

# PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

---

## PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO



### INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Rochas e Minerais Industriais, nº 24

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

### **Ministro de Estado**

Bento Albuquerque

### **Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**

Alexandre Vidigal de Oliveira

## **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

### **DIRETORIA EXECUTIVA**

#### **Diretor Presidente**

Esteves Pedro Colnago

#### **Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

José Leonardo Silva Andriotti

#### **Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Antônio Carlos Bacelar Nunes

#### **Diretor de Infraestrutura Geocientífica**

Fernando Pereira de Carvalho

#### **Diretor de Administração e Finanças**

Cassiano de Souza Alves

### **COORDENAÇÃO TÉCNICA**

#### **Chefe do Departamento de Geologia**

Lúcia Travassos da Rosa Costa

#### **Chefe da Divisão de Geologia Básica**

Vladimir Cruz de Medeiros

#### **Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica**

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

#### **Chefe do Departamento de Recursos Minerais**

Marcelo Esteves Almeida

#### **Chefe da Divisão de Geologia Econômica**

Felipe Matos Tavares

#### **Chefe da Divisão de Geoquímica**

Cassiano Costa e Castro

#### **Chefe do Departamento de Informações Institucionais**

Edgar Shinzato

#### **Chefe da Divisão de Geoprocessamento**

Hiran Silva Dias

#### **Chefe da Divisão de Cartografia**

Fábio Silva da Costa

#### **Chefe da Divisão de Documentação Técnica**

Roberta Pereira da Silva de Paula

#### **Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação**

Patrícia Düringer Jacques

#### **Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação**

Washington José Ferreira Santos

#### **Chefe do Departamento de Apoio Técnico**

Maria Alice Ibañez Duarte

#### **Chefe da Divisão de Editoração Geral**

Ricardo Luiz Barreiros Motta

## **SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO**

### **Superintendente Regional**

Júlio César Andreolli Caliento

### **Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

Maurício Pavan Silva

### **Responsável Técnico do Projeto**

Vidyã Vieira de Almeida

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**  
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS  
I PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL I

## **AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL**

---

# **PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

Estado de São Paulo

### **ORGANIZADORES**

Vidyã Vieira de Almeida  
Roberto Loreti Jr.

**INFORME DE RECURSOS MINERAIS**  
Série Rochas e Minerais Industriais, nº 24



---

São Paulo  
2019

## REALIZAÇÃO

Superintendente Regional de São Paulo

## ORGANIZAÇÃO

Vidyã Vieira de Almeida  
Roberto Loreti Jr.

## TEXTO EXPLICATIVO

### 1. Introdução

Vidyã Vieira de Almeida  
Roberto Loreti Jr.

### 2. Materiais e Métodos

Roberto Loreti Jr.  
Vidyã Vieira de Almeida  
Jairo Jamerson Correia de Andrade

### 3. Características Fisiográficas, Socioeconômicas e Estruturais

Vidyã Vieira de Almeida  
Roberto Loreti Jr.

### 4. Contexto Geológico e Geotectônico

Vidyã Vieira de Almeida  
Guilherme Iolino Troncon Guerra  
Angela Pacheco Lopes

### 5. Caracterização dos Insumos

Roberto Loreti Jr.  
Jairo Jamerson Correia de Andrade  
Guilherme Iolino Troncon Guerra  
Rafael Ribeiro Severino

### 6. Lavra e Beneficiamento

Ivan Pereira Marques

### 7. Direitos Minerários

Roberto Loreti Jr.

### 8. Mineração e Meio-Ambiente

Lígia Maria de Almeida Leite Ribeiro

### 9. Discussão

Roberto Loreti Jr.  
Vidyã Vieira de Almeida

### 10. Conclusões

Vidyã Vieira de Almeida  
Roberto Loreti Jr.

## Referências

## Anexos

## Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br  
seus@cprm.gov.br

## APOIO TÉCNICO

### LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS

Vidyã Vieira de Almeida  
Guilherme Iolino Troncon Guerra  
Roberto Loreti Jr.  
Ivan Pereira Marques  
Lígia Maria de Almeida Leite Ribeiro  
Alexandre Alves Oliveira  
Eduardo Jorge Azevedo

### GEOFÍSICA TERRESTRE

Jairo Jamerson Correia de Andrade  
Rafael Ribeiro Severino  
Sérgio Roberto Estevam de Carvalho  
Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

### SENSORIAMENTO REMOTO

Deborah Mendes

### ESTAGIÁRIOS

Clara Balbinot Korobinski  
Lucas Bassan

### DIGITALIZAÇÃO E EDITORAÇÃO DE MAPAS

Gilberto Lima  
Fabrizio Prior Caltabellotta  
José da Costa Pinto

### PROJETO GRÁFICO/EDITORAÇÃO

**Capa (DIMARK)**  
Washington José Ferreira Santos

**Miolo (DIEDIG)**  
Andréia Amado Continentino  
Agmar Alves Lopes

**Diagramação (GERINF/SP)**  
Marina das Graças Perin

### NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Cláudia Maria Coutinho Lopes

### REVISÃO FINAL

Michel Marques Godoy

### FOTOS DA CAPA

Da esquerda para a direita:

1. Rocha gnáissica alterada do Complexo Embu (porção inferior do afloramento) em contato brusco com depósitos recentes (porção superior) em mineradora de areia. Crédito da foto: Lígia Maria de Almeida Leite Ribeiro;
2. Corte em mineradora de areia em depósito residual de xisto quartzoso do Complexo Embu. Crédito da foto: Lígia Maria de Almeida Leite Ribeiro;
3. Pedreira em metacalcário bandado da Formação Estrada dos Romeiros. Crédito da foto: Guilherme Iolino Troncon Guerra;
4. Carregamento de blocos após desmonte em pedreira de brita. Crédito da foto: Roberto Loreti Jr.;
5. Corte em mineradora de areia em depósito formacional da Bacia de Taubaté. Crédito da foto: Lígia Maria de Almeida Leite Ribeiro.

ALMEIDA, Vidyã Vieira de

A447p Projeto materiais de construção na região metropolitana de São Paulo: estado de São Paulo / Organizadores Vidyã Vieira de Almeida, Roberto Loreti Jr. – São Paulo : CPRM, 2019.

106 p.; il. color. (Informe de Recursos Minerais. Série Rochas e Minerais Industriais, 24)

Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral  
Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil  
ISBN 978-85-7499-559-5  
Inclui Referências Bibliográficas

1. Materiais de construção – São Paulo. 2. Recursos minerais – São Paulo. 3. Geologia Regional – São Paulo. I. Loreti Jr., Roberto. II. Título. III. Série.

CDD 338.262098161

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Claudia Lopes – CRB8 - 4601

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

# APRESENTAÇÃO

---

**A** Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil (CPRM - SGB) tem a grata satisfação de disponibilizar aos empresários do setor mineral, aos gestores públicos paulistas e à comunidade geocientífica de um modo geral, mais um produto denominado “Materiais de construção na Região Metropolitana de São Paulo”.

A Região Metropolitana de São Paulo, com 39 municípios e uma área de 7946,84 km<sup>2</sup>, abriga uma população da ordem de 20,8 milhões de habitantes. A região apresenta grande importância no cenário político-econômico brasileiro, sendo responsável por 18% do produto interno bruto do país. Um dos problemas básicos do setor produtivo mineral na região é a disputa do espaço físico com outras atividades de uso e ocupação do solo. A população, de um lado, em seus justos anseios por melhor qualidade de vida, incluindo serviços, transportes e moradia, é o principal beneficiário final do produto mineral. A mineração, de outro lado, um tradicional indutor de desenvolvimento no país, carrega um forte estigma negativo, o qual necessita e deve ser revertido a partir da disseminação de sua importância econômica e social, assim como da necessidade de introduzir conceitos de produção limpa e sustentável em sua cadeia produtiva.

Neste contexto, o presente trabalho buscou organizar as informações sobre a atividade minerária na região, voltada para agregados de construção civil (areia e brita), em confronto com os elementos restritivos à sua atuação, sejam sociais ou ambientais. Também foi gerada uma base geológica atualizada para futuros trabalhos de planejamento estratégico e zoneamento territorial.

O informe contempla o texto do relatório final dos trabalhos executados na região, contendo: análise da atividade mineira, além de mapas temáticos (geológico e de potencial geológico para areia e brita). A publicação busca contribuir, desta forma, para enfatizar o papel da informação geológica como indutor no desenvolvimento do setor mineral no país, além de estimular e atrair investimentos para o mesmo, com efeitos na geração de empregos, renda e desenvolvimento social, à luz da sustentabilidade ambiental.

**Esteves Pedro Colnago**

Diretor-Presidente

**José Leonardo Silva Andriotti**

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

## RESUMO

---

A região metropolitana de São Paulo é um dos maiores polos de riqueza nacional. A área engloba 39 municípios com produto interno bruto que corresponde a um dos maiores do estado. Dentre os diversos setores econômicos atuantes na região, destaca-se o ramo da construção civil que é responsável por um alto consumo de agregados. A região já apresentou no passado uma quantidade expressiva de lavras de areia e brita, porém este número vem diminuindo como resultado da expansão urbana em áreas com potencial mineral, além do aumento das restrições ambientais. Restam, portanto, poucas áreas ainda disponíveis para o desenvolvimento da mineração, em especial de areia, cuja disponibilidade de reservas naturais é crítica.

Dados atuais da Agência Nacional de Mineração mostram que atualmente os municípios de Mogi das Cruzes e São Paulo se destacam em número de concessões de lavra para areia, enquanto os municípios de São Paulo, Barueri, Santana do Parnaíba, Santa Isabel e Mogi das Cruzes se destacam para brita. O maior número de lavras nestas localidades apresenta relação com a dimensão do município, densidade urbana e/ou contexto geológico no qual este se encontra inserido, seja por conter áreas com reservas naturais de areia da Bacia de Taubaté, caso de Mogi das Cruzes, como por apresentar batólitos graníticos fonte para brita (e.g., Santa Isabel, Barueri). A localização das lavras de areia na bacia apresenta proximidade com falhas normais, locais onde o pacote de rochas sedimentares é mais espesso, chegando a mais de 300 m.

Os ensaios tecnológicos realizados em amostras da região mostraram bons resultados para o uso da areia beneficiada proveniente de unidades da Bacia de Taubaté, do manto intempérico de unidades geológicas pré-cambrianas e como subproduto da britagem de rocha granítica. As amostras de brita submetidas a ensaios tecnológicos também obtiveram bons resultados para uso em concreto. No entanto, algumas amostras de afloramentos das suítes graníticas Cantareira, Tico-tico e Santa Isabel apresentaram natureza potencialmente reativa, com relação à reação álcali-sílica, quando localizadas em regiões próximas a zonas de cisalhamento regionais.

## ABSTRACT

---

*The metropolitan region of São Paulo is one of the main poles of national wealth. The area comprises 39 municipalities with a gross domestic product that corresponds to one of the largest of the state. Among the many economic sectors operating in the region, the civil construction sector is responsible for a high consumption of aggregates. The region has presented in the past an expressive amount of sand and gravel quarries. However, this number has been decreasing due to the urban expansion and increasing of environmental restrictions, so only a few areas are still available for the development of mining, especially sand mining, as the availability of natural reserves of sand is critical.*

*Recent data from the Mining National Agency show that Mogi das Cruzes and São Paulo cities stand out in the number of mining concessions for sand, while São Paulo, Barueri, Santana do Parnaíba, Santa Isabel and Mogi das Cruzes, for gravel. The higher amount of quarries in these localities is related to the size of the municipality, the urban density and/or the geological context of the area, either because there are municipalities with natural reserves of sand from the Taubaté Basin, like Mogi das Cruzes, or with granite batholiths that are source for gravel (e.g., Santa Isabel, Barueri). The sand quarries from Taubaté Basin are in general located near normal faults, where the layer of sedimentary rocks is more than 300 m thick.*

*The technological tests carried out in samples from the region showed satisfactory results for the use of the processed sand coming from the units of the Taubaté Basin, the weathered mantle of Precambrian geological units and as a by-product resulted from the crushing of granitic rocks. The samples of gravel submitted to technological testing also presented good results for the use in concrete. However, some samples from outcrops of Cantareira, Tico-tico and Santa Isabel granitic suites showed potential alkali-silica reactivity when located near regional shear zones.*

# SUMÁRIO

---

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
1.1. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS .....	9
1.2. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS .....	9
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
2.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO .....	11
2.2. LEVANTAMENTO DE CAMPO E AMOSTRAGEM.....	11
2.3. ANÁLISES QUÍMICAS EM AREIA POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X.....	11
2.4. ENSAIOS TECNOLÓGICOS EM AGREGADOS GRAÚDOS E MIÚDOS.....	13
2.4.1. Agregado miúdo (areia) .....	13
2.4.1.1. Determinação da composição granulométrica .....	13
2.4.1.2. Massa unitária .....	13
2.4.1.3. Determinação do teor de argila em torrões friáveis .....	13
2.4.1.4. Determinação do material fino que passa através da peneira de 75 µm .....	14
2.4.1.5. Determinação da densidade real .....	14
2.4.2. Agregado graúdo (brita) .....	14
2.4.2.1. Índices físicos.....	14
2.4.2.2. Índice de forma do agregado graúdo.....	15
2.4.2.3. Abrasão “Los Angeles” .....	15
2.4.2.4. Determinação da perda ao choque no aparelho treton .....	15
2.5. GEOFÍSICA TERRESTRE.....	15
2.5.1. Métodos elétricos.....	15
2.5.1.1. Sondagem Elétrica Vertical.....	16
<b>3. CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS, SOCIOECONÔMICAS E ESTRUTURAIS .....</b>	<b>17</b>
3.1. HISTÓRICO .....	17
3.2. FIOGRAFIA .....	18
3.3. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS .....	18
3.3.1. Variação do PIB na região e no contexto das metrópoles do país .....	18
3.3.2. População da RMSP e empregos formais.....	20
3.3.3. Índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) e déficit habitacional .....	20
3.3.4. Dados econômicos do setor mineral de agregados .....	20
3.4. INFRAESTRUTURA.....	26
<b>4. CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOTECTÔNICO .....</b>	<b>28</b>
4.1. NAPPE SOCORRO-GUAXUPÉ .....	28
4.1.1. Grupo Itapira .....	28
4.2. DOMÍNIO SÃO ROQUE-SERRA DO ITABERABA.....	28
4.2.1. Grupo Serra do Itaberaba.....	30
4.2.2. Grupo São Roque.....	31
4.2.3. Granitos ediacaranos.....	32
4.3. DOMÍNIO EMBU .....	33
4.3.1. Complexo Embu.....	34
4.3.2. Granitos neoproterozoicos.....	34
4.4. DOMÍNIO COSTEIRO .....	34



4.4.1. Complexo Costeiro .....	35
4.4.2. Granitos .....	37
4.5. UNIDADES CENOZOICAS.....	39
4.5.1. Bacia de São Paulo.....	39
4.5.2. Bacia de Taubaté .....	39
4.5.3. Litoestratigrafia .....	41
4.5.4. Depósitos aluvionares .....	43
<b>5. CARACTERIZAÇÃO DOS INSUMOS.....</b>	<b>45</b>
5.1. CONCEITUAÇÃO.....	45
5.1.1. Agregados – Conceito.....	45
5.2. AREIA .....	46
5.2.1. Tipos de depósitos e distribuição das ocorrências.....	46
5.2.2. Análises e ensaios tecnológicos.....	47
5.2.2.1. Composição química .....	47
5.2.2.2. Composição mineralógica .....	47
5.2.2.3. Ensaio tecnológicos .....	47
5.2.2.3.1. Análises granulométricas (NBR NM 248).....	48
5.2.2.3.2. Determinação do teor de argila em torrões friáveis (ABNT NBR 7218) .....	48
5.2.2.3.3. Material fino que passa através da peneira de 75 µm (ABNT NBR NM 46).....	48
5.2.2.3.4. Módulo de finura.....	48
5.2.2.3.5. Índices físicos (massa unitária ABNT NBR NM 45, densidade real DNRE ME 93/94 e massa específica ABNT NBR 52) .....	51
5.2.3. Geofísica terrestre na Bacia de Taubaté (Mogi das Cruzes e Guararema) .....	51
5.2.3.1. Aquisição dos dados .....	51
5.2.3.2. Processamentos dos dados .....	52
5.2.3.3. Interpretação .....	53
5.2.3.4. Mapas geofísicos-geológicos.....	55
5.2.4. Modelo geológico tridimensional e estimativa de recursos .....	55
5.3. BRITA .....	58
5.3.1. Tipos de depósitos e distribuição das ocorrências.....	58
5.3.2. Ensaio tecnológicos.....	58
5.3.2.1. Análises petrográfica (ABNT NBR 15557-RAA).....	59
5.3.2.2. Índice de forma (ABNT NBR 7211).....	59
5.3.2.3. Abrasão Los Angeles (ABNT NM 51).....	59
5.3.2.4. Determinação de perda ao choque no aparelho Treton (DNER ME 399) .....	62
5.3.2.5. Índices físicos (massa unitária ABNT NBR NM 45, massa específica e absorção de água ABNT NM 53) .....	62
<b>6. LAVRA E BENEFICIAMENTO .....</b>	<b>63</b>
6.1. AREIA .....	63
6.1.1. Métodos de lavra.....	63
6.1.1.1. Escavação com máquinas de terraplanagem .....	63
6.1.1.2. Desmonte hidráulico .....	63
6.1.2. Beneficiamento e produtos.....	64
6.1.3. Carregamento e transporte.....	65
6.2. BRITA .....	65
6.2.1. Métodos de lavra.....	65
6.2.2. Beneficiamento e produtos.....	65
6.2.3. Carregamento e transporte.....	66

<b>7. DIREITOS MINERÁRIOS.....</b>	<b>67</b>
7.1. ASPECTOS LEGAIS.....	67
7.2. REGIMES (OUTORGA .....	67
7.3. OBRIGAÇÕES FINANCEIRAS.....	67
7.3.1. Taxas de emolumentos .....	67
7.3.2. CFEM – Compensação Financeira pela Exploração Mineral.....	68
7.3.3. Taxas anuais por hectare (TAH) .....	68
7.3.4. Outros custeios .....	68
7.4. ÁREAS ONERADAS POR MUNICÍPIO DA RMSP .....	68
<b>8. MINERAÇÃO E MEIO-AMBIENTE .....</b>	<b>77</b>
8.1. CONCEITOS .....	77
8.2. IMPACTOS DECORRENTES DA MINERAÇÃO DE INSUMOS.....	77
8.2.1. Decapeamento e abertura de acesso.....	77
8.2.2. Lavra por desmonte hidráulico .....	78
8.2.3. Lavra por desmonte com explosivo ou escavação mecanizada.....	79
8.2.4. Lavra por dragagem.....	80
8.2.5. Estocagem de minério e deposição de rejeitos e estéreis .....	80
8.2.6. Britagem .....	80
8.2.7. Expedição e transporte de carga .....	81
8.3. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL .....	81
8.3.1. Unidades de conservação.....	81
8.4. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS .....	83
8.5. DIRETRIZES PARA A SUSTENTABILIDADE NA MINERAÇÃO DE AGREGADOS.....	84
<b>9. DISCUSSÃO.....</b>	<b>86</b>
9.1. DISTRIBUIÇÃO DAS CONCESSÕES DE LAVRA NA RMSP: RELAÇÃO COM O CONTEXTO GEOLÓGICO DA REGIÃO.....	86
9.2. OCUPAÇÃO TERRITORIAL VS. ÁREAS PARA MINERAÇÃO: SITUAÇÃO ATUAL E IMPLICAÇÕES .....	86
9.3. CARACTERIZAÇÃO DO MINÉRIO PRODUZIDO NA RMSP.....	86
<b>10. CONCLUSÕES .....</b>	<b>88</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>89</b>
<b>LISTAGEM DE INFORMES DE RECURSOS MINERAIS .....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>104</b>
ANEXO I - MAPA GEOLÓGICO INTEGRADO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO .....	105
ANEXO II - MAPA DE POTENCIAL GEOLÓGICO PARA AGREGADOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO .....	106

# 1. INTRODUÇÃO

A região metropolitana de São Paulo (RMSP) é um dos maiores polos urbanos e industriais da América Latina. A área engloba 39 municípios com Produto Interno Bruto (PIB) que corresponde a 54% do total do estado de São Paulo e 18% do Brasil (dados de 2014, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE). Dentre os diversos setores econômicos atuantes na região, destaca-se o ramo da construção civil que é responsável pelo maior consumo de agregados (areia e brita) do estado de São Paulo.

Na década de 80, mais de duas centenas de lavras estavam em atividade na RMSP; destas, 103 correspondiam a extrações de areia (COUTINHO, 1980; VALVERDE, 1997). No entanto, dados atuais integrados a partir da base do SIGMINE (ANM, 2018) e dos cadastros do SINDI-PEDRAS (Sindicato da Indústria de Mineração de Pedra Britada do Estado de São Paulo) e SINDIAREIA (Sindicato da Indústria de Extração de Areia do Estado de São Paulo) indicam uma acentuada diminuição no número de minas em atividade, fato relacionado, dentre outros fatores, à intensa expansão urbana. A necessidade do transporte de agregados a longa distância é potencialmente um fator limitante para o desenvolvimento do setor de construção civil na região, já que aumenta de forma relevante o valor das obras e interfere no desenvolvimento econômico e social da área ([www.anepac.org.br](http://www.anepac.org.br)).

O projeto “Materiais de construção na região metropolitana de São Paulo”, iniciado em 2017 na Gerência de Geologia e Recursos Minerais, Superintendência Regional de São Paulo, reuniu dados para a geração de uma base geológica atualizada da RMSP e espacialização das lavras de areia e brita atualmente existentes. Os dados obtidos são fundamentais para a visualização do quadro geral da mineração de agregados nesta importante região do país e podem subsidiar estudos voltados ao ordenamento territorial em áreas ainda disponíveis.

## 1.1. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

A mineração de agregados possui características específicas em relação a outros setores da mineração, já que envolve a produção de grandes volumes a um baixo valor unitário e a um alto custo relativo de transporte

([www.anepac.org.br](http://www.anepac.org.br)). O estado de São Paulo é o principal consumidor de agregados do Brasil, sendo a RMSP o mais expressivo núcleo de consumo. No entanto, o crescimento urbano intenso é um dos fatores limitantes para a disponibilidade de áreas favoráveis para a mineração, o que possibilitaria o abastecimento de produtos provenientes desta atividade conforme a demanda da região. Na década de 1980, por exemplo, a RMSP já importava areia proveniente do Vale do Paraíba, distante cerca de 80 km do município de São Paulo (SÃO PAULO, 2008). Dados atuais mostram que o consumo de areia pela RMSP representa 80% da produção daquele local (REIS *et al.*, 2006).

Neste contexto, o presente projeto teve como principais objetivos: (i) reunião de dados para a atualização da cartografia geológica da RMSP em escala 1:250.000 (Anexo 1), como subsídio para trabalhos futuros de prospecção mineral, ordenamento territorial e ambiental; (ii) diagnóstico de áreas com atividade mineral voltada para a produção de areia e brita, integrando informações geológicas (Anexo 2) e econômicas, juntamente com a caracterização dos produtos atualmente comercializados; e (iii) recomendações ambientais para viabilidade sustentável da atividade mineira na região.

## 1.2. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A RMSP é a maior área urbana brasileira, composta por 39 municípios em uma área com 7946,84 km<sup>2</sup>, em intenso processo de conurbação. A região engloba a cidade de São Paulo e municípios próximos como Guarulhos, Itapeverica da Serra, Barueri, São Bernardo do Campo, Santana do Parnaíba, Itaquaquetuba, Santa Isabel, entre outros (Figura 1.1). A infraestrutura viária e ferroviária da área são radiais e centradas no município de São Paulo, com um amplo número de rodovias com direção a outras regiões do estado (e.g., rodovias Anchieta, Imigrantes, Bandeirantes, Anhanguera) e do país (e.g., rodovias Dutra, Régis Bittencourt, Fernão Dias) (Figura 1.2). A rede ferroviária para transporte de carga apresenta ligação com regiões no interior do estado até o porto de Santos, no litoral sul.

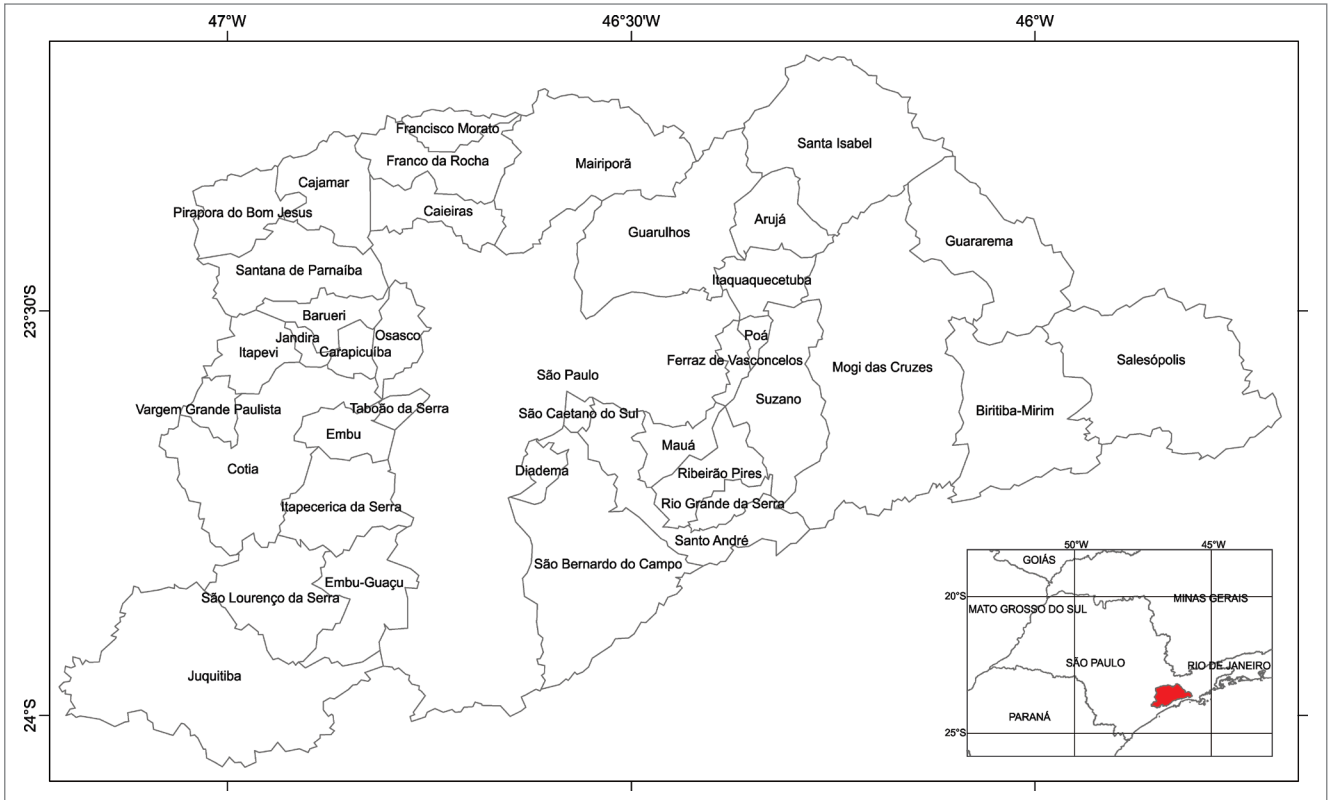


Figura 1.1 - Mapa da RMSP com relação de municípios e localização da área no estado de São Paulo.

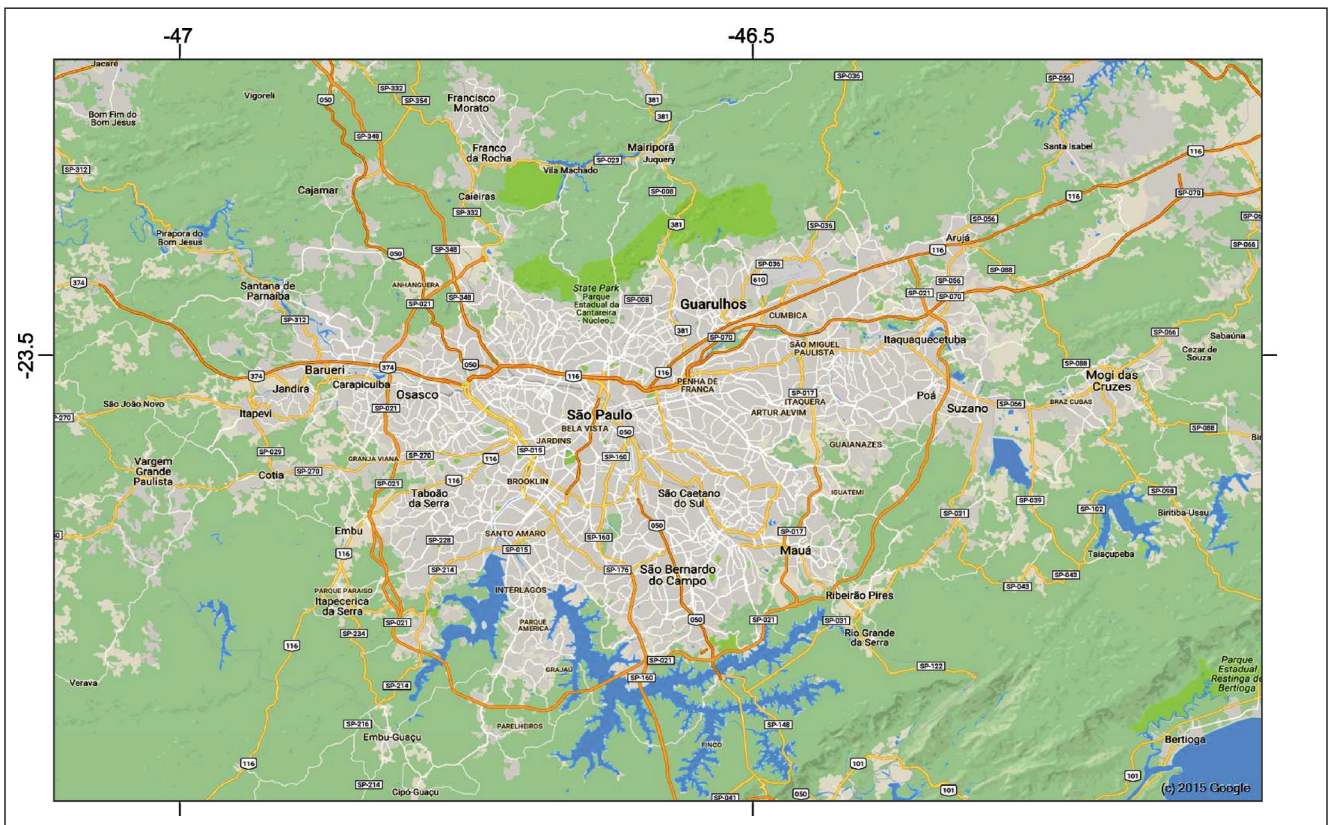


Figura 1.2 - Mapa do município de São Paulo e entorno, com destaque à área urbana (cinza) e indicação do arranjo radial das principais rodovias (em laranja e amarelo) com direção ao interior de São Paulo e outras regiões do país. Fonte: Google Maps.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto envolveu a compilação de dados (pontos de afloramento e mapas geológicos), levantamentos de campo para descrição de afloramentos e visitas às áreas com mineração localizadas em municípios da RMSP (e.g., Mogi das Cruzes, Arujá, Santa Isabel, Pirapora do Bom Jesus). Também foram realizados levantamentos de campo de geofísica terrestre na região da Bacia de Taubaté (municípios de Mogi das Cruzes e Guararema) para modelagem e estimativa do volume de sedimentos na região produtora de areia. As amostras de areia e brita coletadas durante os levantamentos de campo foram submetidas a análises químicas e ensaios tecnológicos para concreto.

### 2.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

O levantamento bibliográfico foi realizado no decorrer do projeto procurando cobrir a literatura disponível sobre o tema, além da compilação de pontos com descrição de afloramentos e mapas geológicos em diferentes escalas utilizados para a confecção da base geológica na escala 1:250.000 (Anexo 1, Figura 2.1).

### 2.2. LEVANTAMENTO DE CAMPO E AMOSTRAGEM

Os levantamentos de campo foram realizados em regiões fora da densa mancha urbana da RMSP. No total, foram descritos 423 pontos, incluindo a visita a 33 mineradoras em operação na região metropolitana (Tabela 2.1). Em geral, a descrição dos pontos envolveu a coleta de amostras de rocha, areia e/ou brita que foram utilizadas em estudos e análises posteriores.

### 2.3. ANÁLISES QUÍMICAS EM AREIA POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

As amostras de areia foram analisadas quanto ao conteúdo em elementos maiores e menores por espectrometria de fluorescência de raios X através do método analítico XRF79C na SGS Geosol Laboratórios em Vespasiano (MG). O laboratório conta com um equipamento da marca Philips modelo PW1480. Aspectos gerais sobre a metodologia podem ser encontrados em Enzweiler *et al.* (2007). O procedimento de preparação das amostras envolveu o quarteamento e pulverização da areia em

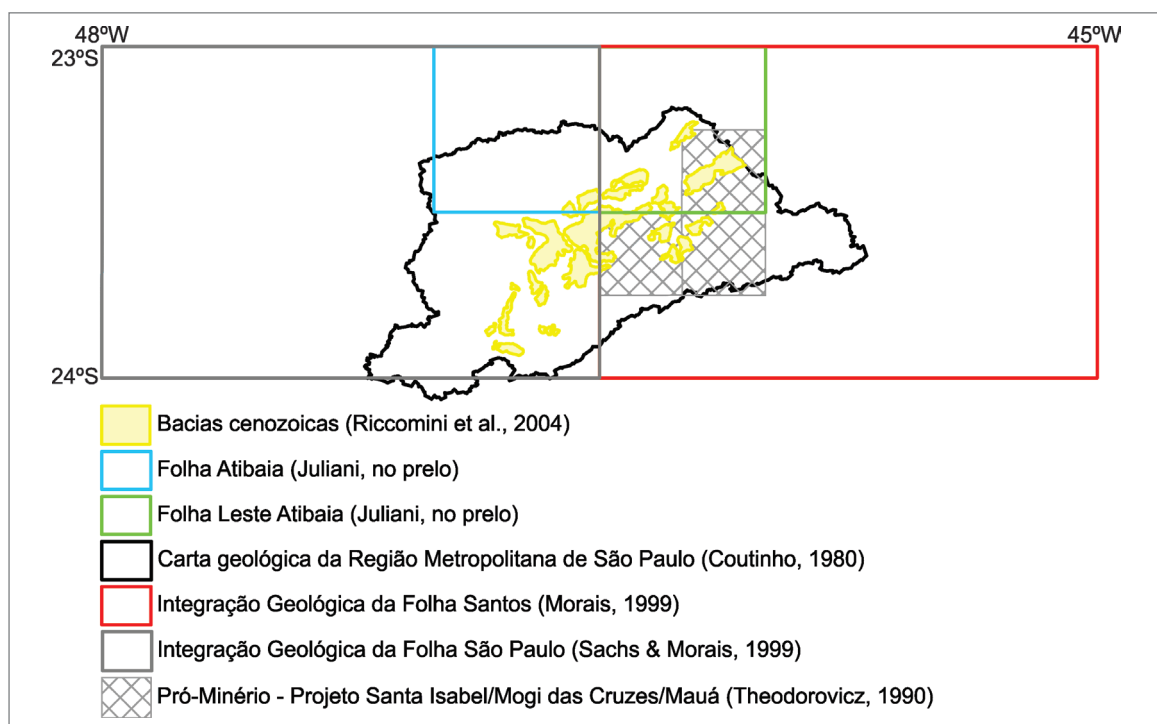


Figura 2.1 - Fontes cartográficas utilizadas no mapa geológico integrado.

**Tabela 2.1** - Relação das mineradoras visitadas no projeto.

LAVRA	GRUPO	SUBSTÂNCIA
Itaquareia Indústria Extrativa de Minérios LTDA	Itaquareia	areia
Itaquareia 9 Indústria Extrativa de Minérios LTDA	Itaquareia	areia
Itaquareia 6 Indústria Extrativa de Minérios LTDA	Itaquareia	areia
Itaquareia 4 Indústria Extrativa de Minérios LTDA	Itaquareia	areia
Mineradora Cachoeira	Itaquareia	areia
Mineradora Ponte Alta	Itaquareia	areia
Mineradora Ramos & Marques		areia
Mineradora JBS		areia
Mineradora Dutra, Boa Sorte, Tês Coroas, Fiori Taboão		areia
Mineradora Hoori	Hoori	caulim/areia
Pedreira Maria Teresa		brita/areia
Mineração Renascer LTDA		areia
Mineração Areíscas LTDA		areia
Mineração Angelini		areia/filito
Pedreira Sargon	Itaquareia	brita
Pedreira Basalto (19)	Basalto	brita
Mineração Biritiba Mirim LTDA		brita
Mineração Biritiba Mirim	Ibar	argila
Mineração Lopes LTDA		argila
Atic areia indústria e comércio LTDA		areia
Empresa de Mineração Floresta Negra LTDA		areia
Concremix S/A		brita
Mineradora Pedrix LTDA		brita
União Brasileira de Agregados		brita
Mineradora Serveng	Serveng	brita
Mineradora Lafarge Holcim (Barueri)	LafargeHolcim	brita
Mineradora Lafarge Holcim (Cajamar)	LafargeHolcim	brita
Mineradora Votorantim	Votorantim	brita
Mineradora Embu	Embu	brita
Pedreira Lajeado		brita
Pedreira Riuma		brita
Pedreira Territorial Perus		brita
Mineradora Votorantim	Votorantim	brita

moinho de panela de aço carbono, com subsequente adição de 2g de fundente (tetraborato de lítio) à 2g da amostra pulverizada para confecção de pastilhas fundidas em mufla a 1000 °C. As análises possibilitaram a caracterização química das amostras de areia (*in natura* e lavada) e comparação das ocorrências para a sua adequada aplicação na construção civil.

## 2.4. ENSAIOS TECNOLÓGICOS EM AGREGADOS GRAÚDOS E MIÚDOS

Os ensaios tecnológicos realizados em agregados miúdos (areia) e graúdos (brita), referentes às amostras coletadas neste projeto, foram direcionados, preponderantemente, para a utilização dos agregados em concreto hidráulico. A escolha destes ensaios dá-se ao fato do concreto hidráulico ser responsável por consumir a maior parte da produção de agregados na RMSP. Os ensaios têm como objetivo proporcionar uma noção das características tecnológicas dos agregados que são produzidos na região, relacionados a diferentes unidades geológicas. Procurou-se abranger a maior variedade de unidades possível, através de amostragens sistemáticas em visitas às lavras de agregados da região.

Os ensaios foram executados no laboratório da Coordenação de Rochas Ornamentais e Minerais Industriais (COROM) do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), Núcleo Regional do Espírito Santo, localizado em Cachoeiro do Itapemirim, Espírito Santo. No total, foram realizados ensaios em onze amostras de areia e em nove amostras de brita seguindo padrões de normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER).

As amostras de areia (cerca de 30 kg por lote) foram coletadas em frentes de lavra e/ou em pilhas, enquanto as amostras de brita (45 kg por lote) foram coletadas somente em pilhas nas lavras visitadas. Também foram coletadas amostras “de mão” representativas, com tamanho aproximado de 20 x 20 cm, para análise petrográfica conforme os padrões da norma ABNT NBR 15577 que verifica a potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do cimento. Foi utilizado microscópio com luz transmitida/refletida Olympus BX51 para a descrição de 104 seções delgadas com espessura de 30 µm. A petrografia envolveu a descrição de características da rocha, tais como: textura, composição mineralógica, presença de minerais deletérios, deformação, presença de microfissuras, além da classificação da rocha pela proporção modal dos minerais.

### 2.4.1. Agregado miúdo (areia)

Para os agregados miúdos foi aplicada a preparação de amostras conforme a norma ABNT NBR NM 27.

Os procedimentos foram: secagem das amostras por meio de estufa, resfriamento a temperatura ambiente, homogeneização e quarteamento. Para a caracterização da areia foram realizados os ensaios: determinação da composição granulométrica (ABNT NBR NM 248), determinação da massa unitária e do volume de vazios (ABNT NBR NM 45), determinação do teor de argila em torrões friáveis (ABNT NBR 7218), determinação do material fino que passa através da peneira 75µm por lavagem e determinação da densidade real (DNER-ME 084/95).

#### 2.4.1.1. Determinação da composição granulométrica

O ensaio de determinação da composição granulométrica consiste no peneiramento sequencial utilizando malhas com abertura de 19 mm, 9,50 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,30 mm e 0,15 mm. A massa retida e acumulada nas peneiras é transformada em porcentagem.

#### 2.4.1.2. Massa unitária

A massa unitária é a relação do agregado lançado a um recipiente e o volume que ele ocupa. Implica na pesagem do recipiente, enchimento do recipiente com o material, adensamento do material e pesagem. O volume de vazios é determinado pela equação (1), onde “ $E_v$ ” é o índice de volume de vazios nos agregados em porcentagem, “ $d_1$ ” é a massa específica relativa do agregado seco, “ $\rho_w$ ” é a massa específica de água em quilogramas por metro cúbico e “ $\rho_{ap}$ ” é a massa unitária média do agregado em quilogramas por metro cúbico.

$$E_v = 100 \times \frac{[(d_1 \times \rho_w) - \rho_{ap}]}{d_1 \times \rho_w} \quad (1)$$

#### 2.4.1.3. Determinação do teor de argila em torrões friáveis

O procedimento para o ensaio de determinação do teor de argila em torrões e friáveis consiste primeiramente na separação do material em intervalos granulométricos que são alocados em bandejas separadas cobertas por água destilada. O material é então deixado em repouso, onde são identificados e desfeitos os torrões de argila ou friáveis, sendo depois passado novamente em peneiras com aberturas predeterminadas. O que fica retido na peneira é removido e passa por secagem para depois ter sua massa determinada. O cálculo final se dá por meio da equação (2), onde “ $m_t$ ” é o teor, em porcentagem, de argila em torrões e materiais friáveis; “ $m_i$ ” é a massa inicial em gramas do intervalo granulométrico e “ $m_f$ ” é a massa em gramas após o peneiramento por via úmida.

$$m_t = \frac{(m_i - m_f) \times 100}{m_i} \quad (2)$$

#### 2.4.1.4. Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm

O ensaio é realizado por lavagem e tem como procedimento a secagem da amostra em temperatura de aproximadamente 110°C e determinação de massa. O material é colocado em recipiente e adiciona-se água até cobri-lo, sendo depois “agitado” e o material peneirado com malhas de diversas aberturas, superiores e inferiores a 75 µm. Ocorre a repetição do passo anterior com o material retido em peneira, sendo que este passa por secagem em temperatura de aproximadamente 110°C e finalmente a massa é determinada. O cálculo da massa é realizado pela equação (3), onde “m” é a porcentagem de material mais fino que a peneira de 75 µm, “m<sub>i</sub>” é a massa original em gramas da amostra seca e “m<sub>f</sub>” é a massa em gramas da amostra seca após a lavagem.

$$m = \frac{(m_i - m_f) \times 100}{m_i} \quad (3)$$

#### 2.4.1.5. Determinação da densidade real

A determinação da densidade real é realizada através do seguinte procedimento: pesagem do picnômetro (recipiente de aferição utilizado para medição de massa volumétrica de sólidos e líquidos); preenchimento do picnômetro com a amostra; pesagem de picnômetro contendo a amostra; preenchimento do picnômetro com a amostra mais água destilada; aquecimento e resfriamento e pesagem do picnômetro com a amostra mais a água. Para o cálculo é utilizada a equação (4), onde “D” é a densidade real, “a” é a massa em gramas do picnômetro vazio e seco, “b” é a massa em gramas do picnômetro preenchido com a amostra, “c” é a massa em gramas do picnômetro preenchido com a amostra mais água, e “d” é a massa em gramas do picnômetro com água.

$$D = \frac{d - a}{(d - a) - (c - b)} \quad (4)$$

#### 2.4.2. Agregado graúdo (brita)

Para os agregados graúdos também foi aplicada a preparação de amostras conforme a norma ABNT NBR NM 27. Como citado anteriormente, os processos consistem na secagem das amostras por meio de estufa, seguido de resfriamento a temperatura ambiente, homogeneização e quarteamento. Foram realizados os seguintes ensaios para a caracterização dos agregados: determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção

de água (ABNT NBR NM 53), índice de forma pelo método do paquímetro (NBR 7809 e NBR 5564), abrasão “Los Angeles” (ABNT NBR NM 51) e determinação da perda por impacto Treton (DNER ME 399).

##### 2.4.2.1. Índices físicos

Os ensaios físicos determinam a **massa específica**, **massa específica aparente** e **absorção de água**. A amostra passa por uma separação prévia, conforme a fração, segundo características de dimensões máximas. A “dimensão máxima” característica da amostra, dada em milímetro, é relacionada a uma “massa mínima” da amostra de ensaio, dada em quilograma. Para cada fração são executados os seguintes ensaios: pesagem da amostra e imersão em água a temperatura ambiente por um período de 24 horas; a amostra é então retirada e enxugada por meio de pano absorvente, sendo pesada imediatamente; o material é colocado em um recipiente submerso em água a 23°C e pesado com o recipiente repleto de água; a amostra passa por secagem a 105°C até ficar com massa constante, quando então é pesada novamente totalmente seca.

A **massa específica** do agregado seco é definida pela equação (5), onde “d” é a massa específica em gramas por centímetro cúbico do agregado seco, “m” é a massa em gramas ao ar da amostra seca e “m<sub>a</sub>” é a massa em água, em gramas.

$$d = \frac{m}{(m - m_a)} \quad (5)$$

A massa específica do agregado na condição saturado superfície seca é definida pela equação (6), onde “d<sub>s</sub>” é a massa específica em gramas por centímetro cúbico do agregado na condição saturado superfície seca, “m<sub>s</sub>” é a massa em gramas ao ar da amostra na condição saturada superfície seca e “m<sub>a</sub>” é a massa em água da amostra, em gramas.

$$d_s = \frac{m_s}{(m_s - m_a)} \quad (6)$$

A **massa específica aparente** é definida pela equação (7), onde “d<sub>a</sub>” é a massa específica aparente em gramas por centímetro cúbico do agregado seco, “m” é a massa em gramas ao ar da amostra seca, “m<sub>s</sub>” é a massa em gramas ao ar da amostra na condição saturada superfície seca e “m<sub>a</sub>” é a massa em gramas ao ar da amostra na condição saturada superfície seca.

$$d_a = \frac{m}{(m_s - m_a)} \quad (7)$$



A **absorção de água** é calculada pela equação (8), onde “A” é a absorção de água em porcentagem, “ $m_s$ ” é a massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca e “m” é a massa em gramas ao ar da amostra seca.

$$A = \frac{(m_s - m)}{m \times 100} \quad (8)$$

#### 2.4.2.2. Índice de forma do agregado graúdo

O ensaio do índice de forma do agregado graúdo é realizado por meio do paquímetro com a medição de dois componentes: o componente “C” que consiste na maior dimensão medida e define a direção do comprimento e o componente “e” que representa a maior distância possível entre dois planos paralelos. O cálculo é feito por meio da razão “C/e”.

#### 2.4.2.3. Abrasão “Los Angeles”

No ensaio abrasão “Los Angeles”, as amostras passam por uma preparação inicial que envolve o peneiramento do material para separação de diferentes frações do agregado. Cada fração gerada de agregado é então lavada e secada em estufa a 107°C até a obtenção de uma massa constante em pesagem. Posteriormente, este material é classificado e separado conforme uma relação de dimensão x massa, com critérios pré-estabelecidos, sendo depois misturados. O procedimento começa após uma nova pesagem do material e secagem por estufa. O material é colocado junto com cargas abrasivas (esferas de aço ou ferro com aproximadamente 48 mm de diâmetro e massa entre 390 e 445 g) num tambor cilíndrico com 500 a 700 mm. O tambor é rotacionado a uma velocidade de 30 a 33 rpm, até completar de 500 a 1000 rotações dependendo da gradação da relação dimensão x massa. O material é retirado e peneirado em malha de 1,7 mm. A fração retida é lavada e secada em estufa a 107°C, sendo depois pesada. O cálculo é feito por intermédio da equação (9), onde “P” é a perda por abrasão em porcentagem, “m” é a massa da amostra seca e “ $m_1$ ” é a massa em gramas do material retido na peneira com abertura de malha de 1,7 mm.

$$P = \frac{(m - m_1)}{m \times 100} \quad (9)$$

#### 2.4.2.4. Determinação da perda ao choque no aparelho *treton*

A preparação para este ensaio começa com a passagem da amostra por peneira com abertura de 19 mm e retenção em peneira com abertura de 16 mm. Ocorre

então uma seleção de partículas (entre 15 a 20 para cada ensaio) com forma cúbica, bem angular e com tamanhos aproximados. O peso em gramas deve ser cinquenta vezes a massa específica aparente das partículas do agregado a ser ensaiado com tolerância de até 3 g.

