

Antonio Luiz Teixeira  
Sonia Aparecida Abissi Nogueira  
Tarcisio José Montanheiro  
Hélio Shimada  
Francisco de Assis Negri



## **PARAÍBA DO SUL: POTENCIALIDADE DE AREIA FASE II (Trecho Roseira-Queluz)**

**Edição Eletrônica  
1ª Edição**

**Instituto Geológico  
Secretaria do Meio Ambiente  
Governo do Estado de São Paulo  
2016**





SECRETARIA DO  
MEIO AMBIENTE

INSTITUTO GEOLÓGICO



GOVERNO DE  
SÃO PAULO

Antonio Luiz Teixeira  
Sonia Aparecida Abissi Nogueira  
Tarcisio José Montanheiro  
Hélio Shimada  
Francisco de Assis Negri



## PARAÍBA DO SUL: POTENCIALIDADE DE AREIA FASE II (Trecho Roseira-Queluz)

Edição Eletrônica  
1ª Edição

São Paulo

© IG Instituto Geológico. 2016  
ISBN 978-85-87235-23-7

© 2016, Instituto Geológico, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, Brasil

## **CORPO EDITORIAL**

Autores: Antonio Luiz Teixeira, Sonia Aparecida Abissi Nogueira, Tarcisio José Montanheiro, Hélio Shimada, Francisco de Assis Negri

Diagramação e *Layout*: Antonio Luiz Teixeira

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

Ficha de Catalogação Elaborada pela Biblioteca/Mapoteca do Instituto Geológico

---

T235p Teixeira, Antonio Luiz [et al.]

Paraíba do Sul: Potencialidade de Areia - Fase II (Trecho Roseira - Queluz) / Antonio Luiz Teixeira, Sonia Aparecida Abissi Nogueira, Tarcisio José Montanheiro, Hélio Shimada, Francisco de Assis Negri – 1ª.ed. ; Edição Eletrônica. - São Paulo: IG, 2016.

77p.: il.; Color.

Conteúdo: v. único – Texto, ilustrações, anexo e desenho.

ISBN 978-85-87235-23-7

1. Rio Paraíba do Sul. 2. Potencialidade de areia. 3. Geologia. 4. Mineração.

CDD 553.622098133

---

Instituto Geológico





**Governo do Estado de São Paulo**

Geraldo Alckmin - Governador

**Secretaria de Estado do Meio Ambiente**

Patrícia Iglecias - Secretária

**Instituto Geológico**

Ricardo Vedovello - Diretor Geral



# APRESENTAÇÃO

A publicação apresenta os resultados do Projeto Paraíba do Sul: Potencialidade de Areia – Fase II, que contemplou atividades necessárias para o levantamento geológico e definição da potencialidade mineral de areia na várzea do Rio Paraíba do Sul, no trecho entre Roseira e Queluz. Representa a continuidade do Projeto Paraíba do Sul: Potencialidade de Areia no trecho Jacareí – Pindamonhangaba, executado pelo Instituto Geológico no ano de 1997.

Os dois projetos responderam demandas da Secretaria do Meio Ambiente, relacionadas à necessidade do estabelecimento de diretrizes para o disciplinamento da atividade extrativa de areia na bacia de drenagem do Rio Paraíba do Sul. O primeiro subsidiou a elaboração do zoneamento ambiental da atividade de extração de areia no trecho Jacareí – Pindamonhangaba, estabelecido pela Resolução SMA 28 de 22/09/1999, enquanto que o atual projeto atendeu a uma solicitação direta do Grupo de Trabalho criado pela Resolução SMA 16 de 28/04/2011, para o estabelecimento da potencialidade de areia no restante da várzea do rio Paraíba do Sul, no trecho Roseira - Queluz.

No momento atual, em que a Secretaria do Meio Ambiente inicia o processo de elaboração e discussão para a formulação do Zoneamento Ecológico e Econômico do Estado de São Paulo, o levantamento sobre a atividade de mineração e a definição da potencialidade da areia na planície do Rio Paraíba do Sul, representam subsídios fundamentais para o planejamento físico-territorial desta região. A mineração, enquanto uma atividade econômica deve ser contemplada tanto nos planos de desenvolvimento socioeconômicos municipais e regionais, como na formulação de políticas que estimulem o uso sustentável da terra, através do gerenciamento dos recursos minerais, de forma a garantir o abastecimento futuro destes insumos, a recuperação do meio ambiente e sua destinação para novos usos.

Ricardo Vedovello  
Diretor Geral do Instituto Geológico





## SUMÁRIO

### CAPÍTULOS

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2. OBJETIVO</b>	1
<b>3. APOIO TÉCNICO-FINANCEIRO</b>	1
<b>4. LOCALIZAÇÃO E ACESSO</b>	1
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO</b>	2
5.1. Levantamento e Aquisição de Dados	2
5.2. Reconhecimento de Campo	2
5.3. Preparação do Mapa de Serviço	2
5.4. Fotointerpretação Geológica	3
5.5. Levantamentos de Campo	3
5.6. Integração, Análise e Interpretação dos Dados	4
5.7. Produtos	4
<b>6- ASPECTOS FISIAGRÁFICOS</b>	4
<b>7- CONTEXTO GEOLÓGICO</b>	6
<b>8. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS DO SISTEMA FLUVIAL MEANDRANTE</b>	11
<b>9- MATERIAIS, CRITÉRIOS E TÉCNICAS PARA A CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS CANAIS ABANDONADOS EM SUPERFÍCIE</b>	16
<b>10- EMPREENDIMENTOS MINERÁRIOS</b>	18
<b>11 GEOLOGIA LOCAL</b>	21
11.1 Síntese dos Estudos Geológicos realizados no Trecho Jacareí-Pindamonhangaba – Fase I	21
11.1.1 Compartimento Jacareí	21
11.1.2 Compartimento Eugênio de Melo	22
11.1.3 Compartimento Quiririm	22
11.1.4 Compartimento Roseira	22

11.2 Geologia do Trecho Roseira-Queluz – Fase II .....	25
11.2.1 Aspectos Gerais .....	25
11.2.2 Características dos Depósitos .....	32
<b>12- DEFINIÇÃO DA POTENCIALIDADE DE AREIA.....</b>	<b>41</b>
<b>13- CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>41</b>
<b>14- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>44</b>
 <b>ANEXO 1</b>	
Perfilagens à trado e à percursão realizadas pelos empreendimentos minerários entre Roseira e Queluz .....	47
 <b>DESENHO</b>	
Mapa Geológico e dos limites da Zona de Potencial de Areia .....	65
 <b>FIGURAS</b>	
FIGURA 1. Localização da área de abrangência do Projeto Paraíba do Sul: Potencialidade de Areia – Fases I e II .....	2
FIGURA 2. Contexto geológico regional do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) .....	7
FIGURA 3. Mapa geológico da Bacia de Taubaté.....	8
FIGURA 4. Estruturas da Bacia de Taubaté.....	8
FIGURA 5 Quadro litoestratigráfico e evolução tectono-sedimentar do segmento central do RCSB .....	9
FIGURA 6- Fluxo helicoidal tridimensional numa curva de meandro.....	12
FIGURA 7 - Elementos morfológicos de um sistema fluvial meandrante .....	13
FIGURA 8 - O abandono de um canal meandrante por atalho em “corredeira” ou em “colo” .....	14
FIGURA 9 - Bloco diagrama que mostra aggradação em planície de inundação por rios muito sinuosos .....	15
FIGURA 10 - Modelos de rios meandantes de acordo com Miall (1985) .....	16
FIGURA 11 - Padrões de sinuosidade (S) e de declividade (D) do Rio Paraíba do Sul, em trechos destacados, desde Pindamonhangaba até Queluz.....	28
FIGURA 12 - Projeto Paraíba do Sul Fase I - Trecho Jacareí-Pindamonhangaba:	

Altos estruturais do embasamento, sua influência sobre a compartimentação da planície aluvial e as trajetórias pretéritas do canal .....	30
--	----

FIGURA 13 - Projeto Paraíba do Sul Fase II - Trecho Roseira-Queluz: Altos estruturais (ou soleiras) do embasamento, sua influência sobre a compartimentação da planície aluvial holocênica e as trajetórias pretéritas do canal .....	31
---	----

## FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA 1 - Método de lavra por dragagem em cava submersa. Porto Agimix, Lorena .....	19
FOTOGRAFIA 2a - Vista geral de extração em cava submersa. Porto CAJ, Cachoeira Paulista .....	20
FOTOGRAFIA 2b - Detalhe da dragagem com formação de “praia”. Porto CAJ, Cachoeira Paulista .....	20
FOTOGRAFIA 3 - Método de lavra em cava seca, onde a extração é realizada com o uso de escavadeira e caminhões. Porto ABareia, Roseira .....	20
FOTOGRAFIA 4 - Dragagem no leito ativo do Rio Paraíba, com sistema de bombeamento sobre barça móvel. Porto Irmãos Cardoso, Cruzeiro .....	21
FOTOGRAFIA 5 - Areias grossas a médias, com grânulos e seixos. (Porto Luciana, Pindamonhangaba) .....	23
FOTOGRAFIA 6 - Areias muito finas com laminações cruzadas, associadas com preenchimento de canal gradualmente abandonado. (Porto Águas Claras, Pindamonhangaba) .....	24
FOTOGRAFIA 7 - Areias muito finas, com laminações cruzadas, separadas no topo através de delgado nível argilo-orgânico. (Porto Águas Claras, Pindamonhangaba) .....	24
FOTOGRAFIA 8 - Estrutura de corte e preenchimento sobre areias finas, com laminações cruzadas. (Porto Águas Claras, Pindamonhangaba) .....	25
FOTOGRAFIA 9 - Vista da margem esquerda do Rio Paraíba do Sul, na altura do Porto Pedrasil, Pindamonhangaba. ....	25
FOTOGRAFIA 10 - Vista geral da planície aluvial, com destaque, em segundo plano, de classificador assentado sobre região do cinturão meândrico. Porto das Telhas, Norte de Roseira .....	33
FOTOGRAFIA 11 - Preparação da atividade de extração de areia em cava, pelo método da dragagem por sucção, com a retirada do capeamento argilo-turfoso. Porto Morro Vermelho, Guaratinguetá .....	33
FOTOGRAFIA 12 - Folhelhos da Formação Tremembé expostos na base de depósitos de canal do Rio Paraíba do Sul. Mineração ABareia - Roseira .....	34
FOTOGRAFIA 13 - Troncos vegetais parcialmente incarbonizados ocupando as porções de fundo do canal fluvial e de seu topo. Mineração ABareia - Roseira .....	34
FOTOGRAFIA 14 - Estruturas de corte e preenchimento associadas ao canal fluvial. Mineração ABareia - Roseira .....	35

FOTOGRAFIA 15 - Alternância de estratos turfosos e arenosos, separados por estruturas erosivas na base e topo. Mineração ABareia - Roseira.....	35
FOTOGRAFIA 16 - Panorama geral da alternância entre estratos arenosos e turfosos. Mineração ABareia - Roseira .....	36
FOTOGRAFIA 17 - Pátio de classificação do material dragado caracterizado pelo predomínio de areias finas a médias. Porto Morro Vermelho, Guaratinguetá.....	37
FOTOGRAFIA 18 - Estratificações cruzadas epsilon de barras em pontal. Mineração AFF Ltda., N-NW de Roseira.....	37
FOTOGRAFIA 19 - Delgada exposição de depósitos arenosos de barras em pontal, soterrados por material argilo-arenoso . Porto Cinco Lagos, S-SW de Canas .....	38
FOTOGRAFIA 20 - Detalhe das estratificações cruzadas epsilon. Porto Cinco Lagos, S-SW de Canas .....	38
FOTOGRAFIA 21 - Delgada exposição de termos arenosos finos com estratificações cruzadas tangenciais na base. Porto CAJ, W de Cachoeira Paulista .....	39
FOTOGRAFIA 22 - Vista geral da extração de areia em cava através da dragagem e sucção, onde se vê que a lâmina d'água da cava se confunde com a superfície plana do terreno. Porto Lara (Cava Pescador), W de Cachoeira Paulista.....	40
FOTOGRAFIA 23 - Atividades para a expansão de área de extração de areia em cava submersa, consistindo na retirada de capeamento. Porto Lara (Cava Figueira), W de Cachoeira Paulista.....	40



## 1. INTRODUÇÃO

O Núcleo de Recursos Minerais - NRM e o Núcleo de Geologia Geral - NGG, do Centro de Geologia e Meio Ambiente do Instituto Geológico - IG, apresentam os resultados obtidos como o projeto de pesquisa Paraíba do Sul: Potencialidade de Areia - Fase II. Este projeto contemplou atividades necessárias para o levantamento geológico e a definição da potencialidade mineral de areia na várzea do Rio Paraíba do Sul, no trecho entre Roseira e Queluz. Ele representa a continuidade do Projeto Paraíba do Sul: Potencialidade de Areia no trecho Jacareí – Pindamonhangaba, executado pelo IG no ano de 1997.

Os dois projetos responderam demandas da Secretaria do Meio Ambiente, relacionadas à necessidade do estabelecimento de diretrizes para o disciplinamento da atividade extrativa de areia na bacia de drenagem do Rio Paraíba do Sul. O primeiro obedeceu ao estabelecido no Grupo de Trabalho/GT criado pela Resolução SMA 32 de 04/07/1995, de subsidiar a elaboração do zoneamento ambiental da atividade de extração de areia no trecho Jacareí - Pindamonhangaba, enquanto que o atual projeto atendeu a uma solicitação direta do Grupo de Trabalho/GT criado pela Resolução SMA 16 de 28/04/2011, para o estabelecimento da potencialidade de areia no restante da várzea do rio Paraíba do Sul, no trecho Roseira - Queluz.

A equipe técnica responsável pela execução do projeto foi composta pelos geólogos Sonia Aparecida Abissi Nogueira (Coordenadora Geral), Tarcisio José Montanheiro e Hélio Shimada, pesquisadores do Núcleo de Recursos Minerais, e geólogos Antonio Luiz Teixeira e Francisco de Assis Negri, pesquisadores do Núcleo de Geologia Geral.

## 2. OBJETIVO

O projeto de pesquisa teve o propósito de delimitar a potencialidade de areia na área de abrangência dos sedimentos quaternários da Bacia

Hidrográfica Rio Paraíba do Sul. Justificou-se pela finalidade principal de subsidiar o GT, acima referido, na delimitação de áreas próprias para exploração mineral e estabelecimento de diretrizes específicas para o licenciamento e disciplinamento da atividade de extração de areia, contribuindo para a sua inserção nas políticas públicas de planejamento e ordenamento territorial.

## 3. APOIO TÉCNICO-FINANCEIRO

Todas as despesas de custeio com transporte e hospedagem para o desenvolvimento dos trabalhos de campo e materiais de consumo, foram arcadas pelo orçamento do IG.

O apoio técnico recebido da Agência Ambiental da CETESB de Aparecida foi de grande importância, principalmente para a obtenção dos dados utilizados na modelagem da potencialidade da areia, além de auxiliar na identificação e cadastro dos empreendimentos minerários.

O Sindicato das Indústrias Extrativas de Areia do Estado de São Paulo – SINDAREIA, com sede em Jacareí, merece especial agradecimento por atualizar as informações sobre a atividade de extração de areia na região e facilitar o acesso da equipe técnica do projeto aos empreendimentos minerários em atividade.

## 4. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área dos estudos insere-se na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, incluindo parte dos municípios de Roseira, Aparecida, Potim, Guaratinguetá, Lorena, Canas, Cachoeira Paulista, Cruzeiro, Lavrinhas e Queluz.

A FIGURA 1, a seguir, situa as áreas das Fases I e II Projeto Paraíba do Sul, na região do Vale do Paraíba. A área da Fase II, proposta, localiza-se em continuidade a área da Fase I, na qual, em 1997, foi estabelecido o zoneamento ambiental da atividade extrativa de areia. O acesso à área dos trabalhos pode

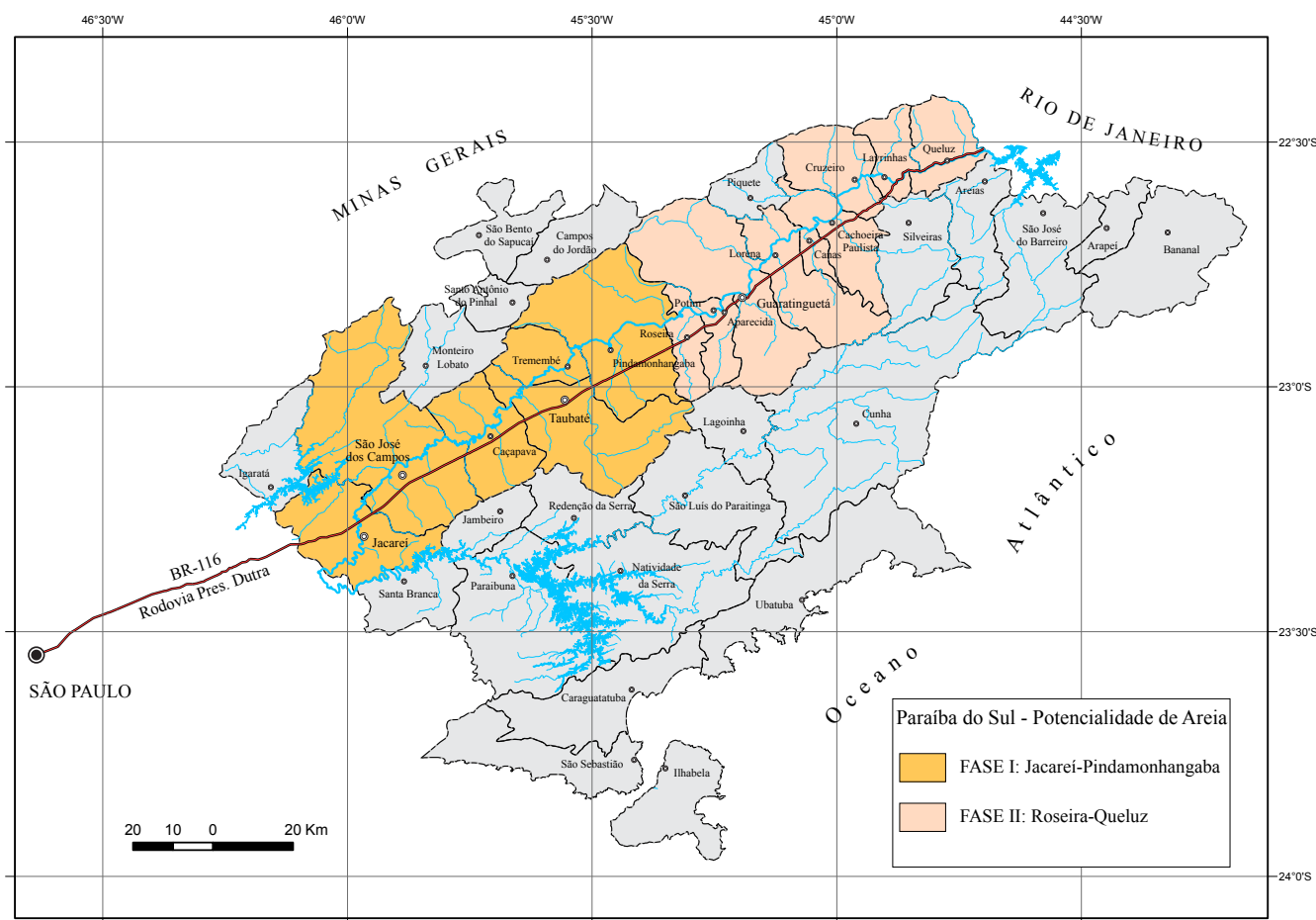


FIGURA 1. Localização da área de abrangência do Projeto Paraíba do Sul: Potencialidade de Areia – Fases I e II

ser feito pela Rodovia Presidente Dutra (BR-116) ou pelo complexo de rodovias Airton Senna e Carvalho Pinto (SP-070).

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO

Os métodos e materiais de trabalho apresentaram a mesma concepção do projeto desenvolvido na Fase I, com a realização das atividades descritas a seguir.

### 5.1. Levantamento e Aquisição de Dados

A execução do projeto foi precedida por um levantamento dos materiais necessários para seu desenvolvimento, incluindo:

- aquisição da documentação básica relativa às cartas topográficas, fotografias aéreas e imagens de satélite disponíveis e adequadas à escala de trabalho;

- atualização do levantamento bibliográfico de trabalhos básicos e aplicados na área de geologia e recursos minerais, desenvolvidos no âmbito do Vale do Rio Paraíba do Sul, executados por diferentes órgãos e instituições.

### 5.2. Reconhecimento de Campo

O reconhecimento de campo foi realizado de novembro a dezembro de 2011. Seu objetivo foi o de reunir as informações necessárias para a construção do mapa de serviço e selecionar os perfis mais adequados para os levantamentos geológicos sistemáticos.

### 5.3. Preparação do Mapa de Serviço

O mapa de serviço foi preparado por meio da confecção da Base Planialtimétrica e do Modelo Digital do Terreno (MDT), compilados do IBGE utilizando-se das folhas topográficas 1:50.000 de Agulhas

Negras, Cruzeiro, Delfim Moreira, Guaratinguetá, Lorena, Passa Quatro, Pindamonhangaba e São José do Barreiro, elaboradas e disponibilizadas em meio digital pelo DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE 2006).

Foram usados como apoio:

- arquivos digitais no formato TIFF referente ao Mosaico confeccionado a partir de folhas topográficas na escala 1:10.000, das áreas dos municípios que contemplam a várzea do Rio Paraíba do Sul, Unidade de Gerenciamento Hídrico/UGRHI 02, pertencentes ao Instituto Geográfico e Cartográfico, IGC - Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, editadas em 1977 e 1978, e cedidas à Coordenadoria de Planejamento Ambiental, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo;
- ortomosaico - recorte na escala 1:25.000 (IBGE) - a partir de Imagens Orbitais Digitais Multiespectrais SPOT 2007/2009 (resolução de 2,5 m de lado de pixel), do território dos municípios de Jacareí, São José dos Campos, Caçapava, Taubaté, Tremembé, Pindamonhangaba, Roseira, Potim, Aparecida, Guaratinguetá, Lorena, Canas, Cachoeira Paulista, Cruzeiro, Lavrinhas e Queluz - SP, localizados na Região da Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Vale do Paraíba (UGRHI 2), no formato TIFF, contratado pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental - CPLA, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, e inclui material ©CNES 2007/2009, distribuição SPOT IMAGE S.A., França, todos os direitos reservados.
- mosaico feito a partir das Imagens Orbitais Digitais Multiespectrais RAPIDEYE 2011 (resolução de 5 m de lado de pixel), do território dos municípios localizados na Região da Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Vale do Paraíba (UGRHI 2), no formato

IMG, elaborado em abril de 2012 pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental - CPLA da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA), e inclui material ©2011 RAPIDEYE AG, todos os direitos reservados.

Foram representadas no mapa de serviço informações levantadas sobre a geologia, atualizadas desde a compilação realizada na Fase I do Projeto, além da localização/cartografia preliminar das áreas com atividade de extração de areia.

#### **5.4. Fotointerpretação geológica**

A fotointerpretação geológica foi realizada a partir de fotografias aéreas na escala 1:25.000, obtidas em 1973 pela Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, com o apoio de imagens de satélite disponíveis (SPOT e RAPIDEYE). Esta atividade ocorreu durante todas as etapas de trabalho, porém, concentradas em duas fases principais:

- uma fase de fotointerpretação preliminar, que precedeu a etapa de trabalhos sistemáticos de campo, e
- uma fase de fotointerpretação final, iniciada após a conclusão dos levantamentos de campo, voltada para o refinamento do mapa geológico inicial com a integração dos dados preliminares com aqueles obtidos no campo.

Maiores detalhes sobre os procedimentos e técnicas de fotointerpretação serão vistos no CAPÍTULO 9 ("Materiais, critérios e técnicas para a caracterização morfológica dos canais abandonados em superfície")

#### **5.5. Levantamentos de Campo**

As atividades de campo consistiram basicamente no levantamento geológico da área de estudos. Utilizando-se dos perfis definidos na fase inicial de reconhecimento de campo (realizado entre novembro e dezembro de 2011) elas foram

desenvolvidas durante o segundo semestre de 2012, de agosto a dezembro. Tiveram como objetivos:

- a atualização da geologia, (e demais informações) do mapa básico de serviço por meio da confrontação, onde necessário, das informações compiladas com aquelas verificadas em campo,
- a observação direta das feições sedimentares presentes nos depósitos, expostas sobretudo em cavas, para a caracterização das fácies e dos processos sedimentares envolvidos com a finalidade de situá-los no contexto do sistema fluvial meandrante do Rio Paraíba do Sul, e
- a localização e cartografia dos empreendimentos minerários/portos de areia e sua confrontação com a configuração prévia presente no mapa básico de serviço.

## 5.6. Integração, Análise e Interpretação dos Dados

As informações obtidas nas atividades acima descritas foram integradas e analisadas, proporcionando a confecção de textos e ilustrações digitais e georreferenciadas que constituem o presente relatório.

## 5.7. Produtos

Os resultados da integração, análise e interpretação dos dados obtidos foram representados em base cartográfica compatível com a escala de 1:75.000 e ajustada ao sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) SIRGAS 2000, referenciado ao meridiano 45° W de Greenwich (ou à Zona 23 Sul), com abrangência aos municípios de Roseira, Aparecida, Potim, Guaratinguetá, Lorena, Canas, Cachoeira Paulista, Cruzeiro, Lavrinhas e Queluz. Nesta base foram reunidas as informações obtidas por meio da compilação bibliográfica, da fotointerpretação e dos levantamentos de campo, que se traduziram na geologia regional e local, neste caso incluindo a reconstituição do cinturão meândrico e a definição da zona de potencialidade

de areia, e, por último a configuração cartográfica das cavas associadas com a extração de areia.

## 6. ASPECTOS FISIOGRAFICOS

O Rio Paraíba do Sul recebe esta denominação a partir da confluência dos rios Paraitinga e Paraibuna, próximo à cidade de Paraibuna, aos 620 metros de altitude. O primeiro tem suas cabeceiras situadas aos 1800 metros de altitude e o segundo aos 1600 metros, na Serra da Bocaina. A partir de Guararema (572 m), o Rio Paraíba, que se dirigia para sudoeste, sofre brusca inflexão de quase 180°, e se volta para nordeste, sugerindo típica captura com o Rio Tietê, fenômeno que motivou intensos debates entre os estudiosos (*e.g.* Ab'Saber 1957, Almeida 1964, Riccomini 1989, entre outros).

O trecho mais acidentado do rio estende-se por cerca de 250 km, desde suas nascentes (1800 m) até Guararema (572 m), com declividade média de 4,9 m/km e curso desenvolvido totalmente sobre rochas granito-gnáissicas que sustentam a Serra do Mar. De Guararema (572 m) até Cachoeira Paulista (515 m) em curso de 300 km, a declividade média é de 0,19 m/km, caracterizando o trecho menos acidentado e mais sinuoso do rio, quando a relação percurso/distância percorrida (em linha reta) atinge 2,5 (Sausen 1988). Neste percurso, a partir de Jacareí, o rio abandona os terrenos cristalinos e meandra em extensa planície sobre os sedimentos da Bacia de Taubaté, desenvolvendo depósitos de várzea que atingem larguras médias entre 2,5 a 4 km.

