Planaltos e baixos platôs
- R4a1, Domínio de colinas amplas e suaves
- R4a2, Domínio de colinas dissecadas e morros baixos
- R4b, Domínio de morros e serras baixas
- R4c, Domínio montanhoso
- R4d, Escarpas serranas
- R4e, Degraus estruturais e rebordos erosivos

Articulação das Folhas 1:50.000

48°00'W	47°15'W	47°15'W
SF-23-Y-C- I-1	SF-23-Y-C- I-2	SF-23-Y-C- II-1
23°00'S	23°00'S	23°00'S
48°00'W	47°15'W	47°15'W
SF-23-Y-C- I-3	SF-23-Y-C- I-4	SF-23-Y-C- II-3
23°30'S	23°30'S	23°30'S

0 3 6 12 Km
1:750.000
Escala numérica em impressão A3
Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Horizontal SIRGAS 2000

CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
Mapa 06 - Geomorfologia

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico MRS Estudos Ambientais	Data: Maio/2013 Fonte: Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010); Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009); Geomorfologia: Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
---------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6.3.1.6.1 Província da Depressão Periférica Paulista

Estende-se a oeste do relevo de planalto, na forma de um grande arco cuja concavidade se volta para o interior do estado. Sua superfície é composta por rochas sedimentares antigas, que corresponde aos terrenos cobertos por rochas sedimentares do Paleozóico, da Bacia do Paraná, relativamente menos resistentes à erosão que as formações dos planaltos vizinhos.

Esta província tem a forma de um corredor, de topografia colinosa, recortada por uma densa rede de drenagem, localizada entre as regiões cristalinas existentes nas bordas da Bacia do Paraná.

A drenagem na região é caracterizada pela presença de rios consequentes, que são rios cujo escoamento segue no sentido geral do mergulho das camadas em relevo de cuesta e se desenvolvem simultaneamente com o soerguimento da área segundo o declive regional, tais como os rios Sorocaba, Tietê, Atibaia, Jaguari, Mogi-Guaçú, Jaguari-Mirim e Pardo, todos procedentes da borda do Planalto do rio Grande. Não há evidências no relevo desta província de deformações que representem movimentos verticais no Cenozóico.

Os principais sistemas de relevo desta unidade morfoescultural presentes na All são as depressões do Médio Tietê e do Paranapanema.

6.3.1.6.2 Província do Planalto Ocidental

A oeste da Província da Depressão Periférica Paulista ergue-se o rebordo do planalto ocidental, uma escarpa abrupta com cerca de 200 metros de desnível, com penhascos cortados em formações basálticas: é a chamada Serra Geral, que do norte do estado de São Paulo se prolonga até o Rio Grande do Sul.

Esta província apresenta um terreno ondulado, com predomínio de colinas e morrotes, sustentados por rochas sedimentares do grupo Bauru e subordinadamente basalto, despontando nos vales dos principais rios.

Apresenta suave inclinação para oeste, caindo de 700 metros de altitude a leste, e 300 metros a oeste. Exibe assim a feição de uma cuesta, cuja frente ou rebordo é a serra Geral. O arcabouço geológico da cuesta é formado por estratos de basalto, cobertos por formações areníticas que se intercalam entre eles.

Dentre os principais sistemas de relevo existentes nesta unidade morfoescultural, na região de estudo estão presentes: o Planalto Centro Ocidental e o Planalto Residual de Botucatu.

6.3.1.6.3 Província do Planalto Atlântico

Dominada essencialmente por rochas e estruturas metamórficas e eruptivas de idade pré-siluriana, esta unidade é composta por uma série de planaltos dispostos em desníveis altimétricos acentuados, como resultado do desenvolvimento de bacias hidrográficas individualizadas ou de movimentos epirogênicos ocorridos no Cenozóico. A movimentação

vertical de blocos como condicionante de grandes relevos da região, é suportada pela constatação de reativação de falhas antigas a partir do Jurássico. Essa movimentação vertical originou grandes soerguimentos e depressões tectônicas no limite desta província com a Província Costeira.

Os principais sistemas de relevo desta província, presentes na AII são os planaltos de Ibiúna/ São Roque, Paulistano/ Alto Tietê e de Jundiáí.

6.3.1.6.4 Relevo Dômico de Araçoiaba

Esta unidade morfoescultural, conhecida como Serra ou Morro de Araçoiaba, denominada ainda de Morro de Ipanema, é uma proeminente elevação topográfica com extensão de 5.069 hectares e altitude de 968 metros em relação ao nível do mar. É circundada pelos municípios de Sorocaba, Iperó, Araçoiaba da Serra e Capela do Alto os quais estão numa elevação média de 600 metros. Destaca-se, portanto, no relevo local e regional.

Geologicamente, a Serra de Araçoiaba constitui uma intrusão de rochas ígneas de natureza ultrabásica-alcalina, de idade mesozóica (123 milhões de anos), que atravessou os sedimentos da Bacia do Paraná, numa área com geomorfologia típica da Depressão Periférica, na Zona do Médio Tietê. Atualmente, suas rochas são remanescentes de um antigo edifício vulcânico, indicando que no passado o Morro de Ipanema foi um legítimo vulcão. O evento da intrusão soergueu os arenitos do Grupo Itararé e também rochas do embasamento cristalino. Há processo de fenitização, que é o metassomatismo alcalino generalizado de rochas encaixantes da intrusão alcalina, e um expressivo sistema de diques radiais no entorno da intrusão, alguns com dezenas de quilômetros de extensão.

A área do Relevo Dômico de Araçoiaba faz parte da Floresta Nacional de Ipanema - Flona, uma unidade de conservação ambiental criada em 1992 e administrada pelo IBAMA.

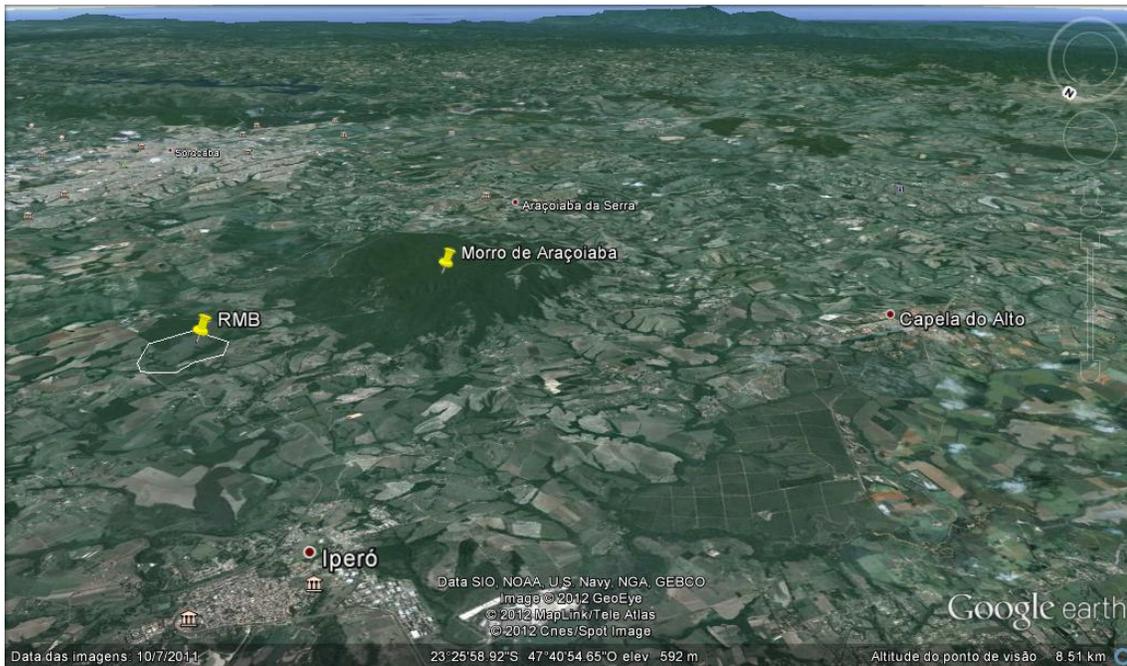


Figura 45 - Localização do Relevo Dômico de Araçoiaba (Morro de Araçoiaba ou Morro de Ipanema).

A Área de Influência Direta (AID) e a Área Diretamente Afetada (ADA) estão inseridas no sistema de relevo da Depressão do Médio Tietê, que por sua vez faz parte da Depressão Periférica Paulista, inserida na Bacia do Paranoá (Tabela 6). Na área predomina relevo suavemente ondulado, constituído principalmente por colinas médias de topos aplainados com encostas retilíneas a convexas, por morrotes alongados e espigões de topos alongados e achatados com encostas ravinadas e retilíneas a convexas. Essa suavidade com altitude geral em torno de 600 metros somente é alterada na região da Serra do Araçoiaba, onde o relevo se alça a 950 metros, formando um núcleo pertencente à província denominada Planalto Atlântico. Esta área caracteriza-se por morros de topos arredondados e encostas retilíneas, às vezes abruptas, e por serras restritas.

Ocorrem ainda, de forma restrita ao longo do rio Sorocaba, planícies aluviais constituídas por terrenos baixos relativamente planos, sujeitas a inundações periódicas.

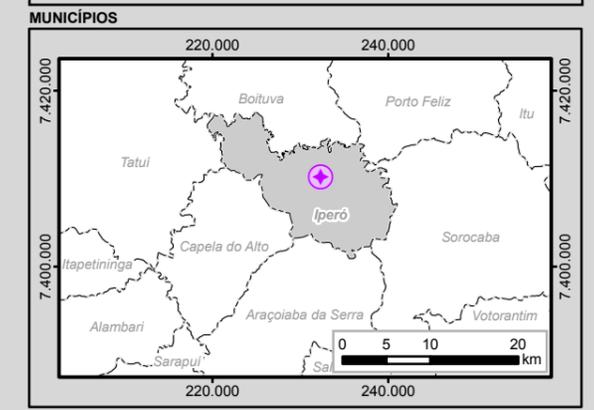
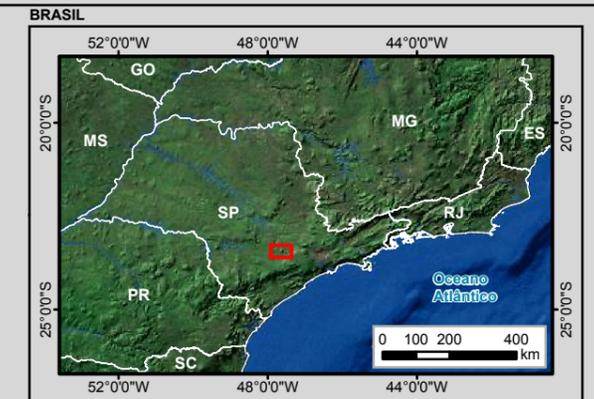
6.3.1.6.5 Geotecnia

Segundo Souza (2004), um mapa geotécnico é um tipo de mapa geológico, que fornece uma representação generalizada de todos os componentes do ambiente geológico de significado no planejamento do uso da terra, e em projetos, construção e manutenção aplicada a obras civis e mineiras.

Para a descrição geotécnica da área utilizou-se informações referentes às condições e caráter das rochas e solos, como: condições hidrogeológicas, condições geomorfológicas e fenômenos geodinâmicos.

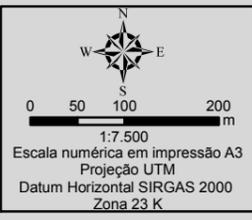
Os estudos das condições das rochas e solos foram realizados a partir de dados de sondagens e mapeamento geológico, incluindo a sua distribuição, arranjo estratigráfico, estrutural, litologia e propriedades físicas.

O Mapa 7 apresenta os pontos aonde foram feitas análises no mapeamento geológico e os locais aonde foram realizadas sondagens.



Legenda

Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)	Sistema Viário
Planta	Ferrovia Existente
Sondagens	Rodovia Federal
Vila	Pavimentada
Cidade	Rodovia Estadual
Aeroporto	Pavimentada
Campo de Pouso	Rodovia Municipal
Heliponto	Pavimentada
Curso d'água	Não Pavimentada
Massa d'água	
Limite Municipal	
Município de Iperó	



Identificação do Projeto		
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)		
Título do Mapa		
Mapa 7 - Pontos de Sondagens Realizadas na Área do RMB		
Empreendedor		
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear		
Responsável Técnico	Data: Maio/2013	
MRS	Fonte:	
Estudos Ambientais	Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010); Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009); Imagem Orbital Worldview2, Composição das Bandas R3, G2, B1, Resolução Espacial 0,5 m, Data da Passagem: 21/12/2011;	

6.3.1.6.6 Erodibilidade dos Solos

Para a classificação de erodibilidade dos solos, a descrição geotécnica utilizou dados de sondagens realizadas e a base de dados dos estudos de Silva & Alvares (2005).

Para a interpretação dos dados de erodibilidade do solo na área de influência ainda utilizou-se os parâmetros de classificação de Foster *et al.* (1981), e estudos do potencial de erosão no município de Sorocaba/SP elaborado por Silva (2008).

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1993), as diferenças relacionadas às propriedades do solo permitem que alguns solos sejam mais erodíveis que outros, ainda que variáveis como chuva, declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo sejam as mesmas. Ainda de acordo com esses autores, as propriedades do solo que influenciam na erodibilidade são aquelas que afetam a infiltração, a permeabilidade, a capacidade total de armazenamento de água e aquelas que resistem às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pelo escoamento. A erodibilidade do solo tem seu valor quantitativo determinado experimentalmente em parcelas e é expresso como a perda de solo por unidade de índice de erosão da chuva (EI) (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1993).

A erodibilidade é o efeito integrado de processos que regulam a chuva no momento que encontra o solo e a sua respectiva resistência no que tange a desagregação de partículas e conseqüentemente movimentos destas, indicando o grau de suscetibilidade à erosão em relação às propriedades inerentes ao solo. A estimativa do valor da erodibilidade do solo (K), conforme a norma estabelecida pela equação desenvolvida por Denardin (1990) possibilita inferir dados do processo direto da causa e efeito, que é o fenômeno da erosão do solo.

Ao longo da área de estudo ocorrem seis classes de solo: argissolo, latossolo, cambissolo, neossolo, nitossolo e planossolo.

Os resultados aqui apresentados foram extraídos do trabalho de Silva & Alvares (2005) que reuniu um total de treze trabalhos sobre as classes de solo ocorrentes segundo o mapa pedológico do estado de São Paulo. No trabalho o autor definiu valores medianos de erodibilidade (Tabela 7) para as principais classes de solo, esses valores comparados com as classificações utilizadas por Carvalho (1994) foram úteis para a elaboração do mapa de erodibilidade da área de influência direta (Mapa 8).

O resultado da espacialização de K (erodibilidade) está diretamente relacionado ao mapeamento de solos da área de estudo, uma vez que esse parâmetro é uma propriedade intrínseca de cada classe de solo.

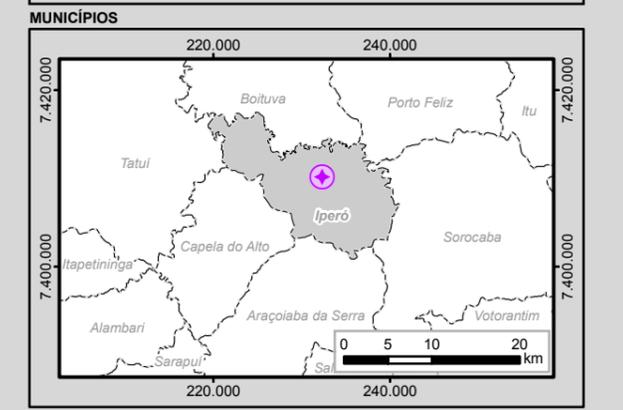
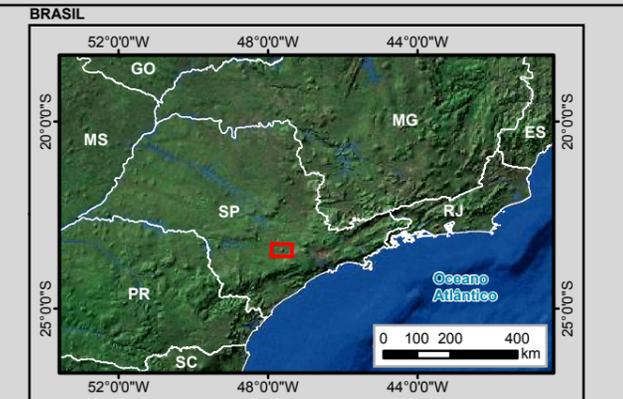
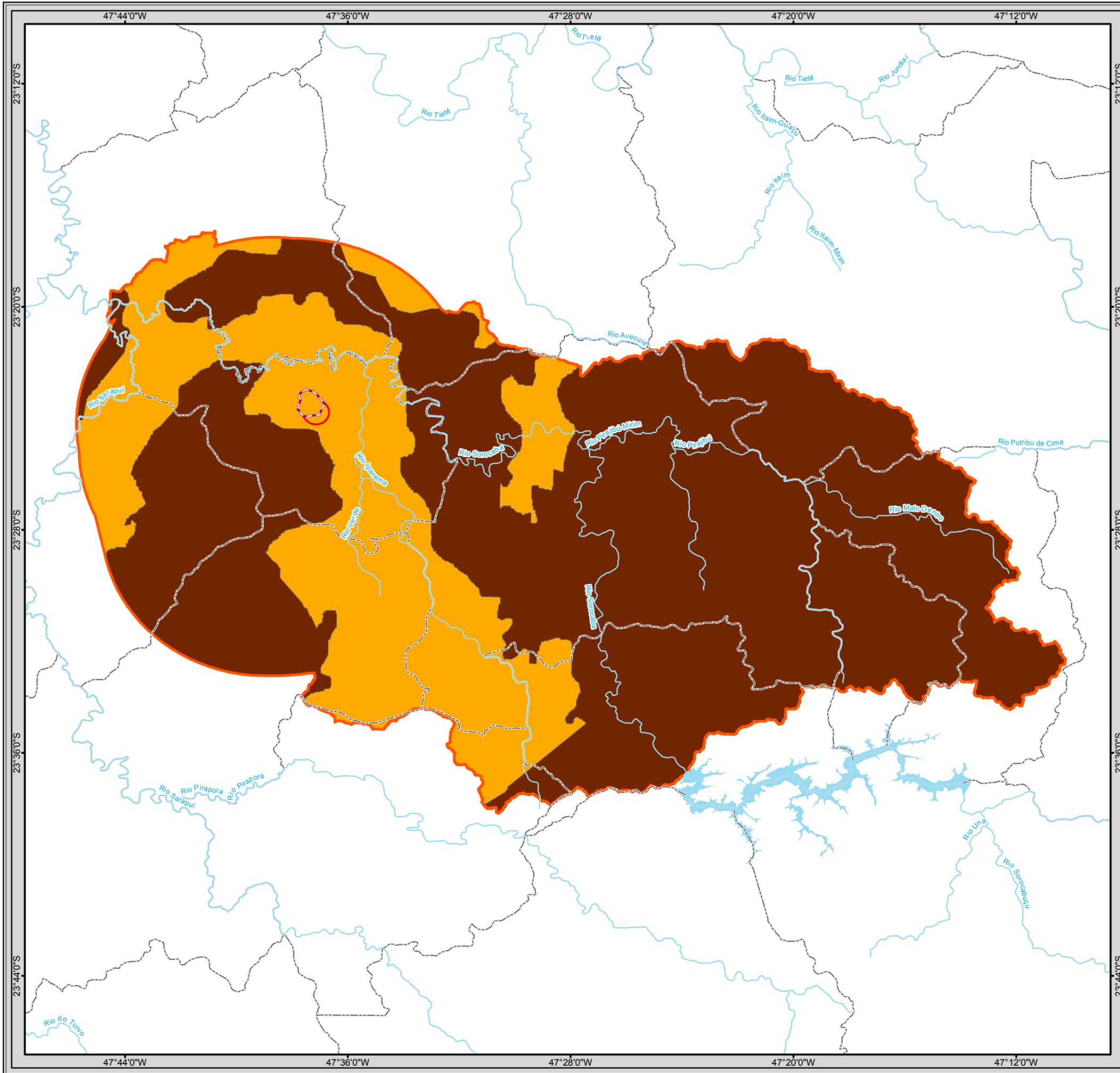
Os valores utilizados para a erodibilidade, extraídos do banco de dados elaborado por Silva e Alvares (2005), foram: 0,0162 t h MJ⁻¹ mm⁻¹ para o Latossolo e 0,0425 t h MJ⁻¹ mm⁻¹ para o Argissolo. Os valores obtidos indicam, segundo tabela de interpretação de erodibilidade apresentada em Silva e Alvares (2005), que as áreas que ocorrem latossolo possuem erodibilidade consideradas média e as áreas que ocorrem argissolo possui uma

erodibilidade considerada alta. O mapa erodibilidade do solo (Mapa 8) apresenta distribuição de classes de alta e baixa erodibilidade.

Tabela 7 - Valores medianos de erodibilidade para as principais classes de solo (Carvalho, 1994).

Classe Pedológica	Valores de Erodibilidade K ($t \cdot ha^{-1} \cdot M \cdot J^{-1} \cdot mm^{-1}$) de solos em SP (Silva & Alvarez, 2005)	Classe de interpretação erodibilidade (Carvalho, 1994)	Permeabilidade do solo
Argilossolo	0,0425	Alta	Baixa
Cambissolo	0,0508	Alta	Baixa
Latossolo	0,0162	Baixa	Alta
Neossolo	0,0351	Média	Média
Nitossolo	0,0237	Média	Média
Planossolo	0,0097	Muito Baixa	Alta

Fonte: Carvalho *et al.* (1989), Moretti (2001), Hamada *et al.* (1995), Lombardi Neto *et al.* (1995), Bueno (1994), Fiorio (1998), Cerri (1999), Marcondes *et al.* (2002), Ranieri (2000), Fujihara (2002), Burin (1999), Francisco Lombardi Neto (2004). apud Silva & Alvares, 2005.



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Curso d'água
- Massa d'água
- Limite Municipal
- Município de Iperó

Áreas de Influência dos Meios Físico e Biótico

- Área Diretamente Afetada (Raio de 800m a partir do reator + limite da propriedade)
- Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Flona de Ipanema)

Erodibilidade

- baixa
- media
- alta

Articulação das Folhas 1:50.000

48°00'W	47°15'0"W	
SF-23-Y-C- I-1	SF-23-Y-C- I-2	SF-23-Y-C- II-1
23°00'S	23°00'S	23°00'S
SF-23-Y-C- I-3	SF-23-Y-C- I-4	SF-23-Y-C- II-3
23°30'0"S	23°30'0"S	23°30'0"S
48°0'0" W	47°15'0" W	

0 1,5 3 6 Km

1:250.000

Escala numérica em impressão A3
Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Horizontal SIRGAS 2000

CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
Mapa 8 - Erodibilidade do Solo da Área de Influência Direta do Meio Físico

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico MRS Estudos Ambientais	Data: Maio/2013 Fonte: Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010); Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009); Interpretações do Mapa de Solos (Atlas Socioambiental - Um retrato das Bacias dos Rios Sorocaba e Médio Tietê, 2009).
---------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6.3.1.6.7 Condições Geomorfológicas e Estabilidade de Taludes

O mapa geomorfológico forneceu as propriedades do relevo necessárias para a avaliação da fragilidade, tais como a declividade e as formas de vertentes. Analisou-se, inicialmente a fragilidade relacionada aos elementos do relevo, e posteriormente confrontou-se com os tipos de solo presentes, atribuindo os pesos relativos a cada tema para classificação quanto ao potencial de instabilidade morfodinâmica associada.

Deste modo, em função das características da área estudada, foram estabelecidos critérios de classificação da fragilidade associada aos elementos do relevo, demonstrado nos quadros Quadro 2, Quadro 3 e Quadro 4. Para o estabelecimento destes critérios analisou-se também o potencial de ocorrência de processos morfodinâmicos, relacionados a cada um dos fatores considerados.

Quadro 2 - Classes de Fragilidade associadas à Declividade.

Classes de Declividade	Classes de Fragilidade
Maiores que 30%	Alta
De 12 a 30%	Média
Menores que 12%	Baixa

Fonte: Tominaga, 2000.

Quadro 3 - Classes de Fragilidades associadas à Morfologia das Vertentes.

Morfologia das Vertentes	Classes de Fragilidade
Côncava, retilínea, topo anguloso	Alta
Convexa	Média
Topo Convexo, Patamar convexo, Rampa, Planície	Baixa

Fonte: Tominaga, 2000.

Quadro 4 - Classes de Fragilidades associadas à Materiais de Cobertura Detrítica.

Materiais de Cobertura Detrítica	Classes de Fragilidade
Litólicos, Cambissolos, Hidromórficos e Colúvios de vertentes	Alta
Depósitos coluviais de rampa	Média
Depósitos alúvio-coluviais	Baixa

Fonte: Tominaga, 2000.

A Área de Influência Indireta compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba, e as principais unidades morfoesculturais presentes na AII são apresentadas na Tabela 16.

Tabela 8 - Domínios Geomorfológicos na AII e comparação com classes de fragilidades.

Unidade Morfoescultural	Relevo Dominante	Altimetria (m)	Declividade (%)	Fragilidade
1. Depressão do Médio Tietê	Colinas com topos amplos	500 a 650	10 a 20	Baixa
2. Depressão do Paranapanema	Colinas com topos convexos	600 a 700	10 a 20	Média

Unidade Morfoescultural	Relevo Dominante	Altimetria (m)	Declividade (%)	Fragilidade
3. Planalto Centro Ocidental	Colinas amplas e baixas	300 a 600	20 a 30	Média
4. Planalto Residual de Botucatu	Colinas com topos amplos	600 a 900	10 a 20	Média
5. Planalto São Roque / Ibiúna	Morros altos	900 a 1100 800 a 900	> 30 20 a 30	Alta Média
6. Planalto Paulistano / Alto Tietê	Morros altos e médios	800 a 1000	10 a 20	Média
7. Planalto de Jundiá	Colinas e morros altos	900 a 1200 700 a 800	20 a 30 10 a 20	Média Média
8. Serra de Araçoiaba	Colinas e morros altos	700 a 800	10 a 20	Média

Fonte: Atlas Socioambiental – Otero, 2009 & Tominaga, 2000.

A Área de Influência Direta (AID) e a Área Diretamente Afetada (ADA) estão inseridas no sistema de relevo da Depressão do Médio Tietê, que por sua vez faz parte da Depressão Periférica Paulista, inserida na Bacia do Paraná (Tabela 9). Na área predomina relevo suavemente ondulado, em torno de 600 metros com predomínio de fragilidade baixa. Somente na região da Serra do Araçoiaba o relevo se alça a 950 metros, caracterizando a área como de fragilidade Média. A Figura 46 mostra a localização do RMB e as classes de declividade, com o predomínio de declividade de 0-10°.

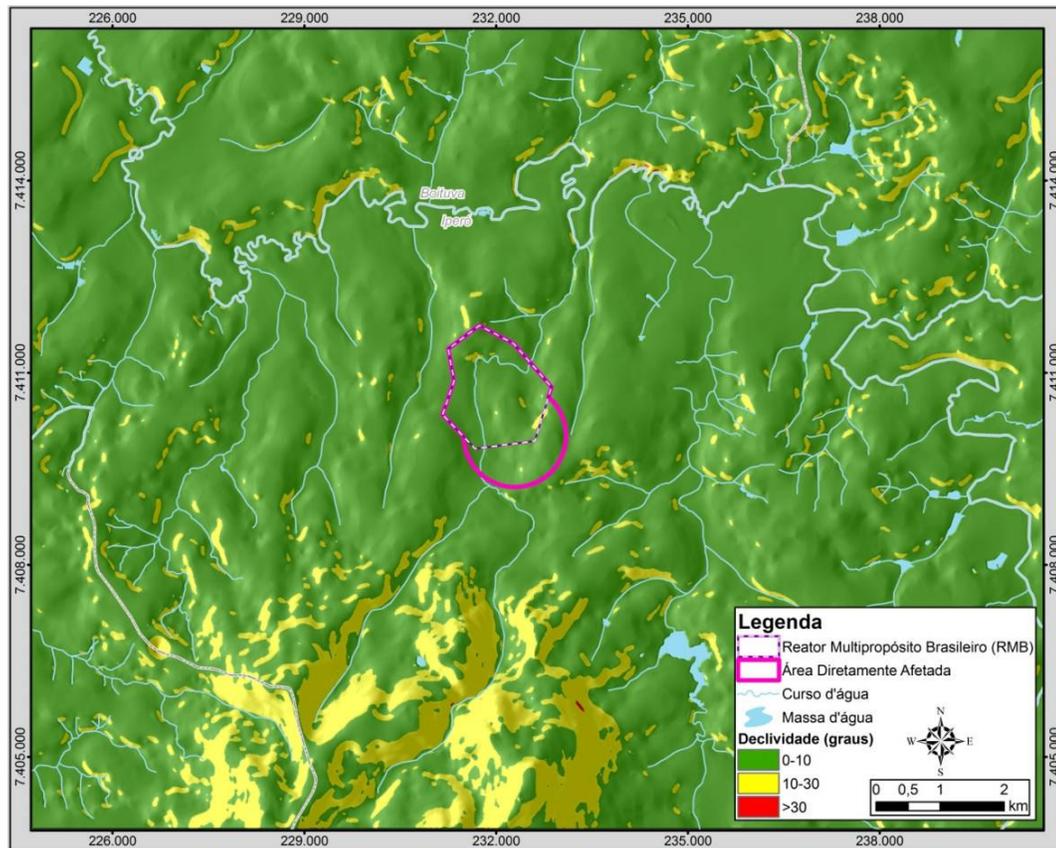
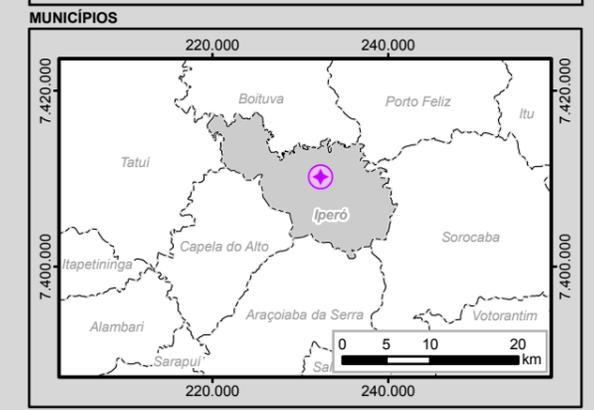
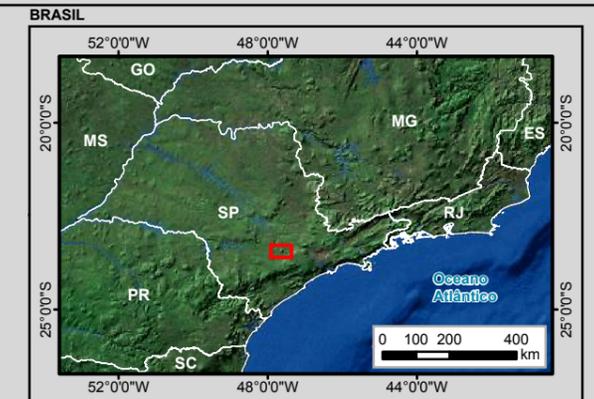
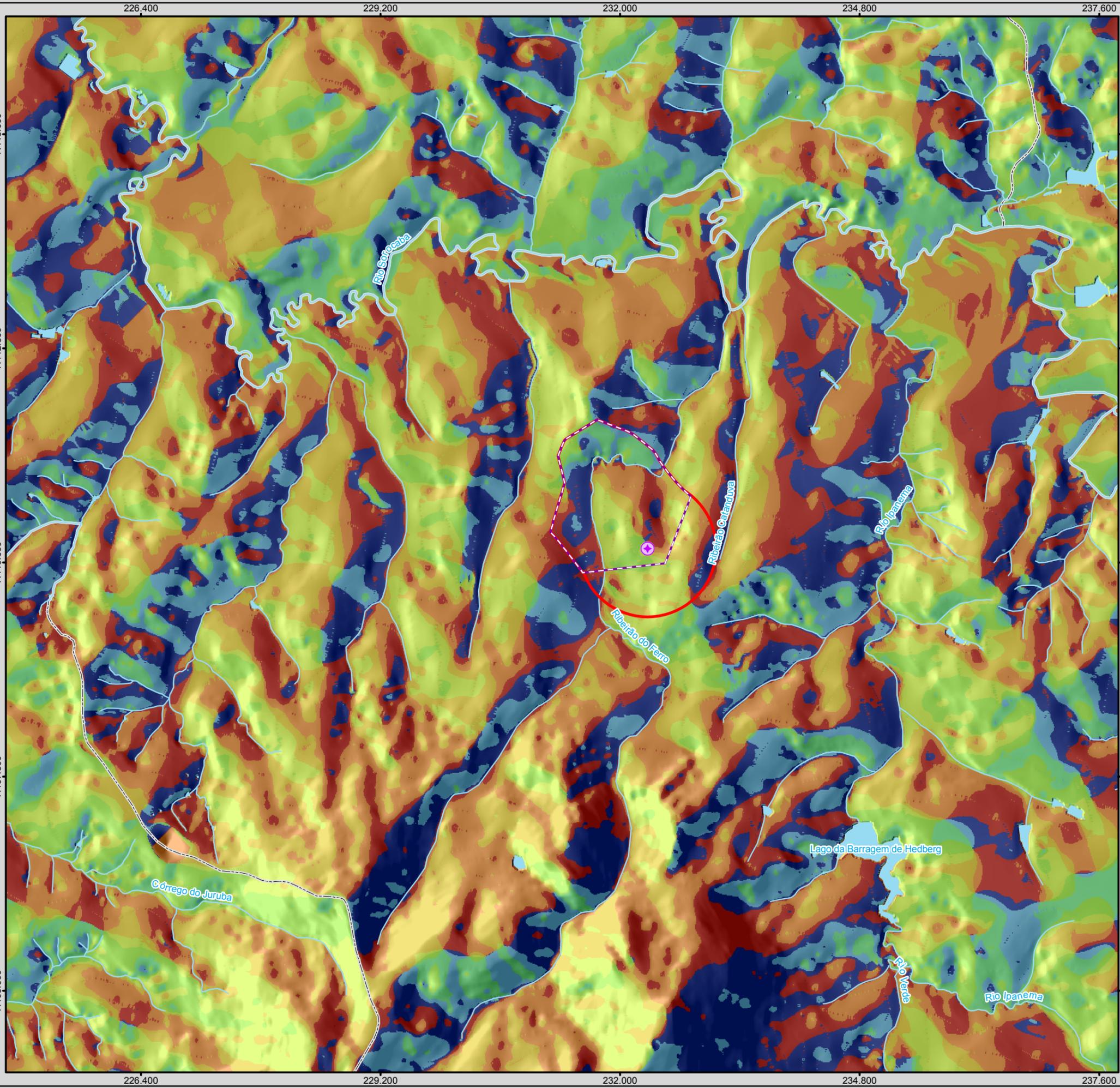


Figura 46 - Declividade da Área Diretamente Afetada.

A declividade dos terrenos controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias. A magnitude dos picos de enchente e a maior ou a menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia. A bacia do rio Sorocaba possui declividade média de 0,0028 m/m ou 0,28%. Isso demonstra que possui baixa velocidade de escoamento, resultando em reduzida probabilidade de picos de enchentes (Mapa 9).

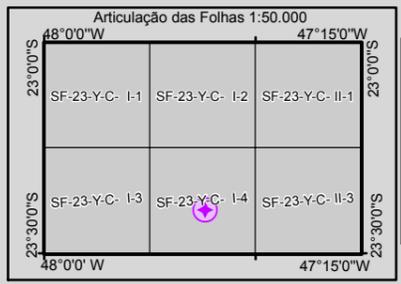


Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Curso d'água
- Massa d'água
- Limite Municipal
- Município de Iperó
- Área Diretamente Afetada (Raio de 800m a partir do reator + limite da propriedade)

Direção de Fluxo

1
2
4
8
16
32
64
128



CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
Mapa 9 – Áreas Preferenciais de Escoamento Superficial

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico MRS Estudos Ambientais	Data: Maio/2013 Fonte: Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010) Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009); Imagem Orbital Worldview2, Composição das Bandas R3, G2, B1, Resolução Espacial 0,5 m, Data da Passagem: 21/12/2011;
---------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6.3.1.6.8 Processos Erosivos e Movimentos de Massa

Define-se por erosão o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada de gravidade com água, vento, gelo e organismos (plantas e animais) (SALOMÃO & IWASA, 1995).

E geral distingue-se duas formas de abordagem para os processos erosivos:

- Erosão natural ou geológica - erosão que se desenvolve em condições de equilíbrio com a formação do solo; e
- Erosão acelerada ou antrópica, cuja intensidade é superior à da formação do solo, não permitindo a sua recuperação natural.

Solos com textura arenosa são normalmente porosos, permitindo rápida infiltração das chuvas e dificultando o escoamento superficial, entretanto, apresentam maior facilidade para erosão, o qual se verifica mesmo em pequenas enxurradas (INFANTI JUNIOR & FORNASARI FILHO, 1998). Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1985), entre as principais propriedades do solo, que conferem maior ou menor resistência à ação erosiva das águas destacam-se a textura, a estrutura e a permeabilidade.

Dos fatores condicionantes da erosão os mais comuns são os fatores antrópicos, como o desmatamento.

Na Área Diretamente Afetada foi verificado apenas um foco erosivo, localizado a uma distância de 5 km do local de construção do prédio do reator (Figura 47). Este possui dimensões de 20 m x 33 m e encontra-se presente em latossolo arenoso de coloração vermelha. Analisando a área próxima desse processo erosivo, percebe-se que a mesma foi desmatada para a agricultura e pastagem. Este desmatamento contribuiu para o aumento do escoamento superficial com fluxo a jusante do rio Sorocaba.



Figura 47 - Processo erosivo em latossolo vermelho.

O mapeamento geotécnico local elaborou um prognóstico sobre a vulnerabilidade da área do empreendimento para o desencadeamento de processos erosivos. Os resultados demonstraram que a área não apresenta o mesmo tipo de solo do processo erosivo citado anteriormente, qual seja latossolo vermelho. Os tipos de solo que ocorrem na área são solos arenosos, siltosos, de coloração amarela.

As condições de fluxo de drenagem tampouco se assemelham com as do local aonde esse processo erosivo ocorre devido às condições de ocupação do solo, caracterizando o local do empreendimento como de baixa susceptibilidade a riscos de erosão.

O processo de assoreamento consiste na acumulação de partículas sólidas (sedimentos) em meio aquoso, ocorrendo quando a força do agente transportador natural (curso d'água e vento) é sobrepujada pela força da gravidade ou quando a supersaturação das águas ou ar permite a disposição de partículas sólidas (INFANTI JUNIOR & FORNASARI FILHO, 1998).

Em alguns casos as margens dos cursos d'água podem sofrer erosão, intensificando o processo de assoreamento. Geralmente os fatores que aumentam a erosão das margens estão relacionados com o escoamento superficial, esse por sua vez tem o acréscimo do fluxo com ações antrópicas de retirada da vegetação para ocupação do solo. No mapeamento geológico (Figura 48 e Mapa 7), observou-se processo de assoreamento no rio Sorocaba, decorrente dos fatores anteriormente citados.



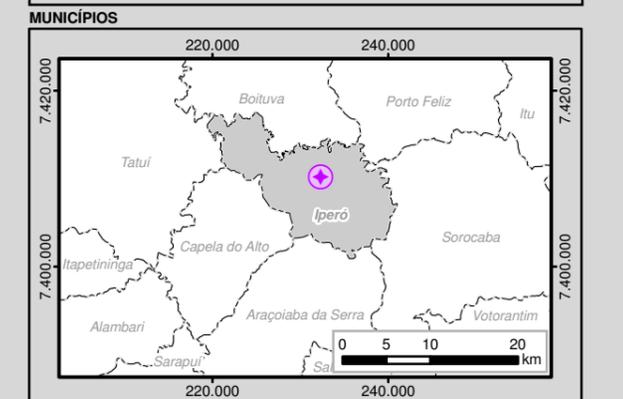
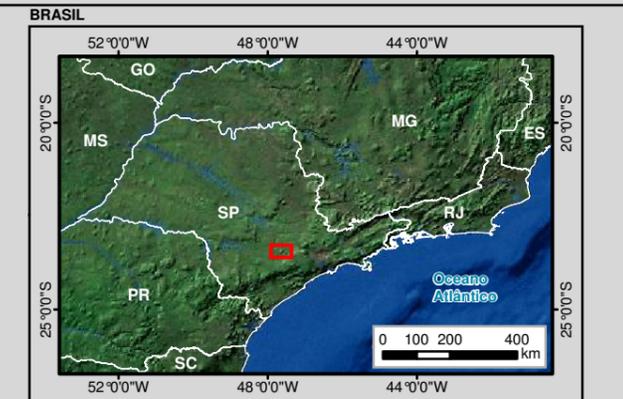
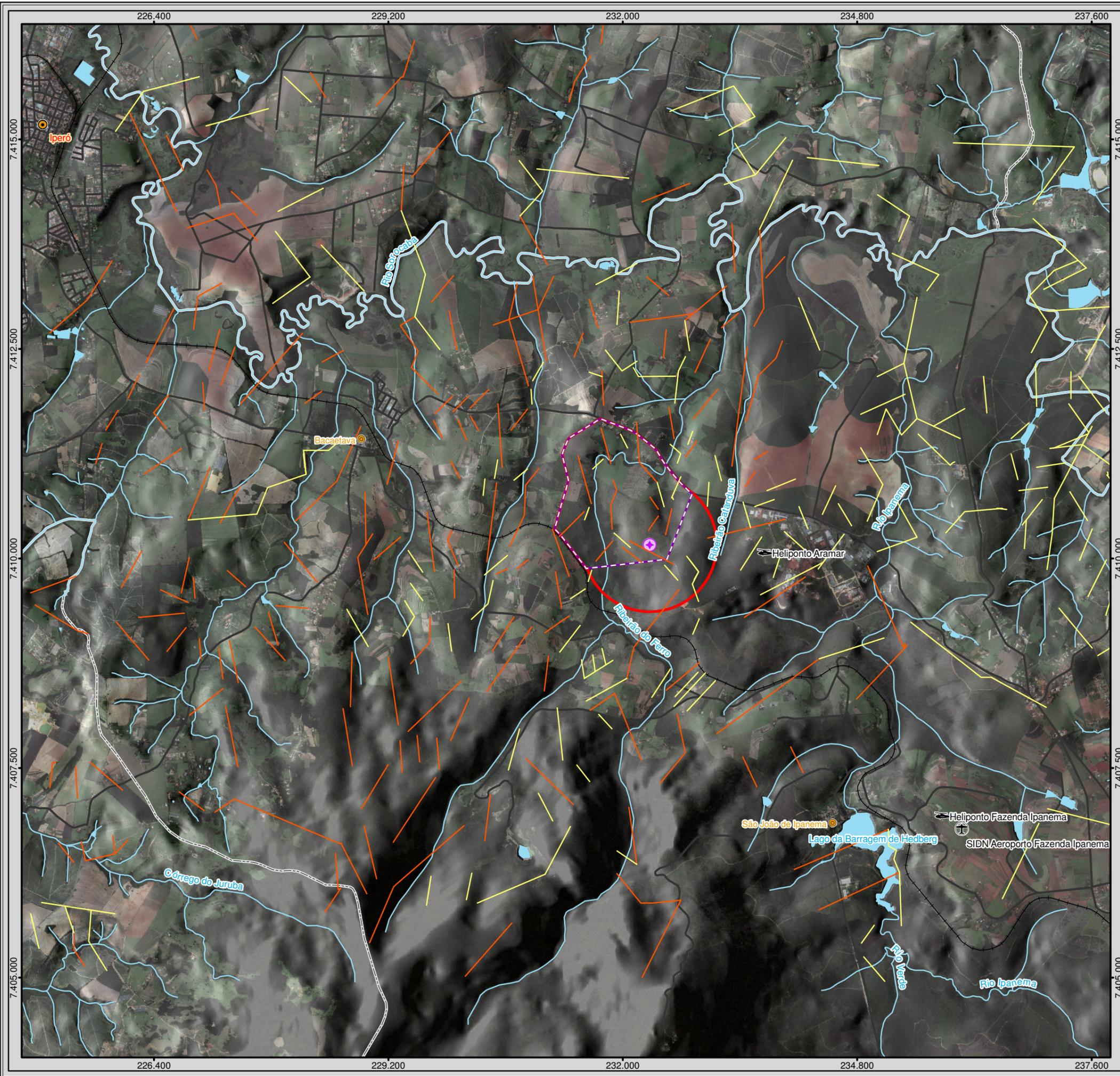
Figura 48 - Detalhe de processo de assoreamento no rio Sorocaba.

6.3.1.6.9 Mapa de Fissuras

Os principais lineamentos estão orientados entre N- N60°E e N- N50°W correspondendo às principais orientações dos cursos de drenagens e contatos geológicos (Mapa 10). É possível separar zonas foto-interpretadas como homólogas caracterizando a ocorrência de rochas de menor resistência, rochas metassedimentares do Grupo Itararé e rochas de maior resistência (Granitoídes) que ocorrem na Serra Araçoiaba.

As discontinuidades fotogeológicas principais (N30-40°E) podem estar relacionadas às zonas de fraqueza da crosta terrestre, que facilitou o posicionamento do corpo ígneo alcalino, admitindo que o magma ocupe em profundidade o espaço correspondente a uma faixa alongada de direção NE-SW, com mais de uma dezena de quilômetros de extensão.

Na área de ocorrência do domo de Araçoiaba, as discontinuidades se apresentam nas superfícies erodidas e arredondadas nos topos das encostas. Na área correspondente a Província da Depressão Periférica, as discontinuidades aparecem orientadas no sentido N-S, N 40° W, indicando superfícies estáveis em relação à área de interesse. No sentido N 40° E, essas discontinuidades se apresentam orientadas pelas drenagens.



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Vila
- Cidade
- Aeroporto
- Heliponto
- Curso d'água
- Massa d'água
- Limite Municipal
- Município de Iperó
- Área Diretamente Afetada (Raio de 800m a partir do reator + limite da propriedade)
- Sistema Viário**
- Ferrovia Existente
- Rodovia Federal**
- Pavimentada
- Rodovia Estadual**
- Pavimentada
- Rodovia Municipal**
- Pavimentada
- Não Pavimentada
- Fissuras Geológicas**
- 1
- 2

Articulação das Folhas 1:50.000

48°0'0" W	47°15'0" W	
SF-23-Y-C- I-1	SF-23-Y-C- I-2	SF-23-Y-C- II-1
23°0'0" S		23°0'0" S
SF-23-Y-C- I-3	SF-23-Y-C- I-4	SF-23-Y-C- II-3
23°30'0" S		23°30'0" S
48°0'0" W	47°15'0" W	

Escala numérica em impressão A3: 1:45.000

 Projeção UTM

 Datum Horizontal SIRGAS 2000

 Zona 23 K

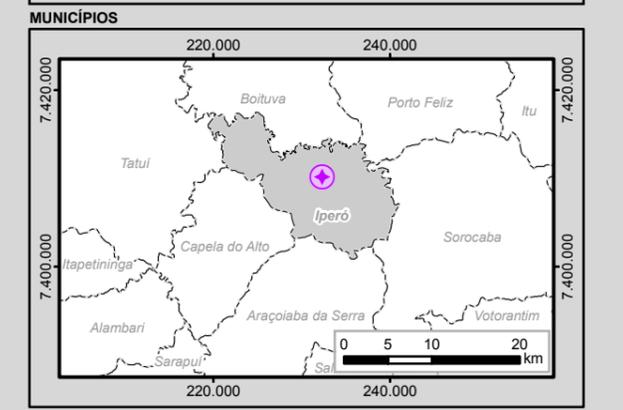
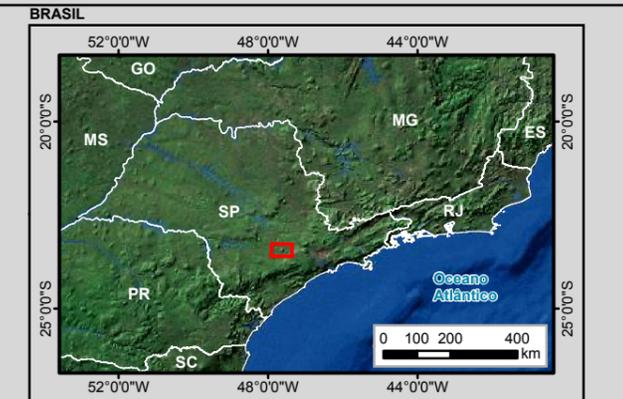
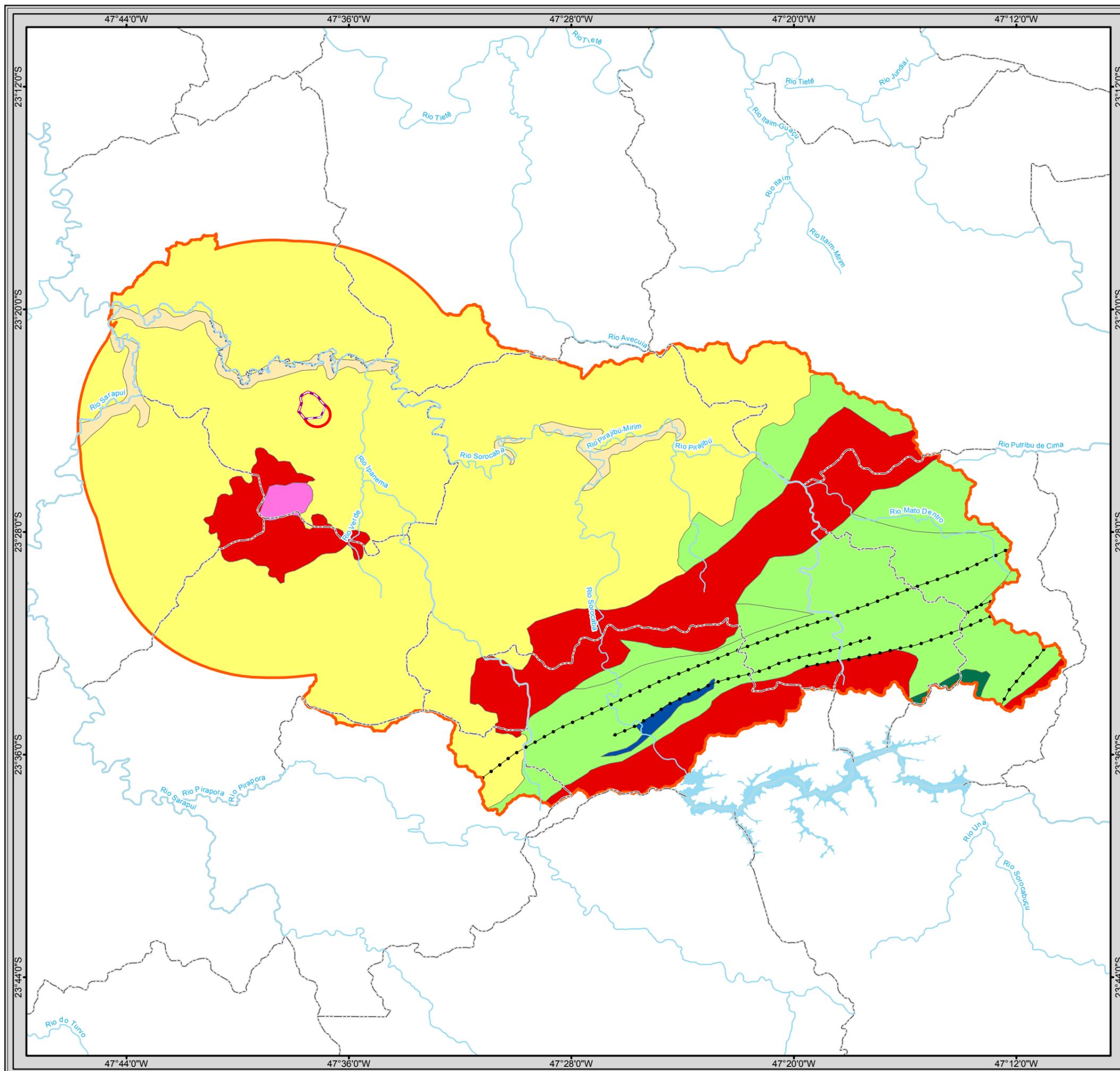
CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
Mapa 10 - Fissuras Geológicas

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico MRS Estudos Ambientais	Data: Maio/2013 Fonte: Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010); Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009); Interpretações do Mapa de Geologia (CPRM - Serviço Geológico do Brasil).
---------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Curso d'água
- Massa d'água
- Limite Municipal
- Município de Iperó

Áreas de Influência dos Meios Físico e Biótico

- Área Diretamente Afetada (Raio de 800m a partir do reator + limite da propriedade)
- Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Flona de Ipanema)

Classificação Geotécnica das Litologias

- Rocha Alcalina
- Rocha Carbonática
- Depósitos Aluvionares
- Rocha Granitoide
- Rocha Metamórfica Sedimentar
- Rocha Metamórfica Vulcânica
- Rocha Sedimentar
- Zona de cisalhamento indiscriminado

Articulação das Folhas 1:50.000

48°00'W	47°15'0\"/>
---------	-------------

0 1,5 3 6 Km

1:250.000

Escala numérica em impressão A3

Sistema de Coordenadas Geográficas

Datum Horizontal SIRGAS 2000

CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
Mapa 11 - Litologia Geotécnica

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico MRS Estudos Ambientais	Data: Maio/2013 Fonte: Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010); Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009). Interpretações do Mapa de Geologia (CPRM - Serviço Geológico do Brasil)
---------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6.3.1.6.10 Caracterização Geotécnica da Área Diretamente Afetada (ADA)

De acordo com as características do terreno e tipo de obra é determinada a quantidade e a posição dos pontos a serem sondados. Para o estudo e caracterização geotécnica da área diretamente afetada (ADA) foram realizadas 52 sondagens pela empresa Intertechne Consultores S.A, das quais 38 foram do tipo percussiva e 14 do tipo mista.

A sondagem a percussão ou sondagem simples, também chamada de SPT, é o processo de investigação mais comum empregado na caracterização da cobertura terrosa dos terrenos naturais. Consiste em um processo de exploração e reconhecimento do subsolo, largamente utilizado na engenharia civil para se obter subsídios que irão definir o tipo e o dimensionamento das fundações para a edificação. A sigla SPT tem origem no inglês standard penetration test e significa ensaio de penetração padrão. Esse processo é muito utilizado, onde as condições de intemperismo forma espessa e contínua cobertura de solo.

Segundo a NBR 6484 (1997), as principais informações obtidas com esse tipo de ensaio são:

- A identificação das diferentes camadas de solo que compõem o subsolo;
- A classificação dos solos de cada camada;
- O nível do lençol freático;
- A capacidade de carga do solo em várias profundidades.

Quando se atinge material impenetrável à percussão (estrato rochoso, matacões, solos extremamente rígidos opta-se pela sondagem rotativa executada junto com SPT na qual chamada de mista, o equipamento avança em solos alterados e rochas, obtendo diretamente as amostras (testemunhos), exatamente sobre a rocha proporcionando oportunidade para uma série de ensaios.

O equipamento básico para sondagem rotativa é uma sonda motorizada, bomba de água, haste, barriletes e coroas. Os diâmetros utilizados para a área investigada foram NW e HW, sendo os testemunhos obtidos com 54,73 e 76,20mm respectivamente.

A localização das sondagens realizadas encontra-se no Mapa 7 mostra e a Tabela 9 mostra as profundidades que foram avançadas às sondagens.

A partir do material da sondagem, pode-se caracterizar o solo e o maciço rochoso da área diretamente afetada e seus parâmetros de qualidade são definidos a partir de ensaios de resistência e perda de água (Mapa 14).

Ainda foram realizados ensaios de permeabilidade nos furos de sondagem rotativa. Neste ensaio, a água é injetada sob pressão num certo trecho do furo de sondagem e mede-se a quantidade de água absorvida pelo maciço rochoso durante certo tempo, a uma dada pressão de injeção.

Tabela 9 - Sondagens realizadas pela Intertechne Consultores S.A.

Sondagem	Coord. S	Coord. E	Cota	Profundidade	Prof. de N.A	Cota do N.A
SM-137	7411361,875	231989,3943	556,964	25,10	9,20	547,764
SM-138	7.410.888,18	232.429,18	560,837	23,80	12,50	548,337
SM-139	7.410.286,23	232.320,47	590,984	25,10	15,60	575,384
SM-140	7.410.315,09	232.386,00	586,45	25,32	11,70	574,75
SM-141	7.410.100,05	232.120,80	575,206	25,50	7,15	568,056
SM-142	7.410.138,59	232.218,62	581,604	30,35	13,16	568,444
SM-143	7.410.033,58	232.150,12	571,413	20,50	4,40	567,013
SM-144	7.410.082,36	232.249,24	578,597	25,25	5,45	573,147
SM-145	7.410.081,27	232.412,77	593,315	25,00	5,50	587,815
SM-146	7.410.168,18	232.322,30	588,404	51,00	13,00	575,404
SM-147	7.410.188,36	232.368,07	591,865	100,57	20,65	571,215
SM-148	7.410.208,50	232.413,85	590,624	50,50	13,00	577,624
SM-149	7.410.191,10	232.366,79	591,895	26,00	13,90	577,995
SM-150	7.410.192,91	232.366,07	591,794	26,10	11,40	580,394
SP-101	7411352,739	231973,9969	555,463	5,94	seco	seco
SP-102	7411370,219	232006,2974	556,337	10,14	7,86	548,477
SP-103	7.411.092,59	231.856,53	553,47	18,77	6,60	546,87
SP-104	7.411.077,66	231.837,74	554,788	10,60	7,80	546,988
SP-105	7.411.073,06	231.947,14	550,559	12,12	2,72	547,839
SP-106	7.411.028,26	231.964,93	554,057	16,80	4,14	549,917
SP-107	7.410.884,08	231.881,89	564,238	15,12	10,80	553,438
SP-108	7.410.899,83	231.913,72	564,874	14,45	9,86	555,014
SP-109	7.410.913,94	231.952,39	564,631	13,10	9,70	554,931
SP-110	7.410.989,59	231.983,63	558,791	12,23	7,48	551,311
SP-111	7.411.032,45	232.059,20	557,629	7,08	5,25	552,379
SP-112	7.410.940,45	231.999,68	563,628	11,62	8,45	555,178
SP-113	7.410.997,77	232.059,99	560,643	9,42	7,81	552,833
SP-114	7.410.964,67	232.068,30	563,3	11,03	6,90	556,4
SP-115	7.410.758,71	231.772,18	555,502	7,94	6,14	549,362
SP-116	7.410.784,32	231.796,25	558,572	16,25	8,98	549,592
SP-117	7411376,602	232292,7262	556,651	6,45		
SP-118	7411348,545	232334,5453	555,639			
SP-119	7411180,531	232250,936	544,303	-	-	-
SP-120	7411164,966	232250,003	545,593	-	-	-
SP-121	7.410.876,64	232.402,96	562,989	5,23	seco	seco
SP-122	7.410.899,31	232.454,43	558,642	3,23	seco	seco
SP-123	7.410.195,06	232.085,85	575,524	14,10	3,90	571,624
SP-124	7.410.217,44	232.136,80	579,913	19,03	9,25	570,663
SP-125	7.410.243,28	232.196,28	585,044	13,04	11,35	573,694
SP-126	7.410.372,01	232.185,05	583,567	11,02	9,00	574,567
SP-127	7.410.066,58	232.134,34	573,544	11,11	5,30	568,244
SP-128	7.410.341,94	232.438,79	579,253	3,47	seco	seco

Sondagem	Coord. S	Coord. E	Cota	Profundidade	Prof. de N.A	Cota do N.A
SP-129	7.410.275,39	232.468,14	585,164	4,15	seco	seco
SP-130	7.410.213,01	232.495,89	589,885	1,05	seco	seco
SP-131	7.410.130,83	232.337,21	589,119	8,11	seco	seco
SP-132	7.410.148,34	232.384,60	592,45	6,08	seco	seco
SP-133	7.410.095,83	232.451,41	594,412	3,14	seco	seco
SP-134	7.410.063,53	232.373,90	590,851	4,09	seco	seco
SP-135	7.410.045,15	232.330,27	586,249	4,67	seco	seco
SP-136	7.410.038,59	232.257,18	577,733	6,25	3,90	573,833
SP-153	7411213,212	232172,7418	546,704	2,75	seco	seco
SP-154	7411270,144	232182,4485	551,487	4,24	seco	seco
SM-137	7411361,875	231989,3943	556,964	25,10	9,20	547,764

A sondagem SM-147, no local previsto para a construção do prédio do RMB, teve a maior profundidade e foi utilizada nesse estudo para caracterização da área. Realizada até a profundidade de 100,57m a sondagem primeiramente perfurou o solo até a profundidade de 7,35 m divididas em solo eluvial, solo de alteração arenoso siltoso, solo de alteração siltoso e solo argiloso, segundo as descrições:

- Solo eluvial, constituído predominantemente por areia fina siltosa ou siltosa pouco argilosa e raramente por argila siltosa.
- Solo de alteração, constituído predominantemente por areia fina siltosa ou siltosa pouca argilosa, marrom amarelada e silte arenoso pouco argiloso, de coloração marrom.
- Solo de alteração, constituído predominantemente por silte argiloso ou argiloso pouco arenoso. Marrom claro e escuro e argila siltosa pouco arenosa, marrom avermelhada.

Foram realizados ensaios de compressão uniaxial no material retirado e os resultados classificaram o maciço rochoso sotoposto ao local de construção do empreendimento como C1, que segundo a caracterização de Resistência (Tabela 10) significa que a rocha é muito coerente. Alguns metros apresentaram coerência de grau C2 e C3, sendo rocha coerente e rocha medianamente coerente.

Segundo a descrição geotécnica, a partir dos dados de sondagem, o maciço rochoso da ADA é constituído por rochas sedimentares do Grupo Itararé descritos a seguir:

- Arenito maciço constituído predominantemente por granulação fina/fina a média, mais raramente granulação média a grossa, de coloração marrom amarelado claro e amarelado escuro. Geralmente apresenta-se com coerências C1: C1/C2 ou C3/C4. Em alguns trechos apresentam lentes centimétricas (até 7 cm) de siltito com coerência C3;

- Arenito conglomerático constituído predominantemente por matriz arenosa fina, com seixos e fragmentos arredondados, de composição variada, de coloração marrom escuro, apresentam-se com coerências C1/C2 e C3;
- Siltito de coloração cinza claro, cinza escuro, marrom amarelado claro e acinzentado, geralmente apresenta-se com coerência C1/C2 e menos frequente apresentam-se com coerência C3/C4. Muito raramente e dispersos na matriz podem ocorrer seixos de até 2 cm;
Ritimito caracterizado por apresentar estratificação plano-paralela. Apresenta lâminas de silte e argila, desde milimétricas até centímetros (12 cm). Pode ocorrer deslocamento ao longo de estratificação, expondo superfícies lisas e sedosas ao tato. Os estratos apresentam cores cinza claro e cinza escuro a preto. Geralmente apresentam-se com coerência C2 e C1. Contudo em 70,63 a 71,50 m acamamentos intensamente perturbados de Ritmito cinza claro e cinza escuro chegando a 70° de inclinação, oferecendo planos preferências de fraturamento. Apresentando nesse intervalo a resistência de C4 com grau de fraturamento F4;
- Diamictito não laminado, caracterizado por apresentar matriz siltosa, com fragmentos de rochas de composição variadas, variando de milimétrica a decimétrica, de coloração cinza claro e escura. Geralmente apresentam-se com coerência C1. Em 51,15 a 70,63 m, foi descrito como diamictito cinza, com grânulos, seixos e pequenos blocos de até 8 cm. Apresenta diques clásticos de 2,5 a 8,0 cm de espessura, inclinados a subverticais (55,96; 60,00; 62,15; 68,15 m) com resistência C2/C1 e grau de fraturamento F1.

A Tabela 10 apresenta os parâmetros de classificação das rochas, a partir do grau de coerência, e a Tabela 11 apresenta o grau de faturamento.

Tabela 10 - Classificação de rochas a partir da resistência em ensaios de compressão uniaxial.

Grau de Coerência			Resistência à Compressão Uniaxial (MPq)	
Grau	Denominação	Caracterização		
C1	Rocha Muito Coerente	Rocha com som metálico, quebra com dificuldade ao golpe de martelo. Sua superfície dificilmente é riscada pelo aço.	R5	100-250
C2	Rocha Coerente	Rocha com som fraco, quebra com relativa facilidade ao golpe de martelo. Ao ser riscada pelo aço, deixa sulcos superficiais.	R4	50-100
C3	Rocha Medianamente Coerente	Rocha com som oco, quebra com relativa facilidade ao golpe de martelo e com fragmentos dificilmente quebradiços a pressão dos dedos, sulcos leve ao risco do aço.	R3	25-50
C4	Rocha Pouco Coerente (Quebradiça)	Rocha quebra com facilidade ao golpe com martelo, bordas dos fragmentos quebram com relativa facilidade manualmente, sulcos profundos ao risco do aço.	R2	5,0-25
C5	Rocha Incoerente (Friável)	Rocha esfarela-se ao golpe do martelo, desagregando-se a pressão dos dedos, pode ser cortada com aço, sendo riscada com a unha.	R1	1,0-5,0

Tabela 11 - Classificação do índice de qualidade da rocha a partir do grau de fraturamento.

Grau Fraturamento		R.Q.D.	
		Trecho Fraturado Homogêneo	
F1	<1 Fratura /m (Pouco Fraturada)	R1	90-100 (Excelente)
F2	1-5 Fraturas /m (Fraturada)	R2	75-89 (Boa)
F3	5-10Fraturas /m (Muito Fraturada)	R3	50-74 (Regular)
F4	10-20 Fraturas /m (Extremamente fraturada)	R4	25-49 (Pobre)
F5	>20 Fraturas /m (Fragmentada)	R5	0-24 (Muito Pobre)

A sondagem e a caracterização do maciço rochoso foram úteis para a determinação do tipo de fundação que será utilizada na construção do prédio do empreendimento. Optou-se por fundações diretas, sem utilização de tubulão ou estaca, evitando-se assim, a consideração do fenômeno de liquefação no dimensionamento das estacas. Para isto, foi levada em consideração a posição da rocha no terreno, resistência da rocha e parâmetros de perda de água, posteriormente interpretados por seções geológicas para a determinação dos tipos de fundações para o empreendimento.

6.3.1.7 Espeleologia

As cavernas são sistemas de canais horizontais e verticais de dimensões variáveis formados mais comumente em rochas carbonáticas e areníticas. São encontradas, também, em rochas graníticas. De acordo com o Instituto Chico Mendes, na área de influência indireta são encontradas nove cavernas (Tabela 12), sendo seis localizadas em rochas graníticas e três em rochas metassedimentares. Destas, nenhuma se encontra na área de influência direta (Mapa 12).