O *treton* consiste em um cilindro de aço, oco, com 10,16 cm de diâmetro interno, 17,46 cm de diâmetro externo e 47,62 cm de comprimento, sendo aberto em abas nas extremidades. O cilindro é colocado sobre uma chapa de base de aço fixa. Dentro do cilindro se encaixa outro cilindro maciço com 9,84 cm de diâmetro e 2,54 cm de comprimento que se acomoda no fundo do cilindro maior. Também ocorre um martelo de formato cilíndrico com 14,9 kg e de encaixe perfeito ao tubo maior. As partículas que compõem a amostra são colocadas dentro do cilindro oco em contato com a face superior do cilindro maciço. Em seguida, deixa-se cair por dez vezes o martelo de uma altura livre de 39,37 cm. As partículas restantes são peneiradas com peneira de 1,7 mm de abertura. O cálculo é feito por meio da diferença da massa original da amostra e a do material retido na peneira de 1,7 mm, por meio da equação (10), onde “T” é a perda ao choque (*treton*) expressa em porcentagem, “ $M_R$ ” é a massa do material em gramas retido na peneira com 1,7 mm e “ $M_1$ ” é a massa original em gramas da amostra.

$$T = \frac{M_R}{M_1} \quad (10)$$

## 2.5. GEOFÍSICA TERRESTRE

Durante o desenvolvimento do projeto foram realizadas campanhas de geofísica terrestre com o objetivo de estimar o volume de rochas sedimentares disponíveis na porção oeste da Bacia de Taubaté. Devido à carência de dados de subsuperfície, se fez necessária a aplicação da técnica da sondagem elétrica vertical (SEV). Como esta técnica oferece informações verticais das propriedades físicas de diferentes litologias, as informações obtidas foram relacionadas com os dados de alguns poços da base SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterâneas). No total, foram realizadas aquisições de dados em 68 estações de SEVs entre os dias 3 de abril e 10 de agosto de 2018 em três campanhas que tiveram 26 dias efetivos de campo. O resultado do trabalho permitiu estimar qual a distribuição espacial dos estratos sedimentares na região em subsuperfície, posicionamento do nível freático e a topografia do embasamento da bacia por meio de modelagem geológica com o uso do software Leapfrog 3D®.

### 2.5.1. Métodos elétricos

Os métodos elétricos utilizam correntes contínuas ou alternadas de baixa frequência para investigar as

propriedades elétricas dos materiais em subsuperfície. No presente trabalho, foi utilizado o método de resistividade a fim de estudar descontinuidades verticais nas propriedades elétricas do solo e dos estratos rochosos. Neste método, correntes elétricas geradas artificialmente são introduzidas no solo e as diferenças de potencial resultantes são medidas na superfície.

A resistividade elétrica é uma das propriedades físicas mais variáveis. A maior parte dos minerais formadores das rochas é isolante, e a corrente elétrica é conduzida através de uma rocha principalmente pela presença de íons nas águas dos poros. Assim, o aumento da porosidade e do conteúdo de sais são os principais fatores que diminuem resistividade de rochas. Secundariamente, a presença de argilo-minerais, minerais sulfetados e granulação grosseira.

A resistividade elétrica é determinada pela equação (11), onde “I” é a corrente elétrica introduzida no solo, “ΔV” é a diferença de potencial medida e “K” é um fator geométrico que depende das técnicas e arranjos utilizados nos levantamentos.

$$\rho = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (11)$$

### 2.5.1.1. Sondagem Elétrica Vertical

A técnica da SEV consiste numa sucessão de medidas de um parâmetro geoeletrico efetuadas a partir da superfície do terreno. Dois eletrodos “injetam” uma corrente I no solo nos pontos A e B, e outros dois eletrodos medem a diferença de potencial ΔV entre estes pontos M e N (Figura 2.2).

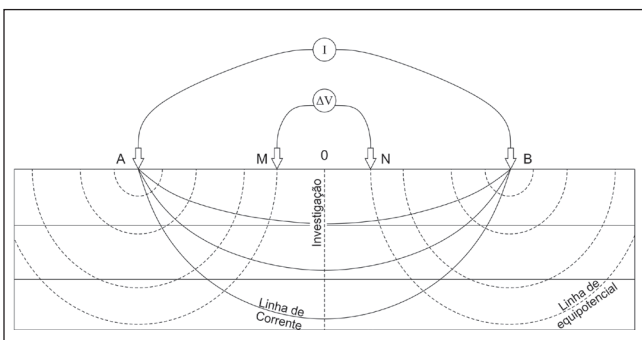


Figura 2.2 - Técnica da sondagem elétrica vertical (SEV).

Uma vez que se conhece a distância entre os pontos  $\overline{AM}$  e  $\overline{AN}$  (Figura 2.2), é possível medir a corrente I injetada e a diferença de potencial ΔV. Com esses dados é possível calcular a resistividade aparente ( $\rho_a$ ) com a equação (12):

$$\rho_a = \pi \cdot \frac{\overline{AM} \cdot \overline{AN}}{\overline{MN}} \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (12)$$

O arranjo utilizado foi o Schlumberger, no qual a cada leitura os eletrodos AB são afastados do centro do arranjo, enquanto os eletrodos MN se mantêm fixos. Desta forma, quanto maior a distância entre os eletrodos AB, maior a profundidade de investigação. As leituras deste arranjo estão menos sujeitas às variações laterais no parâmetro físico medido, irregularidades na superfície topográfica e ruídos produzidos por fontes artificiais (BRAGA, 2016).

O equipamento utilizado no levantamento foi o resistímetro Syscal Pro (Figura 2.3). Também estavam disponíveis seis rolos de cabos, dois de 100 m (MN) e quatro de 350 m (AB), alcançando abertura máxima entre os eletrodos de corrente de até 1400 m. Os equipamentos auxiliares foram: uma bateria de 12 V, eletrodos metálicos para injeção de corrente elétrica e medição do potencial elétrico, cabos para conexões entre equipamento e eletrodos, marretas para fixação dos eletrodos e trenas para marcar as posições dos eletrodos.

As coordenadas foram registradas com o GPS portátil Garmin 62sc, admitindo-se precisão máxima horizontal de 5 m e vertical de 10 m. Essas são também as precisões dos produtos geofísicos gerados.



Figura 2.3 - Equipamento Syscal Pro.

### 3. CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS, SOCIOECONÔMICAS E ESTRUTURAIS

#### 3.1. HISTÓRICO

A região foi construída e ocupada a partir dos municípios de São Paulo e Mogi das Cruzes, cujos territórios foram subdivididos e originaram os demais 37 municípios na área (CUNHA, 2014). A composição atual (Figura 1.1) é resultado de séculos de mudanças e transformações nas divisas territoriais, com a criação dos municípios pela emancipação de distritos por fatores políticos e reivindicações de um melhor atendimento pela municipalidade (FÁVERO, 2004; CUNHA, 2014). A RMSP foi estabelecida pela lei complementar federal nº 14 de 8 de junho de 1973, e disciplinada pela lei complementar estadual nº 94 de 29 de maio de 1974.

A economia do sudeste do Brasil começou a se desenvolver somente a partir do século XIX, com a independência do país e crescimento da agricultura cafeeira (BÓGUS e VÉRAS, 2000). Antes disso, durante séculos, a cidade de São Paulo era um modesto arraial com expressão urbana muito restrita (BÓGUS e VÉRAS, 2000). O crescimento populacional extremamente rápido do município ocorreu

entre os anos de 1900 a 1950 (Figura 3.1), onde a população aumentou nove vezes o seu tamanho, passando de 240 mil a 2,2 milhões de habitantes a uma taxa de crescimento anual de 4,5% (JANNUZZI, 2000). Este contingente estava relacionado às migrações provenientes do interior do estado, de outras regiões do Brasil (e.g., Minas Gerais, nordeste) e de outros países (e.g., Itália, Espanha, Japão), atraídos pela consolidação do município de São Paulo como o maior centro industrial do país (JANNUZZI, 2000). No entanto, a década de 1980 apresentou uma forte queda no crescimento demográfico da cidade (1,2% ao ano), fato relacionado ao desenvolvimento econômico do interior de São Paulo e crise de emprego (JANNUZZI, 2000; DEDECCA *et al.*, 2009). Na década de 90, a capital apresentou uma das menores taxas de crescimento demográfico entre as capitais brasileiras (CABRAL, 2002), resultado de um aumento no número de habitantes nos municípios periféricos da RMSP e descentralização das atividades industriais (BÓGUS e VÉRAS, 2000; DEDECCA *et al.*, 2009).

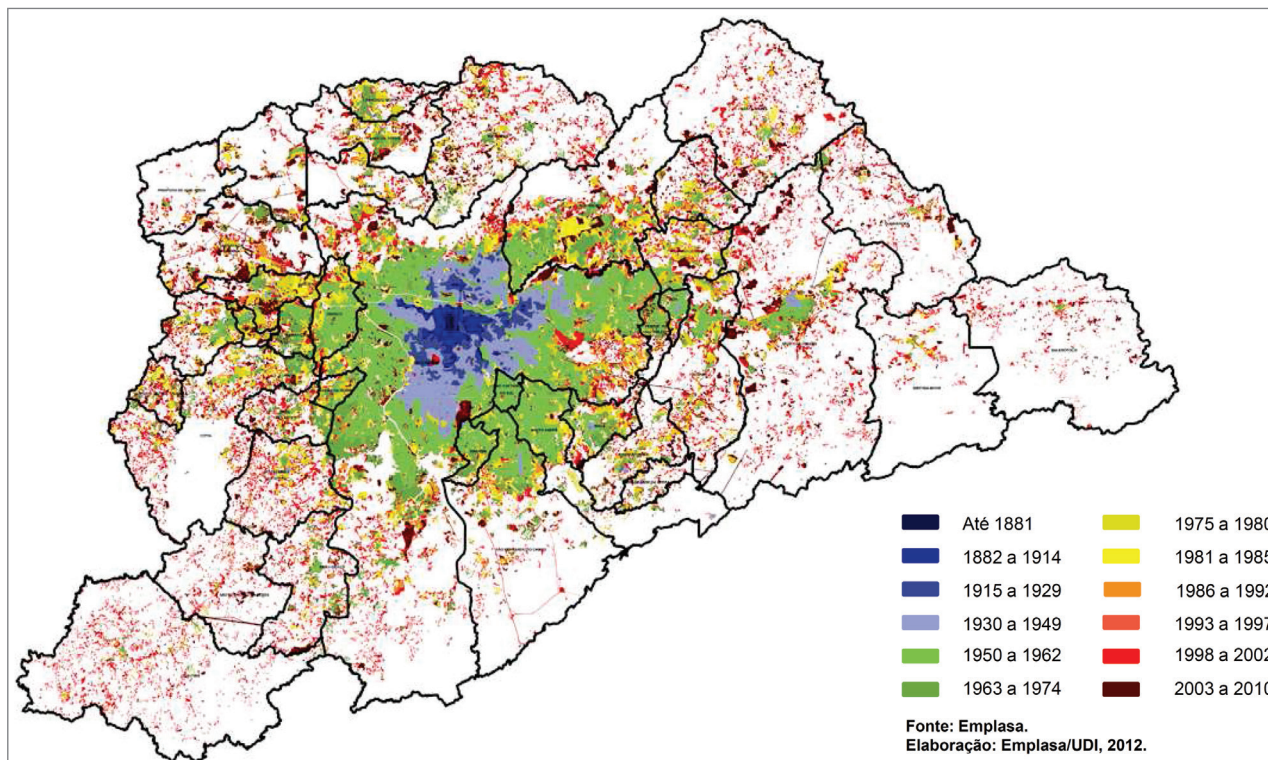


Figura 3.1 - Evolução da mancha urbana na RMSP por períodos. Fonte: Emplasa. Extraído de [www.prefeitura.sp.gov.br](http://www.prefeitura.sp.gov.br).

### 3.2. FISIOGRAFIA

A área da RMSP está inserida no extenso Planalto Atlântico (e.g., AZEVEDO, 1958), cujas regiões serranas apresentam estrutura urbana ajustada à topografia local, evitando o montante montanhoso e preferindo trechos planos, fundo de vales, várzeas, terraços e planícies aluviais (AB´SABER, 2007; BUENO, 2013). O relevo da RMSP é condicionado pela geologia do local e apresenta características diferentes nas áreas formadas pelas bacias cenozoicas (i) em relação ao embasamento cristalino pré-cambriano (ii). Em (i) o relevo é suave e mais estável, formado por colinas e extensos trechos de várzea (AZEVEDO, 1958), diferente do encontrado em (ii), onde o relevo é mais acidentado, com altas declividades, formados por conjuntos de morros, como os da Serra da Cantareira, na região norte da RMSP (SÃO PAULO, 1983).

A latitude da região implica em uma transição climática entre tropical de altitude e subtropical ([www.ccst.inpe.br](http://www.ccst.inpe.br)). A Bacia do Alto Tietê drena a maior parte da área que também é abastecida de forma mais restrita pelas bacias do Parateí a nordeste, afluyente do Rio Paraíba do Sul, do Capivari-Monos, no Alto da Serra de Paranapiacaba e do São Lourenço, afluyente do Rio Juquiá, na região sudoeste (SÃO PAULO, 1972; Figura 3.2).

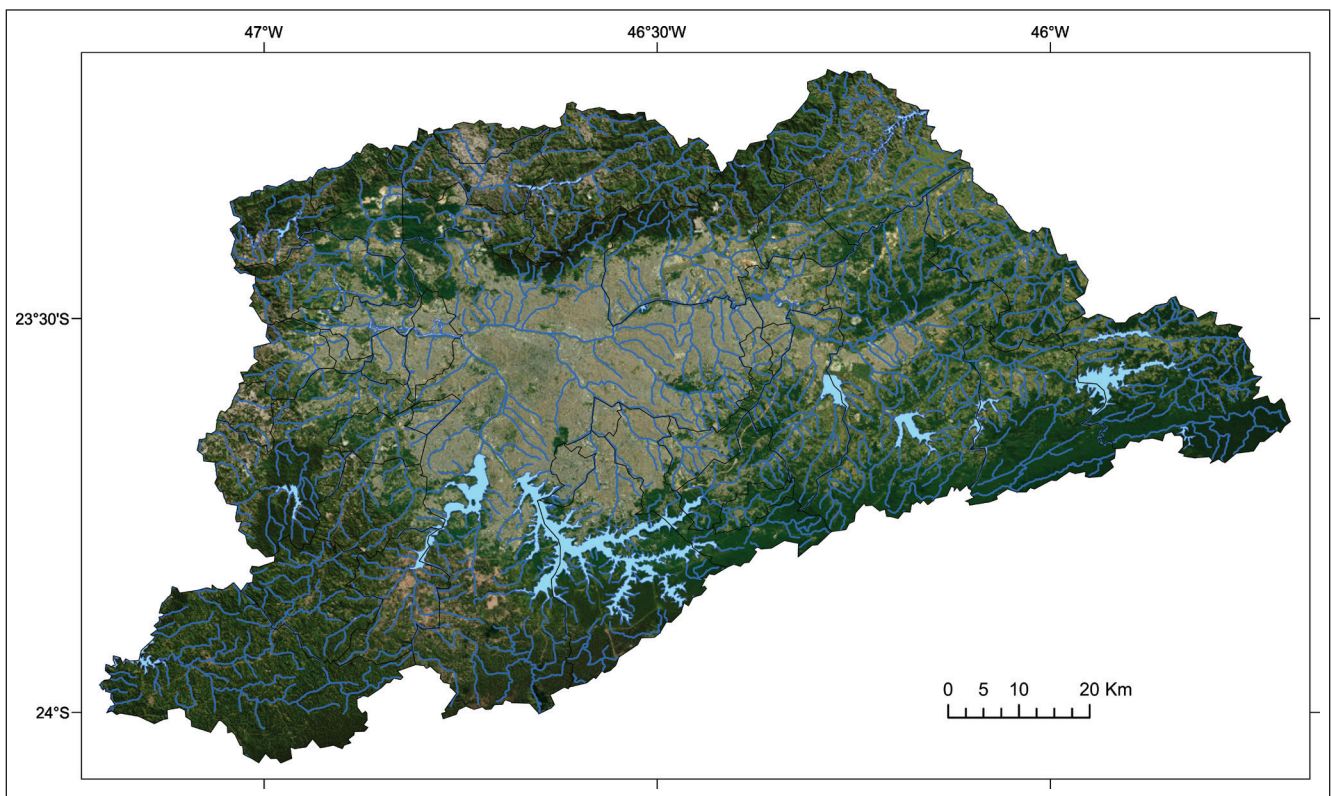
A vegetação original da área consiste na Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica), desde a Serra do Mar

até o planalto, com diversidade nas florestas mesófilas e semidecíduas, com manchas de cerrado e vegetação campestre (RAIMUNDO, 2006). Áreas no município de Franco da Rocha também apresentam manchas de cerrado, assim como áreas na região sul da RMSP (Parelheiros, São Bernardo do Campo e Santo André) mostram maior incidência de vegetação campestre em meio à floresta (RAIMUNDO, 2006).

### 3.3. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

#### 3.3.1. Variação do PIB na região e no contexto das metrópoles do país

A RMSP representa o maior polo de concentração de produção do país, com um PIB de R\$ 1,057 trilhões, representando 54,5% do PIB do estado de São Paulo e 17,6% do PIB nacional (dados de 2015, IBGE). A capital paulista está no topo da lista de municípios da RMSP em tamanho do PIB, sendo responsável por 1/3 do que foi produzido pelo estado de São Paulo em 2015 (tabelas 3.1 e 3.2). Entre os anos de 2002 a 2014, o setor de serviços correspondeu a 60% do PIB da região e 25,2% do PIB nacional do setor, seguido pela indústria (14% do PIB da região e 16,5% da produção na esfera nacional) (ANTUNES, 2018). No entanto, a contribuição da RMSP para os macrossetores econômicos brasileiros



**Figura 3.2** - Mapa hidrográfico e imagem aérea da RMSP com indicação das drenagens principais (azul marinho), represas (azul claro), mancha urbana atual e áreas verdes. Fonte: base hidrográfica do IBGE, escala 1:250.000.

**Tabela 3.1 - PIB dos municípios da RMSP em reais correntes (dados do IBGE, 2015).**

LOCALIDADES	PIB (EM MIL REAIS CORRENTES)	PIB PER CAPITA (EM REAIS CORRENTES)	PARTICIPAÇÃO NO PIB DO ESTADO (EM %)
Arujá	4874536,13	59130,44	0,25
Barueri	47793106,29	188870,47	2,46
Biritiba-Mirim	723189,82	23746,18	0,04
Caieiras	3074159,66	32829,91	0,16
Cajamar	11584945,53	163138,38	0,60
Carapicuíba	5115508,66	13348,54	0,26
Cotia	10639277,56	47289,88	0,55
Diadema	13854570,11	34965,63	0,71
Embu das Artes	9403920,3	36729,62	0,48
Embu-Guaçu	1001843,83	15310,52	0,05
Ferraz de Vasconcelos	2736076,29	15135,26	0,14
Francisco Morato	1337906,38	8155,08	0,069
Franco da Rocha	2743594,4	19292,01	0,14
Guararema	1549436,06	56096,31	0,08
Guarulhos	52199129,57	40515,82	2,69
Itapecerica da Serra	3200862,59	19847,73	0,16
Itapevi	10278995,46	46967,58	0,53
Itaquaquecetuba	6476631,51	18730,12	0,33
Jandira	3291025,81	28359,91	0,17
Juquitiba	441964,17	14977,77	0,02
Mairiporã	1514465,59	16808,16	0,08
Mauá	12429673,25	28252,66	0,64
Mogi das Cruzes	14130976,3	34400,85	0,73
Osasco	65872535,11	97885,06	3,39
Pirapora do Bom Jesus	371896,41	21576,72	0,02
Poá	4393670,34	39566,58	0,22
Ribeirão Pires	2813435,76	24179,13	0,14
Rio Grande da Serra	533253,58	11358,15	0,03
Salesópolis	193193,39	11906,41	0,01
Santa Isabel	1514766,04	28648,06	0,08
Santana de Parnaíba	7832604,59	63140,71	0,40
Santo André	26240884,88	38274	13,53
São Bernardo do Campo	42745533,28	54008,53	2,20
São Caetano do Sul	13302120,23	88324,56	0,68
São Lourenço da Serra	207484,27	14058,15	0,011
São Paulo	650544788,73	56169,59	33,53
Suzano	10328166,64	37305,73	0,53
Taboão da Serra	7709488,79	29139,25	0,40
Vargem Grande Paulista	1948503,87	40606,52	0,10

**Tabela 3.2** - Produto Interno Bruto total e *per capita* a preços correntes em milhões de reais.

UNIDADES TERRITORIAIS	2002			2014		
	PIB (1)	PIB PER CAPITA (2)	%PIB	PIB (1)	PIB PER CAPITA (2)	%PIB
Brasil	1.488.787	0,0085	-	5.778.953	0,0285	-
Estado de São Paulo	518.879	13,7	35%	1.858.196	43,5	32%
RMSP	292.547	12,6	20%	1.022.867	40,2	18%
Município de São Paulo	188.706	17,8	13%	628.065	54,5	11%

Fonte: IBGE e Fundação Seade. (1) PIB do município estimado somando os impostos ao VA total; (2) PIB *per capita* estimado usando a população estimada pela Fundação Seade, e referente ao Brasil foi calculado usando a estimativa do IBGE. Tabela extraída de Antunes (2018).

vêm diminuindo nos últimos 12 anos, resultado das taxas maiores de crescimento das outras regiões do país (ANTUNES, 2018). Enquanto a cidade de Osasco apresentou um forte avanço no período, devido ao aumento nas atividades de intermediação financeira, a crise do setor automobilístico afetou alguns municípios, como o caso de São Bernardo do Campo que caiu de segundo para o quinto lugar no ranking do PIB municipal estadual (ANTUNES, 2018).

### 3.3.2. População da RMSP e empregos formais

A população total da RMSP abrange cerca de 20,8 milhões de habitantes que se concentram majoritariamente no município de São Paulo (11,7 milhões de habitantes), seguido por Guarulhos (1,3 milhões) e São Bernardo do Campo (800 mil) em número total de habitantes (Tabela 3.3). No caso de São Paulo, a população urbana representa 99% da população total do município. A cidade também concentra 69% dos empregos formais da RMSP, o que representa 4,9 milhões de empregos. Deste total, 69% estão alocados no setor de serviços, 18% no comércio atacadista e varejista, 8% na indústria e 5% no setor de construção (Tabela 3.4). Os municípios de Guarulhos e Barueri apresentam, depois de São Paulo, as maiores porcentagens de empregos formais da região, sendo responsáveis por 4,5% e 3,5%, respectivamente. O município de Diadema apresenta a maior porcentagem relativa de empregos na indústria (40% do total de empregos do município), enquanto o município de Rio Grande da Serra apresenta a maior porcentagem relativa de empregos no setor de construção (12% do total de empregos do município) (Tabela 3.4).

### 3.3.3. Índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) e déficit habitacional

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) sintetiza três aspectos do desenvolvimento

humano (longevidade, educação e renda), sendo que os valores mais próximos de 1 representam municípios com maior desenvolvimento ([www.seade.gov.br](http://www.seade.gov.br)). A RMSP apresenta o melhor IDH dentre as regiões metropolitanas brasileiras, com índice de 0,794 ([www.saopaulo.sp.gov.br](http://www.saopaulo.sp.gov.br)). Os índices municipais da região variam de 0,703 a 0,862 (Tabela 3.5). A cidade de São Caetano do Sul apresenta o maior valor e também ocupa o primeiro lugar entre os municípios paulistas (Tabela 3.5). O município de São Paulo ocupa o 4º lugar entre as localidades da RMSP e o 14º lugar no ranking entre os maiores índices do estado (Tabela 3.5).

O indicador do déficit habitacional na região leva em consideração a reposição e o incremento de estoque no que se refere à demanda de novas moradias decorrente de: (i) coabitação forçada, (ii) famílias que residem em imóveis alugados e (iii) o adensamento excessivo de imóveis alugados (IPEA, 2013). O déficit habitacional do estado de São Paulo é expressivo e apresenta uma carência que ultrapassa mais de 1 milhão de unidades habitacionais (dados de 2013-2014, [www.fjp.mg.gov.br](http://www.fjp.mg.gov.br)). A carência da RMSP é uma das mais elevadas do estado (11,4%), sendo a coabitação forçada o fator mais significativo e atinge mais de 200 mil domicílios (Tabela 3.6). Somente na cidade de São Paulo, a coabitação envolve 172.882 domicílios (Tabela 3.6). De fato, o déficit do município é o maior entre as capitais do Brasil, seguido por Rio de Janeiro, Brasília e Salvador (IPEA, 2013). Outros municípios da RMSP, como Guarulhos e Osasco, também apresentam expressiva carência e figuram entre as localidades com maior adensamento excessivo para domicílios alugados do país (IPEA, 2013).

### 3.3.4. Dados econômicos do setor mineral de agregados

Segundo dados de serviços geológicos internacionais, a Europa produziu cerca de 1,1510 toneladas de

**Tabela 3.3** - População dos municípios da RMSP (dados de 2018, IBGE).

LOCALIDADES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Arujá	86746	42771	43975	97,26	83492	3254	96,25
Barueri	259793	126387	133406	94,74	259793	-	100
Biritiba-Mirim	31571	15858	15713	100,92	27455	4116	86,96
Caieiras	97763	47871	49892	95,95	95953	1810	98,15
Cajamar	74910	37310	37600	99,23	73962	948	98,73
Carapicuíba	390010	189410	200600	94,42	390010	-	100
Cotia	238189	116548	121641	95,81	238189	-	100
Diadema	401159	194056	207103	93,7	401159	-	100
Embu das Artes	264787	128687	136100	94,55	264787	-	100
Embu-Guaçu	66993	33161	33832	98,02	65206	1787	97,33
Ferraz de Vasconcelos	188035	91827	96208	95,45	179598	8437	95,51
Francisco Morato	170189	84291	85898	98,13	169843	346	99,8
Franco da Rocha	148126	75475	72651	103,89	136465	11661	92,13
Guararema	28692	14345	14347	99,99	24691	4001	86,06
Guarulhos	1325750	645886	679864	95	1325750	-	100
Itapecerica da Serra	166229	82927	83302	99,55	164851	1378	99,17
Itapevi	229982	113109	116873	96,78	229982	-	100
Itaquaquecetuba	360462	177342	183120	96,84	360462	-	100
Jandira	120523	58971	61552	95,81	120523	-	100
Juquitiba	30040	15098	14942	101,04	25349	4691	84,38
Mairiporã	95122	47800	47322	101,01	86939	8183	91,4
Mauá	451947	220821	231126	95,54	451947	-	100
Mogi das Cruzes	423912	206316	217596	94,82	392682	31230	92,63
Osasco	677750	326131	351619	92,75	677750	-	100
Pirapora do Bom Jesus	18188	8974	9214	97,4	18188	-	100
Poá	113719	55181	58538	94,27	111922	1797	98,42
Ribeirão Pires	117917	57660	60257	95,69	117917	-	100
Rio Grande da Serra	48648	24027	24621	97,59	48648	-	100
Salesópolis	16590	8304	8286	100,22	10920	5670	65,82
Santa Isabel	54191	26957	27234	98,98	43709	10482	80,66
Santana de Parnaíba	132317	65203	67114	97,15	132317	-	100
Santo André	690551	331648	358903	92,41	690551	-	100
São Bernardo do Campo	803771	388474	415297	93,54	790745	13026	98,38
São Caetano do Sul	150988	70066	80922	86,58	150988	-	100
São Lourenço da Serra	15246	7668	7578	101,19	14133	1113	92,7
São Paulo	11753659	5590397	6163262	90,71	11648004	105655	99,1
Suzano	285257	139668	145589	95,93	275215	10042	96,48
Taboão da Serra	275988	132409	143579	92,22	275988	-	100
Vargem Grande Paulista	50797	25150	25647	98,06	50797	-	100

(1) População; (2) População masculina; (3) População feminina; (4) Razão dos sexos; (5) População urbana; (6) População rural; (7) Urbanização (em%).

**Tabela 3.4 - Empregos formais nos municípios da RMSP (dados de 2016, IBGE).**

LOCALIDADES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Arujá	22207	181	8290	864	5348	7524	0,82	37,33	3,89	24,08	33,88
Barueri	254677	38	32489	6622	42728	172800	0,01	12,76	2,6	16,78	67,85
Biritiba-Mirim	3873	1237	283	20	961	1372	31,94	7,31	0,52	24,81	35,42
Caieiras	18601	44	6783	1088	3926	6760	0,24	36,47	5,85	21,11	36,34
Cajamar	38347	46	12141	752	7566	17842	0,12	31,66	1,96	19,73	46,53
Carapicuíba	35524	-	4457	2696	11094	17277	-	12,55	7,59	31,23	48,63
Cotia	72967	382	19158	2861	17689	32877	0,52	26,26	3,92	24,24	45,06
Diadema	91960	1	41073	3542	17329	30015	0	44,66	3,85	18,84	32,64
Embu das Artes	42420	41	8644	1535	11205	20995	0,1	20,38	3,62	26,41	49,49
Embu-Guaçu	8485	197	3060	151	2031	3046	2,32	36,06	1,78	23,94	35,9
Ferraz de	188035	91827	96208	95,45	179598	8437	95,51				
Vasconcelos	19617	-	8220	728	4357	6312	-	41,9	3,71	22,21	32,18
Francisco Morato	9386	-	280	438	2961	5707	-	2,98	4,67	31,55	60,8
Franco da Rocha	15153	63	3642	496	4171	6781	0,42	24,03	3,27	27,53	44,75
Guararema	7988	337	2569	187	1291	3604	4,22	32,16	2,34	16,16	45,12
Guarulhos	320704	85	90037	8041	68529	154012	0,03	28,07	2,51	21,37	48,02
Itapeceira da Serra	22323	483	3081	643	5400	12716	2,16	13,8	2,88	24,19	56,96
Itapevi	34675	15	9142	1407	8896	15215	0,04	26,36	4,06	25,66	43,88
Itaquaquecetuba	39699	77	14543	852	9769	14458	0,19	36,63	2,15	24,61	36,42
Jandira	19374	-	6960	1273	3915	7226	-	35,92	6,57	20,21	37,3
Juquitiba	5755	59	382	62	1277	3975	1,03	6,64	1,08	22,19	69,07
Mairiporã	13376	47	3362	358	2994	6615	0,35	25,13	2,68	22,38	49,45
Mauá	64480	23	21848	3926	14255	24428	0,04	33,88	6,09	22,11	37,88
Mogi das Cruzes	98273	2069	17408	3806	21906	53084	2,11	17,71	3,87	22,29	54,02
Osasco	160186	14	16272	6186	44822	92892	0,01	10,16	3,86	27,98	57,99
Pirapora do Bom Jesus	2020	8	375	164	231	1242	0,4	18,56	8,12	11,44	61,49
Poá	27571	-	5349	1158	3864	17200	-	19,4	4,2	14,01	62,38
Ribeirão Pires	21890	9	6508	848	5140	9385	0,04	29,73	3,87	23,48	42,87
Rio Grande da Serra	3985	4	1621	475	521	1364	0,1	40,68	11,92	13,07	34,23
Salesópolis	2131	575	40	9	595	912	26,98	1,88	0,42	27,92	42,8
Santa Isabel	10635	334	2607	518	2729	4447	3,14	24,51	4,87	25,66	41,81
Santana de Parnaíba	59061	80	11459	2365	7409	37748	0,14	19,4	4	12,54	63,91
Santo André	195125	17	23520	7411	40977	123200	0,01	12,05	3,8	21	63,14
São Bernardo do Campo	252289	34	75019	8082	44086	125068	0,01	29,74	3,2	17,47	49,57
São Caetano do Sul	101509	9	19536	10354	16956	54654	0,01	19,25	10,2	16,7	53,84
São Lourenço da Serra	8123	82	183	130	477	7251	1,01	2,25	1,6	5,87	89,27
São Paulo	4952351	2291	403210	250836	874319	3421695	0,05	8,14	5,06	17,65	69,09
Suzano	53706	629	16837	1766	12248	22226	1,17	31,35	3,29	22,81	41,38
Taboão da Serra	60655	2	11380	5978	12389	30906	0	18,76	9,86	20,43	50,95
Vargem Grande Paulista	10743	230	3894	457	2856	3306	2,14	36,25	4,25	26,58	30,77

(1) Empregos formais; (2) Empregos Formais da Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Pesca e Aquicultura; (3) Empregos Formais da Indústria; (4) Empregos Formais da Construção; (5) Empregos Formais do Comércio Atacadista e Varejista e do Comércio e Reparação de Veículos Automotores e Motocicletas; (6) Empregos Formais dos Serviços; (7) Participação dos Empregos Formais da Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Pesca e Aquicultura no Total de Empregos Formais (em %); (8) Participação dos Empregos Formais da Indústria no Total de Empregos Formais (em %); (9) Participação dos Empregos Formais da Construção no Total de Empregos Formais (em %); (10) Participação dos Empregos Formais do Comércio Atacadista e Varejista e do Comércio e Reparação de Veículos Automotores e Motocicletas no Total de Empregos Formais (em %); (11) Participação dos Empregos Formais dos Serviços no Total de Empregos Formais (em %).



**Tabela 3.5 - IDHM das localidades da RMSP (dados de 2010, Fundação Seade).**

LOCALIDADES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Arujá	0,784	55	0,866	0,73	0,761
Barueri	0,786	47	0,866	0,708	0,791
Biritiba-Mirim	0,712	522	0,795	0,64	0,71
Caieiras	0,781	62	0,861	0,749	0,74
Cajamar	0,728	409	0,81	0,668	0,713
Carapicuíba	0,749	236	0,842	0,693	0,721
Cotia	0,78	66	0,851	0,707	0,789
Diadema	0,757	182	0,844	0,716	0,717
Embu das Artes	0,735	345	0,839	0,676	0,7
Embu-Guaçu	0,749	236	0,834	0,708	0,713
Ferraz de Vasconcelos	0,738	321	0,828	0,703	0,691
Francisco Morato	0,703	565	0,815	0,647	0,659
Franco da Rocha	0,731	381	0,852	0,654	0,702
Guararema	0,731	381	0,817	0,656	0,729
Guarulhos	0,763	145	0,831	0,717	0,746
Itapecerica da Serra	0,742	290	0,852	0,687	0,699
Itapevi	0,735	345	0,855	0,677	0,687
Itaquaquecetuba	0,714	509	0,844	0,648	0,665
Jandira	0,76	164	0,841	0,706	0,738
Juquitiba	0,709	542	0,791	0,662	0,68
Mairiporã	0,788	40	0,881	0,723	0,767
Mauá	0,766	131	0,852	0,733	0,721
Mogi das Cruzes	0,783	60	0,851	0,74	0,762
Osasco	0,776	83	0,84	0,718	0,776
Pirapora do Bom Jesus	0,727	418	0,81	0,698	0,679
Poá	0,771	107	0,856	0,754	0,71
Ribeirão Pires	0,784	55	0,847	0,76	0,749
Rio Grande da Serra	0,749	236	0,823	0,745	0,684
Salesópolis	0,732	370	0,829	0,69	0,687
Santa Isabel	0,738	321	0,834	0,689	0,7
Santana de Parnaíba	0,814	9	0,849	0,725	0,876
Santo André	0,815	7	0,861	0,769	0,819
São Bernardo do Campo	0,805	14	0,861	0,752	0,807
São Caetano do Sul	0,862	1	0,887	0,811	0,891
São Lourenço da Serra	0,728	409	0,823	0,666	0,704
São Paulo	0,805	14	0,855	0,725	0,843
Suzano	0,765	138	0,873	0,723	0,708
Taboão da Serra	0,769	115	0,863	0,71	0,742
Vargem Grande Paulista	0,77	110	0,884	0,683	0,755
Vargem Grande Paulista	10743	230	3894	457	2856

(1) Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM; (2) IDHM – Ranking dos Municípios; (3) IDHM Longevidade; (4) IDHM Educação; IDHM Renda.

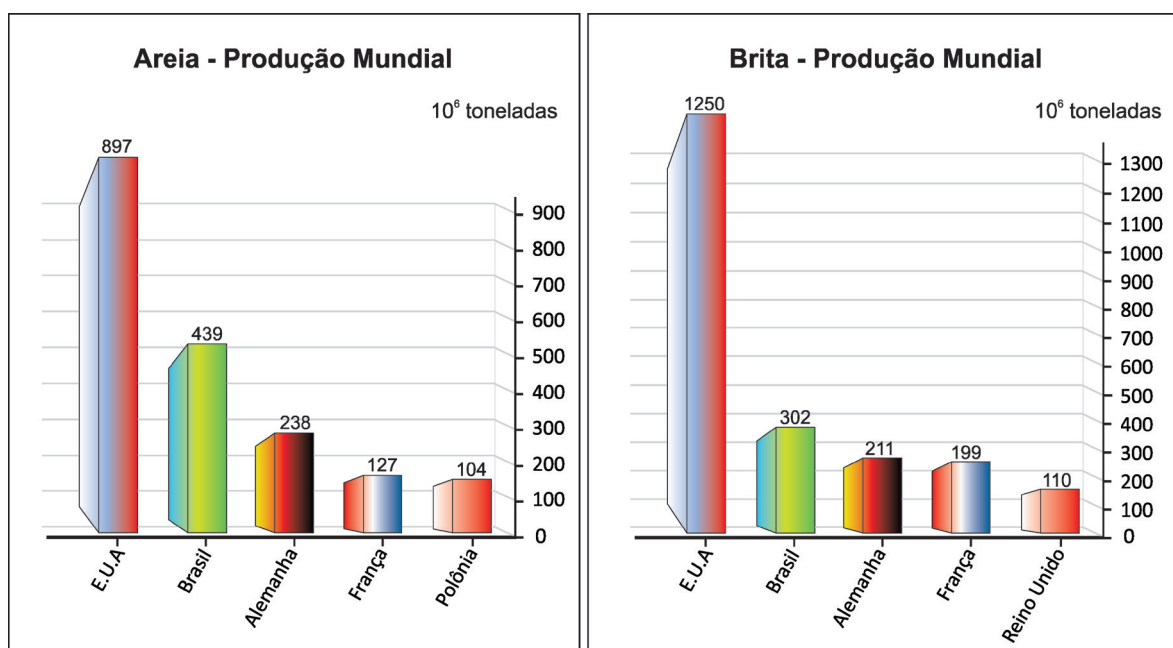
**Tabela 3.6** - Estimativa do déficit habitacional e seus componentes (Censo, 2010). Extraído de Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2013).

	DÉFICIT	PRECÁRIAS	COABITAÇÃO	EXCEDENTE ALUGUEL	ADENS. ALUGUEL	NÚMERO DOMICÍLIOS	PROPORÇÃO DÉFICIT POR DOMICÍLIO
Estado de São Paulo	1.333.821	93.697	573.627	508.850	244.753	13.053.253	10,2%
RMSP	694.047	43.725	293.373	255.997	156.502	6.159.707	11,3%
Município São Paulo	411.393	20.088	172.882	157.615	95.271	3.608.581	11,4%

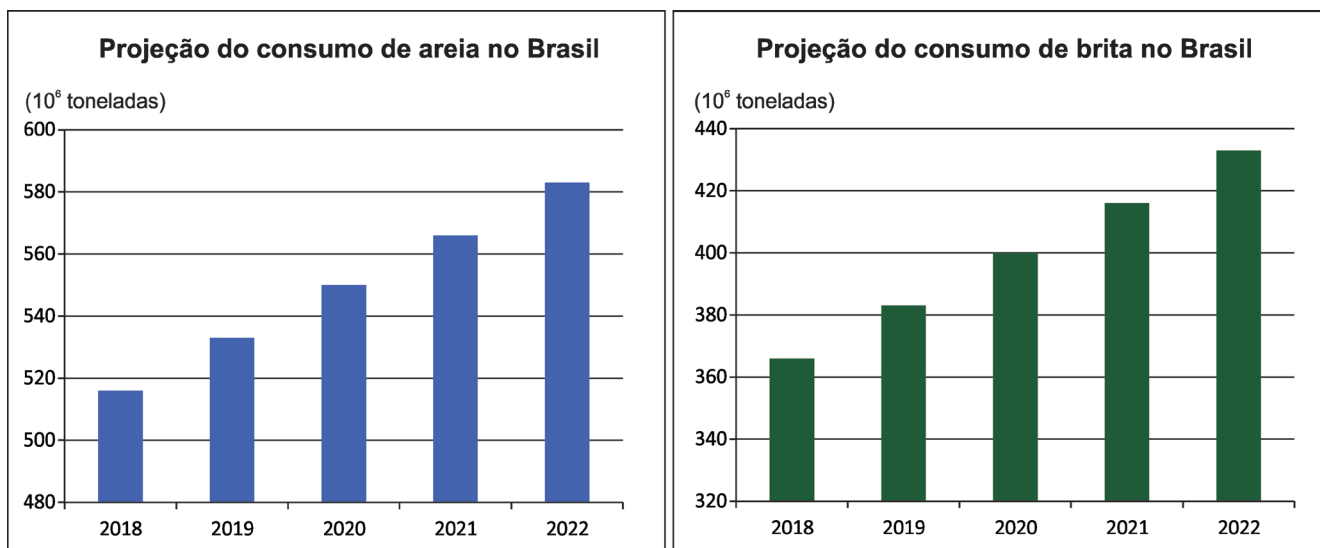
brita no ano de 2014, com destaque para a produção de agregados da Alemanha, França, Reino Unido e Polônia. No mesmo período, os Estados Unidos produziram 1250 milhões de toneladas de brita e 897 milhões de toneladas de areia (Figura 3.3). Dados da Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção (ANEPAC) mostram que, em 2014, o Brasil produziu 302 milhões de toneladas de brita e 439 milhões de toneladas de areia, com consumo per capita de 3,7 toneladas/habitante (Figura 3.3). Este valor é baixo quando comparado aos Estados Unidos, cujo índice era de nove toneladas/habitante. No Brasil, a região sudeste apresenta o maior consumo de agregados, sendo responsável por cerca de 50% do total nacional (dados de 2014). No entanto, para o consumo per capita regional, o destaque fica por conta da região Centro-Oeste, com 4,47 toneladas/habitante. O Nordeste possui a menor relação de consumo, com índice de 2,74 toneladas/habitante (www.anepac.org.br). A projeção do consumo de areia e brita para o Brasil no ano de 2022 é da ordem de 580 e 430 milhões de toneladas, respectivamente (LCA CONSULTORES,

2014), o que significa uma necessidade de aumento da produção do país nos próximos anos (Figura 3.4).

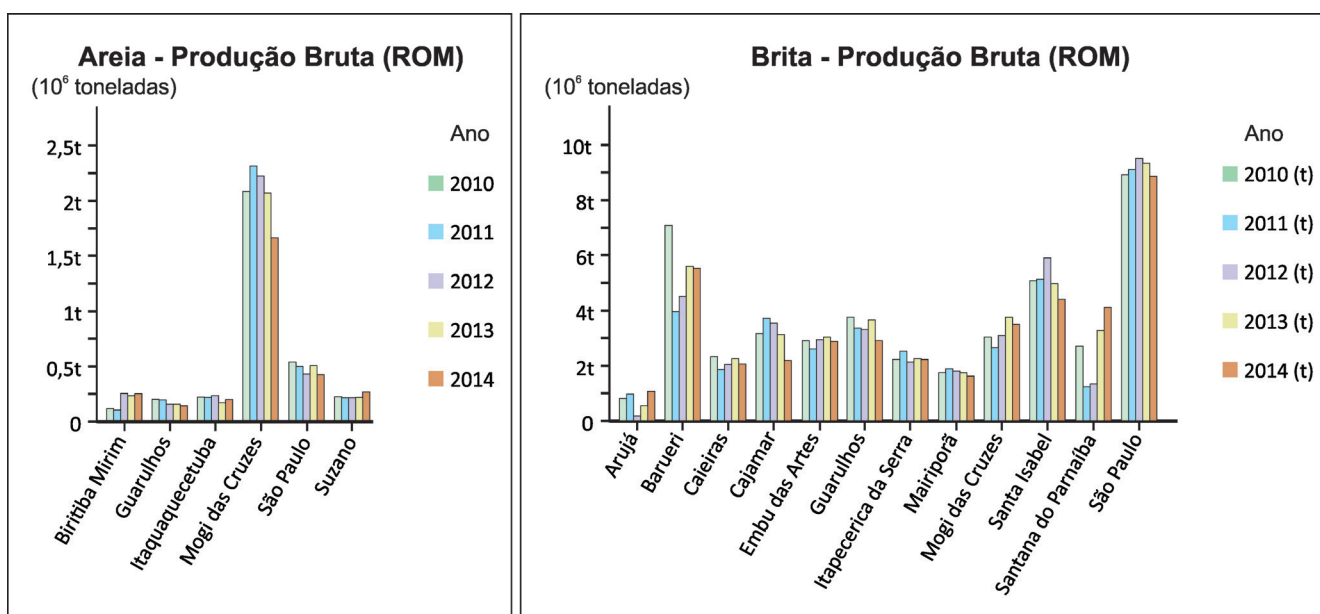
O valor da produção comercializada de agregados no estado de São Paulo representou 62% de toda a produção mineral do estado, somando 809 milhões de reais com a produção de areia e mais de dois bilhões de reais com a de brita (BRASIL, 2016). Neste cenário, a RMSP respondeu por 10% da produção bruta de areia e 36% da produção bruta de brita do estado, sendo no total responsável por 2,7 milhões de toneladas de areia, tendo Mogi das Cruzes como principal município produtor (BRASIL, 2016; Figura 3.5, Tabela 3.7). O município de Guararema é também um importante produtor de areia, entretanto não apresenta dados atuais de produção em fonte oficial (Agência Nacional de Mineração - ANM). Podemos constatar sua importância através de visitas técnicas, onde foi observada e registrada grande concentração de produtores. No caso da brita, a RMSP respondeu por 31 milhões de toneladas, com destaque para a produção dos municípios de São Paulo, Santana do Parnaíba, Santa Isabel, Guarulhos e Embu das Artes (BRASIL, 2016; Figura 3.5, Tabela 3.8).



**Figura 3.3** - Produção bruta estimada, de areia e brita, dos principais produtores de agregados no mundo. A China é um importante produtor de agregados, mas os dados estatísticos de produção bruta não são divulgados.



**Figura 3.4** - Projeção de consumo de areia e brita, em milhões de toneladas, no Brasil, no período de 2018 a 2022. Fonte: LCA Consultores com base nos dados da ANEPAC.



**Figura 3.5** - Produção bruta de areia e brita, em toneladas (ROM), dos principais municípios produtores da RMSP entre 2010 e 2014. Fonte: BRASIL (2016).

**Tabela 3.7** - Produção bruta de areia (ROM) dos principais municípios produtores de RMSP em toneladas.

MUNICÍPIOS	2010 (T)	2011 (T)	2012 (T)	2013 (T)	2014 (T)
Biritiba Mirim	89884	79534	223861	212570	216807
Guarulhos	174027	168499	134601	125063	111912
Itaquaquecetuba	193541	190166	212026	132223	163951
Mogi das Cruzes	2069430	2308477	2211842	2055595	1639674
Mogi Guaçu	403539	1117529	881331	1003271	1321653
São Paulo	509616	471319	414552	475161	394043
Suzano	192910	188838	188694	190578	241578

**Tabela 3.8** - Produção bruta de brita (ROM) dos principais municípios produtores de areia da RMSP em toneladas.

MUNICÍPIOS	2010 (T)	2011 (T)	2012 (T)	2013 (T)	2014 (T)
Arujá	755783	884272	198349	520982	958330
Barueri	6222100	3499215	4005689	4899838	4858096
Caieiras	2046690	1630471	1797099	1989447	1816273
Cajamar	2790723	3304163	3128369	2551083	1873572
Embu das Artes	2562443	2302599	2463088	2347116	2178555
Guarulhos	3338696	2958682	2937891	3244394	2557580
Itapecerica da Serra	1969704	2258706	1868646	1977411	1944239
Mairiporã	1551668	1701603	1612090	1539083	1438822
Mogi das Cruzes	2674629	2217652	2737484	3317829	3140831
Santa Isabel	4466047	4508597	5182610	4355319	3858096
Santana do Parnaíba	2404351	1122722	1233152	2874049	3616697
São Paulo	7816367	7983166	8327251	8185545	7759060

### 3.4. INFRAESTRUTURA

A disponibilidade hídrica é um dos maiores desafios para a infraestrutura da RMSP. O Sistema Integrado Metropolitano da Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo S.A.) é responsável pela produção e abastecimento de água potável para cerca de 20 milhões de habitantes, de 35 dos 39 municípios, por meio dos sistemas produtores: Alto e Baixo Cotia, Alto Tietê, Guarapiranga, Rio Claro, Rio Grande, Ribeirão da Estiva, Embu-Guaçu e Cantareira ([site.sabesp.com.br](http://site.sabesp.com.br)). Apesar do elevado índice de atendimento já atingido, o sistema enfrenta grandes desafios devido a questões relacionadas à geografia, operação do sistema e crises hídricas, a exemplo da escassez de abastecimento ocorrida em 2013, onde a baixa precipitação pluviométrica levou ao quase esgotamento do sistema Cantareira ([www.pdui.sp.gov.br](http://www.pdui.sp.gov.br)). Um conjunto de obras estruturais está sendo realizado e planejado pela Sabesp para aumentar a disponibilidade hídrica na região, incluindo a implantação e ampliação de adutoras e estações de tratamentos ([site.sabesp.com.br](http://site.sabesp.com.br)). No período de 1995 a 2014, este investimento chegou a 11 bilhões de reais ([site.sabesp.com.br](http://site.sabesp.com.br)).