O clima dominante na região é o Tropical, com temperaturas médias mensais mínimas de 16° C (em julho) e máximas de 23° C (fevereiro); a precipitação média anual fica em 1200 mm, com máximas em janeiro/fevereiro (ao redor de 540 mm) e mínimas em julho/agosto (até 0,0 mm). Consequentemente, em toda a bacia hidrográfica ou de captação, o regime fluvial também é do tipo Tropical, com vazões máximas distribuídas entre novembro a março. Entretanto, para o curso principal do Rio Paraíba o



regime deixou de ser Tropical a partir do fechamento das barragens de Santa Branca (1959), Jaguari (1969) e do sistema Paraibuna (1974)/Paraitinga (1976), que tiveram como objetivo a regularização das vazões do rio, e passaram a imprimir-lhe um regime quase contínuo das vazões, cujas máximas passaram a se situar nos meses de junho e julho. A entrada em operação dos reservatórios teve o duplo efeito de regularizar as vazões do Rio Paraíba e o de reter, à montante das barragens, parte da carga detrítica mais grossa anteriormente transportada principalmente como carga de fundo ao longo do canal fluvial. Sausen (1988) correlacionou à extração mais efetiva de areia de cava, que se deu a partir de 1977, com a fase de enchimento e entrada em operação do sistema Paraitinga-Paraibuna, ocorrida entre 1974 e 1978. Acrescente-se, também, o fato de que o fluxo regularizado contínuo torna menos susceptível o transporte (por rolagem e saltação) da carga detrítica de fundo do canal, de maior granulometria, por maiores distâncias, uma vez que os picos das grandes vazões sazonais foram rebaixados e, ao mesmo tempo, descompassados com os picos de verão das cabeceiras.

Do ponto de vista geomorfológico, a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul insere-se na porção oriental do Planalto Atlântico, província geomorfológica definida por Almeida (1964) e redefinida por Ponçano *et al.* (1981) e Hasui *et al.* (1982).

De acordo com estes autores, estão abrangidas pela Bacia as seguintes zonas do Planalto Atlântico:

- Planalto da Bocaina, pequena zona situada até os 2000 m de altitude onde se situam os altos cursos dos rios Paraitinga e Paraibuna e as nascentes do Rio Paraíba do Sul;
- Planalto do Paraitinga, que se desenvolve até as proximidades da cidade de Guararema, com altitudes de até 1300 m, às faldas SW do Planalto da Bocaina e palco de vigorosa erosão diferencial provocada pelos cursos

d'água dos rios;

- Médio Vale do Paraíba, constitui a zona geomorfológica de interesse mais imediato, por abranger a totalidade da área de estudos. Nela se insere o trecho à montante de Guararema, anterior ao cotovelo do Paraíba do Sul, e toda a área dos contrafortes das serras da Mantiqueira e da Bocaina, drenada para esse rio. No Médio Vale do Paraíba, discriminam-se duas subzonas geomorfológicas que, segundo Hasui *et al.* (1982), são caracterizadas por relevo, gênese e estrutura geológicas contrastantes, a saber: dos Morros Cristalinos e das Colinas Sedimentares.

“A subzona Morros Cristalinos dispõe-se ao redor da Bacia de Taubaté, emoldurando os relevos de colinas (sedimentares)” (Ponçano *et al.* 1981, pág. 37); desenvolve-se quase totalmente sobre rochas granito-gnáissicas e xistosas do Proterozóico Superior, ao passo que as Colinas Sedimentares se desenvolvem sobre os sedimentos da Bacia de Taubaté, quase sempre emoldurando os depósitos da planície aluvial do Rio Paraíba do Sul.

Os Morros Cristalinos constituem relevos inferiores que transicionam da Serra da Mantiqueira, a noroeste; dos degraus limítrofes do Planalto de Paraitinga, a sudeste; e do Planalto Paulistano, a sudoeste (Hasui *et al.* 1982). Da Serra da Mantiqueira em direção ao Vale do Paraíba diminui a amplitude das elevações, com a ocorrência de domínios de morros com espigões mais isolados (IPT 1990), onde o entalhe profundo das drenagens, de perfis abruptos, afeiçoaram relevos de contornos festonados. Do Planalto de Paraitinga em direção ao Vale, a transição é caracterizada por relevo de mares de morros, sustentados por corpos de granitóides, gnaissificados ou não. A transição entre o Planalto Paulistano a sudoeste, e o Médio Vale do Paraíba a nordeste, é fundamentalmente realizada por relevos de mares de morros, que afeiçoam degrau limítrofe com cerca de duzentos metros entre a primeira e

segunda zona geomorfológica.

As Colinas Sedimentares sustentam-se sobre sedimentos terciários da Bacia de Taubaté, no interior da zona do Médio Vale do Paraíba. Os sedimentos dessa bacia, elevados de algumas dezenas de metros sobre o rio, constituem colinas achatadas ou baixo relevo tabular (Hasui *et al.* 1982). Raramente, atingem 100 m de altura na Bacia de Taubaté e exibem níveis de terraceamentos.

“Ab`Sáber & Bernardes (1958) distinguiram, na Bacia de Taubaté, três regiões: uma, definida pela porção compreendida entre a extremidade sudoeste da Bacia até Jacareí, com colinas mais elevadas e semelhantes às elevações do cristalino, o que também foi constatado por Titarelli (1975); outra, entre São José dos Campos e Pindamonhangaba, com colinas mais extensas e suaves desdobradas em dois níveis distintos, e a terceira, situada entre Pindamonhangaba e Cruzeiro, com colinas tabulares muito suavizadas e de pequena amplitude topográfica.” (Ponçano *et al.* 1981, pág. 37).

O Rio Paraíba do Sul vagueia quase inteiramente sobre esses relevos, com planície de inundação que varia entre 2,5 e 4 km de largura e com notada tendência de se acomodar na borda norte da Bacia, compondo sistema de relevo de planícies aluviais. Nestas, encontram-se os meandros abandonados e terraços modernos descontínuos ao longo da planície, sustentados por cascalhos e areias, que se erguem, de 3 a 8 metros, acima da planície de inundação.

## 7. CONTEXTO GEOLÓGICO

O Rio Paraíba do Sul e seus depósitos aluvionares recentes encaixam-se na depressão linear denominada *Graben* do Paraíba do Sul (Almeida 1976), alojada entre as serras da Mantiqueira e do Mar e disposta na direção nordeste-sudoeste. Essa configuração teve início entre o Cretáceo Médio e o Mioceno associada com os eventos distensivos responsáveis, também, pela conformação das bacias

de margem oceânica, como as de Santos e Campos, no bojo da expansão do Oceano Atlântico e consequente separação entre a América do Sul e África. A calha atual a subatual do Rio Paraíba do Sul, bem como suas planícies de inundação e terraços, apenas colmatam o espesso pacote sedimentar da denominada Bacia de Taubaté. Os depósitos desta bacia, com cerca de 500 metros de espessura comprovados através de perfurações de poços (Hasui *et al.* 1978), podem atingir espessuras entre 800 a 850 m de acordo com investigações geofísicas (Marques 1990 e Fernandes & Chang 2001). O preenchimento, ou a deposição sedimentar, do *Graben* do Paraíba desde seu início ocorreu de modo sintectônico. Os depósitos ali presentes são variados e representativos de diversos ambientes de sedimentação e de climas pretéritos.

Desde os trabalhos pioneiros de A. Pissis, em 1842, inúmeros têm sido os estudos sobre as características dos depósitos, bem como sobre a origem e evolução da Bacia de Taubaté. A maioria desses tinha como objetivo, além do caráter acadêmico, buscar fontes de suprimentos de bens minerais energéticos, como petróleo e turfa, ou para a construção civil e indústria como argilas e areias, ou mesmo para suprir de águas subterrâneas uma região do Estado em franca expansão econômica.

Riccomini (1989) contextualizou o *Graben* do Paraíba no que denominou de *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB): uma estruturação tectônica (FIGURA 2) que se estende por mais de 800 km, distando, em média, a 70 km da linha de costa, desde Curitiba (PR) até Niterói (RJ), com direção geral NE-SW. Este *Rift* é limitado a noroeste e a sudeste por falhas reativadas do embasamento e acomoda, por entre altos estruturais controlados por falhas com direção NW, as bacias de Curitiba, São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda, entre outras.

A Bacia de Taubaté constitui a mais extensa entidade tectonossedimentar associada ao RCSB, com depósitos distribuídos em superfície desde Arujá até Cruzeiro, no Estado de São Paulo (FIGURA



FIGURA 2. Contexto geológico regional do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) - 1) embasamento pré-cambriano; 2) rochas sedimentares paleozóicas da Bacia do Paraná; 3) rochas vulcânicas toleíticas eocretáceas da Formação Serra Geral; 4) rochas relacionadas ao magmatismo alcalino mesozóico-cenozóico; 5) bacias cenozóicas do rift (1- Bacia de Itaboraí, 2- Gráben de Barra de São João, 3- Bacia do Macacu, 4- Bacia de Volta Redonda, 5- Bacia de Resende, 6- Bacia de Taubaté, 7- Bacia de São Paulo, 8- Gráben de Sete Barras, 9- Formação Pariquêra-Açu, 10- Formação Alexandra e Gráben de Guaraqueçaba, 11- Bacia de Curitiba, 12- Gráben de Cananéia); 6) zonas de cisalhamento pré-cambrianas, em parte reativadas durante o Mesozóico e Cenozóico. (Extraído de Riccomini et al. 2004).

3). O seu limite meridional é marcado pela Soleira de Arujá, alto estrutural do embasamento que a separa da Bacia de São Paulo, e o limite setentrional, pela Soleira de Queluz, alto estrutural situado nos limites dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, separando-a da Bacia de Resende, que, por sua vez, se situa inteiramente no Estado do Rio de Janeiro. Os limites do *Graben* a noroeste, com a Serra da Mantiqueira, e a sudeste, com a Serra do Mar, fazem-se, respectivamente, com os falhamentos do Buquira e do Alto da Fartura. O *Graben* do Paraíba apresenta estruturação assimétrica com adernamento geral de seu assoalho em direção à Serra da Mantiqueira, salvo a região de Quiririm, que está adernado para sudeste, no sentido da Serra do Mar.

Hasui et al. (1978), mediante a análise integrada de dados de superfície e subsuperfície, e de dados geofísicos preexistentes (e.g. Frangipani & Panutti 1965 e Davino & Haralyi 1973), compartimentaram a Bacia de Taubaté

nas sub-bacias: Parateí/Jacareí, Eugênio de Melo, Tremembé e Lorena (FIGURA 4) separadas pelos altos topográficos do embasamento (ou altos estruturais), denominados de Alto do Rio Putins, Alto de Caçapava e Alto de Aparecida. Marques (1990), baseando-se em perfis sísmicos realizados pela PETROBRÁS, subdividiu, ainda, a sub-bacia Tremembé em duas outras: a sub-bacia de Quiririm e a sub-bacia de Roseira, cujos depocentros, a sul e a norte, respectivamente, estariam separados pelo Alto Capela Nossa Senhora do Socorro; denominou ainda de Alto Capela de Santa Luzia (correspondente ao Alto de Aparecida, de Hasui et al. 1978) a feição positiva que separaria as sub-bacias Roseira e Lorena.

Riccomini (1989) e Riccomini et al. (2004), a partir da análise de fácies sedimentares e de sistemas deposicionais, individualizaram, da base para o topo (FIGURA 5), 4 unidades litoestratigráficas na Bacia de Taubaté: 1) Formação Resende (leques aluviais



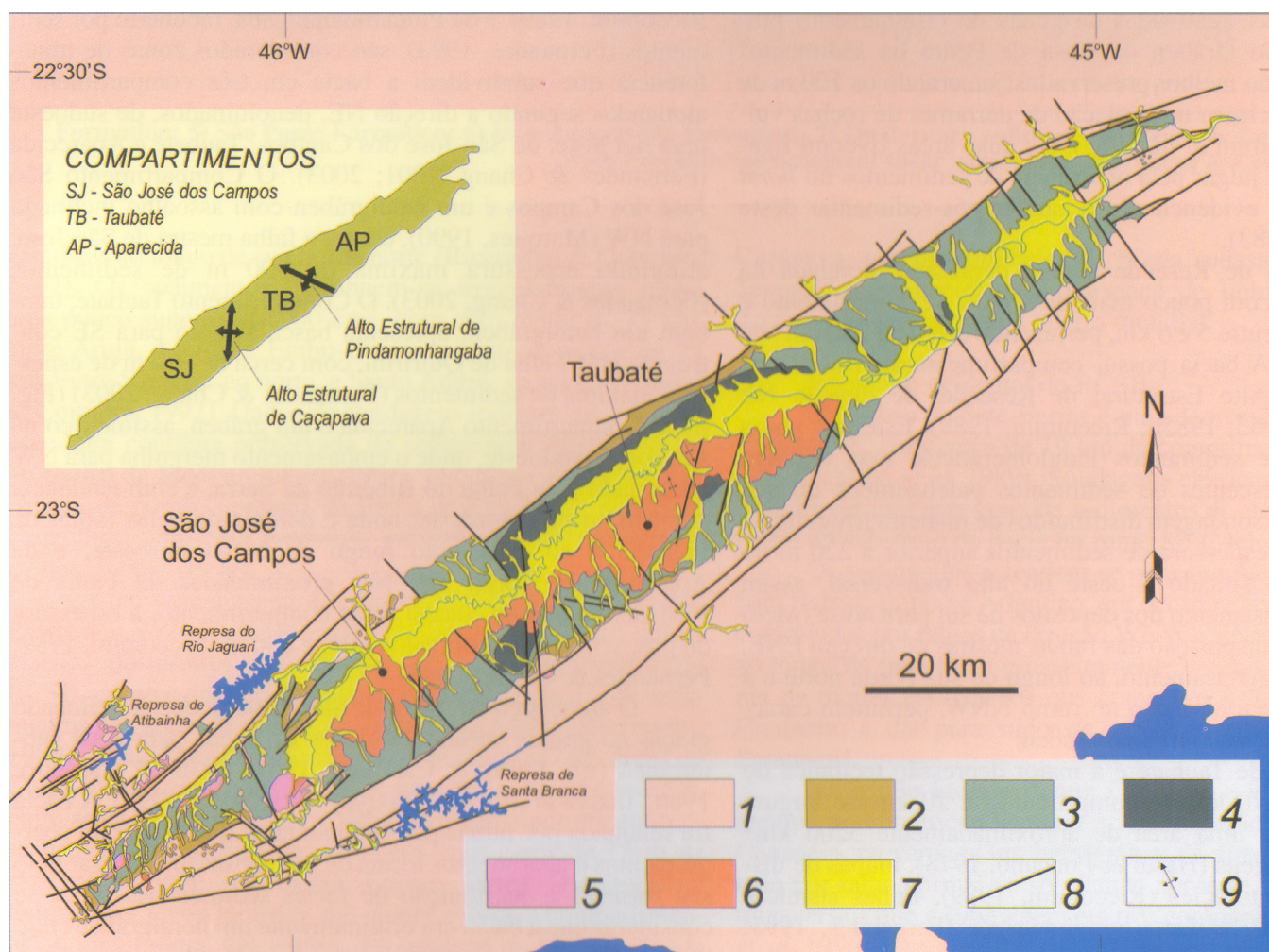


FIGURA 3. Mapa Geológico da Bacia de Taubaté - 1) embasamento pré-cambriano; 2) Formação Resende (sistema de leques aluviais proximais); 3) Formação Resende (sistema de leques aluviais medianos a distais associados a planície aluvial de rios entrelaçados); 4) Formação Tremembé; 5) Formação São Paulo; 6) Formação Pindamonhangaba; 7) sedimentos quaternários; 8) falhas cenozoicas, em parte reativadas do embasamento pré-cambriano; 9) eixos de dobras principais. (Extraído de Riccomini et al. 2004).

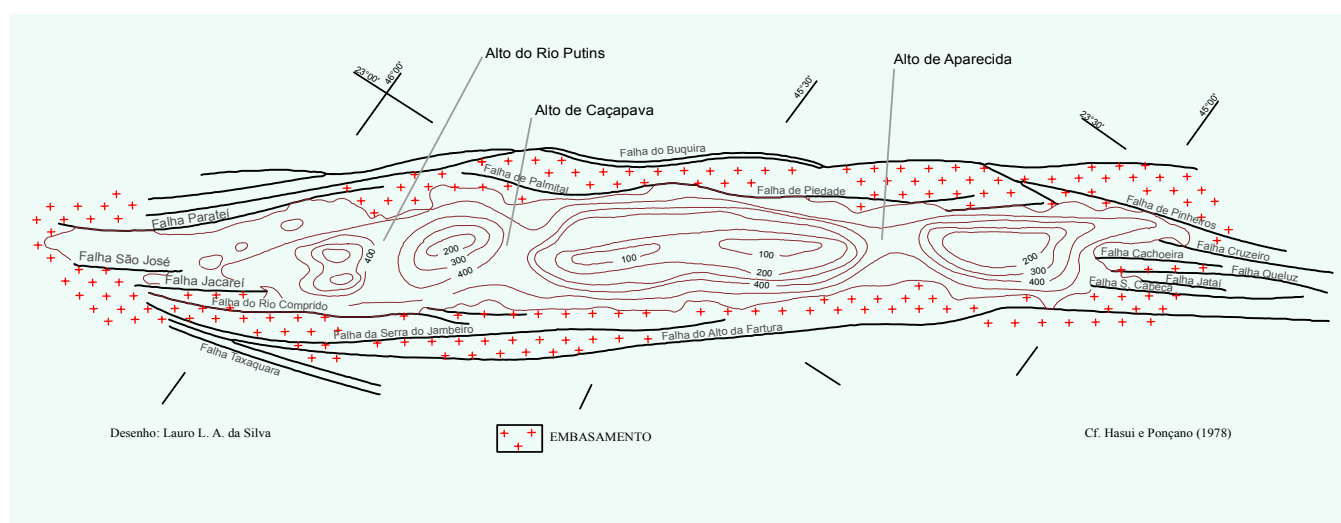


FIGURA 4. Estruturas da Bacia de Taubaté (Modificado de Hasui et al. 1982).

associados à planície fluvial de rios entrelaçados); 2) 3) Formação São Paulo (fluvial meandrante); e 4)  
Formação Tremembé (lacustre do tipo *playa lake*); Formação Pindamonhangaba (fluvial meandrante da

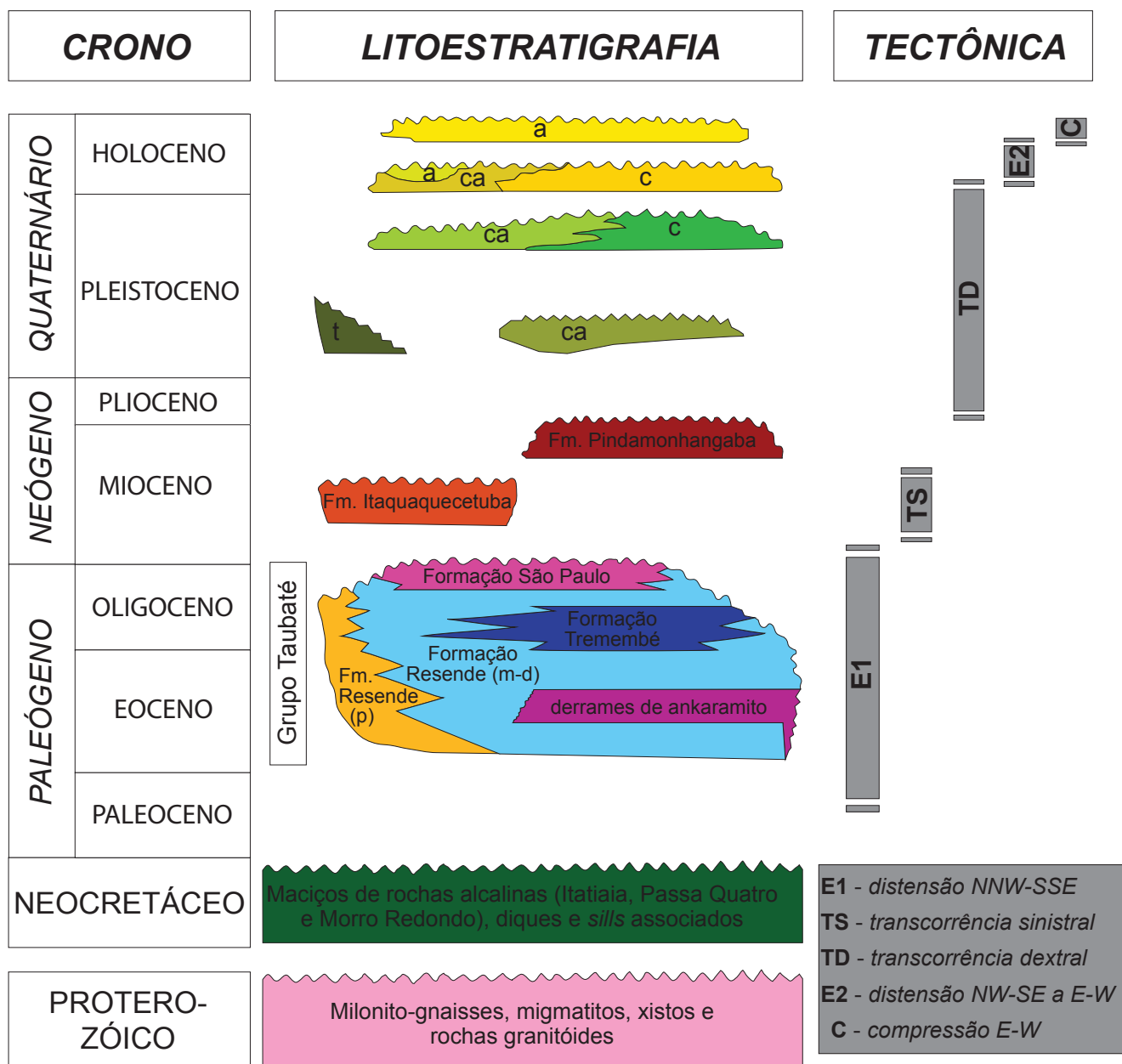


FIGURA 5 Quadro litoestratigráfico e evolução tectono-sedimentar do segmento central do RCSB - Letras: p - leques aluviais proximais; m-d - leques aluviais medianos a distais associados a planície aluvial de rios entrelaçados; t - depósitos de tálus; c - depósitos coluviais; ca - depósitos colúvio-aluviais; a - depósitos aluviais. (Extraído e modificado de Riccomini et al. 2004).

porção central da Bacia).

As formações Resende, Tremembé e São Paulo foram reunidas por Riccomini (1989) e Riccomini *et al.* (2004) no Grupo Taubaté, que têm idade paleogênica. A Formação Pindamonhangaba superior teria idade compreendida entre o Mioceno e o Quaternário. Acima desta última, desenvolveram-se depósitos colúvio-aluviais e os baixos terraços que duraram até o Holoceno ou Recente. Riccomini (1989) e Riccomini *et al.* (2004) vincularam

também aos eventos deposicionais os tectônicos e os de variações climáticas. Assim, identificaram um episódio extensional (E1, FIGURA 5), gerador da depressão e que perdurou durante a deposição do Grupo Taubaté, sob condições climáticas semi-áridas iniciais (formações Resende e Tremembé), passando a úmidas no final (Formação São Paulo); identificaram, também dois outros eventos transcorrentes superpostos (TS e TD), respectivamente sinistral e dextral, aos quais se associaram os depósitos fluviais

meandantes da Formação Pindamonhangaba, sob condições climáticas quentes e úmidas, e depósitos colúvio-aluviais; e, finalmente, um episódio de extensão (E2) associado com a deposição de sedimentos colúvio-aluviais e de baixos terraços, sob condições climáticas semelhantes às atuais.

Riccomini (1989) e Riccomini *et al.* (2004) sugeriram, com base na análise de mecanismos focais de sismos, que, atualmente, a região estaria sujeita a um regime de esforços compressivos.

Salvador (1994), analisando os processos neotectônicos da região do Vale do Paraíba do Sul, compreendida entre Cruzeiro (SP) e Itatiaia (RJ), concluiu que atualmente a região está submetida a regime de esforços compressivos, com direção E-W. Estes esforços, de acordo com Riccomini (1989) e Riccomini *et al.* (2004), se instalaram após o regime extensional WNW-ESE (evento E2, FIGURA 5), datado entre 8500 a  $270 \pm 120$  anos A.P.<sup>1</sup> (Antes do Presente).

Os perfis sísmicos executados pela PETROBRÁS e analisados por Marques (1990) indicam pacotes com espessuras de até 850m (sub-bacia de Roseira) não testemunhados completamente por sondagens anteriores, que atingiram pouco mais de 500m de profundidade (Hasui *et al.* 1978). Marques (1990) assinalou a existência, ainda, de duas unidades deposicionais (“unidades sísmicas A e B”), não aflorantes e não testemunhadas, que estão intercaladas com provável horizonte de *sill* de diabásio, abaixo do Grupo Tremembé, e atribuiu-lhes possível idade do Cretáceo Médio a Superior.

Verdade *et al.* (1961) realizaram os primeiros estudos de detalhe sobre as ocorrências de solos ou bacias orgânicas ao longo da planície aluvial do Rio Paraíba do Sul e que se dispõem marginalmente

ao cinturão meândrico do rio, desde Jacareí até Caçapava, principalmente, e com ocorrências menos expressivas até Guaratinguetá. Verdade & Hungria (1966) analisaram uma dessas bacias orgânicas, situada à margem esquerda do rio, entre São José dos Campos e Caçapava, considerada por eles como a mais expressiva de todas, com 15,9 km de extensão por até 2,7 km de largura, limitada a noroeste pelas construções meândricas e a sudeste pelos sedimentos terciários e terraços mais antigos. Os autores registraram espessura média de 10 m para os depósitos turfosos e verificaram que o “assoalho” da bacia orgânica encontra-se subnívelado de 3 a 5,5 m em relação ao leito do Rio Paraíba do Sul. Verdade *et al.* (1961) e Verdade & Hungria (1966) sugeriram que essas bacias se originaram em decorrência da saturação de água do meio, associada à decomposição anaeróbica de restos orgânicos que se sedimentaram posteriormente e com muito pouca contribuição de compostos minerais pelíticos oriundos dos fluxos de inundação fluvial.

Oliveira (1983) analisou cinco turfeiras situadas entre Jacareí e Eugênio de Melo, em ambas as margens do Rio Paraíba do Sul. Caracterizou ali depósitos comparáveis aos melhores carvões minerais do país, praticamente isentos de enxofre na sua composição química e com teores de cinza, na base seca, variáveis entre 5 e até mais de 50 %.