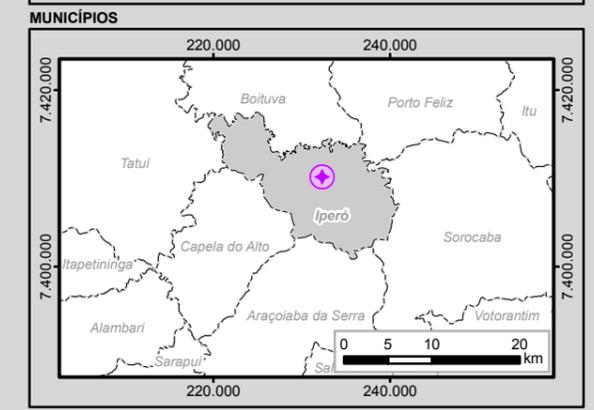
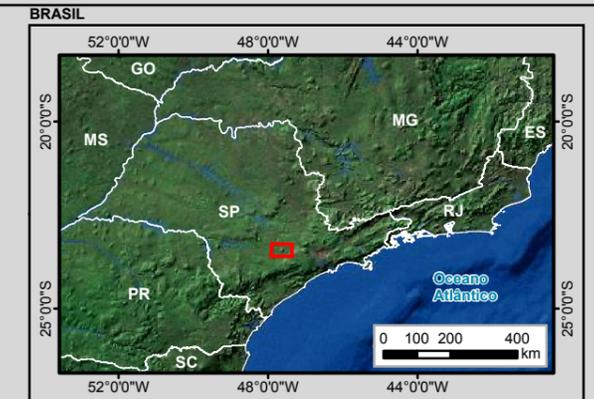
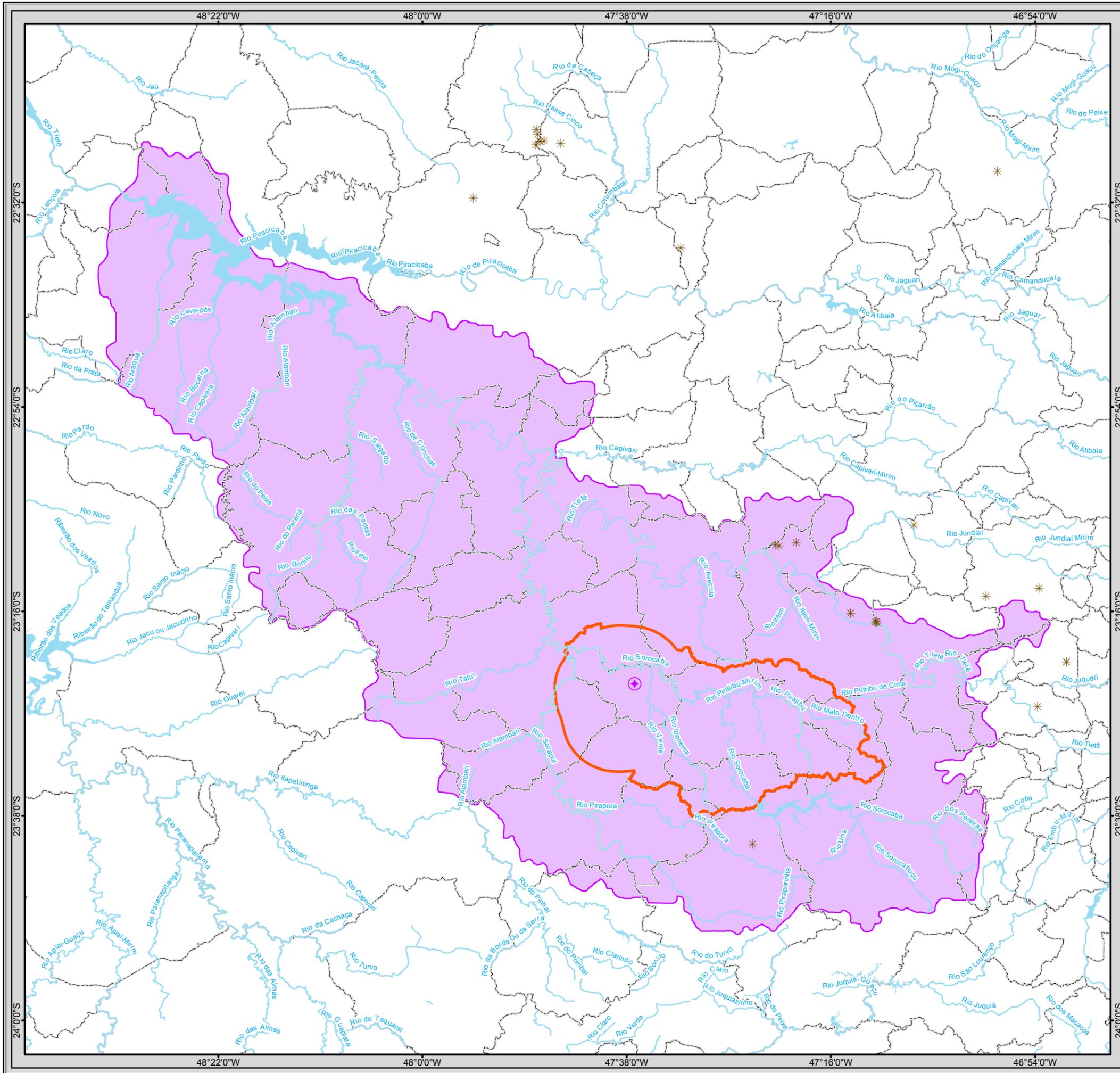
Tabela 12 – Cavernas localizadas na Área de Influência Indireta.

Nome	Município	Latitude	Longitude	Litologia
Gruta de Granito (Gruta do Dinossauro)	Piedade	-23,6836	-47,407	Granito (Talus)
Caverna Toca da Tude	Cabreúva	-23,2868	-47,1834	Granito
Caverna Escalada da Glória	Itu	-23,2852	-47,1865	Granito
Caverna Toca do Roque	Cabreúva	-23,2847	-47,1846	Granito
Gruta da Pedra da Asa Delta	Itu	-23,2696	-47,231	Granito
Gruta do Riacho Subterrâneo	Itu	-23,2695	-47,2307	Granito
Gruta do Canavial	Salto	-23,149	-47,3593	Arenito
Gruta dos Morcegos	Salto	-23,1477	-47,3657	Arenito
Abrigo Zé Eduardo	Salto	-23,143	-47,3287	Siltito

A caverna é um sistema frágil, sua preservação e conservação tem por objetivo a manutenção de sistemas sensíveis e diferenciados. De acordo com a Resolução N° 347, de 10 de Setembro de 2004:

§ 3o (...), a área de influência das cavidades naturais subterrâneas será a projeção horizontal da caverna acrescida de um entorno de duzentos e cinquenta metros, em forma de poligonal convexa.

As áreas de influência das cavernas identificadas não interceptam a área de influência direta do RMB (Mapa 4).



- Legenda**
- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
 - Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
 - Cavidades Naturais
 - Curso d'água
 - Massa d'água
 - Limite Municipal
 - Município de Iperó
- Áreas de Influência dos Meios Físico e Biótico**
- Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Flona de Ipanema)
 - Área de Influência Indireta (Bacia Hidrográfica Sorocaba / Médio Tietê)



Identificação do Projeto		
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)		
Título do Mapa		
Mapa 12 - Espeleologia		
Empreendedor		
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear		
Responsável Técnico	Data: Maio/2013	
MRS	Fonte:	
Estudos Ambientais	Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010); Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009); Cavidades Naturais: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas, Data 01/08/12 (CECAV, 2012)	

6.3.2 SISMOLOGIA

Somente a partir da década de 1970, com a expansão da rede sismográfica no Brasil, passou-se a considerar nosso território como sujeito à atividade sísmica. Uma importante compilação de sismos do Brasil foi conduzida pelo IAG-USP na década de 80, com apoio da CNEN, baseada tanto em documentos históricos e depoimentos pessoais quanto em registros sismográficos. Este catálogo de 1984 vem sendo atualizado ano a ano em colaboração com a UnB, UFRN, IPT e UNESP, constituindo o “Catálogo de Sismos Brasileiros”. Desta forma as análises estatísticas mostram concentração dos dados, depois da década de 80. Alguns dados ainda podem ser imprecisos, tais como a magnitude do sismo de 1922, que por sua vez é o de maior intensidade na região de interesse.

6.3.2.1 Conceitos Básicos

Com o lento movimento das placas litosféricas, da ordem de alguns centímetros por ano, tensões vão se acumulando em vários pontos, principalmente perto de suas bordas. As tensões acumuladas podem ser compressivas ou distensivas, dependendo da direção de movimentação relativa entre as placas. Quando essas tensões atingem o limite de resistência das rochas, ocorre uma ruptura; o movimento repentino entre os blocos de cada lado da ruptura gera vibrações que se propagam em todas as direções. O plano de ruptura forma o que se chama de falha geológica. Os terremotos podem ocorrer no contato entre duas placas litosféricas (caso mais freqüente) ou no interior de uma delas, sem que a ruptura atinja a superfície. O ponto onde se inicia a ruptura e a liberação das tensões acumuladas é chamado de hipocentro ou foco. Sua projeção na superfície é o epicentro, e a distância do foco à superfície é a profundidade focal (ASSUMPÇÃO & DIAS NETO, 2000).

Embora a palavra "terremoto" seja utilizada mais para os grandes eventos destrutivos, enquanto os menores geralmente são chamados de abalos ou tremores de terra, todos são resultado do mesmo processo geológico de acúmulo lento e liberação rápida de tensões. A diferença principal entre os grandes terremotos e os pequenos tremores é o tamanho da área de ruptura, o que determina a intensidade das vibrações emitidas (ASSUMPÇÃO & DIAS NETO, 2000).

A magnitude sísmica representa a quantidade de energia liberada pelo sismo e a intensidade sísmica é uma classificação dos efeitos desses fenômenos na superfície, e podem variar de acordo com a posição do ponto de observação. Entre as diversas escalas de intensidade, a Escala de Intensidade Mercalli Modificada (MM), proposta em 1956, é a mais completa e recomendada para utilização a nível internacional. Essa escala foi elaborada em 1902 pelo sismólogo e vulcanólogo italiano Mercalli, que estabeleceu dez graus para identificar os efeitos das ondas sísmicas (Tabela 13).

Tabela 13 - Escala de Intensidade de Mercalli Modificada (MM)

Grau	Descrição dos Efeitos	Aceleração (g)	Histórico no Sudeste
I	Não sentido. Leves efeitos de período longo de terremotos grandes e distantes		
II	Sentido por poucas pessoas paradas, em andares superiores ou locais favoráveis.	<0,003	
III	Sentido dentro de casa. Alguns objetos pendurados oscilam. Vibração parecido à da passagem de um caminhão leve. Duração estimada. Pode não ser conhecido como abalo sísmico.	0,004-0,008	
IV	Objetos suspensos oscilam. Vibração parecida à da passagem de um caminhão pesado. Janela, louças, portas fazem barulho. Paredes e estruturas de madeira rangem.	0,008-0,015	
V	Sentido fora de casa; direção estimada. Pessoas acordam. Líquido em recipiente é perturbado. Objetos pequenos e instáveis são deslocado. Portas oscilam, fecham e abrem.	0,015-0,04	Sorocaba SP (1874); São Pedro e São Paulo RJ (1886); Cananéia SP (1946); Campos SP (1972); Cunha SP (1967)
VI	Sentido por todos. Muitos se assustam e saem às rua. Pessoas andam sem firmeza. Janelas e louças podem ser quebradas. Objetos livros caem das prateleiras. Reboco fraco e construção de má qualidade racham.	0,04-0,08	Mogi-Guaçu-SP (1922); Cunha SP (1967)
VII	Difícil manter-se em pé. Objetos suspensos vibram. Móveis quebram. Danos em construção de má qualidade, algumas trincas em construção normal. Queda de reboco, ladrilhos ou tijolos mal assentados, telhas. Ondas em piscinas. Pequenas escorregamentos de barrancos arenosos.	0,08-0,15	
VIII	Danos em construção normais com colapso parcial. Algun dano em construções reforçadas. Queda de estuque e alguns muros de alvenaria. Queda de chaminés, monumentos, torres e caixa d'água. Galhos quebram-se das árvores. Trincas no chão.	0,15-0,30	
IX	Pânico geral. Construções comuns bastante danificadas, às vezes colapso total. Danos em construções reforçadas. Tubulação subterrânea quebrada. Rachaduras visíveis no solo.	0,30-0,60	
X	Maioria das construções destruídas até nas fundações. Danos sérios a barragens e dique. Grandes escorregamentos deslizamentos de terra. Água jorrada nas margens de rios e canais. Trilhos levemente entortados.	0,60-1,0	
XI	Trilhos bastante entortados. Tubulações subterrâneas completamente destruídas.	~ 1-2	
XII	Destruição quase total. Grandes blocos de rocha deslocados. Linhas de visada e níveis alterados. Objetos atirados ao ar.	~ 2	

Fonte: Modificada de ASSUMPÇÃO, M. & DIAS NETO. In W.Teixeira *et al.*, 2000.

Como a intensidade é apenas uma classificação e não uma medida, ela está sujeita a muitas incertezas (ASSUMPÇÃO & DIAS NETO, 2000). Em 1931, essa escala passou por modificações com finalidade de incluir o comportamento das construções submetidas a vibrações sísmicas na Califórnia e maior parte dos EUA. Richter (1958 apud W.TEIXEIRA *et al.*, 2000), preparou uma nova versão, incorporando elementos sobre a qualidade das construções afetadas, para evitar ambiguidade de linguagem nas descrições dos efeitos das

ondas sísmicas. Esta versão é a que vem sendo adotada no Brasil, com relativa eficiência (Tabela 14).

Tabela 14 - Classificação das construções

Classe	Tipo de construção
A	Bem construída, com argamassa e projeto de execução; reforçada, de modo especial lateralmente e confinada ao mesmo tempo pelo uso de aço, concreto, etc.; projetada para resistir a forças laterais (identificada como reforçada/anti-sísmica).
B	Bem construída, com argamassa; reforçada, mas não projetada em detalhe para resistir a forças laterais (identificada como reforçada/sólida).
C	Construção normal (ou comum), com argamassa; não apresenta fragilidade extrema na junção de paredes, mas não reforçada nem projetada contra forças laterais (identificada como comum ou normal)
D	Construções com materiais fracos semelhante a adobe, argamassa de baixa qualidade e baixo padrão de edificação; fraca horizontalmente (identificada como fraca ou má qualidade).

Fonte: RICHTER, 1958 apud W.Teixeira *et al.*, 2000.

6.3.2.2 Caracterização Sísmica Regional

O nível de atividade sísmica no Brasil é relativamente baixo quando comparado aos países vizinhos, porém não deve ser negligenciado nos projetos de obras de engenharia.

O Brasil se situa na porção central da Placa Sul-Americana, bastante distante das margens ativas desta, onde, a oeste se dá a subducção da Placa de Nazca e se eleva a Cadeia Andina e a leste ocorre a expansão do assoalho oceânico na cadeia Meso-Atlântica. Levando-se em conta sua enorme extensão territorial, é um dos países sísmicamente mais estáveis do mundo (ASSUMPÇÃO *et al.*, 1979). Por esta posição intraplaca, o Brasil era considerado, até há pouco tempo atrás, como praticamente assísmico, sendo a pequena atividade ocorrente considerada de importância secundária (SALVADOR, 1994).

Um estudo do risco sísmico, em uma escala global, foi realizado para as Nações Unidas, por GFZ-Potsdam (1999), e seus resultados foram apresentados em seu Mapa de perigo sísmica global. Este mapa confirma que o território brasileiro possui uma baixa sismicidade, com acelerações horizontais nominais, geralmente inferiores a $0,4 \text{ m/s}^2$ (Figura 49).

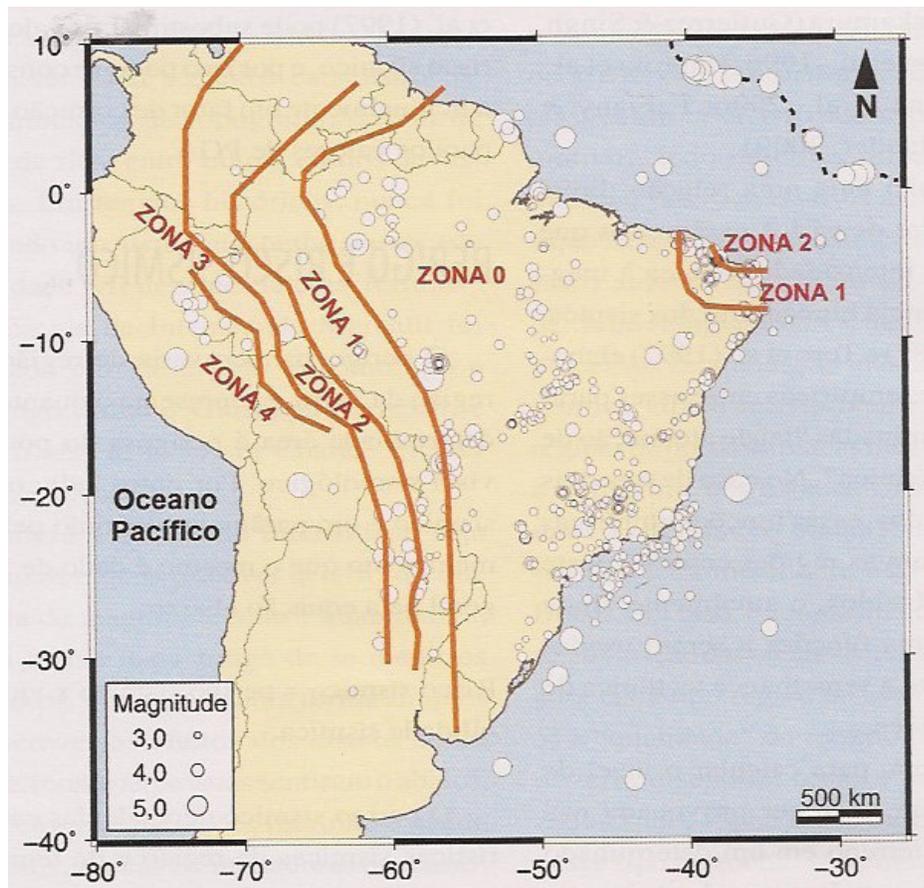


Figura 49 - Zonas Sísmicas.

Fonte: Boletim sísmico brasileiro IAG-USP apud Lopes & Nunes 2011.

Segundo Hampshire & Silva (2008) esta sismicidade baixa na maioria do território brasileiro fez com que o país até 2006 o Brasil fosse praticamente o único país sul-americano sem uma norma específica para o dimensionamento sísmico das estruturas. Após alguns projetos de grande importância para a indústria nuclear, alguns critérios específicos foram definidos pela entidade reguladora brasileira CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Conforme Salvador (1994), a incidência de abalos sísmicos em zonas sismogênicas como a do sudeste do Brasil, região de intensa ocupação, com numerosas instalações hidrelétricas e uma central nuclear, favoreceu o desenvolvimento de estudos visando o estabelecimento das relações entre a tectônica e a sismicidade.

Usado pioneiramente em estudos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo para as centrais nucleares de Angra dos Reis, o conceito de zonas sismogênicas tem-se revelado uma boa alternativa para segregar áreas de atividade sísmica, incorporando os elementos de evolução geológico-tectônica.

Na análise de Mito (1993) foram identificadas vinte e três zonas sismogênicas (ZS) e assinaladas outras três prováveis. Nas quais 4 delas estão inseridas no estado de São Paulo.

- ZS Pinhal, no Bloco São Paulo, junto à região de junção das zonas de sutura Ribeirão Preto e Alterosa; coincide com a área do Soerguimento de Moji-Guaçu;
- ZS Cananéia, ao longo da zona de sutura Ubatuba; coincide com a zona de flexura costeira relacionada à Bacia de Santos;
- ZS Cunha, junto às zonas de sutura Ubatuba e Abre-Campo, entre os blocos Brasília, Vitória e São Paulo; coincide com a área do Soerguimento da Mantiqueira e com a zona de flexura costeira relacionada à Bacia de Santos; e
- ZS Santos, junto à zona de sutura Ubatuba; coincide com os domínios das bacias de Santos e Campos e do Platô de São Paulo.

Mioto (1993), baseado na distribuição de epicentros, estruturas geológicas e compartimentação regional do relevo, propôs duas zonas sismogênicas na área em torno do empreendimento (Zona Sismogênica de Cunha e Zona Sismogênica de Santos. O fator determinante na definição destas zonas é a localização dos epicentros em áreas com tendência inversa de movimentação do relevo (subsidência na área de plataforma continental e talude, e elevação da borda continental adjacente nos domínios da Serra do Mar e Planalto Atlântico).

O zoneamento sísmico contribuiu para a qualificação de movimentos tectônicos contemporâneos, estabelecimento de coeficientes sísmicos para edificações nucleares e hidráulicas, potencialidade de ocorrência de sismos induzidos por reservatórios de barragens e armazenamento seguro de rejeitos radioativos e tóxicos (MIOTO, 1990).

Atualmente a região sudeste tem produzido diversos estudos a respeito da estabilidade regional e zoneamento sísmico, devido ao número elevado de abalos registrados. Outro fator relevante é a instalação de várias estações sismográficas na região, a fim de monitorar sismos induzidos por preenchimento de barragens.

Alguns dos sismos são demonstrados na Figura 50 com a distribuição dos principais sismos ocorridos no estado de São Paulo, dados do Boletim Sísmico Brasileiro. Dentre eles o maior sismo ocorreu em 1922 em Mogi-Guaçu, sismo o qual será detalhado posteriormente.

O nível de atividade sísmica da região Sudeste e regiões vizinhas, que abrange a região de interesse possui sismos de magnitude menor que $m_b=5,0$ e com intensidades observadas menores que VII MM.

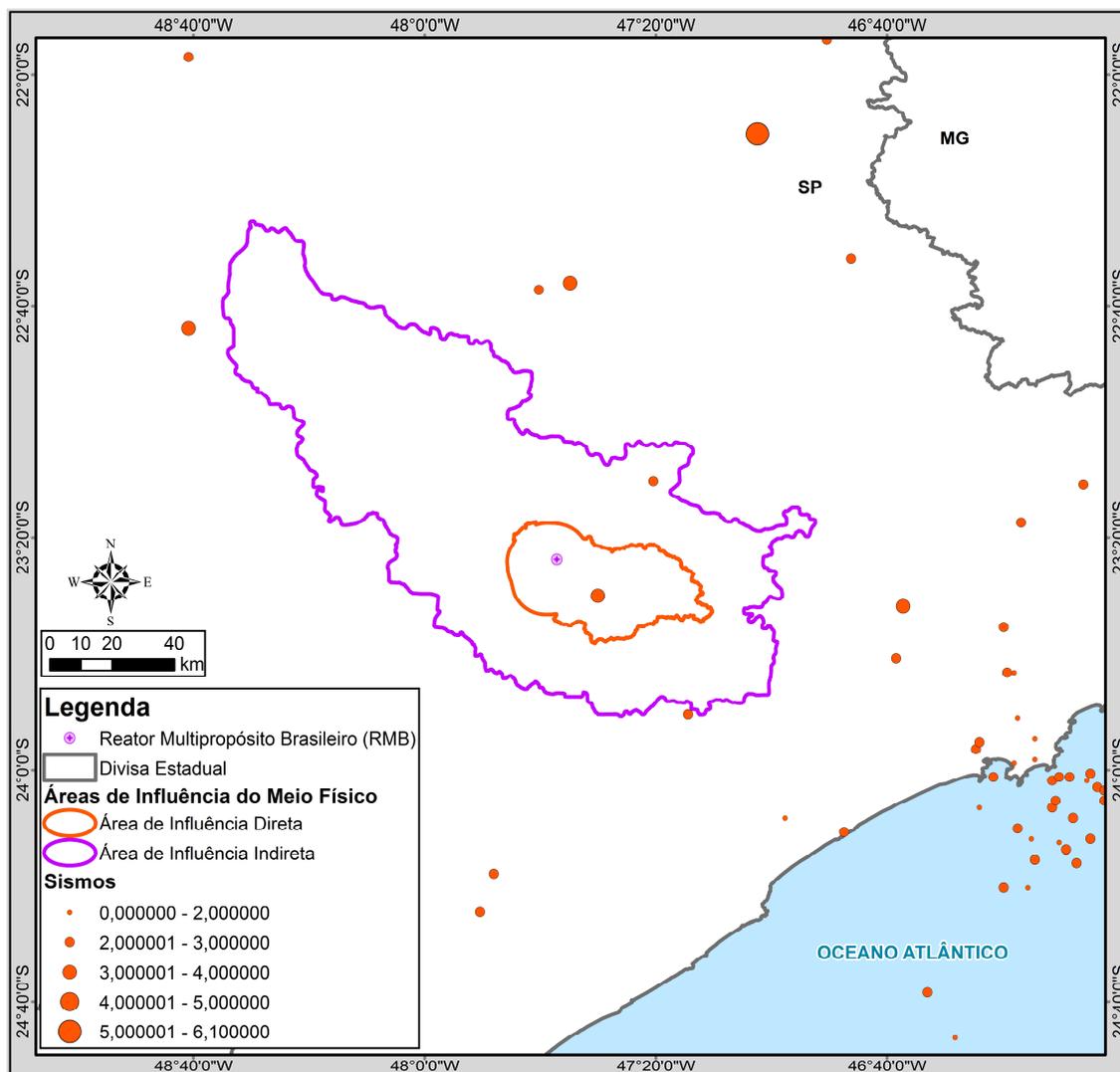


Figura 50 - Distribuição dos eventos sísmicos no Sudeste Brasileiro.

6.3.2.2.1 Relatos Históricos da Sismicidade Regional

Devido ao número relativamente pequeno de dados fornecidos pela atual rede regional de sismógrafos, para a maioria dos sismos, que são de magnitude muito pequena ($m_b < 3,0$), ainda não é possível determinar a profundidade focal da maioria dos sismos localizados com dados instrumentais na região de estudo. Os principais sismos regionais estão listados na Tabela 15.

Tabela 15 - Principais sismos regionais com intensidade superior a 4,0.

DATA	H ₀ (UT)	LAT,	LONG,	E(km)	LOCALIDADE	ESTADO	I ₀ MM	m _b
1767 08 01	23	-20,31	-40,33		PLATAFOR. CONTINENTAL	ES	V	-6,8
1955 03 01	01 46 18	-19,84	-36,75	30	PLATAFOR. CONTINENTAL	ES	(VIII-IX)	6,2
1939 06 28	11 32 22	-29	-48	90	PLATAFOR. CONTINENTAL	SC	(VII)	5,5
2008 04 23	00 00 49	-25,65	-45,29	10	PLATAFOR. CONTINENTAL	SP	(VIII)	5,2
1922 01 27	06 50 40	-22,17	-47,04	40	PINHAL	SP	VI	5,1

DATA	H ₀ (UT)	LAT,	LONG,	E(km)	LOCALIDADE	ESTADO	I ₀ MM	m _b
1972 10 24	15 36 36	-21,72	-40,53	30	PLATAFOR. CONTINENTAL	RJ	(VI)	4,8
1946 07 18	07 15	-25,1	-47,7	30	CANANEIA	SP	IV-V	4,6
1789 05 09		-25,01	-47,94		CANANEIA	SP	V-VI	4,5
1917 05 05	07 50	-21,6	-41,5	50	CAMPOS	RJ	V	4,5
1861 07 31	4	-22,6	-45,2	50	LORENA	SP	V	4,4
1974 02 03	20 20 23	-29,5	-42,54	30	PLATAFOR. CONTINENTAL	SC		4,4
1886 05 09	18 15	-22,66	-43,69	20	S.PEDRO & S.PAULO	RJ	V	4,3
1947 02 19	4	-20,72	-46,61		PASSOS	MG	V	4,2
1990 01 19	22 05 15	-19,95	-47,16	10	SACRAMENTO	MG	V	4,2
1992 04 24	03 31 31	-26,78	-45,8	10	PLATAFOR. CONTINENTAL	SC		4,2
1967 03 23	00 12 15	-23,3	-45	20	CUNHA	SP	VI-VII	4,1
2003 06 23	06 09 06	-26,44	-41,73	30	PLATAFOR. CONTINENTAL	SC		4,1
2006 01 04	22 54 37	-24,41	-50,7	20	TELÊMACO BORBA	PR	IV	4,1
2010 07 01	16 44 11	-22,45	-40,2		PLATAFOR. CONTINENTAL	RJ		4,1
1920 01 31	11 10	-21,03	-44,75	10	BOM SUCESSO	MG	VI	4
1992 04 24	00 09 30	-26,86	-45,75	10	PLATAFOR. CONTINENTAL	SC		4
1996 10 18	21 44 01	-21,04	-46,74	5	JACUÍ	MG		4
1996 10 26	20 30 17	-22,67	-40,52	30	PLATAFOR. CONTINENTAL	RJ		4
2000 11 20	09 36 33	-16,3	-47,71	10	BRASILIA	DF	V?	4

OBSERVAÇÕES: H₀, Hora de origem em Tempo Universal (UT); E(km), erro epicentral em km; I₀ MM, Intensidade máxima na escala Mercalli Modificada; Valores de intensidade e de magnitude entre parênteses foram inferidos.

O sismo de maior magnitude conhecida (m_b=6,2,) ocorreu em 01.03.1955 a 360 km do litoral, numa fonte sismogênica representada pelo Alto Vitória-Trindade, que é uma feição tectônica originada na Cadeia Meso-Atlântica. Este sismo foi sentido com intensidade V MM em Vitória, onde foram relatadas rachaduras em paredes e queda de reboco, porém sem confirmação, assim como a queda de diversos objetos sobre o criado mudo, que caíram ao solo, além do sismo ter sido sentido pela maioria da população dessa cidade. Este sismo foi sentido em várias localidades do Estado de Espírito Santo, e em algumas cidades localizadas na divisa desse estado com os estados de Rio de Janeiro e Minas Gerais. Este sismo foi registrado por estações da rede sismográfica internacional conforme publicado no catálogo do International Seismological Summary.

Assunção *et al.* (1980) estudou diversos sismos que ocorreram na região sudeste. Os principais sismos são listados em ordem cronológica a seguir:

- 09/05/1886 - São Pedro e São Paulo (RJ) localização: 22,66° S, 43,69° W:

Referido como Sismo de São Pedro e São Paulo (RJ) por Mito (1997), este evento afetou uma área de 23 mil km², com intensidade máxima epicentral de V MM e magnitude estimada de 4,3;

Efeitos deste tremor ocorrido às 15:15 estão bem relatados em inúmeros jornais da época através principalmente de telegramas emitidos pelas estações das estradas de ferro. A região de maior intensidade compreende as localidades de Aliança ("grande pânico com

portas se abrindo e fechando") Vassouras (louças e garrafas dançaram, rachaduras em um número pequeno de casas), Palmeiras (ficaram fendidas as paredes de uma casa), Freguesia de S. Pedro e S. Paulo (fez estalar os telhados, e a cruz de cimento da capela partiu-se pela base deslocando-se), Sepetiba (garrafas e outros objetos caíram de prateleiras) e Guaratiba (abertura de fendas em paredes de casas e queda de pedras das serras de Camarim e Guaratiba). O epicentro foi colocado no centro da área mais afetada, é provável que relatos de rachaduras tenham sido um pouco exagerados.

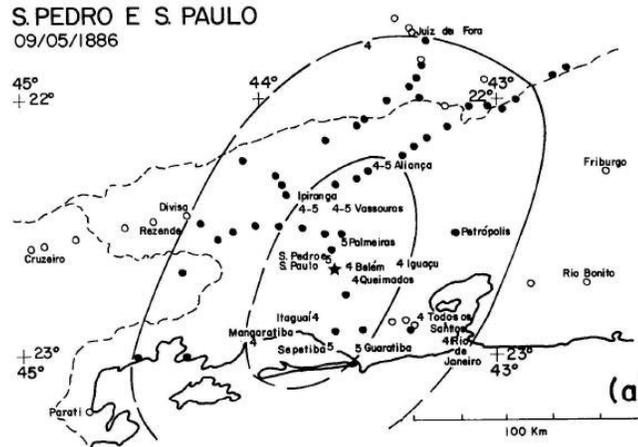


Figura 51 - Mapa de isossistas do sismo S. Pedro e São Paulo.
Fonte: Assumpção & Dias Neto, 1980.

- 18/07/1946 - Cananéia (SP): localização: 25,60° S, 47,42° W

Este tremor foi sentido no litoral Sul de São Paulo e litoral do Paraná (Figura 52) com intensidade máxima observada em Cananéia de IV a V ("população despertou alarmada por forte tremor", "nenhum dano, apenas a torre da caixa d'água sofreu algumas avarias", garrafas caíram de prateleira). As áreas afetadas da ordem de $A_f = 60.000 \text{ km}^2$ e $A_{IV} = 25.000 \text{ km}^2$ indicam $m_b = 4,4$.

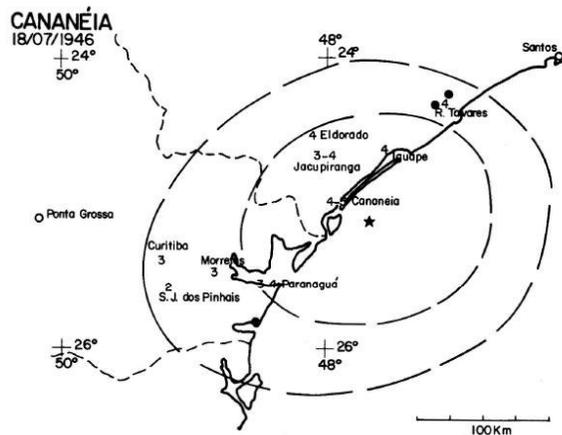


Figura 52 - Mapa de isossistas do sismo de Cananéia.
Fonte: Assumpção & Dias Neto, 1980.

- 22/03/1967 - Cunha (SP) localização: 23,3oS, 45oW:

Este sismo foi sentido na Serra do Mar desde São Sebastião até a cidade do Rio de Janeiro e também em algumas cidades do Vale do Paraíba (Figura 53). As maiores intensidades ocorreram numa faixa desde S. Luis do Paraitinga (grande parte da população correu para a rua em pânico, "rachaduras em prédio", segundo "A Tribuna", Santos, 23/03/1967; pratos de uma balança oscilaram bastante) até Angra dos Reis ("três casas sofreram pequenas rachaduras em suas paredes" segundo o "Jornal do Brasil", Rio, 23/03/1967; garrafas teriam caído de prateleiras). Cunha também foi bastante atingida com "pânico generalizado na população que saiu às ruas em correria, com vibrações dos prédios e deslocamento dos quadros em paredes ("O Estado de São Paulo", 23/03/1967). A intensidade máxima observada foi estimada em V. No entanto, um relato de que uma pessoa entre Ubatuba e S. Luis do Paraitinga teria sentido o abalo num carro em movimento, se verdadeiro, indicaria intensidade VI ou mais.

O Sismo de Cunha, como é referido por Miotto (1997), afetou uma área de 30 mil km², e teve uma magnitude estimada de 4,1 e intensidade máxima epicentral de VI-VII MM (BERROCAL *et al.*, 1996).

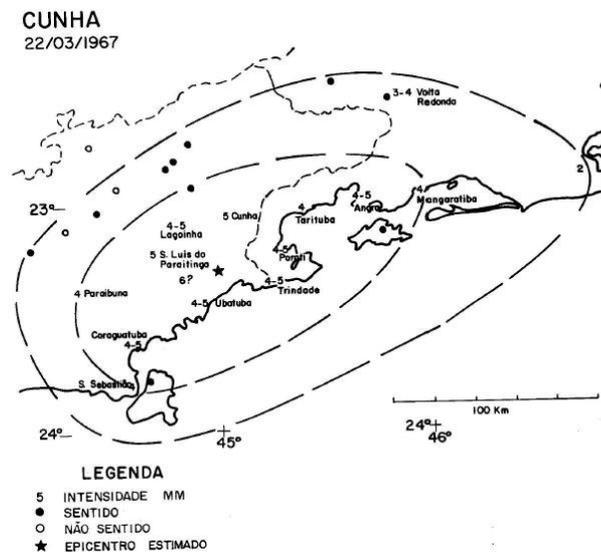


Figura 53 - Mapa de isossistas do sismo Cunha.

Fonte: Assumpção & Dias Neto, 1980.

- 24/10/1972 Campos (SP): localização: 21° 43' 12"S, 40° 31'48' W

Este sismo foi sentido desde a cidade do Rio de Janeiro até o norte de Vitória. Determinações do epicentro pelo ISC e pelo NEIS ("Natural Earthquake Information Service" do "U.S. Geological Survey") estão indicadas na Figura 54. A cidade de Campos foi uma das mais atingidas onde "latas caíram de prateleiras, objetos leves foram deslocados e chegaram a cair ao chão, panelas tremeram sobre o fogão e muitas pessoas saíram as ruas alarmadas", segundo os jornais locais "A Cidade" e "A Notícia". A intensidade em Campos foi estimada em V. É bem provável que algumas cidades do litoral como São João da Barra,

mais próximas do epicentro tenham experimentado intensidades maiores (VI), porém, poucas foram as informações conseguidas dessas localidades. Extrapolando-se as isossistas II e IV simetricamente com relação ao epicentro obtém-se $A_f = 210.000 \text{ km}^2$ e $A_{IV} = 100.000 \text{ km}^2$. A magnitude deste sismo determinada pelo ISC foi de $m_b = 4,6$. A profundidade focal seria de 15 km, valor mais aceitável para uma região intraplaca. Com esta profundidade rasa a magnitude deve ser corrigida para $m_b = 4,9$.

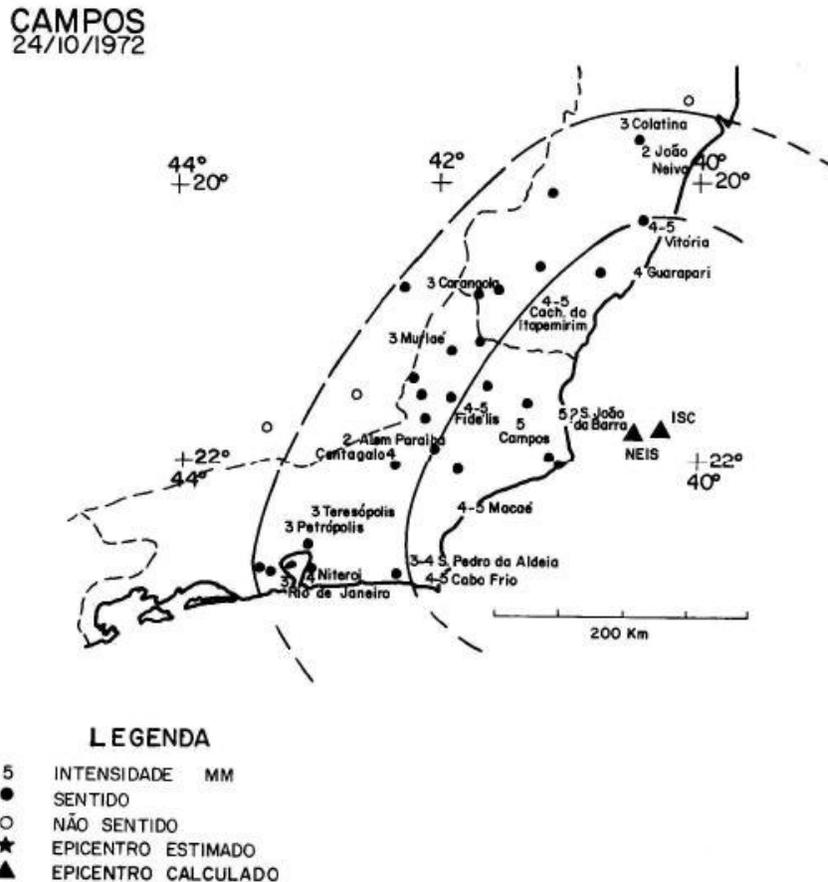


Figura 54 - Mapa de isossistas do sismo de Campos.

Fonte: Assumpção & Dias Neto, 1980.

- 16/11/1977 - Paraibuna (SP): localização $23^{\circ} 27' S$, $45^{\circ} 30' 36'' W$

A sismicidade induzida pelo reservatório de Paraibuna-Paraitinga foi descrito como tendo o maior sismo ocorrido em novembro de 1977 com $M_L = 3,4$.

Outro sismo recente EM Paraibuna SP pode ser registrado em 07/09/2009 com magnitude média 3,6, Lat.: $-23,45^{\circ}$ - Long.: $-45,51^{\circ}$.

De acordo com a Defesa Civil Estadual, em Paraibuna o tremor durou cerca de 3 segundos.

A CESP (Companhia Energética de São Paulo), responsável pela represa em Paraibuna, possui um sismógrafo que mede a frequência dos tremores e enviou os dados ao IPT.

Segundo Paulo Martini, geólogo do Inpe (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), é comum a ocorrência de tremores em Paraibuna, já que a região topográfica da cidade está numa área bem acidentada. "Os tremores são considerados frequentes, pois a represa está situada numa área de muitas fraturas geológicas". Ainda de acordo com o geólogo, quando o volume de água da represa aumenta, provoca tensão nas rochas, que causam os tremores de fraca intensidade (Informação do Banco de dados do Observatório Sismológico-UNB).

- 19/03/1978 - Barra do Turvo (SP):

Este tremor, segundo o jornal "A Tribuna", Santos, 26/03/79, acordou várias pessoas nos arredores do km 292 da BR-116 perto de Barra do Turvo. O tremor foi sentido com intensidade de IV na localidade de Rio Vermelho onde copos e garrafas vibraram. As notícias do jornal foram confirmadas e completadas com entrevistas na região, obtendo-se uma área total de percepção de 2700 km² (Figura 55). Este sismo foi registrado por estações das barragens de Paraibuna (CESP-UnB), Porto Colômbia e Marimbondo (Furnas-UnB) que forneceram uma magnitude $m = 3,6$ e epicentro a 10 km NW do epicentro macrossísmico. Como o epicentro instrumental tem incerteza de + 20 km, foi adotado o epicentro macrossísmico (24058'S, 48030'W) cujo erro provável foi estimado em erro de 10 km.



Figura 55 - Mapa a de isossistas do sismo de Barra do Turvo.
Fonte: Assumpção & Dias Neto, 1980.

- 27/03/1979 - Primeiro de Maio (PR)

A cidade de Primeiro de Maio situa-se à margem do reservatório de Capivara no rio Paranapanema, cujo enchimento foi iniciado em janeiro de 1976. Em meados de 1976 e em 1977 inúmeros tremores foram sentidos na cidade, alguns deles chegando a provocar trincas nas paredes de algumas casas. Os tremores diminuíram de intensidade e frequência, nada ocorrendo durante 1978. Em 27/03/1979 às 09:55 (hora local) um forte abalo foi

sentido na cidade e arredores provocando trincas e queda de reboco em algumas paredes, queda de objetos e pânico na população. Segundo relato de moradores da região este sismo parece ter sido o mais forte tendo a maior área de percepção. A intensidade máxima observada foi estimada em V-VI na cidade de Primeiro de Maio. Este sismo foi registrado por várias estações a distâncias de 300 a 900 km, tendo uma magnitude $m = 4,0$. Devido à grande distância das Estações, o epicentro determinado através das intensidades (Figura 56) é mais confiável que aquele determinado instrumentalmente.



Figura 56 - Mapa de isossistas do sismo de Primeiro de Maio.
Fonte: Assumpção & Dias Neto, 1980.

6.3.2.2.2 Sismicidade Próxima e Local

- 30/10/1874 - Sorocaba (SP):

Sentido em Sorocaba e vizinhanças às 09:30 fazendo com que quadros e espelhos balançassem nas paredes e objetos caíssem das prateleiras, durando 30", de acordo com o jornal "Gazeta Comercial", Sorocaba, 31/10/1874. Na Figura 57 estão mostradas as outras localidades onde o tremor foi sentido segundo o "Correio Paulista", São Paulo, 01/11/1874. Intensidade em Sorocaba foi estimada em V. A área afetada de 1700 km² indica $m_b = 3,5$ (1980).

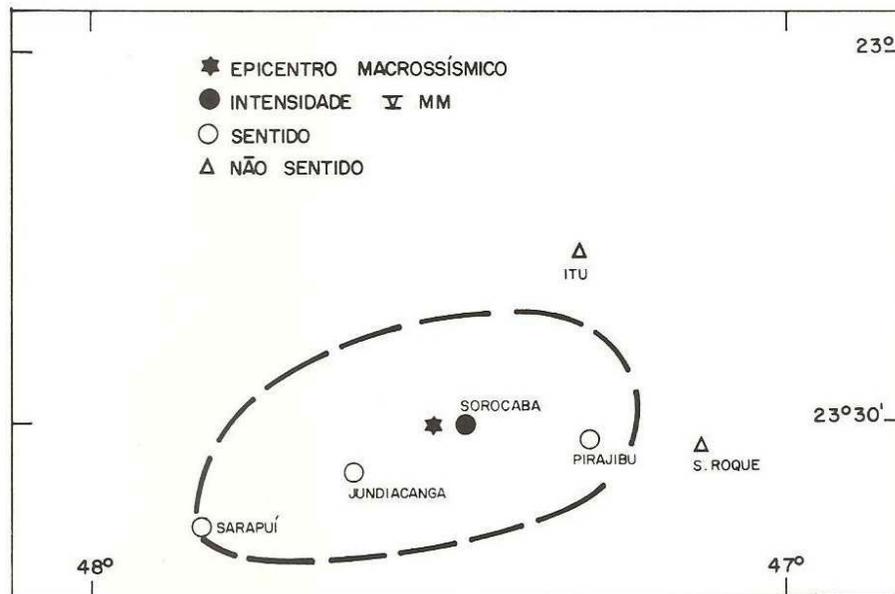


Figura 57 - Mapa de isossistas do sismo de Sorocaba ocorrido em 30.10.1874. O local do RMB está marcado com a estrela azul.

Fonte Berrocal *et al.* (1984)

- 27/01/1922 - Pinhal (SP)- Região de Mogi-Guaçu SP: localização 22° 10' 12"S, 47° 2' 24"W

Este sismo foi o maior de que se tem notícia na região sudeste registrado na área do Sudeste Brasileiro: estima-se que atingiu 5,1 pontos na escala Richter. O chamado “terremoto de São Paulo de 1922” (ASSUMPÇÃO *et al.*, 1979) teve apontado o município de Mogi Guaçu como seu epicentro. A Figura 58 mostra a distribuição das isossistas nos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Um leve abalo precursor foi sentido por algumas pessoas na noite anterior em São Paulo e Mogi Guaçu (Assumpção *et al.*, 1979). O evento principal teve uma intensidade de até VI MM, durou poucos segundos e foi sentido numa área de 250.000 km².

Mioto (1997) refere uma profundidade focal estimada de 20 km. Na área próxima, caracterizou-se intensidade VI MM através de relatos de rachaduras em paredes de imóveis em várias cidades vizinhas (ASSUMPÇÃO *et al.*, 1979) tendo uma magnitude de mb = 5,1. Foi estudado em detalhes por Assumpção *et al.* (1979).

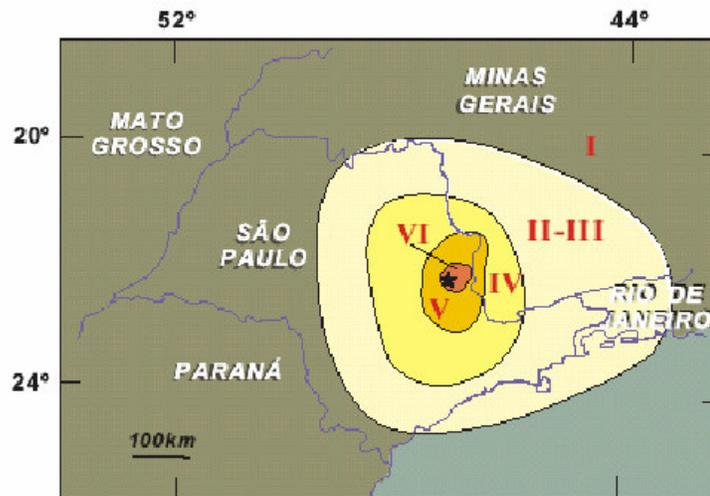


Figura 58 - Mapa de isossistas do sismo de Pinhal (SP).
Fonte: Assumpção & Dias Neto in W. Teixeira *et al*, 2000.

6.3.2.2.3 Risco Sísmico

O sismo de maior magnitude ocorrido na região de estudo corresponde ao sismo de Pinhal-SP, de 27 de janeiro de 1922, $m_b=5,1$ e intensidade máxima observada VI MM. Os sismos que provocaram máxima intensidade na região de estudo, foram o sismo de Cunha-SP, de 22 de março de 1967, que pelas informações existentes, poderia ter atingido intensidade VI-VII MM, com $m_b=4,1$.

De acordo com estes dados ocorreram 20 eventos sísmicos com magnitudes de $m_b \geq 4,1$ e destes somente 6 com $m_b \geq 5$ no intervalo 1789-2011 (Tabela 7). A Figura 59 mostra a maior concentração de sismos entre magnitude de $m_b = 2$ a $m_b = 3$, demonstrando na Tabela 16 que totalizaram 329 eventos.

Tabela 16 - Quantidade de sismos ocorrido na área de interesse.

Magnitude do Sismo	Quantidade de Sismos até 2011
MB = 0 – MB = 2	86
MB = 2,1 – MB=3	329
MB = 3,1 – MB = 4	120
MB = 4,1 – MB = 5	14
MB = 5,1 – MB = 6	6

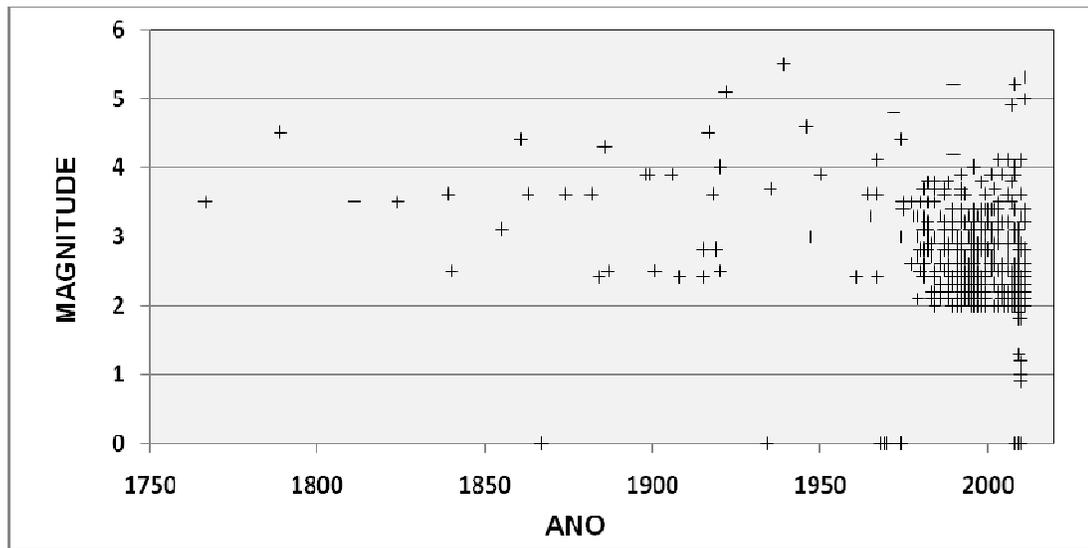


Figura 59 - Distribuição dos eventos sísmicos ocorridos nos anos de 1789- 2011.

Fonte: Dados do Boletim Sísmico Brasileiro.

O nível de atividade sísmica da região Sudeste e regiões vizinhas, que abrange a região de interesse é representativo da sismicidade do território brasileiro, ou seja, a maior parte de sismos de magnitude menor que $m_b=5,0$ e com intensidades observadas menores que VII MM.

Os estudos anteriores de risco sísmico do Sudeste brasileiro foram desenvolvidos por Berrocal *et al.* (1996), considerando magnitudes superiores a 3,0 graus e eventos entre as coordenadas 15 - 28S e 35 - 52W, com epicentros no embasamento cristalino.

Os intervalos de recorrência para sismos (Figura 60) conhecidos foram:

- Um sismo similar ao evento de Cunha, de 1967, pode ocorrer a cada 17 anos, e um sismo com magnitude igual ou maior do que 4,1 podem ser esperados a cada seis anos;
- Similarmente, um evento da magnitude do que ocorreu em Pinhal, em 1922, pode ocorrer uma vez a cada duzentos anos, mas eventos com magnitude igual ou maior do que 5,1 podem ocorrer a cada 60 anos aproximadamente.

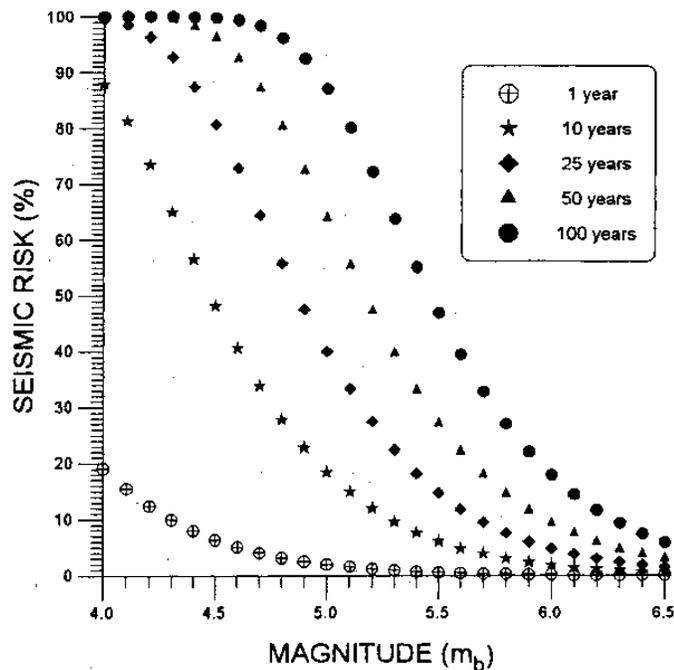


Figura 60 - Risco sísmico na Província Sismotectônica do Embasamento Pré-Cambriano para valores cumulativos de magnitude e intervalos de tempo de 1 a 100 anos

Fonte: BERROCAL *et al.*, 1996.

6.3.2.2.4 Ameaça Sísmica para o Local de Interesse

A partir do estudo técnico realizado pela Berrocal & Associados – Soluções e Inovações Geofísicas Ltda., encomendado pela empresa projetista do RMB (Intertechné) para a área de interesse onde será instalado o Reator Multipropósito Brasileiro (RMB), nas proximidades de Iperó, SP e nas características da sismicidade dessa região, utilizando a distribuição epicentral dos sismos ocorridos nessa região, no intervalo 1767 – 2011, foi definida a fonte sismogênica, denominada Província Sismotectônica do Sudeste (PSS).

Segundo o estudo, a fonte sismogênica PSS foi utilizada para determinar a probabilidade do nível máximo de vibrações sísmicas, em termos da aceleração horizontal do terreno, ser excedido. Esses parâmetros definem a ameaça sísmica num determinado local, referidos a um terreno constituído por rocha de embasamento cristalino ou por sedimentos competentes, bem consolidados.

O estudo técnico abordou diversas análises tais como: Geometria e Localização das Fontes Sísmicas; O sismo de Magnitude Máxima; O intervalo de Recorrência Sísmica; Relações de Atenuação da Energia Sísmica.

Após as análises anteriores citadas pode ser estimada a aceleração horizontal máxima é de 0,0497 g com uma probabilidade anual de $1,00 \times 10^{-4}$ (ou 1/10.000) de ser ultrapassada. Esse resultado é compatível com os valores obtidos por Berrocal *et al.* (2010) para a região sul-sudeste do Brasil.

6.3.3 PEDOLOGIA

Na área de influência são encontradas as seguintes classes de solo: Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Neossolos, Nitossolos e Planossolos. Descritos a seguir conforme Embrapa (2009) - Mapa 13.

6.3.3.1 Pedologia da Área de Influência

6.3.3.1.1 Argissolos

Os solos desta classe têm como principal característica um aumento na quantidade de argila do horizonte A para o horizonte B textural, geralmente acompanhado de boa diferenciação também de cores e outras características. As cores do horizonte Bt variam de acinzentadas a avermelhadas e as do horizonte A, são sempre mais escuras. A profundidade dos solos é variável, mas em geral são pouco profundos.

6.3.3.1.2 Latossolos

Em geral são solos muito intemperizados, profundos e de boa drenagem. Caracterizam-se por grande homogeneidade de características ao longo do perfil, mineralogia da fração argila predominantemente caulínica ou caulínica – oxidada, que se reflete em valores de relação Ki baixos, inferiores a 2,2, e praticamente ausência de minerais primários de fácil intemperização.

6.3.3.1.3 Cambissolo

São solos que apresentam grande variação no tocante a profundidade, ocorrendo desde rasos a profundos, além de apresentarem grande variabilidade também em relação às demais características. A drenagem varia de acentuada a imperfeita e podem apresentar qualquer tipo de horizonte A sobre um horizonte B incipiente, também de cores diversas. Muitas vezes não pedregosos, cascalhentos e mesmo rochosos.

6.3.3.1.4 Neossolo

Solos constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso (menos de 30 cm de espessura), sem apresentar qualquer tipo de horizonte B diagnóstico e satisfazendo os seguintes requisitos:

- Ausência de horizonte glei, exceto no caso de solos com textura areia ou areia franca, dentro de 50 cm da superfície do solo, ou entre 50 cm e 120 cm de profundidade, se os horizontes subjacentes apresentarem mosqueados de redução em quantidade abundante;
- Ausência de horizonte vértico imediatamente abaixo de horizonte A;

- Ausência de horizonte plântico dentro de 40 cm, ou dentro de 200 cm da superfície se imediatamente abaixo de horizontes A, E ou precedidos de horizontes de coloração pálida, variegada ou com mosqueados em quantidade abundante;
- Ausência de horizonte A chernozêmico conjugado a horizonte cálcico ou horizonte C carbonático.

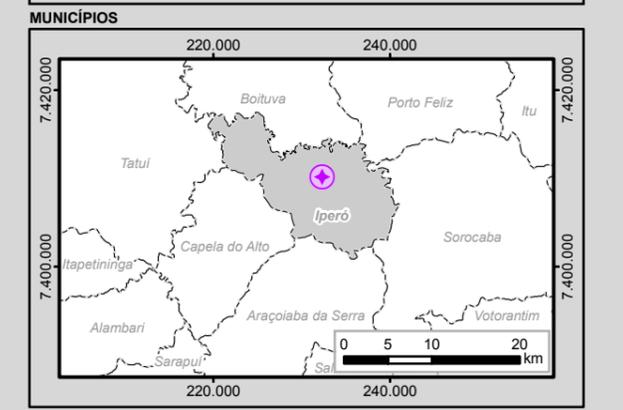
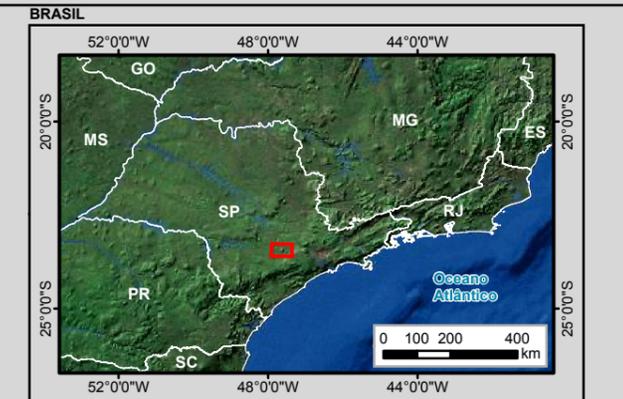
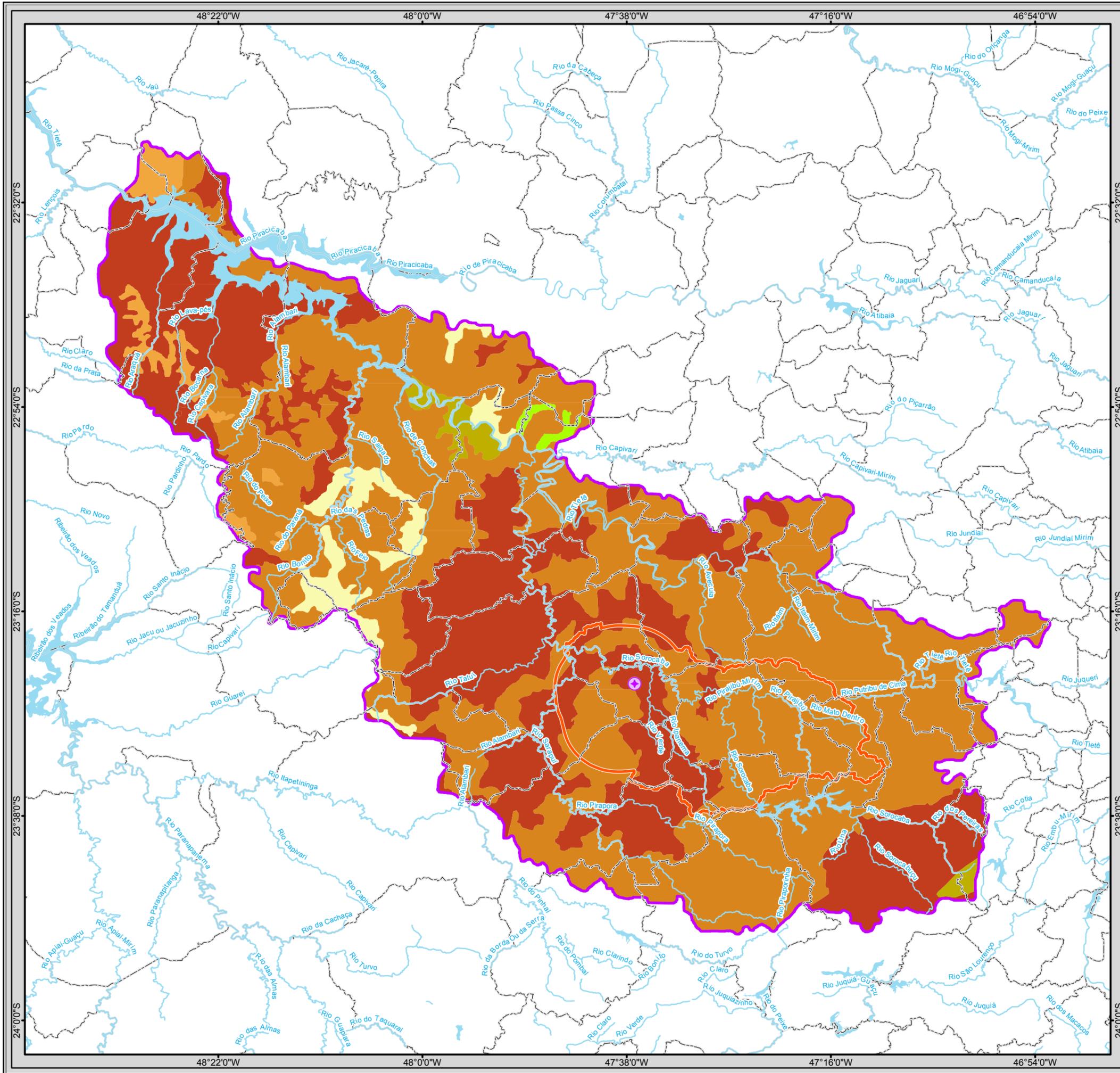
6.3.3.1.5 Nitossolo

Esta classe de solo se caracteriza pela presença de um horizonte B nítico, que é um horizonte subsuperficial com moderado a forte desenvolvimento estrutural do tipo prismas ou blocos com cerosidade. Possui textura argilosa ou muito argilosa e a diferença textural é inexpressiva. São em geral moderadamente ácidos a ácidos com saturação por bases baixa a alta, com composição caulínítico-oxídica, em sua maioria com argila de baixa atividade, u com atividade alta (>20cmolc.kg-1) associado a caráter alumínico.

6.3.3.1.6 Planossolo

Compreendem solos minerais, imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado e geralmente com acentuada concentração de argila, com permeabilidade lenta a muito lenta, constituindo por vezes um horizonte “pã”, que é responsável pela detenção do lençol d’água sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano. Podem apresentar qualquer tipo de horizonte A, horizonte E, nem sempre E alábico, seguidos de horizonte B plânico, tendo sequência de horizontes A, AB ou A, E (álábico ou não) ou Eg, seguidos de Bt, Btg, Btm ou Btmg.

São caracterizados por uma mudança textura abrupta entre o horizonte ou horizontes superficiais (A e/ou E) e o subsuperficial (plânico). São imperfeitamente ou mal drenados e a fertilidade natural é variável. Além da textura, outras características como estrutura, porosidade, permeabilidade e muitas vezes cores, são também bastante contrastantes entre o A e/ou E e o B.



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Curso d'água
- Massa d'água
- Limite Municipal
- Município de Iperó

Áreas de Influência dos Meio Físico

- Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Flona de Ipanema)
- Área de Influência Indireta (Bacia Hidrográfica Sorocaba / Médio Tietê)

Pedologia

- Argissolos
- Cambissolos
- Latossolo
- Neossolos
- Nitossolos
- Planossolo

Articulação das Folhas 1:50.000

48°00'W	47°15'0"W
SF-23-Y-C- I-1	SF-23-Y-C- I-2
SF-23-Y-C- I-3	SF-23-Y-C- I-4
48°00' W	47°15'0"W

Escala numérica em impressão A3
 1:750.000
 Sistema de Coordenadas Geográficas
 Datum Horizontal SIRGAS 2000

CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
Mapa 13 – Pedologia da Área de Influência Indireta do Meio Físico

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico	Data: Maio/2013
MRS	Fonte:
Estudos Ambientais	Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010); Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009); Solos: Atlas Sociambiental - Umretrato das Bacias dos Rios Sorocaba e Médio Tietê (2009).

6.3.3.2 Pedologia da Área Diretamente Afetada

A definição do mapa pedológico em escala de detalhe-1.7.000 (Figura 61) foi fundamentada principalmente em critérios descritivos e principalmente levando em consideração aspectos diagnósticos como: espessura, textura, estruturação, granulometria, divisão de horizontes, pegajosidade, cerosidade e índice de cor (MUNSELL, 2009). Para a diferenciação dos diferentes tipos de *Pedum*, foram determinadas características que permitissem a classificação até o segundo, terceiro e quarto nível categórico (SBCS, 2006).

6.3.3.2.1 Latossolo Vermelho Típico

Essa unidade de mapeamento é a que apresenta a maior distribuição areal, cerca de 2,35 Km², sendo cartografadas em 49 pontos (RMB 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66,69 e 70). Geomorfologicamente representam imensos Platôs situados em regiões de relevo plano nas cotas mais elevadas (565-600m) da poligonal definida para a construção do empreendimento.

Os locais de exposição foram observados em planta e também em perfil, possibilitando a visualização, divisão, descrição e classificação dos horizontes formadores e diagnósticos desse tipo de solo (Figura 62). Os horizontes foram divididos conforme as especificações abaixo. A exigência de análises químicas impossibilitou a classificação dessa variedade além do terceiro nível categórico.

6.3.3.2.1.1 Horizonte A

Ocorre em nível mais superficial (~0,25 m), classificado como antrópico devido às extensas áreas em que ocorre cultivo de plantios e intensa mecanização. As características primordiais observadas são: ocorrência de matéria orgânica em nível reduzido; bioturbação em grau moderado; textura arenosa; estruturação fraca; índice de cor 10YR 5/2.

6.3.3.2.1.2 Horizonte B

Caracterizado por apresentar o horizonte subsuperficial diagnóstico-Bw com espessura significativa (~2,25m), textura predominantemente silto-arenosa com conteúdo reduzido de argila, estruturação definida como granular forte e grumosa moderada, bioturbação fraca e índice de cor 5YR 7/8.