O atendimento à coleta de esgoto apresenta um nível satisfatório na RMSP, porém ainda com necessidade de ampliação ([www.pdui.sp.gov.br](http://www.pdui.sp.gov.br)). Atualmente, a Sabesp apresenta cinco estações de tratamento, são elas: ABC, Barueri, Parque Novo Mundo, São Miguel e Suzano. Em 2006, apenas os municípios de Mogi das Cruzes, Santo André, São Caetano do Sul e São Paulo apresentavam mais de 90% de sua população urbana com acesso à coleta de esgoto (WHATELY e DINIZ,

2009). No entanto, várias obras foram recentemente autorizadas para a ampliação do tratamento na região. As obras incluem a instalação de grandes tubulações e estações, com investimentos que somam 624 milhões de reais ([site.sabesp.com.br](http://site.sabesp.com.br)).

Em 2017, os municípios de São Paulo, Guarulhos e Santo André ocupavam o primeiro, quarto e quinto lugares, respectivamente, entre os municípios com maior participação no consumo de energia elétrica do estado (SÃO PAULO, 2018). Na área, a distribuição é realizada por três empresas de capital aberto: Enel Distribuição São Paulo (Eletropaulo Metropolitana Electricidade de São Paulo S.A.), Elektro Redes S.A. e EDP Bandeirante S.A. A Enel atende cerca de 18 milhões de pessoas em 24 municípios, incluindo a cidade de São Paulo. A empresa conta com extensa estrutura de transmissão e receita operacional bruta de 21,7 bilhões de reais (informações disponíveis em [www.eneldistribuição.sp.com.br](http://www.eneldistribuição.sp.com.br)).

O aeroporto internacional mais movimentado do país está localizado no município de Guarulhos, e em 2017 apresentou uma circulação de 37,7 milhões de passageiros ([www.gru.com.br](http://www.gru.com.br)). O local planeja receber 60 milhões de passageiros ao ano por meio da criação de um novo pátio de aeronaves e um novo píer ([www.gru.com.br](http://www.gru.com.br)). Uma via de acesso ao aeroporto foi inaugurada recentemente e consiste em uma linha expressa de trem que parte do centro de São Paulo. O aeroporto de Congonhas, localizado na cidade de São Paulo, é o segundo mais movimentado do país e em 2016 registrou um fluxo de 20,7 milhões de passageiros, valor maior ao observado em aeroportos de outras capitais ([www.infraero.gov.br](http://www.infraero.gov.br)).

A rede de transportes na região é formada por linhas de alta capacidade como rede de trens metropolitanos e metrô, e por uma rede de média capacidade que conta com corredores e linhas de ônibus municipais e intermunicipais. Em 2017, a rede metroviária operada pelo Metrô de São Paulo e ViaQuatro possuía 80,4 km de extensão, divididas em seis linhas e 71 estações e sendo responsável por 20% das viagens na RMSP ([www.metro.sp.gov.br](http://www.metro.sp.gov.br)). Já a rede de trens metropolitanos operada pela CPTM (Companhia Paulista de Trens Metropolitanos) tem hoje 273 km de linhas e 94 estações operacionais ([www.cptm.sp.gov.br](http://www.cptm.sp.gov.br)). A rede metroferroviária está em expansão e conta atualmente com o investimento de 35,7 bilhões de reais em projetos prioritários que incluem a geração de 30 novas estações por meio do prolongamento e implantação de novas linhas ([www.saopaulo.sp.gov.br](http://www.saopaulo.sp.gov.br)).

A rede rodoviária é igualmente importante e visa abastecer as necessidades de uma frota que em 2017 chegou a 12.949.812 veículos (Tabela 3.9), sendo 62% dos veículos provenientes da cidade de São Paulo (Departamento Nacional de Trânsito). A região conta com modernas rodovias radiais que partem da capital com destino a outras regiões do estado e do país (Figura 1.2). Os

principais eixos abrangem as rodovias Presidente Dutra, Ayrton Senna, Fernão Dias, Bandeirantes, Anhanguera, Castelo Branco, Raposo Tavares, Régis Bittencourt, Imigrantes e Anchieta. O Rodoanel Mário Covas é uma importante via que interliga o sistema de rodovias com a função principal de desviar e distribuir o fluxo de carga ([www.pdui.sp.gov.br](http://www.pdui.sp.gov.br)). O anel apresenta um trecho em fase de conclusão (Trecho Norte), cujo investimento somou 6,85 bilhões de reais ([www.transportes.sp.gov.br](http://www.transportes.sp.gov.br)). O transporte de carga ainda é muito dependente do transporte rodoviário, porém existe uma expectativa de que no futuro as ferrovias e hidrovias apresentem uma maior contribuição para este transporte na região ([www.pdui.sp.gov.br](http://www.pdui.sp.gov.br)).

O estado de São Paulo apresenta ampla rede de serviços de telecomunicações, com telefonia móvel com cobertura GSM e internet 3G em todo estado ([www.investe.sp.gov.br](http://www.investe.sp.gov.br)). No entanto, dados mostram que a cidade de São Paulo ainda apresenta uma quantidade de acessos a uma banda larga fixa ainda muito distante de países desenvolvidos, além de grande desigualdade entre o número de acessos entre os municípios da RMSP (dados de 2016, [www.pdui.sp.gov.br](http://www.pdui.sp.gov.br)).

**Tabela 3.9 - Frota de veículos no ano de 2017 (Denatran - Departamento Nacional de Trânsito).**

LOCALIDADES	ESTADO DE SÃO PAULO	RMSP	MUNICÍPIO DE SÃO PAULO
Frota Total de Veículos	28138696	12949812	8036824
Número de Habitantes por Total de Veículos	1,55	1,6	1,46
Frota de Automóveis	17719256	8868164	5582546
Número de Habitantes por Automóvel	2,46	2,34	2,1
Frota de Ônibus	156750	72850	44510
Frota de Caminhões	839125	316118	155993
Frota de Reboques	569058	163963	88328
Frota de Motocicletas e Assemelhados	5418091	1870244	1083975
Frota de Microônibus e Camionetas	3420774	1650978	1077258
Frota de Veículos de Outro Tipo	15642	7495	4214

## 4. CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOTECTÔNICO

A região está em grande parte situada no Cinturão Ribeira, localizado na porção central da Província Mantiqueira (Figura 4.1A-B), que apresenta registros de colisões neoproterozoicas dos crátons São Francisco, Congo e Paranapanema (HASUI *et al.*, 1975; ALMEIDA *et al.*, 1973; PORADA, 1979). Na área ocorrem extensas zonas de cisalhamento transcorrentes destrais que separam os três principais domínios tectônicos (Figura 4.1C): São Roque-Serra do Itaberaba (porção noroeste), Embu (porção central) e Costeiro (porção sudeste) (e.g. CAMPANHA e SADOWSKI, 1999; HEILBRON e MACHADO, 2003; HEILBRON *et al.*, 2008; HEILBRON *et al.*, 2000; 2004; FALEIROS, 2008; BASEI *et al.*, 2010; FALEIROS *et al.*, 2011; CAMPANHA *et al.*, 2015). Apenas o extremo norte da área está inserido na Faixa Brasília Meridional (Província Tocantins), Nappe Socorro-Guaxupé, com as unidades geológicas mais antigas da RMSP (ALMEIDA, 1967; ALMEIDA *et al.*, 1977; 1981) (Figura 4.1). As unidades mais recentes compõem as bacias cenozoicas integrantes do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (bacias de São Paulo e Taubaté; RICCOMINI, 1989) e depósitos quaternários (Figura 4.1).

### 4.1. NAPPE SOCORRO-GUAXUPÉ

A *Nappe* Socorro-Guaxupé é um terreno alóctone de alto grau metamórfico resultado do deslocamento para ENE de *nappes* associadas à fase colisional do Orógeno Brasília, no qual esta unidade corresponde a uma extensão do arco magmático (CAMPOS NETO *et al.*, 2004, 2007). A *Nappe* é subdividida nos domínios Guaxupé, a norte e Socorro, a sul, separados por uma faixa formada por unidades dos grupos Andrelândia, Itapira e seu embasamento (CAMPOS NETO, 1991; GENGO, 2014). Para Campos Neto e Caby (2000), a porção basal da *nappe* é formada por granulito, a parte intermediária por diatexito e as unidades superiores por metatexito. O domínio na área estudada integra parte dos municípios de Mairiporã e Francisco Morato, no extremo norte da RMSP. A região é composta por unidades do Grupo Itapira (EBERT, 1967) e granitos neoproterozoicos intrusivos limitados a sul pela zona de cisalhamento Jundiuvira (Figura 4.1C). Os corpos graníticos apresentam ampla variedade composicional e integram as suítes Nazaré Paulista, formada por granitos anatéticos com idade de  $625 \pm 4$  Ma

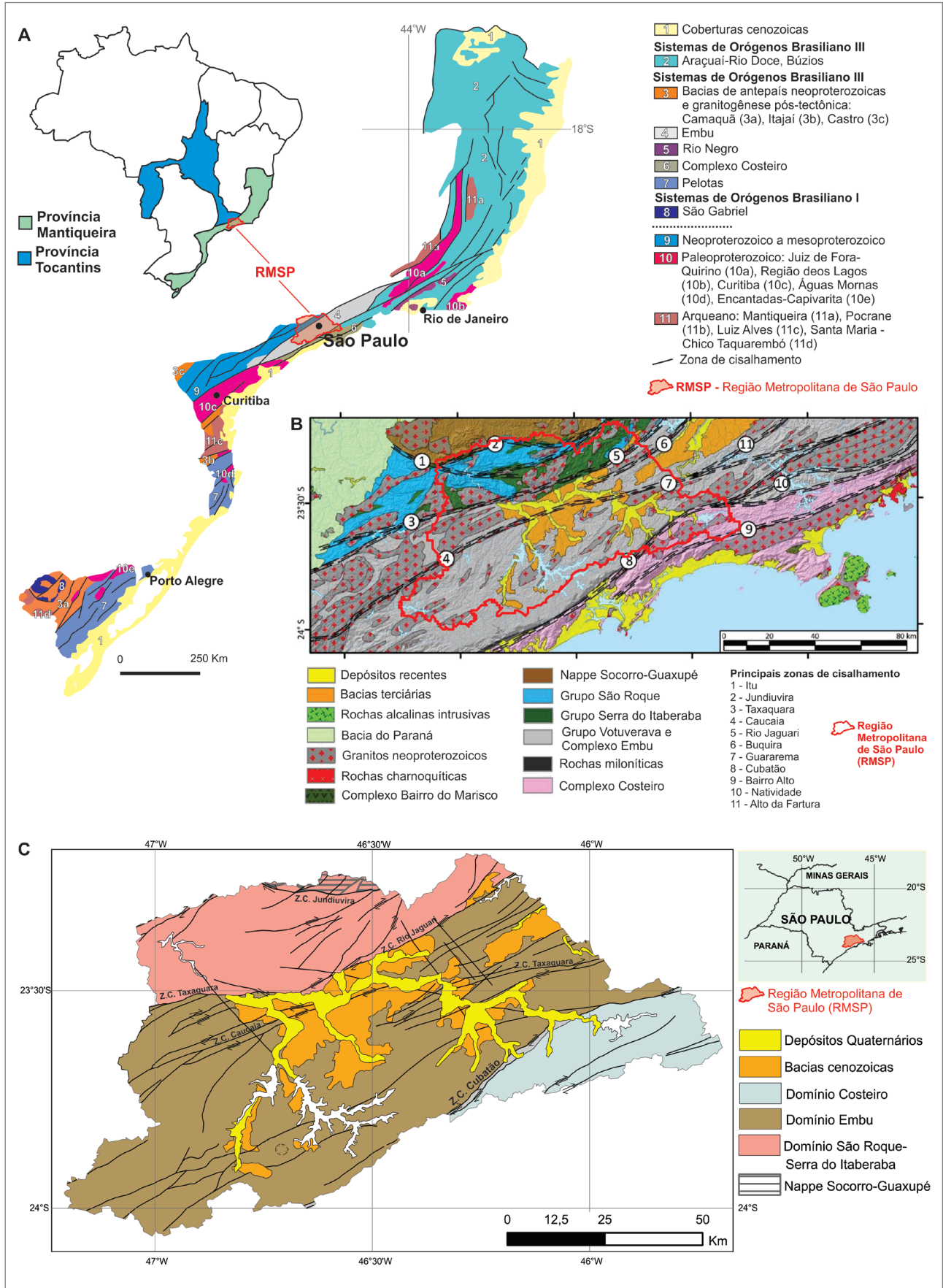
(JANASI, 1999), Sete Colinas, Ribeirão Itapetinga e Atibaia (Figura 4.2A), além do corpo Terra Nova (e.g., JANASI, 1999; MARTINS, 2005).

#### 4.1.1. Grupo Itapira

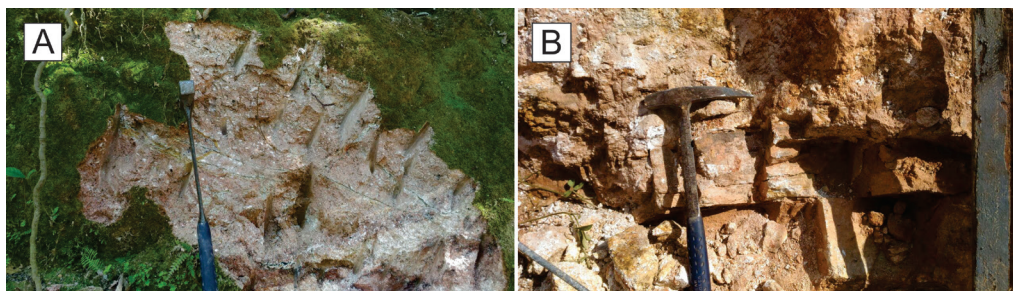
O Grupo Itapira (EBERT, 1967) corresponde a uma unidade predominantemente metassedimentar, de médio a alto grau metamórfico, formada por paragneisse migmatizado, mica xisto com granada e sillimanita e intercalações de quartzito, metavulcânicas básicas, calcissilicáticas, mármore, gonditos e metaultramáficas (e.g., WERNICK, 1967; EBERT, 1984; ARTUR, 1988; ARTUR, 2003). Juliani (não publicado) propõe a seguinte estratigrafia para as rochas do grupo, da base para o topo: Formação Jarinu, Formação Louveira, Formação Botujuru e Formação Japi. A Formação Jarinu (Figura 4.2B) apresenta predominância de gnaisses orto e paraderivados e migmatitos, enquanto a Formação Louveira apresenta paragneisse com intercalação de rochas metassedimentares, gnaisses, quartzito, metabasito e calcissilicáticas (JULIANI, não publicado). A Formação Botujuru apresenta predominância de xistos quartzosos e micáceos e a Formação Japi é constituída por quartzito, além de ocorrências menores de metarcóseo, anfibolito e mica xisto (JULIANI, não publicado). As rochas exibem idade paleoproterozoica determinada em ortogneisse por meio de isócrona Rb-Sr ( $2155 \pm 28$  Ma; ARTUR, 1988). Uma idade de metamorfismo de  $591 \pm 19$  Ma foi obtida pelo método Ar-Ar em anfibolito por Oliveira *et al.* (2003).

### 4.2. DOMÍNIO SÃO ROQUE-SERRA DO ITABERABA

O Domínio São Roque-Serra do Itaberaba é formado pelos grupos homônimos e granitoides intrusivos com idade neoproterozoica (JULIANI, 1993; JULIANI *et al.*, 2000). As rochas supracrustais que compõem as unidades afloram continuamente em uma faixa com 180 km de comprimento e 50 km de largura, cujos limites são definidos a norte pela zona de cisalhamento Itu-Jundiuvira, a sul pelas zonas de cisalhamento Taxaquara e Rio Jaguari e a leste pela zona de cisalhamento Monteiro Lobato (JULIANI e BELJAVSKIS, 1995). O domínio ocorre na região compreendida pelos municípios de Guarulhos, Jaraguá e Pirapora do Bom Jesus, considerada pioneira na exploração de ouro no



**Figura 4.1** - Contexto geológico-geotectônico da RMSP. (A) Localização da RMSP na Província Mantiqueira e, subordinadamente, na Província Tocantins (adaptado de DELGADO *et al.*, 2003); (B) RMSP situada no contexto do Cinturão Ribeira Central e Faixa Brasília (adaptado de MEIRA, 2014); (C) Domínios tectônicos na RMSP (adaptado de PERROTTA *et al.*, 2005).



**Figura 4.2** - (A) Afloramento da Formação Jarinu em Mairiporã.  
(B) Manto de intemperismo do granito Atibaia em Mairiporã.

Brasil colonial por vários autores (e.g., PAÇO, 1901; DERBY, 1989), até que no início do século XIX houve a queda da exploração do minério (e.g., PÉREZ-AGUILAR *et al.*, 2013). O ouro era inicialmente explorado em material aluvionar e coluvionar da região, passando para a exploração em material eluvionar e saprolítico após o esgotamento dos dois primeiros (PÉREZ-AGUILAR *et al.*, 2013). Atualmente, ocorrem remanescentes de antigas minas de ouro do período colonial em seis áreas de Guarulhos e Mairiporã: Tapera Grande, Nhanguçu, Tanque Grande, Cidade Soberana e Jardim Hanna (PÉREZ-AGUILAR *et al.*, 2013).

#### 4.2.1. Grupo Serra do Itaberaba (MP12si)

A sequência vulcano-sedimentar que ocorre na Serra do Itaberaba, a noroeste da cidade de São Paulo, foi caracterizada inicialmente como base do Grupo São Roque (COUTINHO *et al.*, 1982), sendo posteriormente individualizada como Grupo Serra do Itaberaba por Juliani *et al.* (1986). A sequência é composta por rochas metavulcânicas e metasubvulcânicas básicas, com presença de margas e sedimentos químicos silicosos (e.g., JULIANI e BELJAVSKIS, 1995; HENRIQUE-PINTO e JANASI, 2010). O metamorfismo é de fácies anfíbolito médio na foliação  $S_1$  (e.g., JULIANI e BELJAVSKIS, 1995; HENRIQUE-PINTO e JANASI, 2010). A deposição do grupo é caracterizada por um ambiente oceânico, com presença de basalto N-MORB (*Mid-ocean ridge basalt*) que evoluiu para um ambiente de retro-arco (PÉREZ-AGUILAR *et al.*, 2013; PÉREZ-AGUILAR *et al.*, 2014).

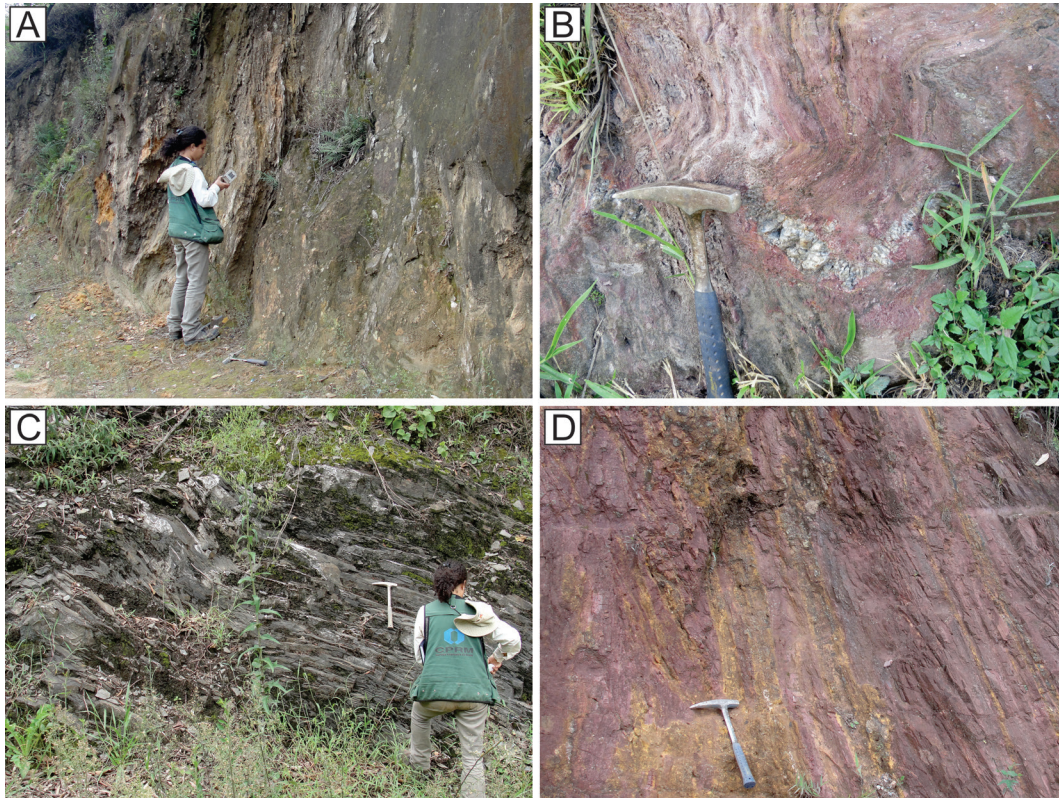
Juliani *et al.* (1986) subdividiu inicialmente o grupo em três formações, da base para o topo: Formação Morro da Pedra Preta, Formação Nhanguçu e Formação Pirucaia. Posteriormente, Juliani (não publicado) também propõe a criação da Formação Jardim Fortaleza. A Formação Morro da Pedra Preta é essencialmente formada por rochas metavulcânicas, xistos porfiroblásticos, metassedimentos tufáceos e metabasitos (JULIANI, não publicado; Figura 4.3A). A idade

de  $1395 \pm 10$  Ma (U-Pb em zircão; JULIANI *et al.*, 2000) obtida para metandesitos desta unidade posicionou a deposição do grupo no Mesoproterozoico. A parte superior da formação apresenta corpos de rochas metavulcânicas hidrotermalizadas, com zonas de alteração cloríticas e argílicas (JULIANI *et al.*, 1994; PÉREZ-AGUILAR *et al.*, 2013). Os produtos metamórficos das zonas de alteração clorítica são rochas compostas, de maneira geral, por Mg-anfibólio, cordierita e granada, enquanto os produtos metamórficos de alteração argílica são rochas com margarita, coríndon, rutilo ou topázio e quartzo (PÉREZ-AGUILAR *et al.*, 2013).

A Formação Jardim Fortaleza (Figura 4.3B) é composta essencialmente por xistos com porfiroblastos de fibrolita, granada, cianita, estauroilita e sillimanita, com ocorrência subordinada de metabasitos e meta-tufos básicos (JULIANI, não publicado). Os xistos da Formação Nhanguçu (Figura 4.3C) são ferro-manganesíferos com lentes de rochas carbonáticas e calcissilicáticas (JULIANI, não publicado). O topo, formado pela Formação Pirucaia, é composto por quartzitos com intercalação de xistos quartzosos (JULIANI, não publicado; Figura 4.3D). A idade de  $1939 \pm 42$  Ma (U-Pb em zircão; HENRIQUE-PINTO, 2012) obtida para esta unidade indica a idade máxima de deposição da formação e o espectro de idades detríticas sugere predomínio de fonte paleoproterozoica para as rochas metassedimentares.

As mineralizações de ouro que ocorrem no grupo são dos tipos singenético (i) e epigenético (ii): Em (i) as ocorrências estão associadas a um horizonte estratigráfico localizado na interface entre as rochas metavulcânicas e metavulcanoclásticas da Formação Morro da Pedra Preta e as rochas metapelíticas da Formação Jardim Fortaleza (e.g., BELJAVSKIS *et al.*, 1993; PÉREZ-AGUILAR *et al.*, 2013). A mineralização em (ii) está relacionada aos veios de quartzo de zonas de falhas ou ao longo de sulfetação pervasiva que corta rochas metavulcanoclásticas e metapelitos (BELJAVSKIS *et al.*, 1993; PÉREZ-AGUILAR *et al.*, 2013).





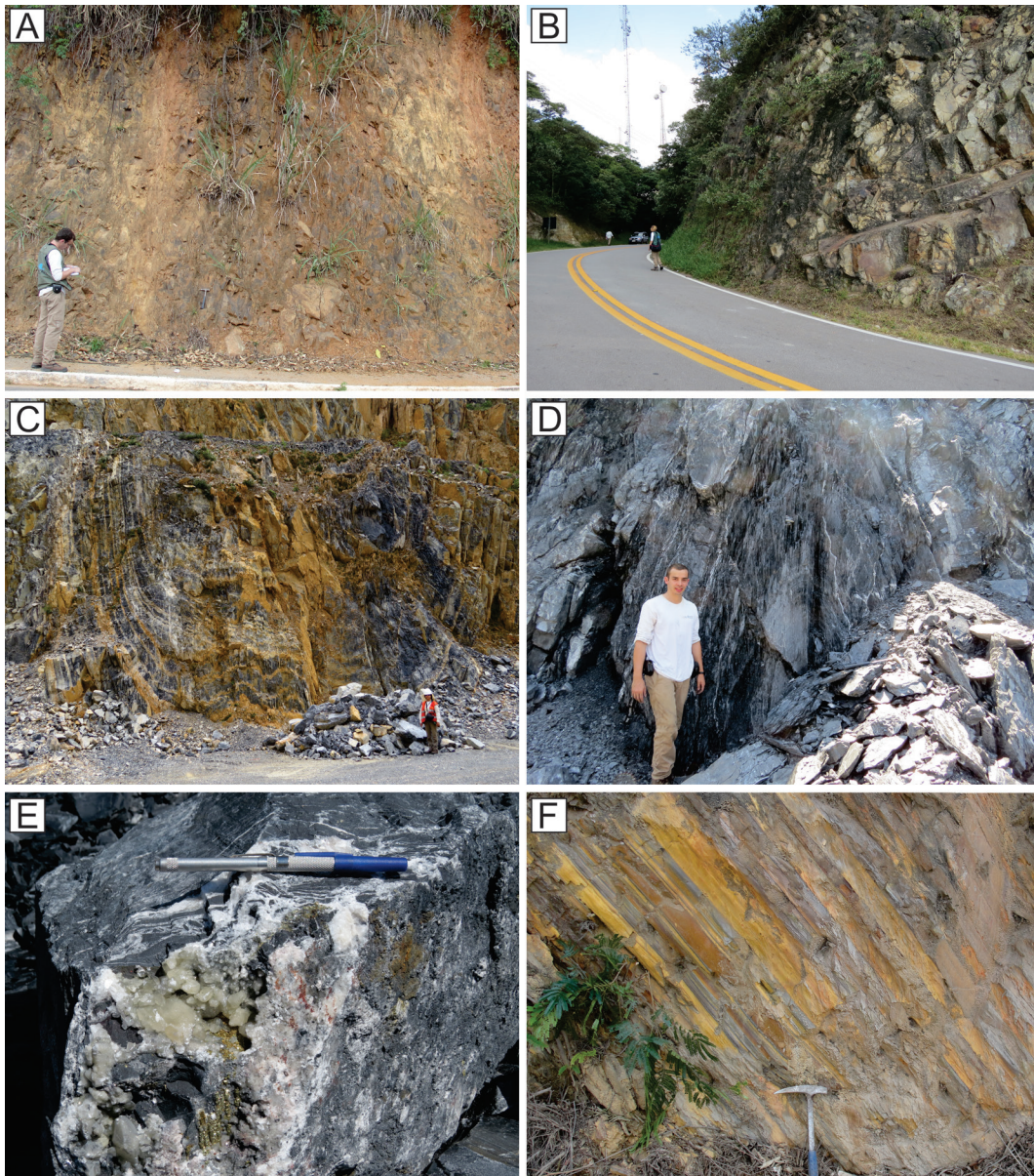
**Figura 4.3** - (A) Afloramento da Formação Morro da Pedra Preta em Santana do Parnaíba; (B) Corte de estrada com xistos porfiroblásticos da Formação Jardim Fortaleza, rodovia Anhanguera; (C) Corte de estrada com rochas calcissilicáticas da Formação Nhanguçu em Santana do Parnaíba; (D) Afloramento de xisto quartzoso da Formação Pirucaia, em Cajamar.

#### 4.2.2. Grupo São Roque (NP23sr)

A sequência de xistos que compõem parte do substrato rochoso que sustenta as regiões elevadas a norte da cidade de São Paulo foi elevada à categoria de “Grupo São Roque” por Paoliello (1964), com uma primeira tentativa de subdivisão realizada por Hasui *et al.* (1976). As unidades foram redefinidas por Juliani *et al.* (1986) que consideraram o grupo formado predominantemente por filitos com estruturas primárias preservadas e estratificação rítmica. Subordinadamente, ocorrem metaconglomerados, metarcóseos, metagrauvascas, quartzitos, mármore e metabasitos. As rochas são caracterizadas por deposição em ambiente marinho, com atividade vulcânica submarina (MORAES REGO, 1933; CARNEIRO *et al.*, 1984). O metamorfismo é baixo, fácies xisto verde de baixa pressão, com metamorfismo de contato próximo às intrusões graníticas (JULIANI e BELJAVSKIS, 1995). A datação U-Pb de  $628 \pm 9$  Ma em monazita de rocha metabásica (HACKSPACHER *et al.*, 2000), contribuiu para a interpretação de que a deposição do grupo ocorreu no Ediacarano. No entanto, a idade ainda é motivo de intenso debate, com dados indicativos de uma deposição mais antiga obtidos em rochas metavulcânicas da região do Morro do Polvilho por Van Schums *et al.* (1986) ( $1790 \pm 14$  Ma, U-Pb em

zircão) e atestada por Henrique-Pinto *et al.* (2018) ( $1760 \pm 17$  Ma, U-Pb em zircão).

A estratigrafia do grupo estabelecida por Juliani (não publicado) apresenta as seguintes formações, da base para o topo: Pirapora do Bom Jesus, Morro Doce, Boturuna, Estrada dos Romeiros e Jordanésia. A Formação Pirapora do Bom Jesus é formada por filitos contendo lentes carbonáticas, alternados com metabasitos acamadados com textura tipo pillow lava (Figura 4.4A). A Formação Morro Doce é formada por metaconglomerados polimíticos, metarcóseos e filitos, enquanto a Formação Boturuna é formada por metaarenitos arcoseanos com intercalações de quartzito, metaconglomerados e metavulcânicas (Figura 4.4B). A unidade apresenta datação de  $1410 \pm 58$  Ma (U-Pb em zircão; HENRIQUE-PINTO, 2012). Uma idade de metamorfismo em  $527 \pm 72$  Ma foi obtida pelo método U-Pb em zircão na Formação Morro Doce (HENRIQUE-PINTO, 2012). A Formação Estrada dos Romeiros apresenta uma variedade de rochas, desde mármore bandados (Figura 4.4C-E), metabasitos, metaarenitos a metarritmitos. A Formação Jordanésia, topo do Grupo São Roque, foi estabelecida por Juliani (não publicado) em substituição à antiga Formação Piragibu (HASUI *et al.*, 1976), sendo formada por filitos, metarritmitos e metabasitos (Figura 4.4F).



**Figura 4.4** - (A) Afloramento alterado de rocha metabásica da Formação Pirapora do Bom Jesus, em Pirapora do Bom Jesus; (B) Afloramento de quartzito no Pico do Jaraguá, Formação Boturuna, em São Paulo; (C) Pedreira em metacalcário bandado da Formação Estrada dos Romeiros, Cajamar; (D) Detalhe de dobra em metacalcário com clivagem paralela ao plano axial, Formação Estrada dos Romeiros, Cajamar; (E) Veio de calcita com sulfetos em metacalcário da Formação Estrada dos Romeiros; (F) Afloramento alterado de metarritmito da Formação Jordanésia, em Santana do Parnaíba.

### 4.2.3. Granitos ediacaranos

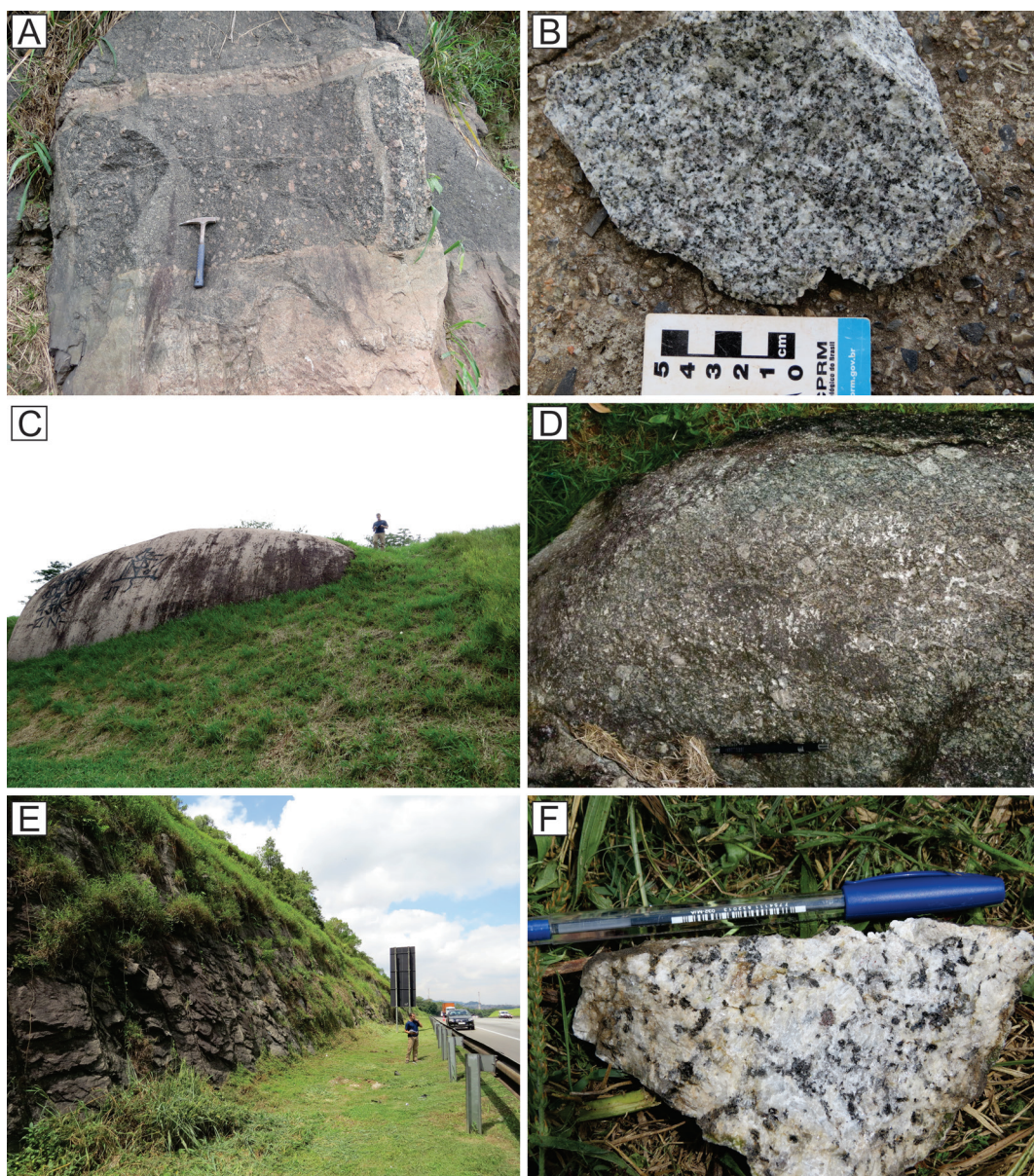
O domínio apresenta corpos graníticos ediacaranos que integram as suítes graníticas: Serra Lagoa, Igaratá, Itaqui, Cantareira ( $630 \pm 8$  Ma; U-Pb em zircão, TÖPFNER, 1996), Itaim, Tico-Tico ( $592 \pm 4,7$  Ma; U-Pb em zircão, ANDRADE, 2016) e Perus ( $566 \pm 6$  Ma; U-Pb; TEUPPENHAYN, 1994), além dos granitos Jaguari, Serra da Pedra Branca, Tevere, Pica-Pau, São Roque ( $603,6 \pm 3,2$  Ma; U-Pb em zircão; ANDRADE, 2016) e Taipas ( $602,3 \pm 6,1$  Ma; U-Pb em zircão; ANDRADE, 2016). Algumas intrusões apresentam natureza cálcio-alcalina, com rochas metaluminosas que representam uma das

maiores manifestações graníticas do estado de São Paulo com dimensões batolíticas (e.g., Itaqui, Cantareira, São Roque; ANDRADE, 2016). A Suíte Granítica Cantareira (Figura 4.5C-D) é a maior da região e somente nela são identificadas nove fácies distintas (AZEVEDO, 1997). No caso da suíte Itaqui (Figura 4.5A-B), vários pulsos magmáticos são identificados e apresentam vinculação com as movimentações da zona de cisalhamento Taxaquara (WERNICK *et al.*, 1993). Os corpos são, em geral, compostos por monzogranitos, granodioritos e mais raramente quartzos monzonitos e tonalitos com textura inequigranular porfirítica a equigranular (e.g., WERNICK *et al.*, 1993; ANDRADE, 2016; JULIANI, não publicado).

Também ocorrem rochas com estrutura milonítica e cataclástica na proximidade de zonas de cisalhamento (e.g., Serra Lagoa, Igaratá; JULIANI, não publicado). A biotita é o mineral máfico principal de alguns corpos (e.g., Serra Lagoa, Igaratá), podendo também ocorrer hornblenda em algumas intrusões (Itaqui, Cantareira, Taipas). Granitos peraluminosos de derivação crustal ocorrem na suíte Tico-tico (Figura 4.5E-F) e Granito Serra da Pedra Branca (ANDRADE, 2016). Os turmalina granitos de Perus são representantes de um magmatismo único na região, altamente diferenciado e que se distribuiu na forma de pequenos corpos, veios e diques com turmalina pegmatitos associados (ANDRADE, 2016).

### 4.3. DOMÍNIO EMBU

O Complexo Embu, também denominado de Terreno Embu (HASUI *et al.*, 1975; HASUI e SADOWSKI, 1976) é uma unidade tectonoestratigráfica que se estende por aproximadamente 500 km na porção central do Cinturão Ribeira, desde Eldorado Paulista, no Vale do Ribeira, até a cidade de Resende, no Rio de Janeiro (e.g., CAMPANHA *et al.*, 2019). O complexo apresenta sua área tipo a sudoeste da cidade de São Paulo e representa o domínio com maior extensão territorial na RMSP, sendo limitado a norte pelas zonas de cisalhamento Taxaquara e Rio Jaguari e a sudeste pela zona de cisalhamento Cubatão (Figura 4.1C).



**Figura 4.5** - (A) Afloramento de granito da suíte Itaqui, Rodovia Castelo Branco, em Itapevi; (B) Detalhe da textura do granito Itaqui; (C) Afloramento de granito da suíte Cantareira, Rodovia dos Bandeirantes, em São Paulo; (D) Detalhe da textura do granito da suíte Cantareira; (E) Afloramento de granito da suíte Tico-tico, Rodovia dos Bandeirantes; (F) Detalhe da textura do granito da suíte Tico-tico, com grão de granada no centro da foto.

### 4.3.1. Complexo Embu (NP1e)

O Complexo Embu compreende uma sequência de rochas metassedimentares siliciclásticas, localmente com rochas máficas e ultramáficas, intrudidas por granitos ediacaranos sintectônicos (e.g., ALVES *et al.*, 2013; CAMPANHA *et al.*, 2019). O complexo apresenta uma grande carência de estudos, apesar de representar uma das unidades com maior expressão no Cinturão Ribeira (CABRITA *et al.*, 2018). Uma tectônica com escape lateral destal é interpretada como responsável pela justaposição da unidade com o Domínio Apiaí-Guaxupé que ocorreu de forma concomitante a uma colisão frontal com o Terreno Juiz de Fora e Cráton São Francisco (CAMPOS NETO, 2000). A sequência metassedimentar apresenta um embasamento formado pelo Complexo Rio Capivari, reconhecido inicialmente por Fernandes (1991) no extremo leste do estado de São Paulo. O embasamento apresenta idade arqueana a paleoproterozoica (e.g., BABINSKI *et al.*, 2001), com datação U-Pb em zircão de  $2153 \pm 15$  Ma (MEIRA *et al.*, 2015).

Na área da RMSP ocorrem corpos locais de ortogneisse milonítico (Figura 4.6A) e unidades metassedimentares compostas por paragneisse e xisto, localmente migmatítico (Figura 4.6B-D), com muscovita, biotita, feldspato, quartzo, granada, sillimanita e turmalina (CAMPANHA *et al.*, 2019). Os xistos mostram regiões com concentração de rochas calcissilicáticas intercaladas e neossomas com composição granítica e pegmatítica (CAMPANHA *et al.*, 2019). O metamorfismo é de fácies anfíbolito médio a superior, com idades U-Pb em zircão de  $825 \pm 14$  Ma e  $792 \pm 5$  Ma, interpretadas como representantes do pico metamórfico e anatexia regional (CABRITA *et al.*, 2018). Idades U-Pb mais jovens de zircão metamórfico com  $566,7 \pm 3,7$  Ma e  $615,2 \pm 5,8$  Ma atestam para uma complexa evolução metamórfica (CABRITA *et al.*, 2018). As idades em zircão detrítico são antigas e variam de  $3740 \pm 7$  Ma a  $1002 \pm 12$  Ma (MEIRA *et al.*, 2015). Ocorrências de rochas com cianita e estauroлита são descritas por alguns autores (e.g., VIEIRA, 1990) e foram identificadas no presente trabalho na região de Mogi das Cruzes. Pequenas lentes de anfíbolito também são descritas no complexo e estão presentes em mapas geológicos antigos (e.g., COUTINHO, 1980). Um corpo mapeável de anfíbolito cinza escuro esverdeado foi identificado no presente trabalho em uma pedreira desativada de brita na região de Juquitiba (Figura 4.6E).

Ocorrem faixas formadas por rochas metassedimentares com mais baixo grau metamórfico, compostas por sericita xisto, xisto quartzoso (Figura 4.6F) e quartzito, localizados próximos às zonas de cisalhamento (e.g., Cubatão). As unidades metassedimentares de mais baixo grau também ocorrem na região do Vale do Ribeira e

apresentam significado tectônico e posicionamento geocronológico ainda pouco compreendido (e.g., SILVA, 1981).

### 4.3.2. Granitos neoproterozoicos

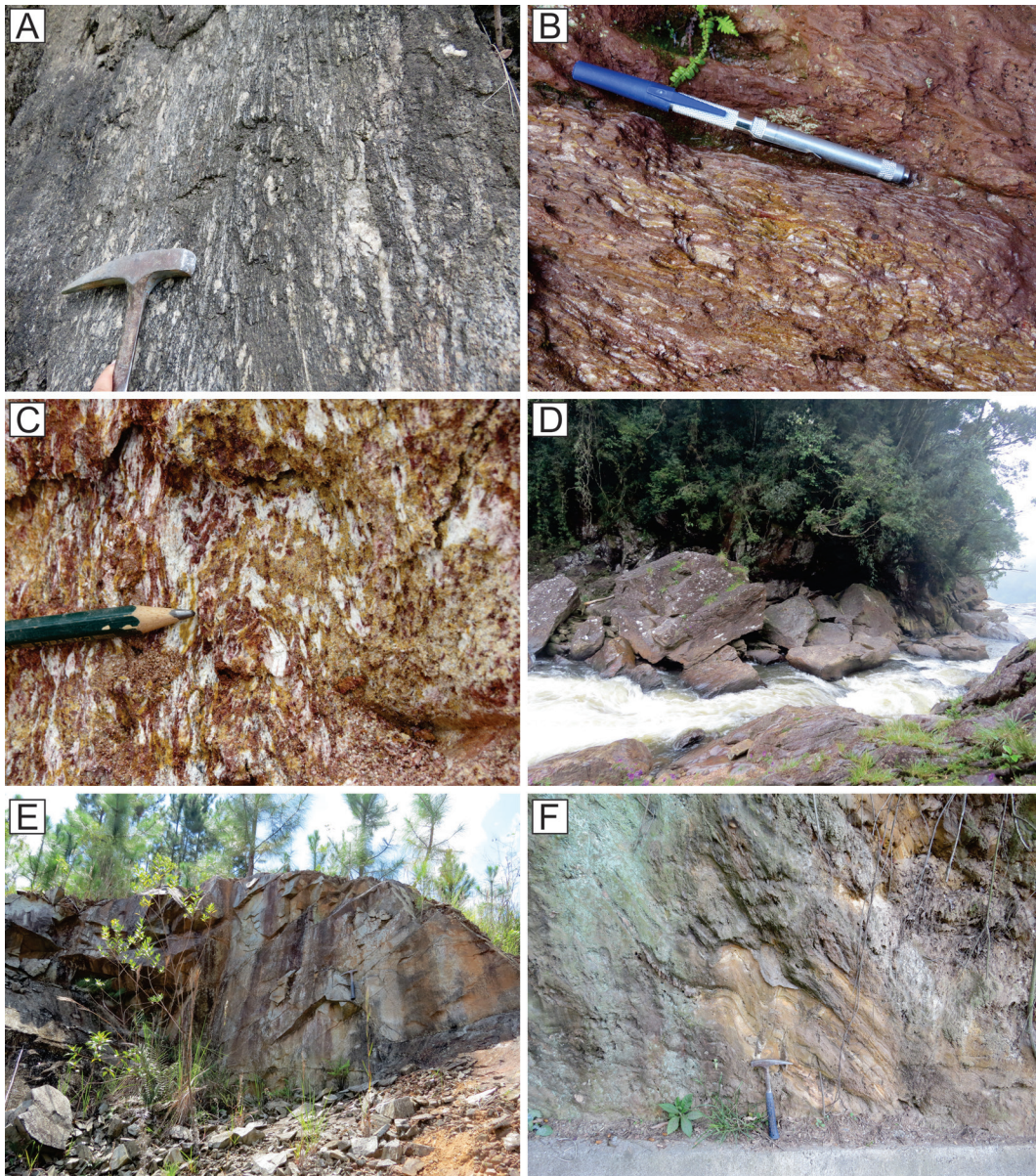
O Complexo Embu é intrudido por diversos corpos graníticos neoproterozoicos que seguem a estruturação regional ENE e compõem quase 30% da área exposta da unidade (ALVES *et al.*, 2016). Parte das ocorrências localizadas ao sul da zona de cisalhamento Taxaquara/Guararema apresenta caráter peraluminoso como característica marcante (biotita-muscovita monzogranitos) e representam um magmatismo em grande parte gerado no período entre 595 e 580 Ma (ALVES *et al.*, 2016; Tabela 4.1). No entanto, ocorrem registros de granitos e gnaisses tonalíticos com idades mais antigas desde 800 Ma (e.g.,  $811 \pm 13$  Ma, U-Pb em zircão; CORDANI *et al.*, 2002).

Alves *et al.* (2013, 2016) dividiram os corpos em muscovita-biotita granitos (e.g., Guacuri, Mogi das Cruzes, Santa Branca; Figura 4.7A-B) e biotita granitos (e.g., Caucaia, Mauá, Santa Catarina), ambos com composição monzogranítica e textura que varia de equigranular a inequigranular porfirítica com megacristais de feldspato. A Suíte Granítica Santa Isabel é representada por granito deformado, também referido como gnaisses de Santa Isabel (e.g., JANASI *et al.*, 2003), biotita granito do Granito Itapeti e muscovita-biotita monzogranito do corpo Sabaúna (Figura 4.7C-F).

Os corpos localizados ao norte da zona de cisalhamento Caucaia, oeste da cidade de São Paulo, pertencem à Suíte Granítica Agudos Grandes, também chamada de “Batólito Agudos Grandes” (JANASI *et al.*, 2001). A suíte é composta por granitos com diferentes afinidades químicas ao longo de uma faixa de 240 km na direção NE-SW (LEITE *et al.*, 2007). O maior volume de rochas é metaluminosa, cálcio-alcalina de alto-K e com hornblenda e biotita (LEITE *et al.*, 2007). As idades dos granitos sinorogênicos (e.g., Ibiúna e Tapirai) encontra-se no intervalo entre 615 e 610 Ma, com corpos mais jovens tardi- a pós-orogênicos entre 605 e 565 Ma (LEITE *et al.*, 2007). Os granitos apresentam composição monzogranítica (Ibiúna, Tapirai e Itapevi) e textura em geral inequigranular porfirítica definida pela presença de megacristais de feldspato alcalino (e.g., MARTINS, 2001; LEITE *et al.*, 2007).