Do ponto de vista palinológico, Oliveira (1983) concluiu que as associações florísticas não apresentam grandes variações, indicando um mesmo ambiente ecológico e geocronológico para o seu desenvolvimento. Os elementos botânicos são atuais, holocênicos, com pequenas variações decorrentes apenas de estações climáticas com maior ou menor precipitação pluviométrica. Garcia *et al.* (2003) e Santos *et al.* (2012), entretanto, identificaram diferentes zonas palinológicas nos depósitos de turfa da região entre Jacareí e Taubaté associadas e resultantes de variações entre climas úmidos, frios ou quentes, a mais secos ocorridas entre pelo menos 11.400 até 290 anos AP, conforme datações C<sup>14</sup> realizadas pelos autores. Casado *et al.* (2011), por sua

---

1 (AP) - Idades obtidas pelo método de radiocarbono bruto, ou seja, não-calibrado. Geralmente elas são reportadas em anos de radiocarbono “Antes do Presente” (AP). O “Presente” é definido como 1950 AD (*Anno Domini* - calendário ocidental referente ao nascimento de Cristo). No ano de 1950 ocorreu a descoberta do método por W. F. Libby e colegas da Universidade de Chicago, EUA.



vez obtiveram idades  $C^{14}$  que variaram entre 22.700 a 30-40 anos AP para depósitos de turfa situados entre Eugênio de Melo e Taubaté e, com base em análises sedimentológicas e estratigráficas, identificaram para a evolução da planície aluvial do Paraíba uma Fase Fluvial Inferior predominantemente arenosa com mais de 22.700 anos AP. Esta fase, foi seguida de outra, Paludal, que se estendeu até 1.570 anos A.P e, à qual se associaram os depósitos turfosos propriamente ditos sob clima frio e úmido. A Fase Fluvial Superior estender-se-ia de 1.570 até 30-40 anos AP, guardando correspondência com os depósitos pré-atuais a atuais, incluindo depósitos de turfas menos expressivos do que aqueles da fase paludal.

A área de estudos está compreendida na Zona Sismogênica de Cunha (Hasui *et al.* 1982), caracterizada pela ocorrência de grande número de sismos, registrados desde meados do século passado até os dias atuais. Essa zona sismotectônica, moderadamente ativa, traz consigo heranças de movimentações tectônicas terciárias responsáveis pela configuração do *Graben* do Médio Vale do Paraíba, que sofreu abatimento de cerca de 2.000 m com relação aos blocos (*horts*) das serras Mantiqueira e Bocaina. Além dos sismos naturais que intermitentemente incidem sobre a região, Hasui *et al.* (1982) apontaram que, a partir do preenchimento dos reservatórios de Paraibuna-Paraitinga (novembro de 1977) e do Jaguari (apenas no final de 1985), uma série deles foi induzida devido ao aumento de cargas hidráulicas locais, associadas aos preenchimentos.

Hasui *et al.* (1989) consideraram que os eventos têm ocorrência difusa no tempo, mas sua distribuição espacial não é aleatória. O sismo de Cunha, de 23/03/1967, segundo os autores, teve sua magnitude calculada de 4,1mb <sup>2</sup> (inferior ao evento

sísmico de Lorena, 4,4mb), porém atribuíram a ele a maior intensidade observada, VII MM <sup>3</sup>. O nível das atividades sísmicas é considerado pelos autores como de fraco a moderado. Já os sismos induzidos, que dizem respeito à construção de reservatórios, têm, segundo Hasui *et al.* (1989), seus mecanismos de geração ainda não estabelecidos; os fenômenos relacionados com o reservatório de Paraibuna-Paraitinga remontam a novembro de 1977, ao passo que os relacionados ao reservatório do Jaguari se manifestaram a partir do final de 1985 e, atualmente, são muito reduzidos.

Frangipani *et al.* (1986, *apud* IPT 1990) realizaram os primeiros estudos sistemáticos a respeito das características geotermiais da Bacia de Taubaté, identificando nela duas regiões geotermicamente anômalas, localizadas nas sub-bacias de Taubaté e Pindamonhangaba. No município de Pindamonhangaba, em poço tubular profundo com vazão de 120.000 l/h, foram verificadas temperaturas da água em torno de 38°C à superfície. Em Taubaté, em poço da Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP com vazão de 27.000 l/h, os autores registraram temperaturas da água de 50°C. De acordo com o IPT (1990), tal condição geotermal da Bacia de Taubaté, considerada de baixa temperatura, abriria perspectivas de uso direto desse tipo de energia hidrotermal tanto para substituição industrial de óleo combustível, quanto para a exploração das atividades turísticas.

## 8. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS DO SISTEMA FLUVIAL MEANDRANTE

Os rios meandantes caracterizam-se pelo padrão de alta sinuosidade do canal. São típicos

---

encontramos.

3 (MM) refere-se à escala Mercalli Modificada para a intensidade de terremotos, que varia de I até XII, a mais intensa. Note-se que a Escala de Mercalli dedica-se a quantificar a intensidade de um sismo a partir de seus efeitos, em superfície, sobre os seres vivos e as coisas, enquanto que a Escala Richter dedica-se a quantificar a magnitude das ondas (P e S, basicamente) emitidas por um sismo.

---

2 (mb) - magnitude das ondas de corpo (ou de volume). Unidade de medida da magnitude Richter baseada nas ondas P e aplicável para terremotos (sismos) cujos epicentros encontram-se a uma distância maior que 600 km do sismógrafo. Em geral, esta situação condiz com aquela de regiões tectonicamente estáveis, como do interior da Plataforma Sulamericana, onde nos



de regiões ou terrenos de muito baixa declividade, aos quais se associa o predomínio de particulado fino, transportado em suspensão. Geralmente, desenvolvem-se em planícies aluviais confinadas entre vales e terraços ou em regiões abertas de planaltos ou de baixadas (Collinson 1986).

A sinuosidade (S) de um rio expressa a relação entre a extensão de percurso do canal fluvial e a distância percorrida por este em linha reta entre dois pontos considerados do seu curso. Rios com valores de sinuosidades iguais ou maiores que 1,5 são considerados meandantes, ou de alta sinuosidade; aqueles com valores de S inferiores a 1,5 seriam desde sinuosos até retilíneos, ou de baixa sinuosidade.

A declividade (d) de um rio, por sua vez, expressa a relação entre a extensão do percurso realizado pelo canal fluvial e o desnível altimétrico entre dois pontos considerados no canal.

A dinâmica no canal (ou talvegue) meandrante ou curvo é regida pelo fluxo helicoidal tridimensional, resultante da conjugação de forças transversais, centrífugas próximo à superfície e centrípetas no fundo do canal (Suguio & Bigarella 1979; Walker & Cant 1984 e Collinson 1986). Como resultado dessa dinâmica, há um excesso de pressão sobre a margem côncava do canal que se sujeita à

fricção de arraste ou à erosão, ao passo que, na margem convexa, ocorrerá um débito de pressão e, conseqüentemente, a sedimentação (FIGURA 6). O material erodido em uma margem côncava tende a ser depositado na margem convexa da curva subsequente e não naquela imediatamente oposta (Suguio & Bigarella 1979).

Assim, às margens internas do canal serão depositados tanto os materiais transportados em suspensão, como também parte do material da carga de fundo do canal e do material erodido das margens côncavas antecedentes, configurando-se um processo de construção de barras eminentemente arenosas (barras em pontal). Estas barras se acrescentam sucessivamente e lateralmente (acresção lateral), ao longo de planos inclinados em direção ao eixo do canal, conformando estruturação sigmoidal (estratificações cruzadas epsilon). À medida que o eixo do canal migra, ao avançar sobre a margem externa em erosão, as barras se acrescentam lateralmente, migrando em direção ao eixo. Ou seja, enquanto o canal se mantém em constante migração lateral, em virtude da contínua erosão da margem côncava, ocorre a deposição por acréscimo lateral na margem convexa (FIGURAS 6 e 7).

Nos períodos das grandes cheias, as barras em pontal assumem grandes proporções, elevando-

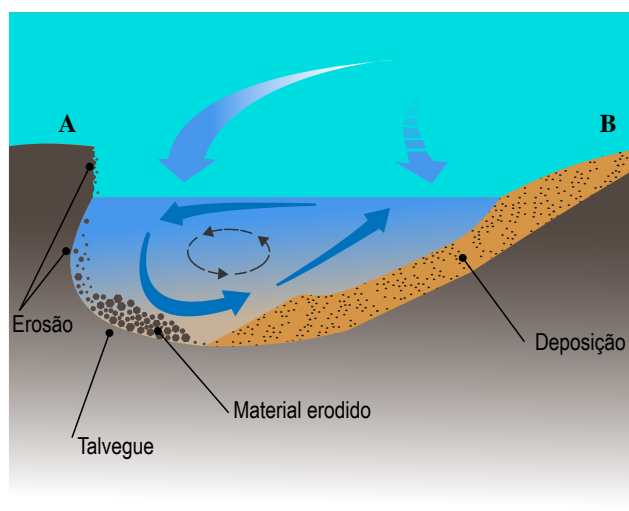
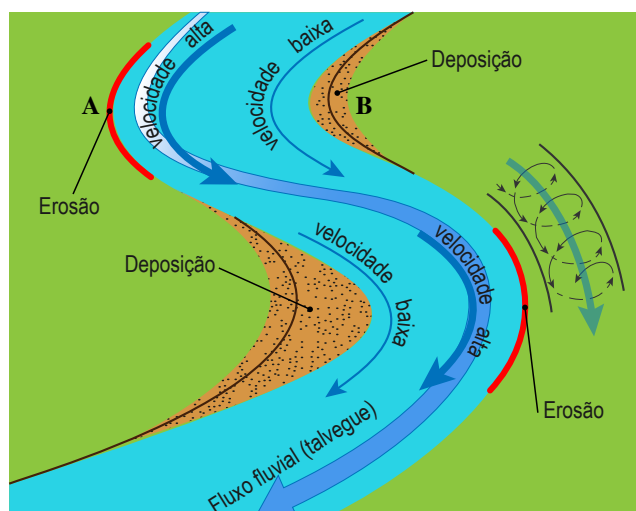


FIGURA 6- Fluxo helicoidal tridimensional numa curva de meandro, acompanhado de superelevação do nível de água junto à margem côncava, sentido do movimento de água na superfície (seta cheia) e no fundo (seta interrompida). (Baseado em Suguio & Bigarella 1979).

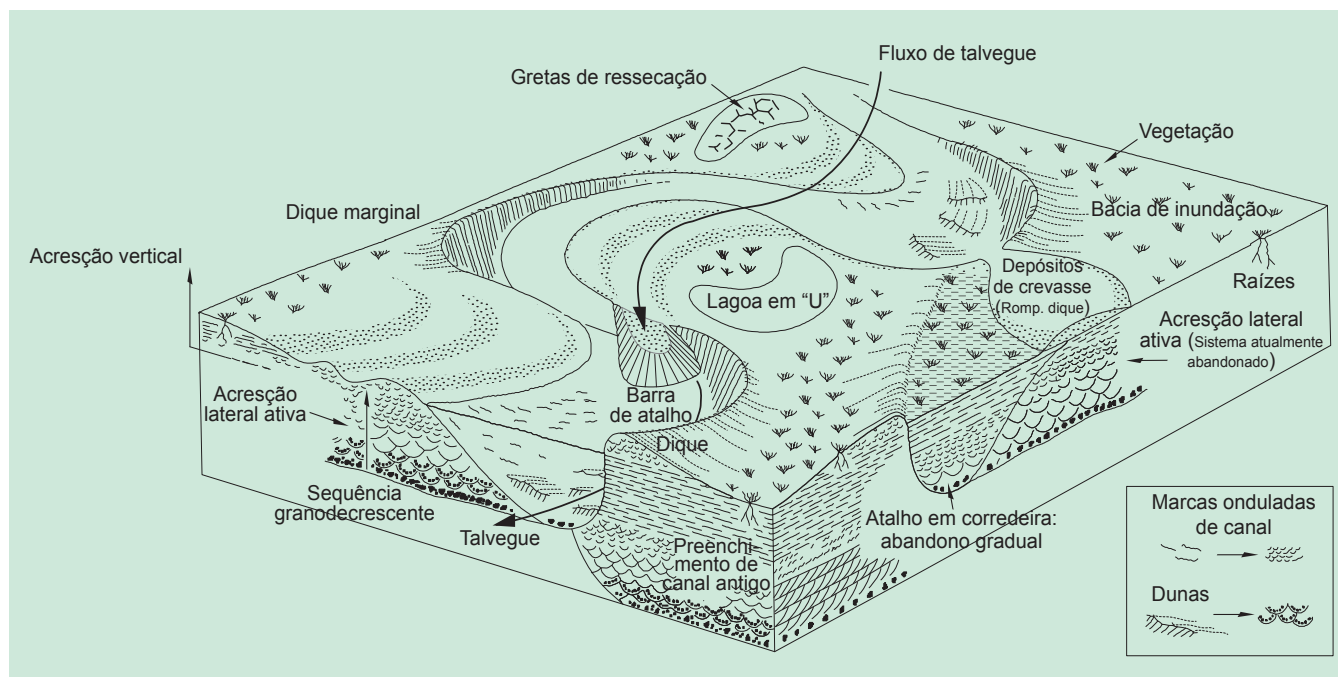


FIGURA 7 - Elementos morfológicos de um sistema fluvial meandrante (segundo Walker & Cant 1984).

se até alguns metros sobre a margem interna. Nesses períodos, ao transbordar, a corrente de água sofre queda brusca de velocidade, provoca o desequilíbrio e deposição do particulado mais grosso em suspensão imediatamente sobre a margem externa, construindo os diques marginais, que flanqueiam o canal. A fração mais fina, que ainda permaneceu em suspensão, ultrapassa os limites dos diques e atinge a planície (ou bacia) de inundação onde se decanta, originando os depósitos siltico-argilosos de várzea, ricos em matéria orgânica. A vegetação, nos períodos das estiagens, geralmente recobre densamente os diques marginais, barras em pontal e a várzea de inundação. Nas várzeas, a lama decantada é ressecada, quando exposta, originando as gretas de ressecção (FIGURA 7).

Durante as cheias pode, ainda, ocorrer o rompimento dos diques marginais em pontos localizados que não suportaram as novas tensões de fluxo. Uma vez estabelecido o rompimento, o fluxo divergente escava um canal transversal ao dique, carreando a carga em suspensão e, mesmo, de fundo do canal, espalhando-as por sobre a planície de inundação, originando os depósitos de crevasse (*crevasse splay deposits*).

Enquanto, ao longo do canal meandrante, os

processos deposicionais são predominantemente por acreção lateral, na planície de inundação o são por acreção vertical.

Os depósitos que se formam no fundo do canal (depósitos residuais de fundo de canal) são os que apresentam as granulometrias mais grossas de todo o sistema meandrante, constituindo-se de conglomerados, areias grossas até finas e, em geral, clastos lamíticos (intraclastos) erodidos das margens côncavas do próprio canal.

Devido à tendência natural de o curso do canal meandrante se tornar retilíneo, buscando um atalho, em razão do aumento do fluxo durante a cheia, ocorrem os abandonos de meandros, que podem acontecer de maneira gradual ou brusca.

No abandono gradual, o fluxo do talvegue avança sobre as barras em pontal (FIGURAS 7 e 8), e fixa aí seu novo curso, originando o que se denominou de atalho em corredeira (*chute cut-off*). Neste caso, o canal em abandono fica ainda sujeito ao preenchimento por particulados arenosos em suspensão e por carga de fundo, até que o novo curso esteja efetivamente estabelecido, quando, finalmente, é preenchido por particulado fino, silto-argiloso.

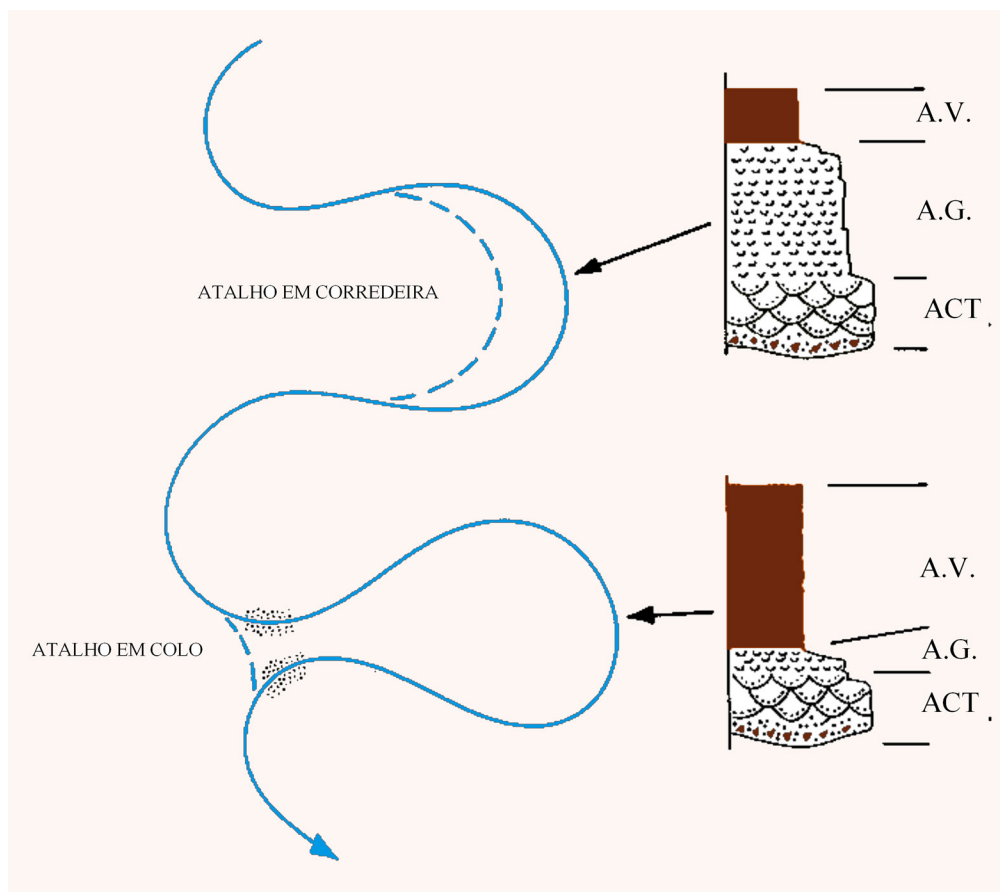


FIGURA 8 - O abandono de um canal meandrante pode ocorrer por força de um atalho do fluxo de talvegue em “corredeira” ou em “colo”. O atalho em “corredeira” envolve a reocupação de antiga depressão das barras em pontal e o abandono gradual do canal principal. A seqüência estratigráfica será constituída de depósitos com estratificação cruzada acanalada na base, associados ao do canal ativo (ACT), superpostos por espessa seqüência de areias finas com laminações cruzadas, representativa do abandono gradual (AG) e, finalmente, quando o atalho se torna efetivo, a seqüência é colmatada por siltes e argilas de transbordamento, associados à acresção vertical. Contrastantemente, no atalho em “colo”, o meandro é rapidamente abandonado e isolado do fluxo por barreiras arenosas. A seqüência intermediária de areias finas é delgada e corresponde ao baixo fluxo durante o abandono, ao passo que os depósitos de acresção vertical (AV) se impõem após o abandono (segundo Walker & Cant 1984).

O atalho é abrupto quando o fluxo do talvegue interliga duas alças bem próximas do rio meandrante (FIGURA 8) e é denominado de atalho em colo (*neck cut-off*). Nesse caso, a contribuição de particulado arenoso e de fundo de canal para o meandro abandonado será interrompida. Este assumirá características e um lago em forma de “U” ou de chifre de boi (*oxbow lake*), situado marginalmente ao canal ativo e sujeito apenas ao preenchimento por decantação silto-argilosa.

A conjugação desses elementos geomórficos (barras em pontal, diques marginais, depósitos de crevasse e meandros abandonados) constitui o cinturão meândrico, alçado em relação à várzea de inundação, dentro do qual o canal descreve seus

caminhos sinuosos. Episodicamente, geralmente devido à instabilidade tectônica, o canal pode abandonar totalmente o seu curso sobre o cinturão meândrico e passar a correr diretamente sobre a várzea de inundação situada em nível inferior, fenômeno denominado de avulsão (FIGURA 9). Estabelecido aí um novo cinturão meândrico, este poderá, com seus processos de acresção lateral e vertical, vir a colmatar toda a várzea de inundação e o cinturão meândrico abandonado e, assim, sucessivamente, esses processos poderão se repetir caso novos eventos de avulsão se repitam. Ao final, a planície aluvial será constituída de vários corpos arenosos (cinturões meândricos) envoltos por siltes e argilas (várzeas de inundação) (FIGURA 9).

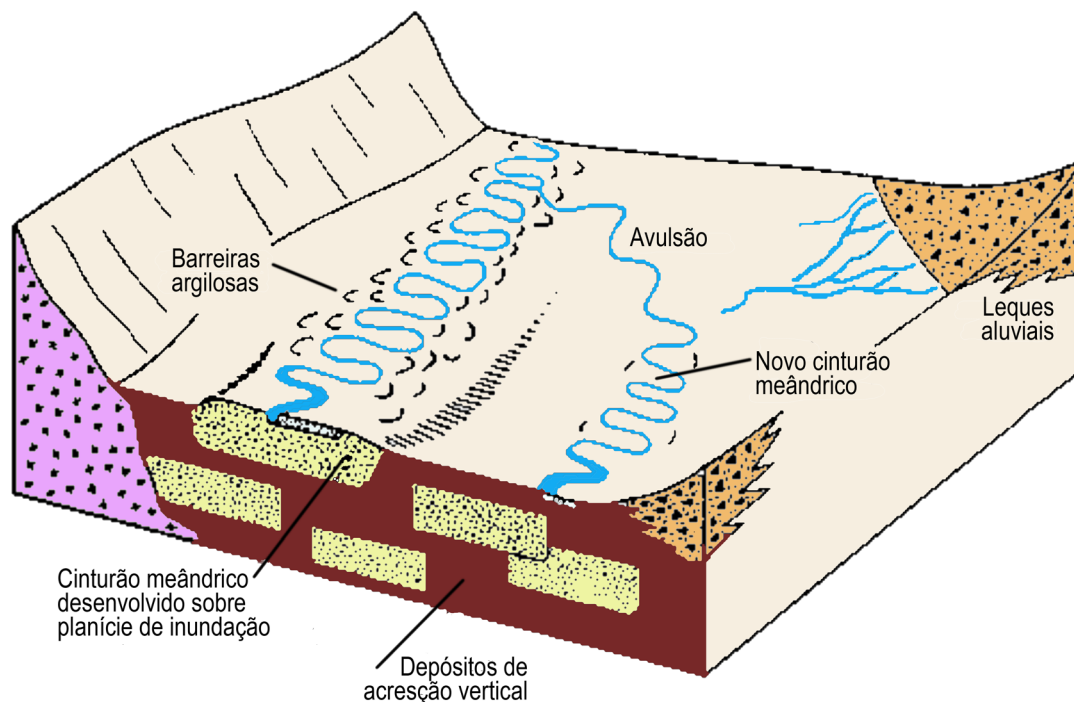


FIGURA 9 - Bloco diagrama que mostra agração em planície de inundação por rios muito sinuosos. O curso meandrante confina-se ao longo do cinturão, graças às barreiras argilosas de meandros abandonados, construindo edifício arenoso alçado sobre a várzea de inundação. Quando o meandramento escapa do cinturão, o rio iniciará a construção de um outro. Ao final, em seção vertical, a planície aluvial será formada de corpos arenosos justapostos por siltes e argilas oriundos da acreção vertical (segundo Walker & Cant 1984).

Miall (1985) identificou doze modelos de sistemas fluviais, três dos quais típicos do sistema meandrante (FIGURA 10). São eles: (a) meandrante de granulometria grossa, (b) meandrante arenoso com carga mista e (c) meandrante de granulometria fina. Do modelo (a) até o modelo (c) há uma tendência de aumento da sinuosidade do canal e das barras em pontal, acompanhado pelo decréscimo não só da complexidade das formas do leito e das barras em pontal, como também da razão carga de fundo/carga em suspensão. É de se esperar, para rios meandantes de trajetória relativamente longa, como é o caso do Paraíba do Sul, que os três tipos de modelos se desenvolvam sequencialmente e de modo transicional (a → b → c), das regiões proximais às mais distais do sistema.

Quando a planície aluvial se desenvolve em um vale de afundamento tectônico, ladeado por áreas-fonte escarpadas, os processos de acreção vertical da várzea de inundação e mesmo

os processos de acreção lateral, associados ao canal meandrante, sofrerão influência dos fluxos de rios tributários e de fluxos gravitacionais. Os rios tributários incrementam consideravelmente a vazão e o aporte de detritos do sistema meandrante; escavam a várzea de inundação até atingir o curso principal, deixando sobre ela depósitos residuais de canais e, às vezes, desenvolvem subsistemas meandantes frequentemente soterrados nos períodos de grandes cheias. Nesses períodos, em que os canais se afogam, atuam como leques marginais que progridem sobre a planície aluvial mais distante do cinturão meândrico, depositando nela os particulados grossos (conglomerados e areias) e, na várzea, o particulado fino, complementar àquele oriundo do transbordamento do cinturão.

Nas áreas-fonte escarpadas, onde a desagregação mecânica e química das rochas é atuante, estarão disponíveis materiais inconsolidados que se deslocarão principalmente sob a influência

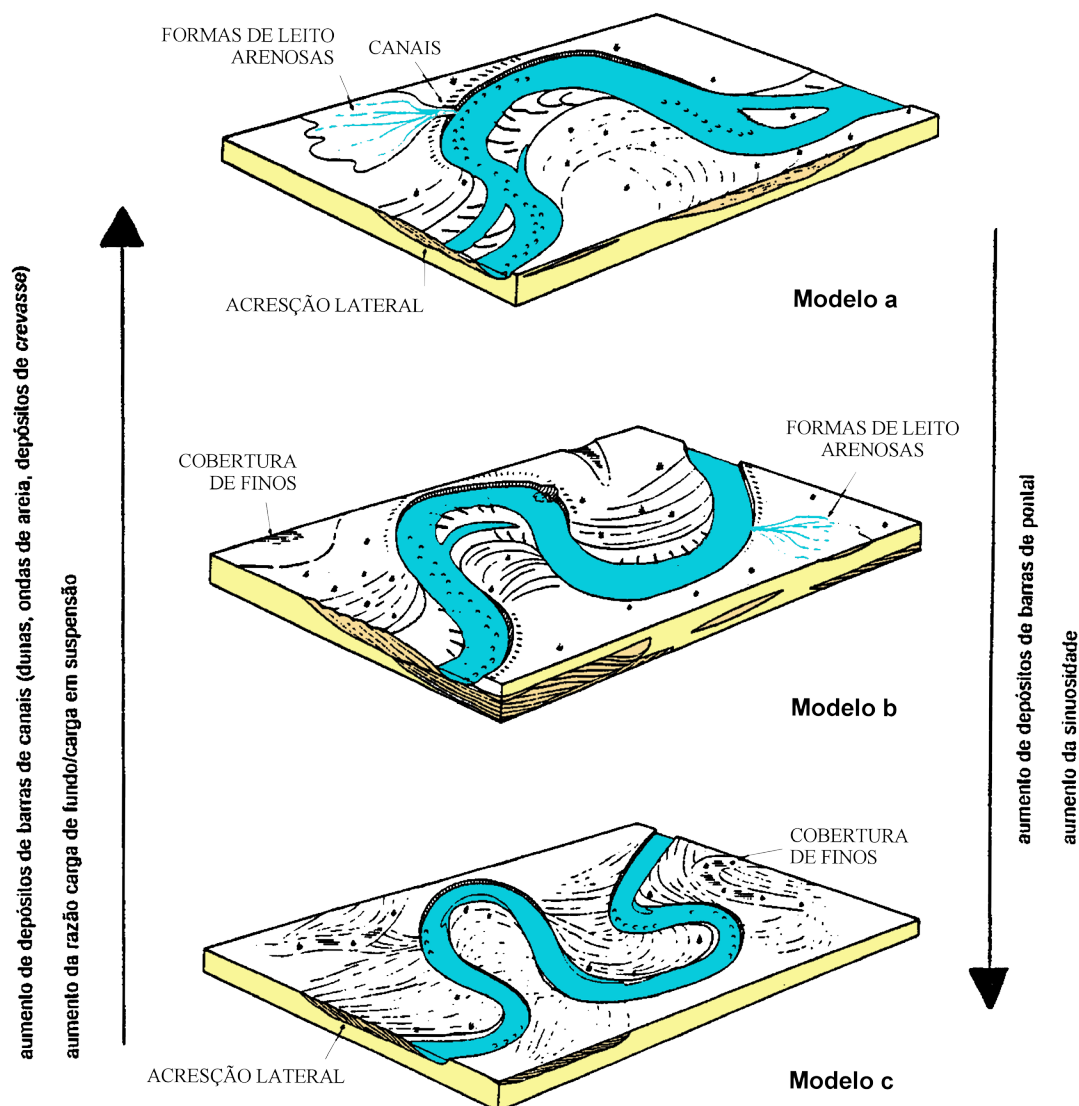


FIGURA 10 - Modelos de rios meandrantess de acordo com Miall (1985): modelo (a) - de granulometria grossa; modelo (b) - arenoso de carga mista; e modelo (c) - de granulometria fina (Modificado de Mancini 1995).

da gravidade e, subsidiariamente, da água (e lama). Na época das grandes precipitações pluviométricas, esses materiais podem ser constantemente incorporados aos cursos tributários perenes ou se movimentar para além das gargantas íngremes das escarpas. Aí, espreadam-se sob a forma de leques, perdem energia e se depositam, seletivamente do mais grosso ao mais fino, desde a região de piemonte, até as regiões de planície aluvial. Quando o canal meandrante se encontra instalado às bordas da planície, as progradações dos leques poderão se dar diretamente sobre o cinturão.