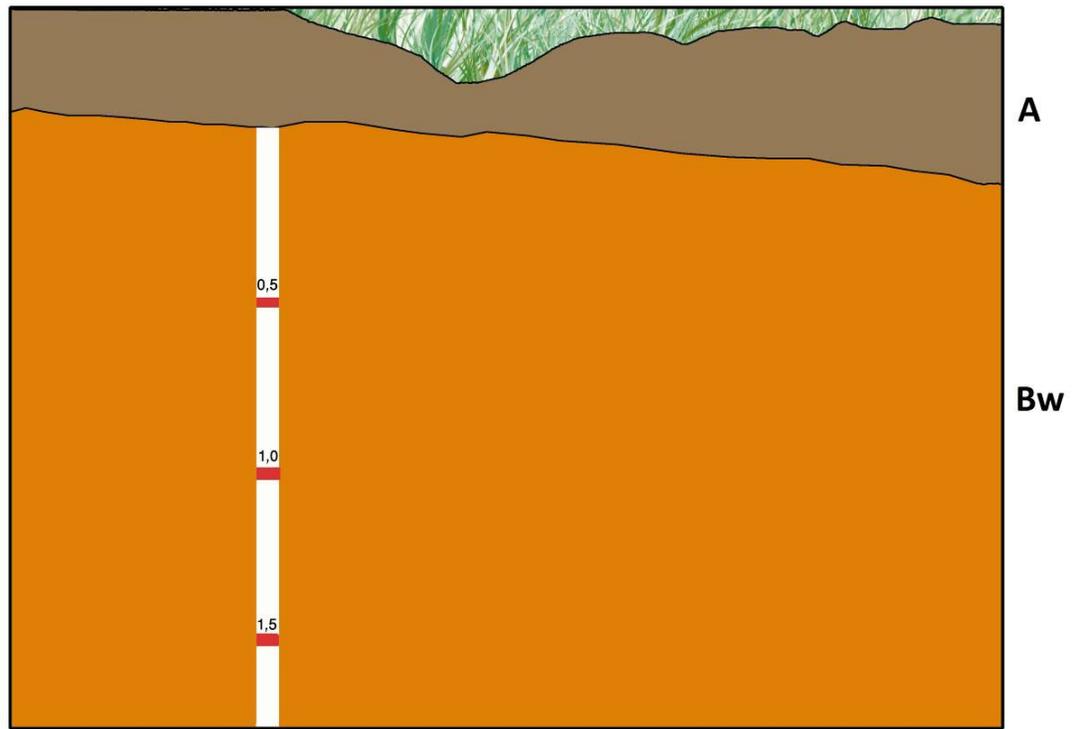


Figura 61 - Desenho esquemático ilustrando a divisão de horizontes propostos.



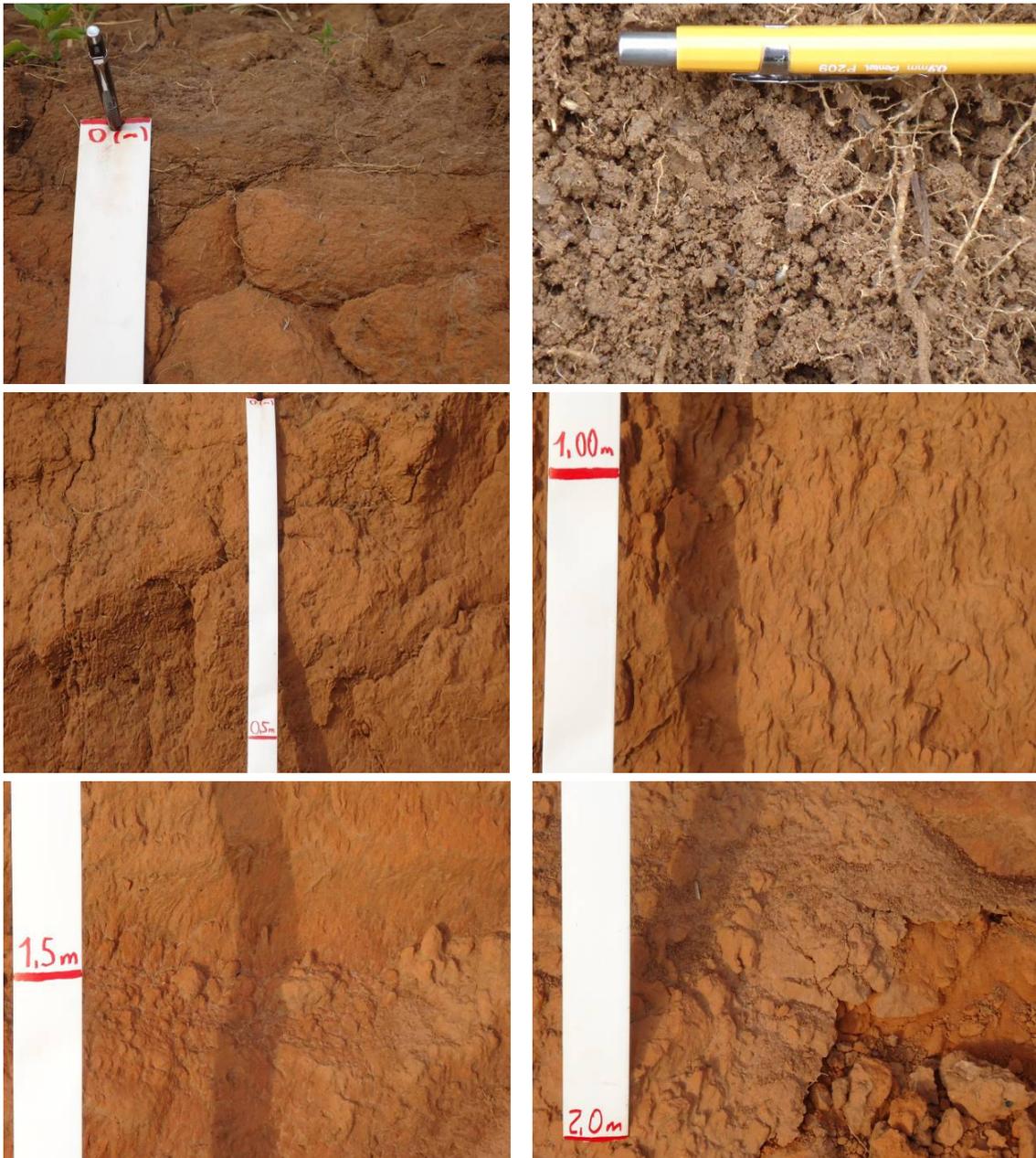


Figura 62 - Fotografias ilustrativas das características descritivas do latossolo mapeado, mostrando as subdivisões ao longo um dos perfis descrito (ponto RMB 25).

6.3.3.2.2 Associação Podzólica

6.3.3.2.2.1 Argissolo Acinzentado Coeso Típico

Essa variedade de solo foi cartografada em 11 pontos (RMB 4, 5, 6, 15, 19, 29, 37, 39, 40, 41 e 71) com distribuição espacial de cerca de 0,507 Km². Geomorfologicamente associa-se a regiões de pequenos vales com relevo suave a moderadamente ondulado, com inclinação moderada a forte e situado nas cotas mais baixas (540-545m) da poligonal definida para a

construção do empreendimento. Os locais de exposição foram observados em planta e também em perfil, possibilitando a visualização, divisão, descrição e classificação dos horizontes formadores e diagnósticos dessa unidade pedológica (Figura 63). Os horizontes foram divididos conforme as especificações abaixo.

Horizonte A

Definido como hístico devido à espessura bem desenvolvida (~0,5m) e principalmente elevado conteúdo de matéria orgânica (folhas e galhos). A atividade por bioturbação observada é intensa sendo a ocorrência de raízes de pequeno, médio e até grande porte comum. O grau de pegajosidade é moderado, a textura definida como argilo-siltosa, estruturação granular variando de fraca a moderada e grumosa não observada. Esse horizonte superficial apresenta índice de cor definido como: 7,5YR 4/3.

Horizonte B

Esse horizonte diagnóstico apresenta espessura significativa (0,75m) variando no intervalo de 0,5-1,25m, sendo definido como Bt devido ao elevado incremento em argila observado, provavelmente relacionado à atividade de argilas expansivas de estrutura 2:1- Grupo da Esmectita. As características complementares são: cerosidade intensa, reduzida pedregosidade, pegajosidade em grau elevado, estruturação bem marcada definida por ser granular moderada e grumosa fraca, além de fraca bioturbação e índice de cor 7,5YR 3/4.

Horizonte D

Caracterizado por apresentar-se intensamente alterado (grau elevado de saprolitização), com coloração escura devido ao intemperismo químico (oxidação), porém, ainda com domínios de maior coesão possibilitando a observação da rocha sã e conseqüentemente a granulometria do litotipo, definida na fração silte. As estruturas desenvolvidas são principalmente as primárias (sedimentares), sendo observado primordialmente o acamamento sedimentar-So, mas também em menor frequência, as estruturas secundárias (tectônicas) Fraturas/Juntas de Alívio, relacionadas ao domínio rúptil da deformação e desenvolvidas como resultado do alívio de *stress*.

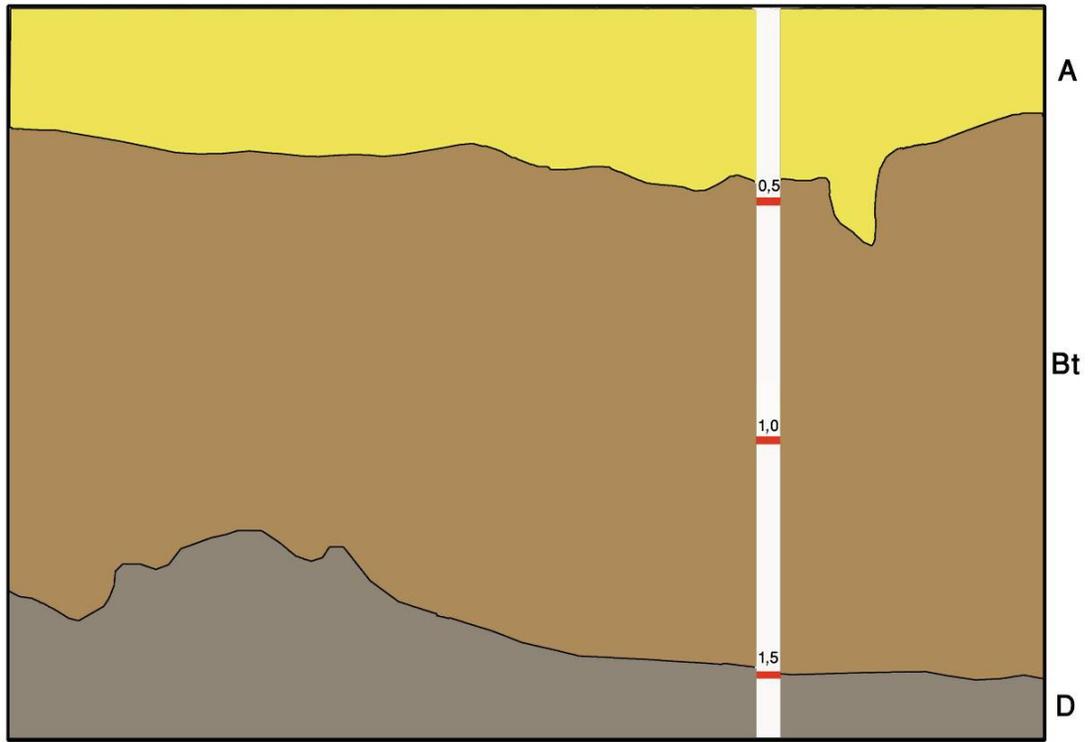


Figura 63 - Desenho esquemático ilustrando a divisão de horizontes propostos.





Figura 64- Fotografias ilustrativas em que se observa as características morfológicas bem como as subdivisões dos horizontes descritos (ponto RMB 29).

6.3.3.2.3 Organossolo Fólico Fíbrico Típico

Essa variedade de solo foi identificada em 6 pontos (RMB 14, 16, 17,18 e 68), com distribuição espacial de cerca de 0,08 Km². Geomorfologicamente associa-se a regiões próximas a pequenos vales, com relevo levemente ondulado, inclinação fraca e situado nas cotas próximas as inferiores (550-560m) da poligonal definida para a construção do empreendimento. Os locais de exposição foram observados apenas em planta, dificultando a análise. A visualização, divisão, descrição e classificação dos horizontes formadores e

diagnósticos dessa unidade pedológica foram limitadas, restringindo-se ao horizonte superficial A (Figura 65).

6.3.3.2.3.1 Horizonte A

Definido por apresentar concentração muito alta de matéria orgânica e serrapilheira, sendo observado também forte caráter hidromórfico. Em relação às demais características diagnósticas, pode-se citar maior conteúdo de silte em relação à argila, definindo textura argilo-siltosa, bioturbação moderada, índice de cor 10YR3/2, estruturação granular forte e grumosa fraca. A ocorrência de diferentes tipos de matéria orgânica em estágios distintos de decomposição sugere baixa disponibilidade de oxigênio, favorecendo a atividade por organismos anaeróbicos, fato esse que dificulta o desenvolvimento pedogenético e conseqüentemente impossibilita a diferenciação entre os horizontes, superficial (A) e subsuperficial (B).

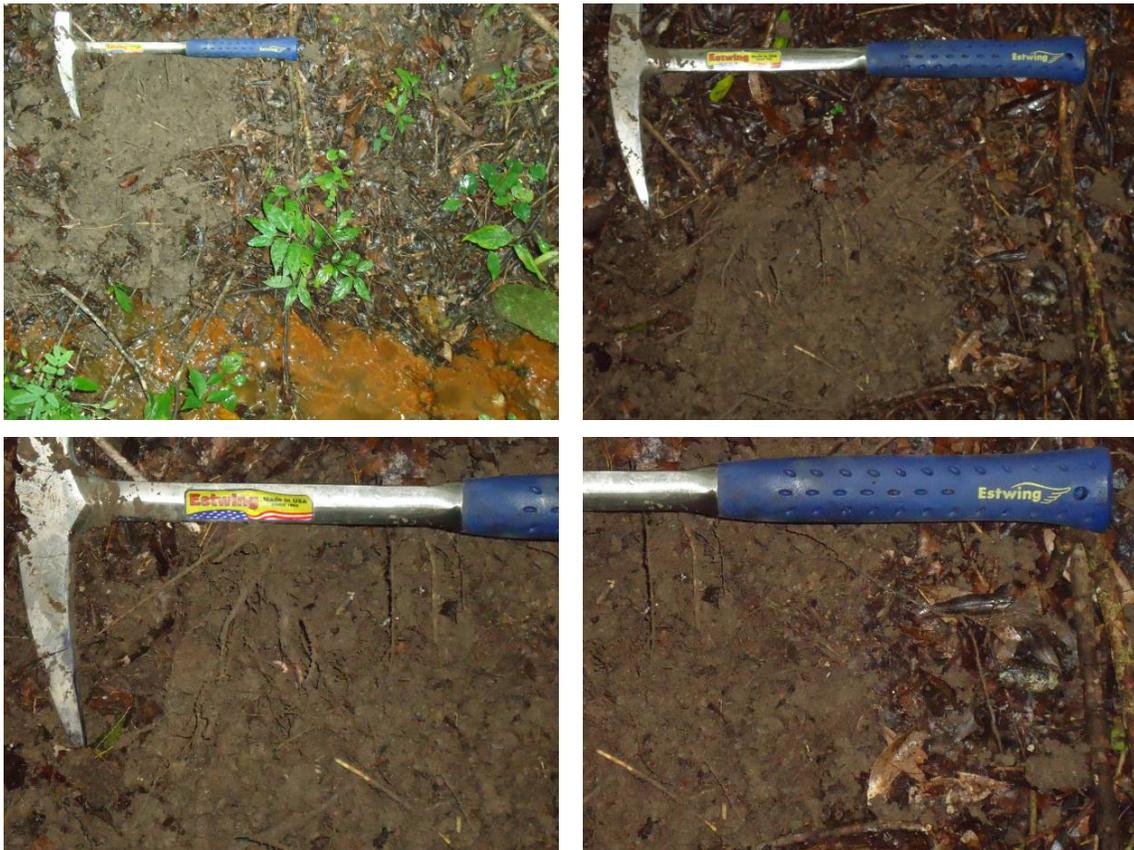




Figura 65 - Fotografias evidenciando as características diagnósticas do horizonte superficial A, observado em planta (pontos RMB 18 e 68).

6.3.3.2.4 Gleissolo Melânico

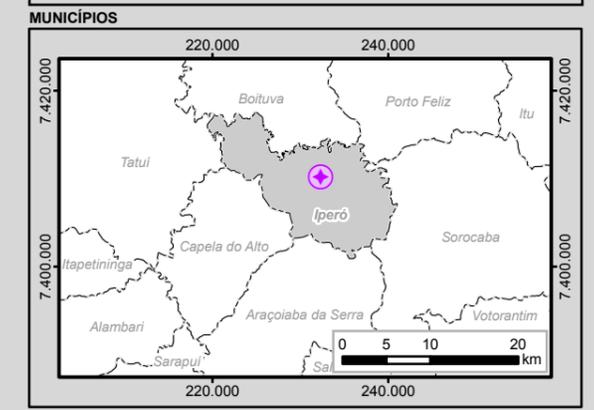
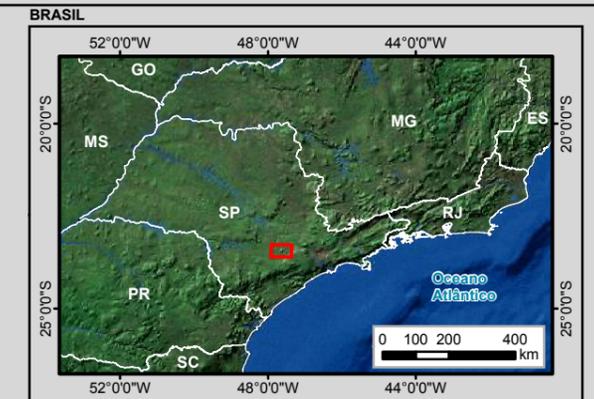
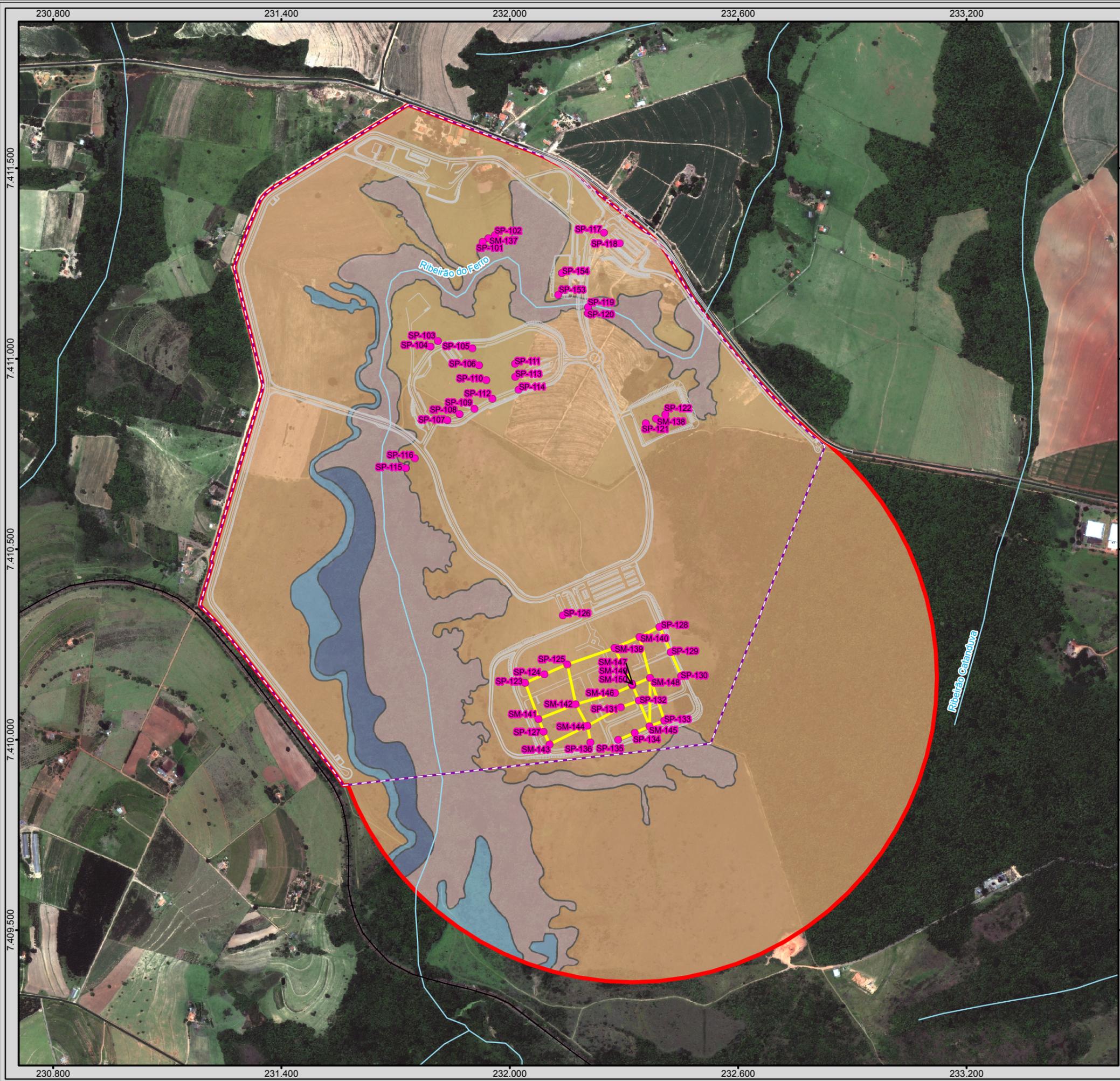
Foi cartografado em 5 pontos (RMB 13,20, 21, 27,28 e 67), com distribuição espacial de cerca de 0,082 Km². Geomorfologicamente associa-se a regiões de encostas de depressões suaves com relevo moderadamente ondulado, com inclinação moderada e situado em cotas medianas (555-565m). Os locais de exposição foram observados exclusivamente em planta, dificultando a visualização, divisão, descrição e classificação dos horizontes formadores e diagnósticos dessa unidade pedológica (Figura 66), sendo definido apenas o nível superficial. A exigência de análises químicas impossibilitou a classificação dessa variedade além do segundo nível categórico.

6.3.3.2.4.1 Horizonte A

Caracterizado por apresentar elevada deficiência em drenagem, resultando em forte caráter hidromórfico constantemente ao longo de diferentes estações do ano. As características diagnósticas envolvem desde tonalidades em tons de cinza forte, concentração moderada de matéria orgânica, textura silto-argilosa, bioturbação moderada, pegajosidade acentuada, estruturação não observada e índice de cor 10YR 3/1.



Figura 66 - Fotografias ilustrando a deficiência em dreno e conteúdo de matéria orgânica do gleissolo descrito em planta(ponto RMB 13).



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Planta
- Curso d'água
- Limite Municipal
- Município de Iperó
- Área Diretamente Afetada
- Sondagens
- Seções geológicas integradas com a malha de sonda

Sistema Viário

- Ferrovias Existentes
- Rodovias Municipais
- Pavimentada
- Não Pavimentada

Unidades Pedológicas

- Latossolo Vermelho Típico
- Argissolo Acinzentado Coeso Típico
- Gleissolo Melânico
- Organossolo Fólico Fibrício Típico

Articulação das Folhas 1:50.000

48°0'0"W	47°15'0"W
SF-23-Y-C- I-1	SF-23-Y-C- I-2
SF-23-Y-C- I-3	SF-23-Y-C- I-4
48°0'0"W	47°15'0"W

23°0'0"S, 23°30'0"S, 48°0'0"W, 47°15'0"W

0 50 100 200 m

1:10.000
Escala numérica em impressão A3
Projeção UTM
Datum Horizontal SIRGAS 2000
Zona 23 K

CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
Mapa 14 – Pedologia da Área Diretamente Afetada

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico
MRS
Estudos Ambientais

Data: Maio/2013

Fonte:
Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010);
Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009,
Lote 2 (IBGE, 2009); Imagem Orbital WorldView 2, Composição das Bandas
R3, G2, B1, Resolução Espacial 0,5 m, Data da Passagem: 21/12/2011;
Pedologia: Mapeamento detalhado em campo, Escala 1:7.000.

6.3.4 HIDROLOGIA

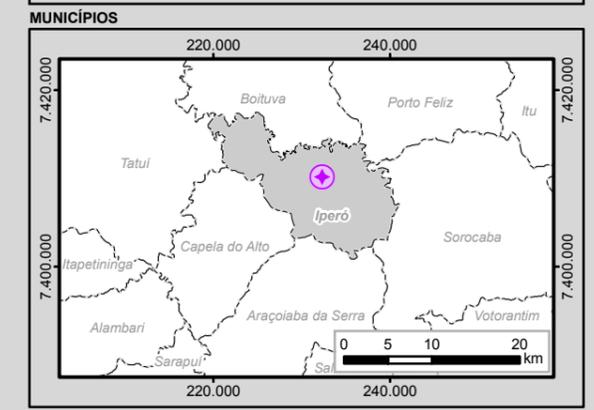
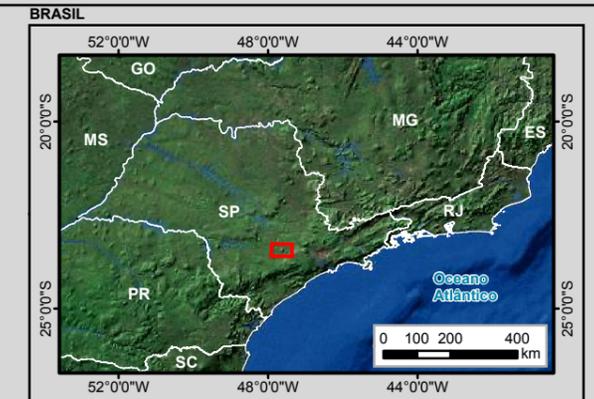
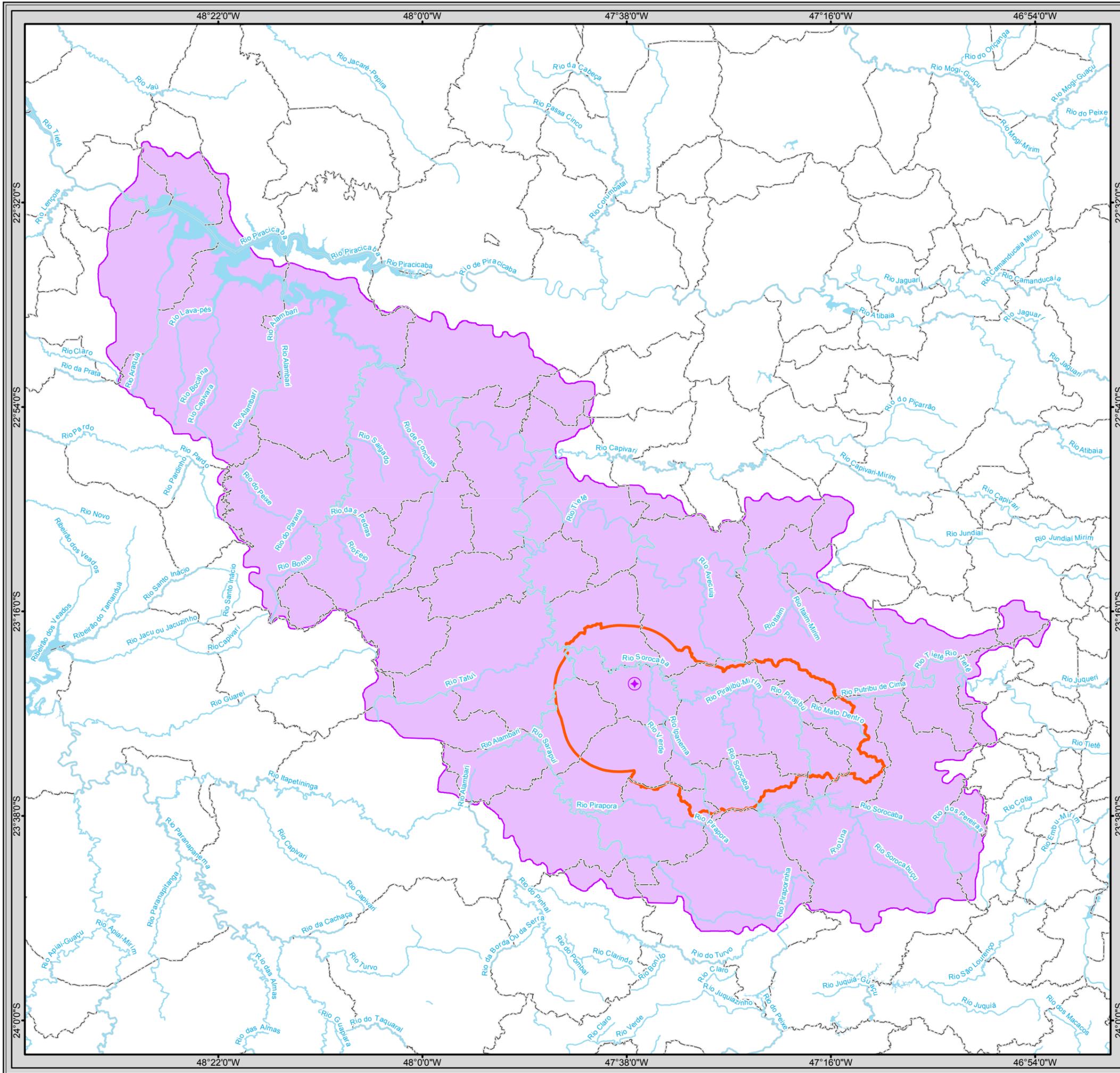
6.3.4.1 Hidrologia de Superfície

Para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos, o princípio fundamental é a adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial básica, conforme rege a Lei nº 9.433/1997. As bacias hidrográficas do estado de São Paulo pertencem à Bacia Hidrográfica do Rio Paraná ou às bacias do Atlântico Sul-Leste e Atlântico Sudeste, conforme divisão hidrográfica adotada pelo IBGE e pela Agência Nacional de Águas (ANA).

No estado de São Paulo, o “Primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos - 1990” propôs a divisão em 21 unidades de gerenciamento. Posteriormente, essa proposta de divisão hidrográfica foi reavaliada, houve sugestões e alterações, que culminaram na atual divisão hidrográfica do estado, que contém 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs). As UGRHIs constituem unidades territoriais “com dimensões e características que permitam e justifiquem o gerenciamento descentralizado dos recursos hídricos” (art.20 da Lei Estadual 7663 de 30/12/1991) e, em geral, são formadas por partes de bacias hidrográficas ou por um conjunto delas.

A Área de Influência Indireta (AII) do RMB abrange a Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba, que se insere na UGRHI 10 – Sorocaba /Médio Tietê. A UGRHI 10 abrange 34 municípios, dos quais 18 se encontram na bacia do rio Sorocaba.

A Área de Influência Direta (AID) compreende a Sub-bacia do Médio Sorocaba, incluindo a Flona de Ipanema e zona de amortecimento. O rio Sorocaba passa dentro dos limites da AID, e três de seus afluentes da margem esquerda estão inseridos na Área Diretamente Afetada (ADA): o Ribeirão do Ferro, Ribeirão Catanduva e o rio Ipanema (Mapa 15).



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Curso d'água
- Massa d'água
- Limite Municipal
- Município de Iperó

Áreas de Influência dos Meios Físico e Biótico

- Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Flona de Ipanema)
- Área de Influência Indireta (Bacia Hidrográfica Sorocaba / Médio Tietê)

Articulação das Folhas 1:50.000

48°00'W	47°15'0\"/>
---------	-------------

Escala numérica em impressão A3
 Sistema de Coordenadas Geográficas
 Datum Horizontal SIRGAS 2000

CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
Mapa 15 – Hidrografia da Área de Influência Indireta do Meio Físico

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico MRS Estudos Ambientais	Data: Maio/2013 Fonte: Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010); Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009);
---------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6.3.4.1.1 Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba - All

O rio Sorocaba nasce nas vertentes da Serra de Paranapiacaba, nos limites municipais de Ibiúna, Cotia, Vargem Grande Paulista e São Roque. O rio desenvolve-se em sentido SE para NW, e deságua no rio Tietê, ao qual é o principal afluente da margem esquerda. Possui 180 km de extensão em linha reta e 227 km, considerando o leito em seu trajeto natural. Sua vazão regulada é de 13 m³/s. Seus principais tributários são os rios Sarapuí, Pirapora, Ipanema, Tatuí e Pirajibú.

6.3.4.1.1.1 Dados Hidrológicos da Bacia do Rio Sorocaba

A forma superficial da bacia hidrográfica é importante devido ao tempo de concentração a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua na seção em estudo, ou seja, estima o tempo que leva a água percorrendo desde os limites da bacia até chegar à saída da mesma. Para o cálculo da forma superficial da bacia foram utilizados os parâmetros de Coeficiente de Compacidade (Kc) e de Fator de Forma (Kf).

O Coeficiente de Compacidade (Kc) é um valor adimensional definido pela relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. A tendência à enchente de uma bacia será tanto maior quanto mais próximo da unidade for este coeficiente. A bacia do rio Sorocaba possui uma área total estimada em 5.269 km² e perímetro em torno de 388 km. Esses parâmetros aplicados na fórmula: $Kc = 0,28 P / (A)^{0,5}$, darão como resultado um Coeficiente de Compacidade $Kc = 1,50$. Isso significa que a bacia do rio Sorocaba não é muito sujeita a enchentes.

O Fator de Forma (Kf) representa a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia, na fórmula: $Kf = A / (L)^2$. Mede-se o comprimento da bacia (L) seguindo o curso d'água mais longo desde a desembocadura até a cabeceira mais distante na bacia. A largura média (Lm) é obtida quando se divide a área pelo comprimento da bacia. Aplicando à fórmula os valores de comprimento da bacia igual a 227 km e área de drenagem de 5.269 km², obtém-se o valor do Fator de Forma $Kf = 0,10$. Esse valor demonstra que a bacia não é sujeita a enchentes, pois um Kf reduzido representa forma da bacia estreita e longa.

O sistema de drenagem de uma bacia é constituído pelo rio principal e seus tributários, o estudo das ramificações e do desenvolvimento do sistema é importante, pois indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. O índice denominado Densidade de Drenagem (Dd) expressa a relação entre o comprimento total dos cursos d'água da bacia e a sua área total. Seus valores podem variar entre 0,5 km/km² para as bacias de drenagem pobre; e 3,5 km/km² ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas. A bacia do rio Sorocaba apresenta o comprimento total dos cursos de água aproximadamente igual a 3.500 km e possui Densidade de Drenagem (Dd) igual a 0,66 km/km², o que a classifica como sendo pobremente/medianamente drenada.

A declividade dos terrenos controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais

que constituem a rede de drenagem das bacias. A magnitude dos picos de enchente e a maior ou a menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia. A bacia do rio Sorocaba possui declividade média de 0,0028 m/m ou 0,28%. Isso demonstra que possui baixa velocidade de escoamento; resultando em reduzida probabilidade de picos de enchentes.

6.3.4.1.1.2 Composição Física, Físico-Química e Biológica

A CETESB avalia a qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo por meio de duas redes de monitoramento, a de águas doces que foi iniciada em 1974 e a de águas salinas e salobras iniciada em 2010. Os principais objetivos desse monitoramento são (CETESB, 2011):

- Fazer um diagnóstico da qualidade das águas superficiais do Estado avaliando sua conformidade com a legislação ambiental;
- Avaliar a evolução temporal da qualidade das águas superficiais do Estado;
- Identificar áreas prioritárias para o controle da poluição das águas, como trechos de rios e estuários onde a qualidade de água possa estar mais degradada, possibilitando ações preventivas e corretivas da CETESB e de outros órgãos;
- Subsidiar o diagnóstico e controle da qualidade das águas doces utilizadas para o abastecimento público, verificando se suas características são compatíveis com o tratamento existente, bem como para os múltiplos usos;
- Dar subsídio técnico para a execução dos Planos de Bacia e Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos, para a cobrança do uso da água e para o estudo do enquadramento dos corpos hídricos;
- Fornecer subsídios para a implementação da Política Nacional de Saneamento Básico (Lei 11.445/2007).

O programa de monitoramento de águas doces da CETESB é formado por 4 redes de monitoramento, que permitem um diagnóstico da qualidade das águas, visando seus múltiplos usos. Para este estudo, foram utilizados os dados da Rede Básica, que tem como objetivo fornecer um diagnóstico geral dos recursos hídricos no Estado de São Paulo. A Rede Básica iniciou a sua operação em 1974, é composta por 354 pontos que são monitorados bimestralmente. No rio Sorocaba existem 6 pontos de monitoramento, conforme apresenta o Quadro 5 e Figura 67.

Quadro 5 - Descrição dos pontos de amostragem das redes de monitoramento 2011 – Rio Sorocaba.

Cód. CETESB	Tipo	Local de Amostragem	Lat. S	Long. W	Município
SORO 02050	Rede Básica	Ponte Benito Sevilha, próximo à Prefeitura de Votorantim	23° 32' 24"	47° 26' 43"	Votorantim
SORO 02100	Rede	Ponte Pinga-Pinga, na Av.	23° 28' 36"	47° 26' 29"	Sorocaba

Cód. CETESB	Tipo	Local de Amostragem	Lat. S	Long. W	Município
	Básica	Marginal, na cidade de Sorocaba			
SORO 02200	Rede Básica	Ponte na estrada municipal que liga Sorocaba à rodovia Castelo Branco, em Itavuvu	23° 24' 30"	47° 28' 48"	
SORO 02500	Rede Básica	Ponte no Bairro de Americana Velha, em Tatuí	23° 19' 09"	47° 46' 44"	Tatuí
SORO 02700	Rede Básica	Na ponte à montante da captação do Município de Cerquillo	23° 10' 21"	47° 47' 47"	Cerquillo
SORO 02900	Rede Básica	Ponte na estrada que liga Laranjal Paulista à localidade de Entre Rios	23° 01' 22"	47° 49' 11"	Laranjal Paulista

Fonte: CETESB, 2011.

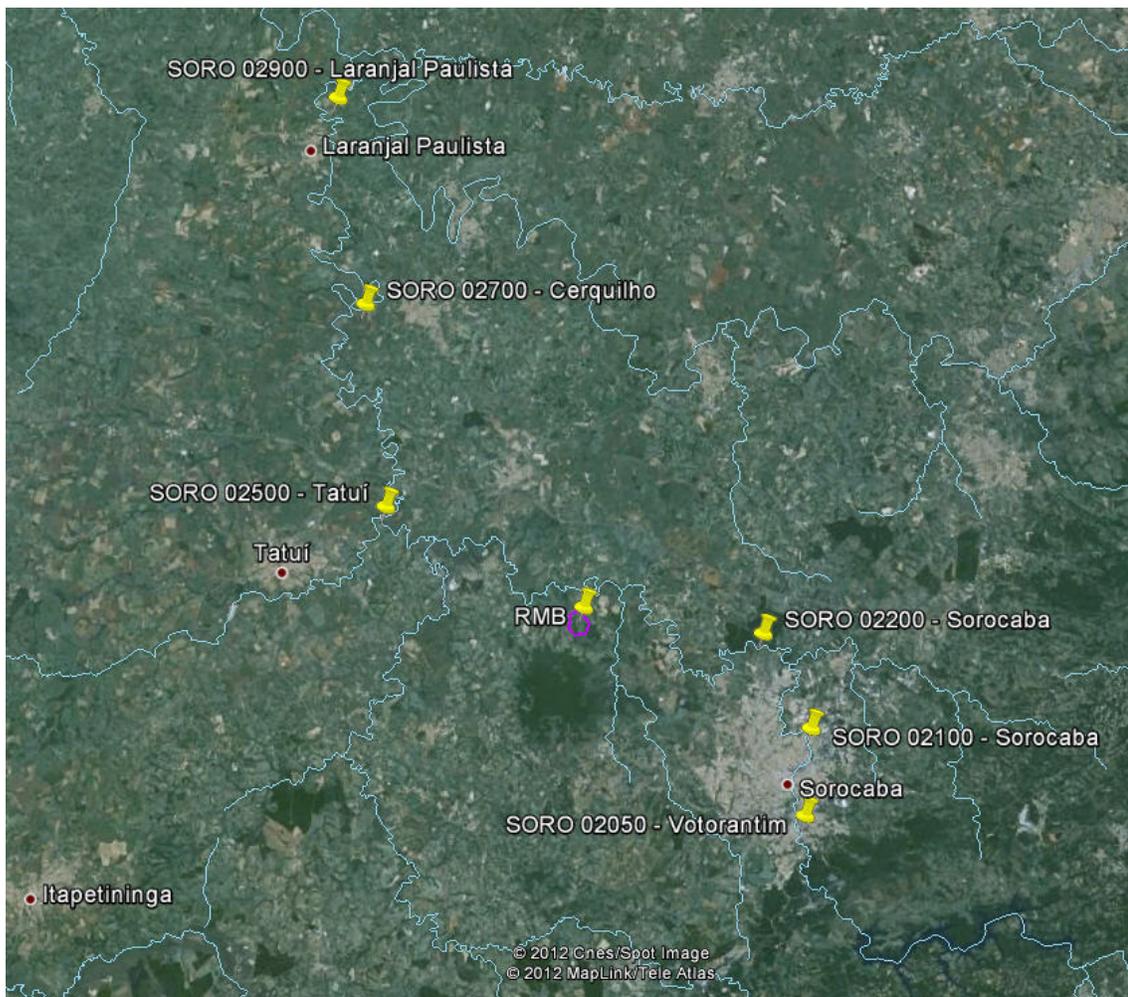


Figura 67 - Localização dos pontos do rio Sorocaba monitorados pela CETESB.

Fonte: Google Earth, imagem de 10/07/2011.

Os pontos mais próximos do empreendimento são o SORO 02200 e o SORO 02500. No entanto, não existe nenhum ponto dentro do município de Iperó.

Nesta rede são analisados parâmetros físico, físico-químicos e biológicos, conforme apresentado na Tabela 17 e Tabela 18.

Além da análise dos parâmetros, com o intuito de fornecer uma visão geral da qualidade da água, a CESTEB faz o cálculo de alguns índices, entre eles o IQA (Índice de Qualidade da Água), pois os mesmos integram os resultados de diversas variáveis através de um único indicador. Para o cálculo do IQA, são consideradas variáveis de qualidade que indicam o lançamento de efluentes sanitários para o corpo d'água, fornecendo uma visão geral sobre as condições de qualidade das águas superficiais. Este índice é calculado para todos os pontos da rede básica (CETESB, 2011).

A Tabela 19 apresenta os resultados do IQA calculado mensal e anual, de 2011, para cada um dos pontos da Rede Básica do rio Sorocaba.

Tabela 17 - Médias de 2011 e para o período 2006 a 2010, das principais variáveis de qualidade – rio Sorocaba.

Nome do Ponto	Condutividade (uS)		Turbidez (UNT)		Nitrato		Nitrogênio Amoniacal		OD		DBO (5,20)		Fósforo Total		Coliforme Termotolerantes (UFC/100 mL)		Clorofila a (ug/L)		
	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	
SORO 02050	107	-	14	-	0,2	-	0,4	-	7,2	-	8	-	0,084	-	6,2 E+04	-	-	-	-
SORO 02100	139	133	16	86	0,3	0,3	1,6	1,2	5,0	5,0	9	10	0,17	0,24	2,6E+05	1,78E+05	17	-	
SORO 02200	194	162	24	30	0,4	0,4	2,4	1,5	1,3	1,9	5	5	0,28	0,21	2,6E+04	2,05E+04	-	-	
SORO 02500	143	133	32	38	0,8	0,6	1,2	1,1	6,2	5,7	6	4	0,15	0,20	1,2E+02	3,08E+02	4,3	-	
SORO 02700	165	137	34	50	1,4	1,1	0,9	0,7	4,0	4,4	4	5	0,18	0,22	1,7E+02	2,98E+02	1,1	1,6	
SORO 02900	157	162	44	45	1,9	1,4	0,5	1,1	5,6	6,2	3	4	0,20	1,5	9,9E+02	3,80E+03	0,35	-	

Fonte: CETESB, 2011.

Tabela 18 - Médias de 2011 e para o período 2006 a 2010, das principais variáveis de qualidade – rio Sorocaba. (Continuação)

Nome do Ponto	Manganês Total		Níquel Total		Zinco Total		Toxic. Crônica		Cádmio Total		Mercúrio Total		Chumbo Total		Nº Células de Cianobactérias		Alumínio Dissolvido		Ferro Dissolvido		Cobre Dissolvido	
	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10
SORO 02050	25	-	0	-	0	-	-	-	0	-	0	-	0	-	-	-	25	-	25	-	0	-
SORO 02100	25	33	0	10	0	7	75	21	0	0	0	3	0	7	-	-	25	29	0	7	0	8
SORO 02200	100	70	0	7	25	3	-	-	0	3	0	0	0	3	-	-	0	32	0	7	0	16
SORO 02500	50	43	0	0	0	3	0	4	0	0	0	10	0	0	-	-	75	52	25	44	0	4
SORO 02700	50	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	25	55	25	41	0	19
SORO 02900	50	41	0	3	0	3	0	0	0	0	0	7	0	7	-	-	75	54	0	43	0	4

Tabela 19 - Resultados mensais e média anual do IQA – 2011 – rio Sorocaba.

Nome do Ponto	Janeiro	Março	Maior	Julho	Setembro	Novembro	IQA 2011
SORO 02050	54	52	53	45	51	55	52
SORO 02100	43	41	41	42	48	45	43
SORO 02200	33	34	39	33	32	40	35
SORO 02500	48	68	72	68	69	70	66
SORO 02700	48	62	64	61	61	59	59
SORO 02900	44	62	-	69	65	47	57

Fonte: Adaptado de CETESB, 2011.

Os pontos de monitoramento ao longo do rio Sorocaba possuem um IQA predominantemente bom, possuindo apenas dois pontos (SORO 02100 e SORO 02200) com índice regular e ruim.

Verifica-se que para o ponto a montante da provável captação de água para o empreendimento, SORO 02200, o seu índice é classificado como ruim, tornando-se bom a jusante, no ponto SORO 02500.

6.3.4.1.1.3 Estações Pluviométricas e Fluviométricas

Na UGRHI nº 10 existem 18 estações pluviométricas listadas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE). As séries históricas são variáveis, contemplando períodos 1937 a 2004. O dados gerais das estações encontram-se na Tabela 20.

Tabela 20 – Estações pluviométricas existentes na UGRH nº 10.

Município	Prefixo	Nome	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Prefixo ANA	Série Histórica
São Roque	E4-009	São Roque (Emsa)	820	23°32'	47°08'	02347035	1938 a 1951
Cotia	E4-012	Caucaia do Alto	936	23°41'	47°01'	02347046	1936 a 2004
Iperó	E4-017	Mina Nova de Apatita	700	23°25'	47°39'	02347124	1937 a 1942
Iperó	E4-019	Iperó	540	23°20'	47°41'	02347025	1957 a 2004
Iperó	E4-019A	Ipanema (Rufino)	560	23°26'	47°23'	-	1937 a 1942
Votorantim	E4-024	Votorantim (Fabr. De Cimento)	630	23°33'	47°27'	02347036	1937 a 1971
Salto de Pirapora	E4-040	Faz. Modelo	640	23°34'	47°32'	02347129	1957 a 1964
Mairinque	E4-041	Mairinque	870	23°33'	47°11'	02347038	1940 a 2006
Sorocaba	E4-048	Sorocaba (Inemet)	620	23°29'	47°28'	02347156	1944 a 1957
Cesario Lange	E4-049	Cesario Lange	610	23°13'	47°57'	02347017	1939 a 2001
Laranjal Paulista	E4-050	Laranjal Paulista	490	23°02'	47°51'	02347005	1943 a 2004
Jurumirim	E4-053	Bairro Represa	490	23°09'	47°48'	02347077	1941 a 1999

Município	Prefixo	Nome	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Prefixo ANA	Série Histórica
Iperó	E4-054	Bacaetava (Efs)	560	23°26'	47°36'	02347133	1942 a 1954
Sorocaba	E4-056	Sorocaba	540	23°30'	47°26'	02347034	1961 a 1998
Larajnal Paulista	E4-057	Chácara São Paedro	500	23°02'	47°50'	02347134	1946 a 1969
Iperó	E4-101	George Oetterer	600	23°27'	47°34'	02347031	1966 a 1997
Aluminio	E4-125	Carafa	900	23°35'	47°19'	02347041	1970 a 1999
Quadra	E5-023	Quadra	620	23°18'	48°03'	0238012	1939 a 2001

Para fins de avaliação, foi selecionada a estação E4-019, por se localizar no município de Iperó e possuir uma série histórica de dados maior e mais recente. Foram consideradas ainda, as normais climatológicas calculadas pelo INMET para o Estado de São Paulo, as quais evidenciam os elevados valores de precipitação existentes (Tabela 21).

Verifica-se que a normal de Precipitação Anual do período 1961-1990 alcançou o valor de 1.504,69 mm, sendo os meses de janeiro e dezembro os que registraram os maiores totais pluviométricos, sempre superiores a 200 mm mensais. Comparativamente, os dados obtidos da estação meteorológica localizada no Centro Experimental ARAMAR mostra que no Município de Iperó a pluviosidade é uma das mais altas do Estado de São Paulo. A precipitação anual alcançou 2.521,28 mm, sendo que nos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro a precipitação foi superior a 200,00 mm.

Tabela 21 - Médias de precipitação mensal para os períodos de 1957-2004 (DAEE) e 2007-2011 (Centro Experimental de ARAMAR).

Mês	DAEE E4-019 – 1957 a 2004 (média mensal)	ARAMAR – 2007 a 2011 (média mensal)
Janeiro	226,00	241,74
Fevereiro	170,84	78,60
Março	141,03	64,39
Abril	59,63	76,65
Mai	71,05	33,69
Junho	57,04	33,07
Julho	43,64	44,60
Agosto	35,14	34,44
Setembro	74,94	23,80
Outubro	117,43	100,53
Novembro	111,11	80,01
Dezembro	191,98	139,36

O gráfico da Figura 68 permite a visualização da variação da pluviosidade durante o ano. Neles se observa que, após o primeiro trimestre (meses mais chuvosos), os totais mensais apresentam uma significativa queda, sendo no mês de julho menor que 1/3 dos verificados no mês de janeiro, voltando a crescer progressivamente após o mês de setembro.

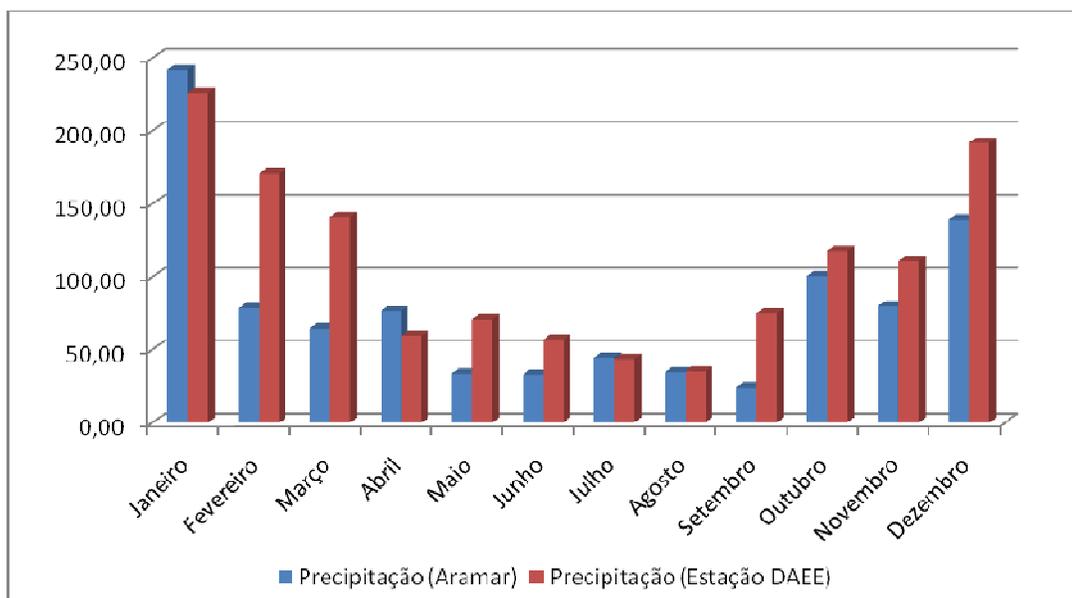


Figura 68 – Comportamento Médias de precipitação mensal para os períodos de 1957-2004 (DAEE) e 2007-2011 (Centro Experimental de ARAMAR).

Constata-se que, apesar do período 1957-2004 ter se caracterizado por uma pluviosidade total anual maior que a do período 2007-2011, o comportamento segue a mesma tendência, onde há registro de dias com totais de chuva significativamente elevados nos meses de verão.

Com relação às estações fluviométricas, foi feita uma consulta junto ao DAEE, por meio do sítio eletrônico <http://www.daee.sp.gov.br>, para os dados existentes para o rio Sorocaba. As estações e suas características encontram-se listadas na Tabela 22.

Tabela 22 – Estações fluviométricas existentes no rio Sorocaba.

Município	Prefixo	Nome	Latitude	Longitude	Área (km ²)	Prefixo ANA	Série Histórica
Laranjal Paulista	4E-001	Entre Rios	23°01'35"	47°49'17"	5531,00	062545000	1943 a 1979
Tatui	4E-004	Americana Velha	23°19'12"	47°46'42"	3942,00	062538000	1960 a 2004
Sorocaba	4E-018	Raposo Tavares	23°31'24"	47°26'58"	1044,00	062477000	1978 a 2004
Iperó	4E-019	Corumbá	23°21'50"	47°36'54"	2018,00	062477100	1978 a 2004

A estação fluviométrica selecionada para o estudo de vazões do rio Sorocaba foi a Corumbá, que se localiza no Município de Iperó nas coordenadas 23°21'50" S e 47°36'54" W. Esta é uma estação operada pelo DAEE e possui dados de vazão média diária desde 1978 até 2004, atendendo assim ao requisito de se utilizar uma série com, no mínimo, 10 anos de dados.

Tabela 23 – Médias mensais de vazão do rio Sorocabaca

Mês	Vazões período de 1978 a 2004		
	Mínima	Média	Máxima
Janeiro	19,31	36,29	61,82

Mês	Vazões período de 1978 a 2004		
	Mínima	Média	Máxima
Fevereiro	23,90	37,26	58,79
Março	19,85	30,57	49,27
Abril	17,58	23,45	34,95
Mai	15,90	21,26	32,69
Junho	15,60	21,22	30,65
Julho	16,87	21,46	30,76
Agosto	14,99	19,45	27,09
Setembro	14,17	19,14	28,46
Outubro	15,64	21,33	32,50
Novembro	15,09	20,52	29,91
Dezembro	16,09	26,14	42,74

Fonte: DAEE, 2012.

A Figura 69 apresenta o gráfico com o comportamento das vazões máximas, médias e mínimas mensais do período de 1978 a 2004. Observa-se uma variação entre 15 a 60 m³/s entre as vazões máximas e mínimas. O comportamento acompanha o de precipitação na região, com valores maiores entre os meses de outubro a fevereiro, correspondente ao período de chuvas.

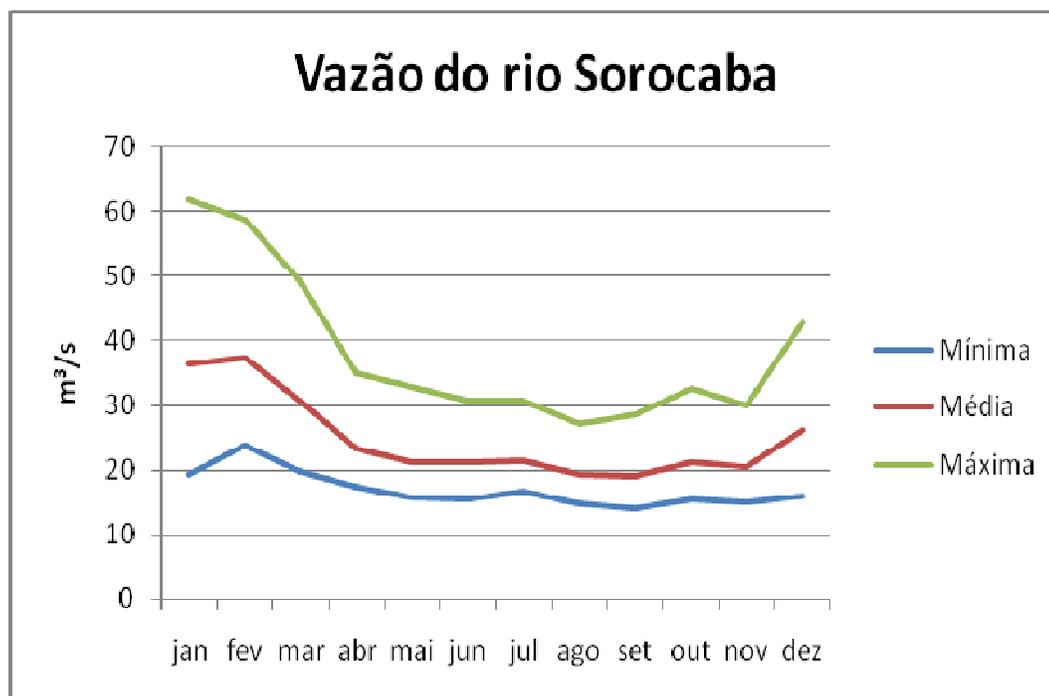


Figura 69 – Comportamento mensal das vazões mínima, média e máxima do rio Sorocaba no período de 1978 a 2004.

6.3.4.1.1.4 Disponibilidade Hídrica

Em 1988 o DAEE desenvolveu estudos para o Estado de São Paulo com objetivo de permitir a avaliação da disponibilidade hídrica em qualquer curso de água do território paulista, por meio da regionalização de parâmetros hidrológicos que permite obter:

- Vazão média de longo período;
- Vazão mínima anual média para os intervalos de 1 a 6 meses consecutivos, associada à probabilidade de ocorrência;
- Curva de permanência de vazões médias mensais;
- Volume de armazenamento intra-anual, necessário para atender uma demanda associada a um risco conhecido, até o limite de 6 meses de estiagem; e
- Vazão mínima anual média de 7 dias consecutivos com 10 anos de período de retorno, estimada estatisticamente a partir de amostras de dados observados.

Conforme informado pelo IPT (2006), para o cálculo das vazões utilizaram-se as áreas totais das sub-bacias, excluindo-se apenas as áreas submersas das sub-bacias de 1 a 6, incluindo também porções de área drenadas por pequenos cursos d'água que se dirigem para reservatórios e apresentam pequena chance de serem aproveitadas, exceto nos próprios reservatórios.

Esses dados estão apresentados na Tabela 24, assim como informações sobre as contribuições hídricas de bacias ou UGRHIs vizinhas, seja por escoamento natural, seja por bombeamento para abastecimento de núcleos urbanos (IPT, 2006).

Tabela 24 - Oferta hídrica superficial natural e de contribuição de Bacias ou UGRHIs vizinhas.

Nº	Sub-bacia	AD (km²)	PP (1982) (mm)	Qm (m³/s)	Q7,10 (m³/s)	50% Q7,10 (m³/s)	Q _{reg} (m³/s)	Contribuição de outras bacias				
								Nome	AD (km²)	Q _m (m³/s)	Q _{7,10} (m³/s)	Q _{reg} (m³/s)
1	Médio Tietê	4.141,33	1.299,70	41,01	8,59	4,295	---	Piracicaba (UGRHI 5)	12.568,72	144,32	35,76	---
2	Médio Tietê	1.025,18	1.191,50	7,07	1,48	0,74	---	Médio Paranapanema (UGRHI 17) Abastecimento	---	0,32	---	---
3	Baixo Sorocaba	3.136,38	1.191,50	21,62	4,53	2,265	---	Capivari (UGRHI 5)	1.655,00	11,41	2,38	---
4	Médio Sorocaba	1.212,36	1.202,50	8,73	1,83	0,915	---	---	---	---	---	---
5	Médio Tietê	1.388,07	1.197,50	9,8	2,05	1,025	---	---	---	---	---	---
6	Alto Sorocaba	924,50	1.317,30	9,61	2,01	1,005	9,60 (*) (Barragem Itupararang)	Jundiaí (UGRHI 5)	1150	10,95	2,3	---
Totais		11.827,82	---	97,84	20,49	10,24	9,60 (*)	Alto Tietê (UGRHI 6)	5868	84	20	3,10 (Barragem Rasgão)
	Alto Tietê (UGRHI 6) Abastecimento V. G. Paulista							---	0,04	---	---	
	---							---	251,03	60,44	---	

AD = Área de drenagem; PP = Precipitação pluviométrica; QM = Vazão média plurianual de longo período; Q7,10= vazão mínima média de 7 dias consecutivos e 10 anos de período de retorno; QReg. = Vazão Regularizada.

Observações: A saída da UGRHI 10 se dá a partir da Barragem de Barra Bonita, que possui vazão regularizada de 222,00 m³/s e vazão média de 290,00 m³/s (área de drenagem de 32.330 km²);

(*) Informação extraída de SRHSO e DAEE (2002), mas segundo informações de técnico da CBA (Companhia Brasileira de Alumínio) via correspondência eletrônica (01/02/07), essa vazão mostrou valor de 7,66 m³/s no período de 1914 a 2005 e de 10,27 m³/s, entre 1975 e 2005, sendo que essa diferença se deve a regra operacional adotada a partir de 1974.

Fonte: IPT, 2006.

A partir dos dados apresentados na Tabela 24 podem ser feitas as seguintes considerações:

Conforme análise feita pelo IPT (2006), tendo como referência a legislação paulista, conforme citado na “Minuta do Projeto de Lei do PERH 2004-2007” (Consórcio JMR-Engecorps, 2005), que estabelece que “...quando a soma das vazões captadas em uma determinada UGRHI, ou em parte desta, superar 50% ...da vazão $Q_{7,10}$...a mesma será considerada crítica pela autoridade outorgante...” ou, interpretando-se pela lógica da reciprocidade, isso significa a disponibilidade hídrica natural de águas superficiais de uma Bacia equivale a 50% da sua vazão mínima total ($Q_{7,10}$) e verifica-se no Quadro 6.1 que a oferta total de produção hídrica intra UGRHI 10 é de $10,01 \text{ m}^3/\text{s}$ (IPT, 2006). Dessa forma, a sub-bacia com a maior disponibilidade hídrica ($4,10 \text{ m}^3/\text{s}$) é a do Médio Tietê Inferior, enquanto que a Sub-bacia do Médio Sorocaba encontra-se em 4º no quesito e disponibilidade hídrica. A sub-bacia com a menor disponibilidade hídrica é a do Médio Tietê Médio com $0,73 \text{ m}^3/\text{s}$.

Rio Sorocaba

O cálculo da vazão $Q_{95\%}$ considerou um intervalo de dados de 1993 a 2003. Conforme metodologia publicada por Von Sperling (2007), os dados foram ordenados no Excel de forma decrescente, e atribuído um número de ordem para cada um, na sequência decrescente: $m=1$ para o maior, $m=2$ para o segundo maior e $m=N$ para o menor.

Considerando que para cada par (m, Q_m), está associada uma probabilidade de que haja uma vazão superior a ela. Esta probabilidade é dado por $P=m/N$. Assim, para a maior vazão da série ($m=1$), a probabilidade da ocorrência de uma vazão superior é $1/N$, para a segunda maior vazão é $2/N$, e assim por diante, até se ter a menor vazão, que tem associada a ela a probabilidade de excedência de $N/N=1$ (=100%) (VON SPERLING, 2007).

Desta forma, na tabulação dos dados em planilha do Excel, na coluna de probabilidade, procurou-se o valor mais próximo a 0,95 (95%), uma vez a sua vazão associada será a $Q_{95\%}$.

O resultado obtido para os dados de 1993 a 2003 da estação Corumbá, do rio Sorocaba, foi de uma $Q_{95\%}$ de $12,016 \text{ m}^3/\text{s}$. Ao se considerar todos os dados existentes, de 1978 a 2003, a $Q_{95\%}$ encontrada foi de $10,67 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ribeirão do Ferro

O ribeirão do Ferro passa dentro dos limites da propriedade do empreendimento. É um afluente do rio Sorocaba e conforme Fatoreto *et al.* (2011) abastece as famílias residentes na FLONA e também duas comunidades que extrapolam o limite da Floresta Nacional de Ipanema, que são a Comunidade do Smith e a Comunidade do Mursa.

Dentro do limite do empreendimento o ribeirão do Ferro possui volume menor que o rio Sorocaba, no trecho em que se prevê a captação de água, como pode ser visualizado e comparado na Figura 70, Figura 71, Figura 72 e Figura 73.



Figura 70 – Vista do rio Sorocaba no ponto pretendido para captação de água.



Figura 71 – Vista do rio Sorocaba no ponto pretendido para captação de água.



Figura 72 – Vista do ribeirão do Ferro na propriedade do empreendimento.



Figura 73 – Vista do ribeirão do Ferro na propriedade do empreendimento.

Não foram identificadas estações fluviométricas no ribeirão do Ferro, não permitindo a estimativa das vazões mínimas de referência pelos métodos de cálculos normalmente utilizados ($Q_{95\%}$ e $Q_{7,10}$, etc). Ressalta-se que esta é uma situação relativamente frequente em córregos e bacias pequenas, sendo nesses casos forçosa a alternativa de regionalização de vazões (Von Sperling, 2007).

No método de regionalização de vazões as informações providas de estações fluviométricas existentes e associadas a bacias de drenagem com características similares à da área estudada são adimensionalizadas e analisadas em seu conjunto, para que, em seguida, possam ser espacializadas e, finalmente, empregadas para se estimar as vazões características em locais não medidos (Naghetini, 2006 *apud* Von Sperling, 2007).

Conforme Von Sperling (2007) para esse caso uma abordagem a ser adotada é a utilização do conceito de descarga específica ($L/s.km^2$). Conhecida a área de drenagem no ponto em estudo, e adotando-se um valor da descarga específica (advinda dos estudos de regionalização), o produto de ambos conduz à vazão do curso d'água.

Para a determinação da vazão do ribeirão do Ferro utilizou-se como referência os dados do rio Sorocaba, conforme exposto nos itens 6.3.4.1.1.1, de forma que:

- Área de Drenagem rio Sorocaba = 201.800 km²;
- Q_{95%} = 12,016 m³/s.

A descarga específica (Q_{95%}) do rio Sorocaba corresponde à:

$$\frac{12.016,0L/s}{20.010km^2} = 5,98L/s.km^2$$

Admitindo-se que a descarga específica do rio Sorocaba possa ser aplicada para o ribeirão do Ferro, tem-se a seguinte vazão no ponto pretendido de captação de água de:

$$Q_{95\%} = (24km^2) \times (5,98L/s.km^2) = 143,47L/s$$

$$Q_{95\%} = 0,14m^3/s$$

6.3.4.1.1.5 Susceptibilidade a Inundações

A inundação   um processo que se d  a partir do assoreamento das drenagens em conjunto com a impermeabiliza o do solo gerado pela aço antrópica e eventos climáticos. De acordo com o Inventário de áreas Inundáveis (EMPLASA, 1985) foram encontrados 21 trechos críticos de inunda o na Bacia Sorocaba/Médio Tietê, sendo 7 trechos com alta susceptibilidade a inunda o e 14 trechos com média susceptibilidade de inunda o na  rea (Mapa 12).