## 4.4. DOMÍNIO COSTEIRO

O Domínio Costeiro também denominado Complexo Costeiro (HASUI e SADOWSKI, 1976; DIAS NETO, 2001), Microplaca Serra do Mar (CAMPOS NETO e FIGUEIREDO, 1995) ou Terreno Serra do Mar (CAMPOS NETO, 2000), representa a porção mais a leste do Cinturão Ribeira e

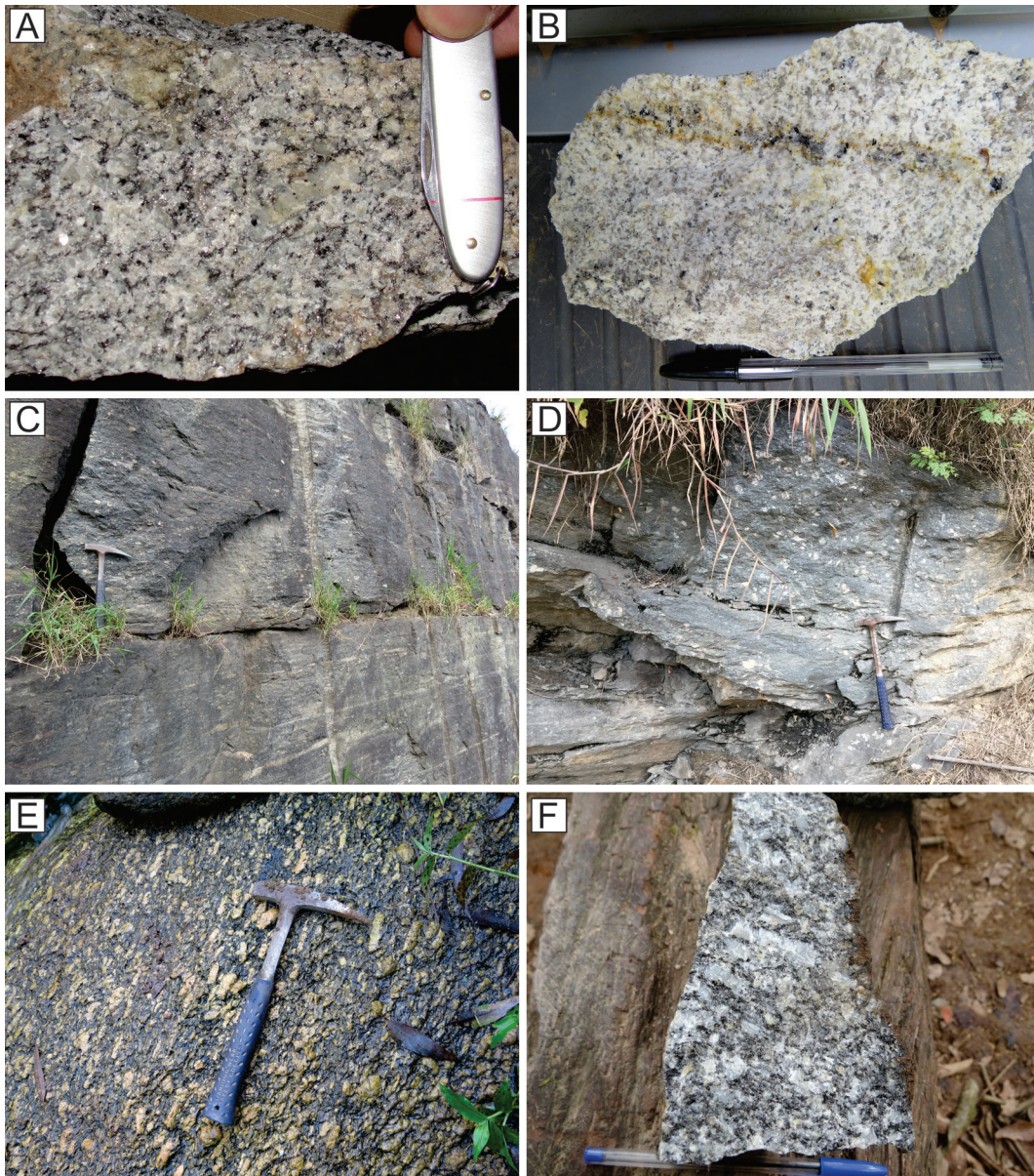


**Figura 4.6** - (A) Afloramento de ortognaisse em Guararema; (B) Lajedo de granada xisto bastante alterado, Mogi das Cruzes; (C) Afloramento de paragnaisse muito alterado, Suzano; (D) Matacões e lajedos de paragnaisse na Cachoeira do Capivari, Parelheiros, extremo sul da cidade de São Paulo; (E) Paredão de anfibolito em pedra desativada, Juquitiba; (F) Afloramento de xisto quartzoso em Guararema.

faz limite a norte com o Complexo Embu pela zona de cisalhamento Cubatão. Na área de estudo, o domínio é representado por unidades do Complexo Costeiro (BISTRICHI *et al.*, 1981) e granitos metaluminosos a peraluminosos que variam desde pequenos corpos alongados a grandes batólitos. Campos Neto e Figueiredo (1995) consideram que o domínio é parte da orogênese Rio Doce que teria gerado arcos magmáticos, com composição cálcio-alkalina, entre 590 e 570 Ma. Alguns autores consideram um arcabouço pós-colisional para os granitos ediacaranos (PHILIPP e MACHADO, 2005, SILVA *et al.*, 2005; MEIRA, 2014 e MEIRA *et al.*, 2015), principalmente para os plútons com afinidade alcalina posteriores a 570 Ma (JANASI *et al.*, 2001).

#### 4.4.1. Complexo Costeiro (NPcc)

O Complexo Costeiro constitui uma unidade bastante heterogênea, dominada por rochas metamorfizadas (orto e paraderivadas) em fácies granulito e anfibolito, frequentemente migmatizadas e com foliação metamórfica penetrativa em todas as escalas (BISTRICHI *et al.*, 1981; CAMPANHA e ENS, 1996). O complexo apresenta uma história policíclica, com retrabalhamento no Ciclo Brasileiro e posterior processo de cratonização (SCHOBENHAUS e CAMPOS, 1984). Segundo Chiodi Filho *et al.* (1983) e Sobreiro Neto *et al.* (1983), os litotipos ortoderivados são representados por um conjunto gnáissico-migmatítico com paleossoma de hornblenda biotita



**Figura 4.7** - (A) Textura de amostra do Granito Mogi das Cruzes, em Mogi das Cruzes; (B) Textura de leucogranito do Granito Fumaça, Juquitiba; (C) Afloramento do Granito Santa Isabel com foliação milonítica bem definida. Rodovia Ayrton Senna, Itaquaquetuba; (D) Afloramento do Granito Santa Isabel com destaque para a textura inequigranular porfírica, Santa Isabel; (E) Afloramento do Granito Itapeti em Mogi das Cruzes; (F) Detalhe da textura de amostra do Granito Sabaúna em Mogi das Cruzes.

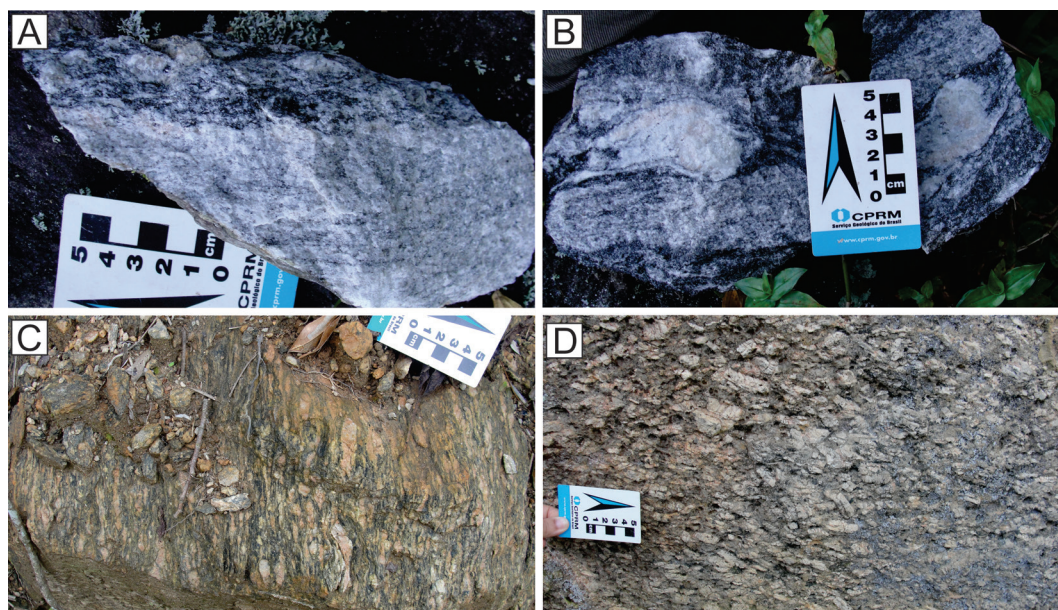
gnaisse e neossoma com composição granodiorítica. As rochas metassedimentares são constituídas por termos siltico-argilosos, subordinadamente quartzitos arcoseanos e calcissilicáticos, todos submetidos a processos de anatexia durante o metamorfismo de alto grau. As rochas anfibólicas observadas por Campanha e Ens (1996) ocorrem, em geral, como intercalações centimétricas a decamétricas concordantes e, muitas vezes boudinadas, lenticularizadas e segmentadas por veios neossomáticos e pegmatoides. Uma idade de metamorfismo de  $575 \pm 3$  Ma foi obtida pelo método U-Pb em bordas sobrecrecidas de zircão provenientes de diatexito da unidade (MEIRA, 2014). Idades de metamorfismo entre 590 e 560 Ma e entre 640 e 610 Ma também foram obtidas,

pelo método U-Pb, em bordas sobrecrecidas de grãos de zircão de paragnaisses metatexíticos (MEIRA, 2014).

O Complexo Costeiro é subdividido em três unidades principais na RMSP: ortognaisses (i), gnaisses peraluminosos (ii) e granito-gnaisses migmatíticos (iii) (PERROTA *et al.*, 2005). Em (i) ocorrem ortognaisses calcialcalinos migmatíticos com estruturas estromática (Figura 4.8A), *schlieren* (Figura 4.8B) e nebulítica. Também são descritos biotita granito-gnaisse microporfírico, (hornblenda)-biotita granito-gnaisse porfírico (Figura 4.8C) e muscovita-biotita granito-gnaisse porfírico (Figura 4.8D). Em (ii) as rochas principais consistem em biotita gnaisses e gnaisses peraluminosos com duas micas e/ou com granada (Figura 4.9A), por vezes com *boudins* de rochas

**Tabela 4.1** - Dados geocronológicos U-Pb de corpos graníticos neoproterozoicos encaixados no Complexo Embu na RMSP.

GRANITOS	IDADE	ERRO	MÉTODO	REFERÊNCIA
Mauá	588	2	U-Pb TIMS monazita	Filipov and Janasi (2001)
Mogi das Cruzes	590	12	U-Pb EPMA monazita	Vlach (2002)
Itapeti	581,3	5,6	U-Pb zircão LA-ICPMS	Alves <i>et al</i> (2013)
Sabaúna	580,6	4,6	U-Pb zircão LA-ICPMS	Alves <i>et al</i> (2013)
Santa Branca	594,7	1,2	U-Pb TIMS monazita	Alves <i>et al</i> (2013)
Santa Catarina	631,8	5,4	U-Pb zircão LA-ICPMS	Alves <i>et al</i> (2013)
Caucaia	583,2	3,6	U-Pb LA-ICPMS zircão	Alves <i>et al</i> (2013)
Guacuri	589,8	7,7	U-Pb TIMS monazita	Alves <i>et al</i> (2013)
Itaquera	593,5	2,2	U-Pb em zircão	Andrade (2016)
Ibiúna	609,8	1,7	U-Pb TIMS zircão	Janasi (2001)



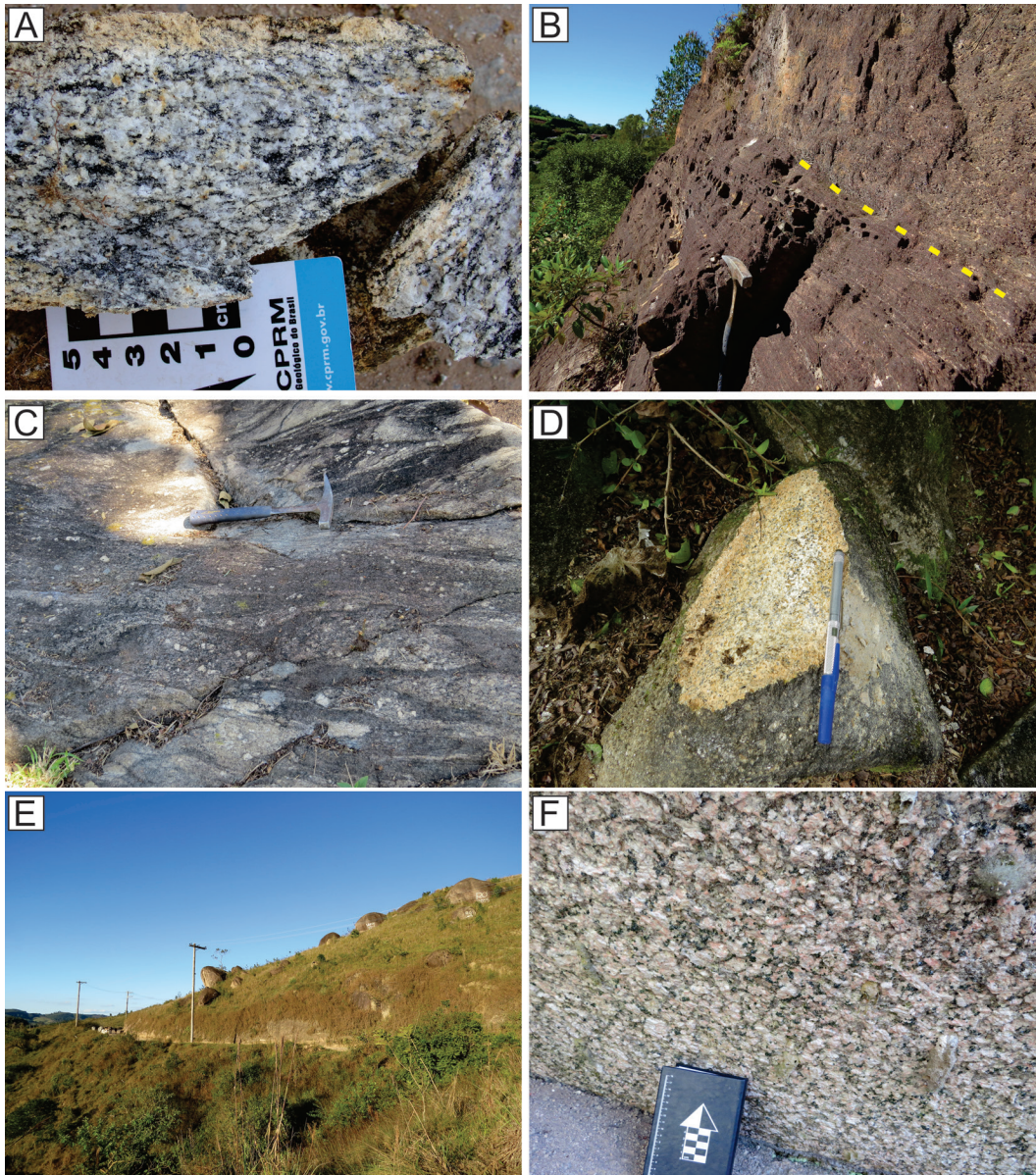
**Figura 4.8** - (A) ortogneisse migmatítico estromático; (B) ortogneisse migmatítico com textura *schlieren*; (C) hornblenda-biotita granitogneisse porfirítico; (D) muscovita-biotita granitogneisse porfirítico.

calcissilicáticas, quartzitos (Figura 4.9B) e anfibolitos. A unidade (iii) apresenta (hornblenda)-biotita granitogneisse porfirítico, álcali-feldspato granito e biotita monzogranito (Figura 4.9C-D).

#### 4.4.2. Granitos

O Granito Pico do Papagaio é o maior batólito granítico com hornblenda do domínio, com uma área de exposição com cerca de 700 km<sup>2</sup> (MEIRA, 2014). Na RMSP, o batólito está restrito a uma pequena área, com difícil acesso, no extremo sudeste da região. O corpo é constituído por

biotita granitos e leucogranitos porfiríticos com biotita e hornblenda, cortados por diques pegmatíticos tardios com turmalina (CAMPANHA e ENS, 1996; MEIRA, 2014). O Granito Cruz do Alto também apresenta hornblenda e ocorre encaixado em meio às rochas gnáissicas do Complexo Costeiro. Em boa parte da sua área de ocorrência, afloram numerosos blocos e matacões nas regiões mais elevadas do relevo (Figura 4.9E). Segundo Tassinari (1988), a unidade é constituída por biotita-hornblenda granito com textura porfirítica (Figura 4.9F) e por augen gnaiesses. Ocorrem, no entanto, porções com textura fanerítica equigranular.

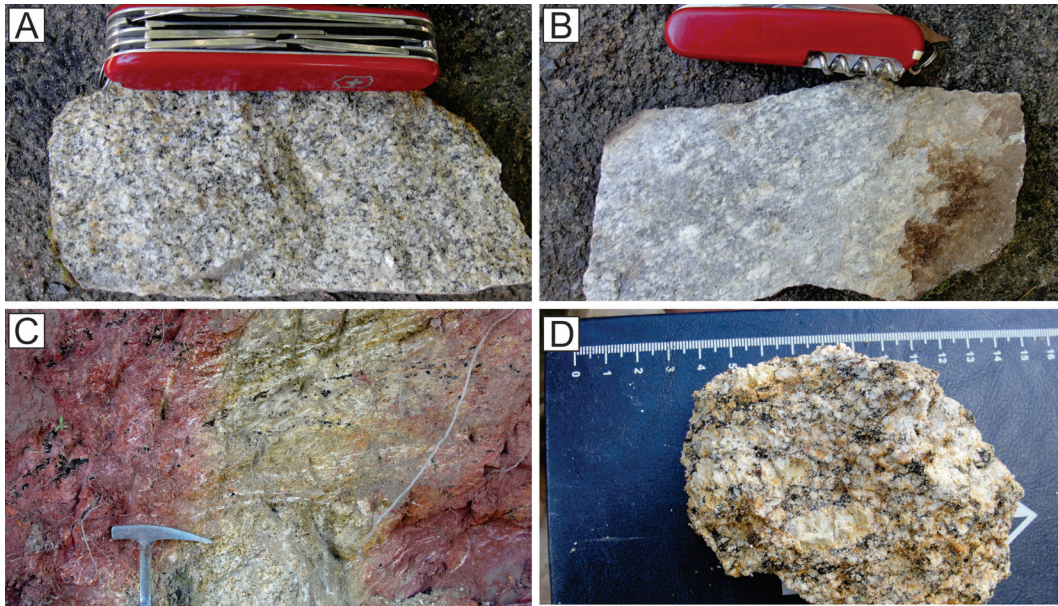


**Figura 4.9** - (A) Biotita granito-gnaiss com muscovita; (B) lentes de muscovita quartzito em meio ao biotita gnaiss (parte superior do afloramento); (C) ortognaiss migmatítico; (D) monzogranito maciço; (E) Blocos e matações muito frequentes na área de ocorrência do Granito Cruz do Alto (região centro-oeste do município de Salesópolis); (F) Afloramento do Granito Cruz do Alto com textura inequigranular porfirítica.

As rochas peraluminosas predominam nos corpos graníticos Natividade da Serra e Taiacupeba. O Granito Natividade da Serra representa uma das mais expressivas ocorrências graníticas do leste paulista, sendo caracterizado pela presença de biotita granito porfirítico foliado nas bordas e uma porção central constituída por biotita-muscovita granito cinza claro fino a médio, heterogêneo, com textura levemente orientada, muscovita-biotita granito porfirítico e muscovita-biotita leucogranito equigranular branco (ALVES, 2009). Datações U-Pb por TIMS obtidas por Janasi *et al.* (2003) apontam uma idade de cristalização de  $587 \pm 4,6$  Ma na borda do plúton. Análises realizadas em cristais de monazita por microsonda eletrônica por Vlach *et al.* (2002) confirmam uma idade

de aproximadamente 590 Ma, considerando ainda retrabalhamento com idades em torno de 525 Ma. O Granito Taiacupeba ocorre na forma de um corpo alongado na direção NE-SW, em uma faixa de aproximadamente 33 km de extensão por 7 km de largura. Compreende granitos de duas micas, textura fanerítica equigranular (biotita monzogranito com muscovita, Figura 4.10A), com porções porfiríticas subordinadas (Figura 4.10D) e veios pegmatoides associados. O grau de deformação é variado e em alguns locais há uma foliação incipiente (Figura 4.10B-C). Idades K-Ar entre 475 e 460 Ma foram obtidas por Cordani e Bittencourt (1967) para os granitos Taiacupeba e Cruz do Alto.





**Figura 4.10** - Fácies do Granito Taiaçupeba. (A) Biotita-muscovita monzogranito equigranular e (B) amostra de granito com estrutura foliada; (C) afloramento saprolitizado de fácies foliada; (D) biotita-muscovita monzogranito porfirítico.

## 4.5. UNIDADES CENOZOICAS

Além do embasamento cristalino pré-cambriano e intrusões graníticas, boa parte da área da RMSP é encoberta por rochas das bacias de São Paulo e Taubaté, além de depósitos aluvionares. As bacias representam o preenchimento do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), instalado em rochas da Faixa Ribeira (RICCOMINI, 1989). O rifteamento e consequente instalação das bacias estão relacionados ao processo de abertura do Atlântico Sul, quando antigas zonas de cisalhamento neoproterozoicas de direção NE a E-W foram reativadas como falhas normais durante o Paleógeno (RICCOMINI *et al.*, 2004).

### 4.5.1. Bacia de São Paulo

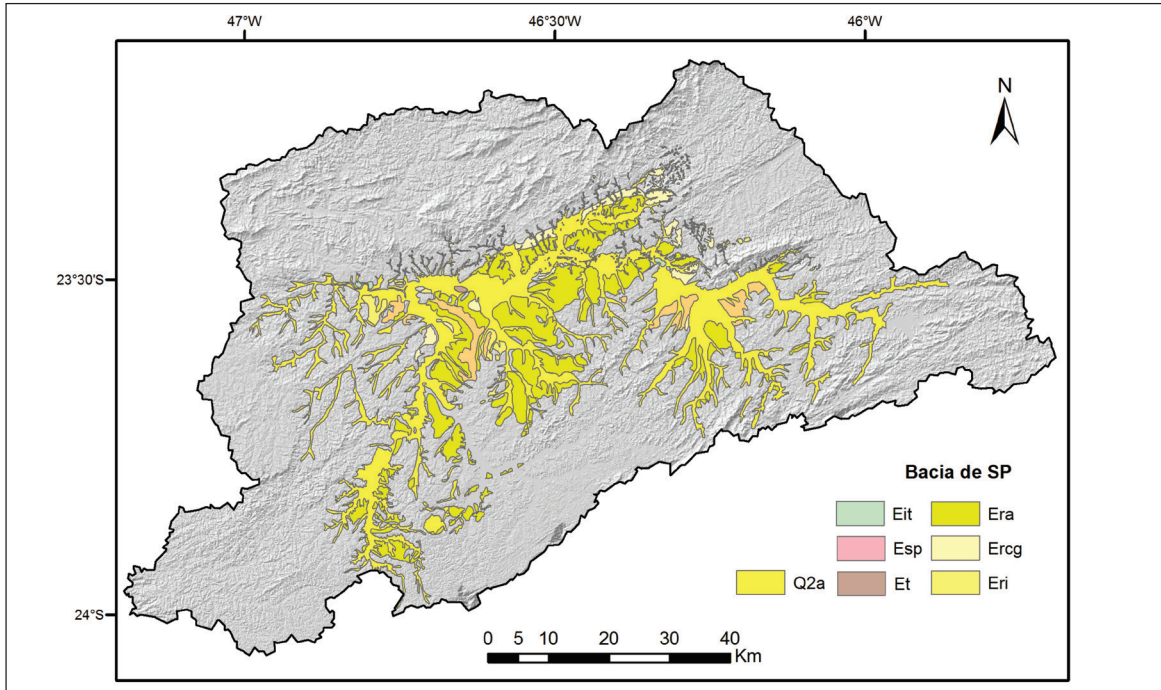
Na parte central da RMSP afloram as rochas da Bacia de São Paulo, representadas pelas formações Resende, Tremembé, São Paulo e Itaquaquetuba (Figura 4.11). A bacia recobre uma área irregular, com eixo maior de 75 km por 25 km, somando uma área total de pouco mais de 1000 km<sup>2</sup> (RICCOMINI e COIMBRA, 1992). O arcabouço da bacia foi delineado graças ao grande volume de dados geológicos disponíveis por meio da perfuração de poços de água subterrânea (*e.g.* LEINZ e CARVALHO, 1957; HASUI e CARNEIRO, 1980; TAKIYA *et al.*, 1989; TAKIYA, 1991). Furos de sondagem feitos na região da Mooca, município de São Paulo, registraram a maior espessura preservada de sedimentos da Bacia de São Paulo (290 m; TAKIYA, 1991). Já em Guarulhos,

na porção nordeste da bacia, foi observada a espessura máxima de 255 m de sedimentos no Gráben Baquirivu-Guaçu (DINIZ, 1996).

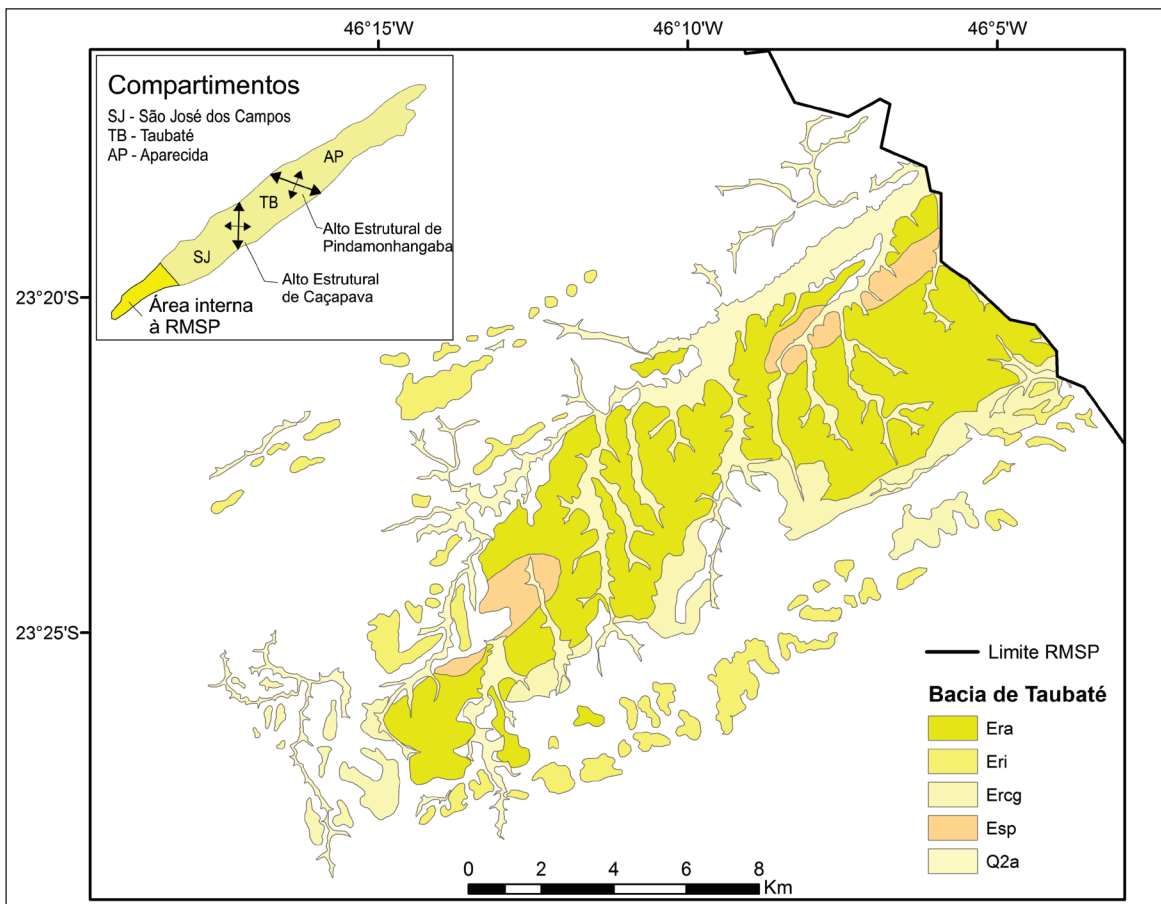
De acordo com o formato e distribuição de fácies sedimentares, interpreta-se que a bacia representava originalmente um hemigráben, com substrato mergulhando pra NW, delimitado por falhas normais, dispostas na borda norte e geradas pela reativação das zonas de cisalhamento proterozoicas Taxaquara e Rio Jaguari (RICCOMINI e COIMBRA, 1992).

### 4.5.2. Bacia de Taubaté

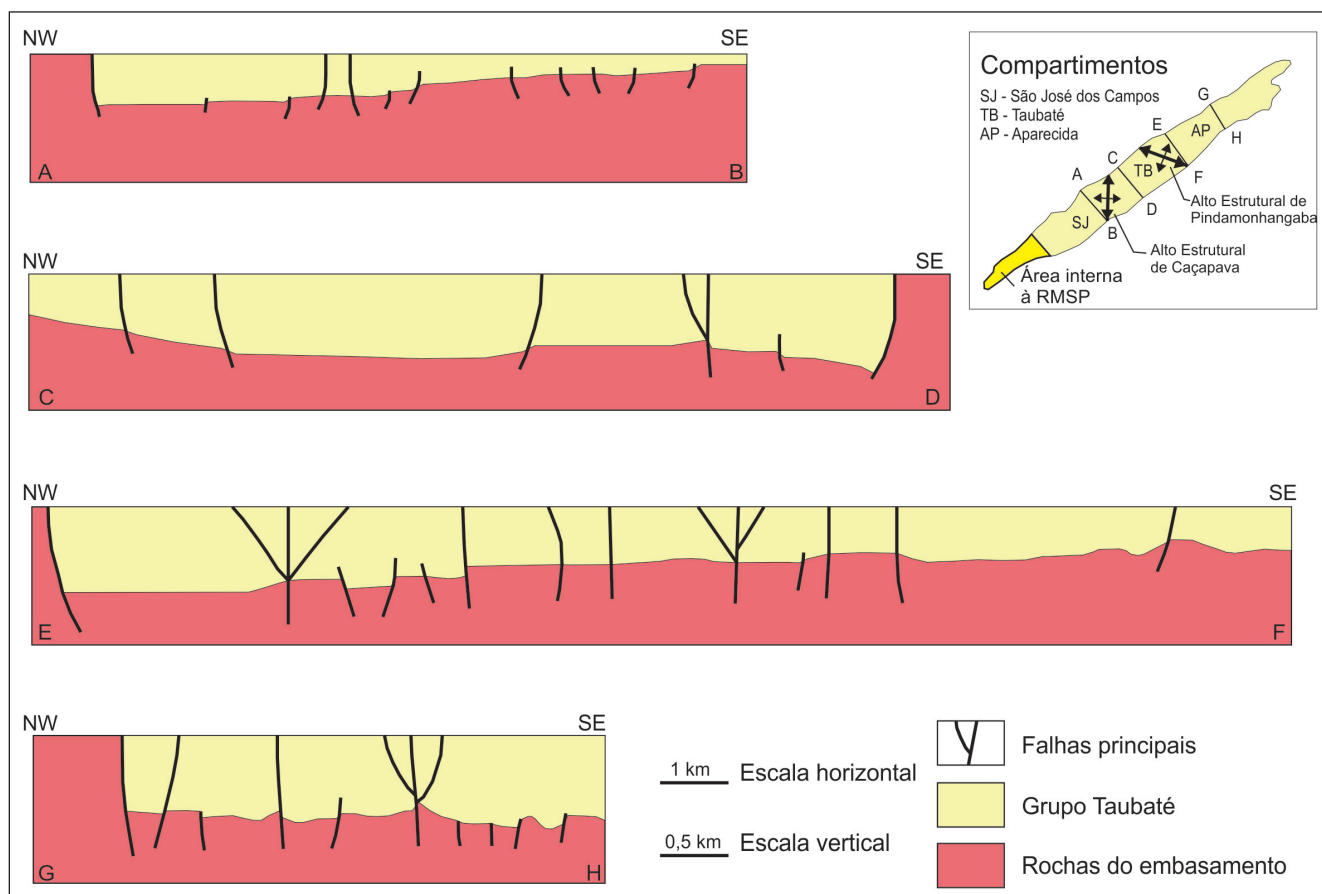
Com cerca de 170 km de comprimento por 20 km de largura máxima, a Bacia de Taubaté é a maior depressão tectônica do RCSB, ocupando uma área de aproximadamente 3200 km<sup>2</sup>. A bacia é subdividida em três compartimentos, denominados de SW para NE: São José dos Campos, Taubaté e Aparecida (figuras 4.12 e 4.13). Os compartimentos são separados pelos altos estruturais de Caçapava e Pindamonhangaba (figuras 4.12 e 4.13), definidos por sondagens, mapas de distribuição de litofácies, linhas sísmicas e gravimetria (HASUI e PONÇANO, 1978; RICCOMINI, 1989; MARQUES, 1990; FERNANDES, 1993). A área da RMSP representa parte do compartimento São José dos Campos (Figura 4.13). Trata-se de um hemigráben com o assoalho mergulhando para NW, contra a falha de São José, chegando à espessura máxima de 300 m de sedimentos (MARQUES, 1990; FERNANDES e CHANG, 2003).



**Figura 4.11** - Mapa geológico da Bacia de São Paulo e cobertura quaternária. Q2a - Depósitos quaternários; Eit - Formação Itaquaquecetuba; Esp - Formação São Paulo; Et - Formação Tremembé; Era - Formação Resende, arenito; Ercg - Formação Resende, conglomerados; Eri - Formação Resende indiferenciada; tons de cinza - embasamento pré-cambriano.



**Figura 4.12** - Detalhe do mapa geológico da Bacia de Taubaté e divisão dos compartimentos estruturais (extraído de RICCOMINI *et al.*, 2004). Legenda: Era – Formação Resende, arenito; Eri – Formação Resende indiferenciada; Ercg – Formação Resende, conglomerados; Esp – Formação São Paulo; Q2a – sedimentos quaternários.



**Figura 4.13** - Seções esquemáticas da Bacia de Taubaté. A seção A-B representa o compartimento São José dos Campos, inserido na área da RMSP. Notar o espessamento da bacia em direção à borda noroeste. Adaptado de Riccomini *et al.* (2004).

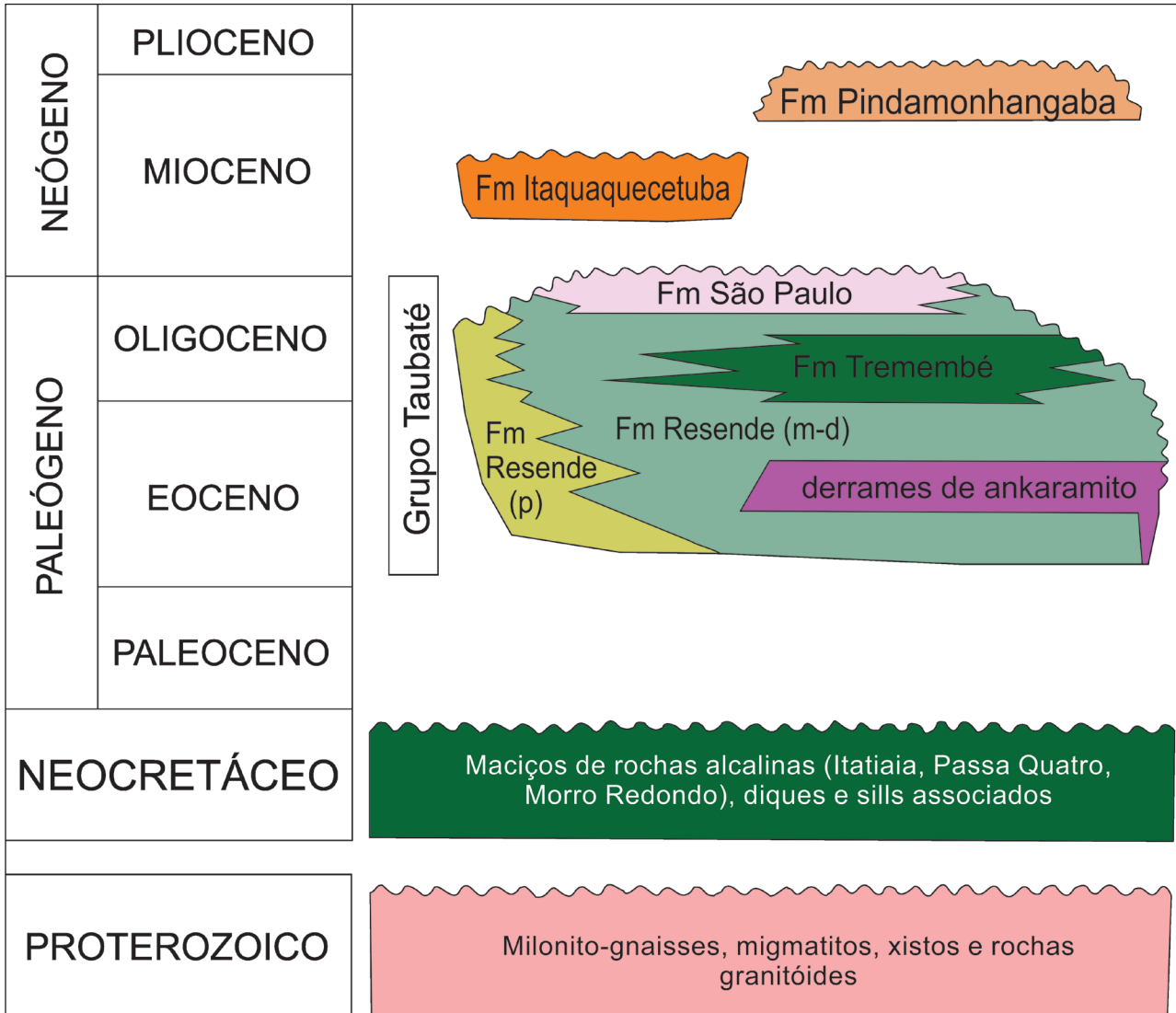
### 4.5.3. Litoestratigrafia

A principal fase de desenvolvimento do RCSB ocorreu durante o Eoceno-Oligoceno, com a formação de um hemigráben de direção ENE-WSW. As formações sedimentares sintectônicas dessa fase foram reunidas na unidade litoestratigráfica denominada Grupo Taubaté (Figura 4.14; RICCOMINI, 1989). As rochas mais abundantes da cobertura sedimentar do RCSB pertencem à Formação Resende, unidade basal e lateral do Grupo Taubaté, que compreende depósitos de sistemas de leques aluviais associados a planícies aluviais de rios entrelaçados (RICCOMINI *et al.*, 2004). A formação, definida originalmente por Amador (1975), apresenta seção-tipo na Rodovia Presidente Dutra (km 145), município de Resende, Rio de Janeiro (RICCOMINI *et al.*, 2004). Seus depósitos são formados por arenitos de canais fluviais, orto e paraconglomerados nas áreas proximais, além de lamitos nas áreas medianas e distais dos leques aluviais (RICCOMINI, *et al.*, 2004; Figura 4.15). Os arenitos de canais fluviais apresentam granulação média a grossa, localmente conglomeráticos (Figura 4.16), mal selecionados e geralmente subarcoseanos a arcoseanos (SANT'ANNA, 1999). São maciços e ocorrem na forma de pequenos corpos, com

geometria de canal, podendo apresentar estratificações cruzadas acanaladas de médio porte (RICCOMINI, 1989; RICCOMINI *et al.*, 2004).

Os conglomerados predominam ao longo da borda norte do *rift* e constituem pacotes de espessura decamétrica. São em geral polimíticos, às vezes oligomíticos, com seixos e matacões líticos angulosos a subarredondados de rochas gnáissicas, graníticas e alcalinas (RICCOMINI *et al.*, 2004). Possui matriz esverdeada devido à abundância de argilominerais esmectíticos (SANT'ANNA, 1999). Lamitos e lamitos arenosos maciços, por vezes conglomeráticos, representam as porções medianas e distais dos leques aluviais. Sua matriz é composta essencialmente por argilominerais detríticos do grupo da esmectita, com proporções variáveis de grãos de quartzo, feldspato, mica e minerais máficos (SUGUIO, 1969; SANT'ANNA, 1999).

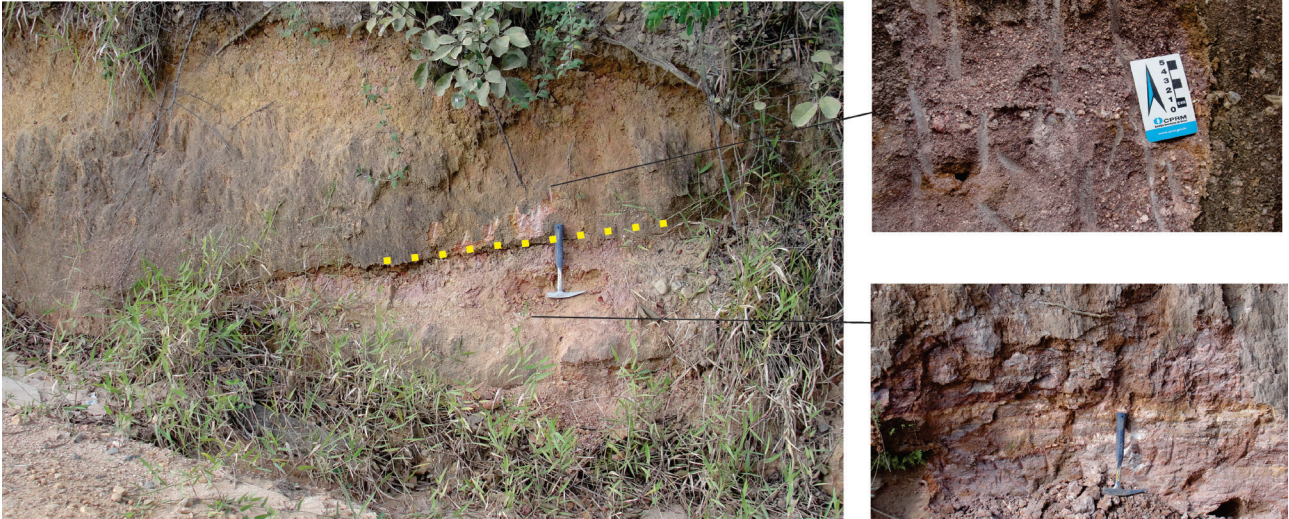
Na parte central da Bacia de Taubaté e centro-norte da Bacia de São Paulo, ocorrem os depósitos de sistema lacustre do tipo *playa-lake* da Formação Tremembé (RICCOMINI e COIMBRA, 1992). Sua estratigrafia foi definida em sondagens do Conselho Nacional do Petróleo (CNP). A seção-tipo da unidade está registrada na sondagem de nº 42, perfurada na porção central da bacia, no intervalo



**Figura 4.14** - Litoestratigrafia do segmento central do RCSB. Adaptado de Riccomini (2004).



**Figura 4.15** - Visão geral do afloramento de arenito conglomerático da Formação Resende, abaixo da Rodovia Ayrton Senna em Guararema.



**Figura 4.16** - Afloramento com rocha gnáissica saprolitizada do Complexo Embu, na porção inferior, em contato com arenito conglomerático da Formação Resende, na porção superior do afloramento.

entre 3,50 e 170 m (RICCOMINI, 1989). As principais litofácies da unidade compreendem argilitos verdes fossilíferos, ritmitos de folhelhos e margas, dolomitos e arenitos (RICCOMINI, 1989; RICCOMINI *et al.*, 1996).

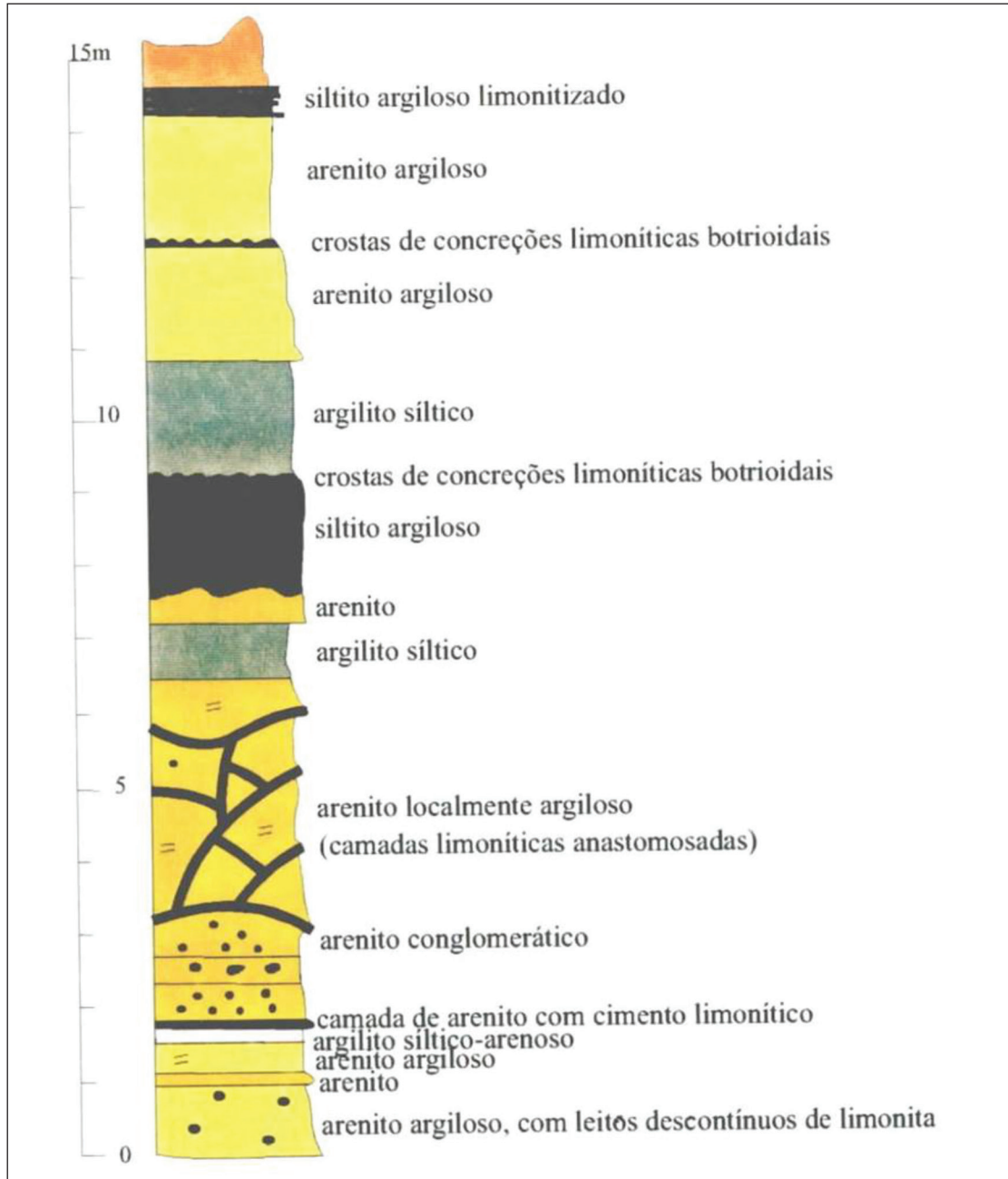
O pacote de rochas sedimentares que ocorre no sítio urbano principal da cidade de São Paulo é denominado Formação São Paulo (MEZZALIRA, 1962), com perfil típico descrito, na região da Rua Heitor Penteado, por Suguio e Barbour (1969) (Figura 4.17). A unidade representa o topo do Grupo Taubaté, recobre de forma concordante a Formação Resende e marca a fase terminal, de estabilidade tectônica, do estágio *sin-rift* da sedimentação do RCSB (RICCOMINI, 1989). Os sedimentos da Formação São Paulo foram depositados em sistema fluvial meandrante durante o Oligoceno e estão presentes na Bacia de São Paulo, sudoeste da Bacia de Taubaté, centro e leste da Bacia de Resende e leste da Bacia de Volta Redonda (RICCOMINI *et al.*, 1989; SANT'ANNA, 1999, RICCOMINI *et al.*, 2004). São três as principais litofácies: arenitos grossos conglomeráticos, com estratificações cruzadas, base erosiva e presença de clastos argilosos (canais meandrantares); siltitos e argilitos laminados (meandros abandonados), às vezes fossilíferos (linhitos); e arenitos de granulação média a grossa (RICCOMINI *et al.*, 2004). Lima *et al.* (1985) estudou o conteúdo fossilífero dos linhitos aflorantes em Guararema e concluiu que são de idade neo-oligocênica.