Desse modo, os processos atuantes em uma planície aluvial podem oferecer uma trama complexa

de feições e de depósitos sedimentares.

## 9. MATERIAIS, CRITÉRIOS E TÉCNICAS PARA A CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS CANAIS ABANDONADOS EM SUPERFÍCIE

Como visto anteriormente, o canal fluvial meandrante descreve vários caminhos ao longo do cinturão meândrico e, às vezes, até o abandona, por avulsão, e escapa pela várzea de inundação onde irá construir outro cinturão.

As construções arenosas do sistema meandrante são mais portentosas nas margens



internas ou convexas, onde se desenvolvem as barras em pontal. Secundariamente, seguem-se os depósitos residuais de canais e de diques marginais associados com as margens côncavas. Em geral, as barras em pontal podem ser facilmente discriminadas no terreno, por apresentarem um padrão de cordões arenosos (cristas e sulcos) arqueados subconcordantemente com a margem interna. Os diques marginais quase sempre se destacam nas margens côncavas como uma estrutura alongada com seção aproximadamente triangular. Os canais abandonados, quando já preenchidos por particulados finos, destacam-se pela apresentação de rasgos em forma de “U” ou ferradura, um pouco subsidentes e de fundo plano e pouco rebaixado, encharcados e recobertos por vegetação “pantanososa” densa; quando ainda não totalmente preenchidos, permanecem como lagoas em forma de “U” (*oxbow lakes*), denotando processos de abandono mais recentes.

Esses três elementos geomórficos do sistema meandrante constituíram-se em referências básicas, ou guias, para se proceder à reconstituição dos vários caminhos do canal fluvial do Rio Paraíba do Sul em tempos pré-atuais. Ressalta-se que os caminhos atuais nem sempre são os naturais, considerando-se que, em vários trechos, o canal sofreu retificações antrópicas. Desta feita, os últimos cursos naturais ou não, retificados nesses trechos, foram resgatados a partir da consulta e compilação cartográfica disponível, destacando-se as cartas confeccionadas pelo DAEE, em 1977, que tiveram por objetivo subsidiar as retificações.

Para a análise e recuperação dos cinturões meândricos, foram utilizados os seguintes materiais:

- Fotografias aéreas na escala 1:25.000, obtidas em 1973 pela Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, abrangendo um total de 930 fotografias, distribuídas por 52 faixas de sobrevoos, orientados segundo E-W;
- Cartas topográficas municipais, na escala 1:100.000, organizadas pelo IGG – Instituto

Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo, em observância ao Decreto-Lei Nacional N.º 311 de 2 de março de 1938, relativas aos municípios de Aparecida, Cruzeiro, Guaratinguetá, Lavrinhas, Lorena, Pindamonhangaba, Queluz e Valparaíba (atual Cachoeira Paulista).

- Cartas topográficas na escala 1:10.000, confeccionadas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), em 1978, e reambuladas a partir de levantamento aerofotogramétrico executado pela TERRAFOTO S.A., em 1977;
- Base Planialtimétrica compilada do IBGE: folhas Agulhas Negras (SF-23-Z-A-I-4), Cruzeiro (SF-23-Z-A-IV-1), Delfim Moreira (SF-23-Y-B-VI-1), Guaratinguetá (SF-23-Y-B-VI-4), Lorena (SF-23-Y-B-VI-2), Passa Quatro (SF-23-Z-A-I-3), Pindamonhangaba (SF-23-Y-B-VI-3) e São José do Barreiro (SF-23-Z-A-IV-2), na escala 1:50.000, elaboradas e disponibilizadas em meio digital pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE 2006).
- Estereoscópios de espelho marca WILD, modelo ST4, e marca CARL ZEISS/JENA;
- Estereoscópio de espelho para dupla de observadores da marca CARL ZEISS/JENA, modelo INTERPRETOSKOP C; e
- *Overlays* de poliéster *ultraphan* com espessura de 0,1 mm, para o recobrimento de fotografias aéreas.

A análise dos cinturões meândricos guiou-se segundo os seguintes métodos:

- Delimitação da área útil a ser analisada na base planialtimétrica e nas fotografias aéreas, em escala de 1:25.000;
- Recobrimento das fotografias aéreas comuns de dois pares, sequenciadas segundo o sobrevoos, com *overlays*;
- Uniformização de critérios de

fotointerpretação geológica com toda a equipe, com base na análise estereoscópica de fotografias aéreas com o aparelho INTERPRETOSKOP C, o qual permite que a mesma imagem seja analisada simultaneamente por dois observadores;

- Análise sistemática das fotografias aéreas, feita individualmente pelos membros da equipe com estereoscópios de espelho (tipo WILD), cobrindo toda a área de estudos;
- Nos *overlays*, foram extraídos das fotografias aéreas, e com o apoio em imagens SPOT e Rapideye mais recentes, o curso atual do Rio Paraíba do Sul e os meandros abandonados, independentemente se estes foram originados de processos naturais ou de retificações antrópicas. Os elementos, tais como barras em pontal e diques marginais, identificados onde não se dispunha mais do trajeto do canal fluvial, foram contornados como limites do cinturão meândrico. Localmente, onde os elementos geomórficos do sistema meandrante não eram mais visíveis, esses limites foram referenciados no padrão textural mais “áspero” e esbranquiçado, que denota o predomínio de terreno arenoso;
- Procedeu-se, também, com base nas fotografias aéreas, à separação da planície aluvial dos terrenos do embasamento (sedimentos terciários da Bacia de Taubaté e rochas granito-gnáissicas). Utilizou-se como referência para tal separação, além dos dados da compilação bibliográfica e cartográfica, a ruptura de declive entre a planície e o embasamento, e o padrão textural: mais áspero e alçado, quando terciário, e com padrão de drenagem retangular ou em treliça, quando sobre rochas granito-gnáissicas;
- Os setores de várzea de inundação apresentam-se, quase sempre, com texturas

aparentemente lisas de tonalidades escuras e com frequentes áreas de alagadiços. As passagens desta textura para outra áspera e esbranquiçada (quase sempre de modo transicional), marcaram os limites entre o cinturão meândrico e a várzea de inundação;

- Os dados obtidos com a fotointerpretação geológica e contidos nos *overlays*, assim como a fotografia aérea correspondente aos mesmos, foram individualmente convertidos em rasters (escanerizados) e georrefenciados na plataforma ArcGis 10.0, de acordo o Sistema UTM SIRGAS 2000, Zona 23 Sul. Inicialmente, em cada par (fotografia/*overlay*) foram assinalados 9 pontos de controle, distribuídos o mais regularmente possível, e que foram identificados tanto nas fotografias aéreas quanto nas imagens de satélite previamente ortoretificadas (SPOT e Rapideye). Após isso, as feições fotointerpretadas (incluindo traços de drenagens, estradas e etc.) contidas nos *overlays* foram vetorizadas como pontos, linhas ou polígonos. Estes, ao final, como vetores, passaram por novo ajuste espacial (extensão *Spatial Adjustment* do ArcGis), tendo como referência de fundo as imagens de satélite ortoretificadas.
- Durante os levantamentos de campo, executados com auxílio de GPS e do coletor de dados (Mio P550) provido do aplicativo ArcPad 7.1.12, as observações de campo e os dados obtidos através da fotointerpretação foram sistematicamente confrontados, resultando, ao final, no Mapa Geológico e dos Limites da Zona de Potencial de Areia.

## 10- EMPREENDIMENTOS MINERÁRIOS

A partir dos levantamentos de campo realizados no final de 2011 e no decorrer do segundo semestre de 2012, com o apoio de imagens SPOT



(obtidas em 2009, com resolução de 2,5 m) e de imagens RapidEye (obtidas em 2011, com resolução de 5 m) e consulta posterior, via internet, às imagens Google Earth de maio de 2013, foi possível circunscrever as áreas de lavra/cavas de mineração existentes na área do projeto, cuja representação cartográfica encontra-se no DESENHO 1 (Mapa Geológico e dos Limites da Zona de Potencial de Areia).

À época dos levantamentos foram visitadas e identificadas 15 empresas responsáveis pelas áreas de extração de areia, distribuídas ao longo do trecho Roseira – Cachoeira Paulista, e relacionadas no Mapa Geológico e dos Limites da Zona de Potencial de Areia. A atividade mostrou-se com maior concentração, notadamente, entre os municípios de Roseira e Aparecida, com tendência de crescimento entre Lorena e Cachoeira Paulista. A quase totalidade dos empreendimentos visitados encontrava-se em

registro de apenas um empreendimento, situado em Roseira, cuja operação se faz com a extração em cava seca. Apenas dois empreendimentos, situados nos municípios de Cachoeira Paulista e Cruzeiro (DESENHO 1) executavam, à época, dragagem no leito ativo do Rio Paraíba.

A lavra em cava submersa é caracterizada pelo funcionamento de uma draga de sucção, responsável pelo desmonte e bombeamento dos sedimentos para uma estrutura fixa de classificação, FOTOGRAFIA 1. No Vale do Paraíba, em virtude do tamanho das cavas, a lavra quase sempre é realizada por duas dragas de sucção. A primeira tem a função de executar o desmonte, sucção e bombeamento dos sedimentos para outro ponto dentro da cava, conhecido com “praia”. A segunda draga retoma os sedimentos de “praia” e os bombeia para uma estação fixa de classificação, FOTOGRAFIAS 2a e 2b.

*FOTOGRAFIA 1 - Método de lavra por dragagem em cava submersa, na planície de inundação do Rio Paraíba. A lança da draga (parte frontal da draga) tem acoplado o jato d'água para desmonte submerso e mangotes de sucção da polpa (material desmontado + água), que é conduzida diretamente para o classificador (canto esquerdo, ao fundo). Porto Agimix, Lorena (Fotografia: nov/2011).*



operação de lavra (atividade) e, em sua maioria, registrou-se futuras áreas de extração aguardando a finalização do licenciamento ambiental/mineral, conforme indicado no mapa acima referido.

O tipo de lavra predominante encontrado foi o da dragagem em cava submersa, com o

O método de lavra de areia em cava seca é realizado mediante extração mecânica com escavadeira e carregamento em caminhões. Após promover o decapeamento, a escavadeira inicia a extração da areia num módulo seco. Ao se atingir o nível do lençol freático, a água é drenada





FOTOGRAFIA 2a (superior) - Vista geral de extração em cava submersa, com a formação de “praia” por sedimentos bombeados da draga de desmonte (ao fundo) e, retomada deste material por outra draga (à frente), através de sucção e bombeamento para uma estação fixa de classificação (canto direito). FOTOGRAFIA 2b (inferior) - Detalhe da dragagem com formação de “praia”. Porto CAJ, Cachoeira Paulista. (Fotografia: out/2012).

FOTOGRAFIA 3 - Método de lavra em cava seca, onde a extração é realizada com o uso de escavadeira e caminhões. O esgotamento da água é uma operação contínua, realizada por draga que efetua o seu bombeamento para uma cava vizinha, já exaurida. A draga flutua em lago artificial escavado sobre sedimentos paleogênicos da Fm. Tremembé, situados na base do canal fluvial holocênico. O material escuro à direita do lago é parte do material escarificado dos sedimentos. Porto ABareia, Roseira (Fotografia: nov/2011).



para um ponto mais baixo da cava, de onde sofre bombeamento contínuo (por uma draga de sucção) para uma cava vizinha, já exaurida, FOTOGRAFIA 03.

A dragagem em leito ativo caracteriza-se pela lavra executada por meio de dragas em trechos do rio. Consiste na sucção da areia depositada no





FOTOGRAFIA 4 - Dragagem no leito ativo do Rio Paraíba, com sistema de bombeamento sobre barcaça móvel, que transporta o minério até a margem, onde se localiza o pátio com as estruturas de classificação e estocagem. O descarregamento é efetuado, também, por bombeamento. Porto Irmãos Cardoso, Cruzeiro (Fotografia: nov/2011).

fundo do rio, que pode ser recolhida para o interior de uma barcaça, ou enviada por tubulações para classificação em um pátio de estocagem, na margem do rio, FOTOGRAFIA 4.

No Mapa Geológico e dos Limites da Zona de Potencial de Areia (DESENHO 1) encontram-se cartografados, conforme acima citado, todos os empreendimentos minerários do trecho Roseira - Cachoeira Paulista, representados principalmente por extração de areia em cavas na planície do Rio Paraíba do Sul. Na caracterização da Geologia Local do trecho estudado, que se seguirá, os aspectos sobre os depósitos arenosos são abordados com maiores detalhes. Ressalta-se que, a exemplo do trecho Jacareí - Pindamonhangaba, do Projeto Paraíba - Fase I, toda a atividade de extração de areia acha-se confinada dentro do cinturão meândrico.

## 11. GEOLOGIA LOCAL

### 11.1 Síntese dos Estudos Geológicos realizados no Trecho Jacareí-Pindamonhangaba - Fase I

Ao analisarem a potencialidade de areia ao longo do Rio Paraíba do Sul no trecho Jacareí-Pindamonhangaba, Montanheiro *et al.* (1997, 2009) concluíram que os depósitos aluvionares apresentam de montante à jusante (desde Jacareí até leste

de Pindamonhangaba) características distintivas básicas que se referem: 1) à diminuição geral da granulometria dos corpos arenosos; 2) à diminuição da espessura desses pacotes; 3) às variações da relação largura da planície de inundação *versus* largura do cinturão meândrico; e, 4) às variações na arquitetura das construções arenosas do cinturão meândrico. Baseado nestas características, os autores discriminaram quatro compartimentos deposicionais, separados entre si por soleiras ou altos do embasamento, que denominaram de Jacareí, Eugênio de Melo, Quiririm e Roseira, grosso modo, coincidentes com as sub-bacias propostas por Hasui *et al.* (1978) e Marques (1990) para a Bacia terciária de Taubaté.

#### 11.1.1 Compartimento Jacareí

O compartimento Jacareí tem início a oeste da cidade de mesmo nome, logo após o Rio Paraíba do Sul abandonar terrenos cristalinos pré-cambrianos e passar a correr sobre ampla planície aluvial, sustentada principalmente por sedimentos terciários. O seu final ocorre com o brusco estrangulamento da planície aluvial na soleira de São José dos Campos, onde se configura o Alto do Rio Putins (Hasui *et al.* 1978).

### 11.1.2 Compartimento Eugênio de Melo

O compartimento Eugênio de Melo inicia-se após o Rio Paraíba transpor os cerca de 2 km da Soleira de São José dos Campos, desnivelando-se aí de 4,5 m. O seu final, a nordeste, ocorre quando atinge a Soleira de Caçapava, que configura alto estrutural de mesmo nome.

### 11.1.3 Compartimento Quiririm

O Compartimento Quiririm tem início após a travessia do Paraíba por sobre a Soleira de Caçapava, quando este rio recebe, pela sua margem direita, as águas do Ribeirão dos Mudos. Na região da soleira, a planície aluvial estreita-se até 1 km de largura por extensão aproximada de 1 km, o que permitiu ainda o desenvolvimento de estreito cinturão meândrico, desnivelando-se o canal fluvial, neste trajeto, em cerca de 3 metros. A planície aluvial deste compartimento estende-se até a tênue soleira que configura o Alto Capela N. S. do Socorro (Marques 1990), que limita o compartimento em questão com o Compartimento Roseira, a nordeste.

### 11.1.4 Compartimento Roseira

As características de parte do Compartimento Roseira descritas no Projeto Paraíba do Sul: Potencialidade de Areia (Fase I ou trecho Jacareí – Pindamonhangaba) serão aqui resgatadas com maior ênfase, já que neste compartimento tiveram continuidade os estudos sobre a potencialidade de areia do Paraíba do Sul (no denominado trecho Roseira-Queluz ou Fase II) que abrangeram a área restante do mesmo e se estenderam mais ainda para nordeste até os limites do Estado.

De acordo com Montanheiro *et al.* (1997, 2009) o Compartimento Roseira tem início na altura da ponte da rodovia SP-132 sobre o Rio Paraíba do Sul, que liga Pindamonhangaba a Campos do Jordão, região do Alto Capela N. S. do Socorro (Marques 1990), e seu final ocorreria na região do Alto Aparecida (Hasui *et al.* 1978). Os referidos

autores analisaram a planície aluvial até a altura do Polder Roseira 1, nos limites entre os municípios de Pindamonhangaba e Roseira. Neste trecho analisado o compartimento tem planície aluvial com 17,8 km de extensão e larguras que superam os 6 km, a norte de Pindamonhangaba, e os 4 km, próximo do Município de Roseira. O cinturão meândrico, por sua vez, tem largura média ao redor de 2,5 km.

Para o curso atual do Rio, que contempla as retificações antrópicas, os autores apontaram um padrão retilíneo a sub-retilíneo com sinuosidade baixa ( $S \approx 1,17$ ). O canal percorre, em trecho de planície com 17,8 km de extensão, apenas 20,9 km. Originalmente, ou anterior às retificações de seu curso iniciadas na década de 1950 (DAEE-CTH 1983), o seu percurso neste trecho era de 30,4 km (conforme mapa da CGG 1919), o que lhe conferia sinuosidade alta ( $S \approx 1,71$ ), caracterizando-o como tipicamente meandrante. A declividade atual do canal fluvial ficou ao redor de 0,25 m/km (cota 523,2 m na Ponte de Pindamonhangaba e 518 m no final do trecho; cf. DAEE-CTH 1983), desnivelando-se 5,2 m. Se correlacionado tal desnível ao percurso original de 30,4 km, a declividade baixaria para 0,17 m/km.

Quanto aos padrões do meandramento atual a subatual do Rio Paraíba do Sul, Montanheiro *et al.* (1997, 2009) verificaram que eles se mostram bastante semelhantes entre si, configurando o espraçamento, dentro do cinturão, de amplas alças com raios de curvatura relativamente grandes, denotando que as migrações do canal fluvial foram pouco susceptíveis a atalhos em colo, mas, preferencialmente, a atalhos em corredeira. Desde a porção central da área até o seu final, no extremo leste, os autores verificaram a ocorrência de um padrão diferente de meandramento, que supuseram mais antigo, caracterizado por alças com pequenos raios de curvatura. À vista disso, concluíram pela existência de pelo menos três percursos meandramentos sucessivos: um mais antigo, outro subatual, e o original (atual retificado). Os processos de avulsão, segundo os autores, não ficaram evidentes, uma vez que os três percursos aparentemente encontram-se



superpostos.

Quanto às características dos depósitos arenosos, contidos no cinturão meândrico, os autores apontaram que estes têm espessuras médias de apenas 4 a 6 metros, predominando, em geral, areias médias a finas. Ainda segundo os autores, uma sequência granodecrescente típica para os depósitos arenosos deste compartimento pode ser caracterizada. Ela se inicia com delgado nível conglomerático na base, constituído por cascalhos, areias e fragmentos orgânicos incarbonizados que, em geral, ocorre assentado sobre rochas da Formação

também ser muito comum no cinturão meândrico a presença de canais abandonados de modo gradual (atalho em corredeira), que foram preenchidos por sucessivos fluxos de areias muito finas, com estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte e laminações cruzadas (FOTOGRAFIA 6). Em geral, esses fluxos sucessivos são intercalados por delgado nível argilo-orgânico. Como mostrado na FOTOGRAFIA 7, areias muito finas, com predomínio de laminações cruzadas, e areias muito finas, com estratificações acanaladas de pequeno porte, situam-se, respectivamente, abaixo e acima de um desses níveis argilosos. A recorrência dos atalhos

FOTOGRAFIA 5 - Areias grossas a médias, com grânulos e seixos, feldspáticas, com estratificações cruzadas planares e, localmente, acanaladas que, para o topo, gradam para areias médias a finas, com estratificações cruzadas sigmoidais, recobertas por areias finas, com laminações plano-paralelas e cruzadas (Porto Luciana, Pindamonhangaba; Fotografia out/1996).



Tremembé. De modo rápido, mas gradativo e em direção ao topo, os cascalhos dão lugar a areias grossas a médias, com grânulos e seixos, que exibem estratificações cruzadas acanaladas de pequeno a médio porte (FOTOGRAFIA 5). Para o topo, estas areias gradam para outras médias a finas, com estratificações cruzadas planares, acanaladas e sigmoidais de médio porte. Mais para o topo ainda, estas últimas transicionam até areias finas, com laminações plano-paralelas e cruzadas, que são recobertas por níveis centimétricos de materiais argilosos a areno-argilosos com matéria orgânica.

Montanheiro *et al.* (1997, 2009) verificaram

pode acontecer e provocar novas estruturas de corte e preenchimento sobre aquelas preexistentes. E, quando, neste caso, o abandono é menos gradual, a contribuição de material orgânico é mais efetiva (FOTOGRAFIA 8).

Já as estratificações cruzadas *epsilon*, associadas às barras em pontal, prosseguem os autores, têm localmente mergulhos (em direção ao eixo do canal) de cerca de 15° (FOTOGRAFIA 9) e apresentam o topo recoberto por material argilo-orgânico. Na mesma fotografia, pode-se notar que, do lado oposto do canal, o dique marginal está





*FOTOGRAFIA 6 - Areias muito finas com laminações cruzadas, associadas com preenchimento de canal gradualmente abandonado (atalho em corredeira), superpostas por areias argilo-orgânicas, com estratificações plano-paralelas que, por sua vez, são recobertas por aterro (Porto Águas Claras, Pindamonhangaba; Fotografia out/1996).*



*FOTOGRAFIA 7 - Areias muito finas, com laminações cruzadas, separadas no topo através de delgado nível argilo-orgânico, de areias muito finas, com estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte. Representam sucessivos fluxos arenosos que preencheram o canal abandonado gradualmente (atalho em corredeira), sujeitos apenas a pequenas variações de energia (Porto Águas Claras, Pindamonhangaba; Fotografia out/1996).*



**FOTOGRAFIA 8** - Estrutura de corte e preenchimento sobre areias finas, com laminações cruzadas, constituída por areias finas argilo-orgânicas, representativas de retomada de canal com posterior abandono mais abrupto (Porto Águas Claras, Pindamonhangaba; Fotografia out/1996).



**FOTOGRAFIA 9** - Vista da margem esquerda do Rio Paraíba do Sul, na altura do Porto Pedrasil, Pindamonhangaba. Ao centro, canal abandonado preenchido por argilas orgânicas. À esquerda, barras em pontal com superfícies erosivas que mergulham cerca de 15° em direção ao canal, recobertas por solos orgânicos. À direita, dique marginal assentado sobre corpos arenosos da margem côncava (Fotografia: out/1996).

assentado sobre corpos essencialmente arenosos da margem côncava.

Seguindo classificação proposta por Miall (1985), Montanheiro *et al.* (1997, 2009) situaram o sistema fluvial meandrante do Compartimento Roseira entre os modelos **b** e **c**, respectivamente, fluvial meandrante arenoso de carga mista e fluvial meandrante de granulometria fina.

## 11.2 Geologia do Trecho Roseira-Queluz – Fase II

### 11.2.1 Aspectos Gerais

Os depósitos associados à planície aluvial holocênica do Rio Paraíba do Sul, desde Roseira até a altura de Cachoeira Paulista, assentam-se predominantemente sobre depósitos de leques aluviais distais (Erd, DESENHO 1) da Formação Resende. Localmente, como na região limítrofe



entre Pindamonhangaba e Roseira, extremidade sudoeste do trecho, e a nordeste de Guaratinguetá, eles estão assentados sobre depósitos lacustres da Formação Tremembé (Et), que ocorrem intercalados aos depósitos de leques. Na região de Roseira verificou-se que o substrato de cava de extração de areia (Porto ABareia) é constituído de argilitos cinza esverdeados da Fm. Tremembé. E também, a nordeste de Guaratinguetá, nos fundos da Escola Municipal de Ensino Fundamental Infantil (EMEFI) Dr. Guilherme Eugênio Filipo Fernandes, ocorrem exposições desses sedimentos lacustres, cuja disposição dos estratos parece flanquear o Alto Capela de Santa Luzia (Marques 1990) pelo seu lado sudeste, até incidirem sob os depósitos aluviais da planície holocênica.

Ainda na região limítrofe entre Pindamonhangaba e Roseira, o canal fluvial escavou, pela margem direita, depósitos fluviais meandantes neogênicos pertencentes à Formação Pindamonhangaba (Membro Rio Pararangaba - Npp), que se sobrepõem aos depósitos das formações Resende e Tremembé. Entre Roseira e Guaratinguetá o canal fluvial escava rochas graníticas do Granito Aparecida (NPey2ap) e rochas paragnáissicas pertencentes ao Complexo Embu (NPepg). Após o estrangulamento da planície aluvial em Guaratinguetá o canal serpenteia absolutamente sobre sedimentos da Fm. Resende (Erd), até novo estrangulamento em Cachoeira Paulista. Este estrangulamento ocorre na porção norte-nordeste dessa cidade, na altura da ponte da rodovia SP-058. Deste ponto, na direção NE, o canal prossegue atravessando ainda os depósitos da Fm. Resende por trecho encachoeirado que passa pela ponte da linha férrea, até chegar em pequeno ilhamento quando, a partir deste, incide diretamente sobre rochas paragnáissicas do Complexo Embu (NPepg). Tal situação perdura por cerca de 5 km, até a altura da confluência do Ribeirão Passa-Vinte pela margem esquerda do Rio Paraíba. Daí em diante, a sudoeste da cidade de Cruzeiro, o canal, com forte inflexão para NE, retoma trajetória sobre depósitos da Fm.