Na bacia do rio Sorocaba, os trechos com alta susceptibilidade a inunda o se encontram principalmente   montante do rio Sorocaba e em alguns trechos do rio Tietê. Há ainda trechos com média susceptibilidade a inunda o no ponto de confluência entre os rios Sorocaba e Sarapuí, no trecho do rio Sorocaba a montante do Reservatório Itupararanga, nas proximidades do Reservatório Barra Bonita e em alguns trechos do rio Peixe, a jusante do Reservatório Barra Bonita.

Na  rea de Influência Direta   observado apenas um trecho crítico com alta susceptibilidade a inunda o, localizado no Rio Sorocaba, a montante da confluência entre os rios Sorocaba e Ipanema. Também   observado que na área de confluência entre os rios Sorocaba e Sarapuí, localizado dentro da área de influência direta, há um trecho com média susceptibilidade a inunda o. Nenhum destes trechos observados se insere na área diretamente afetada.

A Figura 74 assinala as áreas críticas em rela o a inunda o na Bacia Sorocaba/Médio Tietê.

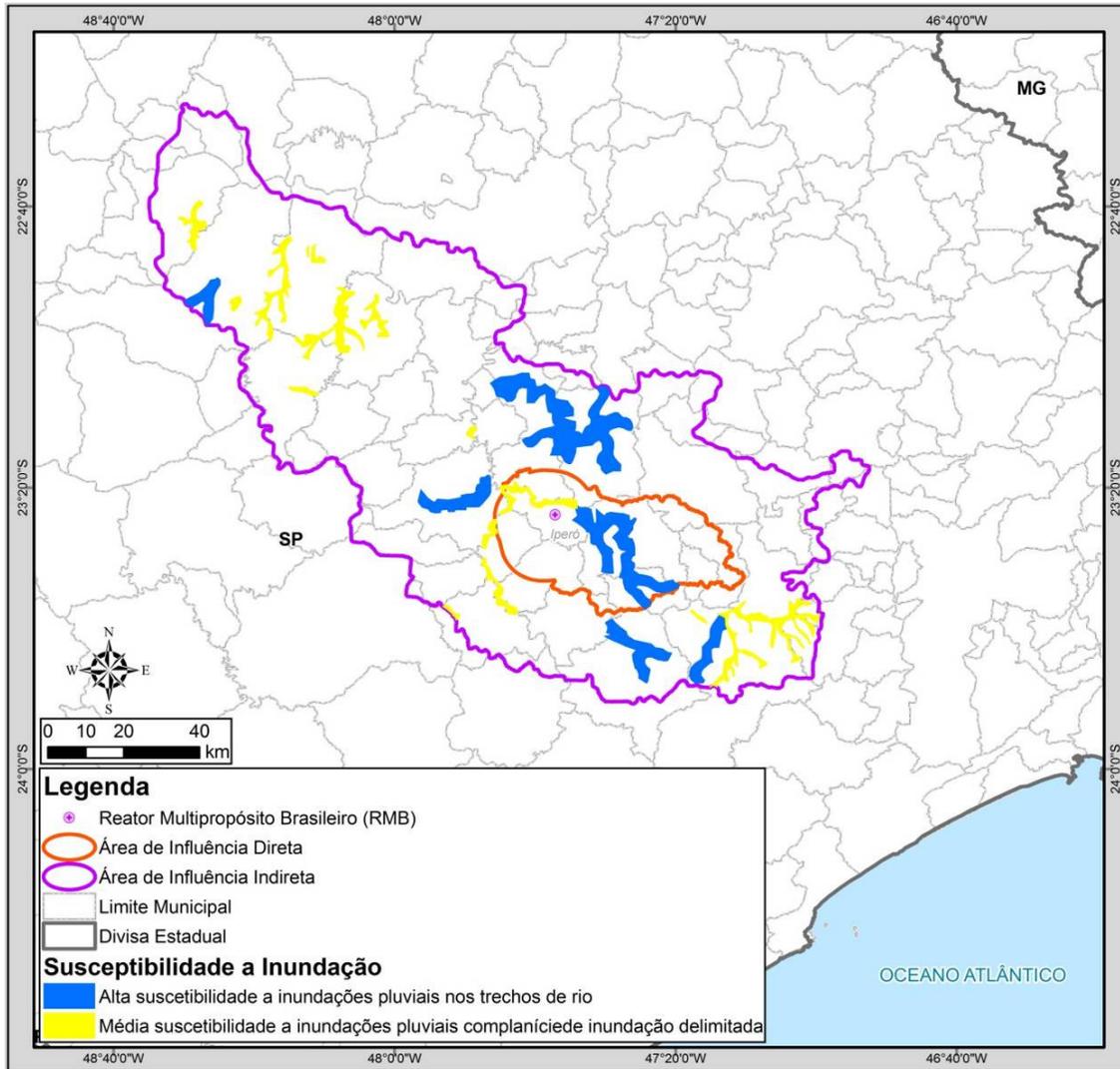


Figura 74 - Susceptibilidade à inundação nas áreas de influência do RMB.

Fonte: DAEE, 1996.

6.3.4.1.1.6 Uso dos Recursos Hídricos

O Departamento de Água e Energia Elétrica, do Estado de São Paulo, classifica os usos da água conforme apresenta o Quadro 6:

Quadro 6 - Classificação de uso do recurso hídrico de acordo com a Norma 717 de 1996.

Com derivação das Águas	Sem Derivação das Águas
Abastecimento Urbano	Diluição, transporte e assimilação de esgoto
Abastecimento Industrial	Preservação da fauna e da flora
Abastecimento Rural	Pecuária
Irrigação	Hidrelétrica
Aquicultura	Recreação e lazer
Hidrelétrica	Navegação fluvial

Fonte: DAEE, 1996.

A derivação de um determinado uso da água gera uma possibilidade de conflito entre outros usos por haver um retorno da água em menor vazão (perdas consuntivas) e com alteração na qualidade natural da água, podendo ser mais ou menos intensa, variando de acordo com o uso.

Qualquer atividade humana que altere as condições naturais das águas superficiais ou subterrâneas é considerada “uso do recurso hídrico” (DAEE, 1996). Estes usos são classificados de acordo com o Quadro 7.

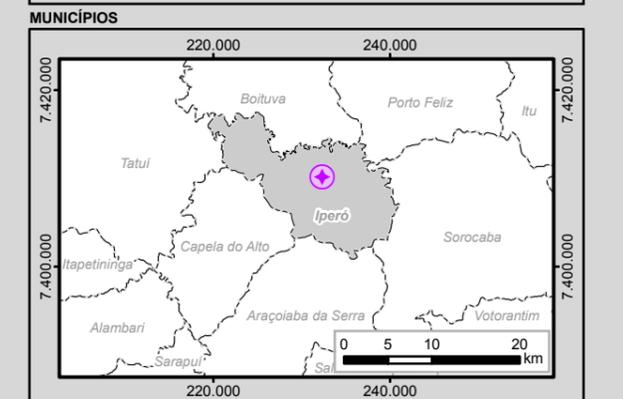
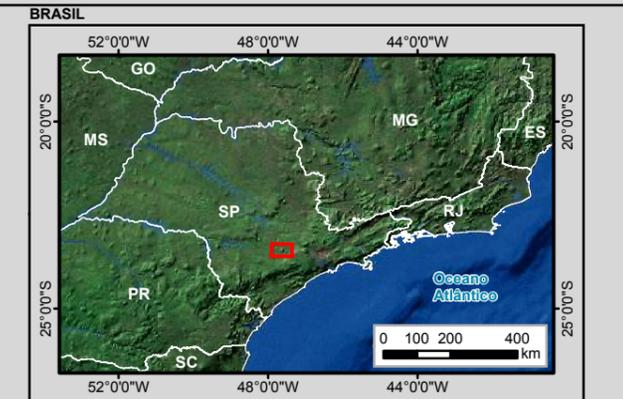
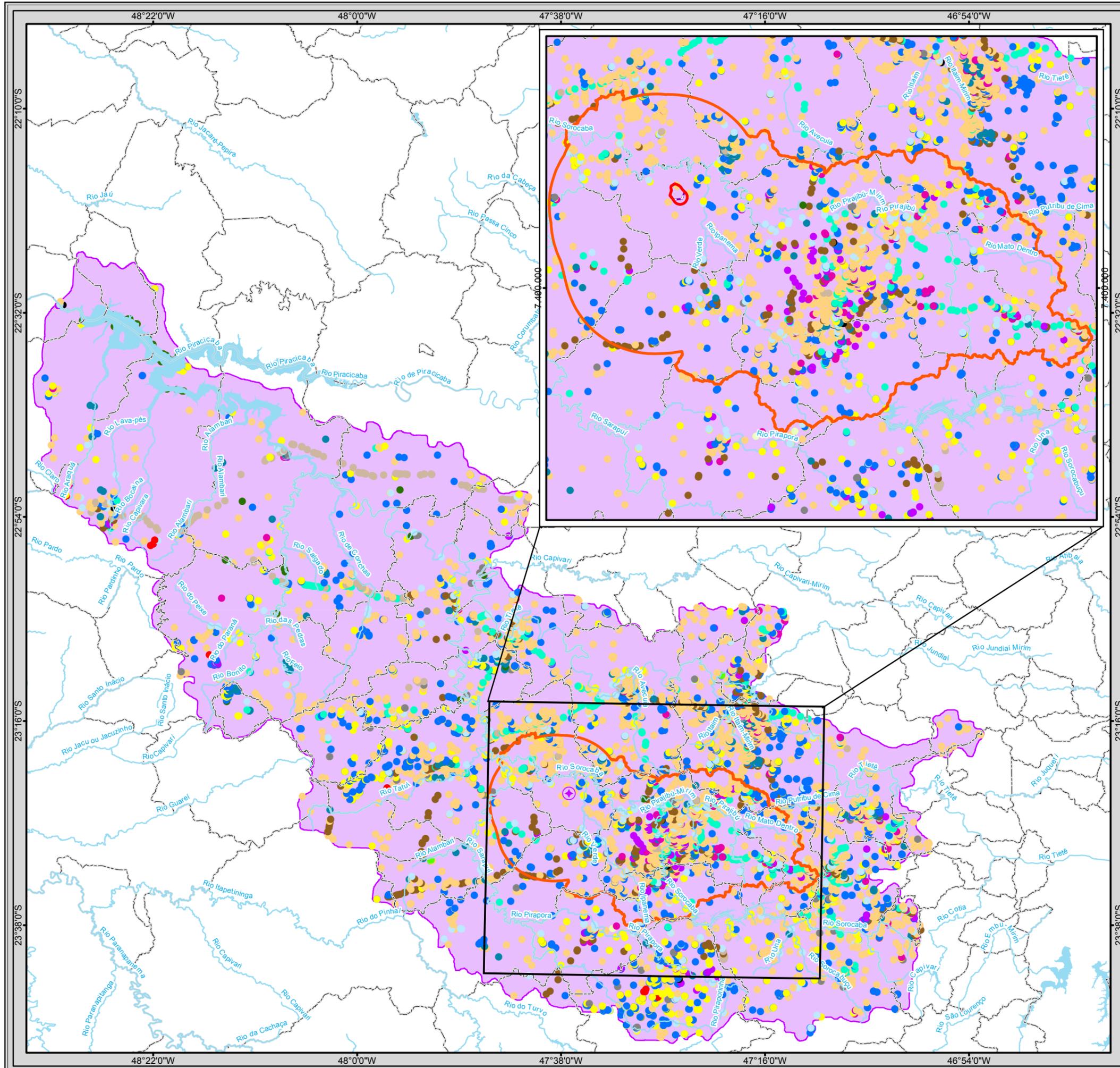
Quadro 7 - Classificação de uso de recurso hídrico de acordo com a Norma 717 de 1996.

Tipo de Uso	Discriminação
Captações	Industrial
	Urbana
	Irrigação
	Rural
	Mineração
	Geração de Energia
	Recreação e Paisagismo
	Comércio e Serviços
	Outros
Lançamentos	-
Obras Hidráulicas	Barramentos
	Poços Profundos
	Canalizações, retificações e proteção de leito
	Travessias aéreas, subterrâneas ou intermediárias
Desassoreamento	
Serviços	Limpeza de margens e proteção de leito
Extração de minérios de classe II	

A partir de dados de captações do Departamento de Águas e Energia Elétrica, foram identificados os seguintes usos dos recursos hídricos presentes na Área de Influência Indireta e Direta (Mapa 16 e Quadro 8). No ANEXO IV estão os dados fornecidos pelo DAEE acerca das outorgas de água superficial da AII e AID.

Quadro 8 - Usos dos Recursos Hídricos nas Áreas de Influência Direta e Indireta.

Tipo de Uso	Área de Influência Indireta	Área de Influência Direta
Captação	Captação em nascente (Irrigação, Industrial e Aquicultura) Captação subterrânea (Aquicultura, Pecuária, Rural, Público, Industrial, Irrigação, Doméstico, Mineração, Comércio e Avicultura.) Captação superficial (Aquicultura, comércio, industrial, irrigação, mineração, pecuária, público e rural.) Extração de Minérios Geração de energia Reservatório (tanque sub-superficial)	Captação subterrânea Captação superficial Extração de Minérios Reservatório (tanque sub-superficial)
Lançamento	Lançamento em Solo Lançamento Superficial	Lançamento em Solo Lançamento Superficial
Obra Hidráulica	Barramento Bateria de Poços Canalização Proteção de leito / margem Travessia Travessia aérea Travessia intermediária Travessia subterrânea Desassoreamento	Barramento Canalização Proteção de leito Travessia Travessia aérea Travessia intermediária Travessia subterrânea Desassoreamento;
Serviços	Proteção de leito / margem Navegação	-
Extração de Minério Classe II	Extração de Minérios	Extração de Minérios



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Limite Municipal
- Município de Iperô
- Área Diretamente Afetada (Raio de 800m a partir do reator + limite da propriedade)
- Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Fona de Ipanema)
- Área de Influência Indireta (Bacia Hidrográfica Sorocaba / Médio Tietê)

Áreas de Influência dos Meios Físico e Biótico

- Área Diretamente Afetada (Raio de 800m a partir do reator + limite da propriedade)
- Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Fona de Ipanema)
- Área de Influência Indireta (Bacia Hidrográfica Sorocaba / Médio Tietê)

Uso dos Recursos Hídricos na Área de Influência Indireta

- Barramento
- Bateria de Poços
- Canalização
- Captação em Nascente
- Captação Subterrânea
- Captação Superficial
- Desassoreamento
- Extração de Água Subterrânea
- Extração de Minérios
- Lançamento em Solo
- Lançamento Superficial
- Proteção de Leito / Margem
- Reservatório (Tanque Sub-Superficial)
- Retificação
- Tanque
- Travessia
- Travessia Aérea
- Travessia Intermediária
- Travessia Subterrânea

Articulação das Folhas 1:50.000

48°0'0" W	47°15'0" W
SF-23-Y-C- I-1	SF-23-Y-C- I-2
SF-23-Y-C- I-3	SF-23-Y-C- I-4
48°0'0" W	47°15'0" W

0 3 6 12 Km
 1:750.000
 Escala numérica em impressão A3
 Sistema de Coordenadas Geográficas
 Datum Horizontal SIRGAS 2000

CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
Mapa 16 - Uso dos Recursos Hídricos na Área de Influência Direta e Indireta do Meio Físico

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico
MRS
Estudos Ambientais

Data: Maio/2013
Fonte:
Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010); Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009); Uso dos Recursos Hídricos: Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 2012).

Usos Consuntivos

Uso consuntivo é definido pelo DAEE como sendo a perda de água entre a quantidade derivada e a quantidade que retorna ao curso d'água. Nesta categoria são incluídos os usos urbano ou doméstico, industrial, irrigação e rural (Quadro 9).

Quadro 9 - Quantificação dos usos consuntivos na Área de Influência Indireta e Direta.

Tipo de Uso	Área de Influência Indireta	Área de Influência Direta
Captação em Nascente	Irrigação Industrial Aquicultura	-
Captação Superficial	Aquicultura Comércio Industrial Irrigação Mineração Pecuária Público Rural	Abastecimento Público Dessedentação de Animais Industrial Irrigação Lazer Mineração Rural Sanitário
Captação Subterrânea	Aquicultura Pecuária Rural Público Industrial Irrigação Doméstico Mineração Comércio Avicultura	Abastecimento Público Água Mineral Comércio Dessedentação de Animais Industrial Irrigação Lazer Sanitário

Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo.

- Uso Urbano ou Doméstico

Toda água captada para fins de consumo humano em núcleos urbanos é considerada uso urbano ou doméstico, podendo ser demanda pública ou privada. A parcela de uso urbano pode conter, ou não, uso comercial e industrial. Este tipo de uso é considerado parcialmente consuntivo, pois cerca de 75% do volume derivado retorna, na forma de efluentes, para os cursos d'água.

No uso doméstico a água derivada é utilizada para beber, no preparo da alimentação, higiene pessoal, saneamento domiciliar, limpeza de vestuário e moradia, entre outras funções. Segundo a Organização Mundial da Saúde 40 litros diários seriam suficientes para o consumo humano. A Organização das Nações Unidas sugere um consumo por pessoa de 180 litros/dia. Porém, este valor pode variar entre 300 a 50 litros por habitante.

Além do uso doméstico nas áreas urbanas, a água é utilizada em restaurantes, serviços médicos, pequenas indústrias (padarias, pequenas fábricas de comida, etc.), lavanderias, escolas, entre outros.

Na área de influência indireta foram identificados 1661 pontos de captação de água para uso urbano ou doméstico, sendo 118 de captação de água superficial, 1537 de captação de água subterrânea e seis de captação em nascente (Tabela 25). Os tipos de usos na Área de Influência Direta são os mesmos encontrados na Área de Influência Indireta, porém a quantidade de captações é menor, sendo identificado um total de 501 pontos de captações, com 25 captações superficiais e 476 captações subterrâneas.

Tabela 25 - Tipos de captação de água nas Áreas de influência Direta e Indireta.

	Tipo de Captação	Quantidade de Captações
Área de Influência Indireta	Nascente	6
	Superficial	118
	Subterrânea	1537
Área de Influência Direta	Superficial	25
	Subterrânea	476

Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo.

A análise da quantidade de captações na área de estudo identificou um maior número de captações subterrâneas comparativamente às captações superficiais e em nascentes. Como nos aquíferos, a lenta circulação das águas subterrâneas, a capacidade de adsorção dos terrenos e o notável poder de depuração em relação a muitos contaminantes os tornam muito menos vulneráveis à poluição do que as águas superficiais (FEITOSA, 2008), a melhor opção para a exploração de água com fins de uso humano.

- Uso Industrial

O uso industrial é parcialmente consuntivo, sendo a maior parte da água evaporada nas torres de resfriamento e uma pequena parcela incorporada em produtos que usam água como matéria prima (indústrias de alimentos e de bebidas, por exemplo).

Na área de influência indireta o uso industrial está diversificado em usinas de açúcar e de álcool, indústria química, petroquímica e de celulose. Na área de influência indireta foram identificados 1.018 pontos de captação de água para uso industrial, sendo 139 de captação de água superficial, 874 de captação de água subterrânea e 5 captações em nascente (Tabela 26). Na Área de Influência Direta foram identificados 359 pontos de captação de água para uso na irrigação, sendo 46 de captação de água superficial e 313 de captação de água subterrânea.

Tabela 26 - Tipos de captação de água nas Áreas de influência Direta e Indireta.

	Tipo de Captação	Quantidade de Captações
Área de Influência Indireta	Nascente	5
	Superficial	139
	Subterrânea	874
Área de Influência Direta	Superficial	46
	Subterrânea	313

Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo.

- Uso na Irrigação

Apesar de haver evaporação ou infiltração de cerca de três quartos da água utilizada na irrigação, a irrigação representa a maneira mais eficiente de aumento na produção de alimentos. O total anual das precipitações em São Paulo é entorno de 1.500 mm, mas sua distribuição não é uniforme ao longo do ano, concentrando nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro (Figura 75). Desta forma, no restante do ano o agricultor se utiliza de captação de água superficial para a devida irrigação do seu cultivo.

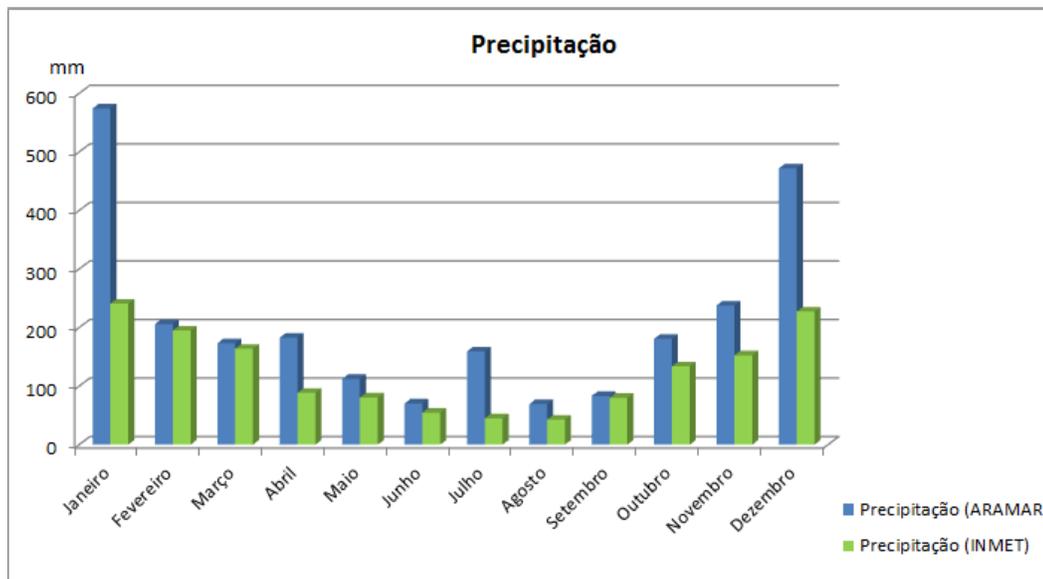


Figura 75 - Normais climatológicas de precipitação mensal para os períodos de 1961-1990 (INMET) e 2007-2011 (Centro Experimental de ARAMAR).

Na área de influência indireta foram identificados 367 pontos de captação de água para uso na irrigação, sendo 285 de captação de água superficial, 78 de captação de água subterrânea e 4 pontos de captação em nascente (Tabela 27). Na Área de Influência Direta foram identificados 53 pontos de captação de água para uso na irrigação, sendo 40 de captação de água superficial e 13 de captação de água subterrânea.

Tabela 27 - Tipos de captação de água nas Áreas de influência Direta e Indireta.

	Tipo de Captação	Quantidade de Captações
Área de Influência Indireta	Nascente	4
	Superficial	285
	Subterrânea	78
Área de Influência Direta	Superficial	40
	Subterrânea	13

Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo.

- Uso Rural

Como uso rural, são consideradas todas as atividades rurais, principalmente aquicultura e piscicultura, excluindo o uso com irrigação. Na área de influência indireta foram identificados 69 pontos de captação de água para uso rural, sendo 22 de captação de água superficial e 47 de captação de água subterrânea (Tabela 28). Na Área de Influência Direta foram

identificados 10 pontos de captação de água para uso na irrigação, sendo 5 de captação de água superficial e 5 de captação de água subterrânea.

Tabela 28 - Tipos de captação de água nas Áreas de influência Direta e Indireta.

	Tipo de Captação	Quantidade de Captações
Área de Influência Indireta	Nascente	-
	Superficial	22
	Subterrânea	47
Área de Influência Direta	Superficial	5
	Subterrânea	5

Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo.

Usos Não Consuntivos

- Geração Hidrelétrica

Na geração de energia elétrica não há perda de água entre a quantidade derivada e a quantidade que retorna ao curso d'água e, também, não há alteração na qualidade natural da água.

Na área de influência indireta foram identificadas 13 usinas de hidrelétricas ativadas (Tabela 29).

Tabela 29 - Usinas hidrelétricas na área de influência indireta.

UGRHI	Usina		Entidade Operadora	Situação	Potência
	Cód.	Nome			
Sorocaba / MédioTietê	46	Santa Adélia	ADELIA	Em operação	832
	47	Ituparananga	CBA	Em operação	55.000
	48	Barra Bonita	CESP	Em operação	140.760
	49	São Pedro	CFTSP	Em operação	1.700
	50	Porto Góes	ELETPA	Em operação	10.500
	51	Rafard	RAFARD	Em operação	200
	52	Piedade	VOTOR	Em operação	600
	53	Santa Helena	VOTOR	Em operação	2.270
	54	Votorantim	VOTOR	Em operação	3.000

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004/2007. Governo do Estado de São Paulo.

Usina Hidrelétrica Ituparananga: construída em 1911, teve sua operação iniciada em 1914. É formada por um lago com canal principal de 26 km de extensão e 192 km de margens, em uma área de 936 km². O volume útil estimado é de 286 milhões de m³ e potência instalada de 55 MW, com produção média anual de 150 Gwh. A energia gerada é de uso exclusivo do Grupo Votorantim.

Usina Hidrelétrica Barra Bonita: sua operação iniciou em 1963. Possui um reservatório de 310 Km² de extensão, volume médio acumulado de 3.622 x 10⁶ m³ e uma potência de 140 MW. Com uma barragem de 480 metros, possui uma eclusa com desnível de 25 m para viabilizar a hidrovia Tietê – Paraná.

Usina Hidrelétrica Porto Góes: sua operação se iniciou em 1928, com capacidade instalada de 11 MW, vazão turbinável de 56 m³/s e desnível de 25 metros. Em 2005 teve sua capacidade ampliada, passando de 11 MW para 24,3 MW e vazão turbinável de 56 m³/s para 116 m³/s. Sua área de drenagem de barramento é de 7.890 km².

Usina Hidrelétrica Santa Helena: A hidrelétrica Santa Helena teve seu início de geração em 1936 e foi adquirida pela CBA junto à Votorantim Participações, do Grupo Votorantim, em 2005. Opera com produção média anual de 14,6 mil MWh, com capacidade instalada de 2,4 MW, contando com um conjunto de dois geradores e turbinas. Está localizada no município de Votorantim, aproveitando o potencial energético do rio Sorocaba, localizado no Estado de São Paulo.

A barragem desta usina possui 102 m de comprimento e altura de 5 m, desde o ponto mais baixo da fundação. A linha de transmissão leva a energia gerada até a usina Itupararanga, que, posteriormente, segue até a Fábrica da Companhia, localizada em Alumínio, SP.

Usina Hidrelétrica Votorantim: A hidrelétrica Votorantim teve seu início de geração em 1912 e foi adquirida pela CBA junto à Votorantim Participações, do Grupo Votorantim, em 2005. Opera com produção média anual de 21,7 mil MWh, com capacidade instalada de 3,2 MW, contando com um conjunto com três geradores e turbinas. Está localizada no município de Votorantim, aproveitando o potencial energético do rio Sorocaba, localizado no Estado de São Paulo.

A barragem desta usina possui 110 m de comprimento e altura de 4,4 m, desde o ponto mais baixo da fundação. A linha de transmissão leva a energia gerada até a usina Santa Helena, e, posteriormente, à usina Itupararanga. Por fim, a energia chega à Fábrica da Companhia, localizada em Alumínio, SP.

Usina Hidrelétrica Jurupará (Piedade): A usina hidrelétrica Jurupará está localizada na bacia hidrográfica do rio Peixe. Foi construída em 1947, sendo controlada pela CBA desde janeiro de 1996. Com potência de 7,2 MW, possui queda bruta de 120 metros e reservatório com volume de 42.040.000 m³. A barragem tem 27 m de altura, a partir do ponto mais baixo da fundação.

Na região da Bacia Sorocaba/Tietê também são encontradas as usinas Rafard e São Pedro.

- Navegação

Parte da hidrovia Tietê-Paraná está inserida na Área de Influência Indireta, cortando a Sub – Bacia Médio Tietê Inferior por uma extensão de aproximadamente 820 Km de um total de 2.400 Km navegáveis ao longo de toda a hidrovia (Mapa 17). As embarcações que navegam nesta hidrovia dividem o mesmo espaço físico que as barragens das usinas hidrelétricas. Portanto, faz-se necessária a presença de eclusas como no caso da Eclusa presente na Usina Hidrelétrica Barra Bonita. A hidrovia é constituída por 30 terminais intermodais, localizados nas proximidades da hidrovia, 19 estaleiros com uma frota de 39 empurradores e 151 barcas, 10 barragens, 10 eclusas e 23 pontes. Seu leito possui as dimensões suficientes para que haja navegação de comboios de 147 m de comprimento, 11 m de

largura e 2,80 m de profundidade. Na Área de Influência Direta não há nenhum curso hídrico utilizado como hidrovia.

Conclusões dos Usos da Água

No presente levantamento, foram identificadas 7042 outorgas de uso da água na UGRH nº 10. Foram identificados, no total, 19 tipos de uso da água (Figura 76), destes, os principais usos da água são: na captação de água subterrânea (39,36%), barramento (18,38%) e captação superficial (10,88%). Os principais usuários caracterizam-se pelo público em geral, indústrias e uso rural.

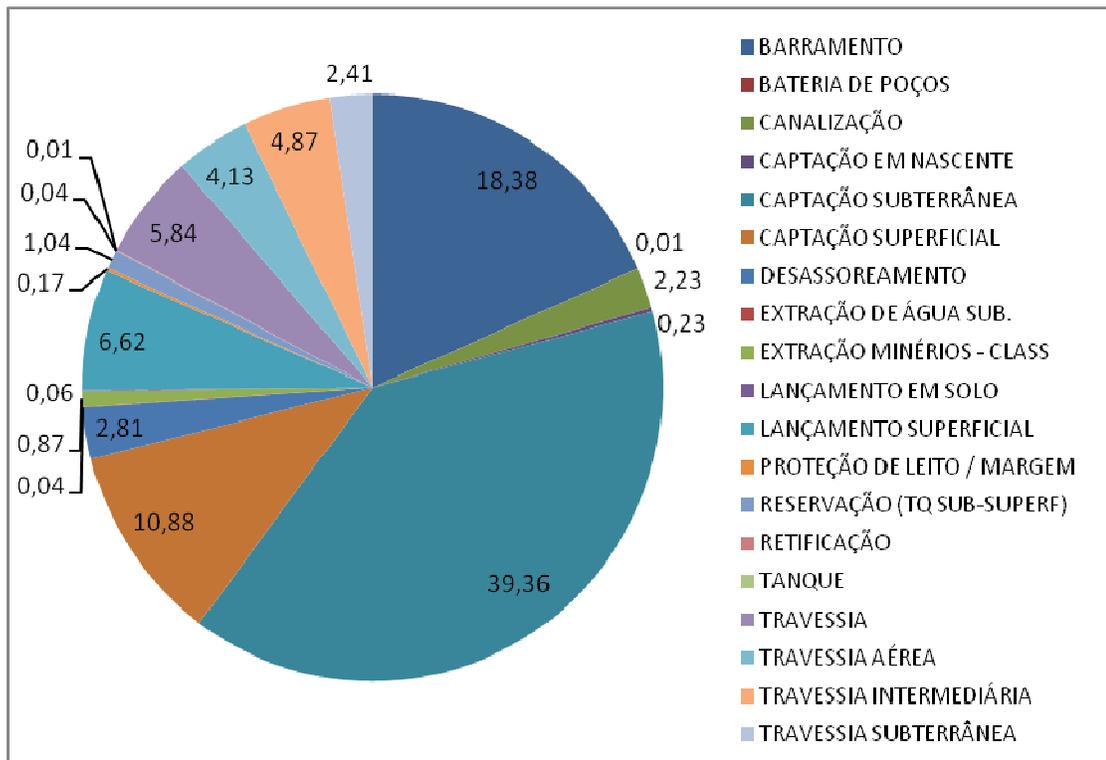
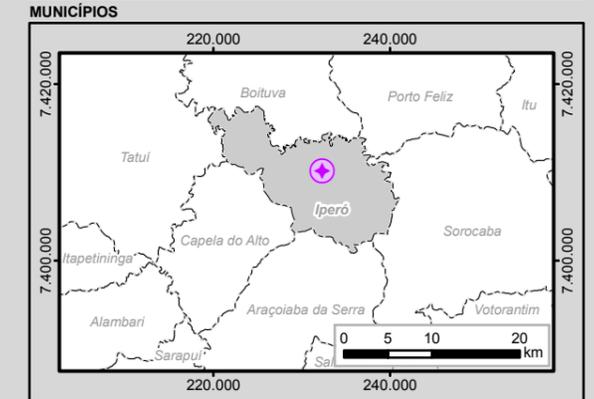
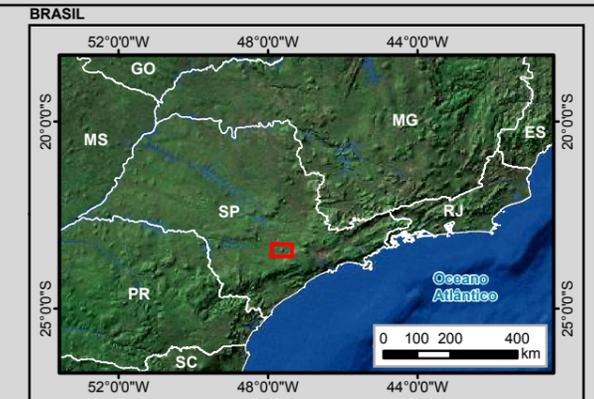
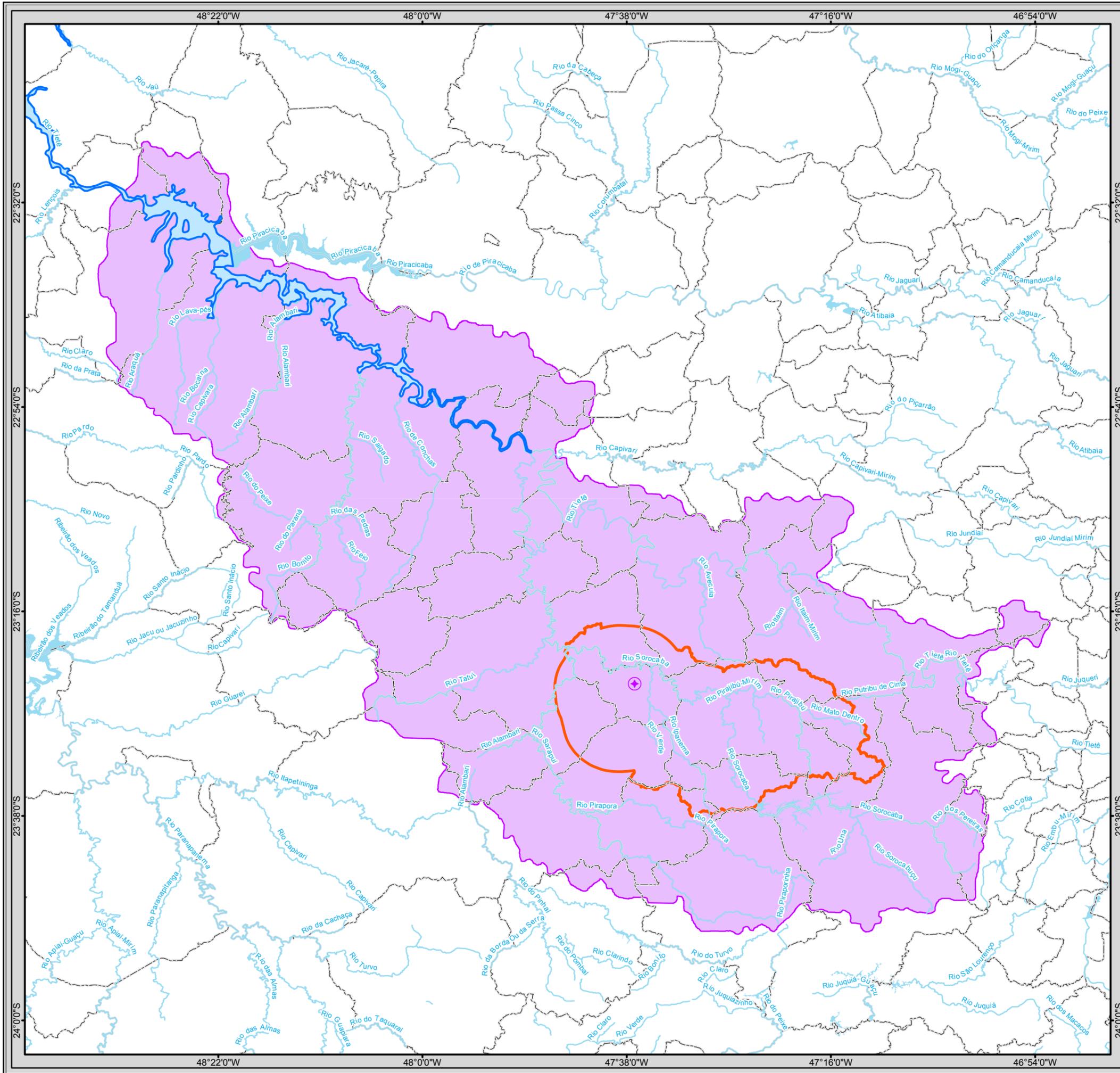


Figura 76 – Usos de água na UGRH nº 10.



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Curso d'água
- Massa d'água
- Hidrovia - Rio Tietê
- Limite Municipal
- Município de Iperó

Áreas de Influência dos Meios Físico e Biótico

- Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Flona de Ipanema)
- Área de Influência Indireta (Bacia Hidrográfica Sorocaba / Médio Tietê)

Articulação das Folhas 1:50.000

48°00'W	47°15'0\"/>
---------	-------------

0 3 6 12 Km
1:750.000
Escala numérica em impressão A3
Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Horizontal SIRGAS 2000

CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
Mapa 17 – Hidrovia da Área de Influência Indireta do Meio Físico

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico MRS Estudos Ambientais	Data: Maio/2013 Fonte: Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010); Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009);
---------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6.3.4.1.2 Bacia Hidrográfica do Rio Ipanema

A bacia do rio Ipanema é uma bacia de pequeno porte e está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10), localizada no centro-sudeste do estado de São Paulo. Sua área de drenagem é aproximadamente 250 km², na qual drena parcialmente os municípios de Iperó, Capela do Alto, Araçoiaba da Serra, Salto de Pirapora, Votorantim e Sorocaba.

O rio Ipanema, afluente da margem esquerda do rio Sorocaba, tem suas nascentes situadas na região de Salto de Pirapora, em cotas da ordem de 700 m, e se desenvolve no sentido geral sul para norte, desaguando no rio Sorocaba a uma distância de 12,5 km a montante de Iperó.

6.3.4.1.2.1 Dados Hidrológicos da Bacia do Rio Ipanema

A bacia do rio Ipanema possui área total de 250 km², perímetro em torno de 85 km e comprimento de 35 km. Tais valores aplicados à fórmula: $K_c = 0,28 P / (A)^{0,5}$, resultam em um valor de Coeficiente de Compacidade (Kc) igual a 1,51; ou seja, esta bacia não está em área sujeita a enchentes.

O Fator de Forma ($K_f = A / (L)^2$) da bacia apresenta um valor de 0,20; que ratifica o resultado obtido para o Kc, indicando que a área não é muito sujeita a enchentes.

No que se refere a Densidade de Drenagem (Dd), calculada por meio da relação entre o comprimento total dos cursos d'água da bacia e a sua área total, para esta bacia que possui o comprimento total dos cursos d'água em torno de 140 km, tem-se $D_d = 0,56$ km/km², caracterizando uma bacia pobre a medianamente drenada.

A declividade média da bacia é 0,0046 m/m ou 46‰ indicando que possui baixa velocidade de escoamento; resultando em reduzida probabilidade de picos de enchentes. A magnitude dos picos de enchente e a maior ou a menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia.

6.3.4.1.2.2 Composição Química e Biológica da Água na Área Diretamente Afetada

As principais regulamentações sobre limites máximos permitidos na composição química e biológica da água foram estabelecidas pelo CONAMA (Resolução 357/2005), Ministério da Saúde (Portaria 2.914/2011).

O padrão de qualidade varia da Classe Especial, a mais nobre, até a classe 4, menos nobre (Tabela 30). Na Tabela 31 estão apresentados os limites de tolerância determinados para a Classe II pela resolução CONAMA 357 art. 15, de 17 de março de 2005, pela Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, para parâmetros físicos, químicos e biológicos. A Portaria 2.914 foi incluída na comparação dos valores máximos permitidos (VMP) uma vez que a mesma dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da

qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Esses parâmetros de comparação foram escolhidos quando da realização de uma avaliação de alternativas de abastecimento de água para consumo humano no RMB.

Tabela 30 - Classes de uso das águas segundo a Resolução CONAMA.

Classes	Usos Preponderantes
Classe Especial	Águas destinadas ao abastecimento doméstico sem prévia ou simples desinfecção.
Classe 1	Águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado.
Classe 2	Águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas e à alimentação humana.
Classe 3	Águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à irrigação de culturas e à dessedentação de animais.
Classe 4	Águas destinadas à navegação.

Fonte: <http://www.Cetesb.sp.gov.br/Aguas/Rios>.

Tabela 31 - Valores máximos permitidos estabelecidos

Parâmetros (Unidade)	VMP CONAMA 357 ART (Classe II)	VPM Portaria 2.914/11 Ministério da Saúde
Materiais Flutuantes (---)	Ausentes	-
Óleos e Graxas Visíveis (---)	Ausentes	-
Substâncias que Comunicam Odor (---)	Ausentes	6 (intensidade)
Corantes Artificiais (---)	Ausentes	-
Resíduos Sólidos Objetáveis (---)	Ausentes	-
Coliformes Totais (NMP/100mL)	---	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes - E. coli (NMP/100mL)	1000,00	Ausência em 100 mL
DBO (mg/L)	5,00	-
DQO (mg/L)	---	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	> 5	-
Turbidez (UNT)	100,00	0,5 μ T
Cor Verdadeira (Pt/Co)	75,00	-
pH (a 20°C)	6 a 9	-
Clorofila A (μ g/L)	30,00	-
Contagem de Cianobactérias (ceL/mL)	50000,00	-
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	500,00	1000
Alumínio Dissolvido (mg/L)	0,10	0,2
Antimônio (mg/L)	0,01	0,005
Arsênio (mg/L)	0,01	0,01
Bário (mg/L)	0,70	0,7
Berílio (mg/L)	0,04	-

Parâmetros (Unidade)	VMP CONAMA 357 ART (Classe II)	VPM Portaria 2.914/11 Ministério da Saúde
Boro (mg/L)	0,50	-
Cádmio (mg/L)	0,00	0,005
Chumbo (mg/L)	0,01	0,01
Cianeto Livre (mg/L)	0,01	0,07
Cloreto (mg/L)	250,00	250
Cloro Residual (mg/L)	0,01	-
Cobalto (mg/L)	0,05	-
Cobre Dissolvido (mg/L)	0,01	2
Cromo (mg/L)	0,05	0,05
Ferro Dissolvido (mg/L)	0,30	0,3
Fluoreto (mg/L)	1,40	1,5
Fósforo Total (mg/L)	Obs. (2)	-
Lítio (mg/L)	2,50	-
Manganês (mg/L)	0,10	0,1
Mercúrio (mg/L)	0,00	0,001
Níquel (mg/L)	0,03	0,07
Nitrato (mg/L)	10,00	10
Nitrito (mg/L)	1,00	1
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Obs. (1)	-
Prata (mg/L)	0,01	-
Selênio (mg/L)	0,01	0,01
Sulfato (mg/L)	250,00	250
Sulfetos - como H ₂ S não dissociado (mg/L)	0,00	0,1
Temperatura (°C)	---	-
Urânio (mg/L)	0,02	0,03
Vanádio (mg/L)	0,10	-
Zinco (mg/L)	0,18	5

Nas amostras coletadas, no Rio Sorocaba e o no Ribeirão do Ferro, foram analisados os seguintes parâmetros:

- Físico-Químicas: pH, turbidez, oxigênio dissolvido, dureza e sólidos em suspensão;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio;
- Determinação de Metais: sódio, potássio, magnésio, cálcio, alumínio, cromo; manganês, ferro, níquel, cobre, zinco, cádmio, chumbo, mercúrio e bário;
- Determinação de não-metais: cloreto, sulfato, fluoreto, nitrito, nitrato, arsênio, fósforo total e nitrogênio;
- Análise Bacteriológica.

Resultados

Foram realizadas análises químicas e biológicas, de amostras de água retiradas do Rio Sorocaba (amostragens à montante e à jusante) e Ribeirão do Ferro (duas amostragens com localizações distintas) (Tabela 32). A análise de água comparou os resultados obtidos com os valores máximos permitidos pela resolução CONAMA 357 art. 15, de 17 de março de 2005 (Tabela 33).

Tabela 32 - Identificação dos pontos com amostragem de água.

Amostra	Data	Hora	Coordenadas	
			Latitude	Longitude
Rio Sorocaba – Montante do Ribeirão do Ferro	14/06/2012	17:45	23° 21.657'	47° 36.017'
Rio Sorocaba – Jusante do Ribeirão do Ferro	14/06/2012	17:20	23° 21.929'	47° 36.904'
Ribeirão do Ferro (1)	14/06/2012	16:50	23° 23.312'	47° 37.015'
Ribeirão do Ferro (2)	14/06/2012	15:50	23° 24.291'	47° 37.503'

Tabela 33 - Análise físico-química e biológica de amostras de água do Rio Sorocaba e Ribeirão do Ferro.

Parâmetros (Unidade)	Rio Sorocaba – Montante do Ribeirão do Ferro	Rio Sorocaba – Jusante do Ribeirão do Ferro	Ribeirão do Ferro (2)	Ribeirão do Ferro (1)	VMP CONAMA 357 ART (Classe II)	VPM Portaria 2.914/11 Ministério da Saúde
Materiais Flutuantes (---)	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	-
Óleos e Graxas Visíveis (---)	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	-
Substâncias que Comunicam Odor (-- -)	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	6 (intensidade)
Corantes Artificiais (---)	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	-
Resíduos Sólidos Objetáveis (---)	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	-
Coliformes Totais (NMP/100mL)	51720,00	5290,00	14640,00	23820,00	---	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes - E. coli (NMP/100mL)	750,00	88,00	866,00	1200,00	1000,00	Ausência em 100 mL
DBO (mg/L)	< 3	< 3	< 3	< 3	5,00	-
DQO (mg/L)	19,00	21,00	11,00	17,00	---	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,40	4,40	6,70	5,30	> 5	-
Turbidez (UNT)	18,00	57,00	20,00	17,00	100,00	0,5µT
Dureza (mg/L)	34,00	-	42,0	-	-	-
Cor Verdadeira (Pt/Co)	45,00	41,00	69,00	72,00	75,00	-
pH (a 20°C)	6,80	6,23	5,67	7,01	6 a 9	-
Clorofila A (µg/L)	< 3	4,00	< 3	< 3	30,00	-
Contagem de Cianobactérias (ceL/mL)	87404,00	70856,00	< 3	< 3	50000,00	-

Parâmetros (Unidade)	Rio Sorocaba – Montante do Ribeirão do Ferro	Rio Sorocaba – Jusante do Ribeirão do Ferro	Ribeirão do Ferro (2)	Ribeirão do Ferro (1)	VMP CONAMA 357 ART (Classe II)	VPM Portaria 2.914/11 Ministério da Saúde
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	96,00	98,00	109,00	104,00	500,00	1000
Alumínio Dissolvido (mg/L)	0,03	0,04	0,02	0,10	0,10	0,2
Antimônio (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,005
Arsênio (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,01
Bário (mg/L)	0,05	0,05	0,19	0,14	0,70	0,7
Berílio (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,04	-
Boro (mg/L)	0,00	0,00	< 0,001	< 0,001	0,50	-
Cádmio (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,00	0,005
Chumbo (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,01
Cianeto Livre (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,07
Cloreto (mg/L)	13,00	13,00	3,00	2,50	250,00	250
Cloro Residual (mg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	-
Cobalto (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,05	-
Cobre Dissolvido (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	2
Cromo (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,05	0,05
Ferro Dissolvido (mg/L)	0,08	0,13	0,06	0,20	0,30	0,3
Fluoreto (mg/L)	0,60	0,60	0,30	< 0,05	1,40	1,5
Fósforo Total (mg/L)	0,33	0,37	0,07	0,08	Obs. (2)	-
Lítio (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	2,50	-
Manganês (mg/L)	0,07	0,09	0,07	0,04	0,10	0,1
Mercúrio (mg/L)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,00	0,001
Níquel (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,03	0,07
Nitrato (mg/L)	0,50	0,50	0,10	0,20	10,00	10
Nitrito (mg/L)	0,09	0,08	0,02	< 0,02	1,00	1
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	1,90	2,01	< 0,1	< 0,1	Obs. (1)	-
Prata (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	-
Selênio (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,01
Sulfato (mg/L)	12,90	12,80	1,80	1,50	250,00	250
Sulfetos - como H ₂ S não dissociado (mg/L)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,00	0,1
Temperatura (°C)	19,00	21,00	18,00	22,00	---	-
Urânio (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,02	0,03
Vanádio (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,10	-
Zinco (mg/L)	0,07	0,00	0,04	0,03	0,18	5

Obs (1): VMP em função do pH: 3,7mg/L para pH <=7,5; VMP=2,0mg/L para pH de 7,5 a 8,0; VMP=1,0mg/L para pH de 8,0 à 8,5; VMP=0,5mg/L para pH > 8,5.

Obs (2): VMP Ambiente Lêntico: 0,030 mg/L. / VMP Ambiente Intermediário: 0,050 mg/L. / VMP Ambiente Lótico: 0,100 mg/L

- Parâmetros Físico-Químicos

Potencial Hidrogeniônico (pH): indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade da água em escala anti-logaritmica da concentração de H⁺, variando entre 0 e 14. A variação de pH está diretamente relacionada à dissolução de rochas, absorção de gases, oxidação, matéria orgânica, fotossíntese, lançamento de efluentes, entre outros fatores ligados à ação antropogênica. O pH baixo está relacionado à corrosividade e agressividade nas águas de abastecimento; pH afastado da neutralidade pode afetar a vida aquática e os microorganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos. A Resolução Conama (Tabela 41) recomenda pH na faixa de 6-9. As amostras do Rio Sorocaba apresentaram pH dentro da faixa de 6 a 9. Porém, nas amostras do Ribeirão do Ferro foram identificados pH de 5,67 e 7,01 para os pontos 1 e 2 respectivamente.

Oxigênio Dissolvido (OD): as bactérias utilizam o oxigênio nos processos respiratórios, causando redução de sua concentração no meio. Porém a presença de organismos fotossintetizantes eleva a concentração de oxigênio dissolvido. A variação na sua concentração está relacionada à dissolução de oxigênio atmosférico, produção pelos organismos fotossintetizantes e introdução por aeração artificial. O valor especificado pelo Conama, é superior a 5 mg/L de O₂. A amostra retirada do Rio Sorocaba a jusante do Ribeirão do Ferro apresentou valor igual a 4,40 mg/L de O₂. Todas as demais amostras analisadas estão com o teor de fósforo dentro do estabelecido pela resolução.

Fósforo: O fósforo é encontrado na água nas formas de polifosfato, moléculas constituídas por dois ou mais átomos de fósforo; ortofosfato, moléculas com apenas um átomo de fósforo diretamente relacionadas ao pH; e fósforo orgânico. Provém principalmente de esgoto doméstico, encontra-se presente nas fezes humanas, nos detergentes para limpeza doméstica e em outros subprodutos das atividades humanas (Tabela 34). O limite de tolerância especificado pelo Conama é de 0,1 mg/L para ambiente lótico. Foram encontrados valores superiores ao máximo permitido pela resolução nas amostras retiradas do Rio Sorocaba. As outras amostras estão dentro do estabelecido pela resolução.

Tabela 34 - Contribuições unitárias de fósforo típicas (Von Sperling, 1986).

Fonte	Tipo	Valores típicos	Unidade
Drenagem	Áreas de matas e florestas	10	kgP/km ² .ano
	Áreas agrícolas	50	kgP/km ² .ano
	Áreas urbanas	100	kgP/km ² .ano
Esgotos	Domésticos	1,0	kgP/hab.ano

Fonte: Von Sperling, 1986

- Parâmetros Inorgânicos

Os principais micropoluentes tóxicos são os metais pesados (arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio e prata), que se dissolvem na água. Em geral, possuem naturalmente concentração muito baixa no ambiente aquático. Além dos metais pesados, há outros micropoluentes inorgânicos de importância em termos de saúde pública, como os cianetos,

o flúor e outros. Todas as amostras analisadas estão com os teores dentro do estabelecido pela resolução.

- Parâmetros Biológicos

A qualidade biológica da água está relacionada à possibilidade de transmissão de doenças. O potencial risco de transmissão de doenças pela água pode ser inferido a partir da quantificação da existência de organismos de contaminação fecal. Os valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA são de 200 a 4000 NMP/100 ml para coliformes fecais, e desde ausentes até 20.000 NMP/100 ml para coliformes totais.

São definidos como microrganismos do grupo coliforme capazes de fermentar a lactose a 44-45 °C, sendo representados principalmente pela *Escherichia coli* e, também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Dentre esses microrganismos, somente a *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, estando sempre presente, em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, sendo raramente encontrada na água ou solo que não tenham recebido contaminação fecal. Na análise das amostras do Ribeirão do Ferro (afluente do Rio Sorocaba) o parâmetro de Coliformes Termotolerantes (*E. coli*) não satisfaz o limite permitido resolução CONAMA.

Todos os outros parâmetros estão de acordo com os valores máximos permitidos pela Portaria 1.469/00 do Ministério da Saúde, CONAMA (Classe II).

- Índice de Qualidade de Água

O índice de qualidade de água é calculado a partir de dados, relacionados a parâmetros importantes para abastecimento público (Tabela 35), com pesos fixados de acordo com o seu grau de importância. Estes parâmetros são indicadores de poluição por lançamento de efluentes domésticos. Este tipo de avaliação é restrita, pois não considera dados de substâncias tóxicas, protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água.

Tabela 35 - Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso.

Parâmetro de Qualidade da Água	Peso
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
Potencial Hidrogeniônico	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,1
Temperatura da Água	0,1
Nitrogênio Total	0,1
Fósforo Total	0,1
Turbidez	0,08
Resíduo Total	0,08

Fonte: <http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>

A partir do cálculo do IQA é feita a classificação em faixas de seus valores em ótima, boa, razoável, ruim e péssima (Tabela 36).

Tabela 36 - Classificação do Índice de Qualidade da Água.

Faixa de IQA	Avaliação da Qualidade da Água
80 - 100	Ótima
52 - 79	Boa
37 - 51	Razoável
20 - 36	Ruim
0 - 19	Péssima

Aplicando-se o Índice de Qualidade de Água (IQA) para os resultados obtidos nas análises efetuadas, verifica-se que as águas dos rios monitorados podem ser consideradas razoáveis ($52 < IQA \leq 79$), com exceção da amostra 1 do Ribeirão do Ferro, que pode ser considerada boa ($37 < IQA \leq 51$) - Tabela 37.

Tabela 37 - Índice de Qualidade da Água de amostras do Rio Sorocaba e Ribeirão do Ferro.

Amostra	IQA	Avaliação da Qualidade da Água
Rio Sorocaba – Montante do Ribeirão do Ferro	50,5	Avaliação da Qualidade da Água
Rio Sorocaba – Jusante do Ribeirão do Ferro	47,5	Avaliação da Qualidade da Água
Ribeirão do Ferro (2)	47,7	Avaliação da Qualidade da Água
Ribeirão do Ferro (1)	53,4	Boa

6.3.4.2 Hidrogeologia

O Decreto Estadual nº 32.955/1991, que regulamenta a Lei, nº 6132/1991, define “Aquífero ou depósito natural de águas subterrâneas” como “solo, a rocha ou sedimento permeáveis que fornecem água subterrânea, natural ou artificialmente captada”.

Os aquíferos podem ser granulares (porosos) ou fraturados (cristalinos). Os aquíferos granulares são formados por sedimentos (materiais soltos, friáveis ou inconsolidados) ou rocha sedimentar (sedimento endurecido ou consolidado). Nestes aquíferos a água fica armazenada nos espaços existentes entre os grãos que constituem tais materiais. Por outro lado, os aquíferos fraturados são constituídos de rochas cristalinas, ígneas ou metamórficas, que são compactas e não apresentam espaços vazios entre os minerais que as constituem. Por este motivo, a água circula ao longo dos espaços vazios gerados por fraturas.

Desta forma, os aquíferos granulares apresentam porosidade e permeabilidade primárias geradas concomitantemente à deposição do material, e os aquíferos fraturados apresentam porosidade e permeabilidade secundárias, desenvolvidas após a consolidação (cristalização) da rocha. Outros tipos de porosidade estão presentes em calcários, mármore e basaltos. Os calcários e mármore são compostos por minerais carbonáticos, os quais sofrem dissolução lenta devido à percolação da água da chuva. Isto promove alargamento das fraturas presentes e pode levar à formação de cavernas. Nos basaltos, que tem origem por extravasamento de lava em superfície, desenvolvem-se cavidades na base e topo de derrames devido ao aprisionamento de bolhas de gás durante sua solidificação.

Próximo à superfície, as rochas cristalinas apresentam perfil de alteração, cuja espessura varia de menos de um metro a até dezenas de metros. Este perfil é composto por uma camada mais superficial, constituída pelos horizontes “A” e “B” do solo, onde não é possível

reconhecer a rocha original; e uma mais profunda, horizonte “C” ou saprolito, onde as estruturas e a composição mineralógica da rocha são parcialmente reconhecidas. O perfil como um todo é denominado de manto inconsolidado e se comporta principalmente como meio de porosidade granular.

Em 2006, o Departamento de Águas e Energia Elétrica, o Instituto Geológico, o Instituto de Pesquisas Técnicas e o Serviço Geológico do Brasil publicaram o Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo (DAEE *et al*, 2005) que sintetiza o conhecimento sobre as condições de ocorrência e potencialidades das águas subterrâneas no Estado de São Paulo.

A Figura 77 apresenta uma seção geológica esquemática de caráter interpretativo e generalizado do Estado de São Paulo, na qual se observa a sobreposição das camadas geológicas. Essa sobreposição não é totalmente confinante das camadas inferiores, de forma que mesmo as formações mais antigas afloram, ou seja, estão expostas, na superfície do terreno em áreas específicas do Estado, onde ocorre a recarga direta dos aquíferos.

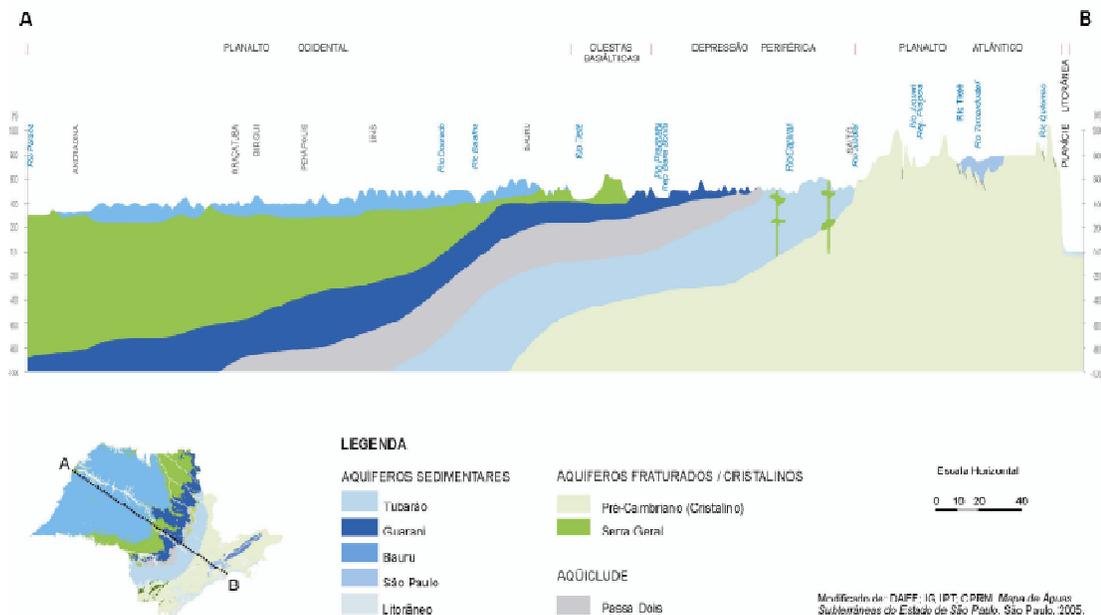


Figura 77 - Seção Geológica Esquemática do Estado de São Paulo.

Fonte: adaptado de DAEE *et al*. 2005.

6.3.4.2.1 Água Subterrânea na Área de Influência Indireta - All

Ocorrem na Área de Influência Indireta, que abrange a UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê, dois grandes grupos de aquíferos hidráulicamente conectados: os aquíferos cristalinos, nos quais a água fica armazenada nas zonas de fraturas e lineamentos da rocha; e os aquíferos sedimentares ou porosos, que armazenam a água na porosidade primária ou granular. A seguir serão descritos os aquíferos, de leste para oeste, de acordo com os dois tipos de terrenos: fraturados (Pré-Cambriano e Serra Geral) e sedimentares (Tubarão, Guarani).

O Aquífero Pré-Cambriano ocorre desde as escarpas da Serra do Mar até a região limítrofe com a Depressão Periférica. Nele encravam-se duas bacias sedimentares de idade terciária, a de São Paulo (representada na seção) e a de Taubaté.

Na Depressão Periférica ocorrem em superfície os aquíferos Tubarão e Guarani, além das rochas sedimentares finas do Grupo Passa Dois, que constituem um aquíclode, ou seja, contém água mas são de permeabilidade extremamente baixa.

O Aquífero Guarani aflora em faixa estreita e irregular sobre o Aquíclode Passa Dois e, mais para oeste é confinado pelos basaltos da Formação Serra Geral. Ocorre em profundidades que variam desde algumas dezenas de metros, junto à área de afloramento, a até mais de 1.900 metros, no extremo oeste do Estado.

O Aquífero Serra Geral ocorre em superfície na região das Cuestas Basálticas, na porção intermediária do estado de São Paulo e regiões mais rebaixadas junto às margens dos rios Grande, a norte, e Paranapanema, a sul. Encontra-se, em sua maior parte, recoberto pelos sedimentos que constituem o Aquífero Bauru, importante fonte de abastecimento para toda a porção oeste do Estado.

6.3.4.2.1.1 Aquífero Pré-Cambriano (Cristalino)

As rochas que compõem o embasamento pré-Cambriano no Estado de São Paulo cobrem uma área de aproximadamente 57.000 km². Correspondem a rochas metamórficas (gnaiesses, filitos, xistos e quartzitos) e rochas ígneas (granitos maciços e foliados). Tais rochas, quando não alteradas, são impermeáveis e não constituem aquíferos. No entanto, os eventos tectônicos que afetaram esses maciços pré-Cambrianos e a ação climática na superfície formaram sistemas de falhas e fraturas e horizontes de alteração da rocha, propiciando condições de percolação de água subterrânea.

O potencial hídrico destas rochas é limitado à ocorrência dessas zonas favoráveis, o que resulta em grande variação das condições de produção, com valores extremos de 0 a 50 m³/h, média de 7 m³/h e a vazão específica média de 0,3 m³/h/m, oscilando entre 0,06 e 0,7 m³/h/m. Considerando-se o aquífero de forma global, verificaram-se valores de transmissividade que variam entre 0,4 e 14 m²/dia (CETESB, 2009).

A recarga natural se processa por meio da água das chuvas, que percola através das camadas de rocha alterada e zonas fissuradas. Geralmente, a baixa transmissividade nos horizontes aquíferos e a ausência de fluxos de água em escala regional, mesmo em falhas e fissuras, condicionam a formação de unidades independentes em cada vale; constituindo um regime de escoamento próprio, que não se interconecta com áreas relativamente distantes.

Como ilustrado na seção geológica esquemática apresentada na Figura 21, as rochas pré-cambrianas localizam-se na base de todos os outros aquíferos do Estado.

A caracterização das estruturas presentes nas rochas que constituem os aquíferos é importante para se estimar o potencial hidrogeológico (ou de produção de água subterrânea)

de aquíferos fraturados. As rochas pré-cambrianas apresentam foliações orientadas segundo a direção nordeste, com variações para norte-nordeste e leste-nordeste. Um tipo de foliação importante nestes terrenos é a milonítica, que ocorre ao longo de faixas alongadas e intensamente deformadas, que correspondem a zonas de falha desenvolvidas em profundidade. Apesar de estruturalmente importantes, seu potencial hidrogeológico é normalmente baixo.

6.3.4.2.1.2 Aquífero Tubarão

Inserido na Depressão Periférica Paulista, o Aquífero Tubarão ocupa uma área de 20.700 km². É constituído pelas seguintes unidades geológicas: (1) Grupo Itararé e Formação Aquidauna (Permo-Carbonífero), depositados em ambiente glacial continental com ingressões marinhas; e (2) Grupo Guatá (Permiano), que contém as formações Tatuí (predominante), Rio Bonito e Palermo (subordinadas), depositado em ambiente marinho raso. O Grupo Guatá situa-se, estratigraficamente, abaixo do Grupo Passa Dois e o Grupo Itararé e Formação Aquidauna, acima do Grupo Paraná. Grande parte das duas últimas unidades (Itararé e Aquidauna) foi depositada diretamente sobre o embasamento pré-Cambriano (Perrotta *et al.* 2005).

Sua litologia é bastante variada, com complexa associação de arenitos, siltitos, ritmitos, diamictitos, folhelhos e conglomerados. Os arenitos e algumas lentes de material clástico grosseiro são, geralmente, ricos em matriz argilosa. A variação litológica é irregular, o que torna seu comportamento como aquífero extremamente heterogêneo e de difícil definição dos parâmetros hidrogeológicos (DAEE *et al.*, 2005).

Há influência positiva das fraturas sobre o potencial de produção do Aquífero Tubarão.

6.3.4.2.1.3 Aquífero Guarani

Ocorre na porção oeste do Estado de São Paulo, ocupando aproximadamente 76% do seu território. O aquífero Guarani aflora na faixa localizada a leste do estado, com uma área de 16.000 km², inserida na Depressão Periférica. Para oeste desta faixa aflorante, o aquífero encontra-se confinado pelos basaltos da Formação Serra Geral, numa extensão de cerca de 174.000 km². Nesta região, as águas do Guarani abastecem cidades importantes como São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Marília e Araçatuba (DAEE *et al.*, 2005).

A espessura do aquífero varia de aproximadamente 100 m na área aflorante até mais de 400 metros de espessura nas áreas centrais da Bacia, onde o pacote sedimentar encontra-se confinado pelos espessos derrames basálticos da Formação Serra Geral.

O Aquífero Guarani é constituído pelos arenitos da Formação Piramboia na base e da Formação Botucatu no topo. A Formação Piramboia, de origem flúvio-lacustre, é caracterizada por arenitos esbranquiçados amarelados, avermelhados e róseos, de granulação muito fina a média, intercalando finas camadas de lamitos argilosos, com estratificações plano-paralela e cruzadas planar e acanalada.