A Formação Itaquaquetuba (COIMBRA *et al.*, 1983) representa um depósito sedimentar de sistema fluvial entrelaçado que ocorre apenas na Bacia de São Paulo, com área-tipo no município de Itaquaquetuba, em

portos de areia nas margens do Rio Tietê (RICCOMINI *et al.*, 2004; SUGUIO *et al.*, 2010). Nesses locais, a espessura da unidade pode atingir 50 metros. Os depósitos incluem arenitos arcoseanos com estratificação cruzada acanalada e tabular de grande porte, conglomerados, brechas intraformacionais relacionadas à mudança de direção de fluxo ao longo dos canais, além de lamitos arenosos de cor verde-pálido e arenitos maciços de granulação fina a média (ALMEIDA *et al.*, 1984; RICCOMINI, 1989; RICCOMINI *et al.*, 2004). A identificação de microfósseis (pólen *Compositoipollenites maristellae*) levou Arai e Yamamoto (1995) a interpretarem que a deposição dos sedimentos da porção superior da Formação Itaquaquetuba ocorreu no Mioceno Inferior (Neógeno). Entretanto, dados de luminescência opticamente estimulada de Suguio *et al.* (2010), obtidos em amostras da cava Itaquareia (município de Itaquaquetuba, SP), sugerem idades pleistocênicas para a deposição dos sedimentos.

#### 4.5.4. Depósitos aluvionares

Os depósitos de sedimentos inconsolidados, que compõem as calhas dos rios (e.g., Tietê, Pinheiros) também recobrem boa parte da área da RMS. Representam sedimentos aluvionares inconsolidados constituídos por seixos, areias finas a grossas, com níveis de cascalhos, lentes de material silto-argiloso e restos de matéria orgânica, relacionados a planícies de inundação, barras de canal e canais fluviais (e.g., PERROTTA *et al.*, 2005).



**Figura 4.17** - Seção geológica típica da Formação São Paulo. Extraído de Suguio e Barbour (1969).

## 5. CARACTERIZAÇÃO DOS INSUMOS

### 5.1. CONCEITUAÇÃO

#### 5.1.1. Agregados - Conceito

Agregados para construção civil são materiais granulares, sem forma e volume definidos e com dimensões e propriedades estabelecidas para uso em obras de engenharia civil. Os agregados podem ser encontrados de forma particulada na natureza (“agregados naturais”; areia, cascalho ou pedregulho), ou serem produzidos por algum processo industrial (“agregados artificiais”), como as pedras britadas, areias artificiais, escórias de alto-forno, argilas expandidas, entre outros.

A utilização dos agregados ocorre basicamente como componentes de concretos hidráulicos, lastro de ferrovias e em pavimentos betuminosos onde apresentam diferentes funções (Tabela 5.1). No caso dos concretos hidráulicos, as funções estão relacionadas ao aumento da capacidade de resistir a esforços e ações das intempéries, reduzir a variação de volume e reduzir custo. O agregado necessita de uma granulometria adequada que permita compacidade do concreto, propiciando economia de cimento e água, sem prejudicar uma eficiente ligação entre as partículas. A forma deve ser ao máximo equidimensional e apresentar alta resistência mecânica, melhorando a trabalhabilidade, compacidade

e alta resistência a esforços. A composição mineralógica do agregado também é importante para que não ocorram reatividades indesejadas. Em lastro de ferrovias, o agregado fornece bases sólidas ao dormente e distribui as cargas de maneira mais uniforme, assegurando boa drenagem e dificultando o crescimento de vegetação. Nos pavimentos betuminosos, o agregado fornece resistência e distribui cargas verticais e horizontais, além de melhorar a condição de rolamento e segurança.

Segundo a norma ABNT NBR 7211, os agregados podem ser classificados como miúdos (areia) e graúdos (brita). Os miúdos são aqueles que passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm, ressalvados os limites máximos de 9,5 mm e 6,3 mm e mínimo de 150 µm, pois essas aberturas são referentes ao ensaio de distribuição granulométrica de agregados miúdos, segundo a norma ABNT NBR 248, com peneiras definidas pela norma ABNT NBR NM ISO 3310-1. Os graúdos são considerados aqueles que passam pela peneira de malha 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, ressalvados o limite mínimo de 2,36 mm, pois esta abertura de peneira também faz parte do ensaio de distribuição granulométrica de agregados graúdos, conforme norma ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela norma ABNT NBR ISO 3310-1.

**Tabela 5.1** - Classificação de agregados pela dimensão e suas principais utilizações. Fonte: Kulaif (2001).

Areia Artificial e Areia Natural	Assentamento e bloquetes, tubulações em geral, tanques, embolso, podendo entrar na composição de concreto e asfalto.
Pedrisco	Confecção de pavimentação asfáltica, lajotas, bloquetes, intertravados, lajes, jateamento de túneis e acabamentos em geral.
Brita 1	Intensivamente na fabricação de concreto, com inúmeras aplicações, como na construção de pontes, edificações e grandes lajes.
Brita 2	Fabricação de concreto que exija maior resistência, principalmente em formas pesadas.
Brita 3	Também denominada pedra de lastro utilizada nas ferrovias.
Brita 4	Produto destinado a obras de drenagem, como drenos sépticos e fossas.
Rachão, pedra de mão ou pedra marroada	Fabricação de gabiões, muros de contenção e bases.
Brita graduada	Em base e sub-base, pisos, pátios, galpões e estradas.

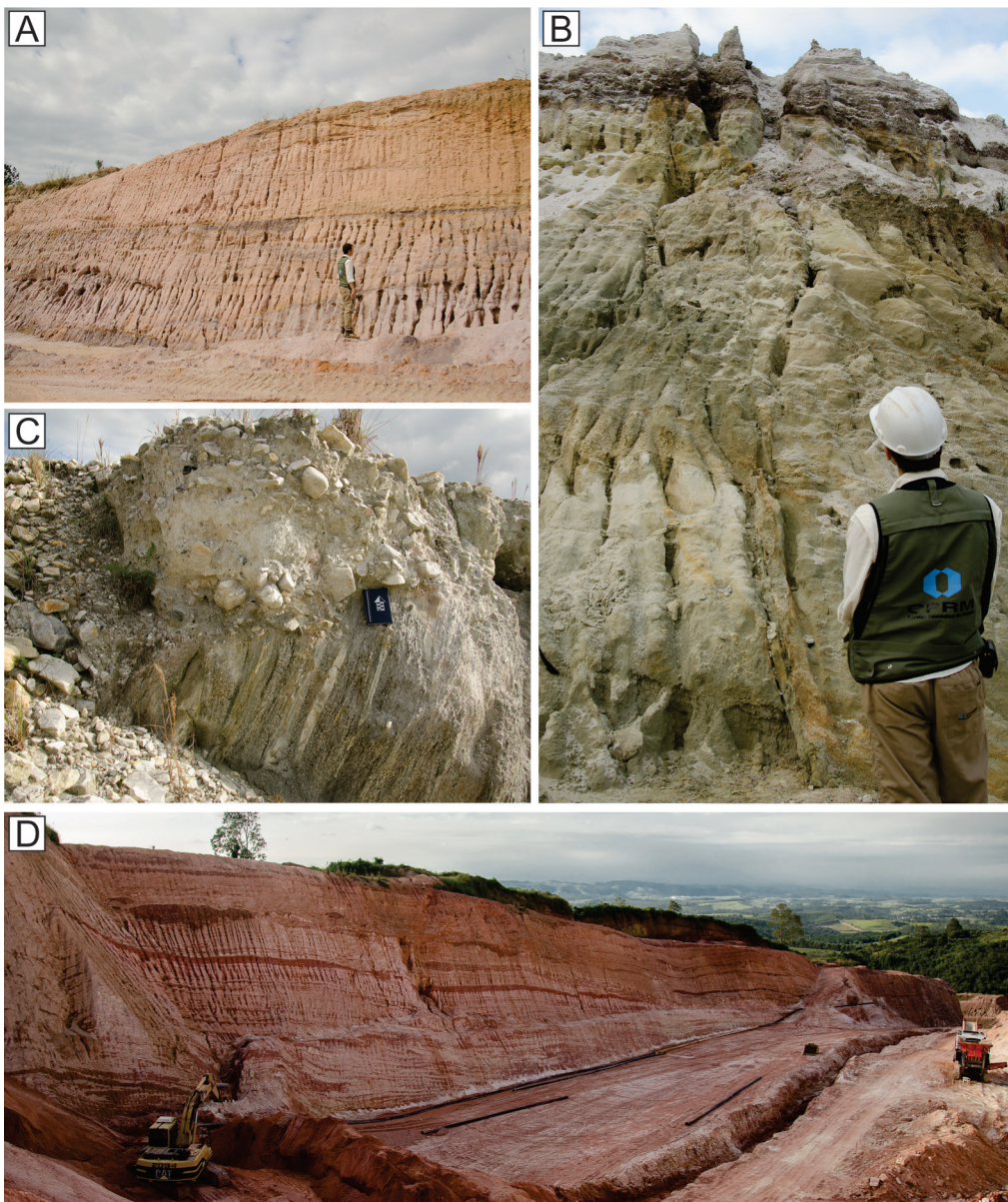
## 5.2. AREIA

### 5.2.1. Tipos de depósitos e distribuição das ocorrências

A RMSP apresenta dois tipos principais de depósitos de areia: formacional (i) e residual (ii). Em (i) os depósitos são de origem sedimentar, no qual os fragmentos de rochas preexistentes são desagregados, transportados e depositados em bacias. Os fragmentos depositados são transformados em rocha por meio do processo chamado de diagênese e, para que esta rocha tenha potencial para a exploração de areia, é necessário que os fragmentos formadores sejam de dimensões adequadas. Em (ii) os depósitos são gerados a partir do intemperismo

de rochas, com descompactação e desagregação, mas sem ocorrência de transporte dos grãos. De forma mais restrita, também ocorrem depósitos aluvionares atuais, formados por sedimentos transportados por rios e depositados em suas margens ou leitos. Este tipo de depósito apresenta pouca contribuição em relação à totalidade de areia produzida na área.

Os principais depósitos de areia formacional na RMSP são oriundos das bacias cenozoicas e abrangem as formações Resende, São Paulo e Itaquaquecetuba (item 4). Nas formações Resende e São Paulo ocorrem extrações de areia em arenitos (Figura 5.1A-B), com granulação variando de fina a grossa, podendo estar associados a conglomerados. Os depósitos por vezes se confundem com residuais devido à abundância de rochas alteradas.



**Figura 5.1** - (A) e (B) Cortes em mineradoras de areia localizadas em depósitos formacionais da Bacia de Taubaté; (C) Rocha gnáissica alterada do Complexo Embu (porção inferior do afloramento) em contato brusco com depósitos recentes (porção superior) em mineradora de areia; (D) Corte em mineradora de areia localizada em depósito residual de xisto quartzoso do Complexo Embu.



As formações geológicas estão amplamente distribuídas nos municípios de São Paulo, Mogi das Cruzes, Guararema, Itaquaquecetuba, Guarulhos e Biritiba-Mirim, alguns com importantes produtores e detentores de reservas. Os arenitos arcoseanos da Formação Itaquaquecetuba foram uma importante fonte de produção de areia para a RMSP. Atualmente, a exploração nesta formação está praticamente esgotada e sua principal lavra encontra-se em fase de recuperação ambiental (Itaquareia, município de Itaquaquecetuba).

Os depósitos residuais podem ser gerados a partir do intemperismo de rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares, sendo comum um depósito formacional evoluir para um residual. Na RMSP, são encontrados depósitos do tipo residual associados à alteração de rochas do Complexo Embu (Figura 5.1C-D) e Grupo São Roque (Formação Boturuna e Formação Estrada dos Romeiros), além da alteração de corpos graníticos. Algumas mineradoras localizadas no município de Guararema exploram areia, tanto de arenitos da Bacia de Taubaté, quanto do embasamento formado por rochas alteradas do Complexo Embu. No município de Pirapora do Bom Jesus, a mineração de areia em depósito residual ocorre em quartzitos da Formação Boturuna, Grupo São Roque. A região também apresenta potencial para depósitos residuais gerados pela alteração de metarenitos da Formação Estrada dos Romeiros. O manto de intemperismo de intrusões graníticas também é outra fonte de areia na região. Este manto é explorado em alguns locais, como no Granito Reago (município de Guarulhos).

A diminuição significativa das reservas naturais de areia na RMSP incentivou um aumento na produção de areia artificial. Esse tipo de areia é proveniente dos materiais finos resultantes do processo de cominuição de rochas na produção de brita. Esses finos de britagem já foram considerados rejeito no passado, atualmente podem constituir subprodutos de muitas pedreiras. Cuchierato e Sant’Agostino (2000) estimaram que a produção de “pó de

pedra” era da ordem de 3 milhões de m<sup>3</sup> por ano na região, representando uma alternativa para o abastecimento na RMSP. Ainda existe certa desconfiança por parte do mercado em relação à areia artificial, principalmente por desconhecimento técnico. No entanto, tecnologicamente, tem sido comprovada sua eficiência quando utilizada como agregado (e.g., CUCHIERATO, 2000).

## 5.2.2. Análises e ensaios tecnológicos

### 5.2.2.1. Composição química

Foram realizadas análises químicas em areias de amostras coletadas em frentes de lavra e ocorrências encontradas durante os trabalhos de campo na RMSP. As análises tiveram como objetivo identificar possíveis subutilizações de materiais que eventualmente possuam maior valor agregado (e.g., areia industrial ou quartzosa direcionada à fabricação de vidro, indústria cerâmica e indústria química). Em todas as amostras analisadas, os teores de óxido de ferro foram superiores a 0,8% (Tabela 5.2), o que inviabiliza a utilização destas areias como areia industrial.

### 5.2.2.2. Composição mineralógica

A composição mineralógica das ocorrências de areias encontradas na RMSP é formada basicamente, em ordem de abundância, por quartzo, feldspatos e micas, além de óxidos subordinados. A presença destes minerais já era esperada, devido ao fato das rochas fontes, geradoras do produto areia, serem constituídas de mineralogia semelhante.

### 5.2.2.3. Ensaios tecnológicos

Os ensaios tecnológicos foram realizados em amostras contemplando o maior número possível de unidades

**Tabela 5.2** - Análises químicas representativas das amostras de areia coletadas na RMSP. As amostras IM-25A, GG-059, RL-006A, RL-006C, RL-016B e RL-023A são provenientes de depósitos residuais de rochas pré-cambrianas; as amostras RL-001E, RL-004C-A, RL-004C-B e RL-006B são de unidades da Bacia de Taubaté e depósitos quaternários. A amostra RL-054 é areia de brita.

Amostras	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO
IM-025A	84,7	7,57	2,51	1,53	0,16	0,09
GG-059	93,2	4,08	1,63	1,29	<0.1	0,05
RL-001E	97	1,07	1,15	0,26	<0.1	<0.01
RL-004C-A	85,6	6,71	1,45	3,5	0,42	0,15
RL-004C-B	85,8	7,88	1,69	3,71	0,44	0,16
RL-006A	70	14,9	4,46	3,28	0,11	0,03
RL-006B	89,6	5,97	1,47	1,27	<0.1	0,01
RL-006C	86,2	6,65	2,22	2,39	0,19	0,05
RL-016B	95,6	1,51	1,13	0,13	<0.1	<0.01
RL-023A	93,2	4,08	1,63	1,29	<0.1	0,05
RL-054	91,8	4,4	1,33	3,1	0,32	0,04

geológicas fonte dos agregados produzidos na RMSF. No entanto, a amostragem e, conseqüentemente, o ensaio são considerados pontuais e permitem uma noção geral sobre as características tecnológicas das rochas, não levando em conta as possíveis heterogeneidades que possam apresentar. Além disso, por questões técnicas, algumas amostras foram coletadas em frentes de lavras, e outras, em pilhas de areia já beneficiadas. Este fator interfere diretamente nos resultados dos ensaios. Em teoria, as amostras provenientes das pilhas beneficiadas tendem a se enquadrar melhor nos parâmetros ideais preestabelecidos pelas normas técnicas.

As amostras ensaiadas foram: IM-25A (*in natura* - Complexo Embu -paragnaisse alterado), GG-059 (beneficiada - Formação Boturuna - quartzito), RL-001E (beneficiada - Formação Resende - arenito), RL-4C-A (*in natura* - Formação São Paulo - arenito), RL-4C-B (*in natura* - Formação São Paulo - arenito), RL-006A (*in natura* - Complexo Embu - ortognaisse alterado), RL-006B (*in natura* - depósitos quaternários - areia média), RL-006C (beneficiada - *blend* quaternário + Complexo Embu - areia média + ortognaisse alterado), RL-016B (beneficiada - Complexo Embu - xisto quartzoso), RL-023A (beneficiada - Granito Reago), RL-054 (beneficiada - Granito Itaquera - areia de brita).

#### 5.2.2.3.1. Análises granulométricas (NBR NM 248)

O ensaio de distribuição granulométrica determina se a areia é apropriada para ser utilizada como agregado em concreto, segundo a norma técnica ABNT NBR 7211/2009 que estabelece os limites inferior e superior, em zona ótima e utilizável (figuras 5.2 e 5.3). Esta distribuição é importante, pois influencia na compacidade do concreto, devido ao maior ou menor índice de vazios. Quanto melhor a distribuição granulométrica, menor será o índice de vazios e maior será a compacidade do concreto. Uma boa distribuição granulométrica também reflete economicamente, sendo necessária menor quantidade de material ligante (cimento) na produção do concreto.

Na Figura 5.2, apenas o gráfico (A), referente à amostra IM-25A e o gráfico (E), referente à amostra RL-004C-B, estão extrapolando de forma significativa os limites utilizáveis da areia como agregado. Como são amostras “*in natura*”, isto é, no estado em que são encontradas na natureza, são esperados resultados que extrapolem os limites padrões de utilização. As outras amostras analisadas obtiveram resultados satisfatórios.

#### 5.2.2.3.2. Determinação do teor de argila em torrões friáveis (ABNT NBR 7218)

A determinação do teor de argila em torrões friáveis nos agregados implica na propriedade física do concreto, uma vez que apresentam baixa resistência e potencial absorção d'água. Segundo a norma ABNT NBR 7211/2009, o limite do teor ideal de argila é igual ou inferior a 3%.

Apenas as amostras RL-001E, RL-16B e RL-054 possuem índices de teor de argila em torrões friáveis inferiores ou iguais a 3%. A amostra RL-023A não apresentou volume suficiente para a realização do ensaio (Tabela 5.3).

#### 5.2.2.3.3. Material fino que passa através da peneira de 75 µm (ABNT NBR NM 46)

O ensaio tem como objetivo quantificar materiais finos, menores do que 75 µm, que podem ocorrer revestindo partículas ou dispersos nos agregados. O material fino aumenta a utilização de água, reduzindo a resistência à compressão uniaxial e, principalmente, à tração. A norma ABNT NBR NM 46 aponta dois limites para diferentes aplicações em concretos: o limite de até 3% de materiais finos, indicados para a utilização em concretos submetidos a desgaste superficial, e entre 3% e 5% para a utilização em concretos protegidos de desgaste superficial.

As amostras RL-001E, RL-016B e RL-054 possuem porcentagens de materiais finos que estão dentro do limite de utilização em concretos submetidos a desgaste superficial. A amostra RL-006C se encontra dentro dos limites de porcentagens de materiais finos estabelecidos somente para a utilização em concretos protegidos de desgastes superficiais. Todas as outras amostras excedem os limites, exceto a amostra RL-023A por falta de volume para a realização do ensaio (Tabela 5.4).

#### 5.2.2.3.4. Módulo de finura

O módulo de finura é importante para determinar as quantidades de cimento e água necessárias para a formulação do concreto e argamassa. A norma ABNT NBR 7211 aponta o módulo de finura da zona ótima (2,20 a 2,90), o módulo de finura da zona utilizável inferior (1,55 a 2,20) e o módulo de finura da zona utilizável superior (2,90 a 3,50).

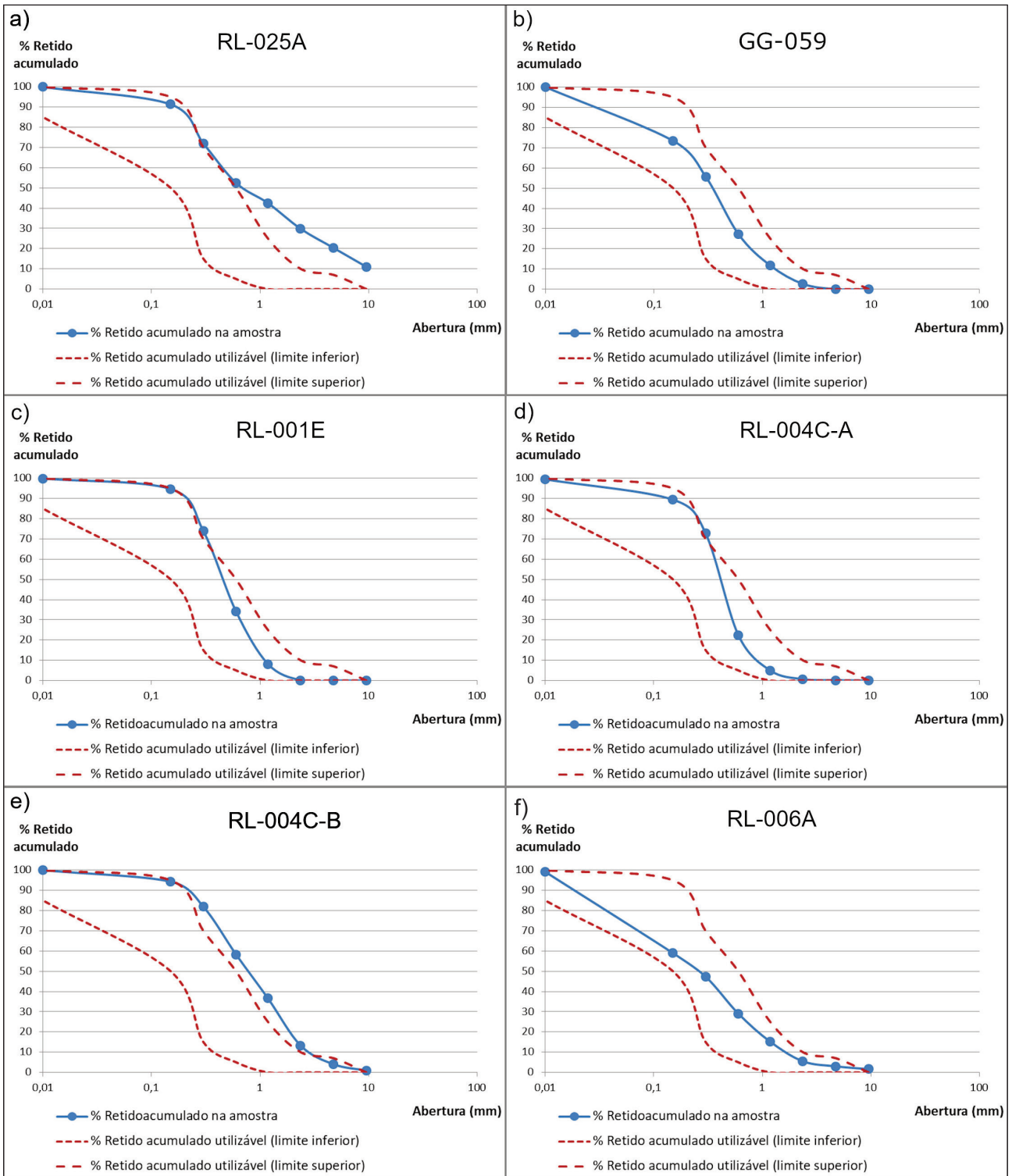
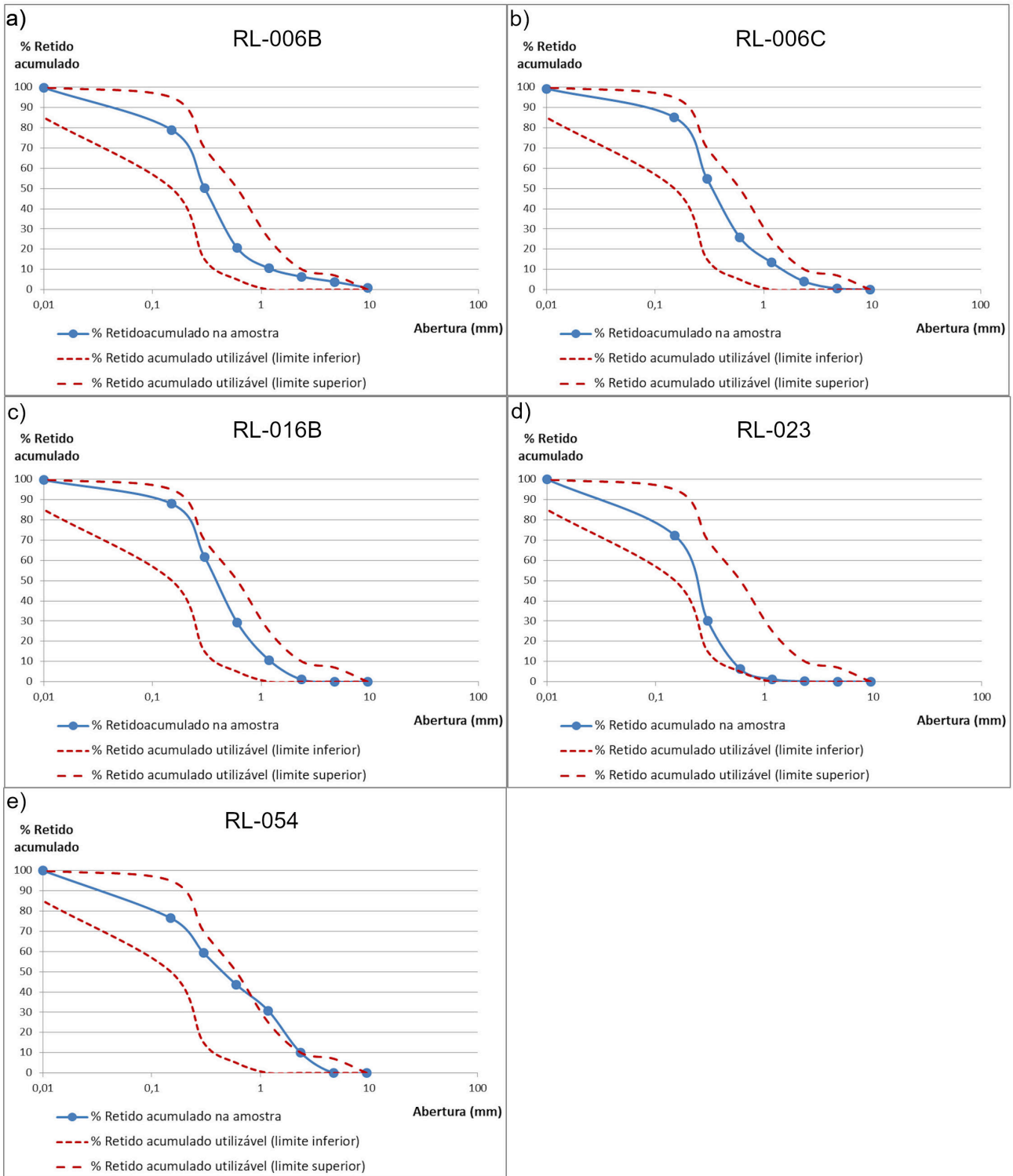


Figura 5.2 - Distribuição granulométrica das amostras. (A) IM-025; (B) GG-059; (C) RL-001E; (D) RL-004C-A; (E) RL-004C-B e (F) RL-006A representadas pelas linhas azuis, conforme o ensaio normatizado ABNT NBR NM 248, onde os eixos da ordenadas indicam a porcentagem de retido na peneira e os eixos das abcissas indicam a abertura em milímetros da peneira. As linhas vermelhas apontam os limites inferior e superior da zona utilizável descrita na norma ABNT NBR 7211/2009.



**Figura 5.3** - Distribuição granulométrica das amostras. (A) RL-006B; (B) RL-006C; (C) RL-016B; (D) RL-023 e (E) RL-054 representadas pelas linhas azuis, conforme o ensaio normatizado ABNT NBR NM 248, onde os eixos da ordenadas indicam a porcentagem de retido na peneira e os eixos das abcissas indicam a abertura em milímetros da peneira. As linhas vermelhas apontam os limites inferior e superior da zona utilizável descrita na norma ABNT NBR 7211/2009.

As amostras GG-059, RL-004C-A, RL-006A, RL-006B, RL-006C e RL-016B apresentaram valores do módulo de finura dentro dos limites da zona ótima. Apenas a amostra RL-023A apresenta o valor do módulo de finura dentro dos limites da zona utilizável inferior. O restante das amostras excedeu os limites mínimo e máximo da zona utilizável (Tabela 5.5).

**Tabela 5.3** - Resultados da determinação do teor de argila em torrões friáveis (ABNT NBR 7218). O limite de porcentagem de argila em torrões friáveis é de 3% conforme a norma ABNT NBR 7211.

Amostras	D.T.A.T.F.	3%≤
IM-025A	28,56	
GG-059	6,87	
RL-001E	0,48	
RL-004C-A	21,95	
RL-004C-B	6,82	
RL-006A	45,49	
RL-006B	23,30	
RL-006C	3,34	
RL-016B	0,24	
RL-023A	—	
RL-054	1,19	

D.T.A.T.F. = determinação do teor de argila em torrões friáveis.

Amostras de areia beneficiada.  
 D.T.A.M.F. = acima de 3%.  
 D.T.A.M.F. = abaixo ou igual a 3%.

**Tabela 5.4** - Resultados do ensaio de material fino que passa através da peneira 75 µm (ABNT NBR NM 46). Utilizou-se a classificação de limites de material fino conforme a norma ABNT NBR 7211.

Amostras	M.F.P.A.P.	C.S.D.S. 3%≤	C.P.D.S. ≥3%-5%≤	E
IM-025A	14,3			
GG-059	6,87			
RL-001E	1,80			
RL-004C-A	6,80			
RL-004C-B	5,40			
RL-006A	32,30			
RL-006B	10,80			
RL-006C	4,30			
RL-016B	1,40			
RL-023A	—			
RL-054	1,19			

M.F.P.A.P = material fino que passa através da peneira 75 micrometros.

Amostras de areia beneficiada.  
 E = excede o limite de 5%.  
 C.S.D.S. 3%≤ = concreto submetido a desgaste superficial, dentro do limite de maior ou igual a 3%.  
 C.P.D.S. ≥3%-5%≤ = concreto protegido do desgaste superficial, dentro do limite de maior ou igual a 3% e menor ou igual a 5%.

**Tabela 5.5** - Relação de amostras em com os valores do módulo de finura. Utilizou-se a classificação de módulo de finura conforme a norma ABNT NBR 7211.

Amostras	Módulo de Finura	M.F.I	M.F.S	M.F.O	E
IM-025A	4,19				
GG-059	2,70				
RL-001E	3,10				
RL-004C-A	2,89				
RL-004C-B	3,89				
RL-006A	2,59				
RL-006B	2,71				
RL-006C	2,83				
RL-016B	2,90				
RL-023A	2,10				
RL-054	3,20				

Amostras de areia beneficiada.  
 E = excede o limite inferior para menos de 1,55 ou superior para mais de 3,00.  
 M.F.O = módulo de finura da zona ótima de 2,20 a 2,90.  
 M.F.I = módulo de finura da zona utilizável inferior de 1,55 a 2,20.  
 M.F.S = módulo de finura da zona utilizável superior de 2,20 a 3,00.

### 5.2.2.3.5. Índices físicos (massa unitária ABNT NBR NM 45, densidade real DNRE ME 93/94 e massa específica ABNT NBR 52)

Os índices físicos têm um papel importante para calcular o consumo e o volume de cimento para agregado utilizado em concreto. A Tabela 5.6 apresenta os índices físicos (massa unitária, densidade real e massa específica) obtidos para as amostras de agregado miúdo. A densidade real e a massa específica são ensaios semelhantes, nos quais são obtidos resultados com a mesma unidade de medida.

### 5.2.3. Geofísica terrestre na Bacia de Taubaté (Mogi das Cruzes e Guararema)

Os trabalhos de geofísica terrestre foram realizados na região da Bacia de Taubaté, inserida na RMSP (Figura 5.4), compreendendo os municípios de Mogi das Cruzes e Guararema. O trabalho teve como principal objetivo a geração de dados para a estimativa do volume de rochas sedimentares disponíveis na área.

#### 5.2.3.1. Aquisição dos dados

Foram realizadas aquisições de dados em 68 estações, com uma distribuição que visou o maior recobrimento espacial possível (Figura 5.4). A profundidade máxima da bacia na área-alvo é de aproximadamente 250 m (depocentro) (CARVALHO *et al.* 2011). Deste modo, na

tentativa de investigar todo o pacote sedimentar, quando possível e necessário, eram realizadas aberturas de até 1400 m entre os eletrodos AB, oferecendo investigação teórica de até 350 m de profundidade.

### 5.2.3.2. Processamento dos dados

O processamento dos dados foi realizado por meio dos *softwares* Prosys II; versão 03.11.02, desenvolvido pela IRIS Instruments, além do WinSev, versão 6.3, desenvolvido pela W-GeoSoft. O método de inversão utilizado foi o automático, realizando mínimas intervenções manuais quando o ajuste criou modelos complexos com muitas camadas. O ajuste foi melhorado com a comparação dos dados das SEVs e com as informações geológicas e hidrológicas de poços de águas subterrâneas presentes no SIAGAS. A SEV 45 (Figura 5.5) é um exemplo de uma das inversões realizadas e que resultou em um modelo de cinco camadas geoeletricas.

**Tabela 5.6** - Resultados dos índices físicos (massa unitária, densidade real ou massa específica) obtidos para as amostras de agregado miúdo.

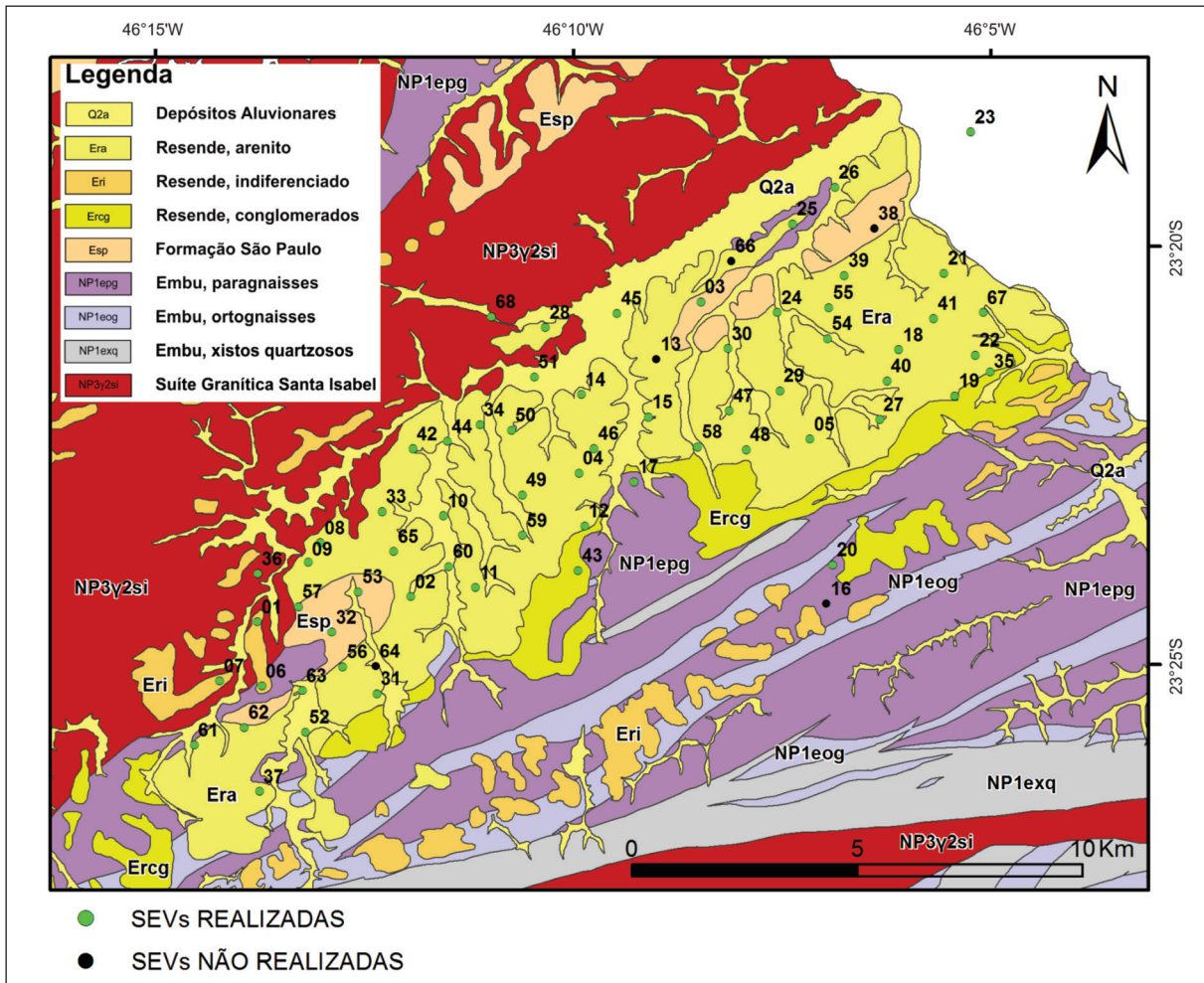
Amostras	M.U. (g/cm <sup>3</sup> )	D.R. (g/cm <sup>3</sup> )	M.E. (g/cm <sup>3</sup> )
IM-025A	1,339	2,623	
GG-059	1,334		2,27
RL-001E	1,311	2,658	
RL-004C-A	1,246	2,625	
RL-004C-B	1,264	2,604	
RL-006A	1,141	2,695	
RL-006B	1,314	2,671	
RL-006C	1,248	2,681	
RL-016B	1,192	2,661	
RL-023A	1,375		2,22
RL-054	1,375		0,17

Amostras de areia beneficiada.

M.U. = massa unitária.

D.R. = densidade real.

M.E. = massa específica.



**Figura 5.4** - Mapa geológico com a localização das SEVs realizadas ao longo da Bacia de Taubaté na RMSP.

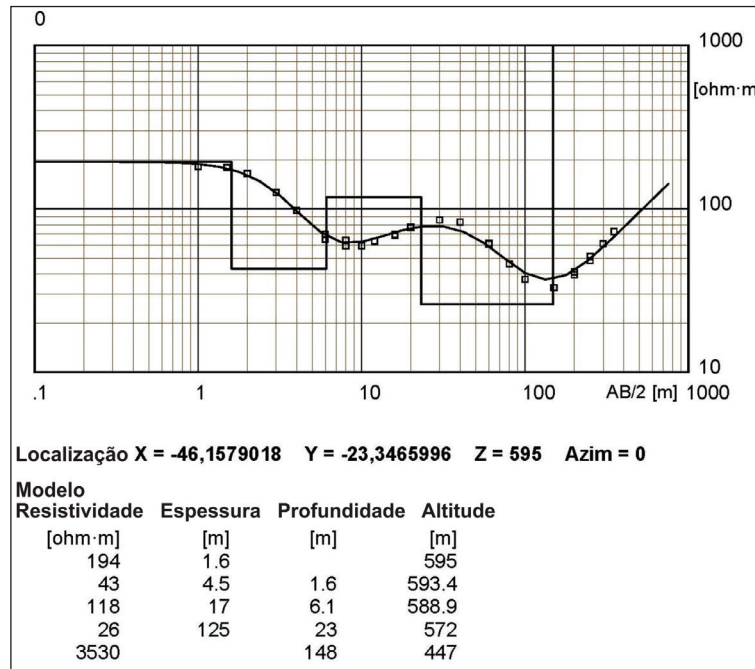


Figura 5.5 - Modelo geoeétrico de camadas da SEV 45.

### 5.2.3.3. Interpretação

A interpretação das características geológicas existentes em profundidade na bacia foi realizada por meio da associação das resistividades do modelo geoeétrico de camadas com possíveis litologias predominantes nos pacotes sedimentares (TELFORD *et al.*, 2003). Neste processo, as resistividades de áreas saturadas em água foram consideradas, dado que a região está situada no Aquífero Taubaté, com espessura média de 100 m na área

de estudo (SÃO PAULO, 2005). A Tabela 5.7 descreve as características hidrogeológicas, litologia predominante e valores de resistividade de acordo com Braga (2016). Deste modo, a SEV 45 que apresenta cinco camadas geoeétricas (Figura 5.5) pode ser interpretada conforme Tabela 5.8. A descrição geológica de poços de água subterrânea foi utilizada na inversão de SEVs próximas, caso da SEV 28 (Figura 5.6). Nesses casos, os resultados das inversões são mais confiáveis, gerando interpretações que se aproximam melhor à realidade.

Tabela 5.7 - Litologia em função da resistividade de um aquífero.

RES ( $\Omega.M$ )	LITOLOGIA (PREDOMINANTE)	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS
<20	Argiloso	Aquicludo
21 a 40	Argiloarenoso	Aquitardo
41 a 300	Arenoso	Aquífero

Tabela 5.8 - Interpretação da SEV 45.

RES ( $\Omega.M$ )	ESPESSURA (M)	LITOLOGIA PREDOMINANTE ASSOCIADA
194	1,6	Camada Argiloarenosa (Não saturada)
43	4,5	Camada Argiloarenosa (saturada)
118	17	Camada Arenosa (Saturada)
26	125	Camada Argiloarenosa (Saturada)
3530		Topo do cristalino rochoso (Embasamento)

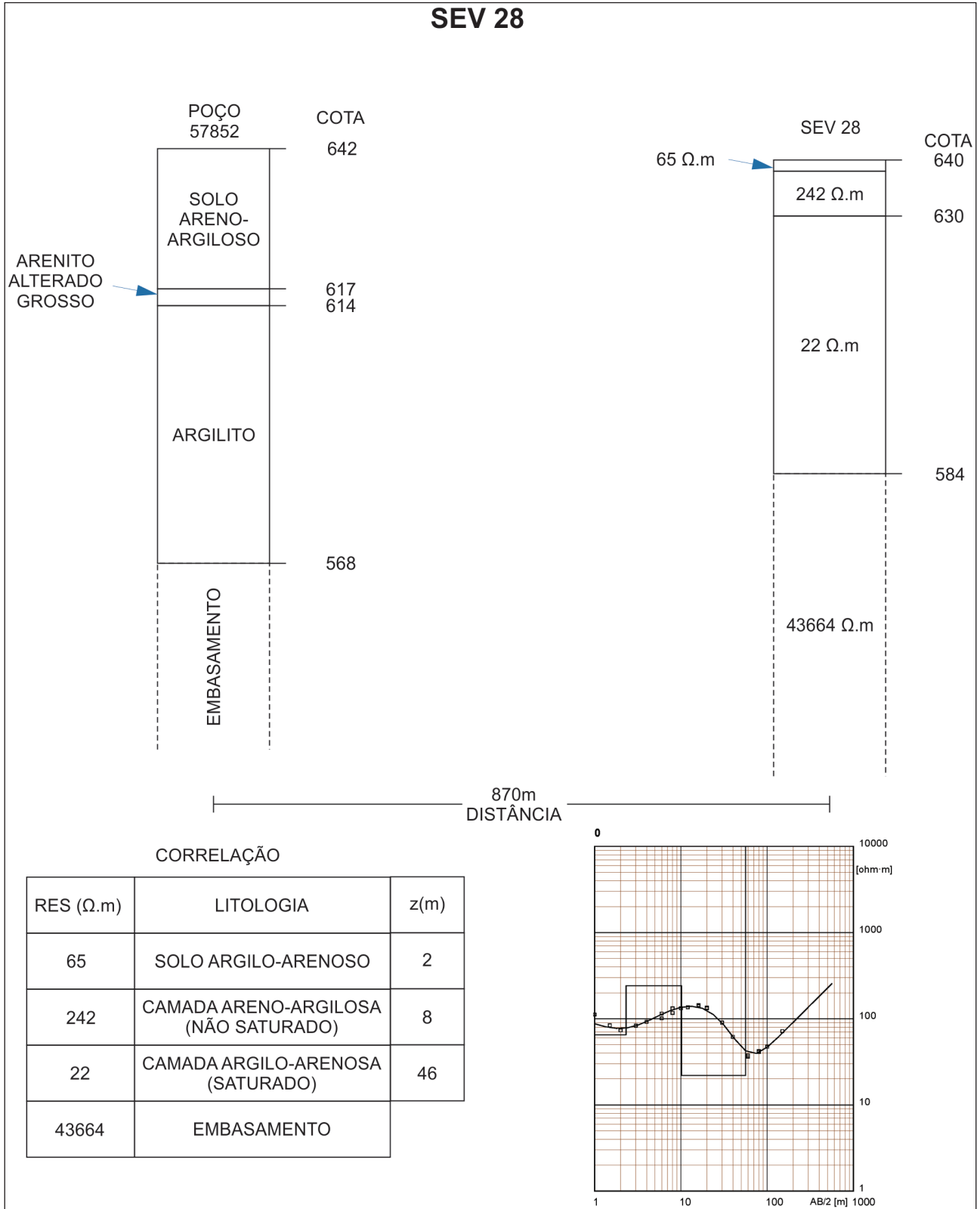


Figura 5.6 - Correlação da SEV 28 com descrição do poço 57852 (SIAGAS).



As inversões e interpretações das SEVs 03, 05, 21, 25, 27, 28 e 31 utilizaram informações dos respectivos poços: 52556, 52547, 57863, 7621, 52547, 57852 e 30208 (SIAGAS). Ocorrem SEVs com curvas de dados com fortes discontinuidades verticais possivelmente provocadas por falhas (SEVs 31, 47, 62 e 68; Figura 5.7A). Nesses casos, os dados receberam um tratamento de modo a forçar tendência contínua (Figura 5.7B). Elaborou-se então um banco de dados contendo os resultados de todas as inversões e suas respectivas interpretações correlacionadas com a litologia, determinando assim o topo e espessura das camadas, condição de saturação e topo do embasamento. O banco de dados foi utilizado para a modelagem da bacia e estimativa do volume de sedimentos.

### 5.2.3.4. Mapas geofísicos-geológicos

Os mapas geofísicos-geológicos foram criados a partir de interpolações dos resultados das SEVs, e das interpretações das inversões, respectivamente. O mapa presente na Figura 5.8 classifica a bacia em três principais domínios (argiloso, areno-argiloso e arenoso) e estabelece uma relação entre a predominância de determinada litologia, no ponto estudado, e a favorabilidade de concentração deste recurso naquelas imediações. O mapa indica que grande parte da área tem predominância de material arenoso, principalmente a região central, com excelente correspondência com as minas visitadas. Na porção nordeste do mapa existe maior concentração de materiais argilosos e areno-argilosos.

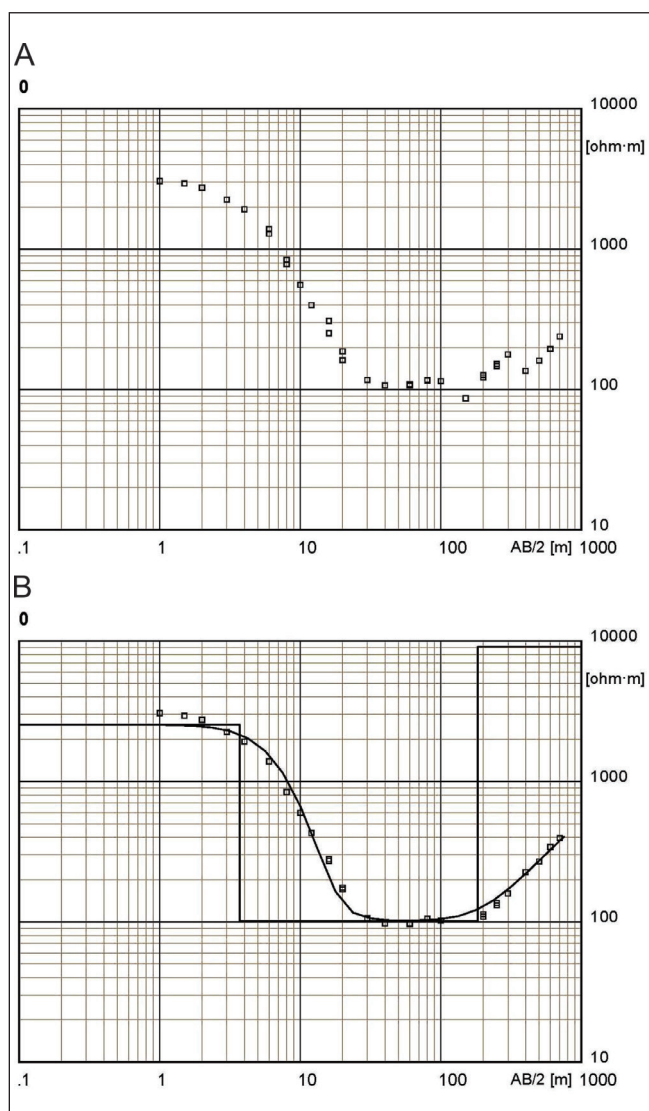
O mapa presente na Figura 5.9 exibe as profundidades relativas à superfície do topo do aquífero. Para a interpolação dos dados foi realizada a subtração do valor da cota da topografia do valor da cota do topo do aquífero. Verifica-se que grande parte do aquífero está concentrado entre 0 e 15 m de profundidade, sendo relativamente raso.