Resende. Estes depósitos ocorrem aprisionados em estruturação do tipo *graben*, controlada por falhamentos com direção ENE-WSW e NNW-SSE, e supostamente sob a influência da Soleira (Alto) de Queluz a NE. A sudoeste de Lavrinhas o canal, pobre em depósitos aluviais associados, incide sobre rochas paragnáissicas e migmatíticas do Complexo Varginha-Guaxupé (NPvm) por curto trajeto até infletir para SE e passar a correr sobre paragnáissicas do Complexo Embu (NPepg). Novamente, com outra inflexão para NE (a SE de Lavrinhas), o canal prossegue sobre rochas do embasamento, com baixíssima sinuosidade e declividade relativamente mais alta, até se afogar nas águas do Reservatório do Funil, nos limites dos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro. Neste trajeto, apenas a nordeste de Lavrinhas pequenos restos de depósitos paleogênicos aparecem sobre o embasamento.

Segundo Teixeira *et al.* (2013) no trecho Roseira-Queluz, até a altura de Cachoeira Paulista, a planície aluvial é relativamente mais estreita se comparada com o trecho Jacareí-Pindamonhangaba, na qual a largura da planície supera os 6 km (Montanheiro *et al.* 1997, 2009). No trecho Roseira-Queluz a planície varia lateralmente entre estrangulamentos totais em setores retilíneos a sinuosos, como na região da cidade de Guaratinguetá, até a faixa de 4,6 km de largura em setores francamente meandantes, como na região de Roseira e Canas. De acordo com critérios da fotointerpretação geológica (padrões texturais e existência de remanescentes de canais fluviais na superfície do terreno) o cinturão meândrico (que corresponde à zona de potencialidade de areia) pode ocupar localmente toda a extensão da planície, como na região de Canas, ou pode ser reduzido a pouco menos de dois terços desta, como ocorre em regiões de Roseira e de Guaratinguetá-Lorena. Para além de Cachoeira Paulista, tanto a planície aluvial quanto o cinturão meândrico são muito diminutos, atingindo a planície cerca de 1,8 km de largura máxima na região de Cruzeiro, enquanto que o cinturão correspondente à mesma atinge cerca dos 0,45 km apenas. Para além

da cidade de Cruzeiro até os limites de estados SP-RJ a planície aluvial é praticamente inexistente e, assim, a potencialidade de areia torna-se insignificante do ponto de vista econômico.

O início do trecho Roseira-Queluz está inserido no denominado Compartimento Roseira (Montanheiro *et al.* 1997, 2009), compartimento deposicional informal caracterizado pela ocorrência de cinturões meândricos constituídos predominantemente por areias finas a médias, com baixa complexidade das formas de leito e das barras em pontal e com decréscimo da razão carga de fundo/carga em suspensão, compatível com os modelos *b* e *c* de Miall (1985) para a classificação de sistemas fluviais meandranes. O Compartimento Roseira estende-se até a altura da soleira de Guaratinguetá, na altura das confluências dos ribeirões Guaratinguetá e São Gonçalo, respectivamente pela margem esquerda e direita do Rio Paraíba, em região urbana desta cidade onde ocorre um total estrangulamento da planície aluvial do rio. A localização deste estrangulamento coincide, grosso modo, com a região do Alto de Aparecida (Hasui *et al.* 1978) ou com a do Alto Capela de Santa Luzia (Marques 1990). Segundo os autores, este tipo de feição estrutural do embasamento teve papel preponderante na compartimentação da Bacia de Taubaté e em seus depocentros. Como sugerido por Montanheiro *et al.* (1997, 2009) a compartimentação dos depósitos aluviais holocênicos está intimamente controlada por aqueles altos estruturais do embasamento, responsáveis pela compartimentação da Bacia de Taubaté. Desse modo, em que pese a falta de evidências flagrantes nos depósitos (como falhas e juntas), a sedimentação holocênica parece ter ocorrido enquanto os antigos altos estruturais do embasamento estavam, em algum momento, ativos ou reativados.

Após o estrangulamento (soleira ou alto esturutural) de Guaratinguetá, tem início um novo compartimento deposicional, onde os depósitos aluviais têm características muito similares às do compartimento anterior. Este novo compartimento

estende-se até a região urbana de Cachoeira Paulista, quando o Paraíba recebe em sua margem direita as águas do Rio da Bocaina e, imediatamente, abandona os terrenos paleogênicos da Fm. Resende (Erd) e incide sobre as rochas cristalinas, constituídas por paragneisses (NPepg) do Complexo Embu (ver DESENHO 1). Este compartimento é aqui denominado de Lorena, utilizando-se a mesma denominação de Marques (1990) para depocentro paleogênico sotoposto e geograficamente coincidente, caracterizado pelo autor através da gravimetria.

A NE, para além de Cachoeira Paulista, o Rio Paraíba do Sul, após atravessar rochas gnáissicas e em seguida retomar a SW de Cruzeiro até W de Lavrinhas pequena e estreita faixa sustentada por depósitos da Fm. Resende, desenvolveu planície aluvial com depósitos associados pouco expressivos e a atividade de extração de areia em cavas neste trecho ainda não se tornou economicamente viável, restringindo-se a extração apenas ao leito do Rio, como na região urbana de Cruzeiro (Porto Irmãos Cardoso). Desse modo, não foi possível caracterizar um novo compartimento deposicional holocênico para a região de Cruzeiro.

A FIGURA 11 ilustra os aspectos da sinuosidade e declividade do Rio Paraíba do Sul na área, considerando os trechos Pindamonhangaba-Guaratinguetá (Compartimento Depositional Roseira), Guaratinguetá-Cachoeira Paulista (Compartimento Depositional Lorena) e Cachoeira Paulista-Queluz. Para tanto fez-se necessário resgatar a trajetória antiga do rio, anterior às retificações antrópicas; o que foi feito utilizando-se das cartas municipais, na escala 1:100.000, confeccionadas entre 1938 a 1945 pelo Instituto Geográfico e Geológico (IGG) sob demanda do Decreto-Lei Nacional de Nº 31 de 1938. Na figura esta trajetória é representada pela cor vermelha e a trajetória atual, pela cor azul.

No primeiro trecho, entre Pindamonhangaba-Guaratinguetá, situados esses dois pontos a uma

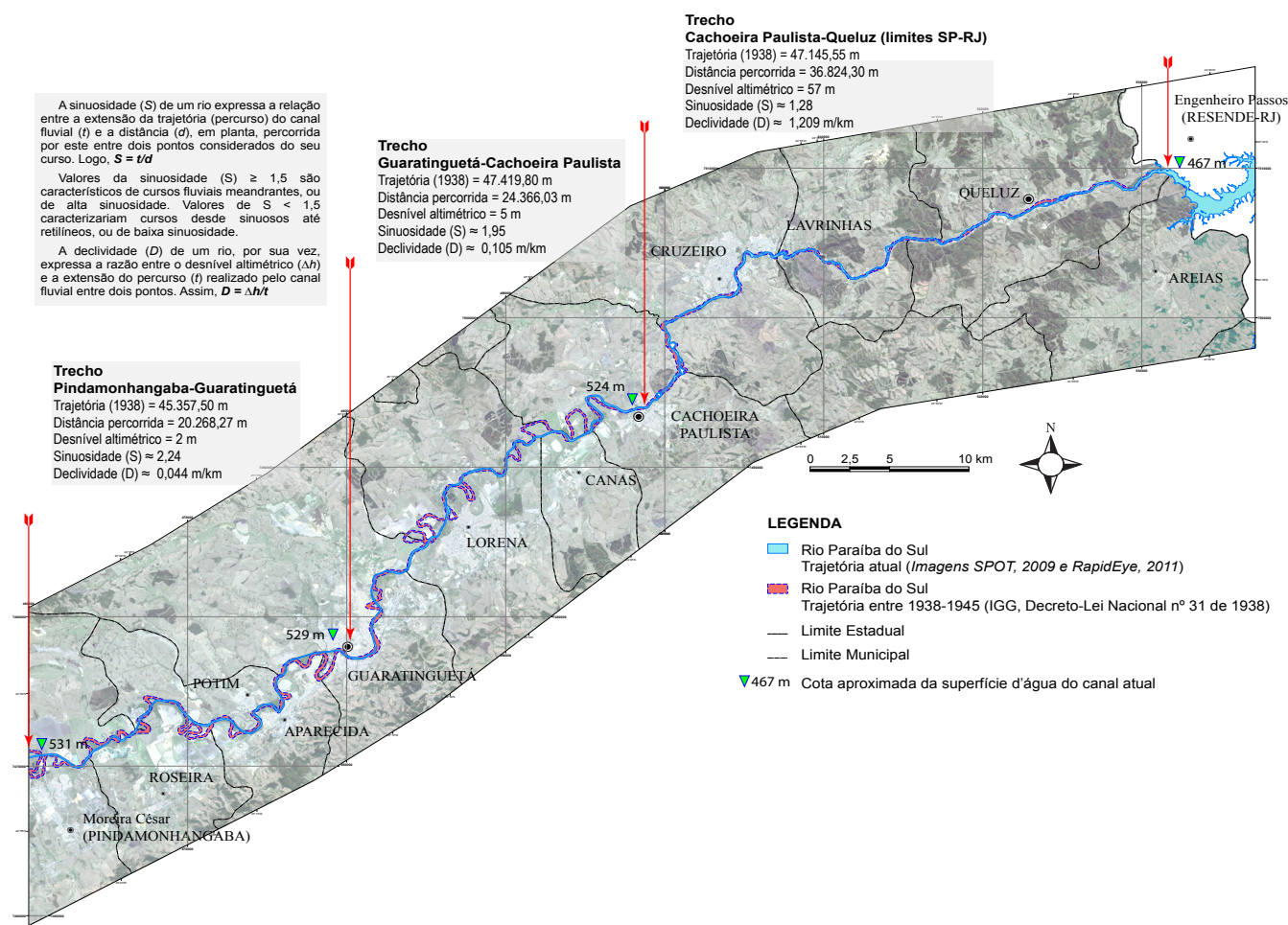


FIGURA 11 - Padrões de sinuosidade (S) e de declividade (D) do Rio Paraíba do Sul, em trechos destacados, desde Pindamonhangaba até Queluz, nos limites dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

distância (d) em planta de 20.268,27 m, o canal fluvial perfaz uma trajetória (t) de 45.357,50 m, resultando em um valor de S ( $= t/d$ ) aproximado de 2,24. Este valor é compatível com canais de alta sinuosidade (quando  $S \geq 1,5$ ) ou meandantes. Neste trajeto o canal sofre um desnível altimétrico (dh) de 2 metros, conferindo-lhe uma declividade D ( $= dh/t$ ) de aproximadamente 0,044 m/km. No trecho seguinte, Guaratinguetá-Cachoeira Paulista, o canal percorreu 47.419,80 metros por uma distância de 24.366,03 metros, desnivelando-se de 5 m. Neste caso a sinuosidade atingiu aproximadamente 1,95 e a declividade aproximadamente 0,105 m/km. O canal fluvial, com esse índice, mantém-se ainda como de alta sinuosidade ou meandrante, mesmo que a declividade tenha mais que duplicado com relação ao trecho anterior (de 0,044 m/km para 0,105 m/km). Entre Cachoeira Paulista e Queluz (até os limites de estados SP-RJ) o canal tem uma trajetória de

47.145,55 m sobre uma distância de 36.824,30 m e se desnivela em 57 m entre esses dois pontos. Assim, a sinuosidade S é de aproximadamente 1,28 e a declividade D, de aproximadamente 1,21 m/km. O valor de S é coerente com o mostrado na figura, em que o canal fluvial exibe segmentos ora retílineos e ora sinuosos, com corredeiras e cachoeiras, que bem refletem o alto valor para a declividade. Como verificado, nos compartimentos deposicionais Roseira e Guaratinguetá o Rio Paraíba do Sul possui uma declividade relativamente baixa associada a uma alta sinuosidade, característica de rio meandrante. Já no trecho Cachoeira Paulista-Queluz a declividade alta do canal associa-se a uma baixa sinuosidade, característica de rio retílineo a sinuoso. Estas características determinaram provavelmente a exiguidade da planície aluvial no trecho.

Informações de sondagens (a trado e à percussão) realizadas pelas extratoras de areia



(ANEXO 1) dão conta de que a relação média entre estéril (capa) e minério (areia) é da ordem de 1,9/3,7 metros, com espessuras máximas da capa atingindo os 6 metros entre Canas e Cachoeira Paulista (Porto CAJ) e, de areia, com máximo de 12,5 metros, ao sul de Canas (Porto Cinco Lagos). A média de profundidade dos furos é de cerca de 5,9 metros, com profundidade mínima de 0,80 metros, a noroeste de Lorena (Porto Itaguaçu), e profundidade máxima de 14,30 metros, ao sul de Canas (Porto Cinco Lagos). Duas campanhas de sondagens, identificadas com os números 17 e 37 no Mapa (DESENHO 1) e pertencentes, respectivamente aos portos Roma (norte de Roseira) e CAJ (norte de Canas), atravessaram um nível de “argila sotoposta ao minério”, cuja natureza, frente a informações disponíveis, não se pôde aqui discriminar e, assim, ele não foi considerado como pertencente ao pacote de sedimentação holocênico. Caso contrário, a espessura máxima deste poderia atingir até 21 metros. Em subsuperfície, os dados de sondagens, aliados aos do contorno estrutural do embasamento (mormente paleogênico), podem indicar, localmente, pelo menos um nível de canais soterrado pelos depósitos daqueles canais que são registrados em superfície. Considerou-se aqui uma profundidade média ao redor de 4 a 5 metros para o canal fluvial atual do Rio Paraíba do Sul, baseado nos dados sobre os perfis dos mesmos expostos em DAEE (2013, acesso online Banco de Dados Hidrológicos) e nos dados fornecidos pelas sondagens (a trado e à percussão) realizadas pelas mineradoras de areia (ANEXO 1), parcialmente integrados e interpretados segundo perfis oblíquos ao canal fluvial e a várzea de inundação atual (DESENHO 1).

Conforme Montanheiro *et al.* (1997, 2009) o Rio Paraíba do Sul pode ter sofrido vários processos de avulsão de seu canal durante o Holoceno. Os autores chegaram a esta suposição analisando as trajetórias (abandonadas) do canal fluvial durante a evolução da planície e que foram resgatadas com o auxílio de sensores remotos e com o apoio dos levantamentos de campo. Esta análise consistiu basicamente em discriminar quanto à largura e raio

de curvatura as alças de meandros abandonados similares e com contiguidade/continuidade espacial capazes de identificar uma trajetória particular. Como resultado, os autores concluíram que, além da trajetória atual do canal, nos compartimentos deposicionais Jacareí e Quiririm (FIGURA 12) três outras trajetórias podem ter se sucedido associadas a processos avulsionários; e para os compartimentos Eugênio de Melo e Roseira aventaram a possibilidade de apenas dois desses processos.

No trecho Roseira-Queluz (Fase II) também foram realizadas análises similares para se caracterizar os meandros abandonados, seus estilos, trajetórias pretéritas e os possíveis processos de avulsão envolvidos. Conforme mostra a FIGURA 13, no Compartimento Roseira, assim como no Compartimento Lorena é provável que o canal fluvial tenha construído seus meandros ao longo de até três trajetórias pretéritas, ou para além da trajetória atual (com ref. aos mapas de 1938-1945).

No Compartimento Roseira, em específico, o cinturão meândrico inflete para SE e bordeja, pelo seu lado direito e a partir da altura de Potim-Aparecida, as rochas do embasamento cristalino até o estrangulamento total da planície, em Guaratinguetá. Neste último trecho a planície sofre pequeno estreitamento e, aparentemente, apenas duas trajetórias pretéritas existiram, sugerindo que uma terceira trajetória se sobrepôs a (ou foi sobreposta por) uma outra. De acordo com as informações de sondagens realizadas pelas mineradoras de areia e as informações de superfície relacionadas com a análise de meandros abandonados, esta sobreposição ocorreu dentro de um mesmo nível ou horizonte de canais entre as regiões de Aparecida e Guaratinguetá, como mostram nos perfis C-C' e D-D' (DESENHO 1).

Analisando-se os perfis A-A' e B-B' (DESENHO 1), situados entre Roseira e Potim, chega-se à mesma conclusão, ou seja, de que a sobreposição de canais na vertical não ocorreu também nesta região. Conclui-se desse modo, que este processo pode ser

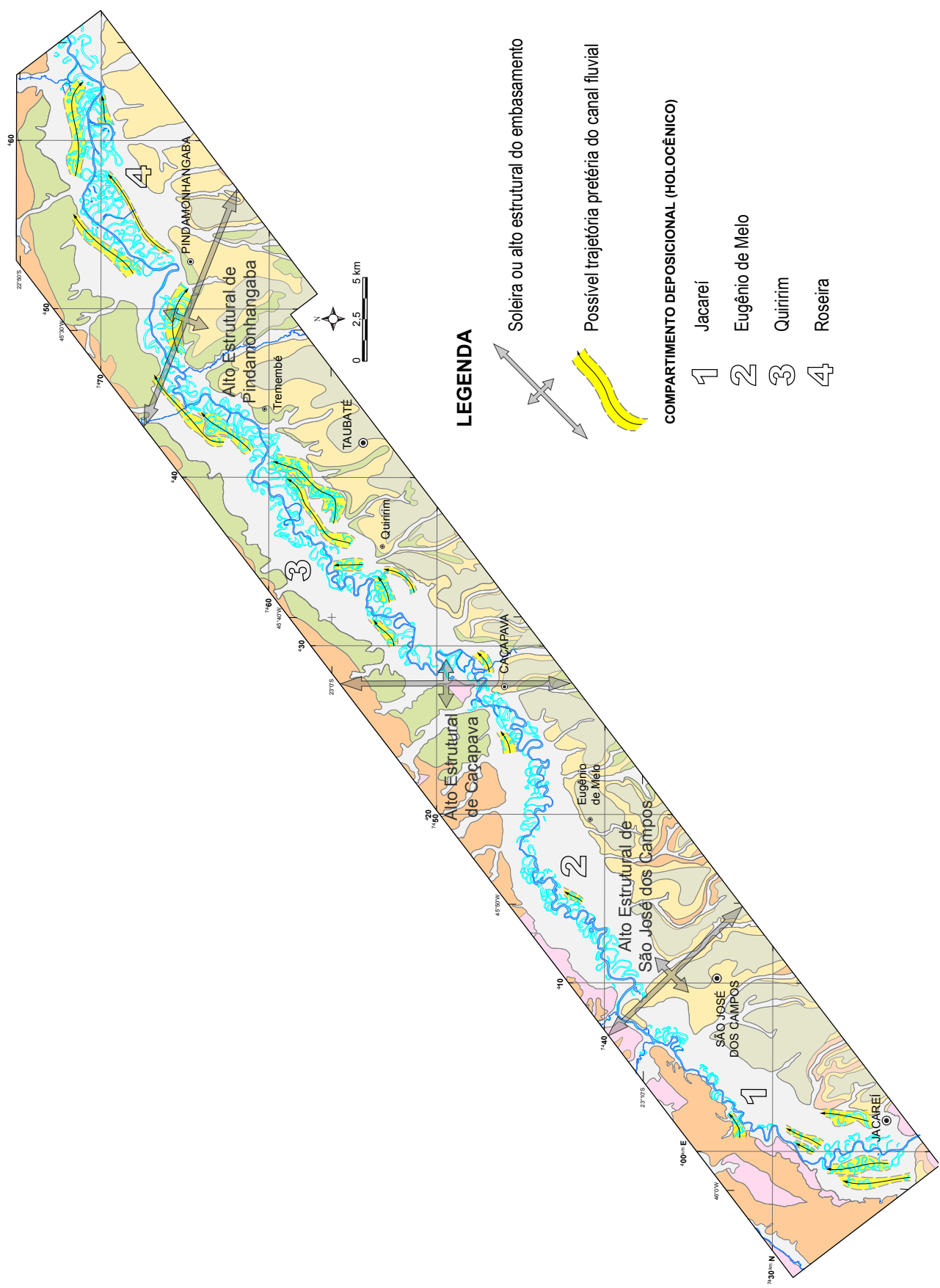


FIGURA 12 - Projeto Paraíba do Sul Fase I - Trecho Jacaré-Pindamonhangaba: Altos estruturais do embasamento, sua influência sobre a compartimentação da planície aluvial e as trajetórias pretéritas do canal, expostas em superfície.

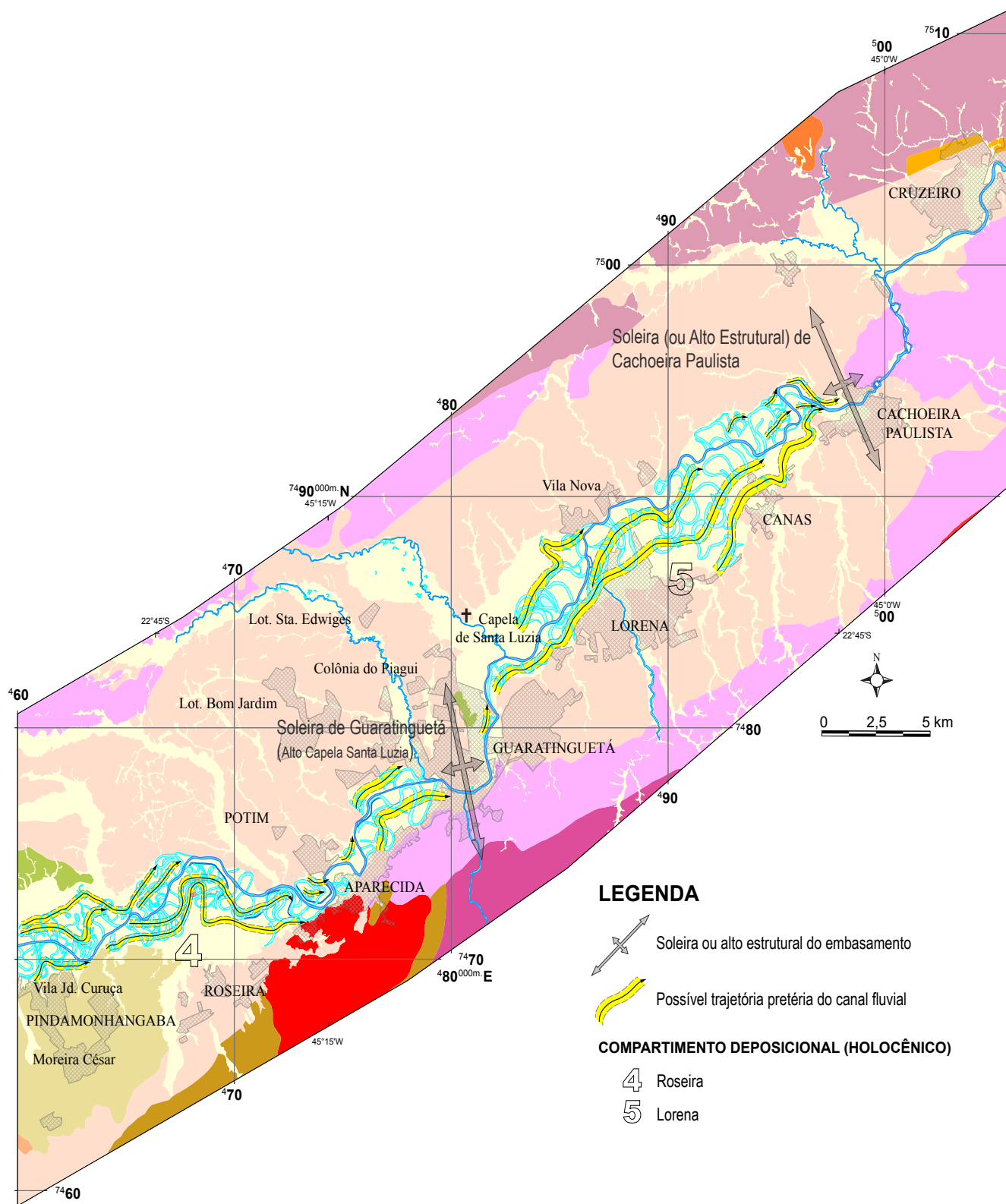


FIGURA 13 - Projeto Paraíba do Sul Fase II - Trecho Roseira-Queluz: Altos estruturais (ou soleiras) do embasamento, sua influência sobre a compartimentação da planície aluvial holocênica e as trajetórias pretéritas do canal fluvial em superfície.

estendido para todo o Compartimento Roseira. Ele é sugestivo de que a incisão de canais associada com modificações do nível de base no Compartimento Roseira não foi significativa, a despeito de modificações da vazão fluvial relacionadas com

as variações sazonais ou mesmo climáticas. É provável que os processos relacionados com atalhos de canal (em corredeira e em colo) tenham sido preponderantes e, conseqüentemente, as estruturas de corte e preenchimento associadas. Ao final,

deduz-se que durante o Holoceno a planície aluvial do Compartimento Roseira foi desenvolvida sobre um arcabouço relativamente estável do ponto de vista tectônico e isento de movimentações verticais.

Após ultrapassar a Soleira de Guaratinguetá e com o início do Compartimento Lorena, o Rio Paraíba sofre uma forte inflexão para norte, ladeando o flanco leste do Alto Capela de Santa Luzia, até atingir as proximidades da confluência do Rio Piagui, em sua margem esquerda. No percurso desta inflexão para N ele se afasta das rochas gnáissicas do embasamento, que se situavam em sua margem direita, e desenvolve o seu leito, assim como toda a planície, exclusivamente sobre os depósitos da Fm. Resende (Erd), excetuando-se pequena porção ao sul da Colônia Piagui em que a planície transborda sobre os depósitos da Fm. Tremembé (Et; DESENHO 1). Ultrapassada a confluência do Rio Piagui, o canal fluvial retoma a direção geral NE até atingir em Cachoeira Paulista nova soleira do embasamento.

No Compartimento Lorena, Teixeira *et al.* (2013) identificaram ao menos três trajetórias pretéritas para além da trajetória atual do canal fluvial, o que pode ser observado na região da planície situada, principalmente, entre Lorena e Canas (FIGURA 13). Foram construídos vários perfis neste compartimento, desde o perfil E-E' até J-J', que tiveram como base os dados de sondagens (trado e percussão) e as informações de superfície (fotointerpretação geológica e campo). Inicialmente terão destaque os perfis F-F', H-H' e I-I' (DESENHO 1), que interceptam a planície aluvial a oeste e ao norte de Canas, por apresentarem as maiores espessuras do pacote sedimentar holocênico, entre 9 metros (H-H'; norte de Canas) a 13 metros (F-F'; oeste de Canas).