Já a Formação Botucatu, sobrejacente aos sedimentos subaquosos da Formação Piramboia, é constituída por um pacote de arenitos avermelhados, de granulação muito fina a média, friáveis, quartzosos, com bom arredondamento e esfericidade, bem selecionados, percentagem de material siltico-argiloso geralmente inferior a 5% e estratificações cruzadas de grande porte, caracterizando uma gênese de origem eólica em ambiente desértico.

O Aquífero Guarani é granular, homogêneo e regionalmente livre na sua porção aflorante. Na sua porção confinada, constitui um pacote contínuo desde sua área de afloramento, a leste, até o extremo oeste de São Paulo, estendendo-se para além dos limites territoriais do Estado de São Paulo e do Brasil. A recarga do aquífero ocorre principalmente nas áreas de afloramento das formações Botucatu e Piramboia, atravessada pelos rios Tietê, Piracicaba, Mogi-Guaçu, Pardo e Paranapanema, além de outros de menor vazão, como o rio do Peixe e o rio São José dos Dourados. Ocorre a recarga também nas zonas de fissuras dos basaltos em alguns altos estruturais situados no interior da bacia do Paraná. A água infiltrada para o aquífero apresenta um fluxo geral para oeste e para os basaltos sobrejacentes, porém a maior parte do escoamento subterrâneo é drenada para os rios como escoamento básico, ainda na área de recarga.

Pode haver também enriquecimento de elementos radioativos nas porções confinadas desse aquífero. No Estado de São Paulo têm sido realizadas medições rotineiras de radiatividade natural apenas em fontes de água mineral. Bonotto (2004) aponta a ocorrência de teores excessivos de elementos radioativos, como rádio e radônio, em diversos poços do Guarani (CETESB, 2009).

6.3.4.2.1.4 Aquífero Serra Geral

Os derrames basálticos da Formação Serra Geral e as intrusões diabásicas provenientes do mesmo evento, ocorrido há aproximadamente 138 a 127 milhões de anos, não constituem, por si, camadas aquíferas. O armazenamento de água ocorre somente ao longo de linhas estruturais (falhas e fraturas), nos horizontes vesiculares, nos interderrames e nos arenitos intertrapeanos (CETESB, 2009).

Os basaltos afloram numa extensão de cerca de 20.000 Km², estendendo-se por toda a região Oeste e Central do Estado, subjacentes aos sedimentos do Grupo Bauru. Sua espessura varia desde poucos metros, aumentando para Oeste, até 2.000 metros. A recarga para esse aquífero se dá através da precipitação pluvial sobre os solos basálticos, que vão atingir as zonas de alteração e fissuradas da rocha matriz.

Por se constituírem em aquíferos de fissuras, suas potencialidades relacionam-se à densidade de fraturamento, grau de alteração dos horizontes vesiculares, sistemas de alimentação e inter-relação com outros aquíferos, não podendo ser aferidas pelos parâmetros característicos dos aquíferos de interstícios, como porosidade e permeabilidade.

Apesar de ocorrer um grande intercâmbio de água com o aquífero Bauru sobrejacente e também com o aquífero Guarani sotoposto, as principais saídas de drenagem do aquífero basalto são os rios.

No caso dos basaltos do Aquífero Serra Geral, além das fraturas tectônicas, outros tipos de descontinuidades, importantes para a circulação e armazenamento da água, são representados por fraturas de resfriamento que podem ser verticais (disjunções colunares) ou sub-horizontais.

6.3.4.2.2 Água Subterrânea na Área de Influência Direta – AID e Área Diretamente Afetada - ADA

A Área Diretamente Afetada do RMB insere-se na região de ocorrência do Sistema Aquífero Tubarão. Este se encontra cortado, em diversos pontos, por intrusões de diabásio e recoberto por sedimentos cenozóicos em áreas próximas aos lineamentos de drenagem. O armazenamento e a circulação da água no Sistema Aquífero Tubarão se faz através dos interstícios dos sedimentos clásticos grosseiros (arenitos, conglomerados, diamictitos), que estão intercalados com camadas de sedimentos finos (lamitos, siltitos, folhelhos), que dificultam o escoamento da água subterrânea no sentido vertical, caracterizando uma situação de anisotropia com permeabilidade vertical inferior à horizontal. A alternância também em superfície de sedimentos grosseiros e finos com espessuras variadas acentua a heterogeneidade das propriedades desse sistema aquífero.

Sua área de recarga principal é a Serra de Araçoiaba, a permeabilidade natural é de $7,70 \times 10^{-2}$ m/dia acima do nível freático e de $2,91 \times 10^{-2}$ m/dia a $18,28 \times 10^{-2}$ m/dia abaixo do nível freático. A permeabilidade aparente é de $0,102 \times 10^{-2}$ m/dia e a transmissividade maior que zero até $1,0 \text{ m}^2/\text{dia}$, enquanto que a porosidade efetiva varia de 0,3 % a 3 % (DAEE, 1996).

De acordo com dados secundários obtidos por meio de estudos prévios realizados em ARAMAR, pode-se constatar a vulnerabilidade do aquífero à contaminação. Essa estimativa é feita com base no tipo de ocorrência da água, nas características dos estratos acima da zona saturada e na profundidade do nível freático. Na região da ADA, o aquífero superficial é do tipo não confinado, sua zona não-saturada é constituída predominantemente por solos silto-argilosos não-fraturados, e a profundidade média do nível freático fica entre 5 a 10 metros. Essas condições traduzem um índice de vulnerabilidade baixo, o que significa que a propagação de um contaminante pelo lençol freático se dará a baixas velocidades.

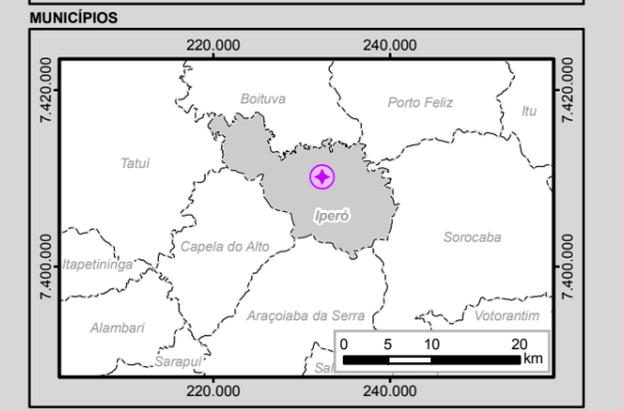
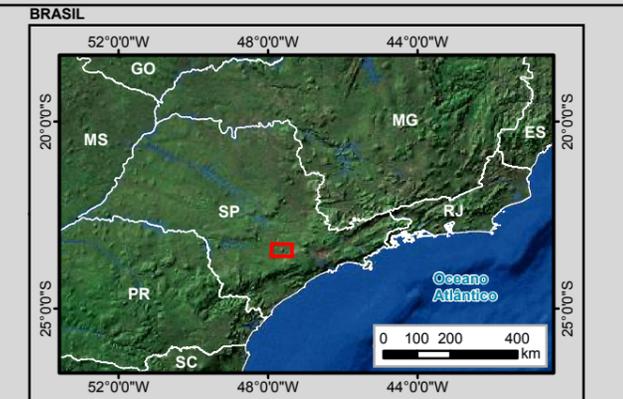
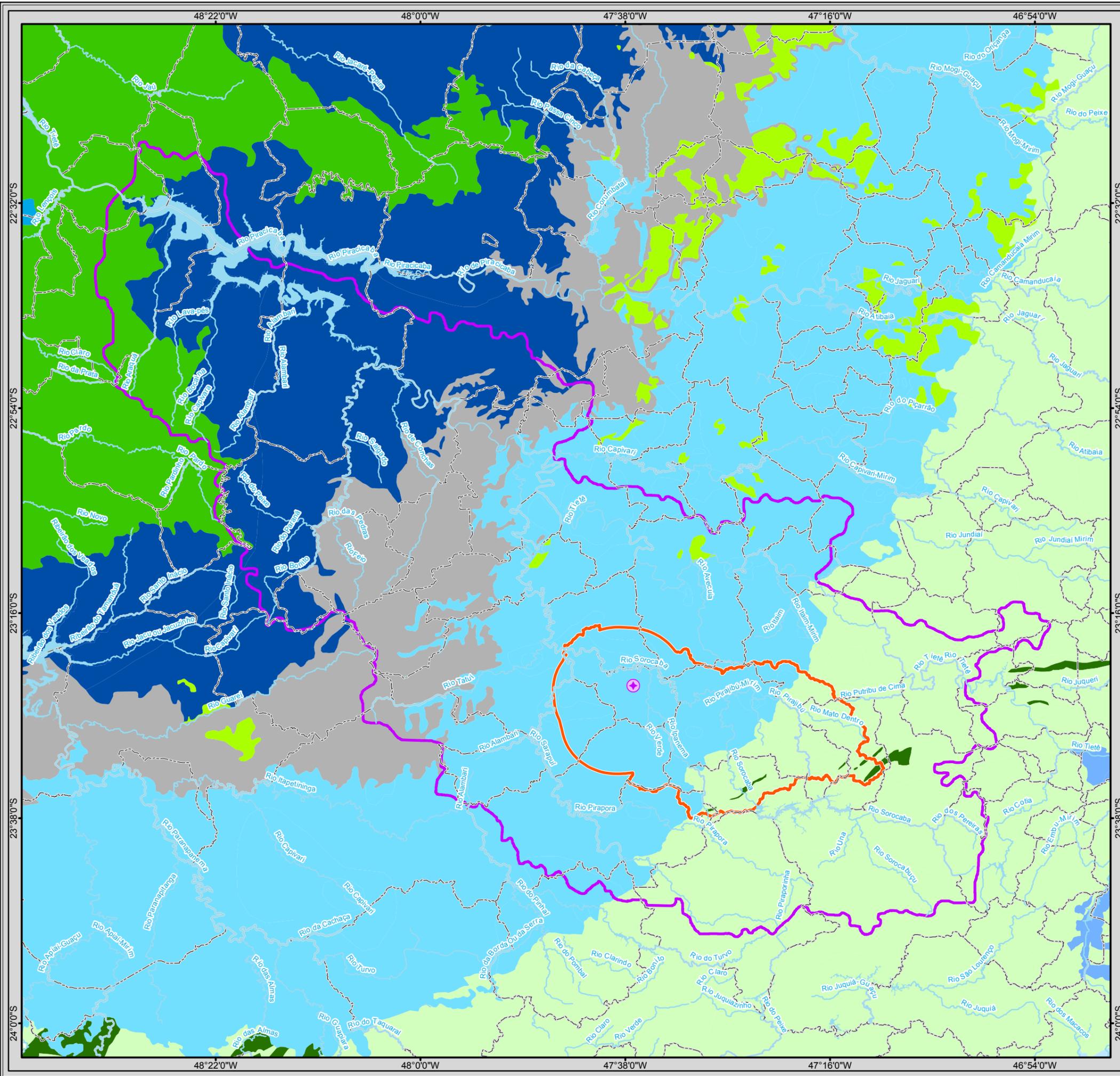
Entretanto, apesar da baixa vulnerabilidade do aquífero à contaminação, os parâmetros calculados não são suficientes para a determinação do tempo de percolação vertical do contaminante pela porção não saturada, até alcançar o nível freático. Primeiro, porque tal determinação depende da natureza e da carga do contaminante, e segundo, porque apesar do reconhecimento geral de que o solo desempenha um papel importante na atenuação e retardamento dos contaminantes, o fenômeno depende também de outros parâmetros, como teor de umidade do solo, altura da franja capilar, tensão interfacial, espessura do nível não saturado.

Desta forma, o estudo estima que a velocidade real com que a água se desloca pelo nível saturado é de 0,5 m/dia, isto é, 182,5 m/ano, resultando em um tempo de dois dias para o percurso de um metro ao longo da direção do fluxo da água. Assim, em resumo, pode-se

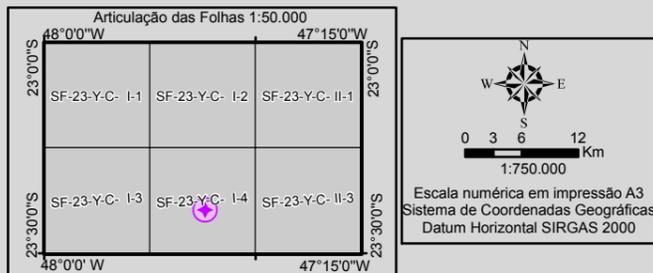
concluir que um contaminante à velocidade da água apresentaria um tempo estimado de percolação vertical de 17,94 dias/metro no nível não saturado e de percolação horizontal de 2 dias/metro após atingido o nível saturado.

Conhecidos esses valores, em caso de um acidente que venha a provocar a contaminação do solo, dispõe do tempo suficiente para contornar a situação, tomando as providências corretivas necessárias.

Segundos dados do DAEE, dos poços perfurados e cadastrados na Região Administrativa 4 (Sorocaba), 25,6% foram perfurados no Aquífero Tubarão (Grupo Itararé). Em termos de profundidade, 84,5% dos poços apresentam valores entre 40 e 200 metros, com valores médios da ordem de 100 m. Quanto ao volume de água retirado pelos poços explorados, para o ano de 1980 quando existiam 105 poços nesse aquífero chegou a $4,2 \times 10^6$ m³/ano.



- Legenda**
- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
 - Limite Municipal
 - Município de Iperó
 - Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Flona de Ipanema)
 - Área de Influência Indireta (Bacia Hidrográfica Sorocaba / Médio Tietê)
 - Curso d'água
 - Massa d'água
- Áreas de Influência dos Meio Físico**
- Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Flona de Ipanema)
 - Área de Influência Indireta (Bacia Hidrográfica Sorocaba / Médio Tietê)
- Aqüíferos**
- Aqüíferos Sedimentares**
- Tubarão
 - Guarani
 - Bauru
 - São Paulo
 - Litorâneo
- Aqüíferos Fraturados/ Cristalinos**
- Pré-cambriano
 - Pré-cambriano carstico
 - Serra Geral
 - Serra Geral, intrusivas
- Aqüicluda**
- Passa Dois



Identificação do Projeto		
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)		
Título do Mapa		
Mapa 18 – Hidrogeologia		
Empreendedor		
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear		
Responsável Técnico	Data: Maio/2013	
MRS	Fonte:	
Estudos Ambientais	Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010); Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000. Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009); Hidrogeologia: Serviço Geológico do Brasil (CPRM)	

6.3.4.2.2.1 Domínio Fraturado (Aquífero Cristalino)

O detalhamento do Complexo Granítico (Thorpe & Brown, 1985) foi realizado, nas adjacências da área diretamente afetada (ADA), em local situado dentro da área de influência direta (AID) especificamente na rodovia SP-268 próximo ao município de Araçoiaba da Serra (Figura 78). O corte de estrada descrito situa-se nas coordenadas UTM 227 992 E; 7399 944N, datum WGS 1984 zona 23 s. A litofácies descrita caracteriza-se por apresentar-se extremamente alterada por processo de intemperismo químico (oxidação), condicionando processo subordinado de saprolitização e conseqüentemente diminuindo o grau de compactação da rocha, tornando-a mais friável.

A descrição macroscópica do litotipo cartografado e definição de sua paragênese diagnóstica foi inviabilizada devido à textura ser muito fina. Com o objetivo de complementar as descrições, foi realizado estudo petrográfico e análises de Raio-x (Figura 79), porém, os limites de base e topo dessa unidade litodêmica não foram estipulados devido à insuficiência de dados que permitam essa abordagem. Os furos de sondagem realizados não são profundos o suficiente, sendo o avanço finalizado em litofácies pelíticas basais do Grupo Itararé (Diamictitos Ritimitos e Siltitos), sendo assim, os limites de espessura não é mensurável com precisão.



Figura 78- Fotografias do corte de estrada (Sp 268) em que se observa o padrão do Arenito Feldspático (Subarcóseo) descrito, agrupado no Complexo Granítico de Socorro Guaxupé.

Descrição Microscópica

Os constituintes principais presentes na rocha são:

- Quartzo (75%) - Ocorre em tamanho similar (bem selecionado), morfologia disforme, reduzido retrabalhamento (grãos angulosos), provavelmente com origem vulcânica por não apresentarem extinção ondulante e tamanho variando entre 0,15- 0,35 mm.
- Matriz Pelítica (12%) - O tamanho diminuto impossibilita a especificação
- Microclínio - Ocorre em tamanho similar (bem selecionado), morfologia disforme, retrabalhamento reduzido a moderado (grãos variando de sub-angulosos a angulosos), manifestando geminação da albíta periclínea típica, provavelmente com origem vulcânica por não apresentarem extinção ondulante e tamanho variando entre 0,1-0,2 mm.
- Plagioclásio- Ocorre em tamanho similar (bem selecionado), morfologia disforme, moderado retrabalhamento (grãos angulosos), manifestando

geminção lei da albita diagnóstica, provavelmente com origem vulcânica por não apresentarem extinção ondulante e tamanho variando entre 0,1-0,2 mm.

Discussão

Observa-se um incipiente processo de sericitização dos plagioclásios, sendo a rocha imatura mineralogicamente e texturalmente, indicando retrabalhamento mínimo e conseqüentemente *locus* deposicional próximo à área fonte. A porosidade primária é reduzida devido à rocha ser constituída predominantemente por arcabouço com posterior cimentação de sílica preenchendo os vazios e os grãos de quartzo apresentam película de óxido de ferro.

A matriz observada é predominantemente arenosa com reduzido conteúdo de material pelítico.

Interpretação

Rocha constituída por grãos de tamanho definido no intervalo areia fina. A compartimentação é definida predominantemente por arcabouço de quartzo, microclínio e plagioclásio com ocorrência de matriz pelítica em reduzida proporção, definindo assim a fase sedimentar. As imaturidades textural e mineralógica sugerem transporte sedimentar restrito com deposição proximal, sendo o provável ambiente deposicional fluvial de fácies rio meandrante.

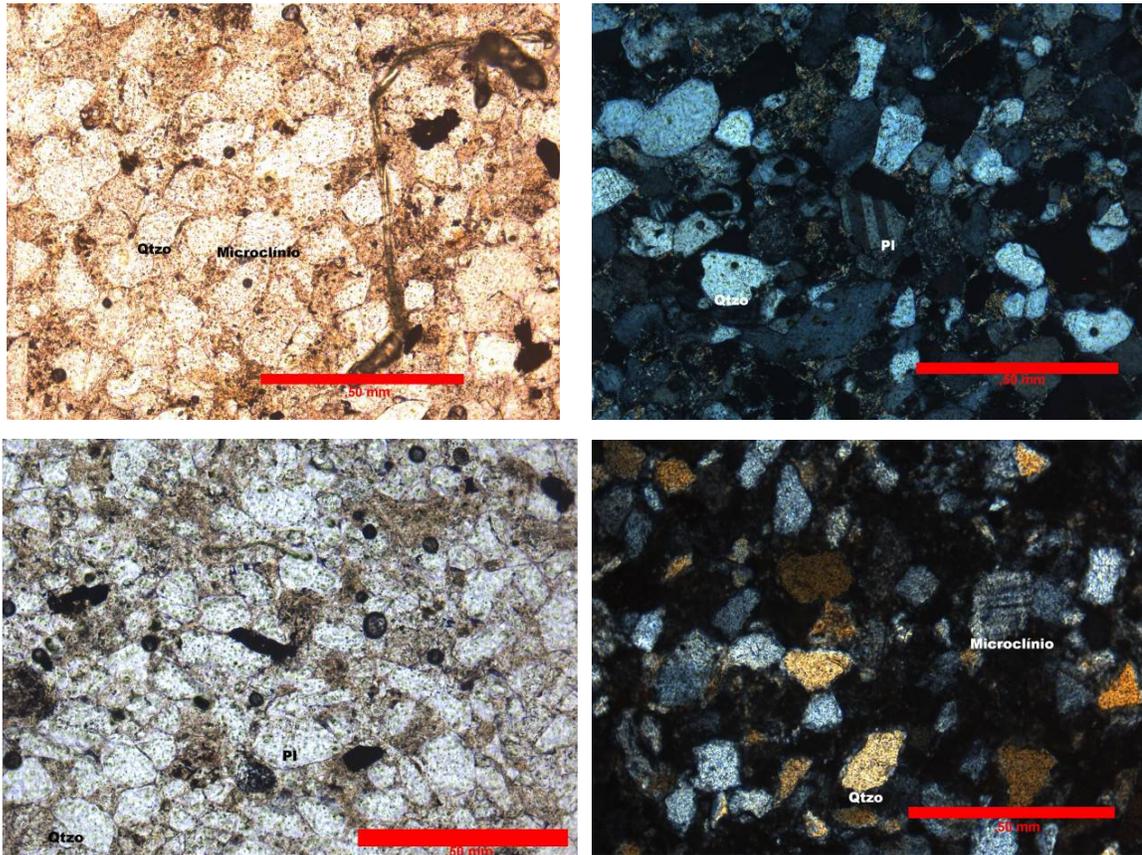


Figura 79 - Fotomicrografias que mostram o mal selecionamento dos grãos que definem o arcabouço e a reduzida proporção de matriz pelítica.

6.3.4.2.2 Identificação por Difratoimetria de Raios-X

Método Analítico

- Amostra Total

A amostra foi pulverizada e compactada a seco em lâmina de vidro. A análise de difratometria de raios-x foi procedida em equipamento RIGAKU ULTIMA-IV operando com tubo de cobre e filtro de níquel, sob voltagem de 35 kv e 15 mA, velocidade de varredura de 5°/minuto, no intervalo de 3° a 80° - 2θ.

Para a interpretação dos difratogramas foi utilizado o software JADE 9.0, tendo o banco de dados PDF-ICDD

Resultados

Quartzo como maior constituinte, Montmorillonite, Microclínio e Albita como menores constituintes, Ferroedenite, Magnetita e Ilita como constituintes traço.

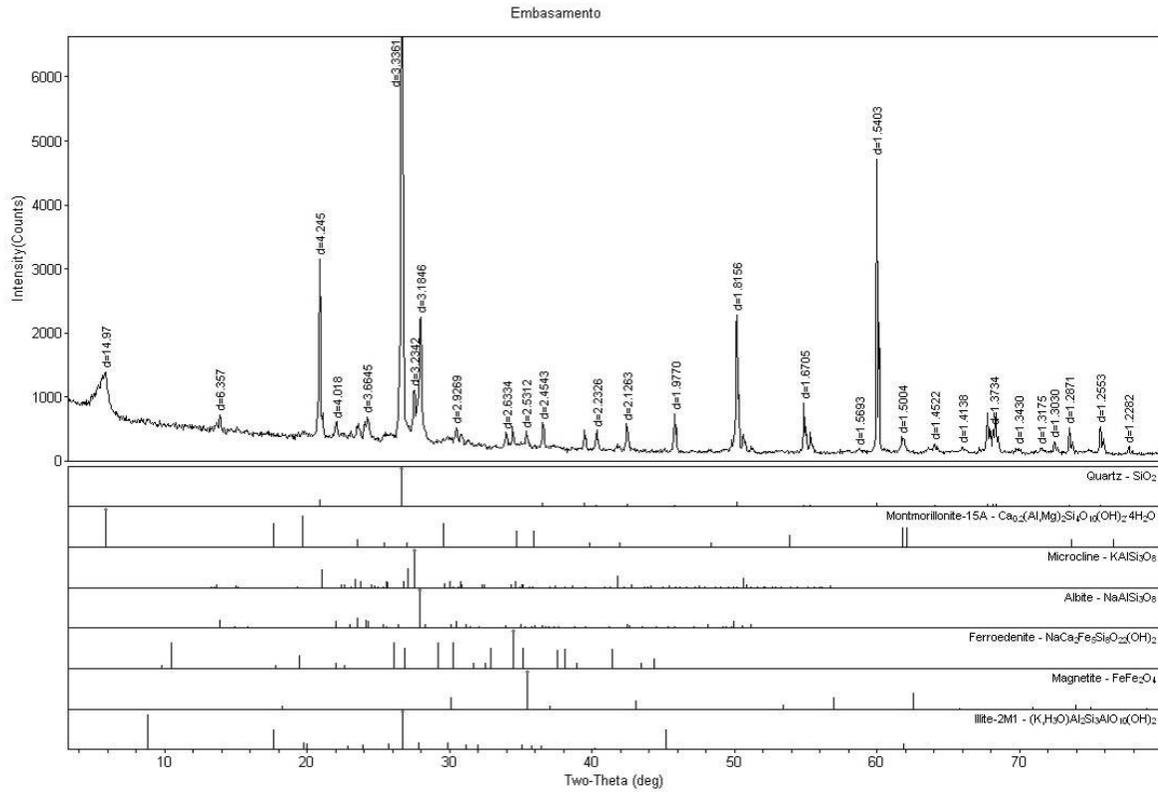


Figura 80 -Difratograma de raios-x mostrando as fases minerais observadas e suas respectivas respostas.

6.3.4.2.2.3 Aquífero Tubarão

O Aquífero Tubarão é um aquífero poroso, que ocorre em rochas sedimentares, sedimentos inconsolidados e solos. Aquíferos desse tipo são considerados bons produtores de água e ocorrem em grandes áreas (CETESB, 2009).

O sistema aquífero Tubarão está presente em uma região do Estado de S. Paulo onde se localizam importantes núcleos urbanos e industriais. Trata-se de um sistema de expressão regional, porém descontínuo, com corpos mais arenosos intercalados em camadas de siltito, ritmitos e lamitos. Tem espessura total da ordem de 1000 metros. É explorado por poços que alcançam profundidades até 350m (SÃO PAULO, 2004).

O Aquífero Tubarão é constituído pelas seguintes unidades geológicas do Mapa Geológico do Estado de São Paulo (PERROTTA *et al.* 2005, apud MAPA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005):

- Grupo Itararé e Formação Aquidauna (Permo-Carbonífero), depositados em ambiente glacial continental com ingressões marinhas; e
- Grupo Guatá (Permiano), que contém as formações Tatuí (predominante), Rio Bonito e Palermo (subordinadas), depositado em ambiente marinho raso.

O Grupo Guatá situa-se, estratigraficamente, abaixo do Grupo Passa Dois e o Grupo Itararé e Formação Aquidauana, acima do Grupo Paraná. Grande parte das duas últimas unidades (Itararé e Aquidauana) foi depositada diretamente sobre o embasamento pré-Cambriano.

O Grupo Itararé constitui a unidade aquífera principal e compreende uma complexa associação de diamictitos, ritmitos, siltitos, argilitos, folhelhos, conglomerados e arenitos, de cor cinza claro a escuro, que se sucedem tanto na vertical como na horizontal; as camadas destas rochas sedimentares podem alcançar várias dezenas de metros de espessura e associam-se a diversos subambientes do ambiente glacial, isto é, fluvial, marinho, lacustre, praiano, deltáico, entre outros. De acordo com DAEE (1982 apud MAPA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005) a espessura do Grupo Itararé, na sua porção aflorante, pode alcançar cerca de 800 m.

A Formação Aquidauana, que está presente na porção nordeste do aquífero, é constituída principalmente por arenitos, conglomerados, siltitos e folhelhos. Depositou-se, sob influência do ambiente glacial, em subambientes fluvial e lacustre. A base desta formação jaz sobre o embasamento pré-Cambriano e seu contato superior é feito, por discordância erosiva, com a Formação Tatuí ou com as unidades superiores. A Formação Aquidauana pode atingir espessuras de cerca de 300 m na região de Mococa.

Nas rochas do Grupo Itararé e Formação Aquidauana intercalam-se soleiras de diabásio da Formação Serra Geral, principalmente ao norte de Campinas.

A Formação Tatuí, com espessuras médias de 30 a 50 m (na porção aflorante), podendo ultrapassar os 70 m, é constituída predominantemente de siltitos e subordinadamente de arenitos, calcários, folhelhos e sílex. No contato superior com a Formação Irati, pode conter arenito conglomerático ou conglomerado com seixos de sílex.

Conforme descrito no Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo (2005), a Depressão Periférica, onde está inserida a faixa aflorante do Aquífero Tubarão, foi subdividida em: (1) Zona do Mogi-Guaçu, de colinas amplas de topos tabulares e altitudes entre 500 e 650 m; (2) Zona do Paranapanema, de colinas de topos convexos e tabulares e altitudes entre 600 e 700 m; e (3) Zona do Médio Tietê, de colinas amplas de topos tabulares e convexos e altitudes entre 500 e 650 m.

A partir da linha do contato do Aquífero Tubarão com o embasamento pré-Cambriano, a espessura do aquífero aumenta em direção a oeste, para o interior da Bacia do Paraná. O contorno estrutural da base do Aquífero Tubarão mostra porções elevadas e rebaixadas do embasamento (Figura 81), sendo parte delas anteriormente descritas para as regiões entre Salto de Pirapora e Itu (ODA, 1998), Campinas (IG, 1993), porção média da bacia do rio Piracicaba (IG, 1995) e das cidades de Tietê, Capivari e Mombuca (VIDAL, 2002). Algumas porções rebaixadas do embasamento atingem as seguintes altitudes: 300 m em Campinas, 250 m em Itu, e aproximadamente o nível do mar na região de Mombuca (MAPA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005).

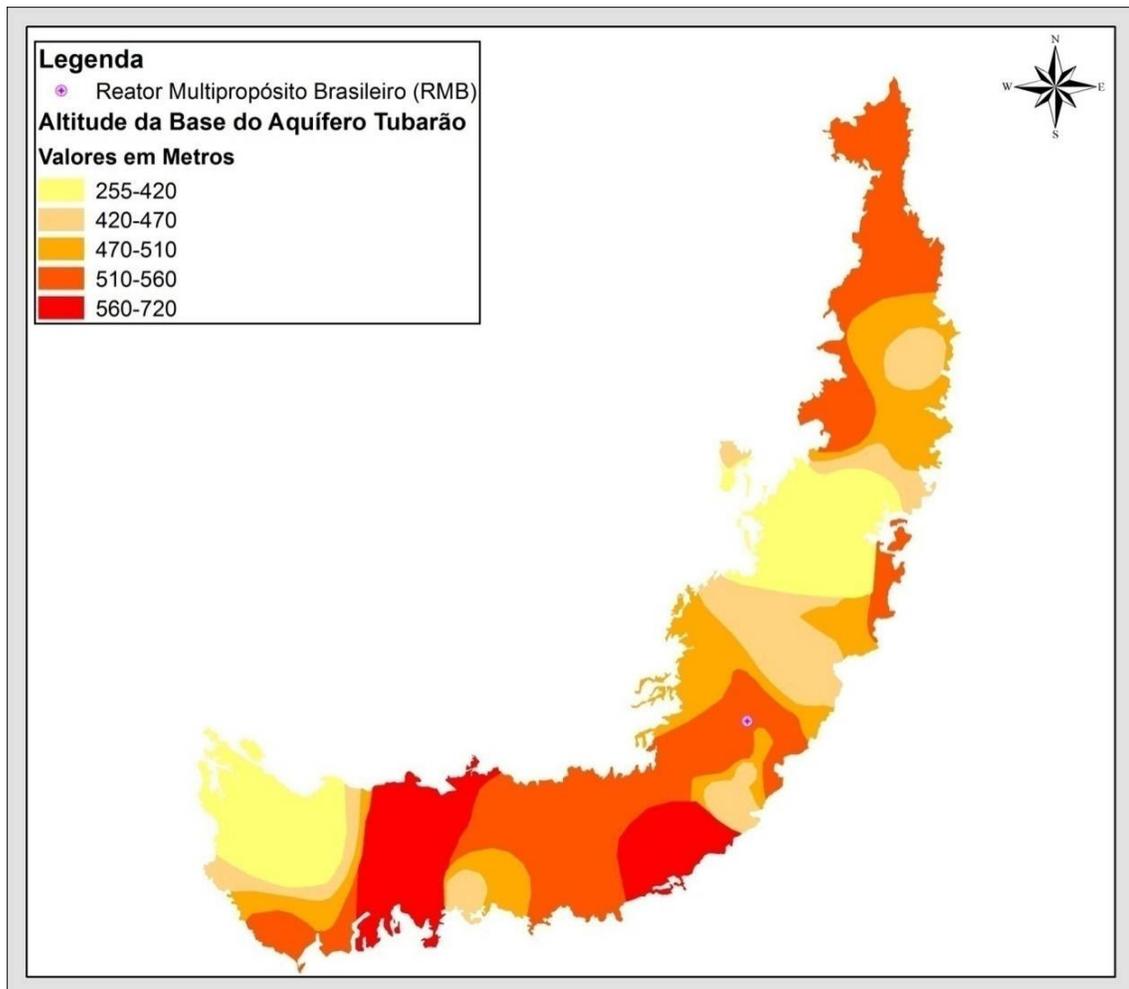


Figura 81 - Contorno estrutural da base do Aquífero Tubarão.

Fonte: Adaptado de Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, 2005.

As principais características geométricas e hidráulicas e hidrogeológicas do sistema aquífero Tubarão apresentadas no Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de S. Paulo (SRHSO/SP, DAEE, 1999) encontram-se na Tabela 38.

Tabela 38 - Síntese das características gerais do Aquífero Tubarão.

Sistema Aquífero	Unidade Aquífera	Características Hidrogeológicas	Unidade Geológica	Geometria Do Aquífero				Hidráulica Do Aquífero						
				Área. (Km ²)	Em (M)	Exsub (Km ²)	Ec (M)	Q (M ³ /H)	Prof. (M)	CE (m ³ /h/m)	T (m ² /d)	K (m/d)	S (adm)	
TUBARÃO	Aquidauana	--	Formação Aquidauana (CPa) - Depósitos continentais predominando arenitos vermelho-arroxeados, médios a grossos feldspáticos, e subordinadamente arenitos finos, conglomerados, siltitos, folhelhos rítmicos e diamictitos.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	Itararé	Extensão regional, granular (localmente fissurado), livre a semi-confinado, heterogêneo, descontínuo, anisotrópico (localmente descontínuo e isotrópico)	Formação Tatuí (Ptt) - Depósitos marinhos com estratificação plano-paralela, predominando siltitos, arenitos finos em parte concrecionados, calcários, sílex, cor vermelha-arroxeadada na parte inferior e esverdeado na parte superior.											
			Formação Palermo (Pp) - Depósitos marinhos com predominância de siltitos cinza esverdeados e subordinadamente arenitos finos a médios e conglomerados, frequentes concreções, nódulos e leitos sílexíticos.											
			Formação Rio Bonito (Prb) - Depósitos essencialmente marinhos com predominância de siltitos e folhelhos com níveis carbonático-argilosos e subordinadamente arenitos muito finos.	20.700	1.000	165.000	1.600	3 a 30	100 a 300	0,005 a 8,5	0,3 a 200,0	0,002 a 0,7	0,0001 a 0,05	
		Formação Itararé (CPi) - Depósitos glaciais continentais, glácio-marinhos, fluviais deltáicos lacustres e marinhos compreendendo principalmente arenitos de granulação variada, imaturos, passando a arcósios, conglomerados, diamictitos, tilitos, siltitos, folhelhos, ritmitos, raras camadas de carvão.												

Fonte: Adaptado de SRHSO/SP, DAEE, 1999.

Potencialidade

Os estudos realizados pelo Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo (2005) contaram com uma avaliação de 853 poços cadastrados pelo DAEE e do IG. Os poços selecionados representam as características principais do Aquífero Tubarão.

Os resultados obtidos (MAPA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005) identificaram que a capacidade específica, disponível para os poços selecionados, oscila entre 0,002 e 4,67 m³/h/m (Figura 82) e apresenta média, mediana e desvio padrão de 0,30 m³/h/m, 0,11 m³/h/m e 0,54, respectivamente. O estudo apontou a presença de áreas pontuais ou “ilhas” de elevada produtividade (2,2 a 4,6 m³/h/m), próximas a áreas de baixa e média produtividade, indicando a compartimentação do sistema em escala local.

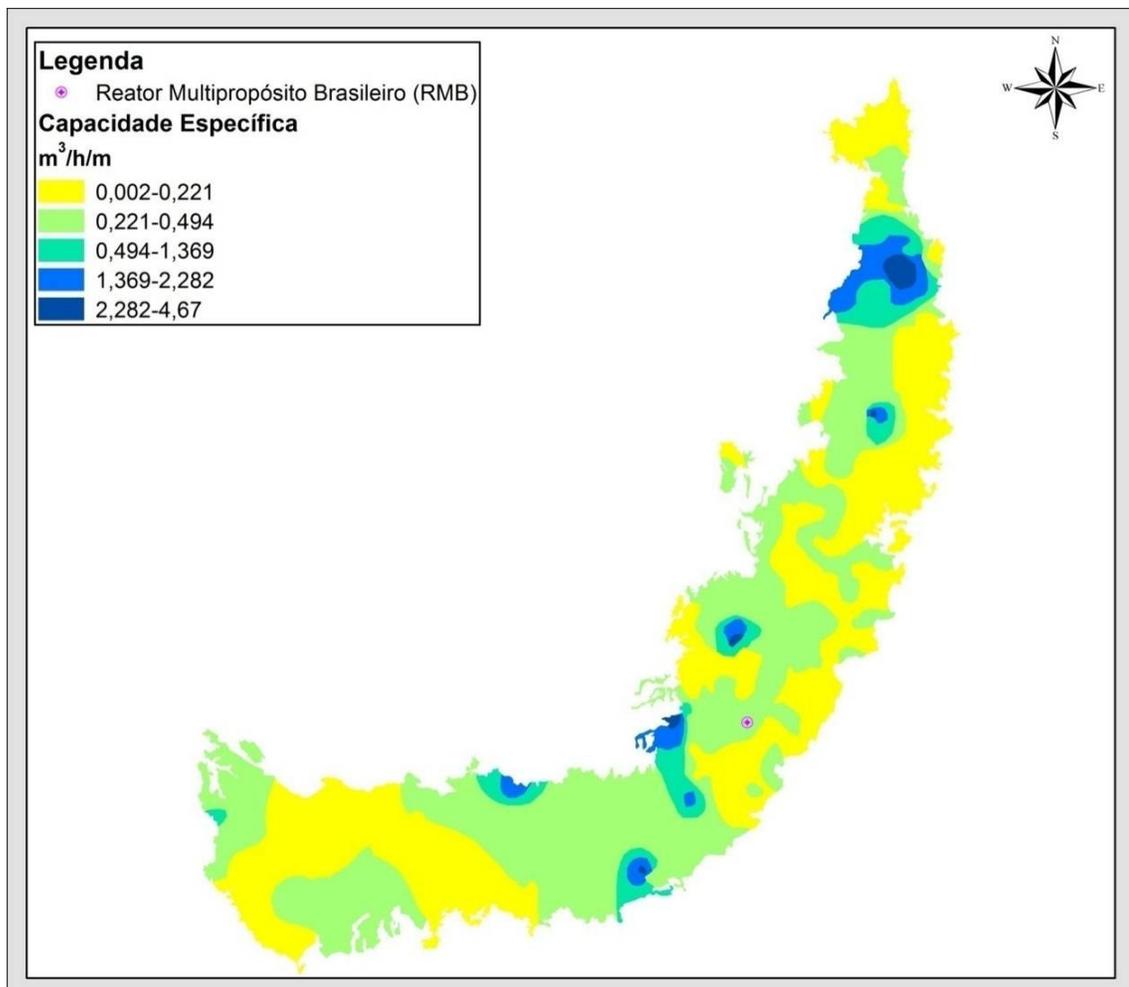


Figura 82 - Capacidade Específica do Aquífero Tubarão.

Fonte: Adaptado de Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, 2005.

Nas regiões com baixa densidade de poços observou-se a predominância de extensas áreas com valores médios (0,49 a 0,87 m³/h/m) e baixos (0,002 a 0,21 m³/h/m) de capacidade específica. De acordo com DAEE (1981, 1982, apud MAPA DE ÁGUAS

SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005), a transmissividade está entre 0,30 e 40 m²/dia, podendo alcançar até 150 m²/dia.

Os valores da mediana para o nível estático, espessura saturada e profundidade dos poços foram de 18 m, 134 m e 152 m, respectivamente.

A análise dos dados dos poços recomendou uma profundidade máxima de 150 m para a abertura de novos poços, e um rebaixamento máximo da ordem de 30 m (aproximadamente 25% da espessura saturada mediana). É também proposto um espaçamento mínimo de 500 m entre poços (ou 4 poços/km²) (MAPA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005). Estas recomendações foram feitas com o intuito de evitar a ocorrência de rebaixamentos elevados da superfície potenciométrica.

Os resultados obtidos para as faixas de vazão recomendadas para este aquífero constata a heterogeneidade do mesmo, ressaltada pelas variações locais da vazão explorável. O aquífero apresenta faixas de 0 a 40 m³/h, com predominância de 0 a 10 m³/h. Valores superiores a 10 m³/h foram encontrados próximo às cidades de Barão de Antonina, Itapeva, Pilar do Sul, Iperó, Tietê, Capivari e na faixa entre Araras e Casa Branca (MAPA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005). No caso específico da área da propriedade do empreendimento, a vazão do aquífero encontra-se nas faixas de 10 a 20 m³/h e 20 a 40 m³/h (Figura 83) (CETESB, 2010).

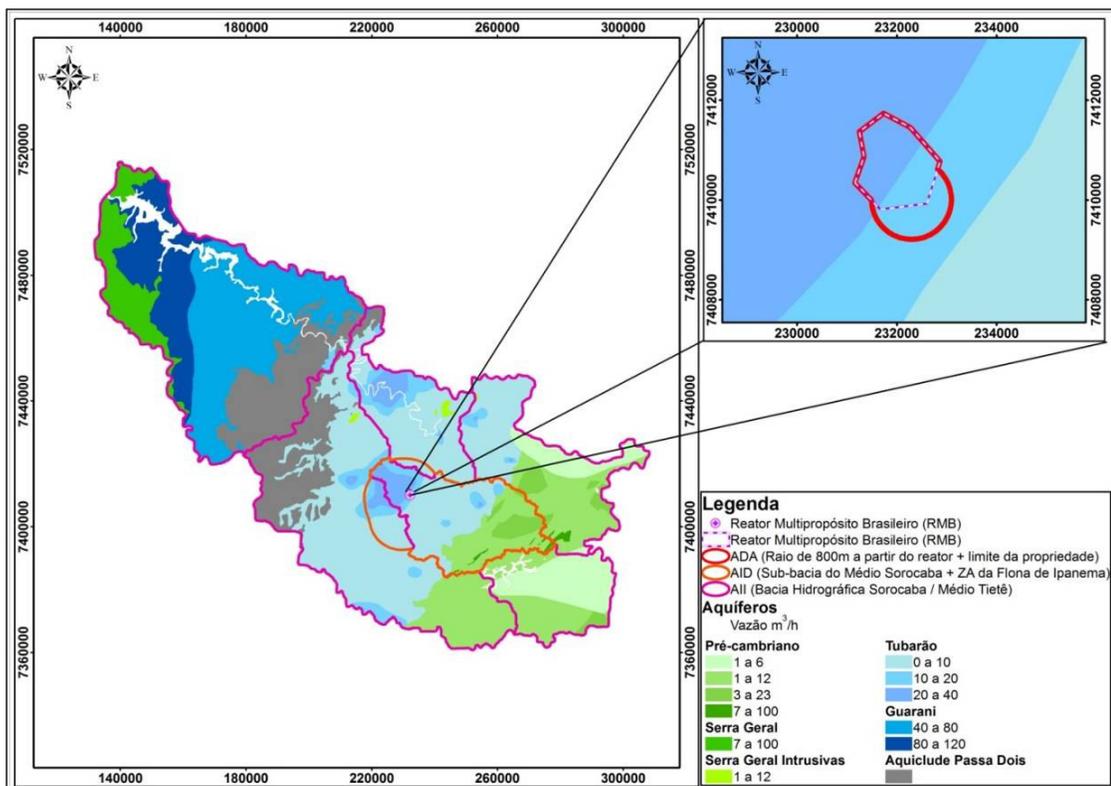


Figura 83 - Vazão explorável do Aquífero Tubarão.
Fonte: CETESB, 2010.

Qualidade Química Natural das Águas Subterrâneas

A CETESB possui uma Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas para o estado de São Paulo. O monitoramento é feito em poços tubulares e nascentes, selecionados de forma a abranger os diferentes aquíferos do Estado, em suas diversas áreas e forma de ocorrência (CETESB, 2010).

Os pontos que monitoram o Aquífero Tubarão estão localizados nos municípios de Capela do Alto, Cesário Lange, Iperó, Sarapuí e Tatui.

São analisados 40 parâmetros, divididos em (CETESB, 2010):

- Parâmetros Físicos: temperatura da água e do ar, turbidez, cor aparente, sólidos dissolvidos totais e sólidos dissolvidos.
- Parâmetros Químicos: alcalinidade bicarbonato, alcalinidade carbonato, alcalinidade hidróxido, condutividade, dureza, nitrogênio total, nitrogênio nitrito, nitrogênio amoniacal total, nitrogênio kjeldhal total, carbono orgânico dissolvido, sulfato e as concentrações totais de alumínio, antimônio, arsênio, bário, berílio, boro, cálcio, cloreto, chumbo, cobre, cromo, estrôncio, ferro, fluoreto, magnésio, manganês, sódio, potássio e zinco.
- Parâmetros Microbiológicos: bactérias heterotróficas, Clostridium perfringens, Escherichia coli e coliformes totais.

As águas do Aquífero Tubarão variam de doces a fracamente salinas, com pH de 4,4 a 10. Anomalias hidroquímicas com valores pontuais excessivos de fluoreto, sódio e sulfato são encontradas como mostram os resultados apresentados na Tabela 39.

Tabela 39 - Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas para o Aquífero Tubarão no período 2007 a 2009.

Parâmetro	Unidade	Valor Máximo Permitido	Aquífero Tubarão (14 pontos)			
			Mínimo	Máximo	Mediana	3º Quartil
pH	--	6,0 - 9,5 ²	4,4	10	7,65	8,8
Temperatura	°C	--	22	28,6	24	26,15
Condutividade Elétrica	µS cm ⁻¹	--	8	1070	299	386,5
Sólidos Dissolvidos Totais	mg L ⁻¹	1000 ²	<50	618	205,7	259
Sólidos Totais	mg L ⁻¹	--	<50	628	214,9	266,8
Dureza Total	mg L ⁻¹ CaCO ₃	500 ²	0,2	113	25,8	47,9
Alcalinidade Bicarbonato	mg L ⁻¹ CaCO ₃	--	<2	290	101,74	148,5
Alcalinidade Carbonato	mg L ⁻¹ CaCO ₃	--	0	177	<2	31,9

Parâmetro	Unidade	Valor Máximo Permitido	Aquífero Tubarão (14 pontos)			
			Mínimo	Máximo	Mediana	3º Quartil
Alcalinidade Hidróxido	mg L ⁻¹ CaCO ₃	--	0	43	<2	<2
Carbono Orgânico Dissolvido	mg L ⁻¹ C	--	<1	26,4	2,1	5,7
Alumínio	mg L ⁻¹ Al	0,2 ¹	<0,01	0,22	<0,02	0,02
Antimônio	mg L ⁻¹ Sb	0,005 ¹	<0,002	<0,002	--	--
Arsênio	mg L ⁻¹ As	0,01 ¹	<0,0002	0,0021	--	--
Bário	mg L ⁻¹ Ba	0,7 ¹	0,004	0,25	0,03	0,08
Berílio	mg L ⁻¹ Be	4 ⁴	<0,0001	<0,005	0,0015	<0,005
Boro	mg L ⁻¹ B	0,5 ¹	<0,01	0,21	<0,03	0,04
Cádmio	mg L ⁻¹ Cd	0,005 ¹	<0,0001	0,0003	<0,0001	<0,0001
Cálcio	mg L ⁻¹ Ca	--	0,08	50	9,53	15,85
Chumbo	mg L ⁻¹ Pb	0,01 ¹	<0,001	<0,01	<0,002	<0,004
Cloreto	mg L ⁻¹ Cl	250 ²	0,3	26,9	1,16	5,25
Cobre	mg L ⁻¹ Cu	2 ¹	<0,004	0,06	<0,01	<0,01
Crômio	mg L ⁻¹ Cr	0,05 ¹	<0,0005	0,002	<0,001	<0,002
Estrôncio	mg L ⁻¹ Sr	--	<0,0002	0,778	0,0772	0,23
Ferro	mg L ⁻¹ Fe	0,3 ¹	<0,01	0,15	0,015	0,03
Fluoreto	mg L ⁻¹ F	1,5 ¹	0,06	1,75	0,1	0,4
Magnésio	mg L ⁻¹ Mg	--	0,02	7	0,91	3,3875
Manganês	mg L ⁻¹ Mn	0,4 ¹	<0,0003	0,212	0,0065	0,0292
Nitrogênio Nitrato	mg L ⁻¹ N	10 ¹	<0,2	2,4	<0,2	<0,2
Nitrogênio Nitrito	mg L ⁻¹ N	1 ²	<0,004	0,19	<0,01	<0,01
Nitrogênio Amoniacal	mg L ⁻¹ N	1,5 ²	<0,03	7,35	<0,1	<0,1
Nitrogênio Kjeldhal Total	mg L ⁻¹ N	--	0,1	7,59	<0,5	0,5
Potássio	mg L ⁻¹ K	--	0,043	6,68	1,27	2,105
Sódio	mg L ⁻¹ Na	200 ²	0,27	234	23,7	85,9
Sulfato	mg L ⁻¹ SO ₄	250 ²	<1	198	<10	15,5
Zinco	mg L ⁻¹ Zn	1,05 ³	<0,001	0,473	<0,01	0,011
Bactérias Heterotróficas	UFC mL ⁻¹	500 ²	0	290	0	9
Coliformes totais	P/A 100 mL ⁻¹	Ausente 2	Presente em 4 das 82 amostras		Ausente	Ausente
Escherichia coli	P/A 100 mL ⁻¹	Ausente 2	Ausente		Ausente	Ausente

Parâmetro	Unidade	Valor Máximo Permitido	Aquífero Tubarão (14 pontos)			
			Mínimo	Máximo	Mediana	3º Quartil
Clostridium perfringens	UFC mL ⁻¹	--	<1	<1	<1	<1

VMP – (1) Valor Orientador de Intervenção estabelecido pela CETESB ; (2) Padrão de Potabilidade da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (3) Resolução CONAMA 420/09 e (4) VMP para consumo humano da Resolução CONAMA 396/08.

Fonte: CETESB, 2010.

As águas desse aquífero apresentam-se preponderantemente como bicarbonatadas sódicas e bicarbonatadas mistas e, secundariamente, como sulfatadas sódicas.

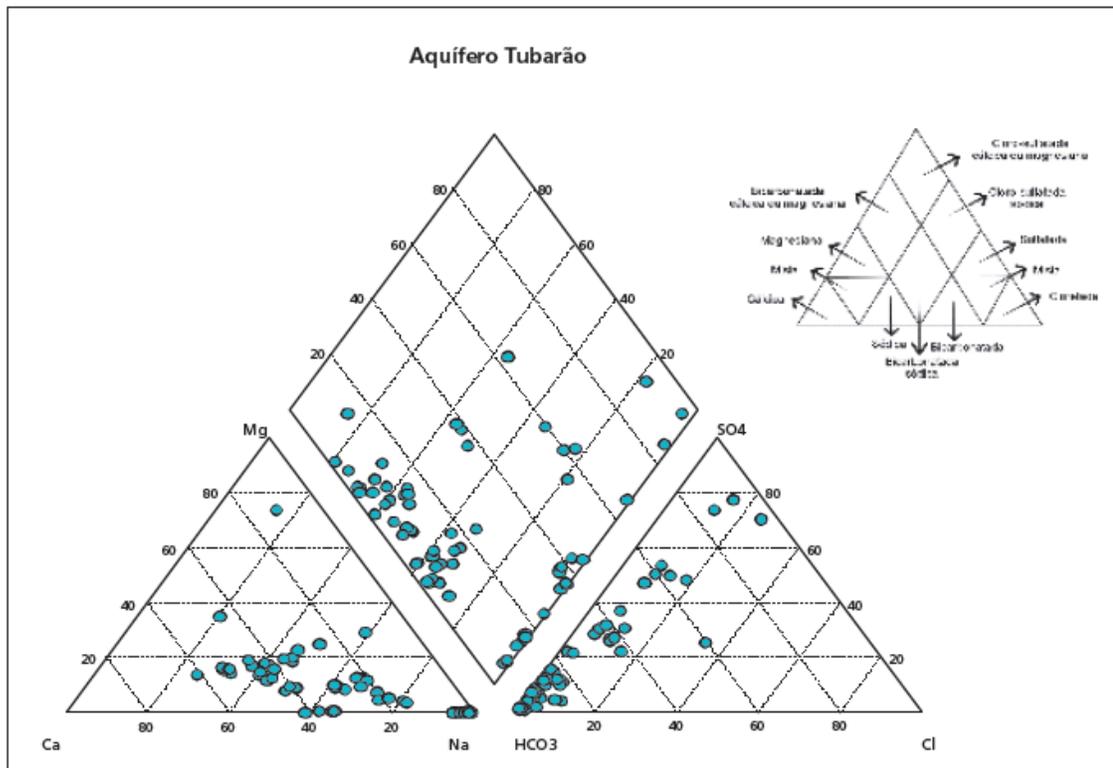


Figura 84 - Classificação das águas do Aquífero Tubarão, segundo o Diagrama de Piper.

Nessa unidade, as águas desse Aquífero são mais salinizadas e apresentam pH variando entre 6,7 a 9,2, bem como maior variação para os resultados de condutividade elétrica, dureza, alcalinidade de bicarbonato, sólidos totais dissolvidos, cloreto, sulfato, sódio e fluoreto, tendo os dois últimos parâmetros valores de concentração que ultrapassam o Padrão de Potabilidade.

Em comparação com os outros aquíferos é o que apresenta maior teor de sais e enriquecimento de sódio, fluoreto e sulfato. Observa-se também aumento das concentrações dos compostos nitrogenados principalmente do nitrogênio amoniacal e Kjeldhal (CETESB, 2010).

Conforme informações do Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo (2005) os valores de pH e o resíduo seco (valores entre 21 a 421 mg/L), fazem com que as águas do aquífero Tubarão sejam adequadas ao abastecimento público e uso geral.

Qualidade da Água Subterrânea na Área Diretamente Afetada

Na Área Diretamente Afetada foram feitas coletas de água, para análise, no lago situado dentro da Flona Ipanema, que em linha reta, encontra-se a aproximadamente 3,5 km da área do RMB e em um poço artesiano já existente no local, cuja localização está apresentada na Figura 85. A análise da qualidade de sua água abrangeu parâmetros orgânicos também, além dos físico-químicos e bacteriológicos.

Um lago, de acordo com a sua origem, pode ser natural (um lago) ou artificial (uma represa ou reservatório). Entretanto, existe uma gama de variedade de lagos incluída nessas duas categorias. Os lagos artificiais geralmente têm carga de saída controlada, e os naturais não.

Para o caso do lago da Flona Ipanema, sabe-se que o mesmo é resultado de uma atividade de exploração mineral que atingiu o lençol freático. Essa atividade mineradora não é mais realizada na área, estando a mesma em processo de descomissionamento. Atualmente a área pertence à Flona Ipanema.

Apesar de ter sido formado por atividade de escavação que atingiu o lençol freático, seus parâmetros não podem ser tomados como representativos da qualidade da água subterrânea local. Uma vez que, por estar exposto às ações do tempo (evaporação e precipitação), com contaminação pelas águas pluviais, concentração a partir da evaporação e por sua formação através de atividade impactante (mineração). Dessa forma, foi realizada amostragem de água de um poço artesiano existente na AID.

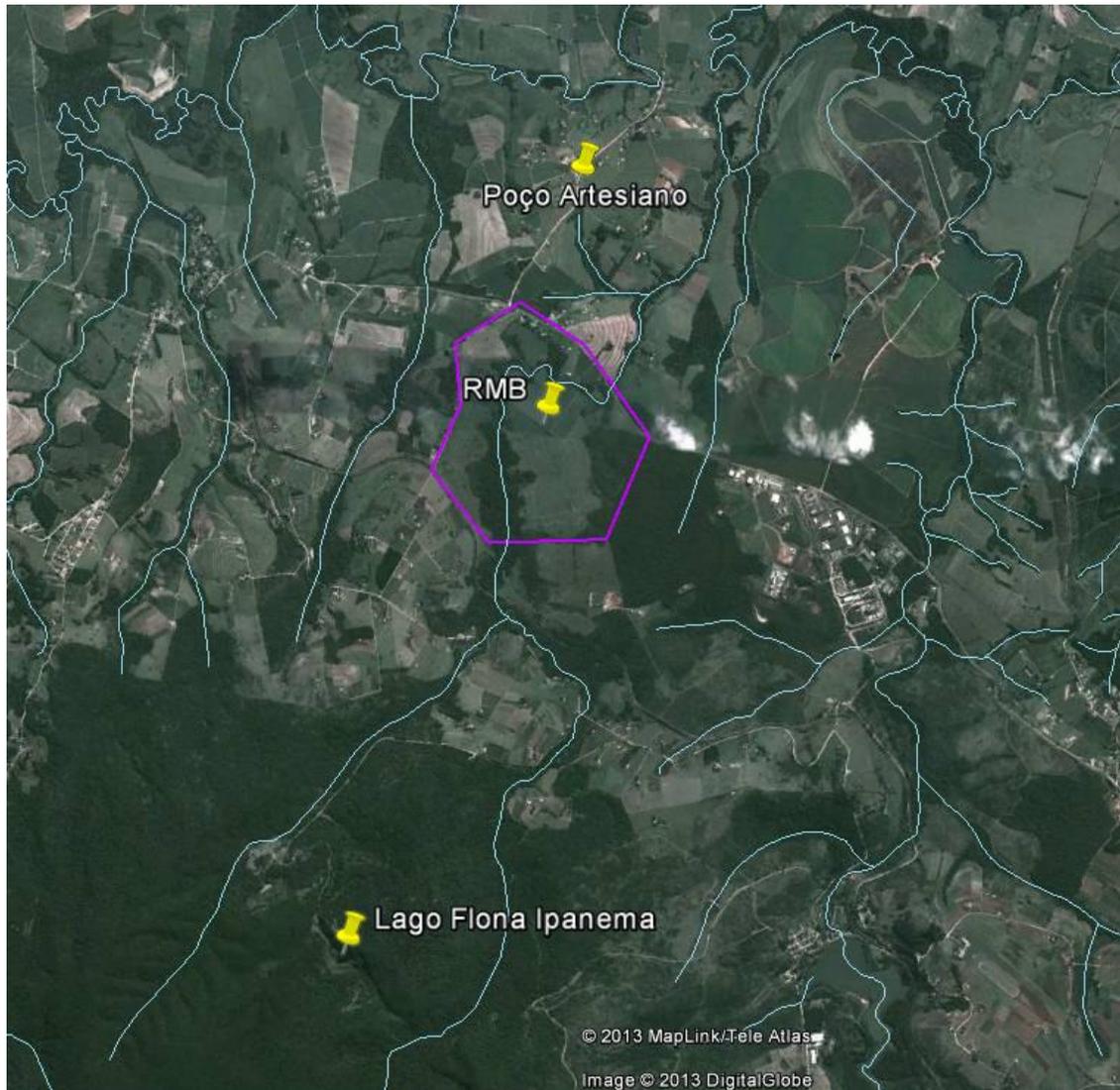


Figura 85 – Localização do pontos de coleta.

- Resultados

A análise de água do lago artificial localizado na Flona Ipanema comparou os resultados obtidos com os valores máximos permitidos pela resolução CONAMA 357 art. 15, de 17 de março de 2005 e pela Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde (Tabela 40). Os laudos encontram-se no ANEXO V.

Tabela 40 – Resultados das análises físico, química e biológica de amostras de água do Lago da Flona Ipanema.

Parâmetros (Unidade)	Resultados analíticos Lago da Flona	VMP CONAMA 357 ART (Classe II)	VPM Portaria 2.914/11 Ministério da Saúde
Acrilamida (µg/L)	< 0,1	0,5	0,5
Alaclor (µg/L)	< 0,005	20	20
Aldrin + Dieldrin (µg/L)	< 0,005	0,005	0,03
Atrazina (µg/L)	< 0,01	2	2
Benzeno (mg/L)	< 0,001	0,005	5

Parâmetros (Unidade)	Resultados analíticos Lago da Flona	VMP CONAMA 357 ART (Classe II)	VPM Portaria 2.914/11 Ministério da Saúde
Benzo(a)antraceno (µg/L)	< 0,01	0,05	-
Benzo(a)pireno (µg/L)	< 0,01	0,05	0,7
Benzo(b)fluoranteno (µg/L)	< 0,01	0,05	-
Benzo(k)fluoranteno (µg/L)	< 0,01	0,05	-
Carbaril (µg/L)	< 0,02	0,02	-
Clordano - cis e trans (µg/L)	< 0,02	0,04	0,2
2-Clorofenol (µg/L)	< 0,1	0,1	-
Criseno (µg/L)	< 0,01	0,05	-
2,4-D (µg/L)	< 0,1	4	
Demeton - Demeton-O e Demeton-S (µg/L)	< 0,06	0,1	-
Dibenzo(a,h)antraceno (µg/L)	< 0,01	0,05	-
1,2-Dicloroetano (mg/L)	< 0,001	0,01	10
1,1-Dicloroetano (mg/L)	< 0,001	0,003	30
2,4-Diclorofenol µg/L)	< 0,1	0,3	-
Diclorometano (mg/L)	< 0,001	0,02	20
p,p'-DDT + p,p'-DDD + p,p'-DDE µg/L)	< 0,002	0,002	1
Dodecacloropentaciclodecano (µg/L)	< 0,001	0,001	
Endossulfan - a, b e sulfato (µg/L)	< 0,009	0,056	20
Endrin (µg/L)	< 0,003	0,004	0,6
Estireno (mg/L)	< 0,001	0,02	20
Etilbenzeno (µg/L)	< 1	90	0,2
Índice de Fenóis (mg/L)	< 0,001	0,003	-
Glifosato (µg/L)	< 5	65	500
Gution (µg/L)	< 0,004	0,005	-
Heptacloro e Heptacloro Epóxido (µg/L)	< 0,01	0,01	-
Indeno(1,2,3,cd) pireno (µg/L)	< 0,01	0,05	-
Lindano (g-HCH) (µg/L)	< 0,003	0,02	-
Malation (µg/L)	< 0,01	0,1	-
Metolacloro (µg/L)	< 0,05	10	10
Metoxicloro (µg/L)	< 0,01	0,03	-
Paration (µg/L)	< 0,04	0,04	9
PCB's - Bifenilas Policloradas (µg/L)	< 0,001	0,001	-
Pentaclorofenol (mg/L)	< 1 x 10 ⁻⁵	0,009	9
Simazina (µg/L)	< 0,05	2	2
Surfactantes (como LAS) (mg/L)	< 0,2	0,5	0,5
2,4,5-T (µg/L)	< 0,005	2	-
Tetracloroeto de Carbono (mg/L)	< 0,001	0,002	4
Tetracloroetano (mg/L)	< 0,001	0,01	40
Tolueno (µg/L)	< 1	2	0,17
Toxafeno (µg/L)	< 0,01	0,01	-
2,4,5-TP(µg/L)	< 0,005	10	-

Parâmetros (Unidade)	Resultados analíticos Lago da Flona	VMP CONAMA 357 ART (Classe II)	VPM Portaria 2.914/11 Ministério da Saúde
Triclorobenzenos (mg/L)	< 0,003	0,02	20
Tricloroeteno (mg/L)	< 0,001	0,03	40
2,4,6-Triclorofenol (mg/L)	< 0,001	0,01	0,2
Trifluralina (µg/L)	< 0,05	0,2	20
Xilenos (µg/L)	< 3	300	0,3
Hexaclorobenzeno (µg/L)	< 0,005	0,0065	-
Materiais Flutuantes (---)	Presentes	Ausentes	-
Óleos e Graxas Visíveis (---)	Ausentes	Ausentes	-
Substâncias que Comunicam Odor (---)	Ausentes	Ausentes	6 (intensidade)
Corantes Artificiais (---)	Ausentes	Ausentes	-
Resíduos Sólidos Objetáveis (---)	Ausentes	Ausentes	-
Coliformes Totais (NMP/100mL)	41060	---	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes - E. coli (NMP/100mL)	1750	1000,00	Ausência em 100 mL
DBO (mg/L)	5,2	5,00	-
DQO (mg/L)	15	---	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	4,7	> 5	-
Turbidez (UNT)	2,8	100,00	0,5µT
Cor Verdadeira (Pt/Co)	17	75,00	-
pH (a 20°C)	6,93	6 a 9	-
Clorofila A (µg/L)	6	30,00	-
Contagem de Cianobactérias (ceL/mL)	92257	50000,00	-
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	139	500,00	1000
Alumínio Dissolvido (mg/L)	<0,001	0,10	0,2
Antimônio (mg/L)	<0,001	0,01	0,005
Arsênio (mg/L)	<0,001	0,01	0,01
Bário (mg/L)	0,3706	0,70	0,7
Berílio (mg/L)	<0,001	0,04	-
Boro (mg/L)	<0,001	0,50	-
Cádmio (mg/L)	<0,001	0,00	0,005
Chumbo (mg/L)	<0,001	0,01	0,01
Cianeto Livre (mg/L)	<0,001	0,01	0,07
Cloreto (mg/L)	2,2	250,00	250
Cloro Residual (mg/L)	<0,001	0,01	-
Cobalto (mg/L)	<0,001	0,05	-
Cobre Dissolvido (mg/L)	<0,001	0,01	2
Cromo (mg/L)	<0,001	0,05	0,05
Ferro Dissolvido (mg/L)	0,0016	0,30	0,3
Fluoreto (mg/L)	0,6	1,40	1,5
Fósforo Total (mg/L)	0,11	Obs. (2)	-
Lítio (mg/L)	0,0051	2,50	-

Parâmetros (Unidade)	Resultados analíticos Lago da Flona	VMP CONAMA 357 ART (Classe II)	VPM Portaria 2.914/11 Ministério da Saúde
Manganês (mg/L)	0,096	0,10	0,1
Mercúrio (mg/L)	<0,0001	0,00	0,001
Níquel (mg/L)	<0,001	0,03	0,07
Nitrato (mg/L)	<0,2	10,00	10
Nitrito (mg/L)	<0,04	1,00	1
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	<0,1	Obs. (1)	-
Prata (mg/L)	<0,001	0,01	-
Selênio (mg/L)	<0,001	0,01	0,01
Sulfato (mg/L)	9,8	250,00	250
Sulfetos - como H ₂ S não dissociado (mg/L)	<0,002	0,00	0,1
Temperatura (°C)	21	---	-
Urânio (mg/L)	<0,001	0,02	0,03
Vanádio (mg/L)	<0,001	0,10	-
Zinco (mg/L)	0,0303	0,18	5

O resultado da análise da água do lago indica o mesmo como a pior alternativa para a captação da água com finalidade de consumo humano. Os parâmetros de Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes (*E. coli*), Oxigênio Dissolvido, DBO, Contagem de Cianobactérias, Fósforo Total e Materiais Flutuantes não satisfazem os limites permitidos resolução CONAMA e pelo padrão de potabilidade do Ministério da Saúde.