As SEVs 03, 26, 56 e 65 apresentaram profundidades anômalas, o que afetou a interpolação e provocou um intenso gradiente de profundidade nas proximidades destas sondagens. Não há informações suficientes para explicar essas anomalias, mas fatores como topografia, falhas ou a presença de rochas impermeáveis podem causar este resultado.

O mapa presente na Figura 5.10 exibe três faixas de profundidades do topo do embasamento dividido em profundo, intermediário e raso. Os resultados evidenciam a forma alongada da bacia condicionada por discontinuidades antigas de direção geral ENE do embasamento. Verifica-se que seu arcabouço é formado por zonas de transferências ou de acomodação, com depocentros invertidos, em típica geometria de bacia do tipo rifte (CARVALHO *et al.* 2011).

### 5.2.4. Modelo geológico tridimensional e estimativa de recursos

Os dados de 53 SEVs e de 31 poços cadastrados no SIAGAS foram utilizados na geração de um modelo geológico simplificado de parte da Bacia de Taubaté localizada na RMSP (Figura 5.11). O modelo foi gerado no *software Leapfrog Geo 3D* (Figura 5.12), onde os dados de subsuperfície foram classificados entre “bacia” e “embasamento”. A superfície topográfica utilizada foi extraída de imagens ALOS-PALSAR e os limites da bacia foram definidos por meio do mapa geológico (Anexo 1) e interpretação de imagens de sensores remotos. Os sólidos da bacia e do embasamento cristalino foram gerados com base nos dados (Figura 5.12) e a existência



**Figura 5.7** - (A) Curva original de dados da SEV 47; (B) Curva manipulada de dados da SEV 47.

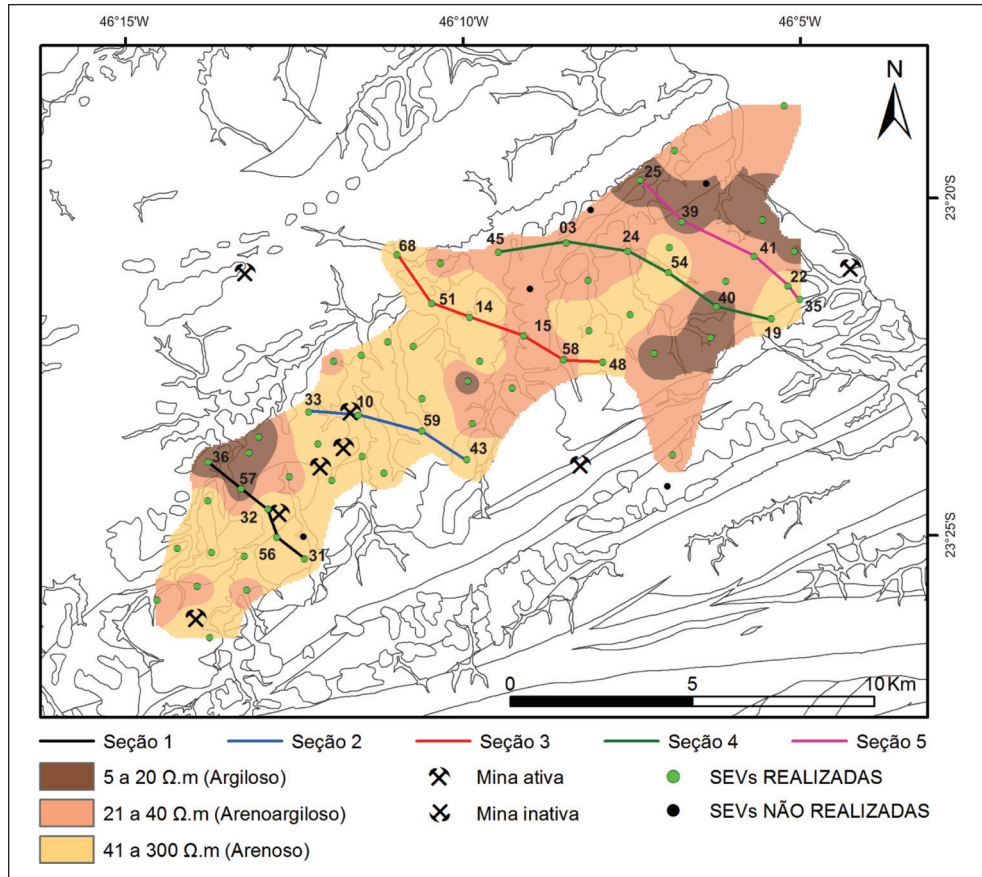


Figura 5.8 - Mapa da potencialidade de concentração de recursos de interesse.

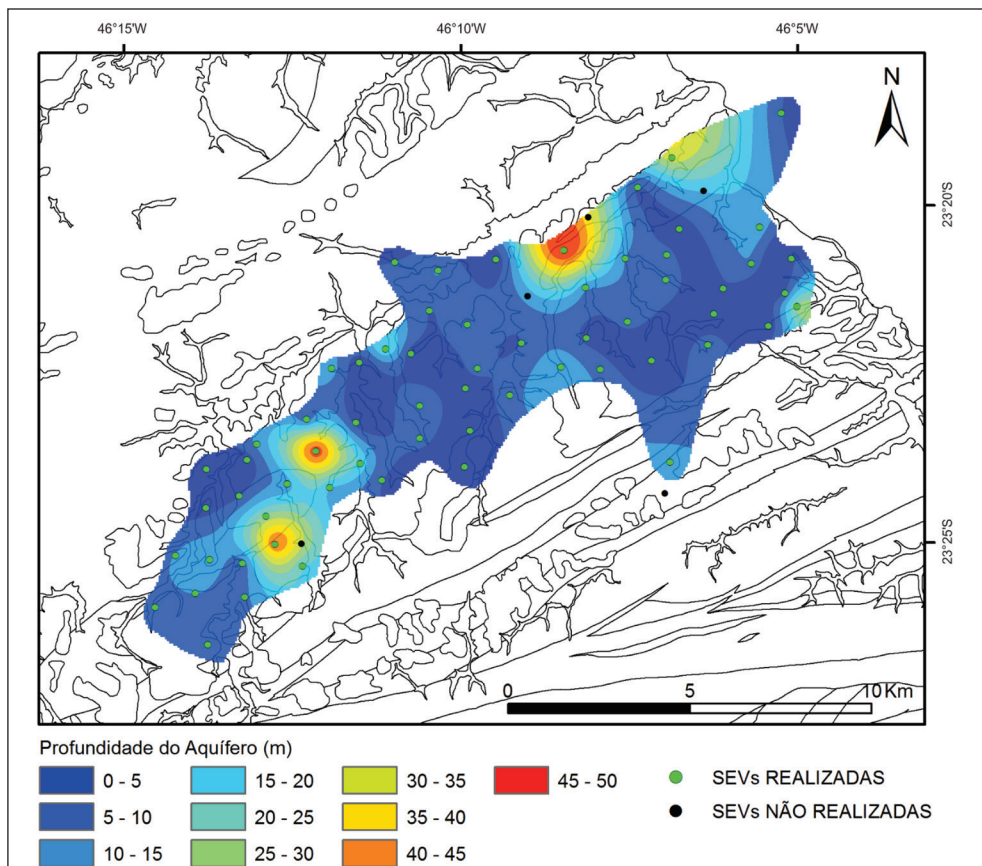
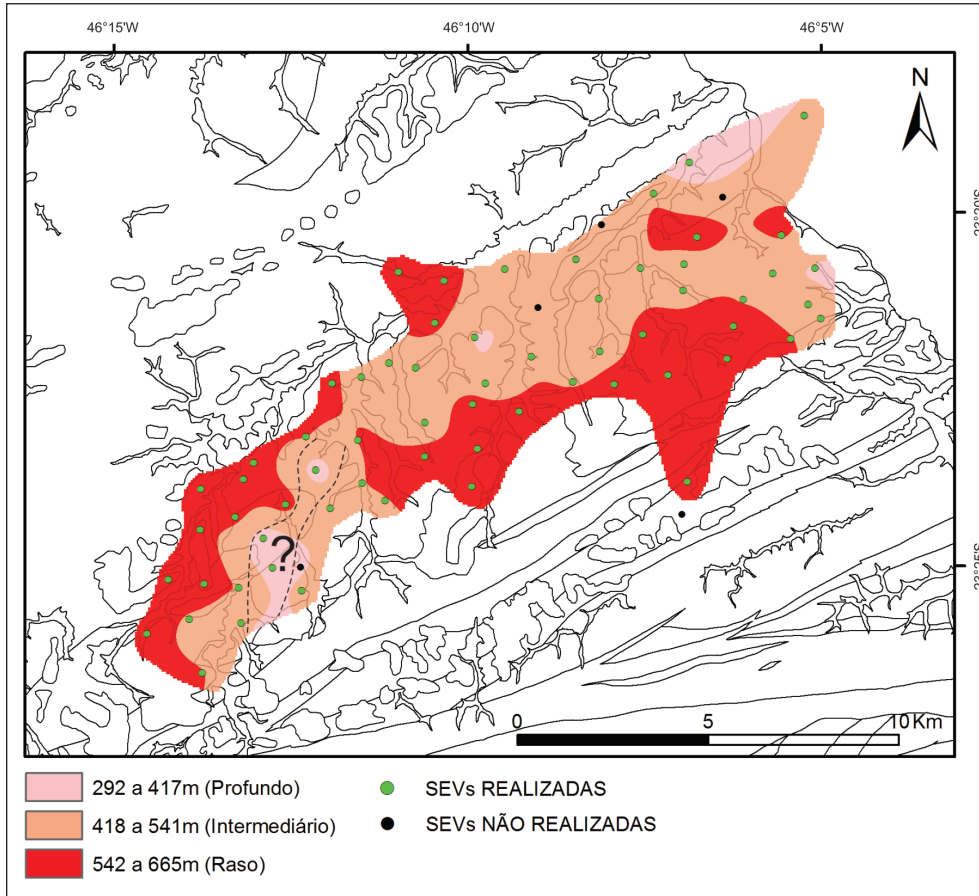
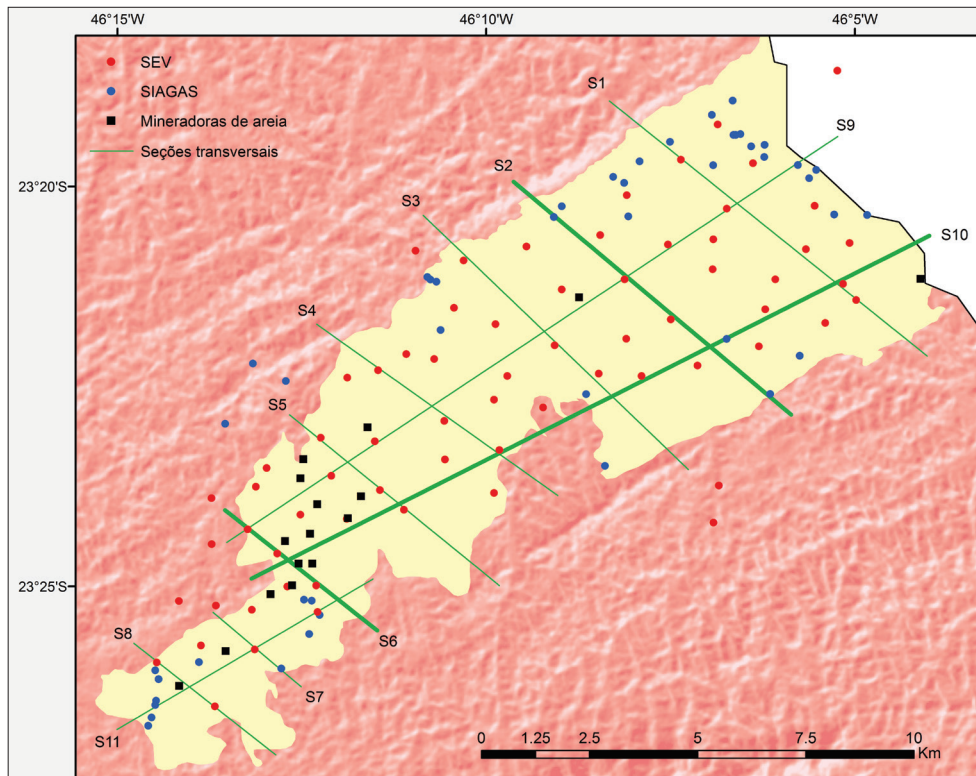


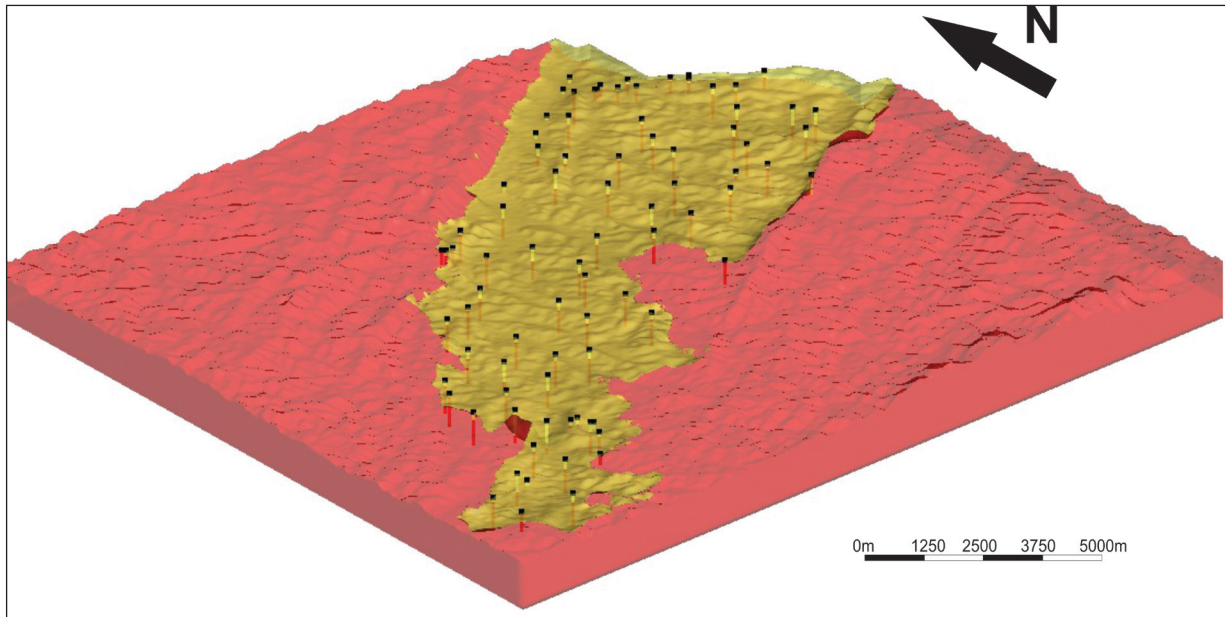
Figura 5.9 - Mapa das profundidades estimadas do aquífero.



**Figura 5.10** - Mapa das cotas das profundidades estimadas para o topo do embasamento cristalino. As linhas tracejadas indicam região com maior profundidade e por consequência mais espessura das camadas de sedimento.



**Figura 5.11** - Visão em planta da porção modelada da Bacia de Taubaté, com a localização das SEVs, poços SIAGAS, mineradoras de areia e traço das seções do modelo. Os traços com linha mais grossa representam as seções exibidas a seguir (seções 2, 6 e 10).



**Figura 5.12** - Perspectiva tridimensional do modelo conceitual da Bacia de Taubaté na RMSP. Os pontos pretos são as bocas dos furos (poços SIAGAS e SEVs). Exagero vertical: 2x.

de falhas foi interpretada e também validada com as informações disponíveis na bibliografia.

O modelo indica com detalhes a variação na profundidade da bacia dentro da área estudada (Figura 5.13). Nota-se que ocorrem maiores profundidades na porção oeste, central e extremo sudeste, sugerindo um maior potencial para exploração de areia nessas regiões devido ao maior volume disponível de rochas. De fato, as mineradoras de areia estão localizadas preferencialmente sobre essas regiões mais espessas. As seções geológicas confeccionadas com base no modelo gerado ilustram a relação da localização das mineradoras de areia com a profundidade da bacia. A seção S6 mostra que essas regiões são delimitadas por prováveis falhas normais (Figura 5.14). Os dados modelados indicam que o volume para a área da bacia é de aproximadamente 10,92 bilhões de metros cúbicos (Tabela 5.9). Considerando uma densidade média de 2,5 ton/m<sup>3</sup> para rochas sedimentares, obtém-se a massa de 27,3 bilhões de toneladas.

**Tabela 5.9** - Dados físicos da porção da Bacia de Taubaté na RMSP.

BACIA DE TAUBATÉ (DENTRO DA RMSP)	
Volume (m <sup>3</sup> )	10.920.000.000
Densidade média (ton/m <sup>3</sup> )	2,5
Tonelagem (ton)	27.300.000.000
Área (km <sup>2</sup> )	103,9
Espessura média (m)	113,7
Espessura máxima (m)	363,43

### 5.3. BRITA

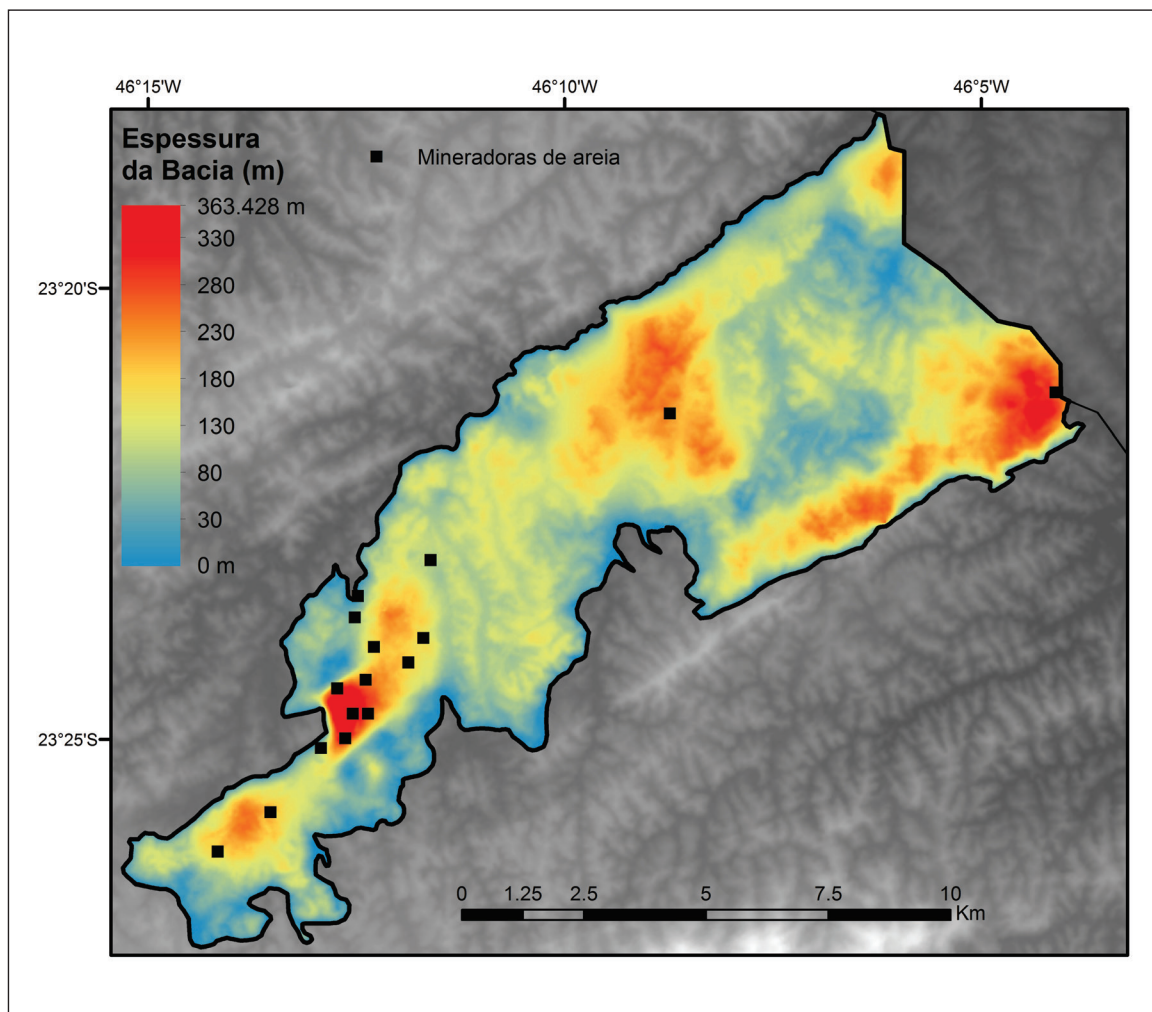
#### 5.3.1. Tipos de depósitos e distribuição das ocorrências

Os depósitos de brita não apresentam uma classificação como descrita para os depósitos de areia. Neste caso, basta que a rocha satisfaça algumas características físicas comuns para desempenhar bem sua função como brita, tais como: resistência à compressão, resistência à abrasão e ausência de minerais reativos ao cimento.

Considerando apenas o fator geológico, todos os municípios que compõem a RMSP apresentam rochas com potencial para serem utilizadas como brita, com destaque para a ampla ocorrência de granitoides e gnaisse que constituem as rochas mais aproveitadas (Figura 5.15). Entretanto, nem todos os municípios são produtores. Os corpos graníticos (Anexo 1) ocupam uma área de 1753 km<sup>2</sup> na RMSP, porém somente 372 km<sup>2</sup> ocorrem atualmente em áreas sem restrições (unidades de conservação, áreas de mananciais e ocupação territorial).

#### 5.3.2. Ensaios tecnológicos

O presente estudo focou no emprego da brita para concreto, lembrando que a produção na região é largamente utilizada para esta finalidade. Os ensaios tecnológicos foram realizados para fornecer uma visão panorâmica sobre as características da matéria-prima encontrada na RMSP que são fontes para a produção de brita ou que apresentam potencial.



**Figura 5.13** - Variação da profundidade da base da bacia. Nota-se que as mineradoras de areia estão localizadas sobre as porções mais profundas da bacia.

As amostras foram coletadas apenas nas pilhas beneficiadas de brita número 2 ou número 1 por serem as mais consumidas na RMSP. As amostras ensaiadas foram: EA-002 (Granito Santa Isabel), EA-003 (Granito Biritiba-Açu), EA-012 (Granito Taipas), EA-014 (Granito Itapeti), GG-078 (Formação Estrada dos Romeiros, metacálcio-pelitos), RL-028 (Granito Cantareira), RL-030 (Granito Tico-tico), RL-054 (Granito Itaquera), VV-080 (Suíte Granítica Itaqui).

### 5.3.2.1. Análise petrográfica (ABNT NBR 15557 - RAA)

A análise petrográfica é uma ferramenta que fornece informações no que diz respeito à reação álcali-silica ou álcali-agregado. A Tabela 5.10 apresenta os resultados das análises petrográficas de amostras de rocha coletadas nas principais unidades geológicas utilizadas na produção de brita na RMSP ou que tenham potencial para tal. As amostras potencialmente reativas apresentam acima de 5% de minerais deletérios (quartzo

deformado e quartzo microgranular) seguindo a norma ABNT NBR 15557.

### 5.3.2.2. Índice de forma (ABNT NBR 7211)

O índice de forma tem como objetivo verificar a cubicidade do agregado. Quanto mais próximo à forma cúbica, maior é a resistência mecânica do agregado e a trabalhabilidade do concreto. A norma ABNT NBR 7211 estabelece um índice de forma inferior a 3 como ideal para o agregado, o que foi encontrado em todas as amostras ensaiadas (Tabela 5.11).

### 5.3.2.3. Abrasão Los Angeles (ABNT NM 51)

O ensaio abrasão Los Angeles é utilizado para determinar a resistência do agregado ao desgaste por atrito. Neste caso, a norma ABNT NBR 7211 recomenda que após o ensaio o agregado tenha perda menor que 50% em relação à massa inicial. Todas as amostras analisadas apresentaram resultados sempre abaixo deste valor (Tabela 5.12).

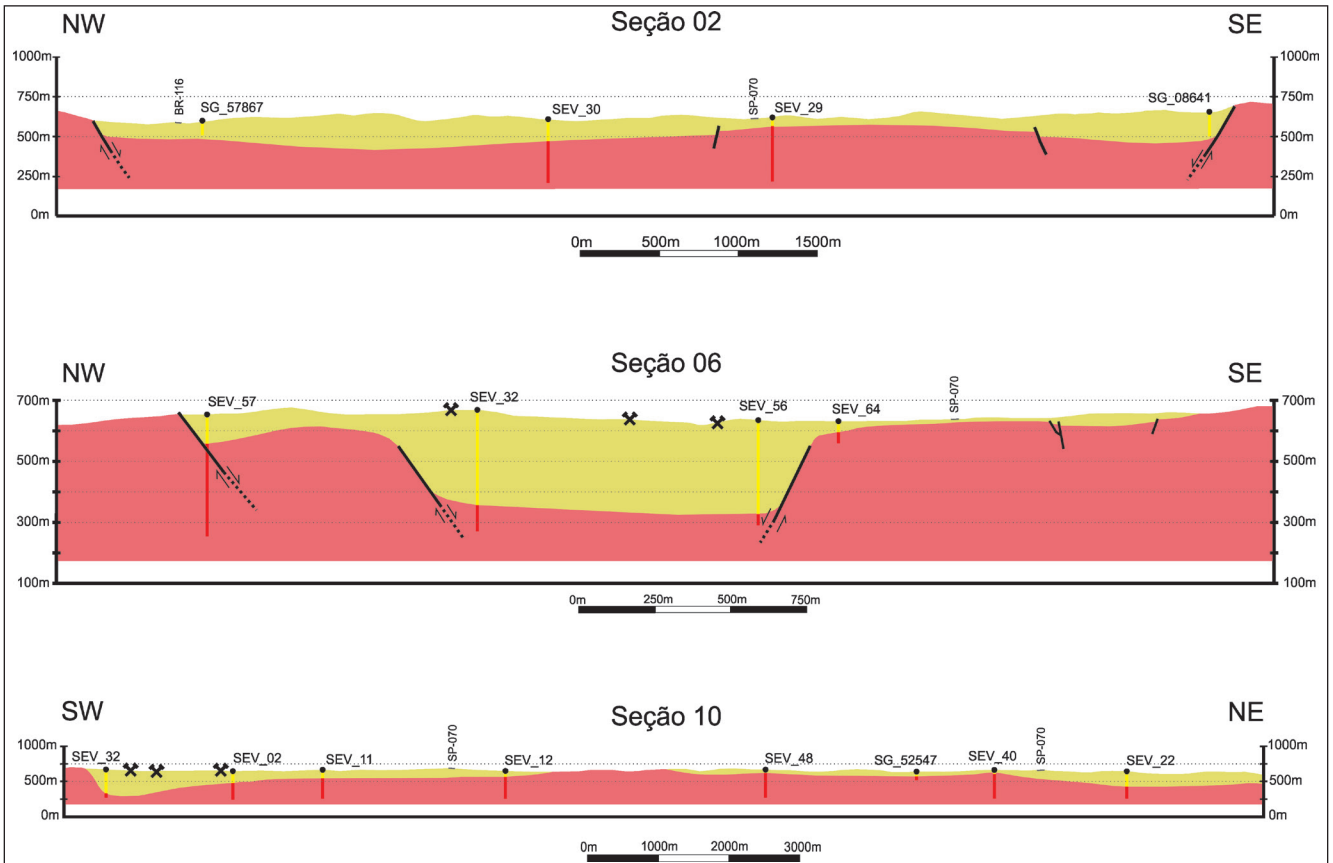


Figura 5.14 - Seções geológicas confeccionadas com base no modelo tridimensional gerado.



Figura 5.15 - Paredões em mineradora de brita no Granito Cruz do Alto.

**Tabela 5.10** - Resultado das análises petrográficas baseadas na norma ABNT NBR 15557, reação álcali-agregado.

<b>Unidade Geológica</b>	<b>Litologia</b>	<b>Potencialmente Reativo</b>
<b>Amostra</b>		
<b>Granito Cantareira</b>		
RL-R-028A	titanita-biotita monzogranito	
<b>Granito Cruz do Alto</b>		
IMR-032A	biotita granito	
VVR-029	biotita sienogranito	
VVR-031	hornblenda-biotita monzogranito	
VVR-030	biotita granito	
VVR-042	biotita monzogranito	
<b>Granito Itapeti</b>		
AAR-005	biotita-muscovita sienogranito	quartzo deformado entre 5% - 15%
AAR-008	biotita monzogranito com clorita	
AAR-009	biotita monzogranito com clorita, titanita e epidoto	
GGR-047	biotita gnaiss sienogranítico	quartzo deformado entre 5% - 15%
GGR-002	biotita sienogranito com epidoto e zircão	quartzo deformado entre 5% - 15%
GGR-003	biotita monzogranito com titanita, clorita e epidoto	
LRR-020	biotita monzogranito	quartzo deformado entre 5% - 15%
<b>Granito Itaquera</b>		
RL-R-054	muscovita-biotita monzogranito com titanita	
<b>Granito Mairiporã</b>		
RL-R-024	biotita monzogranito	quartzo deformado acima de 15%
<b>Granito Sabaúna</b>		
GGR-048	biotita monzogranito	
GGR-017	muscovita-biotita monzogranito	
GGR-016	biotita monzogranito	quartzo deformado entre 5% - 15%
GGR-018	biotita monzogranito	
VVR-052	clorita-zoisita-biotita monzogranito	
VVR-053	muscovita-biotita granito foliado	
<b>Granito Santa Catarina</b>		
GGR-034	biotita monzogranito	
GGR-021	biotita monzogranito	quartzo deformado entre 5% - 15%
VVR-060A	biotita sienogranito	
<b>Granito Santa Isabel</b>		
AAR-001	titanita-biotita monzogranito	
AAR-002	biotita monzogranito	
IMR-002	granito	
IMR-003	granito	
IMR-006	granito	
IMR-009A	granito	quartzo deformado entre 5% - 15%
IMR-011	granito	
IMR-015	granito	
IMR-026A	granito	
IMR-026B	granito	
<b>Granito Taiapuê</b>		
VVR-007A	monzogranito	
VVR-007B	monzogranito	
VVR-015	biotita monzogranito	
VVR-016A	muscovita-biotita monzogranito	
VVR-018	biotita monzogranito	
<b>Suíte Granítica Itaquí</b>		
GG-R-062	titanita-biotita monzogranito com epidoto	
GG-R-063	titanita-biotita monzogranito com epidoto	
GG-R-072A	biotita-hornblenda monzogranito com titanita	
GG-R-081	titanita-biotita sienogranito com epidoto	

**Tabela 5.11** - Resultado dos ensaios para obtenção do índice de forma. Classificação de índice de forma ideal inferior a 3, segundo a norma ABNT NBR 7211.

Amostras	Índice de Forma	3 <
EA-002	2,07	
EA-003	2,05	
EA-012	1,78	
EA-014	1,76	
GG-078	2,40	
RL-028	2,04	
RL-030	2,45	
RL-054	2,60	
VV-080	2,03	

Índice de forma abaixo de 3.

**Tabela 5.12** - Resultado dos ensaios para obtenção do índice de forma. Classificação de índice de forma ideal inferior a 3, segundo a norma ABNT NBR 7211.

Amostras	Abrasão Los Angeles %	50%
EA-002	37,50	
EA-003	34,00	
EA-012	23,70	
EA-014	34,50	
GG-078	18,50	
RL-028	27,80	
RL-030	43,60	
RL-054	37,00	
VV-080	20,70	

Abrasão Los Angeles abaixo de 50%.

### 5.3.2.4. Determinação de perda ao choque no aparelho *Treton* (DNER ME 399)

O ensaio de determinação de perda ao choque ou impacto no aparelho *Treton* analisa a tenacidade do agregado. Não é um ensaio fundamental para agregados utilizados em concreto convencional, porém é útil no estudo de agregados voltados à base de macadame e lastro ferroviário. Para este ensaio, Frazão (2007) estabeleceu um limite de perda de massa em 20% para os agregados utilizados como lastro ferroviário, e 30%, no caso de granitos para base de macadame.

A referência de 30% de perda de massa foi utilizada, já que a maior parte das amostras ensaiadas são granitoides e a utilização como base de macadame na RMSP é

mais comum. Todas as amostras apresentaram resultados abaixo de 30% de perda de massa (Tabela 5.13).

**Tabela 5.13** - Resultado dos ensaios de determinação de perda ao choque ou impacto no aparelho *Treton*.

Amostras	Perda Por Impacto %	<30%
EA-002	12,41	
EA-003	12,43	
EA-012	9,97	
EA-014	14,90	
GG-078	5,20	
RL-028	12,54	
RL-030	25,29	
RL-054	11,56	
VV-080	8,06	

Perda por impacto abaixo de 30%.

### 5.3.2.5. Índices físicos (massa unitária ABNT NBR NM 45, massa específica e absorção de água ABNT NM 53)

Como referido anteriormente no item 5.2.2.3.5, os índices físicos são importantes para o cálculo do consumo e volume de cimento necessário para o concreto. A Tabela 5.14 apresenta os resultados para as amostras de brita da RMSP.

**Tabela 5.14** - Relação de amostras de brita com os respectivos índices físicos (massa unitária, massa específica e absorção de água).

Amostras	M.U. (g/cm <sup>3</sup> )	M.E. (g/cm <sup>3</sup> )	A.A. %
EA-002	1,426	2,67	0,95
EA-003	1,394	2,60	0,70
EA-012	1,404	2,66	0,58
EA-014	1,423	2,66	0,69
RL-028	1,432	2,69	0,55
RL-030	1,300	2,61	0,80
RL-080	1,453	2,65	0,52
RL-054	1,460	2,67	0,35
GG-078	1,380	2,74	0,17

M.U.=massa unitária.  
M.E.=massa específica.  
A.A.=absorção de água.



## 6. LAVRA E BENEFICIAMENTO

### 6.1. AREIA

#### 6.1.1. Métodos de lavra

Segundo Smith e Collis (2001), as lavras de areia podem ser subdivididas em cavas secas (i) e cavas úmidas (ii). Em (i) a areia de depósitos pouco a não consolidados pode ser extraída por máquinas de terraplanagem comuns, como retroescavadeiras, além de métodos de escavação simples com desmonte hidráulico, ambos observados em cavas ativas da RMSP. Em (ii) os depósitos de areia se apresentam parcialmente ou totalmente abaixo do nível d'água. Neste caso, a dragagem é um método bastante utilizado em depósitos de leitos ativos de rios e estuários. O método, no entanto, não foi observado nas mineradoras de areia na RMSP, fato relacionado à rígida legislação ambiental em regiões de mananciais. O rebaixamento do lençol freático é por vezes realizado para facilitar as operações de escavação em cavas úmidas, tornando a operação similar à utilizada em cavas secas.

#### 6.1.1.1. Escavação com máquinas de terraplanagem

A escavação com máquinas de terraplanagem, em geral retroescavadeiras (Figura 6.1A), é o método mais utilizado para extração de areia nas mineradoras visitadas da região. Esses equipamentos são utilizados mesmo em cavas que não operam com este método, seja na operação da mina, operações de decapeamento ou na construção e manutenção de acessos (Figura 6.1A-D).

#### 6.1.1.2. Desmonte hidráulico

O método de lavra por desmonte hidráulico é utilizado em algumas lavras visitadas de areia (Figura 6.2A-D). O método, desenvolvido em 1852, é usualmente aplicado na exploração de depósitos de areia para construção civil e mineração de depósitos do tipo *placer*, onde um jato d'água com alta pressão é lançado por um bocal, transformando o material lavrado em uma polpa (HOLLAND, 1942; REDAELLI e CERELLO, 1998). A água utilizada no



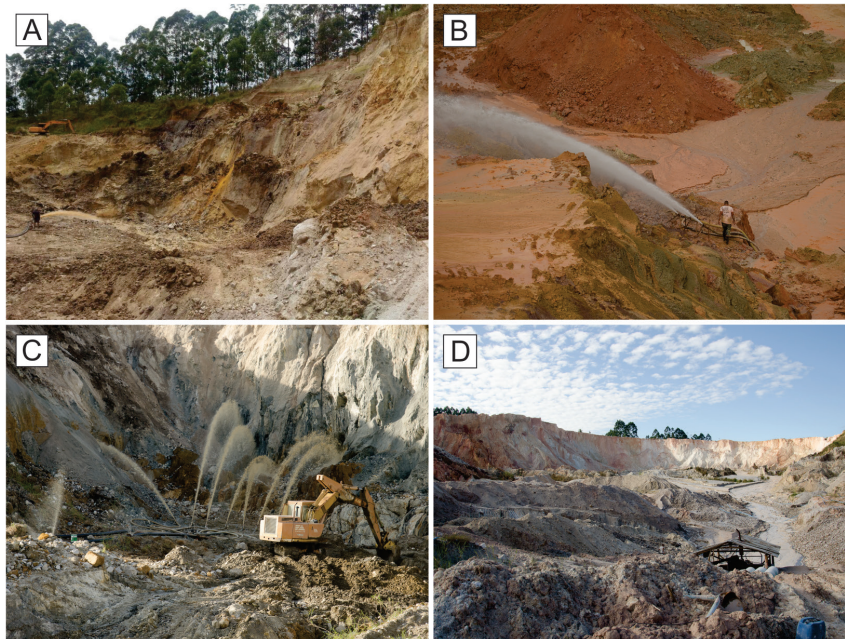
**Figura 6.1** - (A) Escavação de areia utilizando retroescavadeira; (B) Carregamento de material escavado em caminhão para transporte; (C) Decapeamento de material estéril superficial (turfa) que recobre área de mineração de areia; (D) Carregamento de material escavado para transporte e recomposição de áreas já lavradas anteriormente.

processo é proveniente de água bombeada de áreas adjacentes e de água recuperada nos processos de beneficiamento da areia.

### 6.1.2. Beneficiamento e produtos

O processo de beneficiamento do material extraído por via úmida consiste no bombeamento da polpa para

hidrociclones (Figura 6.3A-B) que apresentam como produtos o *underflow* e o *overflow* (SAMPAIO *et al.*, 2007). O primeiro contém a maior parte das partículas grossas e o segundo engloba a maioria das partículas finas. Processos de peneiramento são utilizados para a separação granulométrica do material (Figura 6.3C). A areia comercializada pode compreender diferentes frações (areia fina, média e grossa) e mesmo o cascalho,



**Figura 6.2** - (A) Desmonte hidráulico de saprólito de granitoides, em mineração de areia, com jato único; (B) Desmonte hidráulico de rochas sedimentares, em mineração de areia, com jatos múltiplos; (C) Desmonte hidráulico de areia inconsolidada e saprólito de granitoides com jatos múltiplos; (D) Sucção de polpa derivada do desmonte hidráulico em lavra de caulim, na qual a areia é um subproduto (draga no canto inferior direito).



**Figura 6.3** - (A) Transformação de material a ser lavrado em polpa, com auxílio de retroescavadeira; (B) Bombeamento da polpa para beneficiamento; (C) Separador de cascalho da polpa por meio de grade; o cascalho forma uma pilha abaixo do equipamento; (D) Separação de materiais finos em tanque de recuperação. A polpa com areia é bombeada para silos, onde é armazenada e perde água.

separado nos processos de beneficiamento, pode passar por processos de britagem para ser vendido como um tipo especial de areia. O material estéril extraído nas operações de lavra e os finos separados durante os processos de beneficiamento (Figura 6.3D) são utilizados nos processos de recuperação ambiental para a recomposição das áreas lavradas.

### 6.1.3. Carregamento e transporte

A areia resultante dos processos de beneficiamento é armazenada em silos ou em pilhas. Os silos podem ser preenchidos por areia com padrões granulométricos específicos, com a vantagem de que o material perde água enquanto estocado e o caminhão pode ser diretamente carregado (Figura 6.4A). O estoque de areia armazenada em pilhas também pode ser dividido em granulometrias distintas (Figura 6.4B), porém o carregamento dos caminhões é geralmente realizado com o auxílio de retroescavadeiras (Figura 6.4C). A areia é por vezes redistribuída manualmente na caçamba com o auxílio de pás (Figura 6.4D). Na RMSP, o transporte da areia lavrada é realizado por caminhões até os locais de consumo ou em entrepostos que comercializam materiais para a construção civil.

## 6.2. BRITA

### 6.2.1. Métodos de lavra

Os métodos de lavra de pedra britada envolvem primeiramente o decapeamento do material estéril que pode

recobrir os depósitos. Após essa preparação, são realizadas perfurações em malha regular na rocha para seu desmonte primário. Neste caso, o padrão de perfuração é determinado considerando as estruturas geológicas e classificação geotécnica do maciço (SMITH e COLLIS, 2001). A maioria das pedreiras visitadas utiliza materiais explosivos colocados em furos preparados para o desmonte das rochas. No entanto, algumas pedreiras utilizam o desmonte a frio, onde os furos são preenchidos por material expansível que fragmenta a rocha após um determinado período de tempo. Este método é muito utilizado em pedreiras próximas a áreas urbanas a fim de evitar detonações que causariam vibrações em terrenos adjacentes a lavra.

### 6.2.2. Beneficiamento e produtos

Após o desmonte das rochas, os blocos são carregados por retroescavadeiras ou caminhões até as plantas de britagem, onde os fragmentos maiores são desagregados em frações menores (Figura 6.5A-B). O material é então peneirado para separação em frações granulométricas específicas e a brita é transportada por esteiras que depositam o material lavrado e beneficiado em diferentes pilhas de minério. Além de brita, esse processo produz pó de rocha que, dependendo da granulometria, pode ser comercializado como sucedâneo da areia. Em alguns locais próximos às pedreiras, o pó de rocha é utilizado na produção de blocos de cimento para construção civil. Em uma das pedreiras visitadas (Pedreira Lajeado), a areia de brita é produzida a partir de um processo que utiliza ar comprimido, sem utilização de água.



**Figura 6.4** - (A) Transformação de material a ser lavrado em polpa, com auxílio de retroescavadeira; (B) Bombeamento da polpa para beneficiamento; (C) Separador de cascalho da polpa por meio de grade; o cascalho forma uma pilha abaixo do equipamento; (D) Separação de materiais finos em tanque de recuperação. A polpa com areia é bombeada para silos, onde é armazenada e perde água.

### 6.2.3. Carregamento e transporte

Assim como na areia, a pedra britada e o pó de rocha são armazenados em pilhas separadas por granulometria (e.g., brita 1, brita 2; Figura 6.5C). O carregamento dos

caminhões a partir das pilhas é realizado com o auxílio de retroescavadeiras (Figura 6.5D). A brita também é transportada em caminhões por via rodoviária até os locais de consumo ou em entrepostos que comercializam materiais para construção civil.



**Figura 6.5** - (A) Carregamento de blocos de rocha em caminhão, após desmonte, com auxílio de retroescavadeira; (B) Blocos de rocha no britador; (C) Formação de pilhas de brita com frações granulométricas predeterminadas; (D) Caminhão para transporte de brita ao lado de pilha. O carregamento do caminhão é realizado por retroescavadeiras.

## 7. DIREITOS MINERÁRIOS

### 7.1. ASPECTOS LEGAIS

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 prevê que as jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra. A pesquisa e a lavra de recursos minerais somente poderão ser efetuadas mediante autorização ou concessão da União, no interesse nacional, por brasileiros ou empresa constituída sob as leis brasileiras e que tenha sua sede e administração no País, na forma da lei (Parágrafo 1º do art. 176).

Em 2017, foi criada a ANM, submetida ao regime de autarquia especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia, com a incumbência de substituir o extinto DNPM (Departamento Nacional de Pesquisa Mineral), através da Lei nº 13.575 que define o exercício de suas competências seguindo orientações e diretrizes fixadas no Decreto-Lei nº 227, 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração), que terá como finalidade promover e gerir os recursos minerais da União.

As competências da ANM mais relevantes ao minerador de agregados são encontradas no Art. 2º da Lei 13.575, dispostas nos incisos de IV ao IX e XI que compreendem: requisitar, guardar e administrar os dados e as informações sobre as atividades de pesquisa e lavra, produzidos por titulares de direitos minerários; gerir os direitos e os títulos minerários para fins de aproveitamento de recursos minerais; estabelecer os requisitos técnicos, jurídicos, financeiros e econômicos a serem atendidos pelos interessados na obtenção de títulos minerários; estabelecer os requisitos e os critérios de julgamento dos procedimentos de disponibilidade de área, conforme diretrizes fixadas em atos da ANM; regulamentar os processos administrativos sob sua competência, notadamente os relacionados com a outorga de títulos minerários, com a fiscalização de atividades de mineração e aplicação de sanções; consolidar as informações do setor mineral fornecidas pelos titulares de direitos minerários, cabendo-lhe a sua divulgação periódica em prazo não superior a um ano; fiscalizar a atividade de mineração, podendo realizar vistorias, notificar, autuar infratores, adotar medidas acautelatórias como de interdição e paralisação, impor as sanções cabíveis, firmar termo de ajustamento de conduta, constituir e cobrar os créditos delas decorrentes, bem como comunicar aos

órgãos competentes a eventual ocorrência de infração, quando for o caso.

### 7.2. REGIMES (OUTORGA)

Especificamente para a mineração de agregados são permitidos dois tipos de regime de outorga, como prevê a Lei nº 6.567 de 24 de setembro de 1978, são eles: regime de autorização e de concessão; e de licenciamento. No regime de autorização e de concessão de lavra, o objetivo final é um título que permita o aproveitamento do recurso mineral que, no caso, é uma portaria do Ministro das Minas e Energia, denominada corriqueiramente de “Portaria de Lavra” (Art. 43 do Código de Mineração). Existe um título intermediário que consiste em um Alvará do Diretor-Geral da ANM que autoriza o interessado a pesquisar determinada substância mineral, de modo a definir sua quantidade, qualidade e distribuição espacial (Art. 15 do Código de Mineração). As etapas sequenciais de tal regime são: requerimento de pesquisa, autorização de pesquisa, requerimento de lavra e concessão de lavra. No caso do regime de licenciamento é consentido exclusivamente ao proprietário do solo ou a quem dele estiver expressa autorização (Art. 2º da Lei nº 6.567 de 24 de setembro de 1978). As etapas seguem a ordem de requerimento de registro de licença.

### 7.3. OBRIGAÇÕES FINANCEIRAS

Cabe à ANM também regular, fiscalizar, arrecadar, constituir e cobrar os créditos decorrentes das atividades de mineração com a CFEM (Compensação Financeira pela Exploração Mineral; Lei 7.990, de dezembro de 1989, alterada pela Lei nº 13.540, de 2017), sendo responsável pela cobrança da taxa anual, por hectare, em conformidade com o inciso II do *caput* do Art. 20 (Código de Mineração), além da aplicação de multas previstas.

#### 7.3.1. Taxas de emolumentos

Emolumentos são taxas de serviços públicos, tanto para emissão de notas, quanto para registros, obrigatórias, a serem pagas pelo requerente. Os emolumentos mais comuns referentes à mineração de agregados é o “requerimento de autorização de pesquisa” e o “requerimento de registro de licença”.

### 7.3.2. CFEM - Compensação Financeira pela Exploração Mineral

Implica no pagamento da CFEM pelo interessado, a primeira saída por venda do bem mineral e de seu consumo pelo detentor ou arrendatário do direito mine- rário, bem como estéreis e rejeitos. No caso da venda do bem mineral, a base de cálculo passa ser a receita bruta de venda, deduzidos os tributos incidentes sobre sua comercialização. Para o consumo, a base de cálculo deverá representar a receita bruta calculada sobre a comercialização do bem mineral beneficiado, sendo estabelecido por meio de referências no mercado local, regional, nacional ou internacional, ou, ainda, por meio de determinação de um valor de referência pela ANM.