Considerando uma espessura média do canal entre 4-5 metros, conforme mencionado anteriormente, verifica-se que sob o canal fluvial atual e seus congêneres, cujos registros das trajetórias pretéritas são exibidos em superfície, pode ter existido um outro nível soterrado de

canais, mais antigos ainda, e que migraram por uma planície paleogeograficamente coincidente com a atual. Notadamente nos perfis E-E', a oeste de Lorena, e J-J', imediatamente a oeste de Cachoeira Paulista, a espessura da planície aluvial é reduzida, atingindo ao máximo os 5 metros. Estas informações são sugestivas de que no Compartimento Lorena, durante a evolução da planície aluvial, o arcabouço deposicional passou por algum tipo de instabilidade tectônica e que, marcadamente na região de Canas, prevaleceram movimentações verticais negativas que promoveram a abertura de espaço para a superposição estratigráfica de canais fluviais e várzeas de inundação associadas.

À montante da região de Canas, como demonstrado no perfil E-E', não ocorreu a superposição estratigráfica. É provável que aí predominaram os processos de incisão de canais até ser interrompido o abatimento do arcabouço na região de Canas e consumado o seu preenchimento.

### 11.2.2 Características dos Depósitos

Contrastando com o trecho Jacareí-Pindamonhangaba, no trecho Roseira-Queluz as exposições de depósitos associados ao canal fluvial são menos comuns. Isto se deve ao fato de que os empreendimentos minerários neste trecho ocorrem em menor número e, também, porque os depósitos assumem características distintas quanto à sua arquitetura, principalmente no que se refere à barras em pontal que, neste caso, mostram-se menos proeminentes na superfície do relevo (FOTOGRAFIA 10). Isto está relacionado com o ângulo muito baixo de caimento das estratificações *epsilon* em direção ao canal, o que, por outro lado é consequência de uma menor energia dos fluxos fluviais. Coaduna-se com esta conclusão, a tendência observada para o trecho do predomínio de areias finas a médias sobre aquelas médias a grossas nas construções arenosas. Ou seja, há uma tendência ao decréscimo da granulometria geral dos corpos arenosos no trecho considerado.

Observa-se, também, nos compartimentos





*FOTOGRAFIA 10 - Vista geral da planície aluvial, com destaque, em segundo plano, de classificador assentado sobre região do cinturão meândrico. Destaca-se na foto a planura da planície e a inexistência de cordões arenosos, relacionados com as barras em pontal, em proeminência na superfície do relevo. O canal fluvial ativo situa-se ao fundo, a NW. Porto das Telhas, Norte de Roseira (Fotografia: nov/2011).*



*FOTOGRAFIA 11 - Preparação da atividade de extração de areia em cava, pelo método da dragagem por sucção, com a retirada do capeamento argilo-turfoso que recobre os níveis arenosos do cinturão meândrico. Porto Morro Vermelho, Guaratinguetá. (Fotografia: nov/2011)*

Roseira e Lorena, a presença quase generalizada de um capeamento turfoso recobrindo os corpos arenosos que, em geral, foi retrabalhado em superfície por processos erosivos e deposicionais mais modernos. Nos compartimentos meridionais isto ocorria mormente em posições laterais da planície, entretanto, com espessuras maiores que as dos compartimentos em questão. Este capeamento argilo-turfoso é sempre retirado para se ter acesso aos níveis inferiores arenosos, objetos da extração em cava (FOTOGRAFIA 11).

Além do já descrito no item 11.1.4, referente

às características dos depósitos do Compartimento Roseira (Fase I, trecho Pindamonhangaba-Roseira), as melhores exposições de depósitos associados ao canal fluvial, entre Roseira e Queluz, foram verificadas na Mineração ABareia, situada no município de Roseira (FOTOGRAFIA 3, pág. 20). As observações neste empreendimento foram facilitadas pelo método ali empregado, de extração da areia em cava seca, ou seja, pelo rebaixamento do lençol freático através do bombeamento e esgotamento contínuo da água. Na cava da Mineração ABareia a retirada de areia foi aprofundada até a base do





FOTOGRAFIA 12 - Folhelhos da Formação Tremembé expostos na base de depósitos de canal do Rio Paraíba do Sul. Mineração ABareia - Roseira. (Fotografia: nov/2011)



FOTOGRAFIA 13 - Troncos vegetais parcialmente incarbonizados ocupando as porções de fundo do canal fluvial e de seu topo (em destaque). Mineração ABareia - Roseira. (Fotografia: nov/2011)

canal fluvial, assentado sobre folhelhos da Formação Tremembé (FOTOGRAFIA 12). Os depósitos de canal compreendem cascalhos, areias grossas conglomeráticas com estratificações cruzadas acanaladas, com gradação rápida para o topo a areias médias a finas com estratificações cruzadas acanaladas de médio a pequeno porte, sucedidas no topo por areias finas com laminações cruzadas. Troncos de árvores parcialmente incarbonizados

ocorrem associados às porções de base do canal e, esporadicamente, fragmentos menores destes podem ocorrer em suas porções superiores (FOTOGRAFIA 13). Estruturas de corte e preenchimento são comuns, evidenciando as variações de energia do canal. Ocasionalmente, os fluxos canalizados sofrem considerável perda de energia e dão lugar à decantação de material argiloso rico em matéria orgânica de coloração escura que pode ser carreado,





FOTOGRAFIA 14 - Estruturas de corte e preenchimento associadas ao canal fluvial, sobre areias médias a finas com estratificações cruzadas acanaladas. Em destaque, tronco vegetal parcialmente incarbonizado na porção de topo do canal (mesmo destaque da Fotografia 13). Logo acima do destaque, estrutura de corte pouco confinada é preenchida com material areno-argiloso e rico em matéria orgânica, o que pode sugerir uma perda relativa da energia do fluxo. Mineração ABareia - Roseira. (Fotografia: nov/2011)



FOTOGRAFIA 15 - Alternância de estratos turfosos e arenosos, separados por estruturas erosivas na base e topo. Na fotografia podem ser identificados três níveis arenosos e três outros turfosos. Acima da escala verifica-se estrutura erosiva na base de estratificações cruzadas de pequeno porte, que separa dois pacotes arenosos. Na parte superior, observa-se dois níveis turfosos separados por nível arenoso lenticularizado e com estruturas erosivas na base e topo. Mineração ABareia - Roseira. (Fotografia: nov/2011)

com a retomada do fluxo, para as porções de jusante do canal retomado (FOTOGRAFIA 14).

Em escala mais ampla os canais dão lugar, através de migração lateral, a pacotes constituídos pela alternância de estratos silto-argilosos e arenosos. Os estratos silto-argilosos tem espessuras entre 20 a 50 cm, coloração cinza-escuro a negra conferida pelo alto teor de matéria orgânica que

possuem, o que lhes caracterizam como verdadeiras turfás. Aparentando aspecto maciço, a base destes estratos turfosos é irregular e associada com nível conglomerático com cerca de 2 a 4 cm no qual pode-se divisar a presença de intraclastos arenosos e turfosos (FOTOGRAFIA 15). Este delgado nível conglomerático limita o pacote turfoso, superior, de outro arenoso, inferior, que tem entre 30 a 70 cm de espessura e constituído basicamente de





FOTOGRAFIA 16 - Panorama geral da alternância entre estratos arenosos e turfosos, onde se verifica a lenticularização dos estratos arenosos provocada por base erosiva dos estratos turfosos (corte e preenchimento). Mineração ABareia - Roseira. (Fotografia: nov/2011)

areias médias a finas com estratificações cruzadas acanaladas e, subsidiariamente, tabulares, que tem geralmente na base dos *foresets* areia grossa com grânulos salpicados por matéria orgânica. A base de um estrato arenoso é geralmente conglomerática e rica em intraclastos do nível inferior turfoso escavado.

A FOTOGRAFIA 16 fornece uma visão geral da alternância dos estratos, onde se verifica uma lenticularização preferencial daqueles arenosos provocada pela base erosiva de um estrato turfoso, superior. Interpreta-se que os processos de corte e preenchimento estão relacionados com a incisão de canais pouco confinados e efêmeros, que migraram das laterais do canal fluvial (diques marginais) em direção às porções de baixios quando do rompimento de diques marginais, em momentos de vazões mais altas e de transbordamento. Considerando-se o predomínio da tabularidade nos estratos, as fácies superpostas podem ser representativas das porções medianas a distais dos depósitos de rompimentos de diques (*crevasse splay deposits*).

Em superfície, e através da fotointerpretação geológica, foram identificadas duas feições sugestivas de estarem relacionadas com depósitos de rompimento de diques marginais (*crevasse splay deposits*; Q2cv, DESENHO 1). A primeira delas situa-

se nos domínios do empreendimento Porto das Telhas e, a segunda, da Mineração Campo Verde Roseira, ambas localizadas ao norte de Roseira. No decorrer dos levantamentos de campo, entretanto, não foi possível verificar, nesses locais, exposições de sedimentos que pudessem comprovar, ou não, os resultados da fotointerpretação.

No restante do Compartimento Roseira, a atividade de extração de areia se faz pelo método tradicional da dragagem/lavagem. Apesar da existência de quase uma dezena de empreendimentos de extração de areia em atividade neste compartimento, foram raras as chances de se observar diretamente os pacotes arenosos associados ao canal fluvial. Na maioria dos casos a granulometria das areias constituintes dos pacotes foi apenas inferida a partir do exame do material que chegava na ponta do classificador. Este material é constituído predominantemente de areias finas a médias, separado, por lavagem, da fração silto-argilosa e, por peneiramento, da fração grânulo-seixo de fundo do canal, de menor volume em relação às demais frações (FOTOGRAFIA 17).

Em uma das raras exposições disponíveis, mas pouco expressiva, os pacotes arenosos são representativos de depósitos de barras em pontal (FOTOGRAFIA 18), onde se verifica que as





FOTOGRAFIA 17 - Pátio de classificação do material dragado caracterizado pelo predomínio de areias finas a médias; a fração silto-argilosa é descartada em bacia de decantação (à esquerda do classificador); e, a fração grânulo-seixo é reservada para outros usos (à direita). Porto Morro Vermelho, Guaratinguetá. (Fotografia: nov/2011)



FOTOGRAFIA 18 - Estratificações cruzadas epsilon em barras em pontal, em que a participação das frações pelíticas ricas em matéria orgânica se destaca, ora como intercalações aos estratos arenosos e ora com cimentação destes. As estratificações cruzadas epsilon caem aproximadamente 10° em direção ao canal fluvial, situado à direita. Mineração AFF Ltda., N-NW de Roseira (Fotografia: nov/2011).

superfícies das estratificações cruzadas *epsilon* (barras em pontal) têm ângulo de mergulho muito baixo, ao redor de 10°. Ao longo dos estratos ocorre sempre uma concorrência de frações argilo-siltosas/ orgânicas com aquelas arenosas, que às vezes apenas se mostram intercaladas mas, em outras vezes, as frações pelíticas podem constituir matriz de estratos arenosos. Estes arranjos texturais dos estratos, aliados ao seu baixo ângulo de caimento, denotam que os fluxos fluviais associados à

deposição foram de baixa energia, compatíveis com o arrasto moderado a fraco dos termos arenosos e com a suspensão sempre ativa de particulados finos que, em momentos de remanso, aproximaram-se da franca decantação.

Para além do estrangulamento de Guaratinguetá, no Compartimento Lorena, a atividade de extração de areia é menos intensa ainda que no compartimento Roseira. O método de extração de areia em cava é exclusivamente pela dragagem e





*FOTOGRAFIA 19 - Delgada exposição de depósitos arenosos de barras em pontal, soterrados por material argilo-arenoso resultante do retrabalhamento do capeamento originalmente argilo-orgânico. As barras em pontal, têm caimento muito baixo (5-10°) em direção ao canal fluvial, situado à direita da foto. Porto Cinco Lagos, S-SW de Canas (Fotografia: nov/2011).*

*FOTOGRAFIA 20 - Detalhe das estratificações cruzadas epsilon, cujos foresets caem ao redor de 10-15° para a esquerda, enquanto que a superfície das barras em pontal têm caimento muito baixo (5-10°) em direção ao canal fluvial, situado à direita da foto. Porto Cinco Lagos, S-SW de Canas (Fotografia: nov/2011).*



sucção submersos. Assim, são raras as exposições dos depósitos arenosos nos empreendimentos minerários e quando existentes, limitam-se a um nível de pouca espessura que emerge da lâmina d'água da cava, como pode ser visto na FOTOGRAFIA 19, obtida no Porto Cinco Lagos a sudoeste de Canas, próximo da Rodovia Presidente Dutra (BR-116). Neste caso estão expostos pacotes com o predomínio de areias finas a médias com estratificações cruzadas do tipo *epsilon* e associadas com barras em

pontal, cujas superfícies têm caimento entre 5 a 10° apenas em direção ao eixo do canal fluvial, situado à direita da foto. O pacote arenoso é sobreposto erosivamente por um solo colúvio-eluvionar argilo-arenoso e de coloração cinza-médio, resultante do retrabalhamento por lixiviação e transporte de provável capeamento originalmente turfoso. Melhores detalhes das estratificações cruzadas *epsilon* podem ser vistos na FOTOGRAFIA 20.

Um outro exemplo da precariedade das





FOTOGRAFIA 21 - Delgada exposição de termos arenosos finos com estratificações cruzadas tangenciais na base, à esquerda da foto, e aparentemente tabulares, à direita da foto. Observa-se que os estratos cruzados repousam sobre estratos com estratificações plano-horizontais a ondulados e que todo o pacote é sobreposto por solo elúvio-coluvionar areno-argiloso cinza a bege. Porto CAJ, W de Cachoeira Paulista (Fotografia: out/2012).

exposições arenosas pode ser visto na FOTOGRAFIA 21, no Porto CAJ, situado a oeste de Cachoeira Paulista, no extremo ENE do Compartimento Lorena. Neste caso, um pacote de areias finas com estratificações cruzadas tangenciais na base e outras aparentemente planares, ambas de grande porte, mergulham sobre leito de pacote arenoso fino com estratificações plano-horizontais, à esquerda, e onduladas, à direita, que aparentemente, representam barras em pontal. O pacote com estratificações cruzadas superior parece estar relacionado a barras longitudinais de canal muito pouco confinado e com fluxos fluviais de baixa energia, considerando-se o predomínio de areias finas. Aos depósitos arenosos sucede um solo elúvio-coluvionar que, localmente, como à direita da foto, é possível facilmente discriminar os termos eluvionares daqueles coluvionares, o que é marcado por superfície erosiva. No total, a exposição possui cerca de 5 m de espessura, podendo-se considerar espessura média de 2,5 m para os termos arenosos inferiores, relacionados com o canal fluvial.

Assim como no Compartimento Roseira, no Compartimento Lorena a área do cinturão meândrico tem pouco destaque em superfície com relação à planície aluvial como um todo, pelo fato de que os cordões arenosos relacionados com as barras em pontal terem pouquíssimo destaque no relevo,

predominando a planura em toda a planície, como visto na FOTOGRAFIA 22. Neste compartimento, também, a presença de um capeamento argilo-arenoso a silto-argiloso e, às vezes, francamente turfoso, recobre quase sempre os termos arenosos. Assim, previamente ao início da extração de areia em uma cava a sua retirada faz-se sempre necessária para que sejam atingidos os pacotes arenosos inferiores, requerendo nos processos de lavra a sua retirada (FOTOGRAFIA 23).

Como visto no item 12.2.1, o capeamento pode atingir até os 6 metros de espessura entre Canas e Cachoeira Paulista, mais especificamente no Porto CAJ, oeste de Cachoeira Paulista (da FOTOGRAFIA 21). Mas em geral, no Compartimento Lorena, ele tem em média cerca de 1,97 metros de espessura. Já os pacotes arenosos (minério), neste compartimento, atingem até os 12,5 metros ao sul de Canas, no Porto Cinco Lagos (das FOTOGRAFIAS 19 e 20) e, têm em média 3,23 metros de espessura.

No Compartimento Roseira, por sua vez, o capeamento atinge espessura máxima de 3,70 metros, no Porto Morro Vermelho, Guaratinguetá (Empreendimento 26, DESENHO 1 e ANEXO 1), enquanto que a espessura média é de 1,8 metros. Já os corpos arenosos atingem espessura máxima de 7,7 metros no Porto Morro Vermelho, Guaratinguetá (da





FOTOGRAFIA 22 - Vista geral da extração de areia em cava através da dragagem e sucção, onde se vê que a lâmina d'água da cava se confunde com a superfície plana do terreno, ao fundo. Mais ao fundo ainda, atrás da linha de mata, situam-se o canal fluvial ativo do Rio Paraíba do Sul e, no horizonte, a Serra da Mantiqueira. Porto Lara (Cava Pescador), W de Cachoeira Paulista (Fotografia: nov/2011).

FOTOGRAFIA 17, Empreendimento 25, DESENHO 1 e ANEXO 1), guardando uma espessura média para todo o compartimento de 3,98 metros.

Como visto anteriormente não existe diferenças significativas entre as espessuras médias da capa e minério para os compartimentos Roseira e Lorena, considerando-se os dados das sondagens analisados. Entretanto, parece significativo que os máximos, tanto para um como para outro termo, ocorram no Compartimento Lorena, quando se aproxima do estrangulamento de Cachoeira Paulista, no extremo nordeste deste compartimento.

A existência quase generalizada de um capeamento que colmatou os depósitos arenosos (ou cinturões meândricos mais antigos) em boa parte do Compartimento Roseira e quase totalidade do Compartimento Lorena deveu-se, provavelmente, a afogamentos dessas planícies aluviais nos momentos em que os estrangulamentos (altos estruturais) de Guaratinguetá e de Cachoeira Paulista foram mais efetivos, sincrônicos ou não entre si.

No âmbito dos cinturões meândricos dos compartimentos Roseira e Lorena há um predomínio de areias finas a médias sobre as demais frações

FOTOGRAFIA 23 - Atividades para a expansão de área de extração de areia em cava submersa, consistindo na retirada de capeamento constituído por solo argiloso-arenoso elúvio-coluvionar marrom a bege, superior, e nível turfoso inferior. No destaque (inferior à direita) aspecto do material turfoso, em que se verifica a presença de fragmentos vegetais bastante preservados, ou ainda pouco destilados. Porto Lara (Cava Figueira), W de Cachoeira Paulista (Fotografia: nov/2011).



arenosas; uma ocorrência frequente de termos siltico-argilosos intercalados nos estratos arenosos; o ângulo de mergulho das barras em pontal em direção ao eixo do canal é sempre muito baixo; e as alças de meandros apresentam-se com uma assimetria circular mais elevada, quando comparadas com aquelas dos compartimentos situados à montante do Rio Paraíba do Sul. Consideradas as proposições de Miall (1985) sobre os modelos de sistemas fluviais e, em específico, para os rios meandantes, a dinâmica fluvial nesses compartimentos, principalmente o de Lorena, seria mais compatível com o seu Modelo (c), de granulometria fina (ver FIGURA 10, pág. 16). De acordo com Miall (1985) o modelo c é caracterizado por uma maior sinuosidade do canal fluvial e, conseqüentemente, por uma maior profusão das barras em pontal, de formas de leito com baixa complexidade e, por fim, por uma baixa razão entre carga de fundo/carga em suspensão.

## **12. DEFINIÇÃO DA POTENCIALIDADE DE AREIA**

A definição e delimitação da zona de potencial de areia baseou-se, a exemplo do trecho Jacaré – Pindamonhangaba, no estabelecimento dos limites das construções eminentemente arenosas, ou do cinturão meândrico, que se associaram ao Sistema Fluvial Meandrante Holocênico do Rio Paraíba do Sul. Os critérios e técnicas utilizados para o estabelecimento dos limites do cinturão de meandros encontram-se explicitados no CAPÍTULO 9 deste volume (Materiais, Critérios e Técnicas para a Caracterização Morfológica dos Canais Abandonados em Superfície) e foram previamente fundamentados com os conceitos acerca da dinâmica fluvial meandrante, expressos no CAPÍTULO 8 (Características Fundamentais do Sistema Fluvial Meandrante). O DESENHO 1 (Mapa Geológico e da Zona Potencial de Areia) mostra os limites da zona potencial de areia, bem como da planície aluvial.

A zona de potencial de areia definida para fins de planejamento e gestão de recursos minerais constitui apenas o alvo inicial de uma prospecção

mineral, necessitando-se de trabalhos de pesquisa complementares e sistemáticos, caso se pretenda configurar corpos de minério para fins exploratórios. Os dados de sondagem utilizados foram suficientes apenas para auxiliar no delineamento expedito dos limites dos corpos de areia e não tiveram outro objetivo que não esse.

Entre Roseira e Cachoeira Paulista, em que a planície aluvial é mais expressiva, ela ocupa cerca de 241,5 Km<sup>2</sup>, ao passo que a zona definida como potencial de areia, que se confunde com o cinturão meândrico, ocupa uma superfície de cerca de 122,2 Km<sup>2</sup>. A relação entre a zona potencial de areia e a planície aluvial é de cerca de 50,6%, o que indica que a várzea do Rio Paraíba do Sul, no trecho considerado, possui uma alta potencialidade deste insumo mineral.

## **13. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A planície aluvionar do Rio Paraíba do Sul tem sido nos últimos 60 anos um dos principais polos de produção de areia no Estado de São Paulo, matéria prima essencial à sociedade, devido ao seu uso em grande escala na indústria da construção civil e demais obras de infraestrutura. A expansão acelerada da atividade extrativa de areia, principalmente entre Jacaré e Pindamonhangaba, desencadeou um quadro de alterações ambientais do meio físico, que somado a conflitos com outros usos do solo e descumprimento das legislações, levaram a criação do “Zoneamento ambiental da atividade de extração de areia no trecho Jacaré – Pindamonhangaba”, estabelecido pela Resolução SMA 28 de 22/09/1999.

Este zoneamento constituiu-se em uma referência nacional para trabalhos de planejamento regional, associando a potencialidade mineral às diretrizes municipais de uso do solo e subordinando-as aos princípios e atributos ambientais.

Após 12 anos, a Resolução SMA 16 de 28/04/2011 criou um Grupo de Trabalho com



objetivos de proceder à revisão deste zoneamento, e de verificar a possibilidade de sua expansão para o restante da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo. A viabilização do segundo objetivo requeria, no entanto, a necessidade de fundamentar com estudos a delimitação da potencialidade de areia na área de abrangência dos sedimentos quaternários da Bacia Hidrográfica Rio Paraíba do Sul, no trecho Roseira – Queluz, em continuidade à potencialidade já estabelecida no trecho Jacareí – Pindamonhangaba. Os resultados aqui apresentados refletem os estudos desenvolvidos no âmbito do “Projeto Paraíba do Sul: Potencialidade de Areia – Fase II, Trecho Roseira – Queluz”.

À luz dos resultados obtidos, destacam-se as demais considerações:

- Os depósitos associados à planície aluvial desde Roseira até a altura de Cachoeira Paulista, assentam-se predominantemente sobre depósitos de leques aluviais distais (Erd) da Formação Resende. Na região de Pindamonhangaba-Roseira e a nordeste de Guaratinguetá eles estão assentados sobre depósitos lacustres da Formação Tremembé (Et), que ocorrem intercalados aos depósitos de leques.
- No trecho Roseira-Queluz a planície aluvial varia lateralmente entre estrangulamentos totais, como na região da cidade de Guaratinguetá, até a faixa de 4,6 km de largura, como na região de Roseira e Canas. O cinturão meândrico pode ocupar toda a extensão da planície aluvial, como na região de Canas, ou estar reduzido a pouco menos de dois terços desta, como ocorre em regiões de Roseira e de Guaratinguetá-Lorena.
- Para além de Cachoeira Paulista, tanto a planície aluvial quanto o cinturão meândrico são muito diminutos, atingindo a planície cerca de 1,8 km de largura máxima na região de Cruzeiro, enquanto que o cinturão correspondente à mesma atinge cerca dos 0,45 km apenas. Para

além da cidade de Cruzeiro até os limites de estados SP-RJ a planície aluvial é praticamente inexistente e, assim, a potencialidade de areia torna-se insignificante do ponto de vista econômico.

- O trecho Roseira-Queluz inicia-se no Compartimento Roseira, caracterizado pela ocorrência de cinturões meândricos constituídos predominantemente por areias finas a médias, com baixa complexidade das formas de leito e das barras em pontal e com decréscimo da razão carga de fundo/carga em suspensão. Este compartimento estende-se desde a soleira de Pindamonhangaba até a soleira de Guaratinguetá, onde ocorre total estrangulamento da planície aluvial. A região deste estrangulamento coincide, grosso modo, com aquela do Alto de Aparecida (de Hasui et al. 1978) ou com a do Alto Capela de Santa Luzia (de Marques 1990).
- Após o estrangulamento de Guaratinguetá tem início o Compartimento Lorena, que se estende até a região urbana de Cachoeira Paulista. A denominação deste compartimento deposicional é a mesma atribuída por Marques (1990) para depocentro paleogênico sotoposto e geograficamente coincidente.
- Entre as soleiras de Pindamonhangaba e Guaratinguetá a sinuosidade (S) do canal fluvial é de aproximadamente 2,24, valor este compatível com canais de alta sinuosidade ou meandrantess. Neste trajeto o canal sofre um desnível altimétrico de 2 metros, conferindo-lhe uma declividade de aproximadamente 0,044 m/km.
- No trecho entre as soleiras de Guaratinguetá e Cachoeira Paulista a sinuosidade do canal é de aproximadamente 1,95 e a declividade de 0,105 m/km, mantendo-se ainda uma alta sinuosidade, a despeito de uma declividade mais alta que no trecho anterior. De Cachoeira Paulista até Queluz (limites de estados SP-



RJ) o canal fluvial tem uma sinuosidade de aproximadamente 1,28, característica de rios retilíneos a sinuosos apenas e não meandantes, e a declividade próxima de 1,21 m/km.

- No trecho Roseira-Queluz as exposições de depósitos arenosos associados ao canal fluvial são pouco comuns, seja porque os empreendimentos minerários ocorrem em menor número, ou porque os depósitos tem características próprias quanto à sua arquitetura, principalmente no que se refere à barras em pontal, que se mostram menos proeminentes na superfície do relevo. Isto está relacionado com o ângulo muito baixo de caimento das barras em pontal rumo ao eixo do canal, o que, por outro lado é consequência de uma menor energia dos fluxos fluviais.
- Nos compartimentos Roseira e Lorena, um capeamento turfoso, que foi retrabalhado em superfície, recobre quase generalizadamente os corpos arenosos associados ao canal fluvial. Isto se relaciona provavelmente aos afogamentos que sofreram as planícies aluviais em momentos de maior efetividade dos estrangulamentos (soleiras) de Guaratinguetá e de Cachoeira Paulista.
- Os dados de sondagens à trado e à percussão realizadas no trecho Roseira-Cachoeira Paulista indicam uma relação média entre estéril (capa) e minério (areia) da ordem de 1,9/3,7 m, com espessuras máximas da capa atingindo os 6 m entre Canas e Cachoeira Paulista (Porto CAJ) e, de areia, com máximo de 12,5 metros, ao sul de Canas (Porto Cinco Lagos). A média de profundidade dos furos é de cerca de 5,9 metros, com profundidade mínima de 0,80 metros, a noroeste de Lorena (Porto Itaguaçu), e profundidade máxima de 14,30 metros, ao sul de Canas (Porto Cinco Lagos). No Compartimento Lorena a capa tem em média cerca de 1,97 m de espessura

enquanto o minério tem uma média de 3,23 m de espessura. No Compartimento Roseira, por sua vez, a capa tem espessura média é de 1,8 metros e os corpos arenosos uma espessura média de 3,98 m.