O fósforo é um dos elementos responsáveis pela alimentação de algas, vegetais superiores e outros organismos aquáticos. A sua alta concentração pode causar a proliferação excessiva cianobactérias, causando o fenômeno conhecido como eutrofização (boa nutrição) de lagos e represas. Nesses casos a água tem mau cheiro, gosto desagradável e ocorre morte generalizada de peixes.

Os parâmetros de Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes (*E. coli*) não satisfazem os limites permitidos para consumo pelo Ministério da Saúde. Coliformes totais são bacilos que fazem parte, da microbiota residente no trato gastrointestinal dos mamíferos. A presença de coliformes totais não é um indicativo de contaminação fecal, mas sua presença serve como indicativo da qualidade higiênico-sanitária do produto.

Coliformes Termotolerantes são definidos como microrganismos do grupo coliforme capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, sendo representados principalmente pela *Escherichia coli* e, também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Dentre esses microrganismos, somente a *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, estando sempre presente, em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, sendo raramente encontrada na água ou solo que não tenham recebido contaminação fecal.

A quantidade de oxigênio dissolvido na água expressa a capacidade de água para sustentar organismos aquáticos. A água com conteúdo de oxigênio dissolvido muito baixo, que é geralmente causada por lixos em excesso ou imprópriamente tratados, não sustentam peixes e organismos similares. Um elevado teor de DBO caracteriza despejo de matéria

predominantemente orgânica, indicando um incremento da microflora presente produzindo sabores e odores desagradáveis. Além de obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água.

Com relação a análise de água do poço artesiano, os resultados obtidos foram comparados com os valores máximos permitidos pela resolução CONAMA 396 de 3 de Abril de 2008 - Padrões para Água Subterrânea. Os valores obtidos encontram-se apresentados na Tabela 41.

Tabela 41 - Resultados das análises físico, química e biológica de amostras de água de poço artesiano localizado na AID.

Parâmetros (unidade)	LQ	Resultados analíticos	LQP	VMP – Consumo Humano
Alumínio (µg/L)	1	20,4	50	200
Antimônio (µg/L)	1	< 1	5	5
Arsênio (µg/L)	1	< 1	8	10
Bário (µg/L)	5	195,7	20	700
Berílio (µg/L)	1	< 1	4	4
Boro (µg/L)	1	< 1	200	500
Cádmio (µg/L)	1	< 1	5	5
Chumbo (µg/L)	1	< 1	10	10
Cianeto (µg/L)	5	< 5	50	70
Cloreto (µg/L)	500	< 500	2000	250000
Cobalto (µg/L)	1	< 1	10	---
Cobre (µg/L)	1	< 1	50	2000
Ferro (µg/L)	5	109,4	100	300
Fluoreto (µg/L)	100	175	500	1500
Lítio (µg/L)	1	< 1	100	---
Manganês (µg/L)	1	8,86	25	100
Mercúrio (µg/L)	0,1	< 0,1	1	1
Molibdênio (µg/L)	1	< 1	10	70
Níquel (µg/L)	1	< 1	10	20
Nitrato (como N) (µg/L)	100	< 100	300	10000
Nitrito (como N) (µg/L)	20	< 20	20	1000
Prata (µg/L)	1	< 1	10	100
Selênio (µg/L)	1	< 1	10	10
Sódio (µg/L)	1	8588	1000	200000
Sólidos Dissolvidos Totais (µg/L)	5000	116000	2000	1000000
Sulfato (µg/L)	500	< 500	5000	250000
Urânio (µg/L)	1	< 1	50	15
Vanádio (µg/L)	1	< 1	20	50
Zinco (µg/L)	1	12,4	100	5000
Acilamida (µg/L)	0,1	< 0,1	0,15	0,5
Benzeno (µg/L)	1	< 1	2	5
Benzo(a)antraceno (µg/L)	0,01	< 0,01	0,15	0,05
Benzo(b)fluoranteno (µg/L)	0,01	< 0,01	0,15	0,05
Benzo(k)fluoranteno (µg/L)	0,01	< 0,01	0,15	0,05

Parâmetros (unidade)	LQ	Resultados analíticos	LQP	VMP – Consumo Humano
Benzo(a)pireno (µg/L)	0,01	< 0,01	0,15	0,05
Cloreto de Vinila (µg/L)	1	< 1	2	5
Clorofórmio (µg/L)	1	< 1	5	200
Criseno (µg/L)	0,01	< 0,01	0,15	0,05
1,2-Diclorobenzeno (µg/L)	1	< 1	5	1000
1,4-Diclorobenzeno (µg/L)	1	< 1	5	300
1,2-Dicloroetano (µg/L)	1	< 1	5	10
1,1-Dicloroetano (µg/L)	< 1	5	5	30
Cis-1,2-Dicloroetano (µg/L)	< 1	5	5	---
Trans-1,2-Dicloroetano (µg/L)	< 1	5	5	---
1,2-Dicloroetano (cis+trans) (µg/L)	< 2	10	50	50
Dibenzo(a,h)antraceno (µg/L)	0,01	< 0,01	0,15	0,05
Diclorometano (µg/L)	1	< 1	10	20
Estireno (µg/L)	1	< 1	5	20
Etilbenzeno (µg/L)	1	< 1	5	200
Índice de Fenóis (µg/L)	1	< 1	10	3
Indeno(1,2,3,cd)pireno (µg/L)	0,01	< 0,01	0,15	0,05
PCB's - Bifenilas Policloradas (µg/L)	0,001	< 0,001	0,01 para cada	0,5
PCB 28 (µg/L)	0,001	< 0,001	---	---
PCB 52 (µg/L)	0,001	< 0,001	---	---
PCB 101 (µg/L)	0,001	< 0,001	---	---
PCB 118 (µg/L)	0,001	< 0,001	---	---
PCB 138 + PCB 158 (µg/L)	0,001	< 0,001	---	---
PCB 153 (µg/L)	0,001	< 0,001	---	---
PCB 180 (µg/L)	0,001	< 0,001	---	---
Tetracloroeto de Carbono (µg/L)	1	< 1	2	2
1,2,3-Triclorobenzeno (µg/L)	1	< 1	5	---
1,2,4-Triclorobenzeno (µg/L)	1	< 1	5	---
1,3,5-Triclorobenzeno (µg/L)	1	< 1	5	---
Tricloroetano (µg/L)	1	< 1	5	70
Tolueno (µg/L)	1	< 1	5	170
Xilenos (µg/L)	3	< 3	15	300
Alaclor (µg/L)	0,005	< 0,005	0,1	20
Aldicarb (µg/L)	0,05	< 0,05	3	---
Aldicarb Sulfona (µg/L)	0,05	< 0,05	3	---
Aldicarb Sulfóxido (µg/L)	0,05	< 0,05	3	---
Aldrin + Dieldrin (µg/L)	0,005	< 0,005	0,01	0,03
Atrazina (µg/L)	0,01	< 0,01	0,5	2
Bentazona (µg/L)	0,05	< 0,05	30	300
Carbofurano (µg/L)	0,05	< 0,05	5	7
Cis Clordano (Alfa Clordano) (µg/L)	0,01	< 0,01	0,01	---
Trans Clordano (Gama Clordano) (µg/L)	0,01	< 0,01	0,01	---

Parâmetros (unidade)	LQ	Resultados analíticos	LQP	VMP – Consumo Humano
Clordano (cis e trans) (µg/L)	0,02	< 0,02	0,02	0,2
Clorotalonil (µg/L)	0,05	< 0,05	0,1	30
Clorpirifós (µg/L)	0,05	< 0,05	2	30
2,4-D (µg/L)	0,1	< 0,1	2	30
p,p'-DDT (µg/L)	0,002	< 0,002	0,01	---
p,p'-DDE (µg/L)	0,002	< 0,002	0,01	---
p,p'-DDD (µg/L)	0,002	< 0,002	0,01	---
p,p'-DDT + p,p'-DDD + p,p'-DDE (µg/L)	0,002	< 0,002	0,03	2
Endossulfan (a, b e sulfato) (µg/L)	0,009	< 0,009	0,06	20
Endrin (µg/L)	0,003	< 0,003	0,01	0,6
Glifosato + AMPA (µg/L)	15	< 15	30	500
Heptacloro Epóxido (µg/L)	0,005	< 0,005	0,01	---
Heptacloro e Heptacloro Epóxido (µg/L)	0,01	< 0,01	0,02	0,03
Hexaclorobenzeno (µg/L)	0,005	< 0,005	0,01	1
Lindano (g-HCH) (µg/L)	0,003	< 0,003	0,01	2
Malation (µg/L)	0,01	< 0,01	2	190
Metolacloro (µg/L)	0,05	< 0,05	0,1	10
Metoxicloro (µg/L)	0,01	< 0,01	0,1	20
Molinato (µg/L)	0,05	< 0,05	5	6
Pendimetalina (µg/L)	0,05	< 0,05	0,1	20
Pentaclorofenol (µg/L)	0,01	< 0,01	2	9
Permetrina (µg/L)	0,05	< 0,05	10	20
Propanil (µg/L)	0,05	< 0,05	10	20
Simazina (µg/L)	0,05	< 0,05	1	2
Trifluralina µg/L	0,05	< 0,05	0,1	20
Enterococos UFC/100 mL	1	21	---	---
<i>Escherichia coli</i> P/A em 100mL	---	Presentes	---	Ausentes
Coliformes Termotolerantes P/A 100mL	---	Presentes	---	Ausentes
Cromo Trivalente (mg/L)	0,01	< 0,01	---	---
Cromo Hexavalente (mg/L)	0,01	< 0,01	---	---
Cromo Total (µg/L)	1	< 1	10	50
1,1,2-Tricloroetano (µg/L)	1	< 1	---	---

LQP – Limite Quantitativo Praticável - Resolução Conama 396 de 3 de Abril de 2008 - Padrões para Água Subterrânea. VMP – Consumo Humano Valores de Referência para Consumo Humano - Resolução Conama 396 de 3 de Abril de 2008 - Padrões para Água Subterrânea

Dentre os parâmetros analisados, verificou-se que nenhum resultado dos parâmetros orgânicos, inorgânicos e agrotóxicos obtiveram valores acima do permitido pela Resolução Conama 396/2008, estando muito deles abaixo do limite de detecção do aparelho e/ou método de análise.

Os parâmetros de microorganismos de Coliformes Termotolerantes, *Escherichia coli* e Enterococos apresentaram valores fora do permitido pela referida Resolução. Esses

resultados podem indicar provável contaminação da água do poço artesiano analisado por efluente sanitário.

6.3.4.2.3 Direção e Movimentação das Águas Subterrâneas

Para a caracterização da direção e movimentação das águas subterrâneas foram utilizados dados de 2.305 poços na região do Aquífero Pré-Cambriano e Aquífero Tubarão e 147 poços na região do Aquífero Serra Geral e Aquífero Guarani. Os dados dos poços outorgados pelo DAEE nas áreas de influência do RMB encontram-se no Mapa 19. A partir desses dados foi elaborado um mapa potenciométrico, no qual as curvas potenciais representam um cálculo da subtração entre a cota topográfica do poço e o nível estático. Essas curvas foram utilizadas para melhor compreensão das direções de fluxo da água subterrânea.

Nesta caracterização é sugerido que a movimentação da água subterrânea siga o modelo clássico de deslocamento, onde a água flui das regiões de maior potencial hidráulico para as áreas de descarga ou de menor potencial. Com a utilização de dados secundários, foi determinada como as características dos aquíferos influenciam no fluxo e movimentação da água subterrânea na Área Diretamente Afetada.

Para a Área de Influência Indireta, as cotas potenciométricas mais elevadas coincidem com as cotas topográficas mais elevadas, localizadas no embasamento cristalino a leste da área referida. Essas cotas indicam maiores gradientes hidráulicos, com as superfícies potenciométricas de 900 a 600 m, sentido do fluxo para as principais drenagens rio Pirapora e rio Sorocaba, rio Pirajibú, orientados SE-NW e com a mesma direção de movimentação de fluxo para o aquífero Tubarão.

Os maciços pré-Cambrianos do embasamento cristalino possuem sistemas de falhas e fraturas, bem como horizontes de alteração da rocha, propiciando condições de percolação de água subterrânea. Segundo dados da CETESB (2009), o aquífero cristalino de forma global possui valores de transmissividade que variam entre 0,4 e 14 m²/dia.

O Aquífero Guarani aflora na porção oeste da Área de Influência Indireta e encontra-se confinado pelos basaltos da Formação Serra Geral (DAEE *et al.*, 2005). O Mapa 20 de direção de fluxo subterrâneo demonstra uma homogeneidade dos valores potenciométricos que pode ser influenciada pelo confinamento do aquífero e baixa condutividade hidráulica em direção ao Aquífero Serra Geral.

O Aquífero Guarani é granular, homogêneo e regionalmente livre na sua porção aflorante. Na sua porção confinada, constitui um pacote contínuo desde sua área de afloramento, a leste, até o extremo oeste de São Paulo. Segundo dados da CETESB (2009) a água infiltrada para o aquífero apresenta um fluxo geral para oeste e para os basaltos subjacentes. Contudo essa direção não é notada no mapa da área de estudo.

Falhamentos de grande porte fazem a ligação entre os Aquíferos Guarani e Serra Geral, que passam então a constituir o que, no Projeto da Rede Guarani/Serra Geral (SCHEIBE, 2006),

em conjunto com a proposta de gestão integrada das águas superficiais e subterrâneas, se propôs denominar de “Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral” (SAIG/SG).

No estado de São Paulo existem também pesquisas em andamento, buscando melhores evidências de recarga vertical do Sistema Aquífero Guarani (SAG) através de fraturas que cortam os basaltos da Formação Serra Geral, nas faixas próximas à área de afloramento da Formação Botucatu: segundo o Projeto FRATASG (“A Formação Serra Geral Como Conexão Hidráulica entre o Sistema Aquífero Guarani e a Superfície: Análise Estrutural e Ensaios In Situ.”).

Por se constituírem em aquíferos de fissuras, suas potencialidades relacionam-se à densidade de fraturamento, grau de alteração dos horizontes vesiculares, sistemas de alimentação e inter-relação com outros aquíferos, não podendo ser aferidas pelos parâmetros característicos dos aquíferos de interstícios, como porosidade e permeabilidade.

Segundo dados da CETESB (2009), ocorre um grande intercâmbio de águas do aquífero Guarani com o aquífero Bauru, contudo as principais saídas de drenagem do aquífero basalto são os rios. Nos limites NW da Área de Influência Indireta (AII) a partir do Mapa Potenciométrico (Mapa 16), percebe-se uma movimentação do fluxo hidráulico para o Rio Piracicaba. De acordo com a CETESB (2009) a maior parte do escoamento subterrâneo é drenada para os rios como escoamento básico, ainda na área de recarga.

No caso dos basaltos do Aquífero Serra Geral, subjacentes aos sedimentos do Grupo Bauru, além das fraturas tectônicas, outros tipos de descontinuidades, importantes para a circulação e armazenamento da água, são representados por fraturas verticais (disjunções colunares) ou sub-horizontais.

O aquífero Tubarão está inserido na região da Área Influência Direta do RMB, é um aquífero poroso que ocorre em rochas sedimentares, sedimentos inconsolidados e solos. Aquíferos desse tipo são considerados bons produtores de água e ocorrem em grandes áreas (CETESB, 2009).

O armazenamento e a circulação da água no Sistema Aquífero Tubarão se faz através dos interstícios dos sedimentos clásticos grosseiros intercalados com camadas de sedimentos finos, que dificultam o escoamento da água subterrânea no sentido vertical, caracterizando uma situação de anisotropia com permeabilidade vertical inferior à horizontal. A alternância também em superfície de sedimentos grosseiros e finos com espessuras variadas acentua a heterogeneidade das propriedades desse sistema aquífero (CETESB, 2009). Sua área de recarga principal é a Serra de Araçoiaba, a transmissividade maior que zero até 1,0 m²/dia, (DAEE, 1996).

Segundo as análises realizadas, os gradientes hidráulicos demonstram orientação do fluxo para a borda da bacia e para o aquífero Guarani, com as superfícies potenciométricas variando de 550 a 400 m.

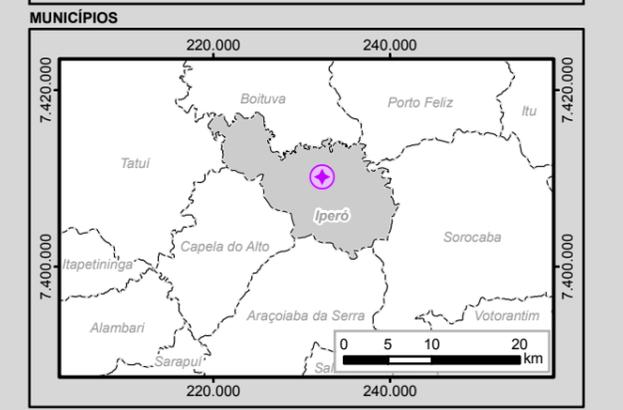
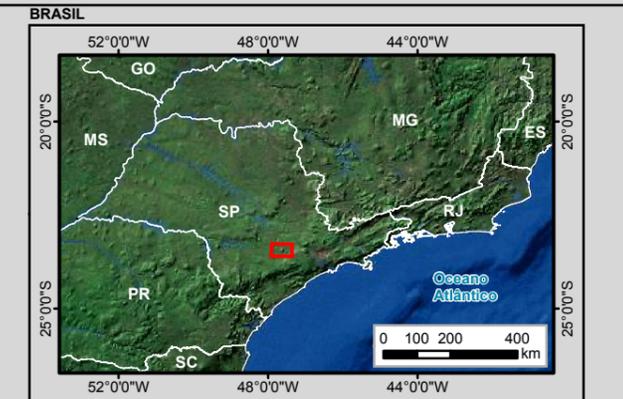
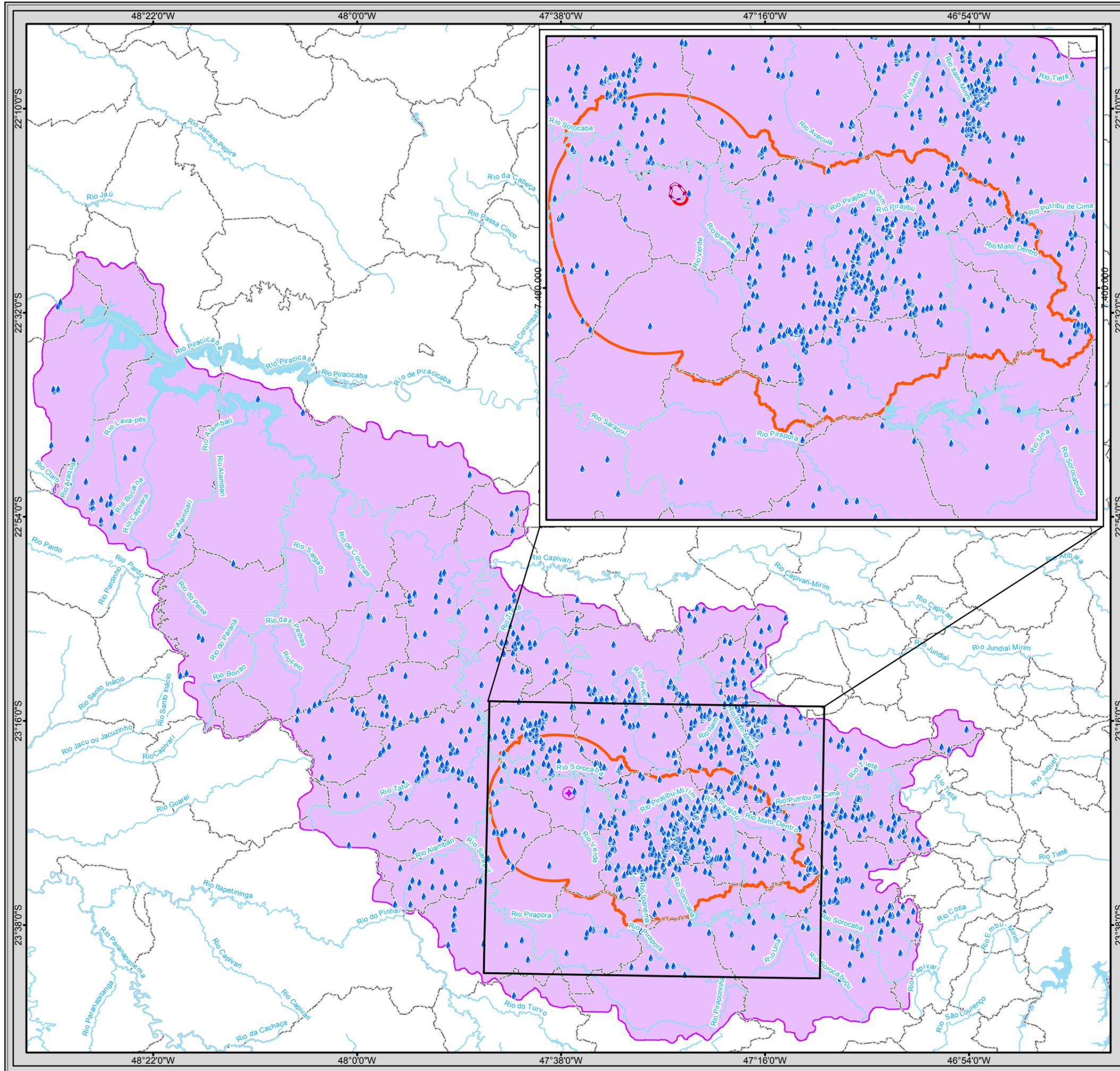
De acordo com dados secundários obtidos por meio de estudos prévios realizados em ARAMAR na região da Área Diretamente Afetada, o aquífero superficial é do tipo não

confinado, sua zona não-saturada é constituída predominantemente por solos silto-argilosos não-fraturados, e a profundidade média do nível freático fica entre 5 a 10 metros. O estudo estima que a velocidade real com que a água se desloca pelo nível saturado é de 0,5 m/dia, isto é, 182,5 m/ano. O Aquífero Tubarão possui as espessuras maiores da região, cerca de 1000 metros, tal espessura pode contribuir para heterogeneidade das direções de fluxo.

A caracterização do fluxo hidrológico subterrâneo demonstrou que a movimentação da água subterrânea tem relação direta com a topografia e com as características geológicas dos aquíferos envolvidos. Definindo direções preferenciais da região do embasamento para as rochas sedimentares no sentido SE-NW, com as maiores transmitividades relacionadas ao Aquífero Cristalino.

Apesar da direção do fluxo subterrâneo ser na direção Aquífero Tubarão/Aquífero Guarani, a grande distância entre a localização da Área Diretamente Afetada e o Aquífero Guarani é suficientemente grande para que haja contaminações derivadas do empreendimento. Neste percurso de aproximadamente 70 km, há o Aquífero Passa Dois, que atua como uma barreira física para possíveis disseminações de contaminação provinda do RMB.

Pode ser observado no Mapa 20 que o fluxo subterrâneo é fortemente afetado por explorações realizados por meio de poços tubulares. Estes poços funcionam como áreas de escape do aquífero, porém a sua exposição gera a possibilidade de contaminação direta.



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Poços Profundos na Área de Influência Indireta
- Curso d'água
- Massa d'água
- Limite Municipal
- Município de Iperó

Áreas de Influência dos Meios Físico e Biótico

- Área Diretamente Afetada (Raio de 800m a partir do reator + limite da propriedade)
- Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Flona de Ipanema)
- Área de Influência Indireta (Bacia Hidrográfica Sorocaba / Médio Tietê)

Articulação das Folhas 1:50.000

48°0'0" W	47°15'0" W	47°15'0" W
SF-23-Y-C- I-1	SF-23-Y-C- I-2	SF-23-Y-C- II-1
23°0'0" S	23°0'0" S	23°0'0" S
48°0'0" W	47°15'0" W	47°15'0" W
SF-23-Y-C- I-3	SF-23-Y-C- I-4	SF-23-Y-C- II-3
23°30'0" S	23°30'0" S	23°30'0" S

0 3 6 12 Km
1:750.000
Escala numérica em impressão A3
Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Horizontal SIRGAS 2000

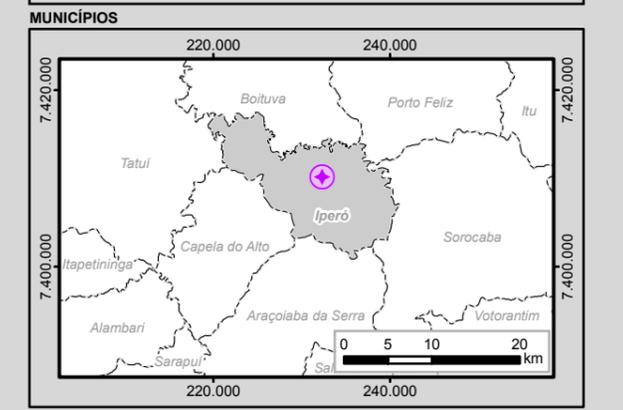
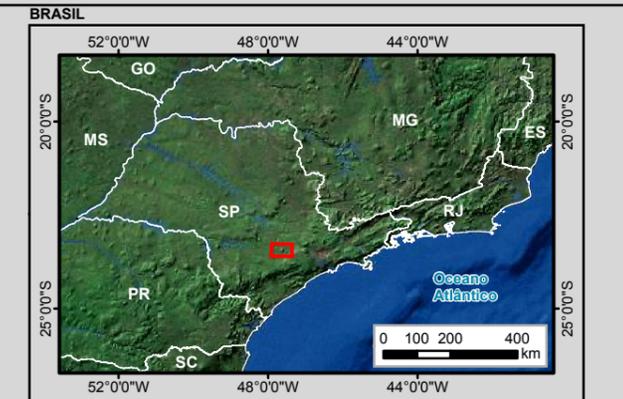
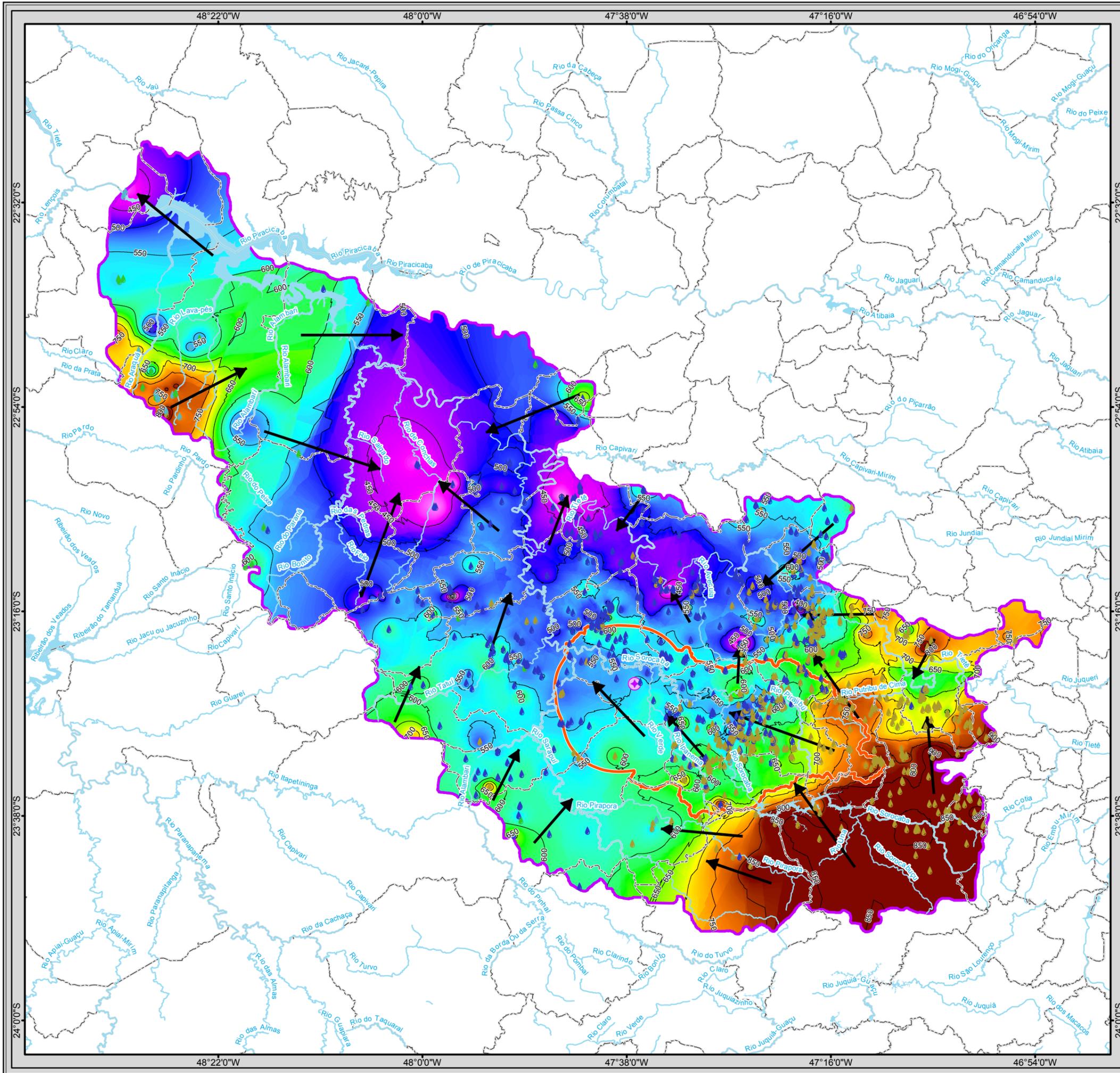
CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
Mapa19 - Poços Profundos da Área de Influência Indireta do Meio Físico

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico MRS Estudos Ambientais	Data: Maio/2013 Fonte: Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010); Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009); Poços: Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 2012).
---------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Curso d'água
- Massa d'água
- Limite Municipal
- Município de Iperó
- Curvas Potenciométricas (metros)
- Direção de Fluxo Subterrâneo

Potenciométrico (metros)

Alto: 947.984
Baixo: 29.5725

Áreas de Influência do Meio Físico

- Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Flona de Ipanema)
- Área de Influência Indireta (Bacia Hidrográfica Sorocaba / Médio Tietê)

Poços Profundos - Aquíferos

- Áqüífero Guarani
- Áqüífero Pré-Cambriano - Cristalino
- Áqüífero Serra Geral
- Áqüífero Tubarão

Articulação das Folhas 1:50.000

48°00'W	47°15'0"W
SF-23-Y-C- I-1	SF-23-Y-C- II-1
SF-23-Y-C- I-3	SF-23-Y-C- II-3
48°0' W	47°15'0"W

0 3 6 12 Km
1:750.000
Escala numérica em impressão A3
Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Horizontal SIRGAS 2000

CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
Mapa 20 – Potenciométria da Área de Influência Indireta do Meio Físico

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico	Data: Maio/2013
MRS Estudos Ambientais	Fonte: Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010); Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009).

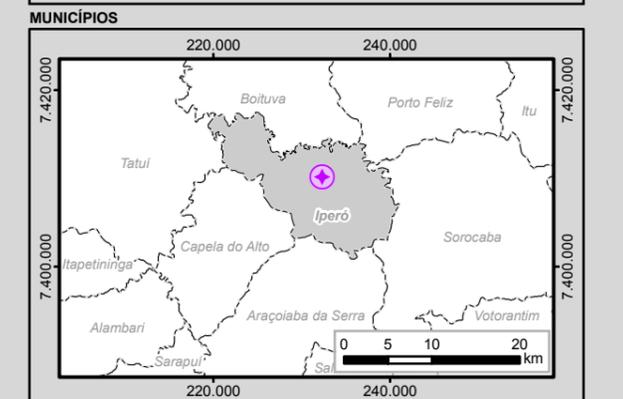
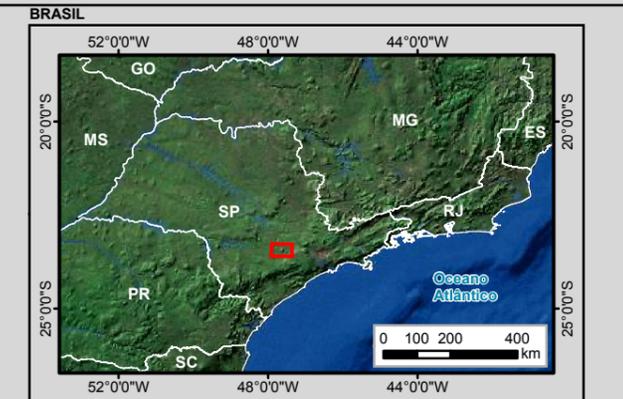
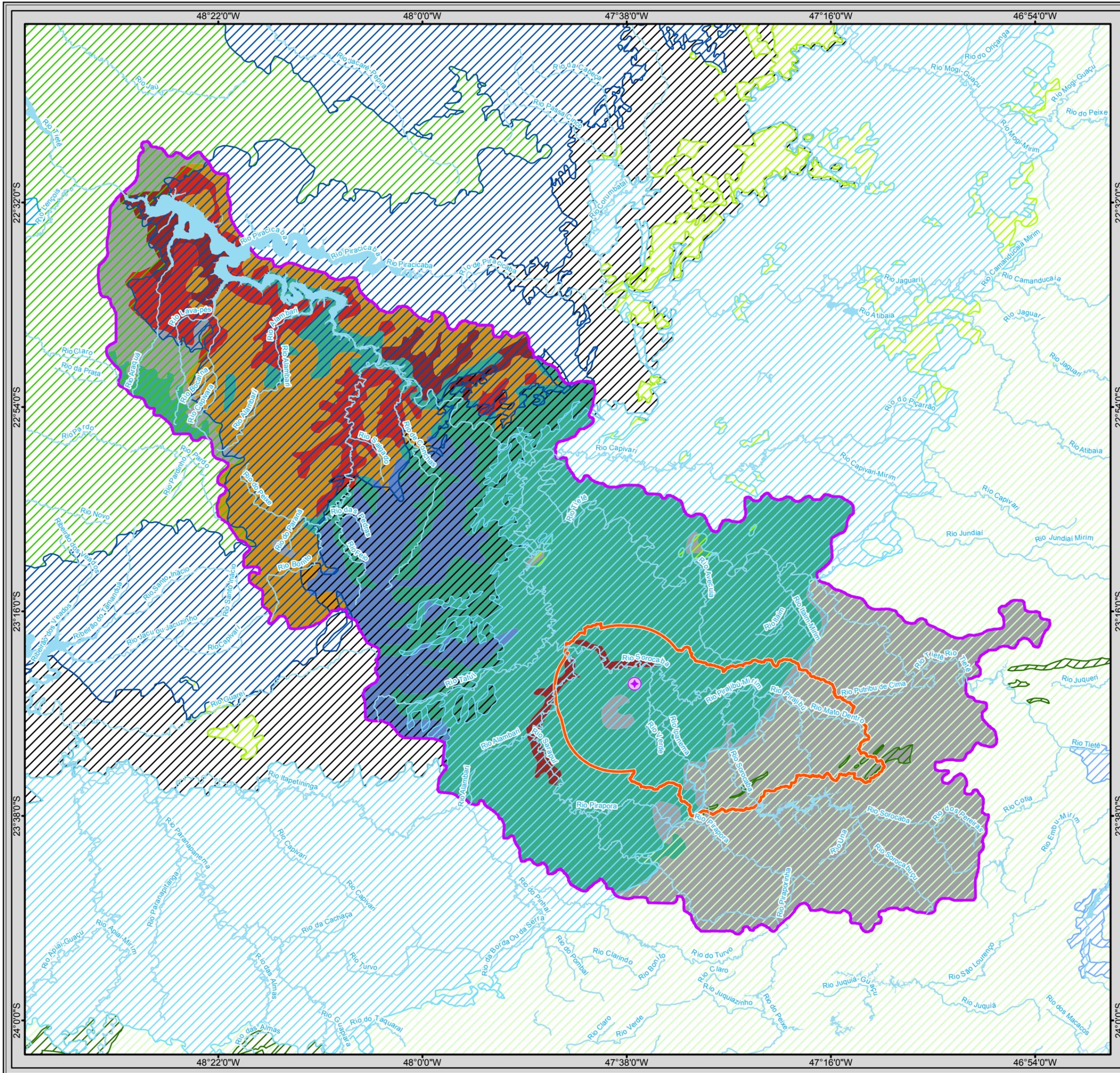
6.3.4.2.4 Vulnerabilidade à Contaminação do Aquífero

O termo “vulnerabilidade natural à contaminação de aquífero” é utilizado para representar as características intrínsecas que determinam a sensibilidade do aquífero a ser afetado por uma carga contaminante imposta (Foster et al., 1987). Já o Conselho Nacional de Pesquisa norte-americano definiu a vulnerabilidade das águas subterrâneas a um determinado contaminante como sendo a “tendência ou probabilidade do contaminante ser encontrado em uma posição específica no sistema de água subterrânea após sua introdução em algum local acima do aquífero mais superior” (NRC, 1993).

Na Área de Influência Indireta (Mapa 21), a vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos está diretamente relacionada às propriedades do mesmo, ao saneamento básico, coleta e tratamento de esgoto.

As condições de saneamento na AII são muito distintas, comparando-se os municípios integrantes da bacia, principalmente em relação à coleta e tratamento de esgoto. A porcentagem de edificações com coleta de esgoto varia entre os municípios da bacia. Alguns têm 100% de coleta, uma boa parte acima de 50%, mas outros com valores menores, apresentando um mínimo de 19%. A eficiência na coleta é fundamental para permitir o tratamento do esgoto e melhorar as condições sanitárias e ambientais dos municípios. O tratamento de esgoto varia muito de um município para outro. Alguns tratam a totalidade do seu esgoto, outros, nada. De maneira geral, são índices que deveriam aumentar, uma vez que o lançamento de esgoto doméstico e industrial é um dos principais responsáveis pela poluição/contaminação da água.

Na Área de Influência Direta a vulnerabilidade à contaminação do aquífero é em geral baixa, incluindo a ADA. Porém, pode ser verificado na confluência entre os rios Sorocaba e Sarapuí uma vulnerabilidade muito alta à contaminação, gerada pelo tipo de uso às margens destes rios.



Legenda

- Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- Curso d'água
- Massa d'água
- Limite Municipal
- Município de Iperó

Áreas de Influência do Meio Físico

- Área de Influência Direta (Sub-bacia do Médio Sorocaba + ZA da Flona de Ipanema)
- Área de Influência Indireta (Bacia Hidrográfica Sorocaba / Médio Tietê)

Aquíferos

Tubarão	Vulnerabilidade à Contaminação do Aquífero	Muito Alto
Guarani		Alto
Bauru		Médio
São Paulo		Baixo
Litorâneo		Muito Baixo
Litorâneo	Sem classificação	

Aquíferos Fraturados/ Cristalinos

- Pré-cambriano
- Pré-cambriano carstico
- Serra Geral
- Serra Geral, intrusivas

Aquicluda

- Passa Dois

Articulação das Folhas 1:50.000

48°0'0" W	47°15'0" W
SF-23-Y-C- I-1	SF-23-Y-C- I-2
23°0'0" S	23°0'0" S
SF-23-Y-C- I-3	SF-23-Y-C- I-4
23°30'0" S	23°30'0" S
48°0'0" W	47°15'0" W

0 3 6 12 Km
1:750.000
Escala numérica em impressão A3
Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Horizontal SIRGAS 2000

CNEN

Identificação do Projeto
EIA/RIMA do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)

Título do Mapa
Mapa 21 - Vulnerabilidade à Contaminação do Aquífero da Área de Influência Indireta do Meio Físico

Empreendedor
CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

Responsável Técnico MRS Estudos Ambientais	Data: Maio/2013 Fonte: Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2010); Mapeamento Sistemático Base Vetorial Contínua, 1:250.000, Área 3/2009 Lote 2 (IBGE, 2009); Vulnerabilidade: Atlas Socioambiental - Umretrato das Bacias dos Rios Sorocaba e Médio Tietê (2009).
---------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6.3.5 METEOROLOGIA

6.3.5.1 Climatologia Regional

A dinâmica climática de uma dada região é influenciada pelas condições de circulação geral da atmosfera, e pela sua localização, no que tange às fontes de umidade, posição altimétrica e geográfica, além das condições de relevo locais e seus efeitos em escala micro.

O clima e as condições de tempo de um local, ou região é fruto dos grandes sistemas condicionadores do clima e dos seus efeitos/modificações locais. Desta maneira, para conhecer-se o clima local, é necessário que haja um prévio conhecimento da dinâmica climática de toda a região que envolve a área de interesse.

De acordo com Luz (2010), a caracterização climática do estado de São Paulo, do ponto de vista regional, é consequência da influência do movimento atmosférico em grande escala e escala sinótica. Ainda conforme a mesma autora (op. cit.), a passagem dos sistemas transientes, ciclones e anticiclones extratropicais, constituem um dos principais mecanismos para a determinação do clima desta região.

6.3.5.1.1 Tipos de Massas de Ar

A dinâmica atmosférica característica da região Sudeste apresenta duas situações distintas. No verão há o predomínio das correntes de leste, originadas pelo deslocamento dos ventos alísios, materializadas na baixa troposfera pela massa tropical atlântica. Este sistema produz estabilidade do tempo e, à medida que penetra pelo interior da região produz efeito adiabático, provoca elevação das temperaturas e diminuição da umidade em sua trajetória. Em função da grande rugosidade do relevo, a cada vertente a barlavento, este sistema atmosférico deixa parte da umidade e, ao transpor-las provoca ressecamento adiabático nas vertentes a sotavento, além de aquecimento nos vales encaixados (SANT'ANNA NETO, 2005).

A configuração do escoamento médio nos níveis mais baixos da troposfera, nas proximidades da superfície terrestre sobre a América do Sul e os oceanos circunvizinhos, reflete os mecanismos da circulação geral da atmosfera pela presença de dois anticiclones quase-estacionários: do Atlântico Sul e do Pacífico Sul. Esses dois anticiclones são responsáveis, em grande parte, pelas condições de tempo sobre o continente sul-americano, pois deles dependem os demais mecanismos de penetração de massas de ar provenientes do sul, entre outros fenômenos (ELETRONUCLEAR, 2005).

Na atmosfera, a variação sazonal da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), com sua intensificação e deslocamento em direção ao continente e a passagem das massas de ar mais frio nos períodos de inverno, o estabelecimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) durante o verão definem padrões sazonais para grande parte da América do Sul, inclusive para a região subtropical Sudeste do Brasil (LUZ, 2010).

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), é um sistema quase-estacionário, que existe durante todo o ano, e apresenta variações em sua posição central e abrangência espacial (ELETRONUCLEAR, 2005). O ASAS afeta o clima do Brasil tanto no inverno como no verão. No inverno, inibe a entrada de frentes e causa inversão térmica e concentração de poluentes nos principais centros urbanos das regiões sudeste e sul. A dinâmica desse sistema também favorece a formação de nevoeiros e geadas no sul e sudeste do Brasil. Por outro lado, no verão o transporte de umidade nos baixos níveis troposféricos ao longo da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (KODAMA, 1993; QUADRO, 1994), são afetados pela circulação associada a ASAS (BASTOS e FERREIRA, 2012).

A circulação desse anticiclone atua durante todo o ano na parte leste do continente sulamericano, ocasionando, a exceção do oeste da Amazônia, ventos regionais predominantes de leste a nordeste. A temperatura em seu interior é relativamente elevada, principalmente no verão, pela intensa radiação solar incidente sobre o sistema (ELETRONUCLEAR, 2005).

De acordo com o EIA de Angra 3 (ELETRONUCLEAR, 2005), a maior influência do “ASAS” sobre a parte leste do Brasil ocorre no mês de julho (inverno), o que leva a formação de “bom tempo” àquela região. Tal sistema é responsável pelas condições de céu claro ou com pouca nebulosidade e ventos de direção nordeste de fraca intensidade que predominam no nordeste do Estado. Esta situação de estabilidade sobre o estado é interrompida pela chegada de sistemas transientes, tais como: sistemas frontais (SFs), ciclones extratropicais, vórtices ciclônicos dos altos níveis de origem subtropical, sistemas convectivos de mesoescala (SCMs) e outros sistemas que promovem o aumento da nebulosidade, a ocorrência de precipitação e a intensificação dos ventos (DERECZYNSKI *et al*, 2009, apud MARINHA DO BRASIL, 2009).

A chamada Zona de Convergência do Atlântico Sul ou Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS) tem sido ultimamente apontada como um dos principais sistemas formadores de precipitação no verão nas Regiões Sul e Sudeste. A ZCAS é uma faixa de nebulosidade e precipitação, com orientação noroeste-sudeste, que se estende desde o sul da região Amazônica até a região central do oceano Atlântico Sul. É percebida com nitidez a partir de imagens de satélites meteorológicos, entre outros produtos.

Em especial, durante os meses de novembro a março é comum o estabelecimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que se caracteriza por uma banda de nebulosidade convectiva, estendendo-se em geral desde a Amazônia, até o Oceano Atlântico, numa direção NW-SE. Este sistema é típico dos meses de verão, quando a convecção tropical mais acentuada contribui para a geração e manutenção do fenômeno (MARINHA DO BRASIL, 2009).

A trajetória dos sistemas frontais sobre a América do Sul segue dois padrões bastante distintos ao longo do ano. A trajetória de verão é mais lenta e caracterizada por maior atividade convectiva devido às complexas interações entre os sistemas transientes de escala sinótica e os sistemas quase estacionários como a Alta da Bolívia e a ZCAS. No inverno, os sistemas frontais deslocam-se mais rapidamente, em trajetórias mais zonais e

não conseguem penetrar no interior do continente. Tais sistemas não induzem apreciável atividade convectiva sobre o Brasil central e o sudeste do Brasil, mas ocasionalmente, provocam forte queda de temperatura, em tais regiões (MARINHA DO BRASIL, 2009).

Exemplos de casos de SF, ZCAS, SCM e CM são ilustrados na Figura 86, através da nebulosidade característica de tais sistemas nas imagens do satélite GOES-8, canal infravermelho (DERECZYNSKI, 2009 apud MARINHA DO BRASIL, 2009).

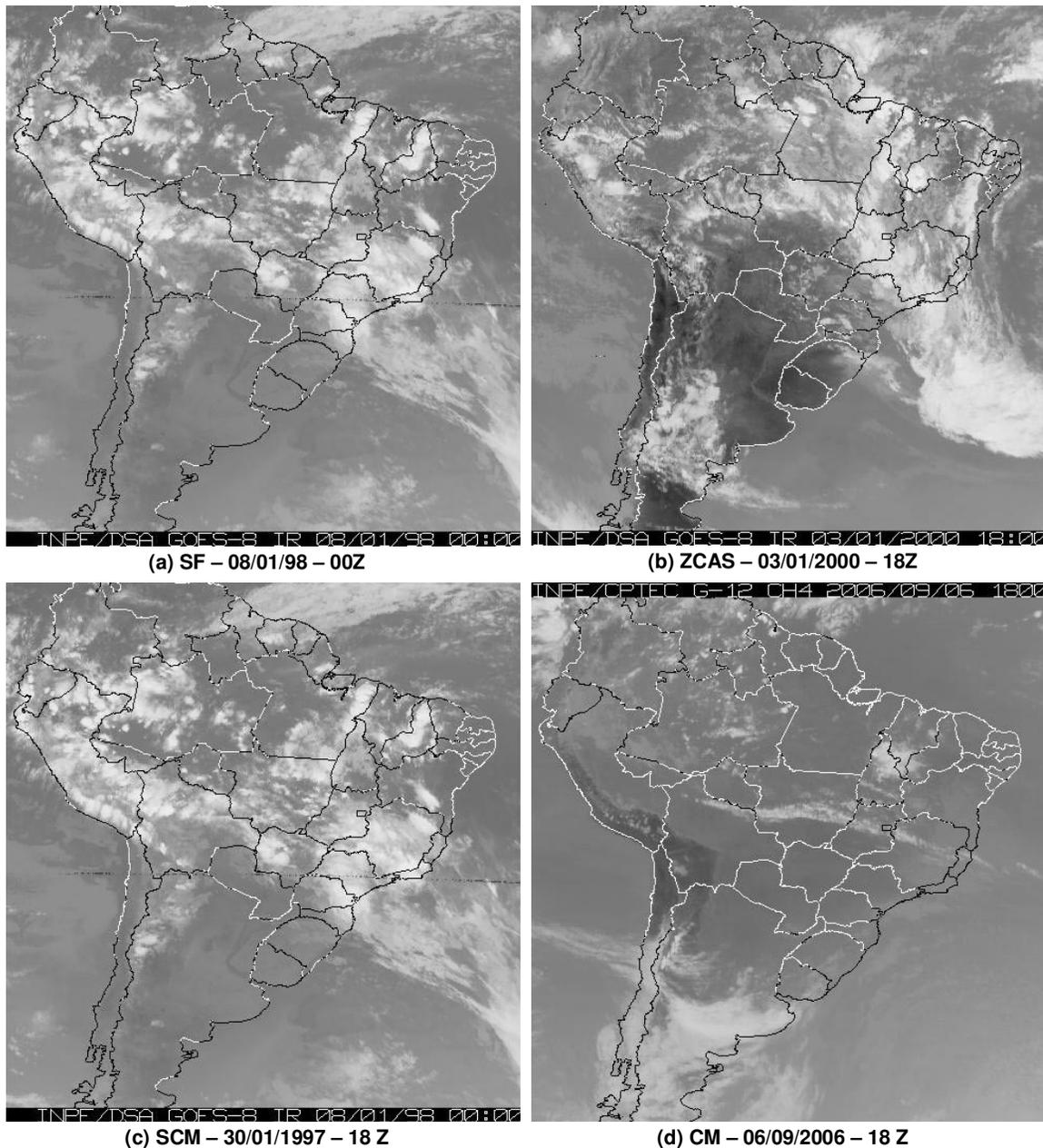


Figura 86 - Principais sistemas sinóticos que atuam sobre o continente sul-americano.

Fonte: Marinha do Brasil, 2009.

Os sistemas frontais são identificados numa imagem de satélite, por suas bandas distintivas de nebulosidade tipicamente de grande desenvolvimento vertical ocorrendo ao longo de todo o ano (Figura 86a).

A ZCAS é visível em imagens de satélite durante o verão como uma faixa persistente de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste, estendendo-se do sul da Amazônia até o Atlântico (Figura 86b).

Os SCMs podem ser identificados nas imagens de satélite como agrupamentos de nuvens cumulonimbus, que adquirem certa organização, sendo as linhas de instabilidade os tipos mais comuns de tempestades multicelulares. Ressalta-se que a forma alongada na qual nuvens cúmulos se desenvolvem e se deslocam, podendo resultar em chuvas intensas e localizadas, principalmente na época de verão do hemisfério sul, geralmente associadas à sistemas frontais (Figura 86c).

Os casos de precipitação provocada por efeito de circulação marítima são considerados, quando ocorre chuva fraca de origem estratiforme, devido ao transporte de umidade do oceano para o litoral, a partir da intensificação da brisa marítima. Em tais ocasiões predominam ventos de quadrante sul, convergência de umidade e fraco movimento ascendente sobre a região (Figura 86d).

6.3.5.1.2 Sinótica da Região

De acordo com o Relatório Final de Análise de Segurança de Aramar (Ministério da Marinha, 2012), os sistemas frontais originados na região andina e Patagônia são formados a partir de ondas baroclínicas em latitudes médias, com escala espacial da ordem de 3000 km, acopladas aos ventos de Oeste daquelas latitudes. Estes Sistemas estão entre as principais perturbações atmosféricas para a caracterização dos índices pluviométricos e mudanças de temperatura em quase todo o país.

Na maior parte das vezes, os sistemas frontais originam-se a partir de ondas baroclínicas em latitudes médias, com escala espacial da ordem de 3.000 km, acopladas aos ventos de oeste daquelas latitudes. Os vórtices ciclônicos de altos níveis são sistemas sinóticos que atuam na região sudeste do Brasil, provenientes do oceano Atlântico (Ministério da Marinha, 2012).

Quando estes sistemas sinóticos adentram o continente, ocorrem normalmente precipitações nos setores leste e nordeste dos vórtices. Antes de sua penetração no continente, onde costuma apresentar maior nebulosidade, o vórtice é facilmente detectado através de uma imagem de satélite no canal espectral do vapor de água.

A presença de ventos fortes em altos níveis da atmosfera caracteriza a corrente de jato subtropical, muitas vezes, responsável pelo desenvolvimento ou intensificação da atividade convectiva na região sudeste do Brasil. Nesta região também é observada a ocorrência de estruturas em forma de vírgula invertida, sendo que estes sistemas ocorrem frequentemente durante as estações de transição (outono e primavera), produzindo chuva intensa e de curta duração (Ministério da Marinha, 2012).

O RFAS (Ministério da Marinha, 2012) afirma também que outro sistema sinótico bastante comum na região sudeste, principalmente durante o período de inverno, é a presença de um centro de alta pressão, conhecido como alta de bloqueio, a qual impede a propagação dos sistemas frontais sobre esta região. Neste tipo de situação atmosférica podem ocorrer condições desfavoráveis à dispersão de poluentes na atmosfera em regiões sob influência da alta pressão.

O Departamento de História e Geografia da Universidade de São Paulo apresenta um estudo climatológico sobre a evolução temporal das cartas sinóticas sobre a região sudeste do país em que é apresentada a existência bem definida de padrões sinóticos para as quatro estações climáticas no decorrer do ano, e que são analisadas a partir das sequências temporais das cartas sinóticas ilustradas da Figura 87 a Figura 90.

A discussão posterior é realizada com base nas informações presentes no Relatório Final de Análise de Segurança de Aramar (Ministério da Marinha, 2012) e EIA/RIMA do Estaleiro e Base Naval (MARINHA, 2009), considerando a interpretação das cartas sinóticas.

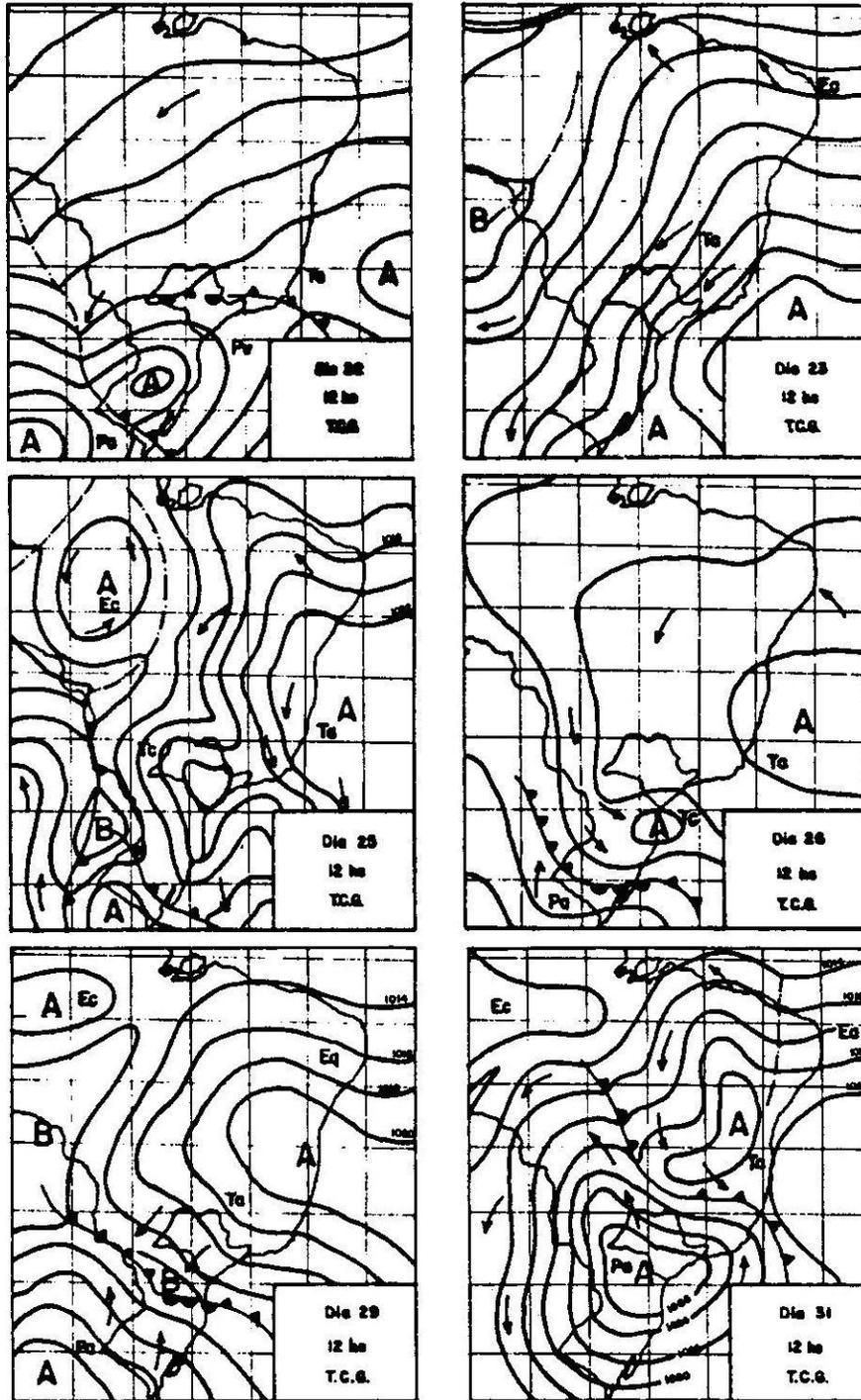


Figura 87 - Padrão característico de circulação sinótica de inverno (22 a 31 de agosto de 1958).
Fonte: Atlas Climático para o Estado de São Paulo.

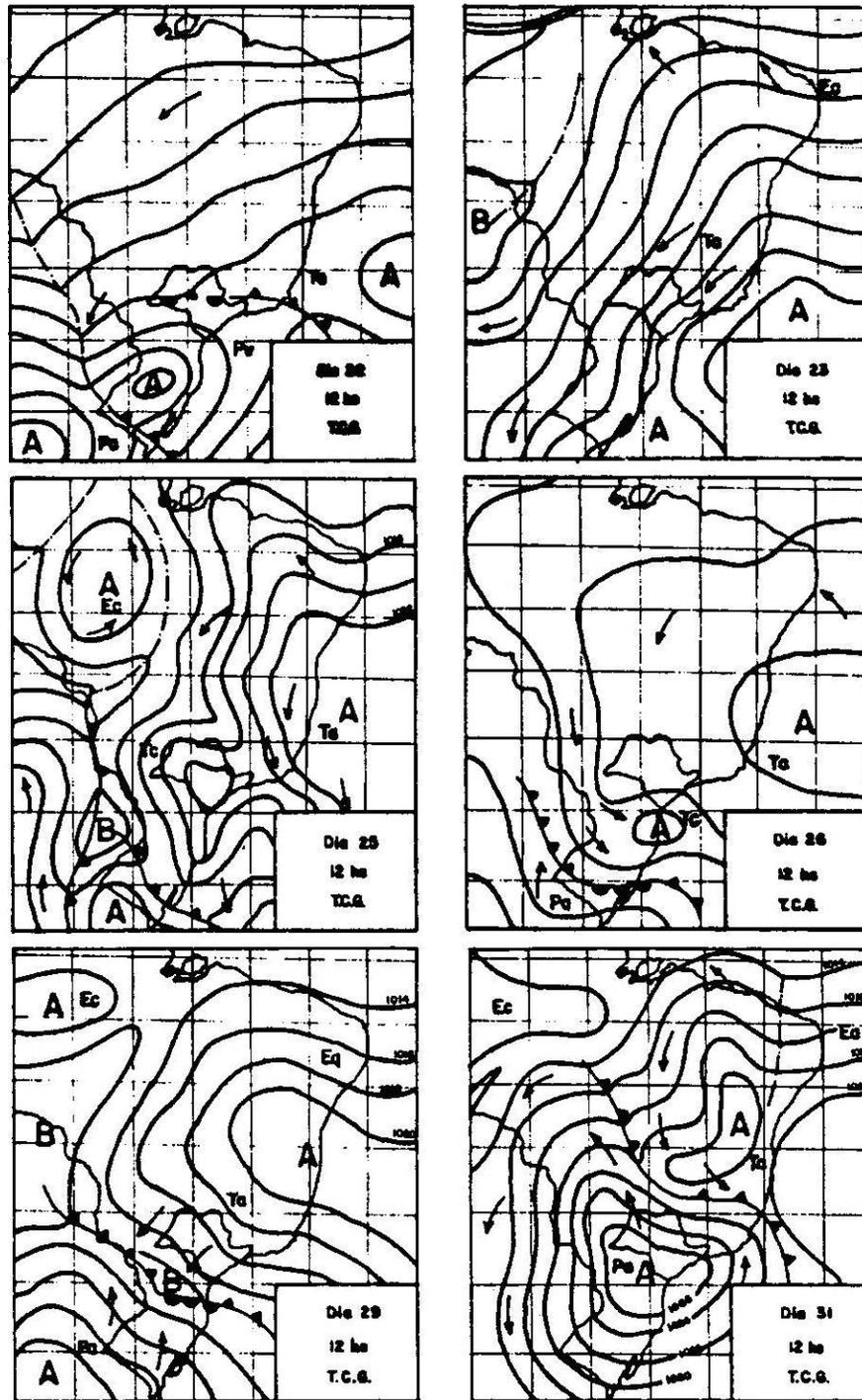


Figura 88 - Padrão característico de circulação sinótica de primavera (21 a 28 de setembro de 1959).
Fonte: Atlas Climático para o Estado de São Paulo

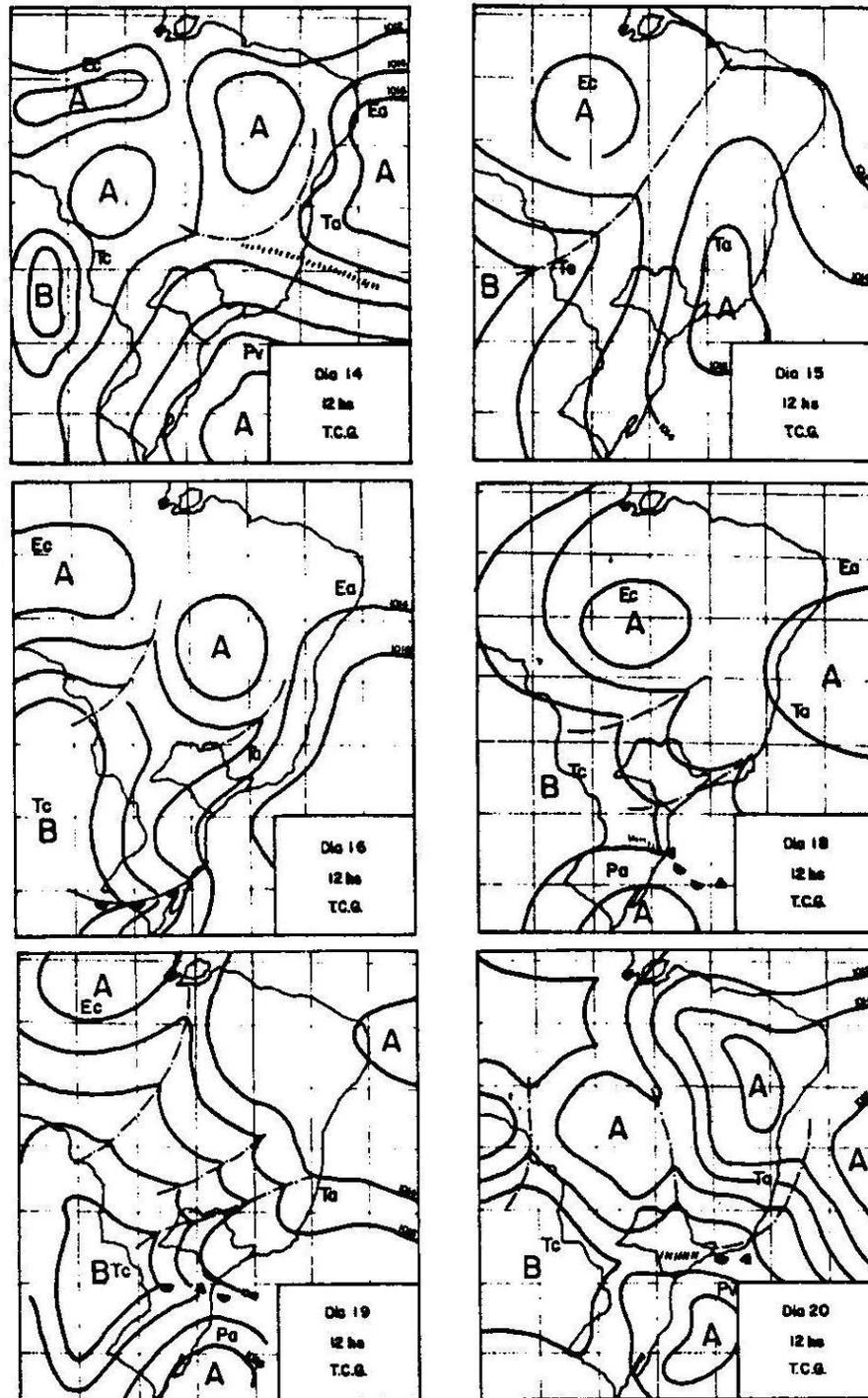


Figura 89 - Padrão característico de circulação sinótica de verão (14 a 20 de fevereiro de 1960).
Fonte: Atlas Climático para o Estado de São Paulo.

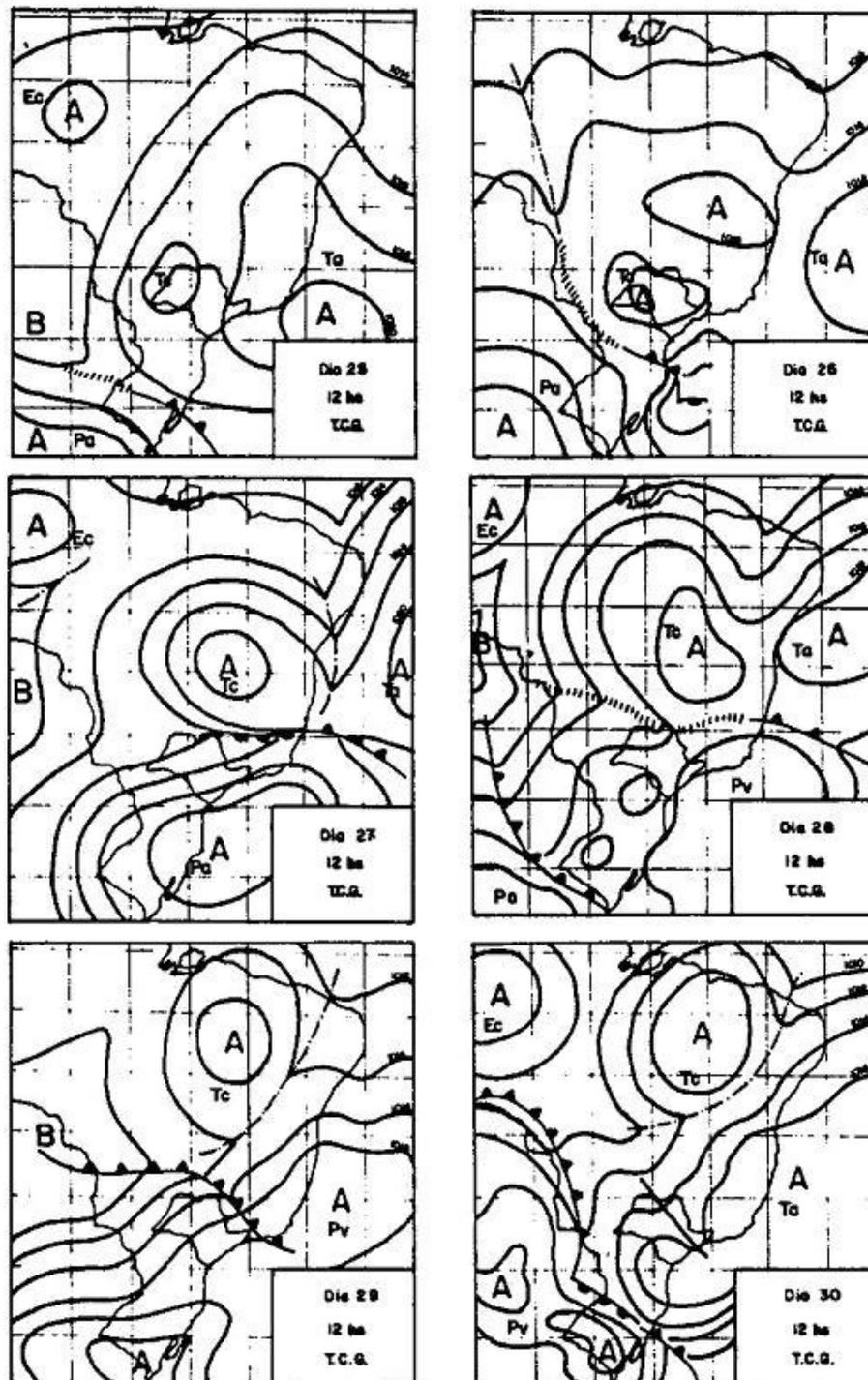


Figura 90 - Padrão característico de circulação sinótica de outono (25 a 30 de abril de 1960).
Fonte: Atlas Climático para o Estado de São Paulo.