A alíquota para fim de incidência da CFEM para bens minerais destinados ao uso imediato na construção civil é de 1%, segundo anexo da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990.

### 7.3.3. Taxas anuais por hectare (TAH)

A taxa anual por hectare deverá ser paga pelo titular da autorização de pesquisa até a entrega do relatório final dos trabalhos à ANM. Lembrando que a área máxima para os bens minerais voltados diretamente à construção civil é de 50 hectares (Art. 42 da Consolidação Normativa do DNPM).

### 7.3.4. Outros custeios

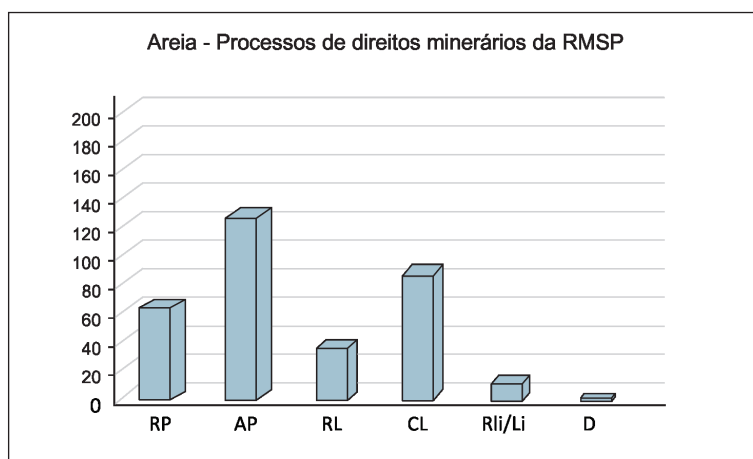
Outras obrigações financeiras envolvem o custeio das vistorias realizadas pela ANM, por dia e processo, considerando a localização da área vistoriada; além de serviços administrativos, técnicos e outros prestados pela ANM, como cópias de documentos, certidões e autenticações. Também estão previstos pagamentos de multas no Art. 20, §3, II, “a” e Art. 22, §1, no Código de Mineração e no Art. 100, I a V no Regulamento do Código de Mineração.

### 7.4. ÁREAS ONERADAS POR MUNICÍPIO DA RMSP

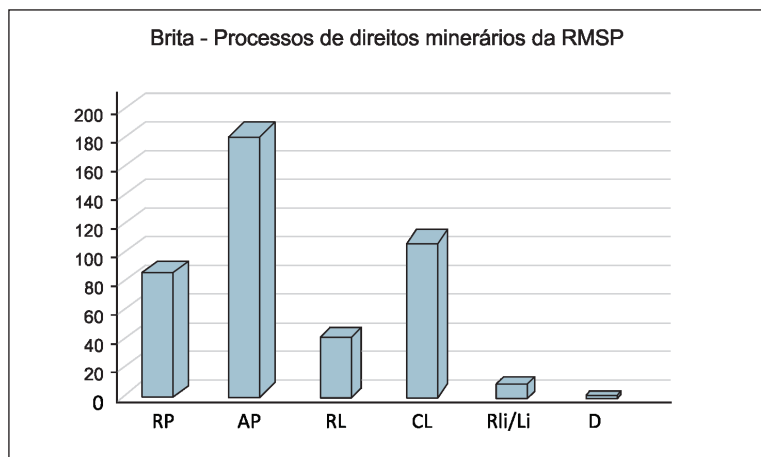
Segundo dados da ANM, a RMSP contempla 759 processos minerários relacionados a agregados. São 323 processos para areia e 439 para brita em diferentes fases. Os números se apresentam da seguinte forma por fase de processo: 153 requerimentos de pesquisa, 310 autorizações de pesquisa, 78 requerimentos de lavra, 197 concessões de lavra, 19 requerimentos de licenciamento e/ou licenciamentos e cinco áreas disponíveis. O número de processos para a substância “brita” é maior do que para a substância “areia”, exceto para o requere- rimento de licenciamento, devido à disponibilidade de cada substância na região de estudo (Tabela 7.1; figuras 7.1 e 7.2). As siglas apresentadas nas tabelas e figuras deste item se referem a: RP - requerimento de pesquisa;

**Tabela 7.1** - Número de processos minerários por substância e por fase na RMSP.

Substâncias	RP	AP	RL	CL	RLi / Li	D	Total
Areia	63	126	35	86	11	2	323
Brita	90	184	43	111	8	3	439
Total	153	310	78	197	19	5	759



**Figura 7.1** - Distribuição do número de processos minerários conforme a fase para a substância areia na RMSP.



**Figura 7.2** - Distribuição do número de processos minerários conforme a fase para a substância brita na RMSP.

AP - autorização de pesquisa; RL - requerimento de lavra; CL - concessão de lavra; RLi/Li - requerimento de licenciamento/licenciamento; D - disponibilidade

A seguir, serão apresentadas para cada município da RMSP o número de requerimentos e a fase que se encontram os processos para as substâncias minerais abordadas neste informe, no caso, agregados (areia e brita). Os municípios de Carapicuíba, Diadema, Francisco Morato, São Caetano do Sul e Taboão da Serra não apresentam, até o momento, quaisquer registros de requerimentos ou regimes. As informações foram extraídas da base de dados da ANM (cadastro mineiro). Os dados referentes à utilização das substâncias nem sempre são claros, por isso foi realizada uma filtragem das informações para uma aproximação com a realidade. A pesquisa foi realizada em 03/08/2018 e 06/08/2018. Os resultados de todos os municípios da RMSP são apresentados ao final do capítulo na tabela 7.2.

#### Arujá

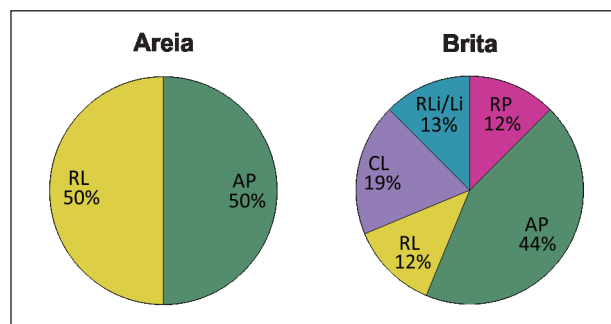
O município de Arujá se destaca para a substância brita, com três concessões de lavra, dois requerimentos de lavra, dois licenciamentos, sete autorizações de pesquisa e dois requerimentos de pesquisa. O município apresenta dois requerimentos de lavra e duas autorizações de pesquisa para a substância areia (Tabela 7.2 e Figura 7.3).

#### Barueri

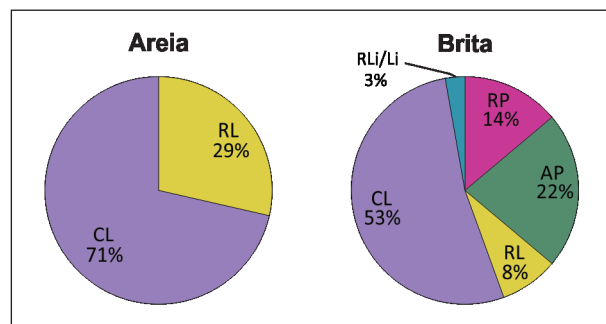
O município de Barueri chama a atenção pela quantidade de concessões de lavra para brita, com 19 processos. Os processos para brita ainda contam com três requerimentos de lavra, um licenciamento, oito autorizações de pesquisa e cinco requerimentos de pesquisa. Ocorrem cinco concessões de lavra e dois requerimentos de lavra para areia (Tabela 7.2 e Figura 7.4).

#### Biritiba Mirim

O município de Biritiba Mirim possui apenas uma concessão de lavra para areia, além de dois requerimentos de lavra, sete autorizações de pesquisa e dois requerimentos de pesquisa. Para brita ocorrem dois requerimentos de



**Figura 7.3** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Arujá.

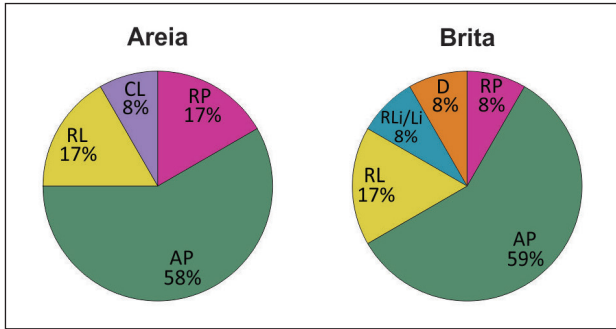


**Figura 7.4** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Barueri.

lavra, um licenciamento, sete autorizações de pesquisa, um requerimento de pesquisa e uma disponibilidade de área. (Tabela 7.2 e Figura 7.5).

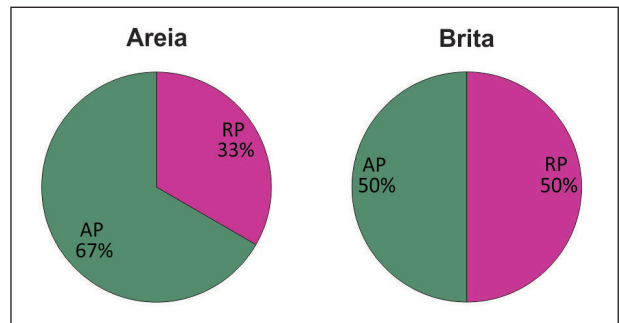
#### Caieiras

O município de Caieiras apresenta sete concessões de lavra para brita e mais duas concessões de lavra para areia. Além disso, ocorrem dois requerimentos de lavra tanto para brita como para areia, cinco autorizações de pesquisa para areia e oito para brita, além de cinco requerimentos de pesquisa para areia e sete para brita. (Tabela 7.2 e Figura 7.6).

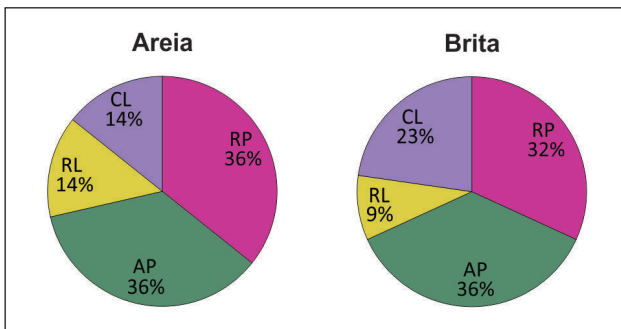


**Figura 7.5** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Biritiba-Mirim.

e três requerimentos de pesquisa para brita (Tabela 7.2 e Figura 7.8).



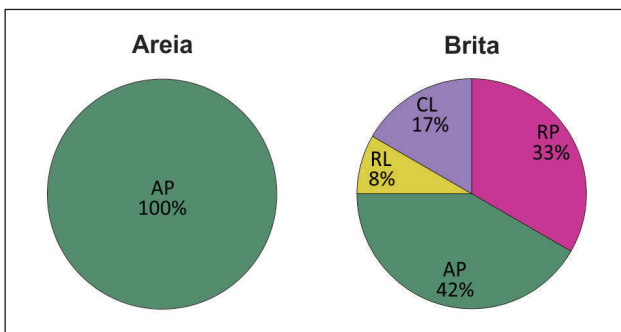
**Figura 7.8** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Cotia.



**Figura 7.6** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Caieiras.

### Cajamar

O município de Cajamar possui duas concessões de lavra, um requerimento de lavra, cinco autorizações de pesquisa e quatro requerimentos de pesquisa, todos para brita. Para areia são apenas duas autorizações de pesquisa (Tabela 7.2 e Figura 7.7).



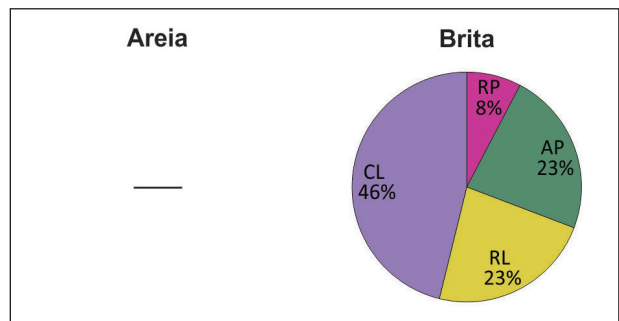
**Figura 7.7** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Cajamar.

### Cotia

O município de Cotia não apresenta nenhuma concessão de lavra para areia e brita. Ocorrem quatro autorizações de pesquisa e dois requerimentos de lavra para areia, além de três autorizações de pesquisa

### Embu das Artes

O município de Embu das Artes concentra processos de direitos minerários para a substância brita, com seis concessões de lavra, três requerimentos de lavra, três autorizações de pesquisa e um requerimento de pesquisa. Não ocorre nenhum processo em andamento para areia (Tabela 7.2 e Figura 7.9).



**Figura 7.9** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Embu das Artes.

### Embu Guaçu

O município de Embu Guaçu não apresenta nenhuma concessão de lavra para areia e para brita. Conta apenas com um requerimento para areia, um para brita, três autorizações de pesquisa para areia e dois requerimentos de pesquisa para brita (Tabela 7.2 e Figura 7.10).

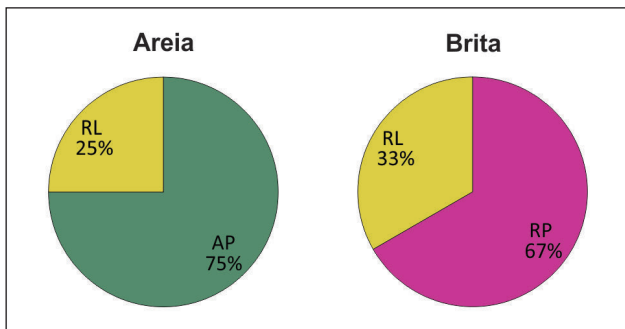
### Ferraz de Vasconcelos

O município de Ferraz de Vasconcelos possui um requerimento de pesquisa para brita.

### Franco da Rocha

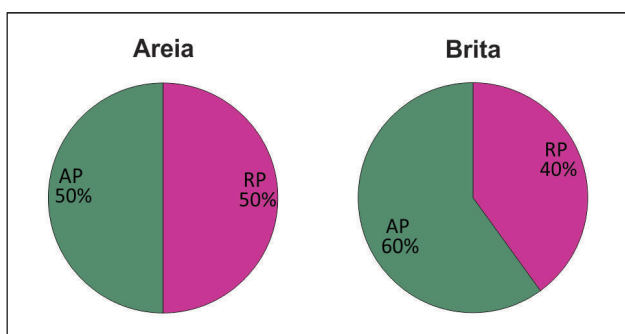
O município de Franco da Rocha apresenta duas autorizações de pesquisa e dois requerimentos de pesquisa para areia. No caso da brita ocorrem três autorizações





**Figura 7.10** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Embu-Guaçu.

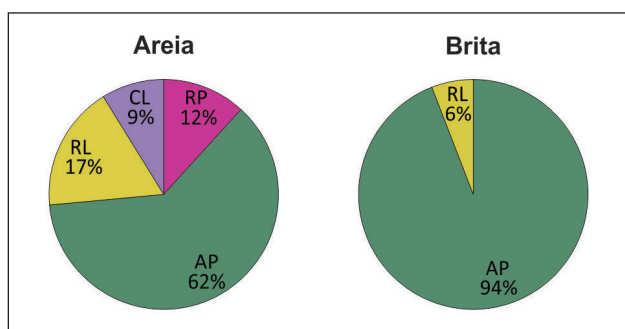
de pesquisa e dois requerimentos de pesquisa (Tabela 7.2 e Figura 7.11).



**Figura 7.11** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Franco da Rocha.

### Guararema

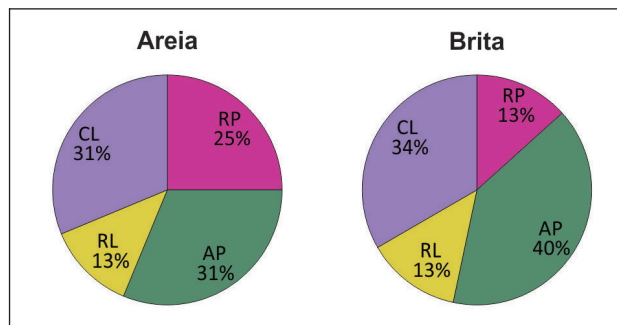
O município de Guararema se destaca pelos números de processos minerários para areia, com três concessões de lavra, seis requerimentos de lavra, 21 autorizações de pesquisa e quatro requerimentos de pesquisa. Para brita o município apresenta um requerimento de lavra e 16 autorizações de pesquisa (Tabela 7.2 e Figura 7.12).



**Figura 7.12** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Guararema.

### Guarulhos

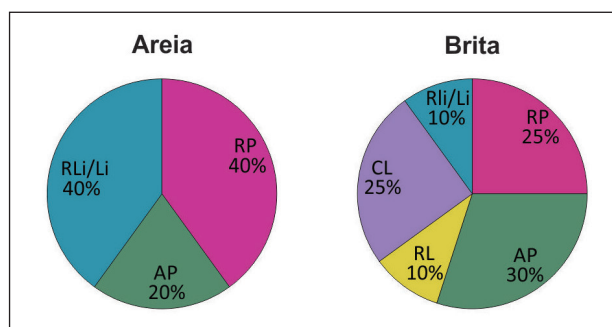
O município de Guarulhos apresenta concentração de processos para areia e brita, com cinco concessões de lavra e dois requerimentos de lavra para ambas as substâncias. O município ainda possui cinco autorizações de pesquisa e quatro requerimentos de pesquisa para areia, além de seis autorizações de pesquisa e dois requerimentos de pesquisa para brita (Tabela 7.2 e Figura 7.13).



**Figura 7.13** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Guarulhos.

### Itapecerica da Serra

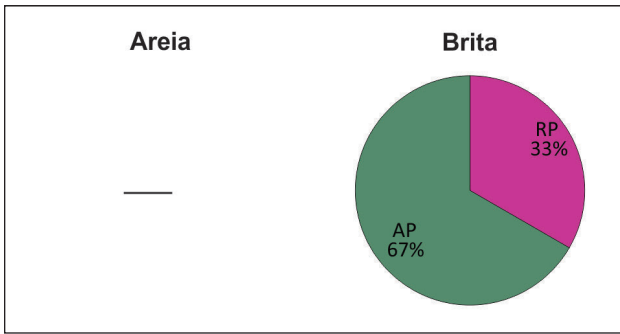
O município de Itapecerica da Serra apresenta relevância em relação à brita, com cinco concessões de lavra, dois requerimentos de lavra, dois licenciamentos, seis autorizações de pesquisa e cinco requerimentos de pesquisa. O município também apresenta dois licenciamentos, uma autorização de pesquisa e dois requerimentos de pesquisa para areia (Tabela 7.2 e Figura 7.14).



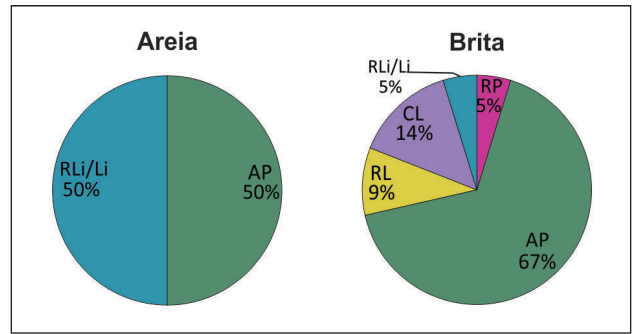
**Figura 7.14** - Distribuição do número de processos minerários em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Itapecerica da Serra.

### Itapevi

O município de Itapevi possui apenas quatro autorizações de pesquisa e dois requerimentos de pesquisa para brita (Tabela 7.2 e Figura 7.15).



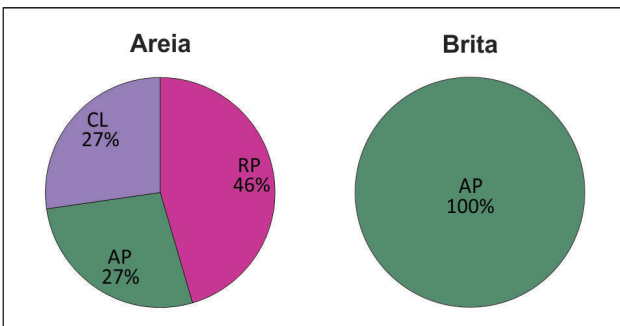
**Figura 7.15** - Distribuição do número de processos minerários em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Itapevi.



**Figura 7.17** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Mairiporã.

### Itaquaquecetuba

O município de Itaquaquecetuba apresenta três concessões de lavra, três autorizações de pesquisa e cinco requerimentos de pesquisa para areia. Ocorrem somente duas autorizações de pesquisa para brita (Tabela 7.2 e Figura 7.16).



**Figura 7.16** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Itaquaquecetuba.

### Jandira

O município de Jandira apresenta apenas um requerimento de pesquisa para brita.

### Juquitiba

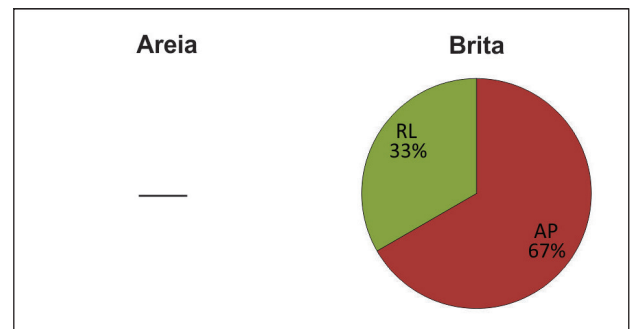
O município de Juquitiba apresenta uma autorização de pesquisa para areia e dois requerimentos de pesquisa para brita.

### Mairiporã

O município de Mairiporã mostra concentração de áreas para brita, com três concessões de lavra, dois requerimentos de lavra, um requerimento de licenciamento, catorze autorizações de pesquisa e um requerimento de pesquisa. Já para areia ocorre um requerimento de licenciamento e uma autorização de pesquisa (Tabela 7.2 e Figura 7.17).

### Mauá

O município de Mauá apresenta quatro autorizações de pesquisa e dois requerimentos de lavra para brita (Tabela 7.2 e Figura 7.18).



**Figura 7.18** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Mauá.

### Mogi das Cruzes

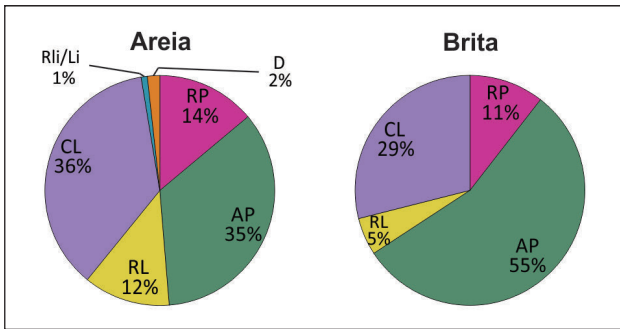
O município de Mogi das Cruzes é o que mais se destaca na quantidade processos de direitos minerários depois do município de São Paulo. Ocorrem 42 concessões de lavra, 14 requerimentos de lavra, um requerimento de licenciamento, 40 autorizações de pesquisa, 16 requerimentos de pesquisa e duas disponibilidades, todas para areia. Os números também são expressivos para brita, totalizando 11 concessões de lavra, dois requerimentos de lavra, 21 autorizações de pesquisa e quatro requerimentos de pesquisa (Tabela 7.2 e Figura 7.19).

### Osasco

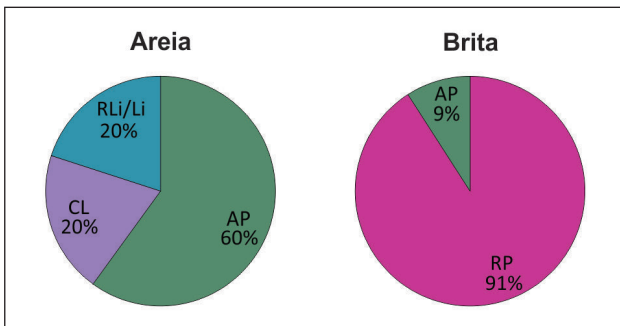
O município de Osasco possui apenas um requerimento de pesquisa para brita.

### Pirapora do Bom Jesus

O município de Pirapora do Bom Jesus apresenta apenas uma concessão de lavra, um requerimento de licenciamento e três autorizações de pesquisa para areia. Ocorre uma autorização de pesquisa e 10 requerimentos de pesquisa para brita (Tabela 7.2 e Figura 7.20).



**Figura 7.19** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Mogi das Cruzes.



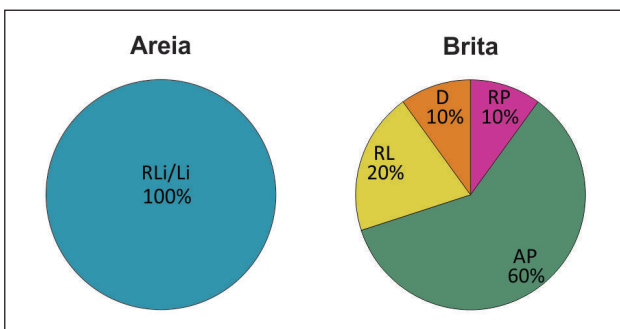
**Figura 7.20** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Pirapora do Bom Jesus.

**Poá**

O município de Poá tem apenas uma autorização de pesquisa e um requerimento de pesquisa para areia.

**Ribeirão Pires**

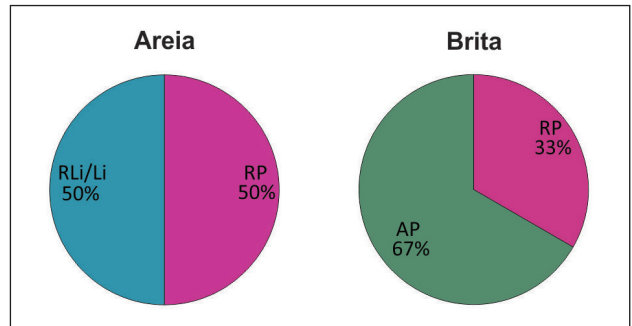
O município de Ribeirão Pires apresenta um requerimento de licenciamento para areia. Ocorrem também dois requerimentos de lavra, seis autorizações de pesquisa, um requerimento de pesquisa e uma disponibilidade para brita (Tabela 7.2 e Figura 7.21).



**Figura 7.21** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Ribeirão Pires.

**Rio Grande da Serra**

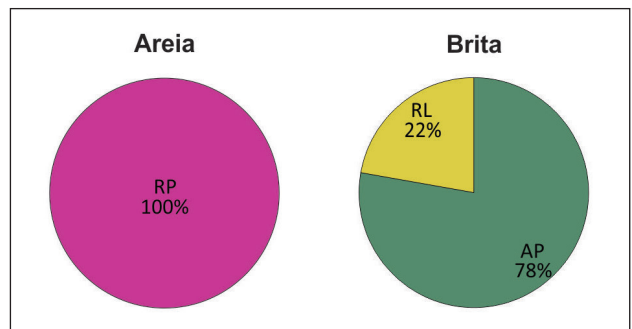
O município de Rio Grande da Serra apresenta um requerimento de licenciamento e um requerimento de pesquisa para areia. Também ocorrem duas autorizações de pesquisa e um requerimento de pesquisa para brita (Tabela 7.2 e Figura 7.22).



**Figura 7.22** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Rio Grande da Serra.

**Salesópolis**

O município de Salesópolis exibe três requerimentos de pesquisa para areia, além de duas autorizações de pesquisa e sete requerimentos de pesquisa para brita (Tabela 7.2 e Figura 7.23).



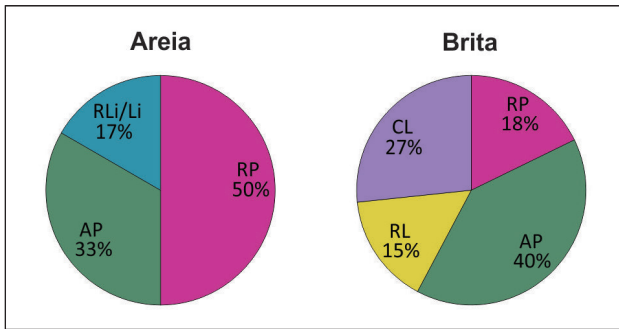
**Figura 7.23** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Salesópolis.

**Santa Isabel**

O município de Santa Isabel apresenta doze concessões de lavra, sete requerimentos de lavra, 18 autorizações de pesquisas e oito requerimentos de pesquisa para brita. A área também apresenta um licenciamento, duas autorizações de pesquisa e três requerimentos de pesquisa para areia (Tabela 7.2 e Figura 7.24).

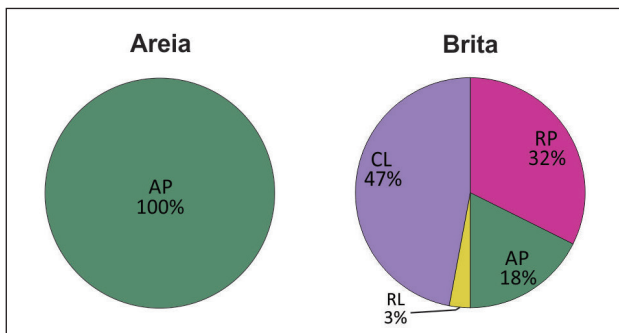
**Santana do Parnaíba**

O município de Santana do Parnaíba apresenta 16 concessões de lavra, um requerimento de lavra e seis



**Figura 7.24** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Santa Isabel.

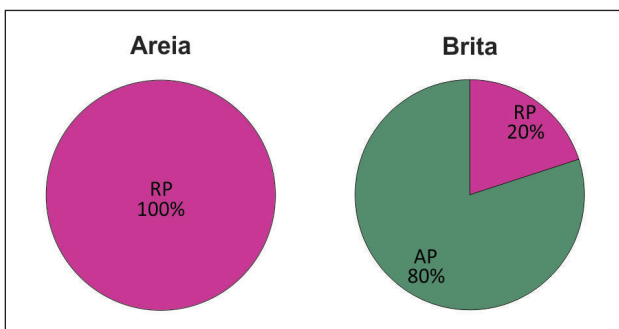
autorizações de pesquisa e onze requerimentos de pesquisas para brita. A área conta ainda com duas concessões de lavra para areia (Tabela 7.2 e Figura 7.25).



**Figura 7.25** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Santana do Parnaíba.

### Santo André

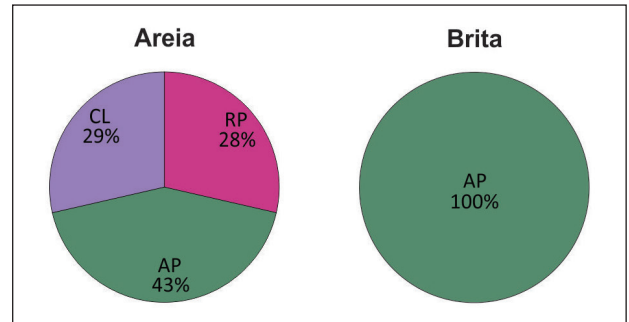
O município de Santo André dispõe de um requerimento de pesquisa para areia, além de quatro autorizações de pesquisa e um requerimento de pesquisa para brita (Tabela 7.2 e Figura 7.26).



**Figura 7.26** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Santo André.

### São Bernardo do Campo

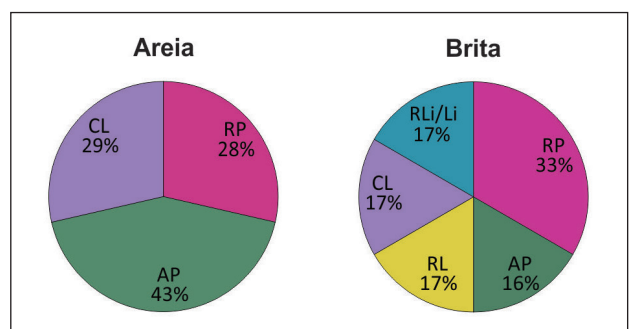
O município de São Bernardo do Campo apresenta duas concessões de lavra, três autorizações de pesquisa e dois requerimentos de pesquisa para areia. Também ocorre uma autorização de pesquisa para brita (Tabela 7.2 e Figura 7.26).



**Figura 7.27** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de São Bernardo do Campo.

### São Lourenço da Serra

O município de São Lourenço da Serra apresenta uma concessão de lavra, um requerimento de lavra e um requerimento de licenciamento para areia. A área também apresenta uma concessão de lavra, um requerimento de lavra, um requerimento de licenciamento, uma autorização de pesquisa e dois requerimentos de pesquisa para brita (Tabela 7.2 e Figura 7.28).

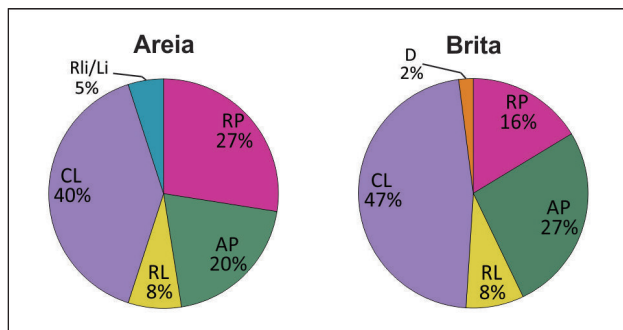


**Figura 7.28** - Distribuição do número de processos minerários em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de São Lourenço da Serra.

### São Paulo

O município de São Paulo é o maior da região metropolitana e apresenta o maior número de processos de direitos minerários. No total, ocorrem 16 concessões de lavra, três requerimentos de lavra, um licenciamento e um requerimento de licenciamento, oito autorizações

de pesquisa e 11 requerimentos de pesquisa para areia. Também ocorrem 23 concessões de lavra, quatro requerimentos de lavra, 13 autorizações de pesquisa, oito requerimentos de pesquisa e uma disponibilidade para brita (Tabela 7.2 e Figura 7.29).



**Figura 7.29** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de São Paulo.

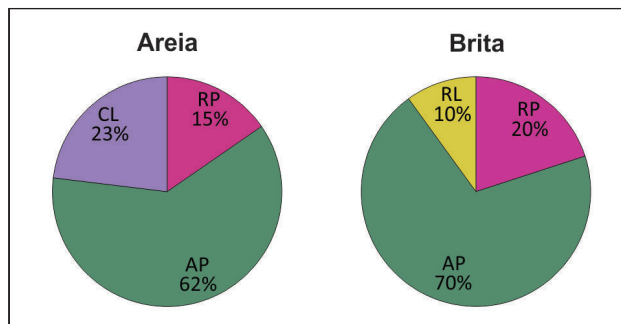
### Suzano

O município de Suzano apresenta três concessões de lavra, oito autorizações de pesquisa e dois requerimentos

de pesquisa para areia, além de um requerimento de lavra, sete autorizações de pesquisa e dois requerimentos de pesquisa para brita (Tabela 7.2 e Figura 7.30).

### Vargem Grande Paulista

O município de Vargem Grande Paulista possui apenas uma autorização de pesquisa para areia e uma para brita.



**Figura 7.30** - Distribuição do número de processos minerários, em porcentagem, conforme as fases dos processos no município de Suzano.

**Tabela 7.2 -** Distribuição do número de processos minerários nos municípios da Região Metropolitana de São Paulo. As siglas referentes às fases dos processos minerários apresentadas na tabela são: RP- requerimento de pesquisa, AP - autorização de pesquisa, RL - requerimento de lavra, CL - concessão de lavra, RLI/Li - requerimento de licenciamento/ licenciamento e D - disponibilidade.

SUBSTÂNCIA	AREIA							BRITA							
	MUNICÍPIO	RP	AP	RL	CL	RLI / LI	D	TOTAL	RP	AP	RL	CL	RLI / LI	D	TOTAL
Arujá	-	2	2	-	-	-	-	4	2	7	2	3	- / 2	-	16
Barueri	-	-	2	5	-	-	-	7	5	8	3	19	- / 1	-	36
Biritiba-Mirim	2	7	2	1	-	-	-	12	1	7	2	-	- / 1	1	12
Caieiras	5	5	2	2	-	-	-	14	7	8	2	7	-	-	24
Cajamar	-	2	-	-	-	-	-	2	4	5	1	2	-	-	12
Carapicuíba	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0
Cotia	2	4	-	-	-	-	-	6	3	3	-	-	-	-	6
Diadema	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0
Embu das Artes	-	-	-	-	-	-	-	0	1	3	3	6	-	-	13
Embu Guaçu	-	3	1	-	-	-	-	4	2	-	1	-	-	-	3
Ferraz de Vasconcelos	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	1
Francisco Morato	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0
Franco da Rocha	2	2	-	-	-	-	-	4	2	3	-	-	-	-	5
Guararema	4	21	6	3	-	2	-	36	-	16	1	-	-	-	17
Guarulhos	4	5	2	5	-	-	-	16	2	6	2	5	-	-	15
Itapecerica da Serra	2	1	-	-	- / 2	-	-	5	5	6	2	5	- / 2	-	20
Itapevi	-	-	-	-	-	-	-	0	2	4	-	-	-	-	6
Itaquaquecetuba	5	3	-	3	-	-	-	11	-	2	-	-	-	-	2
Jandira	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	1
Juquitiba	-	1	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	2
Mairiporã	-	1	-	-	1 / -	-	-	2	1	14	2	3	- / 1	-	21
Mauá	-	-	-	-	-	-	-	0	-	4	2	-	-	-	6
Mogi das Cruzes	16	40	14	42	1 / -	2	-	115	4	21	2	11	-	-	38
Osasco	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	1
Pirapora do Bom Jesus	-	3	-	1	1 / -	-	-	5	10	1	-	-	-	-	11
Poá	1	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	0
Ribeirão Pires	-	-	-	-	1 / -	-	-	1	1	6	2	-	-	1	10
Rio Grande da Serra	1	-	-	-	1 / -	-	-	2	1	2	-	-	-	-	3
Salesópolis	3	-	-	-	-	-	-	3	7	2	-	-	-	-	9
Santa Isabel	3	2	-	-	- / 1	-	-	6	8	18	7	12	-	-	45
Santana do Parnaíba	-	-	-	2	-	-	-	2	11	6	1	16	-	-	34
Santo André	1	-	-	-	-	-	-	1	1	4	-	-	-	-	5
São Bernardo do Campo	2	3	-	2	-	-	-	7	-	1	-	-	-	-	1
São Caetano do Sul	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0
São Lourenço da Serra	-	-	1	1	1 / -	-	-	3	2	1	1	1	1 / -	-	6
São Paulo	11	8	3	16	1 / 1	-	-	40	8	13	4	23	-	-	48
Suzano	2	8	-	3	-	-	-	13	2	7	1	-	-	-	10
Taboão da Serra	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0
Vargem Grande Paulista	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	1

## 8. MINERAÇÃO E MEIO-AMBIENTE

### 8.1. CONCEITOS

A mineração é uma atividade fundamental para o desenvolvimento da economia de um país ou região, no entanto, ela gera modificações ao meio físico e biótico. Estes impactos podem ser consideravelmente minimizados se a atividade for planejada e executada com atenção aos conceitos de sustentabilidade e da produção limpa. De acordo com Sánchez (2013), impacto ambiental é a alteração da qualidade do ambiente que resulta da modificação de processos naturais ou sociais ocasionada pela ação humana, ou seja, é resultado das modificações provocadas pela ação antrópica.

No Brasil, o órgão responsável pela legislação e emissão de medidas relacionadas com meio ambiente é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). O conceito de impacto ambiental é definido por este órgão como: *“interferências biológicas, químicas e físicas no meio ambiente levadas como resultado do sistema produtivo humano, que tem consequências na saúde, segurança, bem-estar da população, seja entre os seres humanos como também nos biomas”* (resolução 01/1986).

No estado de São Paulo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) atua como agência ambiental e é responsável pelo controle, fiscalização e licenciamento de atividades geradoras de poluição, com a preocupação fundamental de preservar e recuperar a qualidade das águas, do ar e do solo (<http://cetesb.sp.gov.br>).

A CETESB tem a função de emitir os documentos relativos à Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação, além de analisar, emitir pareceres, definir medidas mitigadoras ou compensatórias e proceder ao monitoramento de áreas licenciadas para garantir o atendimento às exigências para os empreendimentos de mineração no estado de São Paulo.

O presente capítulo descreve as principais alterações ao meio ambiente decorrentes da atividade mineira e sua relação com as atividades de extração de areia e brita, identificando os principais impactos resultantes da mineração de agregados. Durante as visitas realizadas às lavras, procurou-se descrever os tipos de lavra empregados na região, juntamente com as modificações ambientais relacionadas aos impactos decorrentes dos processos de instalação e operação da lavra.

Foram ainda observados, ao longo das etapas de campo, os métodos empregados para mitigação e remediação dos impactos ambientais negativos gerados

durante a lavra e após sua finalização, bem como os principais passivos resultantes das atividades de mineração. Com base neste diagnóstico foram sugeridas medidas mitigadoras com o objetivo de amenizar os principais impactos inerentes aos tipos de lavra observados para areia e brita.

### 8.2. IMPACTOS DECORRENTES DA MINERAÇÃO DE INSUMOS

São diversos os impactos associados à mineração de agregados na RMSP, principalmente os relacionados à fase operacional das lavras de areia e brita. De modo geral, os vários impactos tendem a variar entre os empreendimentos no seu tipo, amplitude, tempo de ocorrência e na área de influência atingida. Como já detalhado no item 6, os empreendimentos de mineração de agregados na RMSP ocorrem na sua maioria pelos métodos de escavação mecânica, desmonte hidráulico (mineração de areia) ou pelo desmonte do minério por explosivos (exploração de brita), formando cavas a céu aberto que podem ou não interceptar o nível freático. A seguir cada um destes impactos será detalhado.

#### 8.2.1. Decapeamento e abertura de acesso

As modificações ambientais começam pelo decapeamento da cobertura para liberar o acesso ao material a ser explorado. Esta etapa chama-se desenvolvimento da lavra e nela se remove a cobertura estéril incluindo a remoção da vegetação nativa e do solo orgânico.

A camada de solo e a cobertura vegetal conferem ao substrato uma proteção natural à ação dos agentes erosivos, além de controlar a capacidade de infiltração das águas pluviais e o regime hidrológico do terreno. São ainda responsáveis pelo desenvolvimento e manutenção da biodiversidade. Sua remoção resulta em impactos ambientais negativos ao meio físico, como o aumento da erodibilidade do substrato, diminuição da taxa de infiltração das águas pluviais e alteração do regime de fluxo hidrológico, além do aumento do assoreamento das drenagens superficiais à jusante da mina pela deposição do material erodido. No meio biótico os impactos principais são: redução da biodiversidade, perda do banco de sementes e afugentamento da fauna e consequentemente perda da harmonia paisagística que gera um notável impacto visual.

A utilização de maquinário, para executar o decapeamento e o transporte do material, produz gases e lança poeira além de gerar ruído e vibrações, diminuindo a qualidade do ar, podendo afugentar a fauna e gerar incômodo à vizinhança em áreas urbanizadas.

Os impactos descritos decorrentes da etapa de decapeamento e abertura de acessos podem ser mitigados ao serem adotados alguns procedimentos:

- Realizar a remoção da vegetação em etapas controladas, de modo a direcionar a fauna para áreas controladas favorecendo sua preservação;
- Aproveitar a massa vegetal retirada para compostagem e posterior revegetação das áreas degradadas. Apesar da maioria dos projetos ambientais preverem a prática de armazenamento do solo orgânico, ela não é constantemente empregada. O minerador justifica que o procedimento não é adotado em função da oneração dos custos em relação ao benefício, por que em muitos pontos a camada de solo é pouco espessa, não ultrapassando 20 cm. Uma prática utilizada por algumas mineradoras de areia para recuperar as áreas de onde foi removido o solo orgânico, é a utilização de composto orgânico produzido em usinas de compostagem para substituir o solo original;
- A drenagem pluvial da área decapeada deverá ser disciplinada de modo a direcionar as águas de escoamento para bacias de decantação de sedimentos em locais topograficamente favoráveis;
- Preservar e adensar a vegetação arbórea no entorno da mina ou promover o plantio de cortinamento vegetal com objetivo de mitigar o impacto visual e conter a dispersão de poeiras e partículas sólidas provenientes da movimentação do maquinário;
- Manutenção periódica do maquinário evitando a produção e emissão excessiva de gases, ruídos e vazamento de óleos.

## 8.2.2. Lavra por desmante hidráulico

Na área da RMSP, este tipo de mineração assume grande importância na exploração de areia para construção civil e o grande número de empreendimentos, muitas vezes concentrados na mesma área, agravam a disputa do uso do solo com a expansão da área urbana, o que torna crucial o encaminhamento de medidas que minimizem as alterações ambientais.

Os principais danos ambientais causados pela mineração pelo desmante hidráulico são: a erosão (Figura 8.1); o assoreamento de cursos d'água; remoção e perda do solo vegetal; desmatamento e a poluição de cursos d'água superficiais; apropriação de águas superficiais, além da inviabilização de uso futuro do solo.

A CETESB recomenda que seja seguida a norma técnica D7.011 para mitigar os impactos provenientes deste tipo de lavra. A norma dispõe sobre as condições exigíveis para o projeto e implantação de mineração pelo método do desmante hidráulico (<http://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/>).

A seguir destacam-se as principais medidas mitigadoras recomendadas a este tipo de empreendimento minerário de acordo com a NT D7.011:

- Com o objetivo de evitar a erosão e o assoreamento de cursos d'água, todos os taludes devem ser projetados com banquetas e drenagem superficial, além de cobertura vegetal. Com a mesma finalidade, a praça de mineração deve ter sua declividade sempre voltada para seu interior;
- De modo a evitar a poluição das águas superficiais, a mineração deve possuir bacias de decantação para os finos e a circulação de água no processo deve ser realizada em circuito fechado. As águas pluviais e provenientes dos silos ou da área de armazenamento do minério a céu aberto devem



**Figura 8.1** - Erosão provocada pelo desmante hidráulico no manto de alteração do Complexo Embu.



ser conduzidas às bacias de decantação e retornar ao circuito da mineração;

- A captação de corpos d'água naturais para a mineração só será permitida quando for tecnicamente inviável a utilização de água já existente no processo.

### 8.2.3. Lavra por desmonte com explosivo ou escavação mecanizada

A mineração por escavação é praticada em minérios ditos "terrosos", por exemplo, argilas, filitos, quartzitos friáveis, areias industriais, etc. O minério pode estar acima do nível freático, como no caso dos filitos, ou abaixo do nível d'água, como no caso das argilas de várzea. A operação da lavra se dá pela escavação mecanizada do minério exposto pelo decapeamento. Os empreendimentos que utilizam da escavação mecanizada como método de lavra devem obedecer à norma técnica D7.012 (1990) da CETESB (<http://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/>).

O principal impacto decorrente deste tipo de lavra é a mudança na topografia original do terreno que poderá resultar na interceptação do nível freático e/ou de águas subterrâneas e gerar impactos como a desestabilização geotécnica do terreno e a contaminação de águas subterrâneas. A escavação e desagregação de estéréis e do minério aumentam a erodibilidade do material e disponibilizam grande quantidade de sedimentos que podem assorear as drenagens à jusante da área de mineração. No caso de lavras de areia fora de curso d'água, a interceptação do freático pela escavação é bastante frequente. Neste momento, a lavra prossegue abaixo do nível freático com o uso de pequenas dragas de sucção e recalque e formam corpos d'água artificiais. Esta prática pode expor o freático à ação de contaminantes, como óleos e graxas. Outro problema ambiental relativo a este tipo de lavra é o abandono de grandes cavas ao término da lavra.

Para a mineração de brita, o desmonte de rochas com explosivos é utilizado para reduzir o tamanho de partículas sólidas que compõem o maciço rochoso. Para as lavras realizadas com desmonte por explosivos, a CETESB estabelece critérios de avaliação de problemas ambientais decorrentes deste tipo de lavra através da norma interna D7.013 (2015) (<http://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/>), na qual se fixam as condições exigíveis para a atividade de mineração a céu aberto, no que se refere ao controle de poluição e à conservação do meio ambiente. Além da norma da CETESB, os empreendimentos estão sujeitos à NBR 9653 (1986; 2005) que fixa a metodologia para reduzir os riscos inerentes ao desmonte de rocha com uso de explosivos em minerações, estabelecendo parâmetros para a segurança das populações vizinhas, danos

estruturais e procedimentos recomendados quanto ao conforto ambiental.

A exploração de maciços rochosos com o uso de explosivos provoca inevitáveis impactos ambientais, além de desconforto para as populações do entorno que são cotidianamente expostas aos seus efeitos. Um impacto proveniente da execução do plano de fogo é a geração de poeiras durante a perfuração da rocha para a colocação de explosivos, além da intensa vibração no solo durante as detonações. Caso o plano de fogo seja executado fora das normas técnicas e a mina esteja localizada próxima a áreas habitadas, a geração de vibração pode provocar danos às estruturas das construções do entorno da mina além do incômodo à vizinhança.