- Entre Roseira e Cachoeira Paulista a planície aluvial ocupa uma área de cerca de 241,5 Km<sup>2</sup>, ao passo que a zona definida como potencial de areia (cinturão meândrico), ocupa uma superfície de cerca de 122,2 Km<sup>2</sup>, ou 50,6% da planície, indicando que a várzea do Rio Paraíba do Sul, no trecho considerado, possui uma alta potencialidade para a extração de areia.
- Como já ressaltado nos estudos referentes à Fase I, uma zona potencial de areia delimitada não se constitui em reserva comprovada. Assim, ela deve ser entendida como uma área alvo para trabalhos adicionais de pesquisa mineral com o objetivo de se obter a configuração tridimensional do corpo de minério.
- Ao final, ressalta-se que o levantamento sobre a atividade de mineração e a definição da potencialidade da areia na planície do Rio Paraíba do Sul, representam subsídios fundamentais para o planejamento físico-territorial. A mineração, enquanto uma atividade econômica deve ser contemplada tanto nos planos de desenvolvimento socioeconômico municipais e regionais, como na formulação de políticas que estimulem o uso sustentável da terra, através do gerenciamento dos recursos minerais.

#### 14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. 1957. O problema das conexões antigas e da separação da drenagem do Paraíba e do Tietê. *Bol. Paul. Geogr.* **26**: 38-49.
- ALMEIDA, F. F. M. de. 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Bol. Inst. Geogr. Geol.*, **41**: 169-263.
- ALMEIDA, F. F. M. 1976. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 48 (supl.):15-26.
- CASADO, F. da C.; ETCHEBEHERE, M. L. de C.; STEVAUX, J. C.; Paulo Eduardo De OLIVEIRA, P. E. de; SAAD, A. R. 2011. Estratigrafia e Paleoambiente Neoquaternário da calha aluvial do Rio Paraíba do Sul entre os municípios de São José dos Campos e Taubaté, SP. *Geociências*, São Paulo, UNESP, **30** (2): 125-145.
- COLLINSON, J. D. 1986. Alluvial sediments. In: READING, H. G. ed. *Sedimentary environments and facies*, 2nd ed. Oxford, Blackwell Scientific Publications. p. 20-62
- COMISSÃO GEOGRAPHICA E GEOLOGICA DO ESTADO DE S. PAULO (CGG). 1919. *Folha de Pindamonhangaba 1: 100.000 (Ed. Preliminar)*.
- DAVINO, A. & HARALY, N. L. E. 1973. Levantamento geofísico no Vale do Paraíba. In: CONGR. BRAS. GEOL., 27. Aracaju, 1973. *Anais ... Aracaju, SBG.* v.1, p. 281-286.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA (DAEE-CTH). 1983. *Paraíba do Sul (rio). Estudo morfológico*. São Paulo. DAEE-CTH, Relatório Parcial nº 8, v. 3/4, - Desenhos - Outubro de 1983.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. 2006. Base Cartográfica Digital do Estado de São Paulo, elaborada a partir de arquivos analógicos do IBGE e IGC-SP e disponibilizada ao IG, sob consulta. São Paulo. DAEE.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE . 2013. Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica/HIDROLOGIA/Banco de Dados Hidrológicos: <http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>.
- FERNANDES, F. L. & CHANG, H. K. 2001. Modelagem Gravimétrica da Bacia de Taubaté - Vale do Rio Paraíba do Sul, leste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geofísica (Brazilian Journal of Geophysics)*, **19** (2): 131-144.
- FRANGIPANI, A. & PANNUTI, E. L. 1965. *Estudos hidrogeológicos na Bacia de Taubaté, entre Jacareí e Quiririm*. São Paulo, Inst. Geogr. Geol. 126p. (Boletim 42).
- GARCIA, M. J. ; DE OLIVEIRA, P. E. ; SIQUEIRA, E. ; FERNANDES, R. S. 2003. Estudos Palinológicos e Paleoecológicos das Turfeiras do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, São Paulo. In: IX Congresso da ABEQUA, 2003, Recife/PE. *Resumo do IX Congresso da ABEQUA*, 4p.
- HASUI, Y.; ALMEIDA, F. F. M. de; MIOTO, J. A.; MELO, M. S. de. 1982. Geologia, tectônica, geomorfologia e sismologia regionais de interesse às usinas nucleares da Praia de Itaorna. São Paulo. IPT. *Monografias*, 7. 149 p.
- HASUI, Y.; HARALY, N. L. E.; MIOTO, J. A.; SAAD, A. R.; CAMPANHA, G. A. da C.; HAMZA, V. M.; GALLI, V. A.; FRANGIPANI, A.; PULEGHINI FILHO, P. 1989. *Compartimentação estrutural e evolução tectônica do Estado de São Paulo*. São Paulo. SCTDE-IPT, 2v., 289p (Relatório IPT nº 23.394).
- HASUI, Y.; PONÇANO, W. L.; BISTRICHI, C. A.; STEIN, D. P.; GALVÃO, C. A. C. F.; GIMENEZ, A. F.; ALMEIDA, M. A. de; PIRES NETO, A. G.; MELO, M. S. de; SANTOS, M. do C. S. R. dos. 1978. Geologia da Região Administrativa 3 (Vale do Paraíba) e parte da Região Administrativa 2 (Litoral) do Estado de São Paulo. São Paulo. IPT, *Monografias*, 1. 78 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO EST. SÃO PAULO S/A (IPT). 1990. *Geologia das folhas Jacareí (SF23-Y-D-II-3), Tremembé (SF23-Y-B-V-4), Taubaté (SF. 23-Y-D-II-2) e Pindamonhangaba (SF. 23-Y-B-VI-3), escala 1: 50 000, Estado de São Paulo*. São Paulo,

- IPT-SCTDE/PRÓ-MINÉRIO. Relatório IPT nº 28.732, v. 1 e 2. 276p.
- MANCINI, F. 1995. *Estratigrafia e aspectos da tectônica deformadora da Formação Pindamonhangaba, Bacia de Taubaté, SP*. São Paulo. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da USP, 107 p.
- MARQUES, A. 1990. Evolução tectono-sedimentar e perspectivas exploratórias da Bacia de Taubaté, São Paulo, Brasil. *Bol. Geoc. PETROBRÁS*, 4 (3): 253-262.
- MIALL, A. D. 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. Amsterdam. *Earth Science Reviews*, 22: 261-308.
- MONTANHEIRO, T. J.; TEIXEIRA, A. L.; NOGUEIRA, S. A. A.; NEGRI, F. A.; SHIMADA, H.; AMARANTE, A.; AZEVEDO SOBRINHO, J. M. 1997. *Projeto Paraíba do Sul: potencialidade de areia*. São Paulo. Instituto Geológico - IG, v. 1, 107p., v.2, 16 desenhos (Relatório Interno IG).
- MONTANHEIRO, T. J.; TEIXEIRA, A. L.; NOGUEIRA, S. A. A.; NEGRI, F. A.; SHIMADA, H.; AMARANTE, A.; AZEVEDO SOBRINHO, J. M. 2009. Projeto Paraíba do Sul: Potencialidade de Areia. In: TEIXEIRA, A. L.; MONTANHEIRO, T. J.; NOGUEIRA, S. A. A. (Orgs.). *Projeto Paraíba do Sul: Potencialidade de Areia*. 1. ed. São Paulo. Instituto Geológico - IG, 2009. v. Único. 87p. (Edição Eletrônica).
- OLIVEIRA, C. A. de. 1983. *Projeto Caçapava - Relatório Final de Pesquisa*. São Paulo. CPRM - SUREG São Paulo, v. 1. 65p.
- PONÇANO, W. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, F. F. M. de; PRANDINI, F. L. 1981. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT. *Monografias*, 5 (Notícia Explicativa). 94 p.
- RICCOMINI, C. 1989. *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da USP. 256 p.
- RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L.G.; FERRARI, A.L. 2004. Evolução geológica do rift continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITTO-NEVES, B. B. (Ed.). *Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, 2004. p. 383-405.
- SALVADOR, E. D. 1994. *Análise neotectônica da região do Vale do Rio Paraíba do Sul compreendida entre Cruzeiro (SP) e Itatiaia (RJ)*. São Paulo. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da USP, 129 p.
- SANTOS, R. de A.; GARCIA, M. J.; DE OLIVEIRA, P. E.; GIANNINI, P. C. F.; FERNANDES, R. S.; BISTRICHI, C. A. 2012. Palinomorfos das turfas de Eugênio de Melo, médio vale do rio Paraíba do Sul, São Paulo, Brasil. *IHERINGIA, Sér. Bot.*, Porto Alegre, 67 (1): 9-24.
- SAUSEN, T. M. 1988. *Modificação na forma do canal do rio em função da ação antrópica. Ex.: Rio Paraíba do Sul*. São Paulo. Vol. 1, 228 p. Tese Doutorado, Depto. Geografia da FFLCH-USP.
- SUGUIO, K. & BIGARELLA, J. J. 1979. Ambiente fluvial. In: BIGARELLA *et al.* eds. *Ambientes de sedimentação e sua interpretação e importância*. Curitiba. Editora UFPR e ADEA (Assoc. Def. Educ. Amb.) 183 p.
- TEIXEIRA, A. L.; NOGUEIRA, S. A. A.; MONTANHEIRO, T. J.; SHIMADA, H.; NEGRI, F. de A. 2013. Aspectos da sedimentação holocênica do sistema fluvial meandrante do Rio Paraíba do Sul, entre Roseira e Queluz, SP. *Boletim de Resumos Científicos do Geosudeste*, SBG, Núcleos MG/RJ-ES/SP. Juiz de Fora, MG. v. Único, p. 1-1 (Edição Eletrônica).
- VERDADE, F. da C. & HUNGRIA, L. S. 1966. Estudo genético de bacia orgânica do Vale do Paraíba. Campinas. *Bragantia*, 25 (16): 189-202.
- VERDADE, F. da C.; HUNGRIA, L. S.; RUSSO, R.; NASCIMENTO, A. C.; GROHMAN, F.; MEDINA, H. P. 1961. Solos da bacia de Taubaté (Vale do Paraíba). Campinas. *Bragantia*, 20 (4): 43-322.
- WALKER, R. G. & CANT, D. J. 1984. Sandy fluvial systems. In: WALKER, R. G. ed. *Facies models*, 2nd ed. Ontario, Geol. Assoc. Canada. p. 71-89.





## ANEXO 1:

# Perfilagens à trado e à percursão realizadas pelos empreendimentos minerários entre Roseira e Queluz



Código no Mapa	Nome no Mapa	Sigla/Nº poço	Capa (m)	Minério (m)	Final Furo (m)	Argila sotoposta minério (m)	Coord. X UTM SIRGAS 2000, 23S	Coord. Y UTM SIRGAS 2000, 23S
01	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-01	2,20	4,50	6,70	0,00	464088,05464	7470446,18364
01	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-02	1,00	6,00	7,00	0,00	464092,81715	7470677,9591
01	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-03	1,90	5,60	7,50	0,00	464299,19257	7470889,09702
01	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-04	1,70	6,60	8,30	0,00	464310,30509	7470676,3716
01	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-05	1,80	2,90	4,70	0,00	464880,21873	7470936,72212
01	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-06	2,10	5,70	7,80	0,00	464599,23067	7470897,03454
01	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-07	1,90	5,00	6,90	0,00	464608,75568	7471109,44246
01	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-08	0,50	4,70	5,20	0,00	464613,51819	7470450,62865
01	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-09	1,80	3,30	5,10	0,00	464607,16818	7470653,82905
01	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-10	1,70	5,40	7,10	0,00	464915,14380	7470676,0541
01	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-11	1,00	5,20	6,20	0,00	464303,95507	7470460,15367
01	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-12	2,10	4,10	6,20	0,00	464278,55502	7470241,07823
02	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-01	1,10	4,90	6,00	0,00	464953,77304	7471176,1176
02	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-02	0,60	5,80	6,40	0,00	465149,56510	7471135,1071
02	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-03	1,80	4,30	6,10	0,00	465467,06573	7471022,65896
02	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-04	1,00	5,30	6,30	0,00	465217,03398	7470984,2943
02	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-05	1,40	4,60	6,00	0,00	465516,01375	7470809,66895
02	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-06	1,50	5,20	6,70	0,00	465306,99250	7470741,14173
02	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-07	1,70	3,70	5,40	0,00	465588,77431	7470680,28744
02	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-08	0,70	5,80	6,50	0,00	465766,04550	7471123,46541
02	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-09	0,80	6,10	6,90	0,00	466097,03991	7471169,76758
02	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-10	1,00	5,30	6,30	0,00	465942,25835	7471026,8923
02	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-11	1,10	5,60	6,70	0,00	466164,50880	7470874,75658
02	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-12	1,90	3,50	5,40	0,00	465923,73748	7470746,4334
02	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	SP-13	2,10	4,00	6,10	0,00	466145,98793	7470709,39166
03	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	1	1,80	3,90	5,70	0,00	466458,91022	7471681,4832
03	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	2	1,80	3,90	5,70	0,00	466721,64199	7471752,92084
03	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	3	1,80	3,90	5,70	0,00	466852,61100	7471854,52105

Código no Mapa	Nome no Mapa	Sigla/Nº poço	Capa (m)	Minério (m)	Final Furo (m)	Argila sotoposta minério (m)	Coord. X UTM SIRGAS 2000, 23S	Coord. Y UTM SIRGAS 2000, 23S
03	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	4	1,80	3,90	5,70	0,00	466572,41669	7471524,32039
03	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	5	1,80	3,90	5,70	0,00	466420,81014	7471376,68259
03	Porto ABareia (Roseira Extração e Comércio de Areia e Pedra Ltda.)	6	1,80	3,90	5,70	0,00	466884,36107	7471405,25765
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-01	2,90	3,60	6,50	0,00	467117,51007	7472151,155
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-02	2,30	3,80	6,10	0,00	467622,33608	7472044,79229
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-03	0,40	5,90	6,30	0,00	467682,66120	7472519,45574
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-04	1,00	7,30	8,30	0,00	467696,94873	7472676,61855
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-05	3,40	3,60	7,00	0,00	467922,37418	7472379,75546
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-06	5,10	2,30	7,40	0,00	467919,19918	7472571,84334
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-07	2,30	4,90	7,20	0,00	468177,96219	7472582,95587
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-08	0,50	5,70	6,20	0,00	467919,19918	7472848,0689
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-09	2,30	3,80	6,10	0,00	468170,02468	7472862,35642
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-10	4,30	1,80	6,10	0,00	467401,67314	7472925,85655
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-11	1,50	4,80	6,30	0,00	467673,13618	7472956,01911
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-12	2,00	3,70	5,70	0,00	467436,59821	7473192,55708
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-13	1,60	4,50	6,10	0,00	467741,39882	7473146,51949
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-14	2,00	5,20	7,20	0,00	467649,32364	7473321,14484
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-15	3,50	3,20	6,70	0,00	467858,87406	7473474,81515
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-16	4,30	1,90	6,20	0,00	468093,82453	7473562,12782
04	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-17	4,00	2,10	6,10	0,00	468170,02468	7473341,46488
05	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-01	1,80	4,20	6,00	0,00	467179,48321	7472013,55322
05	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-02	2,00	4,40	6,40	0,00	467630,33412	7472038,95327
06	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-01	1,32	3,38	4,70	0,00	466565,56378	7472489,56437
06	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-02	1,30	2,85	4,15	0,00	466629,06391	7472644,34592
06	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-03	1,10	3,60	4,70	0,00	466527,46371	7472739,59612
06	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-04	1,30	3,90	5,20	0,00	466679,86401	7472830,87755
06	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-05	0,40	4,90	5,30	0,00	466449,67605	7472667,36472
06	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-06	0,91	3,84	4,75	0,00	466577,47006	7472902,79144



Código no Mapa	Nome no Mapa	Sigla/Nº poço	Capa (m)	Minério (m)	Final Furo (m)	Argila sotoposta minério (m)	Coord. X UTM SIRGAS 2000, 23S	Coord. Y UTM SIRGAS 2000, 23S
06	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-07	1,25	3,95	5,20	0,00	466589,37633	7473040,90422
06	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-08	2,00	3,60	5,60	0,00	466406,81347	7473103,34601
07	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-01	2,70	3,00	5,70	0,00	466429,10013	7473892,57159
07	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-02	2,20	3,00	5,20	0,00	466485,78578	7473777,42885
07	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-03	2,30	2,90	5,20	0,00	466442,38583	7473610,91473
07	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-04	2,70	2,50	5,20	0,00	466656,72847	7473565,74335
07	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-05	0,90	4,20	5,10	0,00	466585,87140	7473658,74325
07	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-06	1,20	3,90	5,10	0,00	466652,2999	7473726,05747
07	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-07	1,70	3,30	5,00	0,00	466631,04278	7473819,05738
07	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-08	1,00	2,20	3,20	0,00	466610,67137	7473943,05725
07	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-09	0,50	3,00	3,50	0,00	466483,12864	7473997,97148
07	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Porto Feliz Ltda.)	SP-10	2,80	2,30	5,10	0,00	466458,32867	7474073,25712
08	Mineração AFF Ltda. (antigo Porto de Areia Tubarão Ltda.)	SP-01	2,00	2,30	4,30	0,00	466685,35240	7474333,68502
08	Mineração AFF Ltda. (antigo Porto de Areia Tubarão Ltda.)	SP-02	1,00	4,20	5,20	0,00	466590,10221	7474329,45168
08	Mineração AFF Ltda. (antigo Porto de Areia Tubarão Ltda.)	SP-03	1,00	3,50	4,50	0,00	466436,64357	7474258,5432
08	Mineração AFF Ltda. (antigo Porto de Areia Tubarão Ltda.)	SP-04	2,50	2,50	5,00	0,00	466804,94430	7474196,10141
08	Mineração AFF Ltda. (antigo Porto de Areia Tubarão Ltda.)	SP-05	2,00	2,50	4,50	0,00	466808,11931	7474265,95155
08	Mineração AFF Ltda. (antigo Porto de Areia Tubarão Ltda.)	SP-06	1,40	2,75	4,15	0,00	466811,29432	7474337,91836
08	Mineração AFF Ltda. (antigo Porto de Areia Tubarão Ltda.)	SP-07	1,00	3,30	4,30	0,00	466732,97749	7474264,89322
08	Mineração AFF Ltda. (antigo Porto de Areia Tubarão Ltda.)	SP-08	0,50	4,10	4,60	0,00	466682,17739	7474221,50146
08	Mineração AFF Ltda. (antigo Porto de Areia Tubarão Ltda.)	SP-09	1,00	3,60	4,60	0,00	466592,21888	7474398,24348
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-01	1,60	3,40	5,00	0,00	467244,73202	7473698,66286
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-02	1,70	3,40	5,10	0,00	467245,79036	7473770,62967
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-03	1,80	3,20	5,00	0,00	467175,94022	7473697,60453
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-04	1,70	3,40	5,10	0,00	467135,19430	7473742,3192
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-05	1,80	3,70	5,50	0,00	467173,82355	7473844,71316
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-06	2,70	2,40	5,10	0,00	467105,03174	7473916,67997
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-07	2,70	2,60	5,30	0,00	467103,97341	7473771,68801

Código no Mapa	Nome no Mapa	Sigla/Nº poço	Capa (m)	Minério (m)	Final Furo (m)	Argila sotoposta minério (m)	Coord. X UTM SIRGAS 2000, 23S	Coord. Y UTM SIRGAS 2000, 23S
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-08	2,90	2,00	4,90	0,00	467025,65658	7473692,31285
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-09	2,90	2,20	5,10	0,00	467034,12327	7473845,77149
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-10	1,30	3,10	4,40	0,00	466969,56480	7473919,85497
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-11	2,30	2,70	5,00	0,00	466888,07298	7473842,59649
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-12	2,70	3,00	5,70	0,00	466955,80644	7473769,57134
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-13	1,70	3,90	5,60	0,00	467027,24409	7473942,3446
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-14	2,20	3,10	5,30	0,00	466867,96460	7473388,57058
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-15	1,80	3,80	5,60	0,00	466769,53940	7473369,52054
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-16	1,90	3,60	5,50	0,00	s/ plotagem no mapa	s/ plotagem no mapa
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-17	1,40	3,60	5,00	0,00	466867,96460	7473537,79588
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-18	2,10	3,00	5,10	0,00	466945,22309	7473615,05436
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-19	2,25	1,55	3,80	0,00	467017,71907	7473729,61918
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-20	1,30	3,70	5,00	0,00	466775,88942	7473840,47981
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-21	1,60	3,80	5,40	0,00	466873,25628	7473720,88791
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-22	1,85	2,85	4,70	0,00	466774,83108	7473760,04632
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-23	1,70	2,50	5,20	0,00	466795,99779	7473612,93769
09	Mineração AFF Ltda. (antiga Mineração Aoki Taubaté Ltda.)	SP-24	1,21	3,09	4,30	0,00	466793,88112	7473463,71239
10	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-01	0,40	5,90	6,30	0,00	467730,41859	7472228,75745
10	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-02	1,00	7,30	8,30	0,00	467758,99365	7472318,71596
10	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-03	2,30	3,80	6,10	0,00	467697,08102	7472671,14167
10	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-04	1,80	4,40	6,20	0,00	467720,89357	7472491,75381
11	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-01	4,30	1,80	6,10	0,00	467401,05795	7472920,93049
11	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-02	2,00	3,70	5,70	0,00	467440,74553	7473192,12895
11	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-03	2,00	5,20	7,20	0,00	467655,05846	7473323,09796
11	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-04	1,60	4,50	6,10	0,00	467746,33989	7473143,18093
11	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-05	1,50	4,80	6,30	0,00	467673,57933	7472947,38888
11	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-06	5,10	2,30	7,40	0,00	467919,19918	7472571,84334
11	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-07	2,30	4,90	7,20	0,00	468177,96219	7472582,95587

Código no Mapa	Nome no Mapa	Sigla/Nº poço	Capa (m)	Minério (m)	Final Furo (m)	Argila sotoposta minério (m)	Coord. X UTM SIRGAS 2000, 23S	Coord. Y UTM SIRGAS 2000, 23S
11	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-08	0,50	5,70	6,20	0,00	467919,19918	7472848,0689
11	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-09	2,30	3,80	6,10	0,00	468170,02468	7472862,35642
11	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	TR-01	1,40	4,70	6,10	0,00	468060,13635	7473008,50775
11	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	TR-02	1,70	4,80	6,50	0,00	468061,72386	7472744,98222
12	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-01	3,10	3,50	6,60	0,00	467904,38248	7473583,08287
12	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-02	3,20	3,80	7,00	0,00	467977,40763	7473583,08287
12	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-03	3,00	3,30	6,30	0,00	468018,68271	7473514,29106
12	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-04	3,10	3,30	6,40	0,00	467938,24921	7473513,23273
12	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-05	2,00	4,00	6,00	0,00	467852,52404	7473437,03257
12	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-06	2,20	3,80	6,00	0,00	467930,84087	7473413,74919
12	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-07	3,10	3,40	6,50	0,00	468001,74934	7473396,81583
12	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-08	1,60	4,00	5,60	0,00	467912,84916	7473262,40722
12	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-09	1,80	3,80	5,60	0,00	468125,57459	7473254,99888
12	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-10	1,70	3,60	5,30	0,00	467886,39078	7473121,64861
12	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-11	2,10	3,90	6,00	0,00	468018,68271	7473117,41527
12	Porto das Telhas (Mineração de Areia Porto das Telhas Ltda.)	SP-12	1,80	3,30	5,10	0,00	468192,24972	7473125,88195
13	Mineração Campo Azul Roseira Ltda.(antiga Múltipla Pinda Empreend. Imobiliários Ltda.)	SP-01	0,80	5,80	6,60	0,00	468465,16188	7473885,40596
13	Mineração Campo Azul Roseira Ltda.(antiga Múltipla Pinda Empreend. Imobiliários Ltda.)	SP-02	2,30	4,50	6,80	0,00	468506,17238	7473750,46819
13	Mineração Campo Azul Roseira Ltda.(antiga Múltipla Pinda Empreend. Imobiliários Ltda.)	SP-03	1,60	4,80	6,40	0,00	468417,53679	7473627,43669
13	Mineração Campo Azul Roseira Ltda.(antiga Múltipla Pinda Empreend. Imobiliários Ltda.)	SP-04	2,00	5,20	7,20	0,00	468582,90170	7473537,47818
13	Mineração Campo Azul Roseira Ltda.(antiga Múltipla Pinda Empreend. Imobiliários Ltda.)	SP-05	1,70	3,90	5,60	0,00	468810,44382	7473644,63464
13	Mineração Campo Azul Roseira Ltda.(antiga Múltipla Pinda Empreend. Imobiliários Ltda.)	SP-06	1,40	5,80	7,20	0,00	469036,66302	7473656,54092
13	Mineração Campo Azul Roseira Ltda.(antiga Múltipla Pinda Empreend. Imobiliários Ltda.)	SP-07	1,70	4,50	6,20	0,00	468938,76699	7473464,71761
13	Mineração Campo Azul Roseira Ltda.(antiga Múltipla Pinda Empreend. Imobiliários Ltda.)	SP-08	1,70	5,00	6,70	0,00	469215,25713	7473540,12402