6.3.5.1.2.1 Climatologia de Inverno

Durante o inverno a Massa Polar Atlântica atinge o Estado de São Paulo, provocando chuvas mais intensas no litoral e moderadas no interior do estado. As quedas de temperatura e as intensidades das chuvas frontais variam de acordo com a latitude. Assim ao atingirem o Estado de São Paulo, nas proximidades do Trópico de Capricórnio, há uma diminuição na ocorrência de geadas e as chuvas são menos intensas.

A Figura 87 apresenta a evolução característica de uma onda de frio durante a estação de inverno devido à passagem da Massa Polar Atlântica pelos estados de São Paulo.

6.3.5.1.2.2 Climatologia de Primavera

No início da primavera há um enfraquecimento da influência da Massa Polar Atlântica no estado de São Paulo em relação ao inverno, embora a circulação sobre a região ainda guarde as características básicas do mecanismo de circulação anterior. A Figura 88 apresenta a evolução e domínio da Massa Polar Atlântica durante a estação de primavera.

As linhas de instabilidade, comumente consequências da superposição do ar continental sobre o ar tropical, favorecem condições de instabilidade no interior do estado de São Paulo, sendo que, o enfraquecimento da frente fria é mais acentuado na passagem pelo estado do Rio de Janeiro onde a massa de ar frio chega bastante modificada entrando em processo de frontólise.

O enfraquecimento das incursões das massas polares é mais acentuada à medida que, no decorrer da estação de primavera, vai intensificando-se o processo de aquecimento da atmosfera, de modo que, as chuvas frontais, em geral moderadas, vão se confundindo com aquelas mais intensas e ligadas à penetração da Massa Tropical Atlântica.

6.3.5.1.2.3 Climatologia de Verão

Durante o verão há predominância da Massa Polar Atlântica, a Figura 89 apresenta a evolução característica do tempo durante os meses de verão. Após o solstício de verão, o fluxo das massas polares se enfraquecem, atravessando o continente num processo de aquecimento intenso. Esse processo é caracterizado pela presença de um sistema de baixa pressão atmosférica, provocada pelo forte aquecimento da área central do continente, que forma áreas de instabilidades tropicais, sistema conhecido como Baixa do Chaco.

Durante longos períodos o domínio da Massa Tropical Atlântica causa uma intensificação da estabilidade atmosférica. Porém, o dinamismo da Massa Polar Atlântica sobre a Massa Tropical Atlântica gera chuvas que ocorre durante tais interações.

6.3.5.1.2.4 Climatologia de Outono

A Figura 90 apresenta a evolução característica do tempo durante os meses de outono, onde nesse período de transição para o inverno, verifica-se uma considerável atividade da Massa Polar Atlântica.

O fenômeno de destaque é o caráter pouco acentuado das perturbações frontais, pois apesar das várias passagens de massas de ar polar que se verificam nessa época, a falta de contraste acentuado entre as massas de ar polar e tropical diminuem a intensidade dos fenômenos de frontogênese, desse modo, as chuvas de origem predominantemente frontal ainda são de pouca intensidade.

6.3.5.1.3 Variações Sazonais das Condições Meteorológicas

6.3.5.1.3.1 Direção do Vento

A Figura 91 mostra as variações sazonais da frequência da direção do vento para o Estado de São Paulo. Pode ser observado que durante todo o ano prevalecem os ventos do quadrante Sul-Este na região de Iperó/Sorocaba, assim como, na porção oriental do Estado de São Paulo.

Além da influência de grande escala, a circulação na região de estudo é afetada por efeitos de mesoescala e efeitos topográficos. Existem evidências observacionais da penetração de brisa marítima em regiões distantes do litoral do Estado de São Paulo como, por exemplo, no município de Campinas localizado a cerca de 150 km (em linha reta) da faixa do litoral, de modo que, o município de Iperó distante cerca de 120 km (em linha reta) da faixa do litoral também pode estar sujeito à influência da circulação térmica observada em Campinas (MINISTÉRIO DA MARINHA, 2012).

Uma outra contribuição importante para a distribuição do vento na região, está associada ao efeito de canalização dos ventos ao longo do vale do Rio Ipanema, que se alinha na direção Sul-Norte (MINISTÉRIO DA MARINHA, 2012).

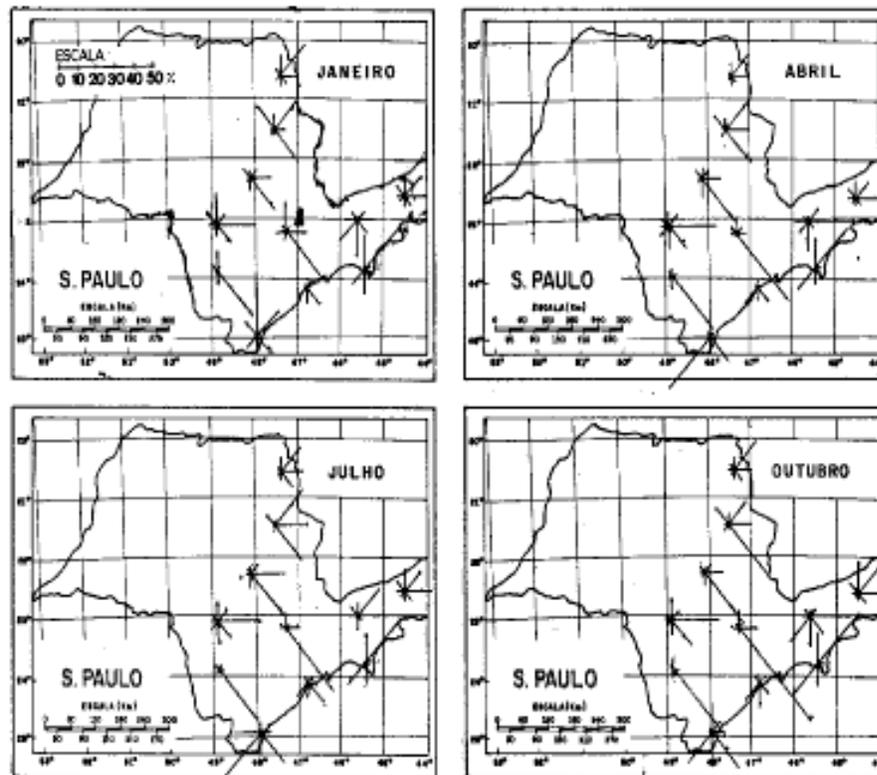


Figura 91 - Distribuição Mensal da Frequência da Direção do Vento no Estado de São Paulo.
Fonte: Atlas Climatológico do Brasil apud Ministério da Marinha, 2012.

6.3.5.1.3.2 Temperatura

A Figura 92 apresenta a distribuição sazonal das normais climáticas de temperatura média para o Estado de São Paulo. Observa-se que os valores das temperaturas médias variam de um máximo de 22,5 °C em fevereiro a um mínimo relativo de aproximadamente 15,5 °C em julho, para uma média anual próxima a 20 °C.

As temperaturas máximas médias (Figura 93) variam de um máximo de 28 °C em fevereiro a um mínimo de 15,8 °C em julho, com uma média anual de aproximadamente 25 °C. Com relação às temperaturas médias mínimas (Figura 94), seus valores variam de um máximo de 18,7 °C em fevereiro a um mínimo de 11,5 °C em julho, para uma média anual de 15,5 °C.

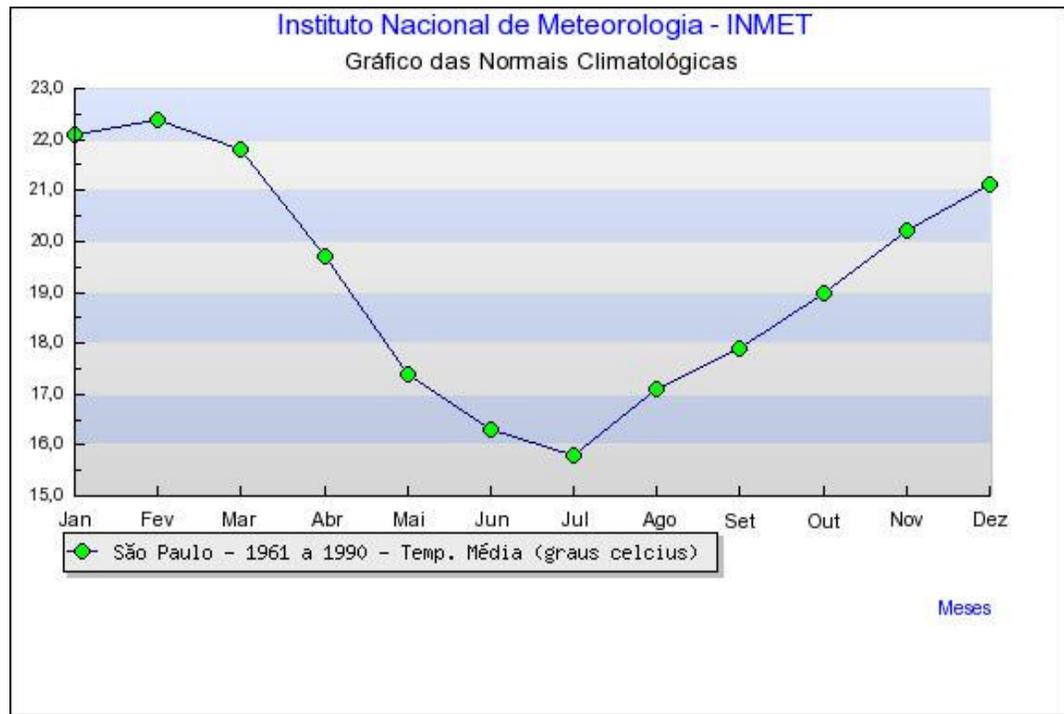


Figura 92 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de temperatura do estado de São Paulo.

Fonte: INMET, 2012.

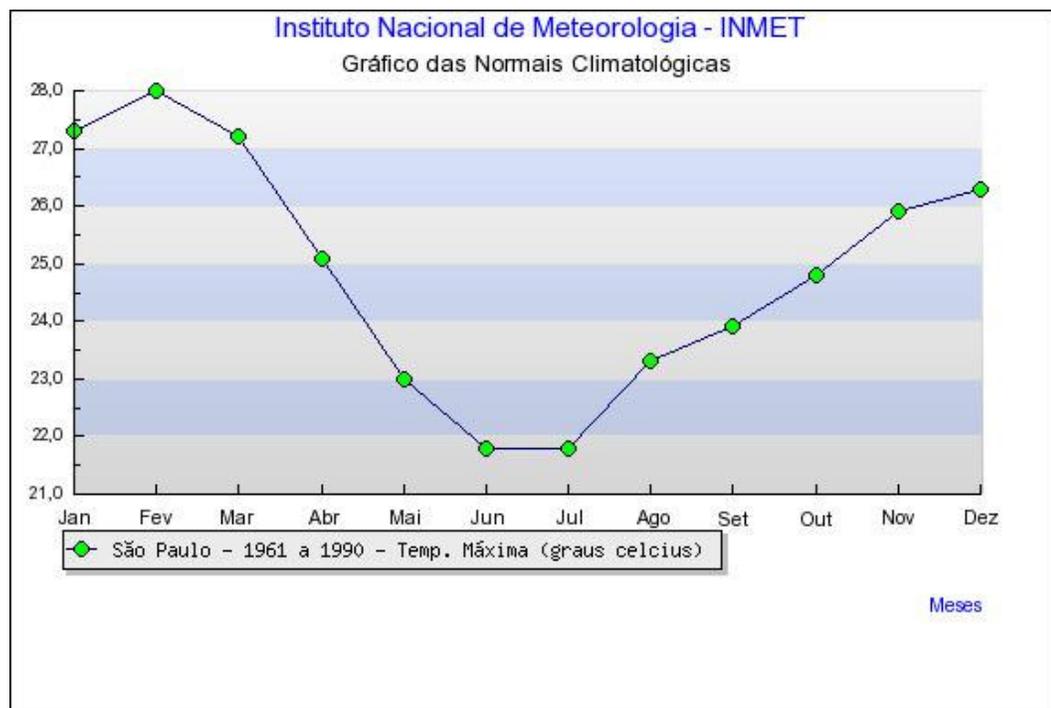


Figura 93 - Distribuição dos valores climatológicos médios de temperaturas máximas do estado de São Paulo.

Fonte: INMET, 2012.

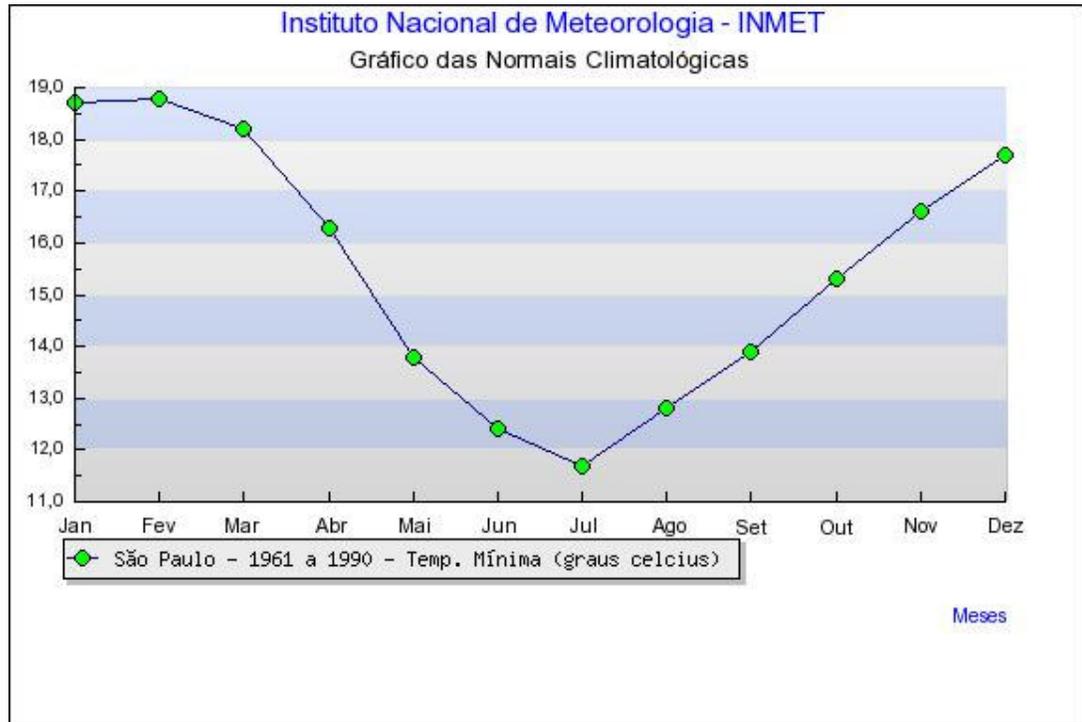


Figura 94 - Distribuição dos valores climatológicos médios de temperaturas mínimas do estado de São Paulo.

Fonte: INMET, 2012.

6.3.5.1.3.3 Umidade Relativa

Os valores de umidade relativa são inversamente proporcionais à temperatura do ar e dependentes, ainda, dos processos de aquecimento ou resfriamento do ar, transporte horizontal de vapor d'água e precipitações. Em situações transitórias, os valores de umidade relativa do ar na região podem sofrer significativas variações temporais, principalmente quando se compara às situações pré-frontais e frontais.

Como pode ser observado na Figura 95, os meses de inverno são os mais secos do ano, especialmente o mês de agosto. Já os meses mais úmidos são representados por janeiro, março, abril e dezembro, em virtude do maior volume de precipitação.

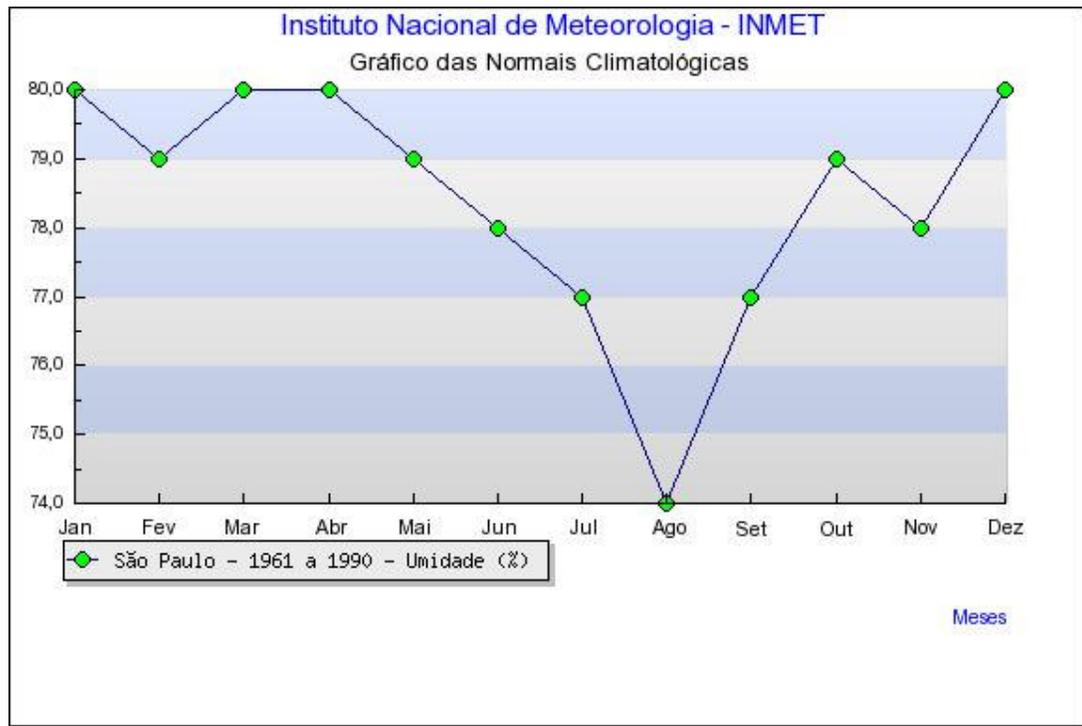


Figura 95 - Distribuição dos valores climatológicos médios de umidade do ar do estado de São Paulo.
Fonte: INMET, 2012.

6.3.5.1.3.4 Precipitação

As precipitações médias mensais do ano ocorrem no verão, especialmente nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, onde a precipitação varia entre 200 mm a 250 mm. Os menores valores são encontrados no meio do ano, onde existe uma pequena variação entre os meses de abril e agosto, especialmente em agosto.

Climatologicamente é observado que os maiores índices pluviométricos ocorrem durante os meses de primavera e verão por causa de uma maior atividade convectiva e pela passagem de linhas de instabilidade aliadas a sistemas frontais, enquanto que, no outono e inverno os índices pluviométricos diminuem acentuadamente, uma vez que, a precipitação ocorre quando da passagem dos sistemas frontais, ou então, de pequenas células de atividade convectiva localizadas.

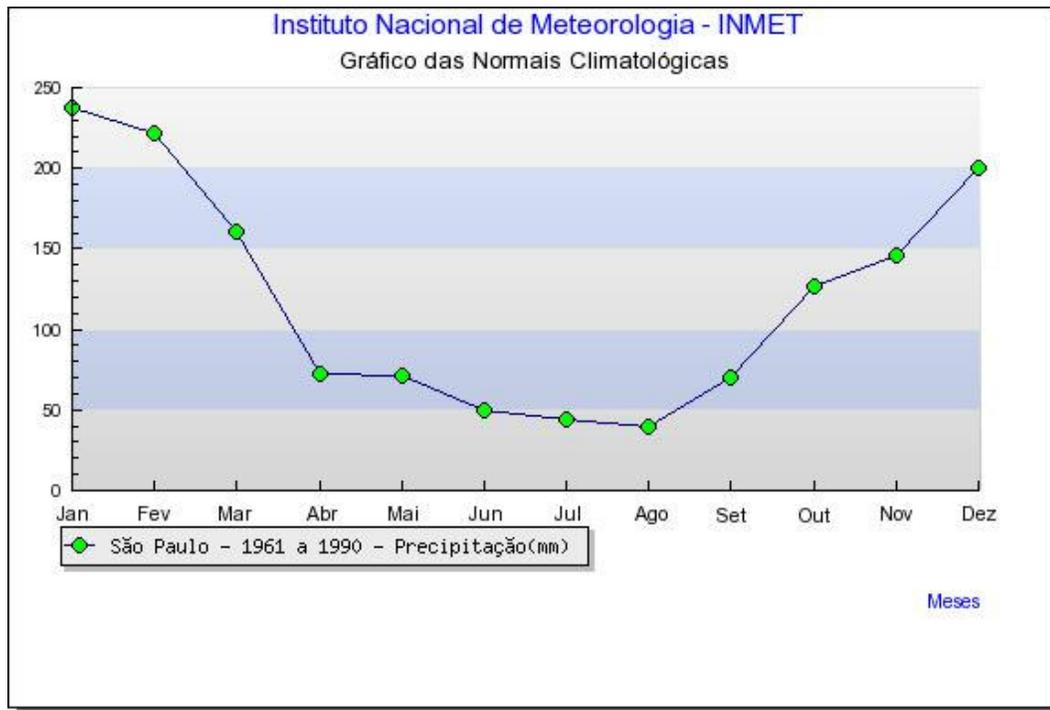


Figura 96 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de precipitação do estado de São Paulo.

Fonte: INMET, 2012.

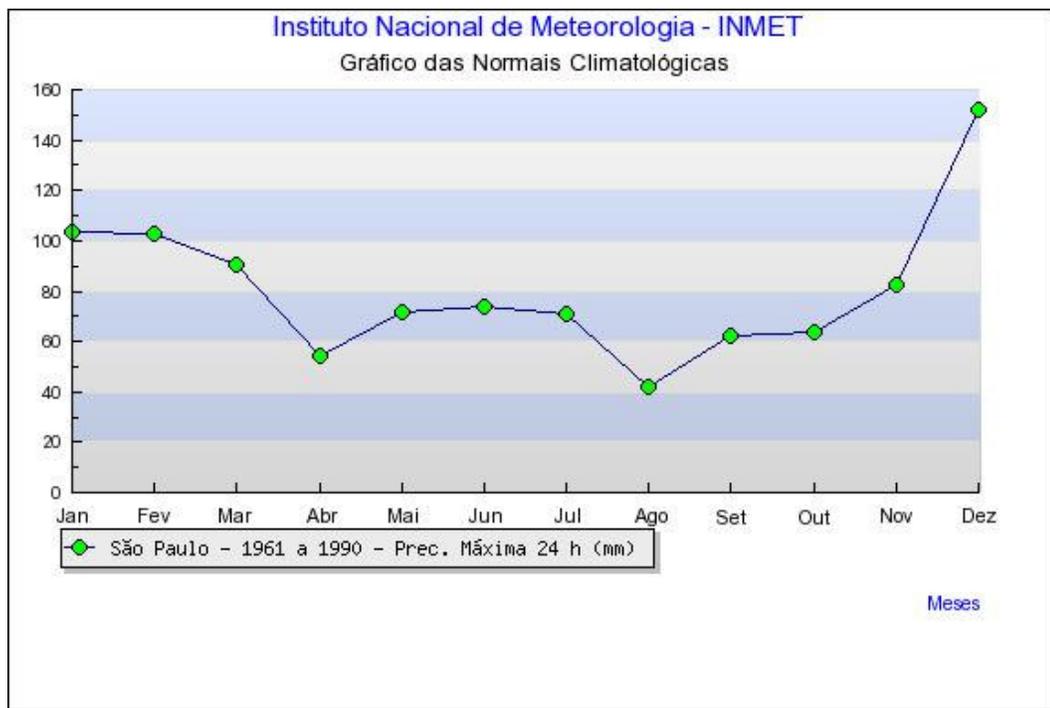


Figura 97 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de precipitação máxima em 24 h do estado de São Paulo.

Fonte: INMET, 2012.

6.3.5.1.3.5 Circulação local e relevância da topografia no processo de dispersão da região

A topografia de uma região tem grande influência na circulação do ar, enquanto que a circulação de ar é um parâmetro importante no processo de dispersão de poluentes atmosféricos. Dentre os vários estudos realizados acerca da região de Iperó-SP, destaca-se um estudo de VELEDA (2001) que teve por objetivo desenvolver um ajuste do campo de ventos da região em função da topografia local. Abaixo (Figura 98) segue a topografia local na resolução utilizada para o estudo.

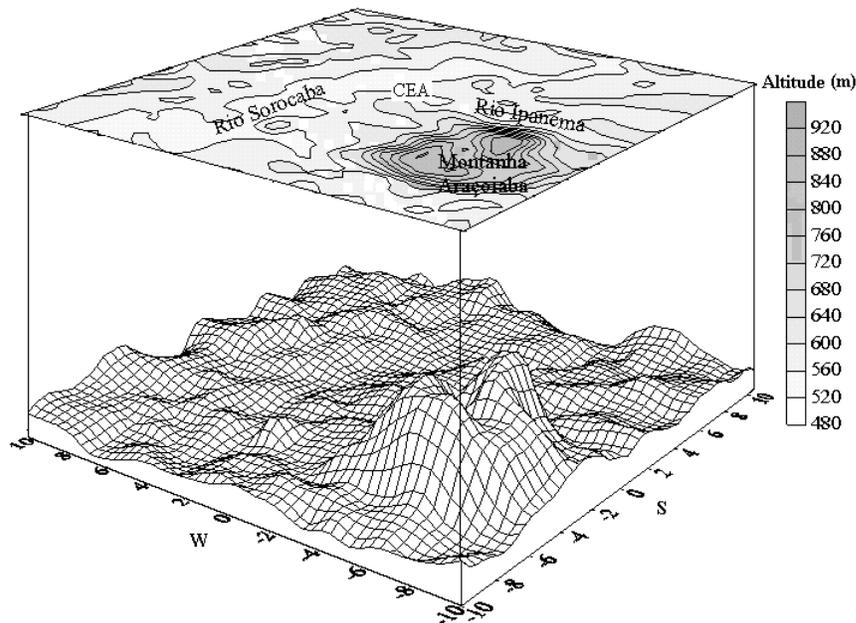


Figura 98 - Topografia da região de Iperó-SP.
Fonte: VALEDA, 2001.

Como se pode ver, a topografia local é caracterizada por vales e montanhas, a maior elevação encontrada refere-se à montanha Araçoiaba enquanto que as menores elevações são encontradas nos vales dos rios Sorocaba e Ipanema.

Para que se possa obter os campos de ventos ajustados à topografia deve-se utilizar as medições locais da direção e da intensidade do vento. Os campos de vento definidos, então, servem de entrada no modelo que irá calcular as características da dispersão dos poluentes.

Nos diversos trabalhos desenvolvidos na região analisaram-se os campos de vento com base em observações locais. Através destes trabalhos pode-se verificar as características locais da dinâmica dos ventos.

Segundo Oliveira (2002), “a CLP na região de Iperó apresenta um grau grande de complexidade, sendo afetada pela penetração de brisa marítima; circulações locais induzidas pela topografia complexa (anabático, catabático, canalização) e por jatos de baixos níveis”.

Karam (2002) estudou a influência na dispersão pelos jatos de baixos níveis (JBN), que se caracterizam por cisalhamento direcional, com ventos de SE na superfície e de ENE na

região de máximo. Os estudos indicaram que o JBN em Iperó é resultado da ação combinada tanto da circulação anabático no setor paulista do rio Paraná, quanto da oscilação inercial, da circulação catabática noturna e da brisa marítima. Ainda segundo o estudo de Karam (2002), o JBN aumenta a dispersão horizontal das partículas, nas simulações de Karam (2002) chegou-se a resultados de transporte de poluente atmosférico emitido na superfície a até 250 km de distância da fonte.

Observa-se pela Figura 99 a região do RMB, em Iperó, com destaque para um raio de 15 km a partir do reator. Os pontos com altitudes mais elevadas encontram-se no município de Iperó na porção SSW, na porção ENE do município de Capela do Alto, e N do município de Araçoiaba da Serra. Essa região, conhecida como “Fazenda Ipanema”, está localizada a SSW do reator (RMB).

Considerando a direção preferencial dos ventos nesta região, N, NNW e NW, conforme mostrado acima, percebe-se a influência dessas barreiras geográficas no comportamento do campo de vento e, conseqüentemente, na dispersão dos poluentes atmosféricos (CNEN, 2012).

As cotas mais elevadas do que o ponto de lançamento de poluentes e radionuclídeos tendem a ter concentrações mais elevadas, pois o ar tende a aumentar a sua densidade. Esse efeito é parcialmente reduzido em função do ajuste dos campos de ventos tridimensionais com a topografia, fazendo que o efeito seja redistribuído não apenas na vertical, mas também na horizontal, no entorno das barreiras topográficas.

Obviamente as áreas mais impactadas pela dispersão são aquelas para onde os ventos sopram com maior frequência. Embora Karam (2002) tenha avaliado que os jatos de baixos níveis possam transportar poluentes a centenas de quilômetros, estudos preliminares mostram que, em média, as concentrações são mais representativas dentro de um raio de poucas dezenas de quilômetros da fonte geradora (CNEN, 2012).

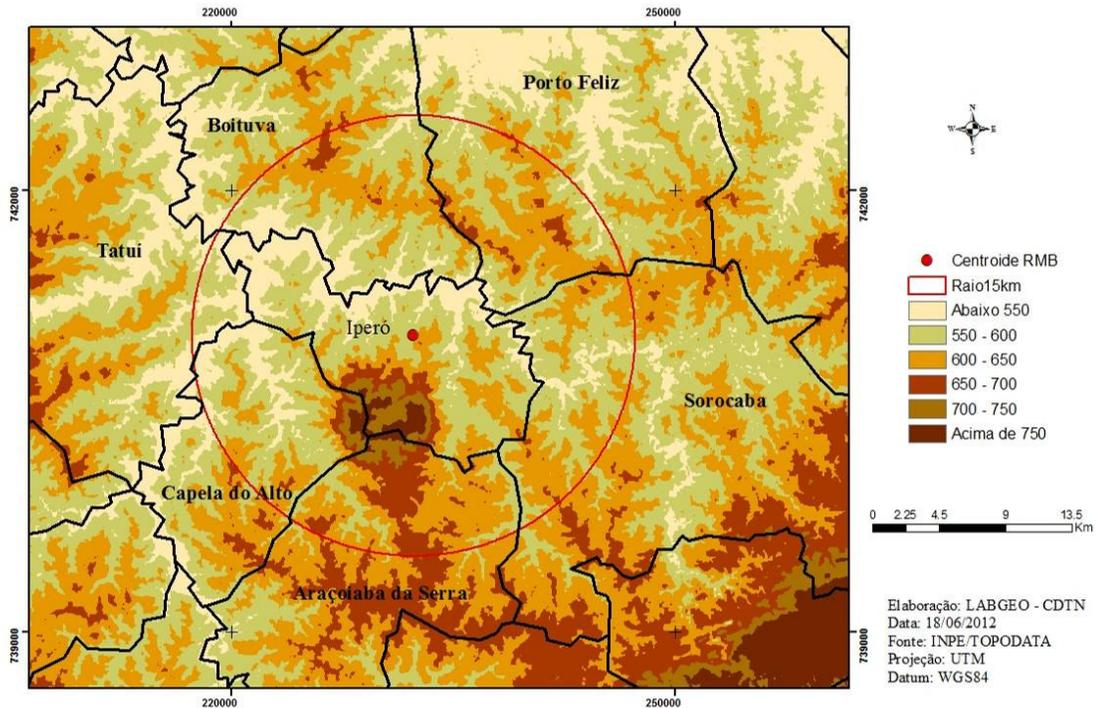


Figura 99 - Topografia da região do RMB.
Fonte: CNEN, 2012.

6.3.5.2 METEOROLOGIA LOCAL

Segundo a classificação climática de Köppen a área está localizada em uma região de clima subtropical quente úmido (Cwa), com inverno seco caracterizado por um total de precipitação em torno de 30 mm. O mês mais quente possui temperatura média acima de 22°C e no mês mais frio a temperatura média não ultrapassa 18°C. De acordo com o Relatório Final de Análise de Segurança (MINISTÉRIO DA MARINHA, 2012) de ARAMAR, na região a sul da área o clima é classificado como subtropical quente e úmido sem estação seca (Cfa), com o mês mais seco caracterizado por um total de precipitação acima de 30 mm e temperatura média acima de 22°C no mês mais quente e abaixo de 18°C no mês mais frio.

6.3.5.2.1 Fenômenos de Tempo Severo

Considerando as informações presentes no Relatório Final de Análise de Segurança de ARAMAR (MINISTÉRIO DA MARINHA, 2012), a não observação de fenômenos severos pela estação meteorológica da Fazenda Ipanema tornou necessária a utilização de mapas climatológicos de tempo severo fornecidos pelo INMET. Segundo memorando do INMET enviado ao CTMSP não foi possível fornecer nenhum mapa climatológico ou lista de eventos de tempo severo específicos para a área do empreendimento.

6.3.5.2.1.1 Tempestades

Em estudo realizado por (ALMEIDA, 2006), não existe procedimento institucional para uma documentação sistemática das tempestades severas no Brasil, onde os poucos esforços para documentar episódios de tempo severo no Brasil são conduzidos por iniciativas individuais com pouco ou nenhum suporte oficial.

No entanto, de acordo com Relatório Final de Análise de Segurança de Aramar (MINISTÉRIO DA MARINHA, 2012), na área de inserção do empreendimento, as tempestades locais tendem a ser intensas, sem causar, no entanto, inundações nas instalações, pois a bacia do Rio Ipanema está localizada em cota muito inferior às cotas das instalações existentes e previstas no Centro Experimental ARAMAR.

As tempestades ocorrem freqüentemente durante o verão devido a intensa atividade convectiva, e com a passagem dos centros ciclônicos de baixa pressão (frentes frias) durante todo o decorrer do ano.

6.3.5.2.1.2 Geadas

Segundo o atlas climatológico do IGG, a região de Sorocaba e Iperó está sujeita a ocorrência de geadas durante apenas 2 a 4 dias no decorrer do ano, basicamente nos meses de julho e agosto, sendo que, essas geadas costumam ser de pouca intensidade afetando na maior parte das vezes apenas colheitas agrícolas e pastagens (MINISTÉRIO DA MARINHA, 2012).

6.3.5.2.1.3 Tempestades de Neves

Não é esperada a ocorrência de tempestades de neve, já que as temperaturas mínimas sobre a região raramente descem abaixo de zero °C, assim como, a altitude e latitude da localização do Centro Experimental ARAMAR não favorecem condições termodinâmicas a esse tipo de fenômeno meteorológico (MINISTÉRIO DA MARINHA, 2012).

6.3.5.2.1.4 Tornados e Furacões

Não existem artigos científicos ou registros meteorológicos classificando as tempestades tropicais próximos a costa brasileira na altura do Trópico de Capricórnio como sendo furacões. Entretanto, um grande evento de escala sinótica na latitude do Estado de Santa Catarina, ocorreu entre 22 a 28 de Março de 2004, e foi classificado como sendo um furacão do tipo I na Escala de Saffir-Simpson.

Inicialmente classificado pelo serviço brasileiro de previsão do tempo como sendo um ciclone extratropical, este sistema alcançou a costa do estado de Santa Catarina com ventos estimados da ordem de 150 km/h. Posteriormente, em 2006, o CPTEC conjuntamente com o INMET, ambas autoridades oficiais de previsão do tempo no Brasil, reclassificaram este fenômeno como sendo um furacão do tipo I na escala de Saffir-Simpson e o nomearam Catarina.

Outras evidências não mostram sinais de que este fenômeno severo passou a ser regular na costa brasileira devido a mudanças climáticas que estão sendo observadas nas últimas décadas sobre o planeta

Portanto, a probabilidade da passagem de uma tempestade tropical ou de um furacão sobre a área do empreendimento não é significativamente diferente de zero.

6.3.5.2.2 Altura da Camada de Mistura

Estando em contato com a superfície, a Camada-Limite Atmosférica (CLA) sofre o ciclo diário de temperatura, energia, etc. O estudo e a avaliação de sua altura e estrutura pode fornecer importantes informações para diversas áreas de atuação, incluindo poluição atmosférica, meteorologia agrícola, hidrologia, meteorologia aeronáutica, meteorologia de mesoescala, previsão do tempo e climática (GARRAT, 1994).

Especialmente no caso do estudo em questão, que trata do entorno de reator nuclear, a altura da camada de mistura determina o volume disponível para o transporte e dispersão dos potenciais poluentes e contaminantes atmosféricos, além de influenciar na forma que ocorre esta dispersão, de acordo com demais parâmetros da CLA, como coeficientes de difusão e estabilidade atmosférica, que dependem das condições meteorológicas e da turbulência na camada. No caso da modelagem da dispersão atmosférica, a altura da camada de mistura é um dado essencial para alimentação do modelo.

Existem diversas formas de se determinar a altura da CLA, sendo a mais empregada feita a partir do monitoramento do perfil atmosférico, que é feito com balões meteorológicos (radiossondas). Outros métodos diretos (avião, VANTs e outros) ou métodos indiretos (SODAR, LIDAR e outros) também podem ser utilizados mas são menos comuns.

Como a radiossonda realiza o monitoramento das primeiras dezenas de quilômetros da atmosfera e são importantes na meteorologia, existe uma rede mundial de monitoramento de altitude, geralmente com pontos de lançamento dos balões em aeroportos. Entretanto, tipicamente são feitas apenas 2 medições por dia. Como a camada de mistura sofre a variação dos forçantes superficiais, a sua dinâmica e estrutura são afetadas em uma curta escala de tempo (poucas horas), a avaliação da variação horária da altura da camada de mistura é uma tarefa bastante custosa.

Usualmente a análise da camada limite é separada em camada diurna e noturna: durante o dia os fluxos superficiais de energia são mais expressivos e, portanto, o desenvolvimento da camada de mistura é mais pronunciado, chegando a altura da ordem de 1 km; no período noturno, os fluxos são reduzidos, a estrutura da camada é bastante diferente e sua altura pode ser reduzida para a ordem de 100 m.

Embora haja um comportamento típico da camada de mistura ao longo do dia, há períodos mais difíceis de avaliar a estrutura da camada, principalmente na transição noite-dia e dia-noite, o que torna ainda mais incerta a determinação da altura de mistura (BERMAN; KU, 1997; PIRINGER *et al.*, 1998).

Assim, o mais indicado é o uso de métodos combinados que permitam avaliar a altura da camada de mistura nas diferentes situações possíveis.

6.3.5.2.2.1 Levantamentos já realizados do perfil atmosférico no local

Não há estação de radiossondagem operacional na região de Iperó/SP, mas foram realizadas campanhas de monitoramento com o perfilamento da atmosfera, entre 1990 e 1993, ao trabalho denominado “Climatologia de Ar Superior e de Baixos Níveis”.

Nesse estudo, efetuaram-se sondagens dos perfis verticais das primeiras centenas de metros da superfície, e também foi estimado o balanço de energia próximo à superfície. Os experimentos possibilitaram também a estimativa de alguns parâmetros de entrada que são utilizados em diversos códigos computacionais que modelam a dispersão atmosférica de radionuclídeos. A evolução temporal da altura da camada de mistura foi determinada, juntamente com a análise dos demais parâmetros micrometeorológicos. Além da estação de superfície, foram obtidos dados de radiossondas e balão cativo. Os detalhes do programa estão descritos na página de internet e trabalhos publicados em: <<http://www.iag.usp.br/meteo/labmicro/projetos/lpero/default.html>>.

Os autores exemplificam alguns padrões meteorológicos observados durante os períodos de monitoramento. No inverno, os perfis verticais tendem a caracterizar os tipos de circulação de grande escala (comumente sistemas de alta pressão de origem polar). Esses sistemas de alta pressão tendem a criar estabilidade atmosférica ou evitam o crescimento da camada de mistura, o que prejudica a dispersão de poluentes nesses períodos.

A partir da análise dos perfis de radiossondas, os autores verificaram que a camada de mistura se desenvolve durante o período diurno através da quebra da inversão térmica existente nas primeiras centenas de metros acima da superfície, enquanto que, durante o período noturno, caracteriza-se a formação de uma nova camada de inversão térmica abaixo da camada de mistura originada durante o dia.

De maneira geral, a evolução da camada de mistura durante o período de inverno e a predominância de sistemas anti-ciclônicos de alta pressão sobre a região, mostraram que é possível atingir, ou até mesmo superar, os 1000 m de profundidade durante o período diurno. Observa-se também, que é comum a formação de uma camada de inversão térmica a partir da superfície até a altura de 100 m a 200 m durante o período de transição e o período noturno. No período noturno, observou-se também a presença de jatos noturnos, que favorece a mistura por ação mecânica (cisalhamento).

O período de verão é caracterizado tipicamente por dias quentes e úmidos, associados a precipitações no período da tarde e durante a noite, devido ao intenso processo de convecção térmica.

Nessas condições é comum um maior desenvolvimento da camada de mistura, a qual tem nas primeiras horas da manhã altura da ordem de 200 m e que pode superar 1500 m no decorrer da tarde. No verão observa-se com maior evidência a camada residual, que parcialmente auxilia no crescimento da nova camada diurna.

Scolaret *et al* (2000) realizou simulações numéricas utilizando um modelo unidimensional com fechamento de segunda ordem. Os parâmetros mais relevantes calculados foram: a altura da Camada Limite Planetária (CLP), os perfis verticais de temperatura e umidade e os fluxos turbulentos de calor sensível e latente. Os dados utilizados foram os obtidos em uma campanha de medições de campo realizada durante o período de 8 à 21 março de 1993, no Centro Experimental Aramar em Iperó-SP (OLIVEIRA, 1993). Simulações de 24 horas para os dias 12 e 13 de março de 1993 foram analisadas.

Os resultados do autor indicam que durante o período diurno, os fluxos turbulentos de calor sensível e de calor latente são limitados pelo topo da CLP que alcança altura máxima aproximada de 1300 m por volta da 15:00 h. Esses fluxos, começando com máximo valor positivo próximo à superfície, em resposta ao aquecimento solar, decrescem linearmente com a altura favorecendo o transporte de calor e umidade da superfície para os níveis mais altos da atmosfera. Por outro lado, durante o período noturno os fluxos turbulentos de calor sensível e latente são extremamente pequenos próximo à superfície e sem profundidade vertical, provocando o desacoplamento entre a camada limite estável e a camada limite planetária. Como consequência, as variações na temperatura potencial e umidade específica não são mais controladas pelo processo de turbulência térmica na CLP, mas sim pela turbulência mecânica.

A seguir, apresentam-se outros dados referentes à altura da camada de mistura, a partir da avaliação de dos históricos obtidos por radiossondagens em estação de lançamento próxima à região de estudo.

6.3.5.2.2.2 Cálculo da altura da camada de mistura com radiossondagens

Para fins de avaliação da climatologia da camada de mistura, este trabalho avalia a altura da CLA com base em dados da estação de radiossondagem do Campo de Marte, localizada em São Paulo/SP, nas coordenadas 23°30'32"S; 46°38'12"O e altitude de aproximadamente 720 m.

Esta estação está afastada aproximadamente 90 km do local de estudo. A “Norma CNEN 1.22: Programas de Meteorologia de Apoio de Usinas Nucleoelétricas” (CNEN, 1989) estabelece que no caso do uso de estações secundárias para avaliações adicionais de dispersão atmosférica nas zonas de planejamento de emergência devem estar afastadas em até 80 km. Como o presente estudo avalia principalmente a altura da camada de mistura com dados de altitude, considera-se que a estação de Campo de Marte pode ser utilizada para este fim.

As radiossondagens do local Campo de Marte são lançadas a cada 12 horas e são utilizadas para cálculos de fatores meteorológicos, tais como altura da camada de mistura e estabilidade atmosférica.

Para o cálculo da altura da camada de mistura os dados meteorológicos de superfície e altitude foram feitos com o uso de um pré-processador AERMET, do modelo de dispersão AERMOD (USEPA, 2004-a). As simulações compreendem a utilização de 5 anos de dados

históricos horários, de 2005 a 2009. Esses dados foram adquiridos da NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration). Para detalhes do modelo de cálculo, consultar o manual do AERMET (USEPA, 2004-b).

O AERMET foi desenvolvido para ser processado em três estágios e para operar com vários tipos de dados, tanto de superfície quanto de radiossondagens. O primeiro estágio extrai os dados a partir de dois arquivos nos formatos adequados. Ainda no primeiro estágio, os dados são auditados, passando por um controle de qualidade para verificação de falhas nos arquivos ou nos valores dos dados. Após a extração destes dados, no segundo estágio, os dados de superfície (com informações horárias para 5 anos) e radiossondagens (com informação de 12 em 12 horas) que estavam contidos em 2 arquivos separados são combinados e escritos em um único arquivo, com variação horária. Este é apenas um arquivo intermediário, que é lido no terceiro estágio do processamento do AERMET para gerar informações diversas, como parâmetros da camada limite atmosférica para cálculo da dispersão de poluentes. Nesta etapa, geram-se 2 arquivos finais, um contendo os dados de superfície (medidos e calculados) e outro contendo dados do perfil da atmosfera (a partir das informações das radiossondagens e cálculos realizados pelo AERMET), cujos resultados são apresentados a seguir.

A variação da altura da camada de mistura ao longo dos meses é mostrada na Figura 100. Trata-se da estatística da máxima altura atingida durante o crescimento da camada limite (que geralmente se dá no meio da tarde). A camada de mistura atinge valores médios de 800 m no inverno e de 1200 m no verão, considerando todo o conjunto de 5 anos de dados utilizados. Este comportamento e os respectivos valores são bastante característicos em função da localização geográfica da região de estudo. Ressalta-se que, embora não mostrada com detalhes (em função do grande número de dados), a dinâmica da camada de mistura é bastante variável ao longo dos dias e, principalmente, com forte variação sazonal quando analisados individualmente.

A Figura 101 mostra a variação ao longo das horas do dia. No início da manhã, a incidência de radiação e o fluxo de calor sensível positivo forçam o crescimento da camada de mistura, que atinge a sua máxima altura no final da tarde, em torno de 1700 m no horário das 16 h. No período noturno a camada de mistura é dada pela turbulência mecânica, ou seja, pelo atrito do vento. De noite, a altura de mistura é da ordem de 500 m, o que mostra que predomina a estabilidade atmosférica, mas com a presença de turbulência mecânica por conta da ação do vento e do atrito da superfície.

Esses valores concordam parcialmente com os dados obtidos anteriormente por pesquisadores. Entretanto, vale lembrar que os dados apresentados acima são para um local um pouco afastado de Iperó, mas que, por outro lado, possui um conjunto de dados bem maior, por conter 5 anos de dados horários da superfície e de intervalos de 12 horas do perfil atmosférico, obtidos por radiossondagens.

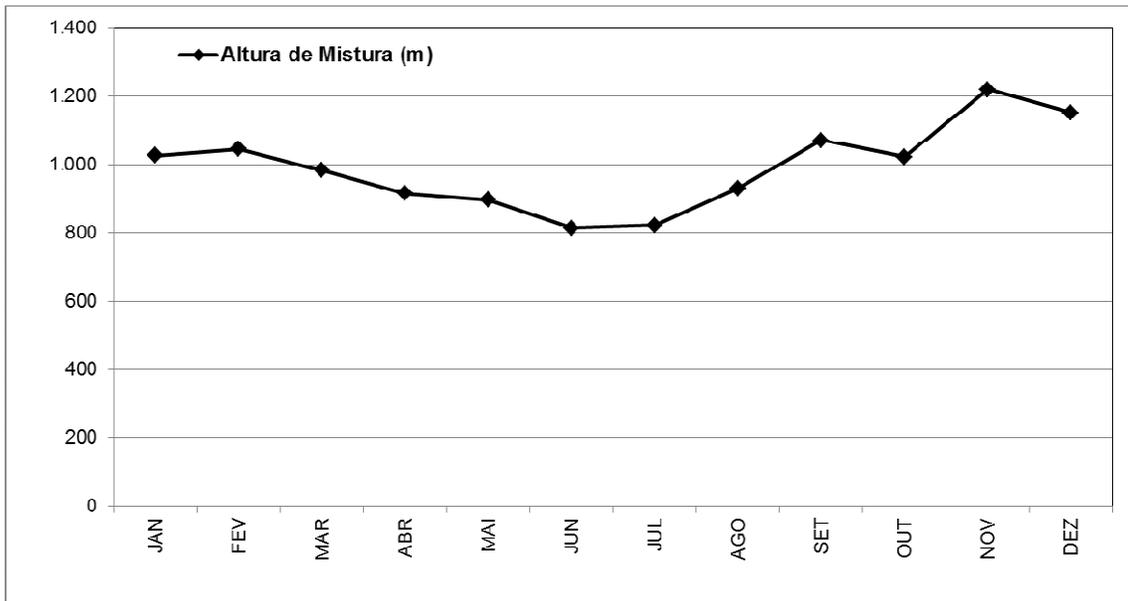


Figura 100 - Altura da camada de mistura ao longo dos meses com base em 5 anos de dados de meteorologia (superfície e radiossondagem) de Campo de Marte, calculada com o AERMET.

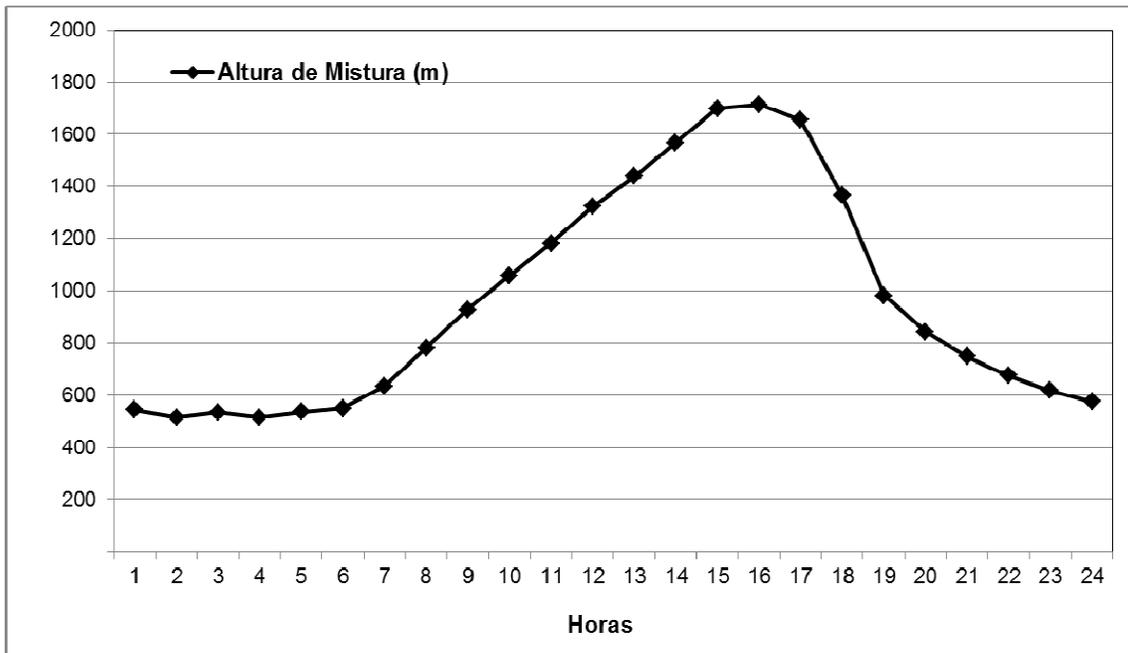


Figura 101 - Altura da camada de mistura ao longo das horas do dia com base em 5 anos de dados de meteorologia (superfície e radiossondagem) de Campo de Marte, calculada com o AERMET.

6.3.5.2.3 Condições de Dispersão Atmosférica

6.3.5.2.3.1 Caracterização da Turbulência Atmosférica

De maneira geral, a atmosfera pode ser dividida verticalmente em troposfera, estratosfera, mesosfera e termosfera. A primeira é a mais importante por estar em contato com a superfície e tem altura até a ordem de aproximadamente 15 km nas baixas e médias latitudes. Entretanto, para os processos de dispersão, a parte mais relevante é a Camada Limite Atmosférica (CLA), que se estende até 1500 m a partir do solo. Essa camada sofre influência direta da superfície e se altera em pequenas escalas de tempo e de espaço. Quanto à escala temporal, segundo Stull (1988), a “camada limite é a parte da troposfera que é diretamente influenciada pela presença da superfície da Terra, e responde aos forçantes superficiais com uma escala de tempo de uma hora ou menos”.

Devido à interação com a superfície, a CLA normalmente é turbulenta e as substâncias e efluentes emitidos nesta camada são dispersos podendo ocupar todo o seu volume, dependendo das fontes emissoras e das propriedades físicas, químicas e biológicas das substâncias. Por esse motivo, é usual chamar a CLA de camada de mistura, enfatizando a ocorrência deste processo. Conforme definido por Seibert *et al.* (2000): “a altura de mistura é a altura da camada adjacente ao solo sobre a qual os poluentes ou qualquer outro constituinte emitido dentro dessa camada ou nela penetrado tornam-se dispersados verticalmente por turbulência convectiva ou térmica com uma escala de tempo de aproximadamente uma hora”.

A sua característica turbulenta é resultado do processo de troca de energia na superfície com a atmosfera e o efeito da rugosidade na interface. Basicamente, o calor trocado com a superfície gera (ou destrói) turbulência convectiva, o que favorece movimentos verticais (que são responsáveis pelo “misturamento” da camada). Além disso, o escoamento do vento médio e o atrito do ar com a superfície causa o efeito de cisalhamento do vento, sendo que o gradiente vertical da velocidade horizontal do vento causa turbulência dinâmica. Essas duas formas de geração de turbulência podem atuar em conjunto ou não, em função das condições meteorológicas, geográficas, topográficas, de uso e ocupação do solo, da estação do ano e da hora do dia (MALHEIROS, 2004).

Os movimentos verticais ocorrem em função da estabilidade termodinâmica da camada de mistura. Por isso, é comum o uso de dados de temperatura em diferentes níveis para a sua caracterização. Por exemplo, se o solo está mais quente do que o ar acima dele, aquele fornecerá calor à atmosfera e este ar, em contato com o solo, se ascenderá por empuxo, até que a temperatura do entorno se iguale ou fique maior (no sentido da temperatura potencial e considerando os efeitos da expansão adiabática). No caso de superfície mais fria, o fluxo de calor se inverte e tende a estabilizar a atmosfera, reduzindo os níveis de turbulência e do seu efeito na difusão atmosférica. Além do perfil de temperatura (e umidade), é importante avaliar o vento em diferentes níveis, pois ele também auxilia na análise da turbulência e do efeito de cisalhamento.

6.3.5.2.3.2 Estabilidade Atmosférica

O estudo da estabilidade atmosférica é importante para a compreensão dos fenômenos de transporte e dispersão, pois afeta o movimento vertical do ar, ou seja, afeta dinâmica da camada de mistura. A estabilidade do ar interfere diretamente no misturamento de poluentes e outros escalares com o “ar puro”.

A estabilidade atmosférica pode ser determinada de diversas formas. Uma delas é comparando-se a variação de temperatura no perfil atmosférico com a temperatura de uma (hipotética) parcela de ar ascendente ou descendente.

A fração térmica da turbulência atmosférica geralmente é caracterizada por processos de convecção, que são favorecidos quando o ar encontra-se instável. Portanto, quando a condição da atmosfera é instável, a mistura é mais eficiente do que quando a condição é estável. Numa camada de ar estável, uma parcela de ar colocada em movimento ascendente é forçada a retornar à sua posição de origem, dificultando a mistura.

É possível estimar a estabilidade do ar de forma qualitativa observando-se, por exemplo, uma pluma lançada de uma chaminé. Se a pluma visível encontra-se em uma camada de ar instável, a pluma fica com aspecto ondulado, por estar sofrendo o efeito de vórtices que são gerados nos processos de convecção. Se a pluma estiver sob condições predominantemente estáveis e a diluição é dificultada a pluma tende a mostrar menor dispersão vertical e lateral.

Existem diversas classificações que permitem classificar a estabilidade atmosférica. Uma das mais utilizadas e clássicas é a de Pasquill, que abrange sete classes de estabilidade, variando de fortemente instável à fortemente estável. Ela baseia-se em condições meteorológicas como a velocidade do vento, insolação durante o dia ou fração de cobertura de nuvens durante a noite. Oliveira Júnior *et al* (2010) utilizaram esta classificação em seu estudo de critérios de estabilidade atmosférica para a região da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (Angra dos Reis).

Um dos métodos de classificar a estabilidade é o Método ΔT (diferencial de temperatura), baseado no gradiente vertical de temperatura e aplicável independente da velocidade de vento. Há também o Método Sigma-Teta ($\sigma\theta$), baseado no desvio padrão da flutuação horizontal do vento ($\sigma\theta$), que reflete diretamente o grau de turbulência mecânica da atmosfera. Este parâmetro é obtido com dispositivos eletrônicos e expresso em graus. Uma restrição deste método é que não pode ser utilizado em situações em que a velocidade do vento é menor que 0,5 m/s (CNEN, 1989). As classes de Pasquill e os respectivos critérios em ambos os métodos citados são apresentados na Tabela 42.

Tabela 42 - Classificação dos parâmetros de estabilidade vertical e horizontal segundo Pasquill.

CATEGORIAS DE PASQUILL	DESCRIÇÃO	GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA (°C/100m)	SIGMA TETA ($\sigma\theta$) (°)
A	Fortemente Instável	$\Delta T/\Delta z \leq -1,9$	$\sigma\theta \geq 22,5$
B	Moderadamente Instável	$-1,9 < \Delta T/\Delta z \leq -1,7$	$22,5 > \sigma\theta \geq 17,5$

CATEGORIAS DE PASQUILL	DESCRIÇÃO	GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA (°C/100m)	SIGMA TETA (σ_θ) (°)
C	Ligeiramente Instável	$-1,7 < \Delta T / \Delta z \leq -1,5$	$17,5 > \sigma_\theta \geq 12,5$
D	Neutra	$-1,5 < \Delta T / \Delta z \leq -0,5$	$12,5 > \sigma_\theta \geq 7,5$
E	Ligeiramente Estável	$-0,5 < \Delta T / \Delta z \leq 1,5$	$7,5 > \sigma_\theta \geq 3,8$
F	Moderadamente Estável	$1,5 < \Delta T / \Delta z \leq 4,0$	$3,8 > \sigma_\theta \geq 2,1$
G	Fortemente Estável	$4,0 < \Delta T / \Delta z$	$2,1 > \sigma_\theta$

Fonte: CNEN, 1989.

A classificação de Pasquill foi mais tarde reformulada, e passou a ser conhecida por Pasquill-Gifford, sendo aplicada na maioria dos estudos de poluentes, efluentes gasosos ou partículas sólidas. A classificação de Pasquill-Gifford é mostrada na Tabela 43.

Tabela 43 - Classificação de Pasquill-Gifford da estabilidade atmosférica.

Velocidade do Vento a 10m da superfície	Período Diurno: Radiação Solar			Período Noturno: Grau de Cobertura de Nuvens		Dia ou Noite Tempo Encoberto
	Forte	Moderada	Fraca	$\geq 4/8$	$\leq 3/8$	
<2	A	A – B	B	-	-	D
2 – 3	A – B	B	C	E	F	D
3 -5	B	B – C	C	D	E	D
5 – 6	C	C – D	D	D	D	D
≥ 6	C	D	D	D	D	D

A: Extremamente instável
B: Moderadamente instável
C: Levemente Instável
D: Neutra
E: Moderadamente estável
F: Levemente estável

Fonte: ZANETTI, 1990 in LISBOA, 2007.

Nota: Forte insolação corresponde a situações com ângulo de elevação solar com relação ao horizonte maior que 60°. Fraca insolação corresponde a ângulos de elevação solar com relação ao horizonte entre 15° e 35°.

A classificação da estabilidade atmosférica auxilia no entendimento dos padrões de turbulência e da condição de diluição de substâncias dentro da camada limite planetária e é de importância também como parâmetro de entrada em muitos modelos de dispersão atmosférica, da mesma forma que os fluxos de calor, descritos no próximo item.

Conforme avaliação de um estudo da emissão de efluentes atmosféricos do reator de pesquisa, a partir de dados geográficos e meteorológicos (BARRETO et al, 2012), que avaliou dados históricos da estação meteorológica do Centro Tecnológico da Marinha – CTMSP em Aramar, Iperó, SP (dados de 2006 a 2010), para todos os anos, a classe de velocidade do vento predominante em todas as simulações foi de 2,4 – 3,8 (m/s). As classes de estabilidade Neutra predominaram em todos os anos avaliados. No ano de 2008 a classe muito estável – predominou na direção SSE.

Outra forma de classificar a estabilidade atmosférica é com base no número de Richardson, conforme será exposto adiante.

6.3.5.2.3.3 Fluxos de calor na superfície

Os fluxos de calor entre a superfície da Terra e a atmosfera tem grande influência na evolução e a profundidade máxima da camada limite planetária (BERNARDES, 2008). Estes fluxos também têm profunda importância na formação de nuvens nos níveis mais baixos da atmosfera (WETZEL & CHANG, 1988). Portanto, o tratamento realístico das propriedades da superfície tais como umidade do solo e características da vegetação são essenciais para simular a camada limite planetária e o desenvolvimento de cobertura de nuvens (SCOLAR *et al*, 2000).

O balanço de radiação na superfície afeta a atmosfera principalmente a partir dos fluxos de calor sensível, que é responsável pelo aquecimento (ou resfriamento) da atmosfera e calor latente, que representa a parcela de energia utilizada para o processo de evapotranspiração.

Como é de se esperar, os fluxos de calor são afetados diretamente pela radiação solar, pois o Sol é a fonte primária de toda a energia. Durante o dia, a radiação solar é absorvida pela superfície e aquece indiretamente o ar da camada mais baixa da atmosfera, gerando um fluxo de energia ascendente bastante expressivo. A temperatura aumenta, e com ela a turbulência; desta maneira, a camada limite atmosférica desenvolve-se até uma altitude muito maior durante as horas do dia, do que à noite.

A seguir são apresentados os resultados da obtenção dos fluxos superficiais com dados da estação meteorológica.

6.3.5.2.3.4 Caracterização do padrão de turbulência atmosférica para o local a partir de dados da estação

Esta seção apresenta o processamento dos dados da estação meteorológica, para os quais foram feitas análises de parâmetros turbulentos, em especial a estabilidade atmosférica.

Os dados de entrada disponíveis para este trabalho são os seguintes:

- FLAG (campo 0): 15 ou 60: indica se o dado é uma média de 15 ou de 60 minutos.
- ANO (campo 1): Ano.
- DIA (campo 2): Dia Juliano.
- HORA (campo 3): No formato de 3 ou 4 dígitos [hhmm], com hora e minutos dentro da hora.
- T10 (campo 4): Temperatura a 10 m de altura.
- UR10 (campo 5): Umidade relativa a 10 m de altura.
- T60M (campo 6): Temperatura a 60 m de altura.
- T80M (campo 7): Temperatura a 80 m de altura (Note que aparentemente não há umidade relativa a 60 m).

- UR80 (campo 8): Umidade relativa a 80 m de altura.
- VM10 (campo 9): Velocidade máxima do vento a 10 m dentro do período.
- VV10 (campo 10): Velocidade média do vento a 10 m dentro do período.
- DV10 (campo 11): Direção do vento a 10 m.
- SIG10 (campo 12): Desvio-padrão da direção do vento a 10 m.
- VM60 (campo 13): Velocidade máxima do vento a 60 m.
- VV60 (campo 14): Velocidade média do vento a 60 m.
- DV60 (campo 15): Direção do vento a 60 m.
- SIG60 (campo 16): Desvio-padrão da direção do vento a 60 m.
- VM80 (campo 17): Velocidade máxima do vento a 60 m.
- VV80 (campo 18): Velocidade média do vento a 80 m.
- DV80 (campo 19): Direção do vento a 80 m.
- SIG80 (campo 20): Desvio-padrão da direção do vento a 80 m.
- PATM (campo 21): Pressão atmosférica.
- PREC (campo 22): Precipitação.

Os dados foram inicialmente processados quanto à sua qualidade, a fim de se obter garantia nas informações necessárias para análise do comportamento turbulento na atmosfera, conforme o APÊNDICE IV.

Em seguida são apresentados os resultados obtidos a partir da programação de um script de processamento em Python para ler os dados e gerar apenas as variáveis úteis para a aplicação do método fluxo-gradiente.

Índices de Estabilidade Atmosférica Diurna

Se uma função é

$$f(z) = f_0 \ln(z/z_0)$$

e foi calculado

$$\frac{\Delta f}{\Delta z} = \frac{f_2 - f_1}{z_2 - z_1}$$

Deseja-se encontrar $z_1 < z^* < z_2$ tal que

$$\frac{\Delta f}{\Delta z} = f'(z^*)$$

Note que para funções bem comportadas, o Teorema do Valor Médio garante a existência de z^* . Mas para a função em consideração, isto é fornecido, após certa manipulação matemática,

$$\begin{aligned}\frac{f_0}{z^*} &= \frac{f_2 - f_1}{z_2 - z_1} \\ &= \frac{f_0 \ln(z_2/z_0) - f_0 \ln(z_1/z_0)}{z_2 - z_1} \Rightarrow \\ \frac{f_0}{z^*} &= f_0 \frac{\ln(z_2/z_1)}{z_2 - z_1}, \\ z^* &= \frac{z_2 - z_1}{\ln(z_2/z_1)}.\end{aligned}$$

Para os pares $(z_1, z_2) = (10,80), (10,60)$ e $(60,80)$, nós obtemos os valores de z^* segundo a Tabela 44.

Tabela 44 - Alturas z^* equivalentes para medidas em dois níveis (todos os dados em m).