Código no Mapa	Nome no Mapa	Sigla/Nº poço	Capa (m)	Minério (m)	Final Furo (m)	Argila sotoposta minério (m)	Coord. X UTM SIRGAS 2000, 23S	Coord. Y UTM SIRGAS 2000, 23S
14	Mineração Campo Verde Roseira Ltda. (antiga Empresa de Min. Fiori de Taboão Ltda.)	SP-02	1,40	4,80	6,20	0,00	468538,67115	7473172,72419
14	Mineração Campo Verde Roseira Ltda. (antiga Empresa de Min. Fiori de Taboão Ltda.)	SP-03	2,50	3,70	6,20	0,00	468485,75438	7473384,39128
14	Mineração Campo Verde Roseira Ltda. (antiga Empresa de Min. Fiori de Taboão Ltda.)	SP-12	2,50	4,70	7,20	0,00	469442,48963	7473403,44132
14	Mineração Campo Verde Roseira Ltda. (antiga Empresa de Min. Fiori de Taboão Ltda.)	SP-13	0,90	6,40	7,30	0,00	469074,18889	7473187,54089
14	Mineração Campo Verde Roseira Ltda. (antiga Empresa de Min. Fiori de Taboão Ltda.)	SP-15	2,40	4,90	7,30	0,00	469364,17280	7473251,04101
14	Mineração Campo Verde Roseira Ltda. (antiga Empresa de Min. Fiori de Taboão Ltda.)	SP-16	1,50	6,10	7,60	0,00	469503,87308	7473083,82401
14	Mineração Campo Verde Roseira Ltda. (antiga Empresa de Min. Fiori de Taboão Ltda.)	SP-17	1,40	6,30	7,70	0,00	469493,28973	7473212,94094
15	Mineração Campo Verde Roseira Ltda. (antiga Empresa de Min. Fiori de Taboão Ltda.)	SP-01	2,10	4,00	6,10	0,00	468576,77123	7472990,69049
15	Mineração Campo Verde Roseira Ltda. (antiga Empresa de Min. Fiori de Taboão Ltda.)	SP-14	2,20	3,80	6,00	0,00	468851,93845	7473011,8572
15	Mineração Campo Verde Roseira Ltda. (antiga Empresa de Min. Fiori de Taboão Ltda.)	SP-18	2,00	4,00	6,00	0,00	469251,98925	7472893,32363
15	Mineração Campo Verde Roseira Ltda. (antiga Empresa de Min. Fiori de Taboão Ltda.)	SP-19	2,00	4,20	6,20	0,00	469050,90551	7472702,82325
16	Canhão Pindamonhangaba Extr. de Min. Ltda. (antiga Múltipla Pinda Empreend. Imob. Ltda.)	SP-1A	3,60	3,80	7,40	0,00	468509,03776	7472072,05532
16	Canhão Pindamonhangaba Extr. de Min. Ltda. (antiga Múltipla Pinda Empreend. Imob. Ltda.)	SP-2A	2,20	5,20	7,40	0,00	468542,90449	7472192,70556
16	Canhão Pindamonhangaba Extr. de Min. Ltda. (antiga Múltipla Pinda Empreend. Imob. Ltda.)	SP-3A	2,30	4,10	6,40	0,00	468504,80442	7472349,33921
16	Canhão Pindamonhangaba Extr. de Min. Ltda. (antiga Múltipla Pinda Empreend. Imob. Ltda.)	SP-4A	3,30	2,70	6,00	0,00	468655,08805	7472146,1388
16	Canhão Pindamonhangaba Extr. de Min. Ltda. (antiga Múltipla Pinda Empreend. Imob. Ltda.)	SP-5A	3,10	3,50	6,60	0,00	468650,85471	7472237,15565
16	Canhão Pindamonhangaba Extr. de Min. Ltda. (antiga Múltipla Pinda Empreend. Imob. Ltda.)	SP-6A	1,40	5,10	6,50	0,00	469067,83888	7472482,68948
16	Canhão Pindamonhangaba Extr. de Min. Ltda. (antiga Múltipla Pinda Empreend. Imob. Ltda.)	SP-7A	1,40	4,20	5,60	0,00	468902,73855	7472334,52251
17	Porto Roma (Minerais Roma Ltda.)	SP-04	2,00	2,60	15,70	11,10	469998,09886	7472654,6229
17	Porto Roma (Minerais Roma Ltda.)	SP-05	3,30	3,10	21,00	14,60	469698,85451	7472630,0166

Código no Mapa	Nome no Mapa	Sigla/Nº poço	Capa (m)	Minério (m)	Final Furo (m)	Argila sotoposta minério (m)	Coord. X UTM SIRGAS 2000, 23S	Coord. Y UTM SIRGAS 2000, 23S
17	Porto Roma (Minerais Roma Ltda.)	SP-06	3,50	4,00	20,00	12,50	469821,09226	7472464,91627
17	Porto Roma (Minerais Roma Ltda.)	SP-08	1,30	6,10	14,00	6,60	469613,12934	7472333,15351
17	Porto Roma (Minerais Roma Ltda.)	SP-10	2,60	7,20	20,60	10,80	469637,73564	7472507,77886
17	Porto Roma (Minerais Roma Ltda.)	SP-11	2,70	4,20	21,00	14,10	469845,69856	7472677,6417
18	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	TR-01	1,00	4,90	5,90	0,00	470689,74190	7472514,03648
18	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	TR-02	1,30	4,30	5,60	0,00	470689,74190	7472338,08821
18	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	TR-03	1,70	4,00	5,70	0,00	470590,52295	7472222,99423
18	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	TR-04	1,80	3,70	5,50	0,00	470007,11553	7471971,63956
18	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	TR-05	2,20	3,50	5,70	0,00	469799,41720	7472158,17118
18	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	TR-06	1,20	4,30	5,50	0,00	469731,94831	7472258,71305
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-01	0,90	4,50	5,40	0,00	470113,68274	7472003,07135
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-02	1,20	3,10	4,30	0,00	470012,08253	7471961,79627
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-03	1,00	3,20	4,20	0,00	470193,05789	7471860,19607
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-04	0,80	3,40	4,20	0,00	470372,44575	7471880,83361
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-05	0,60	3,40	4,00	0,00	470327,99566	7472015,77138
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-06	0,40	4,30	4,70	0,00	470450,23341	7472003,07135
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-07	0,90	3,60	4,50	0,00	470450,23341	7472201,50925
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-08	1,00	2,60	3,60	0,00	470448,64591	7472317,39698
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-09	1,20	3,80	5,00	0,00	470169,24535	7472314,22197
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-10	1,00	3,50	4,50	0,00	469978,74497	7472334,85952
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-11	0,80	3,60	4,40	0,00	470020,02005	7472171,34669
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-12	1,20	4,20	5,40	0,00	470127,97026	7472223,73429
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-13	1,00	4,00	5,00	0,00	470351,80821	7472630,13511
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-14	1,10	4,10	5,20	0,00	470331,17067	7472469,79729
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-15	2,20	5,10	7,30	0,00	470543,89610	7472623,78509
19	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-16	1,80	5,70	7,50	0,00	470169,24535	7472512,65987
20	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-1	0,50	4,90	5,40	0,00	470870,98184	7472576,47827
20	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-2	0,40	4,80	5,20	0,00	470832,88176	7472112,92734

Código no Mapa	Nome no Mapa	Sigla/Nº poço	Capa (m)	Minério (m)	Final Furo (m)	Argila sotoposta minério (m)	Coord. X UTM SIRGAS 2000, 23S	Coord. Y UTM SIRGAS 2000, 23S
20	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-3	2,00	4,00	6,00	0,00	471147,20739	7472193,89
20	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-4	2,70	4,30	7,00	0,00	471096,40729	7472363,75284
20	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-5	1,80	3,70	5,50	0,00	471313,89523	7472374,86537
20	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-6	2,20	3,50	5,70	0,00	471104,34481	7472549,49072
20	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-7	2,30	3,70	6,00	0,00	471309,13272	7472533,61568
21	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	TR-01	0,50	3,50	4,00	0,00	471022,52830	7471967,8817
21	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	TR-02	0,80	3,30	4,10	0,00	471357,22689	7472175,58003
21	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	TR-03	1,20	2,70	3,90	0,00	471496,13342	7472436,19513
22	Porto Mintercol (Mintercol Minerais, Terraplenagem e Construções Ltda.)	TR-01	1,80	3,80	5,60	0,00	472770,1256	7472327,45181
22	Porto Mintercol (Mintercol Minerais, Terraplenagem e Construções Ltda.)	TR-02	1,20	4,50	5,70	0,00	472900,30086	7472259,18918
22	Porto Mintercol (Mintercol Minerais, Terraplenagem e Construções Ltda.)	TR-03	1,20	5,60	6,80	0,00	472816,16319	7472149,65146
22	Porto Mintercol (Mintercol Minerais, Terraplenagem e Construções Ltda.)	TR-04	2,00	3,80	5,80	0,00	472690,75044	7472103,61387
22	Porto Mintercol (Mintercol Minerais, Terraplenagem e Construções Ltda.)	TR-05	1,80	2,60	4,40	0,00	472874,90081	7471946,45105
22	Porto Mintercol (Mintercol Minerais, Terraplenagem e Construções Ltda.)	TR-06	0,30	3,80	4,10	0,00	472909,82588	7471843,26334
22	Porto Mintercol (Mintercol Minerais, Terraplenagem e Construções Ltda.)	TR-07	0,40	3,20	3,60	0,00	472735,20053	7471925,81351
22	Porto Mintercol (Mintercol Minerais, Terraplenagem e Construções Ltda.)	TR-08	1,10	2,10	3,20	0,00	473151,12636	7471928,98852
23	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-01	2,20	4,40	6,60	0,00	475216,27394	7474703,92436
23	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-02	2,00	4,50	6,50	0,00	475175,80328	7474594,74771
23	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-03	1,60	4,00	5,60	0,00	475291,56818	7474504,39462
23	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-04	1,80	3,20	5,00	0,00	475294,39172	7474455,45336
23	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-05	1,50	3,00	4,50	0,00	475391,33305	7474604,15949
23	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-06	1,80	3,00	4,80	0,00	475562,62746	7474606,04184
23	Porto Itaguaçu ( Extratora de Minerais Itaguaçu Eireli)	SP-07	1,50	3,20	4,70	0,00	475371,56831	7474740,6303
24	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	SP-01	2,20	4,80	7,00	0,00	477876,72759	7477323,45258

Código no Mapa	Nome no Mapa	Sigla/Nº poço	Capa (m)	Minério (m)	Final Furo (m)	Argila sotoposta minério (m)	Coord. X UTM SIRGAS 2000, 23S	Coord. Y UTM SIRGAS 2000, 23S
24	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	SP-02	0,30	7,40	7,70	0,00	477692,57722	7476912,28925
24	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	SP-03	1,80	5,80	7,60	0,00	477384,60161	7476686,8638
25	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	SP-02	2,40	3,80	6,20	0,00	478140,78228	7476778,93899
25	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	SP-03	2,80	4,20	7,00	0,00	478140,78228	7477085,85627
25	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	SP-04	2,20	5,30	7,00	0,00	477877,25676	7477085,85627
25	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	SP-05	2,00	7,70	9,70	0,00	477858,20672	7476776,82232
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-01	0,70	4,00	4,70	0,00	478271,95891	7477275,99234
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-02	3,40	1,20	4,60	0,00	478320,90692	7477110,62743
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-03	0,60	4,70	5,30	0,00	478351,99552	7476922,11143
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-04	1,40	3,40	4,80	0,00	478318,92254	7476789,8195
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-05	2,40	3,30	5,70	0,00	478257,40679	7476798,41847
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-06	1,50	3,50	5,00	0,00	478277,91204	7476928,72602
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-07	2,20	1,80	4,00	0,00	478200,52126	7476635,6994
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-08	1,30	2,30	3,60	0,00	478264,68285	7476618,50145
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-09	2,00	2,00	4,00	0,00	478193,90667	7476426,67815
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-10	0,70	3,30	4,00	0,00	478125,77632	7476444,53756
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-11	2,00	3,50	5,50	0,00	478148,26595	7476193,18289
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-12	2,70	3,50	6,20	0,00	478399,62062	7475839,30197
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-13	1,50	3,50	5,00	0,00	478393,00602	7475907,43232
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-14	1,80	4,30	6,10	0,00	478509,55521	7475925,95319



Código no Mapa	Nome no Mapa	Sigla/Nº poço	Capa (m)	Minério (m)	Final Furo (m)	Argila sotoposta minério (m)	Coord. X UTM SIRGAS 2000, 23S	Coord. Y UTM SIRGAS 2000, 23S
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-15	3,70	2,80	6,50	0,00	478557,84177	7475889,5729
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-16	0,90	5,90	6,80	0,00	478648,46174	7475994,08353
26	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-17	2,40	3,30	5,10	0,00	478601,49811	7476037,73987
27	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-01	2,20	4,90	7,10	0,00	478289,56310	7477095,27571
27	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-02	2,10	3,35	5,45	0,00	478279,44803	7476824,69774
27	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-03	2,16	3,77	5,93	0,00	478183,98711	7476560,44168
27	Porto Morro Vermelho (Morro Vermelho Empreendimento Agrícola Ltda.)	TR-04	2,14	3,26	5,40	0,00	478107,49194	7476372,0486
28	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	(TR) SP-01	1,50	3,50	5,00	0,00	484607,46182	7486458,39372
28	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	(TR) SP-02	2,00	2,00	4,00	0,00	484467,76154	7486199,6307
28	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	(TR) SP-03	2,00	3,00	5,00	0,00	484710,64953	7486240,90578
29	Porto Itaguaçu (Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-01	1,30	4,00	5,30	0,00	485082,45270	7486768,8207
29	Porto Itaguaçu (Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-02	1,50	4,20	5,70	0,00	485081,79124	7486674,23197
29	Porto Itaguaçu (Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-03	1,40	4,40	5,80	0,00	484954,12953	7486673,57051
29	Porto Itaguaçu (Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-04	0,30	0,50	0,80	0,00	485166,45808	7486916,3262
29	Porto Itaguaçu (Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-05	0,30	0,60	0,90	0,00	485167,11954	7486895,1595
29	Porto Itaguaçu (Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-06	0,10	1,20	1,30	0,00	485167,78100	7486871,34695
29	Porto Itaguaçu (Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-07	0,00	1,90	1,90	0,00	485167,78100	7486852,82608
29	Porto Itaguaçu (Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-08	0,30	1,20	1,50	0,00	485075,17664	7486906,40431
29	Porto Itaguaçu (Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-09	0,30	1,70	2,00	0,00	485079,80686	7486885,2376
29	Porto Itaguaçu (Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-10	0,10	1,90	2,00	0,00	485085,09854	7486864,07089
29	Porto Itaguaçu (Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-11	0,00	2,10	2,10	0,00	485089,06730	7486846,21148
29	Porto Itaguaçu (Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-12	1,60	0,30	1,90	0,00	484988,52543	7486877,96154
29	Porto Itaguaçu (Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-13	0,30	2,50	2,80	0,00	484997,78586	7486858,11775
29	Porto Itaguaçu (Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-14	0,10	2,80	2,90	0,00	485006,38484	7486838,27396
29	Porto Itaguaçu (Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-15	0,30	1,40	1,70	0,00	484915,10341	7486830,33645

Código no Mapa	Nome no Mapa	Sigla/Nº poço	Capa (m)	Minério (m)	Final Furo (m)	Argila sotoposta minério (m)	Coord. X UTM SIRGAS 2000, 23S	Coord. Y UTM SIRGAS 2000, 23S
29	Porto Itaguaçu ( Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-16	0,30	2,00	2,30	0,00	484928,99406	7486815,78434
29	Porto Itaguaçu ( Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-17	0,10	3,00	3,10	0,00	484945,53055	7486799,24785
29	Porto Itaguaçu ( Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-18	0,40	1,20	1,60	0,00	484833,74387	7486747,65399
29	Porto Itaguaçu ( Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-19	0,30	1,20	1,50	0,00	484848,29598	7486731,1175
29	Porto Itaguaçu ( Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-20	0,10	1,30	1,40	0,00	484865,49393	7486715,90393
29	Porto Itaguaçu ( Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-21	0,10	1,40	1,50	0,00	s/ plotagem no mapa	s/ plotagem no mapa
29	Porto Itaguaçu ( Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-22	0,00	2,00	2,00	0,00	484769,58228	7486681,50803
29	Porto Itaguaçu ( Itaguaçu Mineração e Transporte Me)	SP-23	0,00	2,20	2,20	0,00	484800,00943	7486651,74234
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-01	3,30	2,70	6,00	0,00	485422,10621	7484595,75682
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-02	3,50	2,30	5,80	0,00	485522,64808	7484596,81515
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-03	2,00	3,30	5,30	0,00	485421,04788	7484695,24035
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-04	2,00	2,10	4,10	0,00	485521,58975	7484695,24035
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-05	1,80	2,20	4,00	0,00	485623,18995	7484695,24035
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-06	2,10	2,50	4,60	0,00	485419,98954	7484795,78222
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-07	1,00	5,00	6,00	0,00	485521,58975	7484795,78222
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-08	2,00	2,50	4,50	0,00	485622,13161	7484795,78222
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-09	2,50	3,00	5,50	0,00	485419,98954	7484889,97407
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-10	1,20	2,80	4,00	0,00	485520,53141	7484888,91574
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-11	2,10	2,70	4,80	0,00	485623,18995	7484888,91574
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-12	1,70	3,30	5,00	0,00	485722,67348	7484888,91574
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-13	1,00	3,10	4,10	0,00	485528,99809	7484985,22426
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-14	2,40	3,50	5,90	0,00	485623,18995	7484985,22426
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-15	3,00	1,90	4,90	0,00	485724,79015	7484985,22426
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-16	1,60	2,60	4,20	0,00	485825,33202	7484985,22426
30	Porto Agimix (Agimix Extração, Comércio e Transporte Ltda.)	SP-17	2,40	2,40	4,80	0,00	485725,71620	7485086,03072
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-01	0,70	4,30	5,00	0,00	492483,18793	7490014,01303
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-02	0,30	4,70	5,00	0,00	492509,64631	7489908,17948
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-03	0,30	4,70	5,00	0,00	492530,81302	7489818,22097

Código no Mapa	Nome no Mapa	Sigla/Nº poço	Capa (m)	Minério (m)	Final Furo (m)	Argila sotoposta minério (m)	Coord. X UTM SIRGAS 2000, 23S	Coord. Y UTM SIRGAS 2000, 23S
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-04	0,70	4,10	4,80	0,00	492561,50475	7489713,44576
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-05	1,50	3,00	4,50	0,00	492583,72979	7489617,13723
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-06	0,20	4,80	5,00	0,00	492506,47131	7489597,02886
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-07	0,30	4,70	5,00	0,00	492488,47960	7489695,45406
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-08	0,30	4,70	5,00	0,00	492453,55453	7489801,2876
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-09	0,30	4,70	5,00	0,00	492434,50450	7489887,01277
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-10	0,70	4,30	5,00	0,00	492406,98777	7489999,19633
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-11	1,00	3,50	4,50	0,00	492330,78762	7489964,27126
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-12	1,00	3,50	4,50	0,00	492351,95433	7489866,9044
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-13	0,70	4,30	5,00	0,00	492377,35438	7489782,23756
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-14	0,30	4,70	5,00	0,00	492411,22112	7489689,10404
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-15	0,50	3,50	4,00	0,00	492435,56283	7489564,22046
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-16	1,00	4,00	5,00	0,00	492351,95433	7489575,86215
31	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	TR-17	1,00	2,00	3,00	0,00	492323,37927	7489681,6957
32	Porto Cinco Lagos (Extração de Areia Cinco Lagos Ltda.)	SP-01	3,40	10,60	14,00	0,00	493046,83875	7487959,80228
32	Porto Cinco Lagos (Extração de Areia Cinco Lagos Ltda.)	SP-02	1,90	4,10	6,00	0,00	493359,04771	7488012,71905
32	Porto Cinco Lagos (Extração de Areia Cinco Lagos Ltda.)	SP-03	1,80	12,50	14,30	0,00	493380,21442	7487860,58333
32	Porto Cinco Lagos (Extração de Areia Cinco Lagos Ltda.)	SP-04	2,50	5,10	7,60	0,00	492919,8385	7487320,83225
32	Porto Cinco Lagos (Extração de Areia Cinco Lagos Ltda.)	SP-05	2,10	5,90	8,00	0,00	493054,77627	7487613,19742
33	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-01	3,90	2,40	6,30	0,00	492867,52869	7492672,75229
33	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-02	3,90	6,60	10,50	0,00	492827,84111	7492807,69006
33	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-03	0,80	7,20	8,00	0,00	492741,85135	7493070,951
33	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-04	3,00	2,00	5,00	0,00	492712,74713	7492917,49236
33	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-05	3,00	2,30	5,30	0,00	492687,61166	7493184,72206
33	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-06	2,00	4,20	6,20	0,00	492639,98657	7493065,65932
33	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-07	3,00	6,10	9,10	0,00	492632,04905	7493317,01399
33	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-08	2,00	4,20	6,20	0,00	492536,79886	7493209,85753
34	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	ST-01	3,80	9,80	13,60	0,00	492957,22262	7493325,74526



Código no Mapa	Nome no Mapa	Sigla/Nº poço	Capa (m)	Minério (m)	Final Furo (m)	Argila sotoposta minério (m)	Coord. X UTM SIRGAS 2000, 23S	Coord. Y UTM SIRGAS 2000, 23S
34	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	ST-02	2,90	3,50	6,30	0,00	493145,60633	7493321,51192
34	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	ST-03	2,60	3,90	6,50	0,00	492952,98928	7493150,06157
34	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	ST-04	4,00	4,70	8,70	0,00	492804,82231	7493370,19535
34	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	ST-05	2,30	5,50	7,80	0,00	493234,50651	7493209,32836
34	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	ST-06	1,90	5,90	7,80	0,00	493143,48966	7493141,59489
34	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	ST-07	2,70	2,30	5,00	0,00	492737,08884	7493186,04498
34	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	ST-08	2,70	6,10	8,80	0,00	492741,32219	7493291,87852
35	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-01	1,80	5,20	7,00	0,00	493164,12720	7493592,57808
35	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-02	3,40	4,80	8,20	0,00	493164,12720	7493470,34034
35	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-03	2,10	4,40	6,50	0,00	493440,35275	7493106,80211
35	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-04	2,60	3,90	6,50	0,00	493587,99055	7493152,8397
35	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-05	2,00	4,60	6,60	0,00	493372,09011	7492875,02665
35	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-06	2,70	5,40	9,10	0,00	493370,50261	7492676,58875
36	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-01	3,90	2,40	6,30	0,00	492854,29950	7492671,42937
36	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-02	3,90	6,60	10,50	0,00	492827,84111	7492810,33589
36	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-03	2,20	3,80	6,00	0,00	492800,05980	7492959,82578
36	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-04	2,60	2,90	5,50	0,00	493120,20628	7492852,66931
36	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-05	2,00	4,20	6,20	0,00	492964,10180	7492955,85702
36	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-06	2,70	3,50	6,20	0,00	492981,29975	7492834,14844
36	Porto Lara (Martins Lara & Lara Ltda.)	SP-07	3,00	6,10	9,10	0,00	493023,63317	7492654,23142
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-01	2,50	5,50	8,00	0,00	494032,82778	7492797,91564
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-02	3,05	0,75	8,00	4,20	494221,74065	7492870,94079
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-03	1,30	3,00	6,00	1,70	494410,65353	7492943,17218
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-04	2,50	1,50	8,00	4,00	494594,01015	7493012,22857
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-05	3,50	5,25	11,50	2,75	494784,51053	7493086,04747
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-06	1,60	3,60	10,00	4,80	493956,62762	7492982,85976
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-07	3,00	3,00	10,00	4,00	494154,27177	7493064,61618
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-08	3,00	4,00	10,00	3,00	494335,24713	7493136,05382

Código no Mapa	Nome no Mapa	Sigla/Nº poço	Capa (m)	Minério (m)	Final Furo (m)	Argila sotoposta minério (m)	Coord. X UTM SIRGAS 2000, 23S	Coord. Y UTM SIRGAS 2000, 23S
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-09	3,40	1,20	8,00	3,40	494515,42874	7493206,69771
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-10	4,00	3,20	7,20	0,00	494709,89788	7493282,89786
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-11	3,20	3,10	10,00	3,70	493878,04622	7493178,12265
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-12	2,00	6,10	10,00	1,90	494082,04037	7493256,70406
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-13	3,10	2,35	8,70	3,25	494264,60324	7493329,72921
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-14	3,20	6,80	10,00	0,00	494439,22859	7493396,40434
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-15	4,00	6,60	10,60	0,00	494636,07898	7493474,192
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-16	2,00	8,00	10,00	0,00	493807,40233	7493367,03553
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-17	6,00	4,00	10,00	0,00	494010,60273	7493444,82319
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-18	1,80	10,20	12,00	0,00	494191,57809	7493513,87957
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-19	2,30	2,50	10,00	5,20	494363,82219	7493579,76096
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-20	3,60	2,00	6,00	0,40	494563,84759	7493655,96111
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-21	3,40	3,60	12,00	5,00	494112,99669	7493664,69238
37	Porto CAJ (Mineração Nova Caj Ltda.)	SP-22	3,70	3,30	7,00	0,00	494300,32206	7493749,6238
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-01	1,60	3,90	5,50	0,00	496097,94218	7493833,7211
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-02	2,00	2,15	4,15	0,00	496172,02566	7493878,17119
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-03	2,60	2,20	4,80	0,00	496269,39252	7493950,138
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-04	2,80	1,30	4,10	0,00	496036,55872	7493898,27957
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-05	2,15	1,25	3,40	0,00	496096,88384	7493949,07967
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-06	1,50	3,20	4,70	0,00	496193,19237	7494027,39649
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-07	2,80	1,35	4,15	0,00	495921,20016	7493896,16289
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-08	2,30	1,60	3,90	0,00	496014,33368	7493995,64643
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-09	0,60	3,00	3,60	0,00	496144,50894	7494095,12996
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-10	3,10	0,00	3,10	0,00	495941,30853	7494040,09652
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-11	2,10	0,00	3,80	0,00	496019,62536	7494127,93836
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-12	2,70	1,60	4,30	0,00	496083,12548	7494199,90517
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-13	4,10	0,00	4,10	0,00	495873,57506	7493952,25467
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-14	1,90	3,90	5,80	0,00	495768,79985	7494060,20489

Código no Mapa	Nome no Mapa	Sigla/Nº poço	Capa (m)	Minério (m)	Final Furo (m)	Argila sotoposta minério (m)	Coord. X UTM SIRGAS 2000, 23S	Coord. Y UTM SIRGAS 2000, 23S
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-15	5,00	0,00	5,00	0,00	495853,46669	7494130,05503
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-16	1,00	3,50	4,50	0,00	495903,20846	7494196,73016
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-17	3,10	0,90	4,00	0,00	495992,10863	7494260,86529
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-18	3,00	0,80	3,80	0,00	495851,35002	7494315,89873
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-19	3,50	1,00	4,50	0,00	495759,27484	7494244,99026
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-20	1,80	2,40	4,20	0,00	495656,61630	7494152,91507
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-21	3,00	1,00	4,00	0,00	495552,89942	7494282,032
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-22	2,00	0,80	3,80	0,00	495660,84964	7494369,87384
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-23	2,00	3,00	4,70	0,00	495585,70782	7494483,11574
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-24	3,80	0,60	4,40	0,00	495413,19914	7494396,33223
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-25	3,50	2,90	6,40	0,00	495359,22404	7494459,83236
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-26	3,00	2,00	5,00	0,00	495492,57430	7494551,90754
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-27	2,50	2,50	5,00	0,00	495309,48227	7494552,96587
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-28	1,80	2,20	5,00	0,00	495653,44129	7494271,44865
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-29	1,20	5,20	6,40	0,00	496374,16773	7493907,38125
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-30	3,00	1,00	4,00	0,00	496211,18407	7493715,82253
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-31	0,80	5,30	6,10	0,00	496488,46796	7493758,15595
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-32	1,20	2,60	3,80	0,00	496484,23462	7493899,9729
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-33	1,80	0,00	1,80	0,00	496731,88511	7493888,33121
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-34	1,80	0,00	1,80	0,00	496718,12675	7493759,21429
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-35	1,30	1,80	3,10	0,00	496616,52655	7493650,20574
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-36	1,70	0,00	1,70	0,00	496501,16799	7493556,01388
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-37	1,70	0,00	1,70	0,00	496436,60952	7493443,83032
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-38	1,90	0,10	2,00	0,00	496819,72696	7493859,75616
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-39	1,50	2,70	4,20	0,00	496818,66862	7493681,9558
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-40	0,80	3,70	4,50	0,00	496927,67717	7493787,78934
38	Mineração Shimazu (M.A. Fávaro Shimazu)	TR-41	1,00	2,00	3,00	0,00	496910,74381	7493666,08077





# DESENHO 1

## Mapa Geológico e dos limites da Zona de Potencial de Areia