(z_1, z_2)	z^*
(10,80)	33.7
(10,60)	27.9
(60,80)	69.5

O número de Richardson de gradiente é definido por (Wyngaard, 2010, eq. 9.15)

$$Ri_g \equiv \frac{g}{\theta_r} \frac{\frac{\partial \theta}{\partial z}}{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2}$$

onde θ_r é uma temperatura de referência próximo à superfície. No caso deste trabalho, foi utilizado sempre $\theta_r = \theta_{10}$, ou seja: a temperatura medida a 10 m. Uma aproximação simples de diferenças finitas produz, para medições em dois níveis z_1 e z_2 ,

$$Ri_{1,2} \equiv \frac{g(z_2 - z_1)}{\theta_{10}} \frac{\theta_2 - \theta_1}{(u_2 - u_1)^2}$$

Uma questão importante é a seguinte: qual é um nível z^* razoável ao qual atribuir o número de Richardson $Ri_{1,2}$ calculado em acima.

Em seguida, note que tanto o número de Richardson (tal como definido, por exemplo, acima) quanto a variável de estabilidade de Obukhov, dada por

$$\zeta \equiv -z/L_0 = -\frac{\kappa g(z - d_0)\theta_*}{\theta_{10}u_*^2}$$

Onde θ_* e u_* são a escala turbulenta de temperatura e a velocidade de atrito, respectivamente, dependem da altura de medição z , L_0 é o comprimento de Obukhov; $\kappa = 0.4$ é a constante de von Kármán; g é a aceleração da gravidade, e d_0 é o deslocamento do plano zero). Tendo em vista este fato atribui-se os números de Richardson calculados

para os gradientes entre os níveis (10,80); (10,60) e (60,80) aos níveis z^* que constam da Tabela 44. Estes níveis foram calculados, em primeira aproximação, usando-se $d_0 = 0$.

Agora, uma relação clássica bem conhecida entre o número de Richardson para gradientes Ri_g e a variável de estabilidade de Obukhov ζ é (GARRATT, 1994, eq.3.26):

$$Ri_g = \frac{\zeta \phi_H}{\phi_\tau^2}$$

Onde

$$\begin{aligned}\phi_H(\zeta) &= (1 - 16\zeta)^{-1/2} \\ \phi_\tau(\zeta) &= (1 - 16\zeta)^{-1/4}\end{aligned}$$

são os gradientes dimensionais de temperatura e velocidade em condições instáveis (GARRATT, 1994, eqs. 3.33-a, 3.33-b). Segue-se que, dado Ri_g e seu nível equivalente z^* , é possível calcular ζ resolvendo as 3 equações acima iterativamente.

Isto permite calcular agora Ri_g para 3 diferenças de nível; convertê-los em ζ 's equivalentes para cada um dos níveis z^* ; e em seguida reduzir estes últimos a um nível comum (no nosso caso, 10 m) para compará-los. Esta abordagem permite também verificar a qualidade das medições. Em condições ideais, os valores de ζ reduzidos a um mesmo nível deveriam ser sempre iguais. As suas eventuais discrepâncias podem ser atribuídas a dois fatores principais:

- a existência de camadas-limite internas distintas entre os diferentes níveis de medição (causas físicas), ou
- erros experimentais.

Embora fatores físicos nunca possam ser descartados, grandes discrepâncias podem sugerir erros sistemáticos nas medições. Conforme já verificado, existem evidências tão fortes disto nos dados de umidade específica que os mesmos não podem ser usados de maneira confiável neste estudo. Em seguida, foram feitas estas comparações usando os dados servíveis (até este ponto) de velocidade do vento e de temperatura do ar.

A Figura 102 mostra os valores medianos hora a hora dos ζ 's reduzidos a uma altura de medição de 10 m para Janeiro de 2010. Esta altura é típica de experimentos micrometeorológicos sobre culturas agrícolas. Valores de ζ nestes níveis raramente excedem 1 ou 2. Pela figura, pode-se constatar a existência de discrepâncias (note a escala vertical logarítmica).

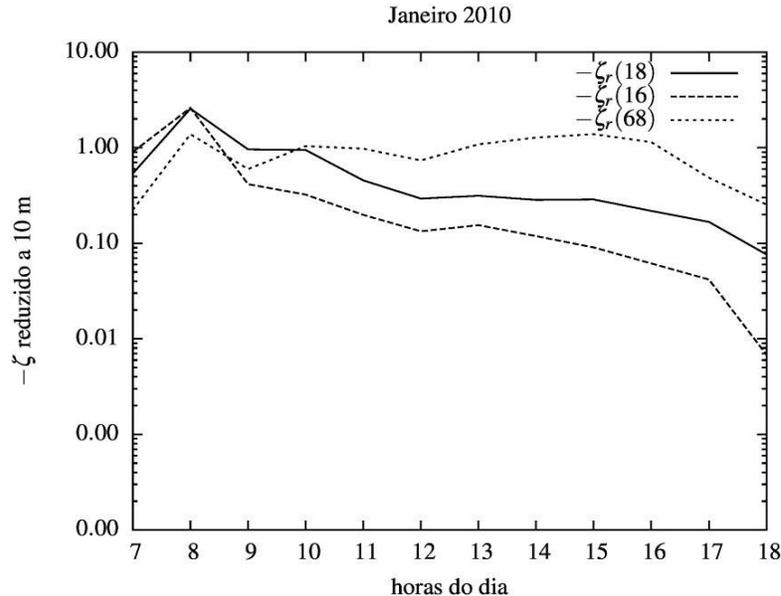


Figura 102 - Valores de reduzidos ao nível de 10 m, a partir dos números de Richardson

Os valores provenientes de $Ri_{80,10}$ e $Ri_{60,10}$ são claramente irrealistas. Isto sugere uma possível subestimativa sistemática da temperatura do ar pelo sensor a 80 m de altura. Já os valores provenientes de $Ri_{60,10}$ são mais verossímeis, exceto talvez para as primeiras horas do dia, mas isto se deve à escassez de dados para estas primeiras horas durante o mês de Janeiro.

Finalmente, uma análise mais abrangente e também coerente das estabilidades atmosféricas verificadas no sítio em questão será feita para as 4 estações do ano. O procedimento é o mesmo que foi realizado para o mês de Janeiro. O “verão” compreende o verão de 2009–2010 (ou seja, grande parte de Janeiro e Fevereiro de 2010) e o verão de 2010–2011 (ou seja, uma pequena parte de Dezembro de 2010). A data inicial de cada estação foi definida por simplicidade como o dia 21 de: março (início do outono), junho (início do inverno), setembro (início da primavera) e dezembro (início do verão).

Considerando que identificamos as estabilidades obtidas a partir das diferenças de nível 10–80 e 60–80 como não realistas, mostrou-se apenas as estabilidades calculadas pelas diferenças de temperatura e velocidade entre os níveis 10 e 60 m.

Os resultados obtidos são apresentados da Figura 103 a Figura 106.

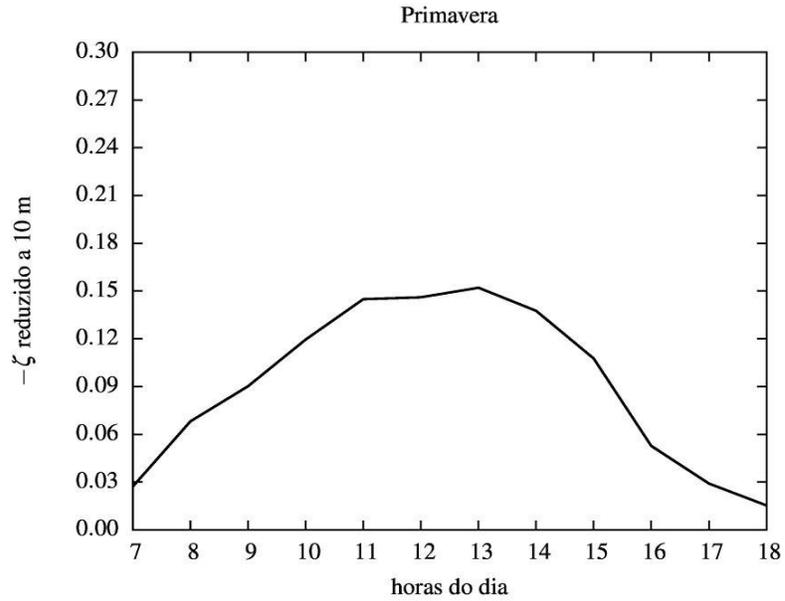


Figura 103 - Variável de estabilidade de Obukhov , reduzida a 10 m, a partir de diferenças de temperatura e de velocidade entre os níveis de 10 e 60 m, para a Primavera de 2010.

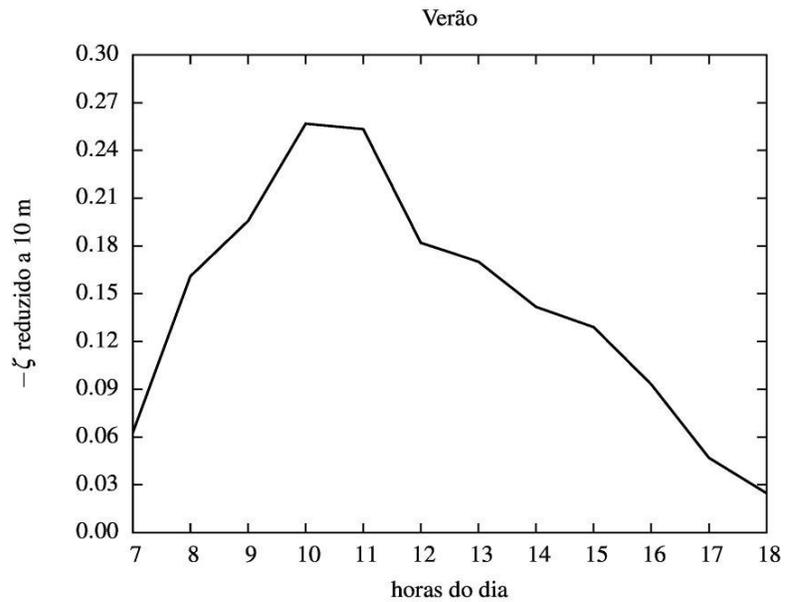


Figura 104 - Variável de estabilidade de Obukhov , reduzida a 10 m, a partir de diferenças de temperatura e de velocidade entre os níveis de 10 e 60 m, para o Verão de 2010.

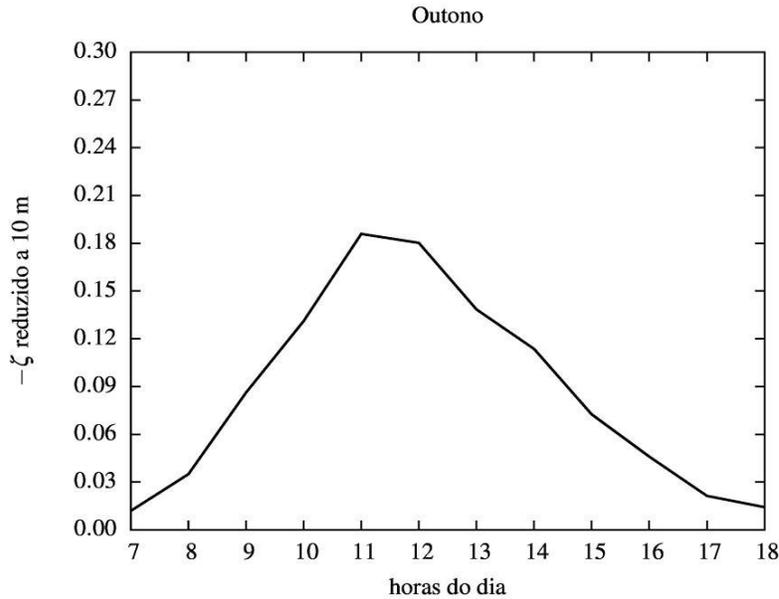


Figura 105 - Variável de estabilidade de Obukhov , reduzida a 10 m, a partir de diferenças de temperatura e de velocidade entre os níveis de 10 e 60 m, para o Outono de 2010.

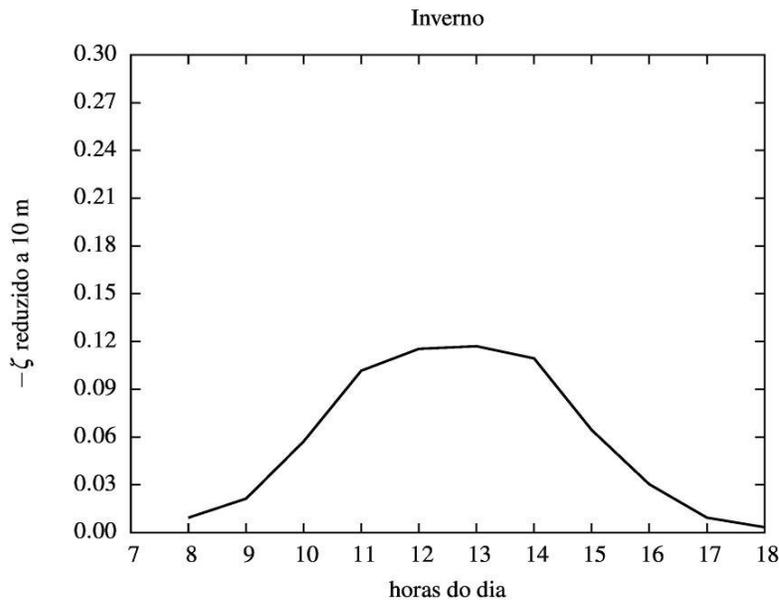


Figura 106 - Variável de estabilidade de Obukhov , reduzida a 10 m, a partir de diferenças de temperatura e de velocidade entre os níveis de 10 e 60 m, para o Inverno de 2010.

As figuras mostram instabilidades maiores no verão, e comparáveis na primavera e no outono e finalmente instabilidades mais débeis no inverno. Entre primavera e outono, os padrões são nitidamente distintos no sentido de que no outono instabilidades maiores são registradas, mas por um período mais curto do dia. Por outro lado, durante a primavera condições razoavelmente instáveis são observadas durante um número maior de horas.

É importante reforçar que os valores mostrados são medianas, para evitar distorções causadas por valores extremos.

6.3.5.2.4 Medições Meteorológicas Locais

Os dados meteorológicos de escala local foram avaliados e sumarizados a partir dos dados coletados na torre meteorológica do Centro Experimental ARAMAR, com coordenadas geográficas: latitude 23°25' S e longitude 47°32'W; e altitude de 560 m.

Os dados meteorológicos de temperatura, precipitação e umidade relativa analisados, compreendem o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2011. Os dados de velocidade e direção do vento compreendem o período de julho de 1992 a junho de 1994. As observações meteorológicas no CEA foram realizadas a cada intervalo de 3 segundos e sumarizadas a cada período de 15 minutos para os parâmetros de temperatura a 10 m, diferencial de temperatura entre os níveis de 60 e 10 m, e 80 e 10 m, umidade relativa a 10 m, velocidade e direção do vento a 10, 60 e 80 m, e precipitação pluviométrica na superfície.

Cabe ressaltar que o RMB possuirá o seu próprio sistema de meteorologia e o mesmo estará descrito em seu respectivo Relatório de Análise de Local, o qual será enviado à CNEN e que o IBAMA terá acesso. No ANEXO VI encontram-se informações a respeito do sistema de meteorologia da do Centro Experimental de ARAMAR.

6.3.5.2.4.1 Parâmetros Meteorológicos no Centro Experimental ARAMAR

Velocidade e Direção do Vento

A distribuição horária da velocidade do vento médio escalar em função dos meses do ano, e para cada nível instrumentado da torre meteorológica, é apresentada na Tabela 45.

Nos níveis de 60 m e 80 m as velocidades médias dificilmente atingem valores muito baixos uma vez que, devido às trocas mecânicas entre a camada estável e a camada residual diurna, não é favorecida a estabilização nestes níveis mais elevados.

Durante o período diurno e primeiras horas da transição para o período noturno são verificadas as velocidades do vento mais intensas, com valores crescentes entre o nível de 60 m e 80 m, pois devido às condições convectivas do período diurno é propiciada uma mistura bastante intensa entre as camadas mais superficiais e camadas superiores da atmosfera, permitindo desta forma trocas de momento e calor em toda a camada limite planetária.

Com relação à distribuição sazonal da velocidade e direção do vento, observa-se que a direção predominante são os ventos compreendidos entre os setores SSE, S e SSW, sendo que é crescente a participação dos setores SSE e SE com a elevação da altura de análise considerada. Este fato evidencia claramente a influência da rugosidade da superfície e seu efeito de cisalhamento do fluxo de ar nas primeiras camadas da atmosfera em relação às camadas mais altas, ou até mesmo, a possível influência do Vale do Rio Ipanema que está orientado na direção Norte-Sul.

Ao nível de 60 m as principais frequências observadas são de SSE com 19,29% e velocidade média de 3,8 m/s, de S com 19,05% e velocidade média de 3,8 m/s, e de SE com 11,68% e velocidade média de 3,5 m/s. A porcentagem de calmaria é de 4,02%.

Ao nível de 80 m as principais frequências observadas são de SSE com 30,46% e velocidade média de 5,7 m/s, de SE com 17,13% e velocidade média de 5,3 m/s, e de S com 8,13% e velocidade média de 6,3 m/s. A porcentagem de calmaria é de 2,38%.

Tabela 45 - Distribuição horária da velocidade do vento média escalar em função dos meses do ano.

Velocidade do Vento (m/s) - Nível 60 m												
Mês	Hora do Dia											
	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00
Julho	2,80	2,80	2,40	2,40	2,40	2,70	2,60	2,20	2,20	2,50	2,80	3,10
Agosto	3,00	2,70	2,70	2,60	2,50	2,40	2,10	2,40	2,40	2,70	2,60	2,90
Setembro	3,40	3,40	3,30	3,40	3,40	3,10	2,80	3,40	4,10	3,90	4,40	4,90
Outubro	3,20	2,80	2,80	2,50	2,50	2,50	2,50	2,60	2,80	2,90	3,10	3,00
Novembro	3,20	3,00	2,90	2,70	2,80	2,80	2,50	2,80	2,90	3,20	3,40	3,40
Dezembro	3,30	3,10	3,20	3,20	3,10	2,90	2,70	3,00	3,70	4,00	4,00	4,20
Janeiro	2,60	3,00	2,80	2,60	2,60	2,70	2,50	2,40	2,60	2,90	3,40	3,50
Fevereiro	3,80	3,60	3,50	3,60	3,30	3,70	2,50	3,50	3,90	3,70	3,90	4,10
Março	3,20	3,00	3,20	2,90	2,90	3,10	2,50	2,50	2,90	3,10	3,20	3,30
Abril	3,50	3,50	3,40	3,10	3,10	2,90	2,80	2,90	3,20	3,20	3,10	3,70
Mai	3,10	3,00	2,90	2,90	2,90	2,60	2,80	2,90	3,30	3,00	2,90	3,10
Junho	3,00	2,70	2,70	2,60	2,60	2,70	2,60	2,50	2,30	2,50	2,70	3,10

Velocidade do Vento (m/s) - Nível 60 m												
Mês	Hora do Dia											
	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00
Julho	3,40	3,80	3,90	4,30	3,60	3,50	3,10	3,30	3,20	2,90	2,90	2,80
Agosto	3,20	3,10	3,10	3,30	3,50	4,00	4,10	3,80	3,50	3,30	3,30	3,10
Setembro	4,70	4,40	4,50	4,40	4,10	4,20	4,40	4,10	3,90	3,80	3,80	4,00
Outubro	3,00	3,20	3,20	3,40	3,80	4,30	3,90	3,90	3,50	3,40	3,60	3,40
Novembro	3,50	3,50	3,70	4,00	4,00	4,30	3,80	4,00	3,70	3,40	3,30	3,00
Dezembro	3,90	4,00	4,20	4,50	4,70	4,90	4,70	4,60	4,40	3,90	3,70	3,40
Janeiro	3,70	3,60	3,60	3,30	3,90	4,10	4,00	4,20	3,50	3,40	3,30	3,00
Fevereiro	4,40	4,10	4,00	4,00	4,10	4,30	4,80	4,70	3,90	3,90	4,50	3,40
Março	3,40	3,40	3,90	4,20	4,30	4,20	4,50	4,40	4,30	3,90	3,60	3,70
Abril	3,90	4,20	4,00	3,60	4,30	4,20	4,60	4,50	4,30	4,30	4,10	3,80
Mai	3,20	3,30	3,20	3,00	3,10	3,20	3,50	3,30	3,80	3,40	3,30	3,10
Junho	3,40	3,50	3,40	3,40	3,20	2,90	3,10	3,10	3,20	3,20	2,90	2,80

Velocidade do Vento (m/s) - Nível 60 m												
Mês	Hora do Dia											
	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00
Velocidade do Vento (m/s) - Nível 80 m												
Mês	Hora do Dia											
	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00
Julho	4,30	4,10	4,20	4,00	4,20	4,00	4,00	3,50	3,10	3,70	4,20	4,70
Agosto	4,80	4,60	4,60	4,40	4,10	4,10	3,60	3,50	3,70	4,00	3,90	4,40
Setembro	4,60	4,70	4,40	4,40	4,20	4,30	4,10	3,90	4,80	4,70	4,70	5,80
Outubro	5,10	4,80	4,50	4,30	4,00	4,20	3,90	3,90	4,10	4,30	4,80	4,60
Novembro	5,10	4,90	5,00	4,70	4,70	4,40	3,90	4,30	4,40	4,90	5,20	5,20
Dezembro	5,30	4,80	4,90	5,10	5,00	4,60	4,40	4,30	5,30	5,80	6,00	6,30
Janeiro	4,00	4,40	4,40	4,10	3,80	3,80	3,60	3,50	3,80	4,10	5,00	5,00
Fevereiro	4,60	3,90	3,60	3,80	3,10	3,60	3,30	2,90	3,20	3,80	3,90	4,30
Março	4,80	4,60	4,90	4,50	4,50	4,60	4,00	3,90	4,10	4,30	4,60	4,70
Abril	5,30	5,30	5,20	4,90	5,20	4,40	4,30	3,90	4,20	4,40	4,10	4,60
Mai	4,50	4,40	4,60	4,50	4,50	4,10	3,80	3,60	3,40	3,90	3,90	4,40
Junho	4,50	4,20	4,50	4,40	4,50	4,10	4,10	4,20	3,50	3,70	4,50	5,00

Velocidade do Vento (m/s) - Nível 80 m												
Mês	Hora do Dia											
	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00
Julho	5,30	5,90	6,10	6,30	6,00	6,00	5,60	5,50	5,10	4,70	4,60	4,60
Agosto	5,00	5,00	4,80	5,20	5,50	6,40	6,30	6,30	5,80	5,40	5,30	5,00
Setembro	5,60	5,60	6,00	6,10	5,70	5,90	5,70	5,40	5,20	5,20	5,30	5,40
Outubro	5,00	5,20	5,30	5,00	5,60	6,60	6,50	5,90	5,50	5,50	5,90	5,40
Novembro	5,40	5,40	5,60	6,20	6,00	6,80	6,00	6,60	6,10	5,80	5,60	5,10
Dezembro	5,80	5,90	6,30	6,90	7,00	7,00	6,90	6,80	6,60	6,20	5,80	5,40
Janeiro	5,60	5,50	5,10	4,80	5,80	6,30	6,00	6,70	5,40	5,10	5,10	4,50
Fevereiro	4,50	5,10	4,90	4,90	5,00	5,40	6,10	6,50	5,20	4,90	5,40	4,80
Março	4,90	5,10	5,60	6,00	6,30	6,10	6,70	6,50	6,60	6,10	5,60	5,80
Abril	4,60	5,40	5,40	5,50	5,90	6,10	6,90	6,80	6,30	6,30	6,20	5,70
Mai	4,70	4,80	4,60	4,50	5,00	5,10	5,50	4,90	4,90	5,10	5,00	4,70
Junho	6,40	6,00	6,00	6,00	5,80	5,50	5,20	5,50	5,40	5,00	4,80	4,30

Rosa-dos-ventos

Conforme apresentado anteriormente, as condições de circulação geral da atmosfera e efeitos meteorológicos locais, juntamente com o relevo, são importantes para a caracterização da climatologia e da avaliação da dispersão de poluentes ou radionuclídeos na atmosfera.

Estudos preliminares (CNEN, 2012), com base em dados históricos da estação meteorológica do CTMSP mostraram que, com exceção do ano de 2008, o sentido

predominante do vento é soprando para o quadrante NW (Tabela 46). Em relação ao ano de 2008, houve uma considerável variação no sentido do vento, surgindo como predominante o setor SSE. Essa variação é um indicativo de uma possível falha no sistema de medição nesse ano, entretanto, para esse estudo preliminar não foram ainda realizadas investigações a esse respeito, assim o dado foi considerado como válido. Conforme já mencionado acima, a classe de velocidade do vento predominante em todas as simulações foi de 2,4 – 3,8 (m/s).

Tabela 46 - Número de horas com ventos nas direções horizontais de 0° a 360° dividido em 16 setores de 22,5 e velocidades acima de 0,3 m/s, no período de 2005 a 2011.

Velocidade do vento Direção do Vento	0,30 – 0,60	0,61 – 0,90	0,91 – 1,5	1,6 – 2,0	2,1 – 3,0	3,1 – 5,0	5,1 – 8,0	8,1 – 11,0	11,1 – 15,0	> 15,0	Totais
N	140,35	152,11	109,82	53,28	79,80	34,02	0,50	56,78	249,17	1045,73	1921,58
NNE	139,84	168,36	114,07	41,27	57,03	19,76	1,75	55,28	252,92	840,58	1690,92
NE	103,32	124,83	69,04	17,01	17,76	6,75	0,50	37,27	146,60	302,45	825,57
ENE	88,81	88,31	49,03	15,51	13,25	6,50	0	22,51	97,56	260,43	641,94
E	113,57	103,57	59,29	25,26	36,52	26,26	3,25	33,77	109,57	671,71	1182,82
ESSE	145,35	163,36	96,06	45,28	99,56	103,07	55,78	52,78	218,65	1797,99	2777,92
SE	324,22	353,24	310,46	179,12	288,2	286,44	138,09	148,85	689,72	5014,23	7732,61
SSE	627,18	668,21	348,49	117,83	169,36	183,12	64,29	207,89	627,18	3382,59	6396,18
S	832,58	713,24	281,70	36,28	70,30	87,56	27,27	166,62	351,49	1374,95	3941,98
SSW	544,62	427,04	150,85	14,51	16,01	15,26	3,00	98,56	232,16	347,49	1849,53
SW	157,10	297,70	72,55	20,51	30,52	17,76	2,75	32,02	112,07	322,22	1065,23
WSW	84,55	169,36	76,55	27,51	41,52	19,51	0	24,26	107,07	244,16	794,55
W	109,82	193,38	61,29	18,51	20,76	7,25	0	29,77	125,08	290,70	856,59
WNW	83,05	172,36	88,81	32,77	42,02	19,01	1,00	32,77	171,36	584,15	1227,35
NW	147,101	314,96	116,83	49,78	77,80	37,52	4,00	62,29	297,45	1330,92	2438,69
NNW	200,38	423,04	138,84	56,03	94,06	43,28	2,00	70,29	323,22	1477,27	2828,46
Totais	3841,92	4533,14	2143,74	750,52	1154,52	913,13	304,21	1131,79	4111,34	19287,64	38171,99

Número de Horas Falhas: 4705,01
Número de Horas Válidas: 33466,98

* O campo completo de direções horizontais do vento de 0° a 360° é dividido em 16 setores de 22,5°, tais que o eixo médio de cada setor indica a direção N, NNE, NE, girando no sentido dos ponteiros do relógio até NNW.

A equipe técnica do presente relatório também processou os dados e, a seguir, são apresentadas as condições de direção dos ventos, em função das respectivas classes de intensidade do vento.

Os dados de vento foram analisados a partir das médias horárias de velocidade e predominância da direção do vento a 10 metros do solo, para o período que corresponde entre janeiro de 2004 e dezembro de 2011. Os dados utilizados foram coletados no local

onde pretende-se instalar o reator multipropósito brasileiro. Para análise dos dados foram geradas rosas-dos-ventos anuais a fim de determinar a predominância da direção do vento, fator preponderante para avaliar a dispersão dos radionuclídeos na atmosfera.

Abaixo são apresentadas as rosas-dos-ventos para cada ano, geradas a partir dos dados disponibilizados (Figura 107 a Figura 114).

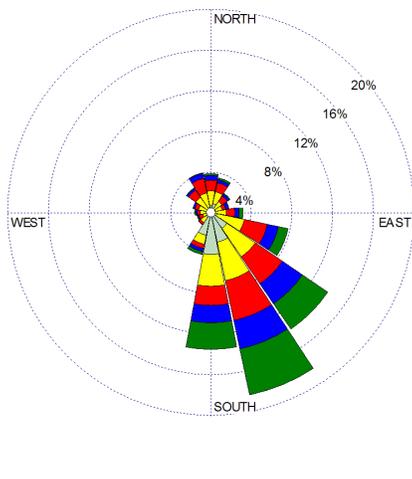


Figura 107 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o ano de 2004.

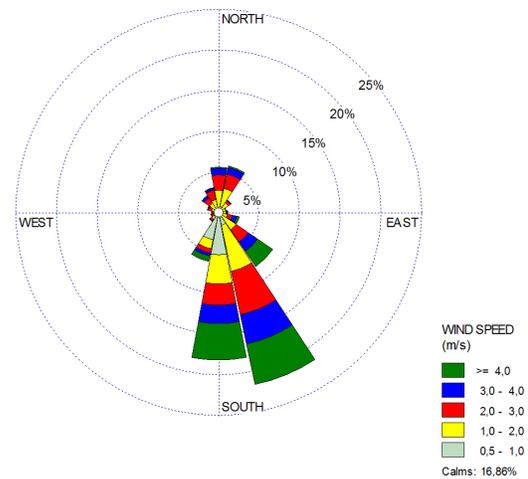


Figura 108 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o ano de 2005.

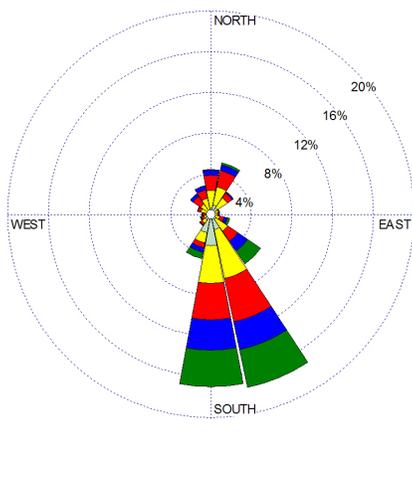


Figura 109 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o ano de 2006.

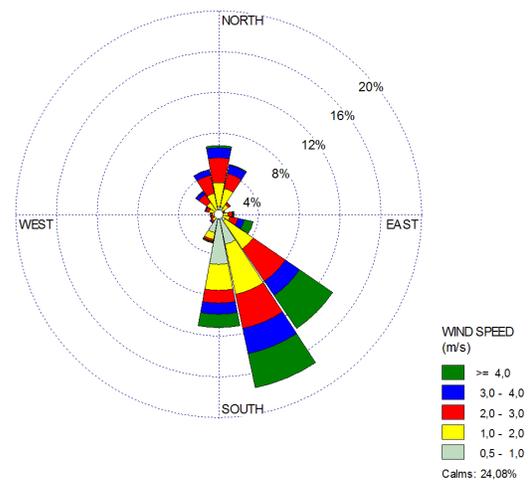


Figura 110 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o ano de 2007.

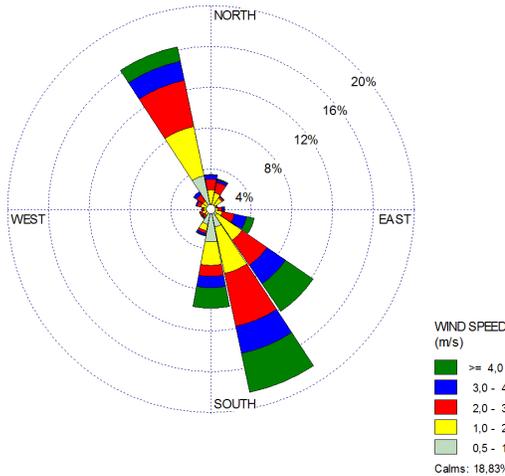


Figura 111 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o ano de 2008.

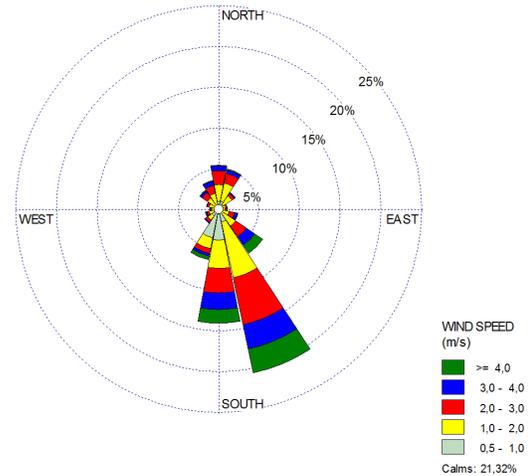


Figura 112 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o ano de 2009.

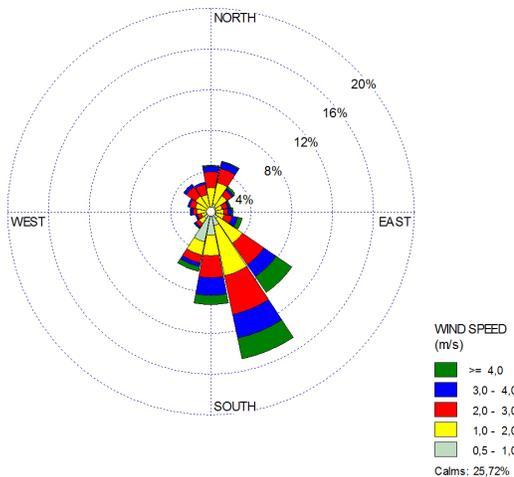


Figura 113 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o ano de 2010.

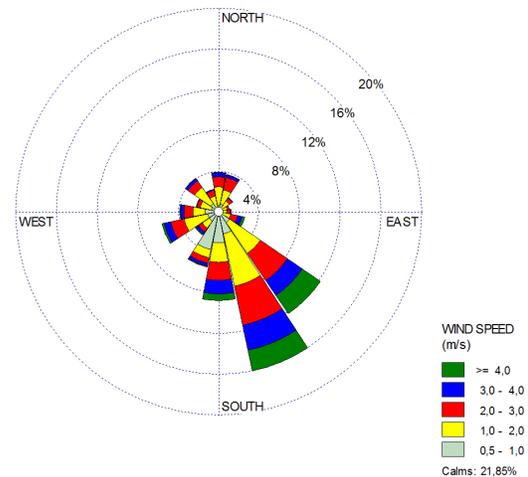


Figura 114 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o ano de 2011.

Segundo as rosas-dos-ventos apresentadas percebe-se que os ventos sopram preferencialmente de SSE, com ocorrências significativas de vento também das direções S e SE, concordando com os estudos já citados (Cnen, 2012).

A Tabela 47 mostra o percentual de ocorrência do vento da direção SSE e também a quantidade de calmarias para cada ano de registro de dados. A calmaria é uma condição crítica do vento pois dificulta a dispersão de poluentes por transporte horizontal. Conhecer a direção predominante do vento é importante, pois é através dela que se determina as áreas mais afetadas pelo transporte dos poluentes gerados no ponto de emissão.

Tabela 47 - Percentual de ocorrência de calmarias e de vento na direção de predominância (SSE).

Ano	Percentual de ocorrência de vento da direção SSE	Percentual de ocorrência de calmarias de vento (< 0,5 m/s)
2004	18,33%	13,92 %
2005	21,61%	16,86 %
2006	17,36%	28,77 %
2007	17,41 %	24,08 %
2008	18,38 %	18,83 %
2009	20,54%	21,32 %
2010	14,78%	25,72 %
2011	15,99%	21,85 %

No ano de 2004, cerca de 18,3% dos registros de vento correspondem à direção SSE, seguido de quase 14% de ventos de SE e praticamente 13,5% de ventos de S. Neste ano houve mais de 13,9% de calmarias registradas (ventos de 0,5 m/s). Apenas pouco mais de 23,8% dos registros da média horária da velocidade do vento corresponde a valores superiores a 3 m/s, a faixa de velocidade do vento que obteve maior número de registros foi de 1 a 2 m/s, que teve aproximadamente 24,9% das ocorrências.

Em 2005, cerca de 21,6% dos registros de vento correspondem à direção SSE. Outra direção que teve percentual significativo de registro foi a direção S com aproximadamente 18,1% das ocorrências, já a direção SE teve 8,1% dos registros. As calmarias corresponderam a 16,9% das ocorrências. Da mesma forma que no ano anterior, os registros de vento entre 1 e 2 m/s foram predominantes, com cerca de 24,1% dentre os resultados apresentados. Por outro lado, 24,2% dos registros da velocidade do vento correspondem a valores superiores a 2 m/s.

O ano de 2006 apresentou um padrão de vento parecido com o ano anterior, porém, neste ano as ocorrências de vento de SSE e S foram quase equivalentes com 17,4% e 16,9% dos registros para cada direção, respectivamente. Nenhuma das outras direções teve registro superior a 6% das ocorrências. Em 2006 houve um registro elevado de calmarias (28,8%), enquanto que 21,3% dos registros correspondem a vento entre 1 e 2 m/s e somente 20,1% das ocorrências superiores a 3 m/s.

Cerca de 17,4% dos registros de vento no ano de 2007 ocorrem da direção SSE, enquanto que 13,6% e 11,1% ocorrem das direções SE e S, respectivamente. Neste ano também foi registrado um percentual elevado de calmarias (24,1%), sendo superior às ocorrências de vento entre 1 e 2 m/s (22,9%). 19,3% dos registros correspondem a médias horárias de velocidade do vento superiores a 3 m/s.

O ano de 2008 apresentou um comportamento da dinâmica do vento um pouco diferente com relação aos demais anos observados. Percebe-se, pela Figura 73, que apesar da direção SSE obter o maior percentual dos registros do vento, com 18,8% dos registros, houve uma grande ocorrência de ventos de NNW, ou seja, da direção oposta à de predominância. Quase 16,3% dos registros de vento são provenientes desta direção, em 2008. Nos demais anos a ocorrência de ventos desta direção não foram significativas, sendo sempre inferiores a (5%). A ocorrência de ventos de SE também foram significantes neste

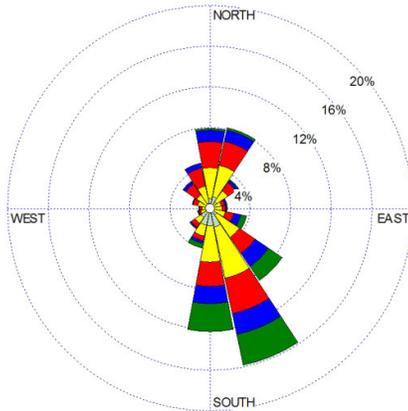
ano (12,2%). 23,5% dos registros de intensidade do vento compreenderam entre 1 e 2 m/s, enquanto que 22,7% foram superiores a 3 m/s. As calmarias foram registradas em 18,8% dos dados.

Em 2009 as direções de vento que tiveram maior relevância nos registros foram SSE e S, com 20,5% e 14,0%, respectivamente. As médias horárias da velocidade do vento registradas neste ano demonstram que quase 27,7% dos registros referem-se a ventos entre 1 e 2 m/s, enquanto que 21,3% dos registros correspondem a calmarias. Ventos entre 2 e 3 m/s corresponderam a 18,1% dos registros e entre 0,5 e 1 m/s corresponderam a 16,6%. Apenas 16,3% das ocorrências foram superiores a 3 m/s.

Assim como nos anos anteriores, no ano de 2010, o maior percentual de ocorrência da direção do vento é de SSE com aproximadamente 14,8% das ocorrências registradas. As direções SE e S apresentaram 9,6% e 9,1%, respectivamente. Ventos médios horários entre 1 e 2 m/s e calmarias tiveram percentuais parecidos dentre os registros, com 24,9% e 25,7%, respectivamente. Apenas 16,3% dos registros de velocidade do vento correspondentes ao ano de 2010 apresentaram valores superiores a 3 m/s, percentual menor de ocorrência de vento no intervalo entre 2 e 3 m/s (18,5%).

A direção de vento SSE também foi a que teve o maior percentual de registros no ano de 2011. Cerca de 16% dos registros correspondem a esta direção. Verificou-se que 12,1% das ocorrências registradas correspondem à direção SE, enquanto que aproximadamente 8,8% são de registros da direção S. Com relação às médias horárias da velocidade do vento, cerca de 26,1% dos registros correspondem a faixa de 1 e 2 m/s de velocidade. As calmarias tiveram pouco mais que 21,8% dos registros, seguido de quase 19,9% de ventos da faixa entre 0,5 e 1 m/s. Apenas 14,7% dos registros correspondem a ventos superiores a 3 m/s, percentual inferior aos registros de vento entre 2 e 3 m/s (17,5%).

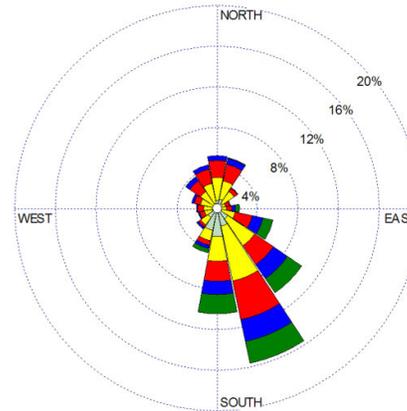
A seguir são apresentadas também as figuras mensais das rosas-de-vento, considerando todos os dados do histórico de 8 anos (2004 a 2011) (Figura 115 a Figura 126).



WIND SPEED (m/s)

- >= 4,0
- 3,0 - 4,0
- 2,0 - 3,0
- 1,0 - 2,0
- 0,5 - 1,0

Calms: 17,99%



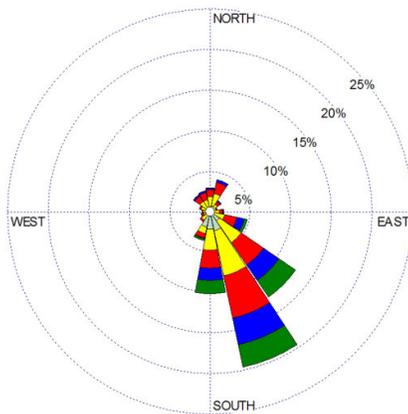
WIND SPEED (m/s)

- >= 4,0
- 3,0 - 4,0
- 2,0 - 3,0
- 1,0 - 2,0
- 0,5 - 1,0

Calms: 19,78%

Figura 115 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o mês de janeiro (2004 a 2011).

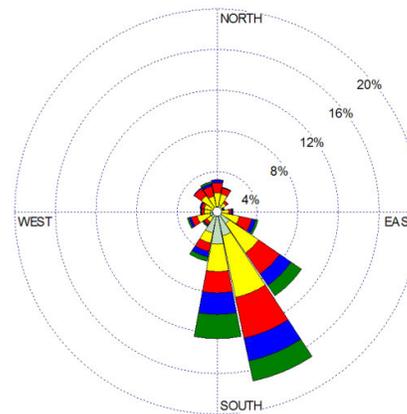
Figura 116 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o mês de fevereiro (2004 a 2011).



WIND SPEED (m/s)

- >= 4,0
- 3,0 - 4,0
- 2,0 - 3,0
- 1,0 - 2,0
- 0,5 - 1,0

Calms: 26,94%



WIND SPEED (m/s)

- >= 4,0
- 3,0 - 4,0
- 2,0 - 3,0
- 1,0 - 2,0
- 0,5 - 1,0

Calms: 27,34%

Figura 117 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o mês de março (2004 a 2011).

Figura 118 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o mês de abril (2004 a 2011).

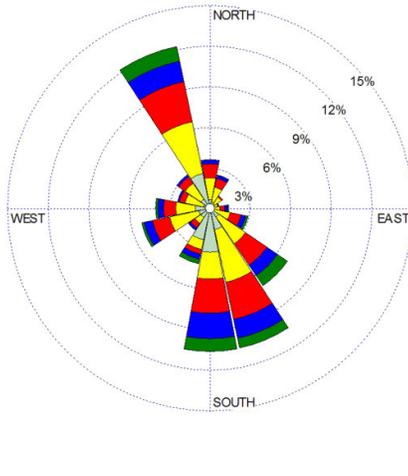


Figura 119 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o mês de maio (2004 a 2011).

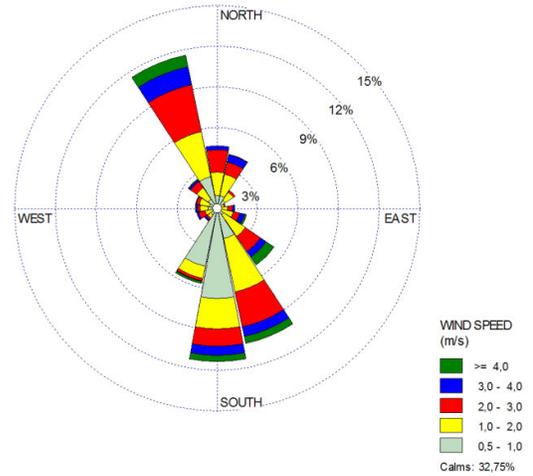


Figura 120 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o mês de junho (2004 a 2011).

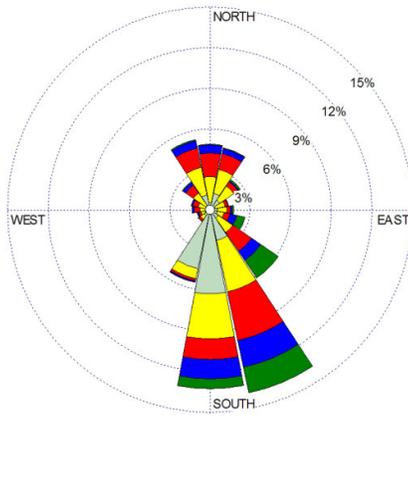


Figura 121 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o mês de julho (2004 a 2011).

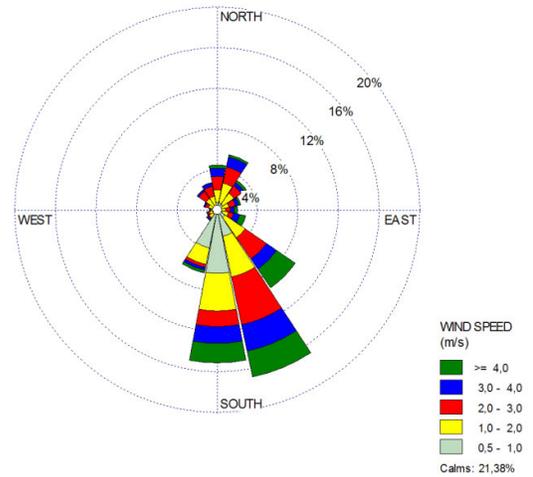


Figura 122 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o mês de agosto (2004 a 2011).

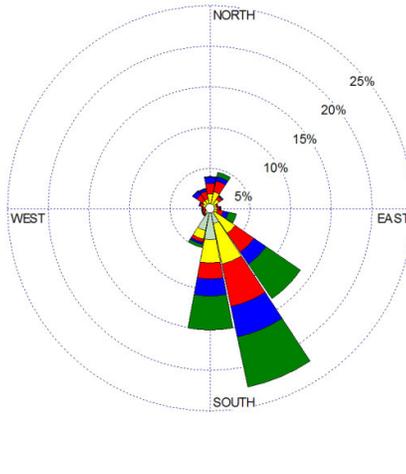


Figura 123 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o mês de setembro (2004 a 2011).

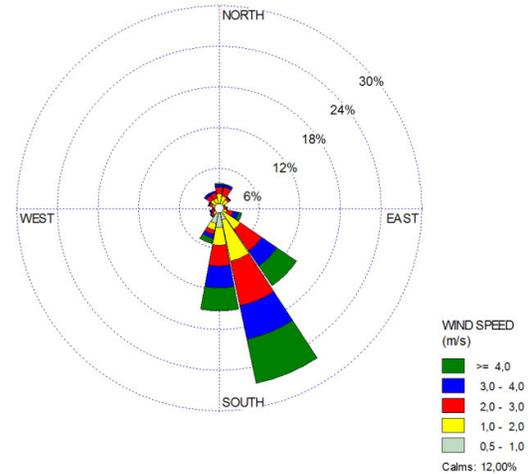


Figura 124 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o mês de outubro (2004 a 2011).

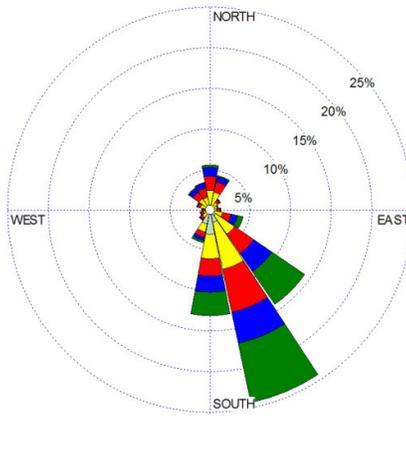


Figura 125 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o mês de novembro (2004 a 2011).

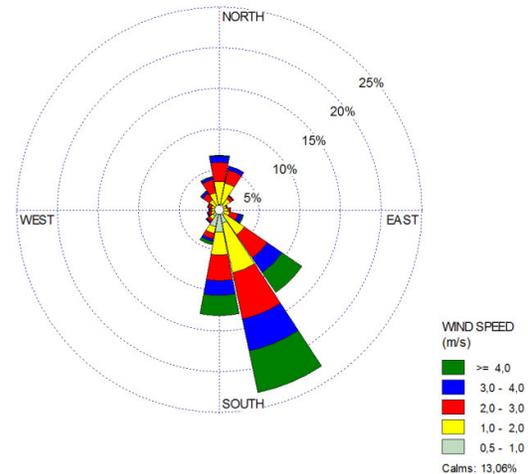


Figura 126 - Rosa-dos-ventos a 10 metros do solo para o mês de dezembro (2004 a 2011).

Temperatura

Os processos de aquecimento e resfriamento da superfície se relacionam com os mecanismos de dispersão de poluentes atmosféricos à medida que interferem diretamente na instabilidade do ar. Através do aquecimento da superfície da terra ocorre uma transferência de calor do solo para a camada de ar adjacente. Os gradientes verticais e horizontais de temperatura da torre meteorológica de ARAMAR, no período de 2007 a 2011, indicam média anual de 19,7º C.

A Figura 127 mostra as médias, máximas e mínimas mensais ao longo do período, indicando alta variabilidade ao longo do ano. Os valores médios mensais da temperatura, máxima e mínima, são apresentados na Tabela 48. As temperaturas médias mais baixas são verificadas durante os meses de maio, junho e julho, com mínima de 4,25 °C. No verão são observadas as temperaturas mais altas, com máxima de 24,3 °C. No ano de 2008, foi observada uma temperatura máxima de 32°C, incomum para o período (Tabela 49).

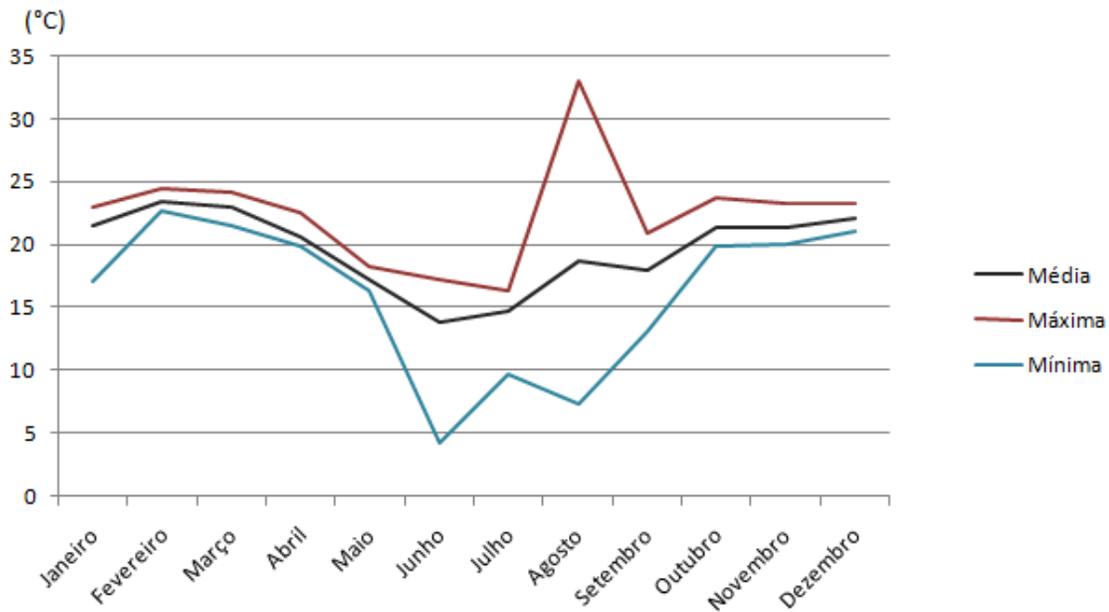


Figura 127 - Temperatura média mensal na torre meteorológica de ARAMAR.

Tabela 48 - Temperatura mensal média, máxima e mínima para o período de 2007 a 2011.

Temperatura Mensal (°C)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Média	21,56	23,43	23,02	20,67	17,26	13,83
Máxima	22,99	24,38	24,09	22,57	18,25	17,2
Mínima	17,05	22,74	21,58	19,97	16,33	4,25
Temperatura Mensal (°C)	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	14,75	18,73	17,91	21,37	21,39	22,17
Máxima	16,34	32,98	20,97	23,63	23,22	23,21
Mínima	9,68	7,37	13,10	19,86	20,13	21,10

Tabela 49 - Médias mensais da temperatura nos anos entre 2007 e 2011.

Mês	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	22,9	22,1	17,0	22,7	22,7
Fevereiro	23,5	22,7	23,2	24,3	23,2
Março	24,0	23,5	23,1	22,7	21,5
Abril	22,5	20,2	19,9	20,2	20,3
Mai	17,7	16,3	18,2	17,5	16,3
Junho	17,2	16,7	14,9	15,9	4,2
Julho	15,7	16,3	15,6	9,6	16,3
Agosto	19,7	32,9	16,8	16,7	7,3
Setembro	20,9	18,0	13,1	19,2	18,2
Outubro	22,0	21,0	19,8	23,6	20,2
Novembro	21,4	20,7	23,2	21,3	20,1
Dezembro	23,2	21,1	21,7	23,0	21,7

Pressão Atmosférica

A Tabela 50 apresenta as médias mensais, máximas e mínimas da pressão atmosférica para o período de 2007 a 2011. Nos meses de junho e julho são verificadas as maiores pressões atmosféricas médias devido à passagem de centros anticiclônicos de alta pressão durante o inverno (Figura 128), com uma pressão atmosférica máxima em torno de 954,45 hPa no mês de Julho (Tabela 51). As pressões médias mais baixas ocorrem entre os meses de dezembro a fevereiro quando há uma maior influência de radiação solar e formação convectiva, com uma pressão mínima de 886,72 hPa no mês de fevereiro.

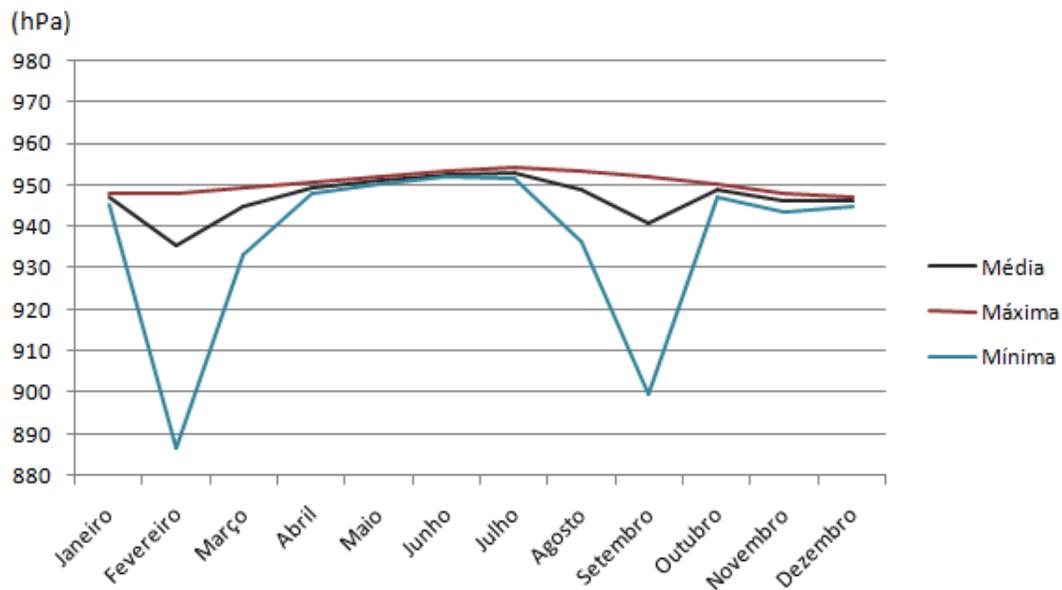


Figura 128 - Pressão atmosférica média mensal na Torre Meteorológica de ARAMAR.

Tabela 50 - Pressão atmosférica média, máxima e mínima mensal na Torre Meteorológica de ARAMAR, para o período de 2007 a 2011.

Pressão	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Média	946,93	935,48	944,84	949,49	951,10	952,64
Máxima	947,82	948,12	949,21	950,56	951,87	953,43
Mínima	945,42	886,72	933,05	948,09	950,17	951,91
Pressão	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	952,82	948,78	940,64	948,75	946,16	945,98
Máxima	954,45	953,49	952,18	950,41	947,92	946,89
Mínima	951,51	936,48	899,58	947,25	943,68	944,64

Tabela 51 - Médias mensais da pressão atmosférica nos anos entre 2007 e 2011.

Mês	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	947,06	946,87	947,47	947,82	945,42
Fevereiro	948,12	886,72	947,11	948,11	947,32
Março	949,21	933,05	946,91	947,24	947,80
Abril	950,56	948,09	949,64	950,43	948,72
Mai	951,87	951,47	950,25	950,17	951,72
Junho	953,15	952,58	951,91	953,43	952,14
Julho	952,81	954,45	951,90	953,43	951,51
Agosto	936,48	951,57	951,59	953,49	950,78
Setembro	899,58	951,41	949,57	950,47	952,18
Outubro	949,28	950,41	947,25	948,93	947,90
Novembro	943,68	947,92	945,52	946,01	947,66
Dezembro	946,89	946,36	946,05	944,64	945,98

Umidade Relativa

A Umidade Relativa (UR) representa a razão entre a quantidade de vapor contido no ar e a quantidade máxima que poderia conter sob os mesmos valores de temperatura e pressão. A umidade relativa média medida na Torre Meteorológica de ARAMAR no período de 2007 a 2011 indica um valor médio anual de 76,3%. Na Tabela 52 são apresentados os valores da umidade relativa média, máxima e mínima local.

A Tabela 53 mostra a umidade relativa média mensal observada na Torre. Os valores apresentam uma variação de 14,3% entre o mês mais úmido (outubro – 81,5%) e o mês mais seco (agosto – 67,2%). A umidade relativa determina duas estações, uma quente e úmida entre os meses de dezembro e março, com máxima de 84,1% e outra fria e seca que ocorre de junho a setembro, com mínima de 56,06%.

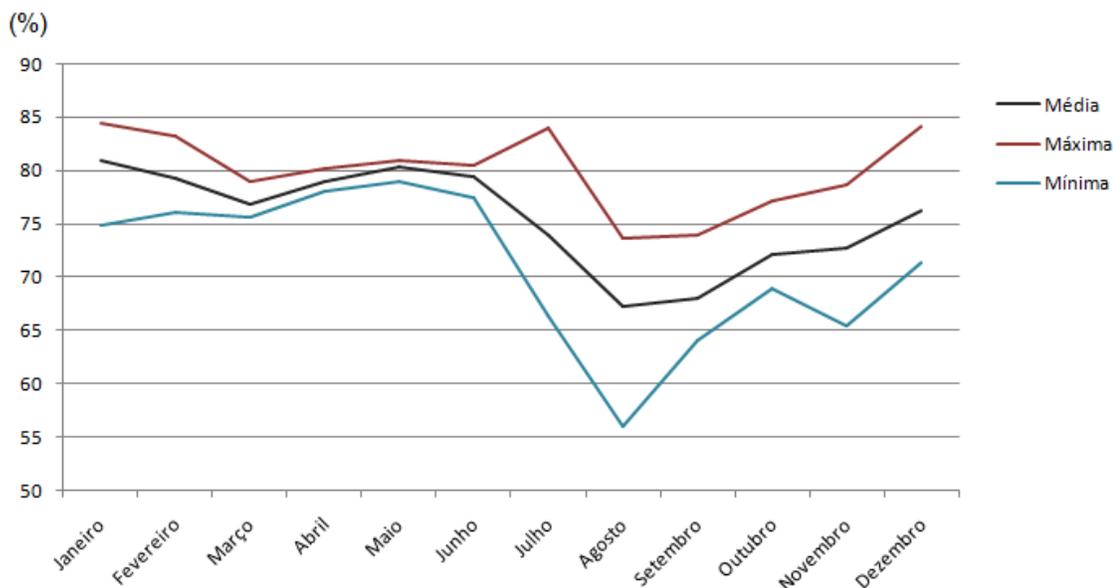


Figura 129 - Umidade relativa média mensal na torre meteorológica de ARAMAR.

Tabela 52 - Umidade relativa média mensal na torre meteorológica de ARAMAR.

Umidade Relativa	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Média	81	79,2	76,9	79	80,3	79,4
Máxima	84,43	83,22	78,97	80,11	80,90	80,41
Mínima	74,84	76,01	75,60	78,00	78,91	77,37
Umidade Relativa	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	73,9	67,2	68,1	72,19	72,8	76,3
Máxima	84,05	73,60	73,99	77,12	78,64	84,14
Mínima	66,41	56,06	64,13	68,9	65,38	71,30

Tabela 53 - Médias mensais da umidade relativa nos anos entre 2007 e 2011.

Mês	2007	2008	2009	2010
Janeiro	84,43	82,32	74,84	82,29
Fevereiro	78,74	83,22	79,00	76,01
Março	75,60	76,82	76,35	78,97
Abril	78,65	80,11	78,00	79,19
Mai	80,90	78,91	80,65	80,74
Junho	80,39	79,36	80,41	77,37
Julho	73,53	71,55	84,05	66,41
Agosto	69,22	69,82	73,60	56,06
Setembro	64,13	69,03	73,99	65,40
Outubro	68,96	73,77	77,12	68,9
Novembro	74,23	72,84	78,64	65,38
Dezembro	74,67	71,30	84,14	75,15

Precipitação Pluviométrica

A precipitação realiza um importante processo de limpeza da atmosfera. Poluentes lançados ao ar são incorporados às gotas de chuva e em seguida, removidas do ar por um processo físico conhecido como “rain-out”. Os valores de precipitação medidos na Torre Meteorológica de ARAMAR no período de 2007 a 2011 indicaram um total anual de 950,8 mm.

A Tabela 54 e a Figura 130, apresentam a distribuição da precipitação média, máxima e mínima mensal para o intervalo. O período mais chuvoso, de outubro a janeiro, concentra 561,3mm (59% do total anual) e é caracterizado por chuvas fortes e céu carregado. No restante do ano, os dias são mais ensolarados, com pancadas de curta duração. Os meses mais secos são os de maio a setembro, com 169,5 mm (17,8% do total anual) devido à passagem de sistemas frontais durante o inverno.

Na Figura 92 é observada a delimitação de dois períodos, uma estação seca no inverno com índice pluviométrico mínimo de 0,1 mm, e uma estação chuvosa com índice pluviométrico máximo de 546 mm (janeiro de 2011 para o período analisado (Tabela 55).

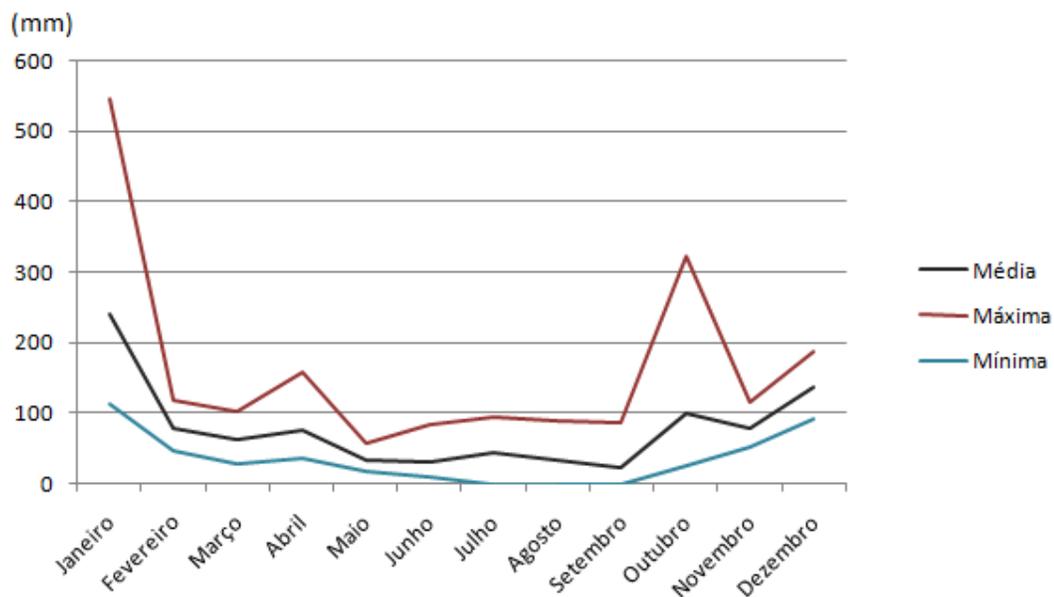


Figura 130 - Precipitação média mensal de cinco anos (2007 a 2011) na torre meteorológica de ARAMAR.

Tabela 54 - Precipitação média, máxima e mínima mensal, na torre meteorológica de ARAMAR, no período de 2007 a 2011.

Precipitação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Média	241,74	78,59	64,38	76,65	33,68	33,06
Máxima	546,23	118,69	102,15	157,93	57,09	84,44
Mínima	112,36	48,21	29,03	37,33	19,24	11,44
Precipitação	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	44,59	34,43	23,79	100,52	80,00	139,35
Máxima	94,73	88,85	86,33	323,38	115,11	187,63
Mínima	0,32	0,22	0,1	25,80	51	91,07

Tabela 55 - Médias mensais da precipitação nos anos entre 2007 e 2011.

Mês	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	192,04	143,33	112,36	214,73	546,23
Fevereiro	65,47	50,18	118,69	48,21	110,41
Março	29,03	72,36	46,66	71,72	102,15
Abril	43,55	89,54	37,33	54,88	157,93
Mai	38,60	57,09	29,56	19,24	23,92
Junho	18,88	22,55	28	11,44	84,44
Julho	88,17	0,32	94,73	29,27	10,49
Agosto	0,22	52,04	27,94	3,12	88,85
Setembro	0,16	0	86,33	28,33	4,16
Outubro	25,80	42,04	50,75	60,64	323,38
Novembro	71,65	51	115,11	72	90,27
Dezembro	128,81	91,07	161,07	128,18	187,63