Um fenômeno comum neste tipo de lavra é o ultralancamento de partículas sólidas em consequência ao uso excessivo de carga explosiva, o que gera o lançamento de fragmentos rochosos além da área da praça de mineração. Outros efeitos ambientais são: sobrepressão atmosférica, emissão de materiais particulados (poeira) na atmosfera, aumento dos níveis de ruído, assoreamento de áreas e/ou de drenagens adjacentes à mineração, além da alteração visual e paisagística de drenagens adjacentes à mineração. Seguem alguns exemplos de medidas mitigadoras que podem ser tomadas a fim de minimizar os impactos relacionados à fase de lavra de acordo com a norma técnica DT.7012 da CETESB (<http://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/>):

- As alturas e inclinações dos taludes da frente de mineração, bem como a largura das bermas deverão ser definidas com base no projeto geotécnico, respeitando o ângulo de atrito interno do material, ângulo e sentido do mergulho de foliação da rocha, grau de saturação e influência do faturamento e das demais descontinuidades existentes na rocha, de modo a garantir a estabilidade geotécnica. Os taludes em que a altura ultrapasse os limites determinados deverão ser subdivididos com bancadas intermediárias;

- Com o objetivo de evitar a erosão e o assoreamento de cursos d'água, todos os taludes devem ser projetados com banquetas e drenagem superficial, além de cobertura vegetal. Com a mesma finalidade, a praça de mineração deve ter sua declividade sempre voltada para seu interior;

- O sistema de drenagem pluvial já implantado durante o decapeamento deverá também contemplar os taludes, bermas e praça de mineração, de forma que as águas de escoamento sejam direcionadas para bacias de decantação de sedimentos, construídas em locais topograficamente favoráveis; se necessário, deverão ser adicionados dissipadores de energia de escoamento, como escadas d'água, para reduzir a sua capacidade erosiva.

### 8.2.4. Lavra por dragagem

A dragagem é a operação de lavra mediante a sucção do minério submerso. É indispensável na extração de sedimentos arenosos em rios, reservatórios lagoas e cavas submersas. O fator que condiciona a prática da dragagem é o estado do material, que precisa se apresentar inconsolidado, ou seja, é um método utilizado para extração de areia.

Na área do projeto não foram identificadas lavras pelo método de dragagem, provavelmente por grande parte dos rios estarem dentro de áreas de proteção de mananciais dentro das bacias de drenagem da RMSB, submetidas às regras de controle e fiscalização bastante severas pelos órgãos ambientais estaduais.

As condições gerais e específicas para implementação de um empreendimento de mineração por dragagem na área da RMSB devem obedecer a norma D7010 da CETESB (<http://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/>).

Os principais danos ambientais causados pela mineração por dragagem são: geração de material particulado e gases provenientes dos motores das dragas; geração de ruído; aumento da turbidez por revolvimento e desagregação dos minérios nos leitos dos cursos d'água, contribuindo para a eliminação de barramentos naturais e formação de bancos de sedimentos resultando em interferências no padrão de circulação das correntes e velocidade do fluxo d'água; compactação do solo; risco de vazamento de óleos, combustíveis e/ou graxas provenientes das dragas; alteração da paisagem; geração de esgoto sanitário e resíduos sólidos (galões e tambores de combustíveis).

### 8.2.5. Estocagem de minério e deposição de rejeitos e estéreis

Quando o minério estocado ou os estéreis e rejeitos não são armazenados adequadamente e são dispostos em grandes pilhas de material exposto às intempéries, podem gerar impactos no meio físico causados pelo transporte deste material pela ação das águas pluviais. Esta configuração promove o aumento do assoreamento e da turbidez nas drenagens à jusante das minas pelo grande volume de material disponível. De modo a evitar este cenário, recomenda-se, de acordo com a norma técnica D7.010 da CETESB (<http://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/>), que tanto o minério quanto o estéril sejam armazenados em áreas previamente delimitadas e dotadas de cobertura e/ou sistema de drenagem das águas pluviais no seu perímetro, de modo a conduzir as águas para a bacia de sedimentação que deverão ser periodicamente desassoreadas.

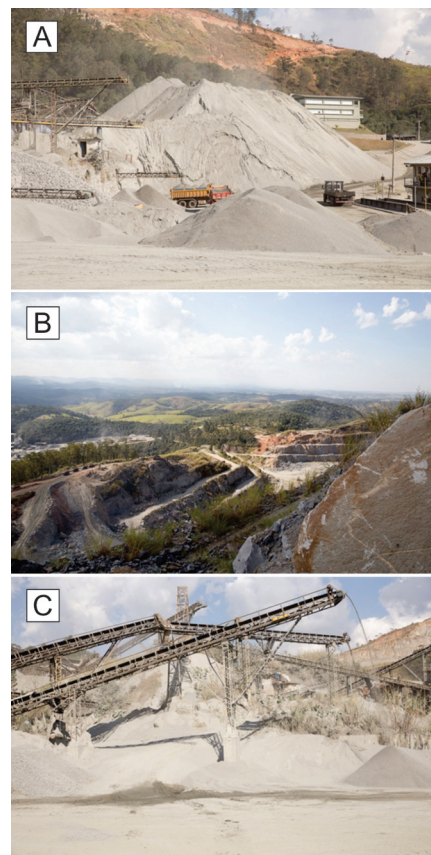
No caso dos terminais hidroviários de minério, a descarga da areia deve ser realizada em compartimento específico que deve possuir sistema de drenagem e bacia de decantação em pleno funcionamento e proporcionando o retorno das águas para o curso hídrico livre de sedimentos.

O solo orgânico removido durante o decapeamento deve ser armazenado em local próprio e coberto. As pilhas não deverão ter altura excessiva, evitando assim sua compactação e garantindo que o solo mantenha ao máximo as suas propriedades e possa ser utilizado na futura recuperação da área.

### 8.2.6. Britagem

O principal impacto do processo de britagem é a emissão de poeira (Figura 8.2A-B). Ao longo do processo, os possíveis pontos de emissão de poeira estão relacionados à alimentação do material nos britadores (primário e secundário), moinhos, ao sistema de transferência (correia transportadora, elevadores, rampas, etc.) e aos sistemas de peneiramento e empilhamento para estocagem.

A poeira gerada é um material de granulometria muito fina, o que lhe dá condições para que fique em suspensão por algum tempo e, dependendo das condições



**Figura 8.2** - (A e B) Poeira dissipada no ar proveniente do desmonte de rochas por explosivos em mineradora de brita; (C) Poeira cobrindo equipamentos e a vegetação.

do vento, pode se propagar em extensas áreas vizinhas, causando a redução da qualidade do ar. Os efeitos mais acentuados tanto no homem como nos animais, estão relacionados com as complicações respiratórias. Além disso, o acúmulo de poeira sobre a vegetação circundante (Figura 8.2C) reduz a sua capacidade de fotossíntese, podendo provocar a queima das folhas dos vegetais e sua morte. Para mitigar as emissões de poeiras pela britagem, de acordo com SALIBA (2002); METSO, (2005) e a NRM-09 ([www.dnrm.gov.br](http://www.dnrm.gov.br)), a planta de beneficiamento deve contar com dispositivos que reduzam sua geração, como aspersores de água nos britadores primário e secundário e enclausuramento com instalação de filtros na moagem.

### 8.2.7. Expedição e transporte de carga

A utilização de equipamentos como retroescavadeiras, pá-carregadeiras e caminhões é comum em todas as etapas da mineração já descritas, além das operações de expedição e transporte do minério para o consumidor. A operação deste maquinário é potencialmente responsável pela emissão de gases e poeiras, além da produção de ruídos e vibrações, que trazem como impactos a redução da qualidade do ar, o afugentamento da fauna e incomodo à vizinhança. O aumento do tráfego de caminhões durante o transporte do minério é responsável pela maior frequência de congestionamentos e pelo maior dano gerado nas malhas viárias, não projetadas para suportar o tráfego de veículos pesados. Os impactos descritos nesta etapa podem ser mitigados, de acordo com NRM-13 ([www.dnrm.gov.br](http://www.dnrm.gov.br)), das seguintes formas:

- Realizar a manutenção periódica do maquinário, evitando a geração e emissão excessiva de gases, ruídos e vazamentos de óleos;
- Uso obrigatório de lonas nas caçambas dos caminhões para conter a dispersão de minério na pista durante o transporte;
- Nunca sobrecarregar o limite de peso de carga do caminhão e procurar utilizar rotas de escoamento da produção, cujas vias sejam compatíveis com o fluxo e peso da carga dos caminhões.

## 8.3. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Em âmbito nacional, as principais leis que regulamentam a proteção da vegetação em áreas específicas são as resoluções CONAMA 302/2002 (BRASIL, 2002a) e 303/2002 (BRASIL, 2002b), que estabelecem as áreas de preservação permanente (APP), intocáveis do ponto de vista de uso e ocupação. A resolução CONAMA 369/2006 (BRASIL, 2006) estabelece a supressão de áreas de APP quando as atividades a serem desenvolvidas nessas áreas forem de interesse social e de baixo impacto ambiental. Ainda na esfera nacional, existe a resolução CONAMA

428/2010 (BRASIL, 2010) que dispõe sobre o licenciamento ambiental em unidades de conservação (UC). As legislações ambientais estaduais copiam e detalham a legislação nacional, adaptando-a quando necessário.

### 8.3.1. Unidades de conservação

O governo brasileiro protege as áreas naturais por meio das UCs, uma estratégia extremamente eficaz para manutenção dos recursos naturais em longo prazo. Para atingir esse objetivo de forma efetiva e eficiente, foi instituído o Sistema Nacional de Conservação da Natureza (SNUC), com a promulgação da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. A Lei do SNUC representou grandes avanços à criação e gestão das UCs nas três esferas de governo (federal, estadual e municipal), pois ele possibilita uma visão de conjunto das áreas naturais a serem preservadas. Além disso, estabeleceu mecanismos que regulamentam a participação da sociedade na gestão das UCs, potencializando a relação entre o estado, os cidadãos e o meio ambiente.

As UCs são divididas em duas categorias principais: as unidades de proteção integral e unidades de uso sustentável. As primeiras têm como objetivo principal a proteção da natureza, com regras e normas mais restritivas. Nestas unidades é permitido apenas o uso indireto dos recursos naturais; ou seja, aquele que não envolve consumo, coleta ou dano, por exemplo: turismo ecológico, pesquisa científica, educação e interpretação ambiental.

As categorias de proteção integral englobam: estação ecológica, reserva biológica, parque, monumento natural e refúgio da vida silvestre. As unidades de uso sustentável são áreas que visam conciliar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais. As atividades que envolvam coleta e uso dos recursos naturais são permitidas nestas unidades, desde que praticadas assegurando a preservação dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos. Fazem parte das categorias de uso sustentável: área de relevante interesse ecológico, floresta nacional, reserva de fauna, reserva de desenvolvimento sustentável, reserva extrativista, área de proteção ambiental (APA) e reserva particular do patrimônio natural (RPPN).

As principais áreas ocupadas por UCs dentro da área da RMSP estão discriminadas na Figura 8.3. Em relação à gestão das UCs, o principal instrumento é o plano de manejo que estabelece as normas, restrições para o uso, ações a serem desenvolvidas e manejo dos recursos naturais da UC e seu entorno, visando minimizar os impactos negativos e garantir a manutenção dos processos ecológicos.

Em meados da década de 1970, com o objetivo de proteger os mananciais, cursos e reservatórios de água da RMSP, foram aprovadas as leis estaduais 898, de 18 de dezembro de 1975, e 1.172, de 17 de novembro de 1976, que disciplinam o uso e ocupação do solo nessas áreas.

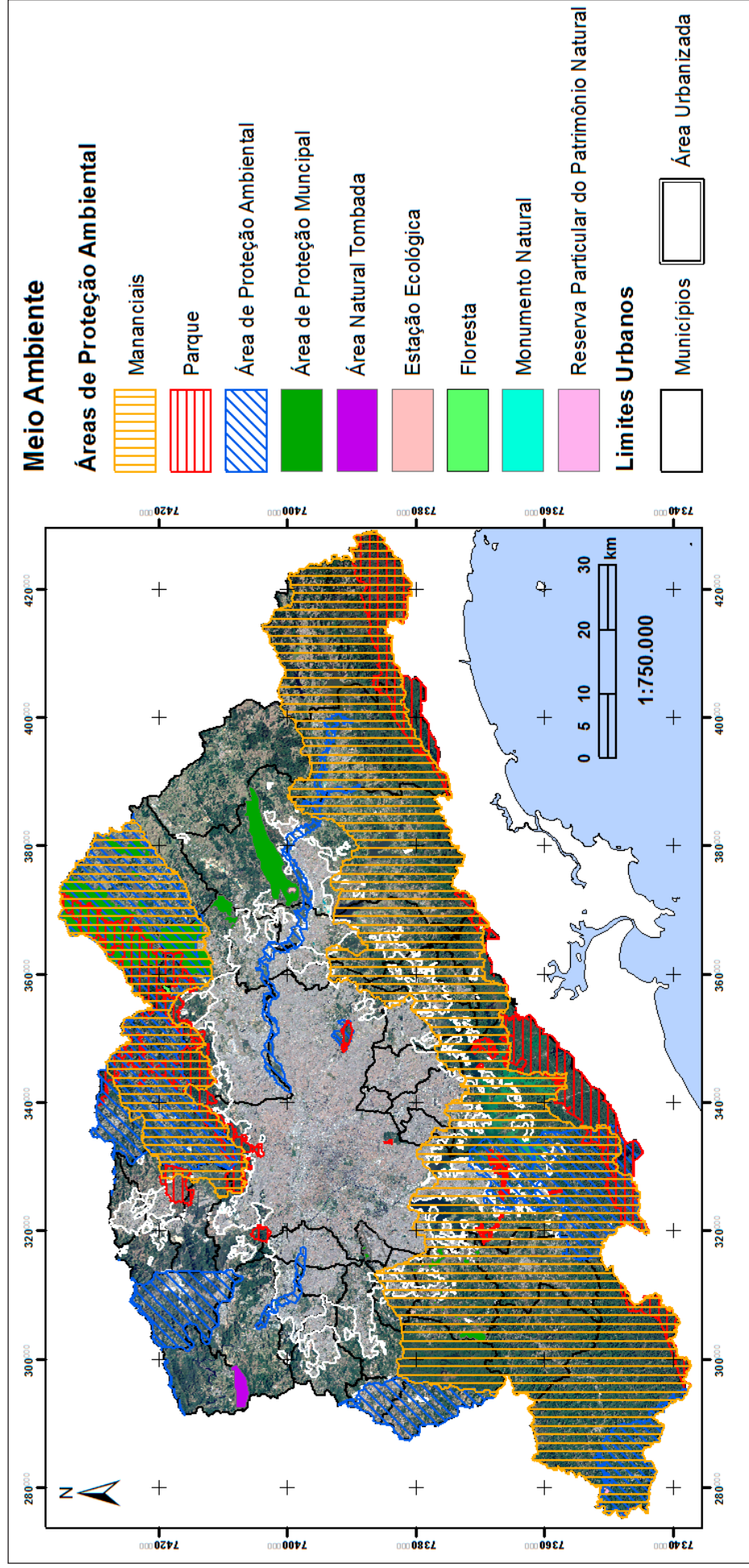


Figura 8.3 - Áreas de proteção ambiental e de mananciais na RMSP

Após 20 anos, a necessidade de revisão dessa legislação levou à aprovação da Lei Estadual 9.866, de 28 de novembro de 1997, que dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do estado de São Paulo. A lei define a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais (APRM) como uma ou mais sub-bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional para abastecimento público e dispõe que as APRMs, suas Áreas de Intervenção e respectivas diretrizes e normas ambientais e urbanísticas de interesse regional serão criadas através de lei estadual.

As APRMs instituídas no estado de São Paulo são: APRM Guarapiranga (Lei Estadual 12.233, de 16 de janeiro de 2006, e regulamentada pelo Decreto Estadual 51.686, de 22 de março de 2007); APRM Billings (Lei Estadual 13.579 de julho de 2009, e regulamentada pelo Decreto Estadual 55.342, de 13 de janeiro de 2010); APRM Alto Juquery (Lei Estadual 15.790, de 16 de abril de 2015, e regulamentada pelo Decreto Estadual 62.062, de 27 de junho de 2016); APRM Alto Tietê Cabeceiras (Lei Estadual 15.913, de 02 de outubro de 2015, e regulamentada pelo Decreto Estadual 62.061, de 27 de junho de 2016) e APRM Alto Cotia (Lei Estadual 16.568, de 10 de novembro de 2017). Dos trinta e nove municípios integrantes da RMSP, vinte e sete estão total ou parcialmente inseridos em APRMs, sendo que, destes, dezessete têm mais de 50% de sua área total dentro de APRM. Ao todo, aproximadamente 54% da área total da RMSP está em área de mananciais (Tabela 8.1).

#### 8.4. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

O conhecimento prévio e a divulgação dos aspectos ambientais de um empreendimento, por meio de instrumentos de avaliação de impacto e planejamento ambiental, permitem adotar medidas com o objetivo de atenuar ou mesmo evitar os danos ambientais e consequentemente os custos envolvidos na sua remediação ou correção. De acordo com o Decreto Federal nº 97.632 de 10 de abril de 1989, que estabelece a necessidade da preparação de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração, “a recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização social e visual, de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente” (art. 3º). A partir da leitura desta norma, percebe-se que o termo recuperação de áreas degradadas pela mineração é empregado na legislação como um sinônimo de reabilitação do sítio minerado e não no sentido de restauração do mesmo já que, quase sempre, a exploração de insumos minerais implica em grandes modificações no ambiente, como por exemplo, alteração da topografia do terreno, condição em que o retorno das suas características originais torna-se impraticável.

**Tabela 8.1** - Municípios da RMSP e porcentagem da área contida dentro de áreas de proteção de mananciais. Fonte: [www.fundacaofia.com.br](http://www.fundacaofia.com.br).

MUNICÍPIO	% EM ÁREAS DE MANACIAIS
Arujá	51
Biritiba-Mirim	89
Caieiras	20
Cotia	36
Diadema	22
Embu	59
Embu-Guaçu	100
Ferraz de Vasconcelos	40
Franco da Rocha	05
Guarulhos	30
Itapeverica da Serra	100
Juquitiba	100
Mairiporã	80
Mauá	19
Mogi das Cruzes	49
Poá	06
Ribeirão Pires	100
Rio Grande da Serra	100
Salesópolis	98
Santa Isabel	82
Santo André	54
São Bernardo do Campo	53
São Lourenço da Serra	100
São Paulo	36
Suzano	72

De acordo com Bitar (1997), o conceito de recuperação de áreas degradadas por mineração tem evoluído ao longo das últimas décadas, buscando situações onde o impacto gerado seja efetivamente corrigido de modo a assegurar a estabilidade e a sustentabilidade do ambiente. A recuperação é atualmente abordada como um processo que deve ser realizado mediante a um plano prévio visando alternativas para o uso futuro do solo.

No estado de São Paulo, o órgão fiscalizador (CETESB) solicita um plano de recuperação e uso futuro para a área da lavra (PRAD), um projeto para a lavra contendo instalações administrativas, forma final da lavra, localização dos rejeitos e do solo vegetal, forma de andamento da lavra por etapas e projetos de instalação para tratamento de

efluentes sanitários, além de relatório de impacto ambiental devidamente aprovado pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente. Estes documentos são necessários para a instalação do empreendimento e devem ser mantidos na área de lavra durante todo seu período de operação.

Durante os trabalhos de campo foi possível observar que as medidas de recuperação de minas ativas são executadas de forma concomitante à atividade de lavra e tem como objetivo principal a estabilização dos processos de degradação existentes. Grande parte dos trabalhos de recuperação realizados em minas ativas da RMSP é ainda de caráter incipiente e baseados em medidas de revegetação para atenuação do impacto visual gerado (Figura 8.4).

Após o encerramento da atividade mineral, muitas das áreas degradadas pela mineração na RMSP são objeto de projetos que visam à instalação planejada de uso e reabilitação urbana dos terrenos. Destacam-se os usos para lazer, recreação e esportes comunitários, sistema viário, clubes recreativos privados, indústria e comércio, habitação e loteamentos (Figura 8.5A-C). No entanto, algumas áreas que foram usadas para mineração no passado, hoje compreendem locais onde a ocupação ocorre de forma desordenada por ausência de um plano de recuperação. Esses locais são frequentemente utilizados como depósitos de resíduos que abrigam material de origem diversa, desde lixo doméstico e industrial, até entulho de obras de demolição e construção civil. Algumas áreas também são usadas para construção de habitações de baixa renda, geralmente estabelecidas em um período relativamente curto. Em ambas as formas de ocupação, o uso evidencia uma demanda significativa de terrenos para esta finalidade na RMSP.

### 8.5. DIRETRIZES PARA A SUSTENTABILIDADE NA MINERAÇÃO DE AGREGADOS

Desde sua formulação inicial, o conceito de desenvolvimento sustentável tem sido relativizado por diferentes

interpretações, de acordo com o objetivo ao qual se destina (BARRETO *et al.*, 2001). De maneira geral, as variantes conceituais podem ser agrupadas em duas correntes básicas: a primeira puramente conservacionista e restritiva exclui toda atividade antrópica que possa modificar de maneira permanente ou transitória o meio físico e a segunda com caráter utilitário-desenvolvimentista, que admite o desenvolvimento de atividades antrópicas que impactem o meio físico, mas que sejam contempladas por medidas de proteção e recuperação do meio ambiente degradado (BARRETO *et al.*, 2001).

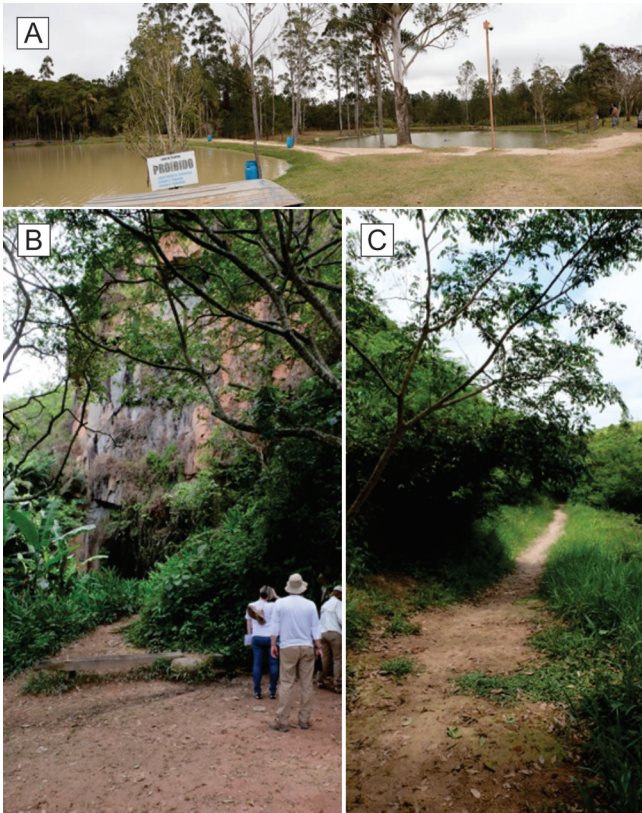
A mineração obviamente só pode ser enquadrada sob a segunda definição, no âmbito da sustentabilidade. Para isto é necessária a compreensão das relações entre determinado conjunto de impactos ambientais transitórios e localizados decorrentes da atividade, porém com benefícios sócio econômicos permanentes. Isto só é possível a partir da percepção de que o uso dos recursos minerais é vital para o bem-estar de toda a sociedade mundial.

Deste modo, entende-se que a mineração, como atividade econômica de importância estratégica para desenvolvimento de determinada região, deve buscar não apenas a maximização do uso de recursos minerais sob o ponto de vista técnico e econômico, mas também desenvolver um modelo de desenvolvimento que assegure salubridade ambiental, durante e após as atividades, permitindo a agregação contínua de valores econômicos e sociais às comunidades locais e à sociedade.

Em termos práticos, recomenda-se que as atividades relacionadas à mineração desde a pesquisa até a lavra devem prever: os riscos e a proteção dos impactos ambientais; o monitoramento e a recuperação das áreas degradadas de forma progressiva e contínua; o compartilhamento de benefícios econômicos com a sociedade, principalmente com as comunidades locais; o uso futuro da área minerada e a máxima integração do projeto mineiro com o desenvolvimento das comunidades vizinhas (BARRETO *et al.*, 2001).



**Figura 8.4** - Revegetação de taludes em lavra de areia já nas fases finais de operação no município de Itaquaquetuba



**Figura 8.5 -** (A) Área do Pesqueiro Murayama que é um pesque-pague proveniente da recuperação de um antigo porto de areia que operou por 35 anos em área próxima ao rodovial norte entre os municípios de Arujá e Guarulhos; (B) e (C) Antiga pedra abandonada no Granito Sabaúna utilizada atualmente para atividades de lazer (escalada e trilha).

A seguir estão listados alguns pontos relevantes para a sustentabilidade na mineração de acordo com Barreto *et al.* (2001):

- Buscar atuar sempre de forma a prevenir a degradação ambiental;
- Minimizar ao máximo os impactos, buscando, sempre que possível, a condição mais próxima da natural de origem dos terrenos trabalhados;
- Restaurar satisfatoriamente os sítios degradados;
- Controlar os processos erosivos e de estabilidade do terreno;
- Reduzir a geração de resíduos e rejeitos descartados;
- Reaproveitar ao máximo os rejeitos primários, os resíduos, as escórias e as areias de fundição;
- Reutilizar, reciclar e buscar novos usos para os minerais;
- Promover a deposição segura, em especial dos resíduos perigosos, mantendo sua estabilidade e efetuar o monitoramento contínuo;
- Reduzir as drenagens ácidas desde o início do projeto até sua total estabilização, dentro de padrões aceitáveis;

- Garantir a segurança e a estabilidade física, química e biológica das áreas mineradas e adjacentes;
- Revegetar de forma contínua as áreas desmatadas e outras adjacentes ao projeto;
- Utilizar nos processos, de forma eficiente, a energia, a água, e as substâncias químicas;
- Assegurar que a atividade mineira não represente ameaça para a qualidade das águas;
- Prever um plano de gerenciamento dos recursos hídricos;
- Proteger as águas superficiais e subterrâneas;
- Gerenciar e monitorar de forma contínua todas as áreas de influência do projeto mineiro;
- Reduzir a níveis satisfatórios a emissão de poeiras e gases na atmosfera;
- Minimizar os impactos visuais;
- Garantir a segurança, a saúde e a higiene da comunidade e das áreas públicas;
- Promover e manter a auto-sustentabilidade dos ecossistemas, bem como sua biodiversidade, protegendo a vida e os espécimes da fauna e da flora;
- Prever o desmonte e a remoção das instalações, equipamentos e materiais;
- Executar a limpeza e a revitalização das áreas industriais;
- Manter um canal de informação permanente com a comunidade local sobre as atividades de rotina, os possíveis riscos e treinamento de emergência, quando for o caso;
- Assegurar o uso viável da terra e a qualidade de vida da comunidade local após a atividade de mineração;
- Estabelecer cronograma físico-financeiro para todas as etapas do projeto;
- Prever medidas complementares e corretivas após a exaustão da mina;
- Promover medidas compensatórias como forma de amenizar os impactos relevantes.

Algumas ações de governo em curso no Brasil:

- Modernizar a legislação vigente;
- Harmonizar as normas e procedimentos nas diversas unidades da federação;
- Articular os órgãos governamentais em suas diversas esferas;
- Intensificar o diálogo entre governo, indústria mineral e sociedade civil (comunidades locais e ONGs);
- Promover incentivos e formas de compensação para os projetos mineiros auto-sustentáveis;
- Criar mecanismos de suporte técnico e econômico para as garantias ambientais;
- Promover a captação de recursos destinados aos projetos ambientais no setor.

## 9. DISCUSSÃO

### 9.1. DISTRIBUIÇÃO DAS CONCESSÕES DE LAVRA NA RMSP: RELAÇÃO COM O CONTEXTO GEOLÓGICO DA REGIÃO

A RMSP se destaca no setor mineral do estado de São Paulo justamente pela produção de agregados para a construção civil. Isto é explicado pela alta demanda para suprir a necessidade em obras de infraestrutura e construções habitacionais.

Baseando-se em levantamentos e filtragem de informações da ANM (SIGMINE) em meados do ano de 2018, pode ser constatado que os municípios que se destacam em direitos minerários para areia, levando em conta o número de concessões de lavra, são: Mogi das Cruzes e São Paulo. Para brita se destacam os municípios de São Paulo, Barueri, Santana do Parnaíba, Santa Isabel e Mogi das Cruzes. O maior número de lavras nestas localidades apresenta relação com a dimensão do município e o contexto geológico no qual este se encontra inserido.

As regiões com formações geológicas da Bacia de Taubaté apresentam maior ocorrência de reservas naturais para areia, caso de Mogi das Cruzes, enquanto regiões com concentração de áreas com batólitos graníticos se destacam no número de áreas para brita (e.g., Suíte Granítica Santa Isabel no município de Santa Isabel e Suíte Granítica Itaqui nos municípios de Barueri e Santana do Parnaíba). As lavras na Bacia de Taubaté apresentam, em geral, localização próxima às falhas normais onde as camadas de rochas sedimentares são mais espessas, chegando a mais de 300 m, como inferido pela modelagem realizada com os dados de poços e de geofísica terrestre.

### 9.2. OCUPAÇÃO TERRITORIAL VS. ÁREAS PARA MINERAÇÃO: SITUAÇÃO ATUAL E IMPLICAÇÕES

Assim como em outros municípios do Planalto Atlântico, a ocupação urbana na RMSP ocorreu primeiramente em áreas, com relevo plano, das bacias cenozoicas de São Paulo e Taubaté (AB'SÁBER, 2007; Figura 3.1), cujas unidades geológicas representam as maiores reservas naturais de areia na região. No entanto, as poucas áreas de bacia ainda disponíveis na RMSP, fora da mancha urbana, estão localizadas somente nos municípios de Mogi das Cruzes e Guararema. As demais regiões planas encontram-se estéreis por serem áreas totalmente urbanizadas, e que ocupam grande parte do município de São Paulo.

O crescimento urbano desordenado e explosivo envolveu, portanto, a ocupação das áreas com potencial mineral, o que é um fator crítico para o futuro de uma região tão dependente de recursos (e.g., VALVERDE, 2001). Mesmo nas regiões com relevo acidentado, local de boa parte das mineradoras de brita, a ocupação disputa espaço com as pedreiras. Neste caso, a coexistência nem sempre é pacífica, com conflitos decorrentes dos incômodos ocasionados pela atividade mineira (e.g., BITAR, 1997).

As áreas verdes pouco a não ocupadas da RMSP apresentam, em geral, outros tipos de restrição para a mineração, seja por estarem inseridas em UCs (APPs, APAs) e/ou em áreas de mananciais, sendo que estas últimas representam 54% da área total da região ([www.fundacaofia.com.br](http://www.fundacaofia.com.br); Figura 8.3). Sendo assim, restam poucos locais ainda disponíveis para a expansão da mineração de agregados, em especial de areia, cuja disponibilidade de reservas naturais é mais crítica. Considerando o total da área da RMSP (7943,52 km<sup>2</sup>), menos de 20% (1320,42 km<sup>2</sup>) está localizada fora de áreas com restrições. Em 2012, o distanciamento das fontes produtoras já encarecia o frete da areia até a RMSP, tornando o custo inviável para parte dos usuários finais ([www.revistamt.com.br](http://www.revistamt.com.br)). Naquela época, a areia de brita já respondia por mais de 9% do consumo de areia da Grande São Paulo ([www.revistamt.com.br](http://www.revistamt.com.br)). O desenvolvimento de novas tecnologias para produção e beneficiamento de areia de brita tem tornado o produto uma alternativa cada vez mais vantajosa devido às condições impostas à região.

### 9.3. CARACTERIZAÇÃO DO MINÉRIO PRODUZIDO NA RMSP

Como já observado no item 5, os ensaios realizados nos minérios, ou que tenham potencial para se tornarem minérios, encontrados na RMSP, serviram para contextualizar suas características físicas, químicas e mineralógicas.

As areias em geral possuem composição mineralógica muito semelhante, com o predomínio de quartzo e subordinadamente feldspato. As amostras de areia beneficiada tiveram melhor desempenho nos ensaios tecnológicos voltados para a utilização da areia em concreto. Além de fontes de unidades geológicas tradicionais para a obtenção do minério, como é o caso de sedimentos inconsolidados e rochas sedimentares, observou-se fontes alternativas como areias residuais e areia de brita.



Essas amostras também atingiram resultados satisfatórios nos ensaios tecnológicos, mostrando-se excelentes alternativas para a produção do minério areia.

Na RMSP, existe grande variedade de unidades geológicas que serve como fonte para a produção do minério brita, principalmente granitoides e gnaisses. Os granitoides, em geral, possuem maior potencial para a produção de brita, em razão da composição mineralógica e propriedades físicas e químicas. Entretanto, algumas

amostras provenientes de regiões próximas a zonas de cisalhamento regionais apresentaram natureza potencialmente reativa com relação à reação álcali-silica. É o caso de algumas amostras da Suíte Granítica Cantareira, a mais expressiva do domínio Serra do Itaberaba e das suítes graníticas Tico-Tico e Santa Isabel. Para os demais ensaios realizados, as amostras analisadas obtiveram bom desempenho ou potencial para minério.

## 10. CONCLUSÕES

---

A RMSP se destaca no setor mineral do estado de São Paulo pela produção e consumo de agregados para construção civil. A região já apresentou no passado uma quantidade expressiva de lavras de areia e brita, porém este número vem diminuindo como resultado da expansão urbana em áreas com potencial mineral, além do aumento das restrições ambientais. Considerando o total da área da RMSP (7943, 52 km<sup>2</sup>), menos de 20% (1320,42 km<sup>2</sup>) está atualmente localizada fora de áreas com restrições.

Atualmente, dados da ANM (SIGMINE) mostram que os municípios de Mogi das Cruzes e São Paulo se destacam em número de concessões de lavra para areia, enquanto os municípios de São Paulo, Barueri, Santana do Parnaíba, Santa Isabel e Mogi das Cruzes se destacam para brita. O maior número de lavras nestas localidades apresenta relação com a dimensão do município e o contexto geológico no qual este se encontra inserido, seja por conter áreas com reservas naturais de areia da

Bacia de Taubaté, caso de Mogi das Cruzes, como por apresentar batólitos graníticos fonte para brita (e.g., Santa Isabel, Barueri). A localização das lavras de areia na bacia apresenta proximidade com falhas normais, locais onde o pacote de rochas sedimentares é mais espesso, chegando a mais de 300 m de profundidade.

Os ensaios tecnológicos realizados em amostras da região mostraram que a areia beneficiada proveniente de fontes tradicionais (sedimentos inconsolidados e rochas sedimentares), manto de alteração e britagem de rocha apresentam resultados satisfatórios para uso em concreto. As amostras de brita submetidas a ensaios tecnológicos também obtiveram bons resultados. No entanto, amostras de granito, provenientes de regiões próximas a zonas de cisalhamento regionais, apresentaram natureza potencialmente reativa com relação à reação álcali-sílica. Neste caso, algumas amostras das suítes graníticas Cantareira, Tico-Tico e Santa Isabel.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, Aziz Nacib. *Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo*. Ed. fac-similar – 50 anos. Cotia, SP: Ateliê Editorial, 2007. 349p., (algumas dobradas), il., mapas, 22 cm.
- ALMEIDA, F. F. M. de. *Origem e evolução da plataforma brasileira*. Rio de Janeiro: DNPM, 1967. 36 p. il.+ 1 mapa anexo. (Boletim DGM, 241).
- ALMEIDA, F. F. M. de; AMARAL, G.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. The precambrian evolution of the South American cratonic margin south of the Amazon River. *In: Nairn, A. E. M. The ocean basins and margins*. New York : Plenum, 1973. V. 1, p. 411-446.
- ALMEIDA, F. F. M. de *et al.* Províncias estruturais brasileiras. *In: SIMPOSIO DA GEOLOGIA DO NORDESTE*, 8., 1977, Campina Grande, PB. *Atas [...]* Campina Grande, PB: SBG Núcleo do Nordeste, 1977. P. 363-391. il., map.
- ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Science Review*, Amsterdam, v.17, n.1/2, p. 1-29, abr. 1981.
- ALMEIDA, F. F. M.; RICCOMINI, C.; DEHIRA, L. K.; CAMPANHA, G. A. C. Tectônica da Formação Itaquaquetuba na Grande São Paulo. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 33, 28 out.-4 nov., 1984. *Anais [...]* Rio de Janeiro: SBG – Núcleo Rio de Janeiro, 1984. V.4, p. 1794-1808.
- ALVES, A. *Petrogênese de plútons graníticos do leste paulista: Geocronologia, Geoquímica Elemental e Isotópica*. Orientador: Valdecir de Assis. 2009. 122p. + anexos. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- ALVES, A.; JANASI, V. A.; CAMPOS NETO, M. C. U-Pb geochronology of the granite magmatism in the Embu Terrane: Implications for the evolution of the Central Ribeira Belt, SE Brazil. *Precambrian Research*, v. 230, p. 1-12, jun. 2013.
- ALVES, A.; JANASI, V. A.; CAMPOS NETO, M. C. Sources of granite magmatism in the Embu Terrane (Ribeira Belt, Brazil): Neoproterozoic crust recycling constrained by elemental and isotope (Sr-Nd-Pb) geochemistry. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 68, p. 205-223, jul. 2016.
- AMADOR, E. da S. Estratigrafia e sedimentação da Bacia de Resende, Rio de Janeiro. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v.47, Suplemento, p. 181-225, 1975.
- ANDRADE, S. 2006. *Análises por LA-ICPMS em zircões de rochas graníticas da faixa graníticas da Faixa Ribeira no estado de São Paulo – SE do Brasil: implicações genéticas e geocronológicas*. Orientador: H. Ulbrich. 2016. 316p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- ANTUNES, R. A economia da região metropolitana de São Paulo. *Boletim Informações FIPE*, São Paulo, n. 451, p. 28-33, abr. 2018.
- ARAI, Y. M.; YAMAMOTO, I. T. Novos dados sobre a idade da Formação Itaquaquetuba: uma contribuição palinológica. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE*, 4., 1995, Águas de São Pedro, SP. *Boletim de Resumos*. São Paulo: SBG. Núcleos São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo : UNESP, 1995. 142 p., p. 22.
- ARTUR, A. C.; WERNICK, E.; KAWASHITA, K. Geocronologia de unidades litoestratigráficas do embasamento cristalino da região sul de Minas Gerais e áreas adjacentes do Estado de São Paulo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 35., 1988, Belém, Pará. *Anais [...]* Belém: SBG, 1988. V.6, p. 2854-2869.
- ARTUR, A. C. *Complexo granitoide pluriserial Socorro: Geologia, petrologia e recursos minerais*. 2003. 139 p. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.
- AZEVEDO, A. 1958. A região de São Paulo. *In: AZEVEDO, A. (coord.) A cidade de São Paulo: estudos de geografia urbana*. São Paulo: Ed. Nacional, 1958. V.4 – Os subúrbios paulistanos, p. 254.
- AZEVEDO, D. T. *Os turmalina granitos de Perus, SP: aspectos geológicos e petrográficos*. Orientador: H. Ulbrich. 1997. 96 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- BABINSKI, M.; TASSINARI, C.G.; NUTMAN, A.P.; SATO, K.; MARTINS, P.O.R.; IYER, S.S. 2001. U-Pb SHRIMP ages of migmatites from the basement of the Embu Complex, Ribeira Fold Belt, Brazil: indications for ~1.4-1.3 Ga Pb-Pb and Rb-Sr “isochron” ages of no geological meaning. *In: South American symposium on isotope geology*, 3., 2001, Pucón, Chile. *Extended abstracts [...]* Chile: Servicio Nacional de Geología y Minería, 2001. P.91-93.
- BARRETO, L. M. (Ed.) *Ensaio sobre a sustentabilidade na mineração no Brasil*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 130 p., il.
- BASEI, M. A. S., BRITO NEVES, B. B., SIGA JR., O., BABINSKI, M., PIMENTEL M. M., TASSINARI, C. C. G., HOLLANDA, M. H. B., NUTMAN, A., CORDANI, U. G. Contribution of SHRIMP U–Pb zircon geochronology to unravelling the evolution of Brazilian Neoproterozoic fold belts. *Precambrian Research*, v. 183, n. 1, p. 112-144, nov. 2010.
- BELJAVSKIS, P.; GARDA, G. M.; JULIANI, C. Características das mineralizações auríferas no Grupo Serra do Itaberaba, Guarulhos – SP. *Revista do Instituto Geológico*, v. 14, n. 1, p. 21-29, 1993.

- BISTRICHI, C.A.; CARNEIRO, C.D.R.; DANTAS, A.S.L.; PONÇANO, W.L.; CAMPANHA, G.A. da C.; NAGATA, N.; ALMEIDA, M.A.; STEIN, D.P.; MELO, M.S. de; CREMONINI, O.A. - 1981 - Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000. São Paulo, IPT/PRÓ-MINÉRIO, v.2 (IPT, Monografias 6).
- BITAR, O. Y. *Avaliação da Recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo*. Orientador: Arthur Pinto Chaves. 1997. 184p. + anexos. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- BÓGUS, L. M. M.; VÉRAS, M. P. B. A reorganização metropolitana de São Paulo: espaços sociais no contexto da globalização. *Cadernos Metrópole*, São Paulo, n. 3, 81-98, 2000.
- BRAGA, A. C. O. *Geofísica Aplicada: Métodos Geoeletricos em Hidrogeologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. 159 p.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, ano 139, n. 90, p. 67-68, 13 de maio de 2002a.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. *Diário Oficial da União*: seção1, Brasília, DF, ano 139, n. 90, p.68, 13 de maio de 2002b.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. *Diário Oficial da União*: seção1, Brasília, DF, ano 143, nº 61, p.150-151, de 29 de março de 2006.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 428, de 17 de dezembro de 2010. Revoga o parágrafo único do art. 16 da Resolução CONAMA nº 401/2008. *Diário Oficial da União*: seção 1, ano 147, n. 242, p. 805, 20 de dezembro de 2010.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Anuário Mineral Estadual de São Paulo 2015*: ano base 2014. Brasília: DNPM, 2016. Coord. técnica José Eduardo da Costa Duarte. 46 p.
- BUENO, E. S. *A área urbana e as áreas naturais da região metropolitana de São Paulo*: de compartimentos fisiográficos a categorias geográficas. Orientador: Sueli Angelo Furlan. 2013. 318 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- CABRAL, E. *Tendências e variabilidade do fenômeno pluvial na região metropolitana de São Paulo e possíveis vinculações com o processo de urbanização*. 2002. 183 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- CABRITA, D. I. G.; FALEIROS, F. M.; CAMPANHA, G. A. C.; PAVAN, M.; ALMEIDA, V. V. Neoproterozoic metamorphism and anatexis in the Embu Complex, Ribeira Belt (Brazil): Evidence for two major events. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 49., 2018, Rio de Janeiro. *Anais [...] Disponível em: <<http://cbg2018anais.siteoficial.ws/resumos/8288.pdf>>*.
- CAMPANHA, G. A. C.; ENS, H. H. Estruturação geológica da região da Serra do Juqueriquerê, São Sebastião, SP. *Boletim IG/USP - Série Científica*, n. 27, p. 41-49, 1996.
- CAMPANHA, G. A. C.; SADOWSKI, G. R. Tectonics of the southern portion of the Ribeira belt (Apiaí domain). *Precambrian Research*, Amsterdam, v. 98, n.1-2, p. 31-51, out. 1999.
- CAMPANHA, G.A.C.; FALEIROS, F. M.; BASEI, M. A. S.; TASSINARI, C. C. G.; NUTMAN, A. P.; VASCONCELOS, P. M. Geochemistry and age of mafic rocks from the Votuverava Group, southern Ribeira Belt, Brazil: Evidence for 1490 Ma oceanic back-arc magmatism. *Precambrian Research*, v. 266, p. 530-550, set. 2015.
- CAMPANHA, G. A. C.; FALEIROS, F. M.; CAWOOD, P. A.; CABRITA, D. I. G.; RIBEIRO, B. V.; BASEI, M. A. S. The Tonian Embu Complex in the Ribeira Belt (Brazil): revision, depositional age and setting in Rodinia and West Gondwana. *Precambrian Research*, v. 320, p. 31-45, jan. 2019.
- CAMPOS NETO, M. C. *Porção ocidental da faixa Alto Rio Grande: ensaio de evolução tectônica*. 1991. 210 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- CAMPOS NETO, M.C.; FIGUEIREDO, M.C.H. 1995. The Rio Doce Orogeny, Southeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v.8, n.2, p. 143-162, abr. 1995.
- CAMPOS NETO, M.C. Orogenic systems from southwestern Gondwana: an approach to Brasiliano-Pan African cycle and collage in southeastern Brazil. *In: CORDANI, Umberto Giuseppe et al. Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, 2000. P. 335–365. ISBN 8590148211.
- CAMPOS NETO, M. C., CABY, R. Terrane accretion and upward extrusion of high-pressure granulites in the Neoproterozoic nappes of southeast Brazil: Petrologic and structural constraints. *Tectonics*, v. 19, n. 4, p. 669-687, 2000.
- CAMPOS NETO, M. C.; BASEI, M. A. S.; VLACH, S. R. F.; CABY, R.; SZABO, G. A. J.; VASCONCELOS, P. Migração de orógenos e superposição de orogêneses: Um esboço da Colagem Brasileira no Sul do Cráton do São Francisco, SE-Brasil. *Geologia USP- Série Científica*, v. 4, n.1, p. 13-40, 2004.
- CAMPOS NETO, M.C.; JANASI, V. A.; BASEI, M. A. S.; SIGA JR., O. Sistema de Nappes Andrelândia, setor oriental: Litoestratigrafia e posição estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 37, n.4 supl., p. 47-60, 2007.
- CARNEIRO, C.D.R. Contribuição ao estudo da litoestratigrafia do Grupo São Roque na Faixa Jaraguá-Cristais SP. *In:*

- CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. *Anais [...] Rio de Janeiro: SBG, 1984. p. 3212-3226.*
- CARVALHO, A. M. A.; VIDAL, A. C.; KIANG, C. H. Delimitação do Embasamento da Bacia de Taubaté. *Geologia USP-Série Científica*, v.11, n.1, p.19-32, 2011.
- CHIODI FILHO, C.; CHIEREGATI, L. A.; THEODOROVICZ, A. M. G.; THEODOROVICZ, A.; MENEZES, R. G.; RAMALHO, R.; BATOLLA JR., F. Geologia e recursos minerais das folhas de Natividade da Serra e Caraguatubá. In: JORNADA SOBRE A CARTA GEOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO EM 1:50.000, 1., 1983, São Paulo. *Atas [...] São Paulo: Pró-Minério, 1983. P. 8-29.*
- COIMBRA, A. M.; RICCOMINI, C.; MELO, M. S.. A Formação Itaquaquetuba: Evidências de tectonismo no quaternário paulista. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4., 1983. São Paulo,. *Anais...* P. 253-266.
- CORDANI, U. G. , BITTENCOURT, J. Determinações de idade K-Ar em rochas do Grupo Açungui. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21., 1967, Curitiba. *Anais [...] Curitiba : SBG, 1967. V.1, p.218-233.*
- CORDANI, U. G.; COUTINHO, J. M. V.; NUTMAN, A. P. Geochronological constraints on the evolution of the Embu Complex, São Paulo, Brasil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 14, n.8, p. 903-910, mar. 2002.
- COUTINHO, J. M. V. *Carta geológica da Região Metropolitana da Grande São Paulo*. São Paulo: EMPLASA, 1980. 1 encarte com 2 maps. Escala 1 : 100.000.
- COUTINHO, J. M. V.; RODRIGUES, E. de P.; SUEMITSU, A.; JULIANI, C.; BELJAVSKIS, P.; PEROSA, P. de T. Y. Geologia e petrologia da sequência vulcano-sedimentar do Grupo São Roque na Serra de Itaberaba – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982, Salvador, Bahia. *Anais [...] Salvador: SBG, 1982. V.2, p. 624-640.*
- CUCHIERATO, G. *Caracterização tecnológica de resíduos da mineração de agregados da região metropolitana de São Paulo, visando seu aproveitamento econômico*. 2000. 201 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- CUCHIERATO, G.; SANT’AGOSTINO, L.M. Pó de pedra: produção na região metropolitana de São Paulo (RMSP) e principais características. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, PRÁTICAS RECOMENDADAS, 3., 2000, São Paulo. *Anais [...] São Paulo: IBRACON, CT 206 - Meio Ambiente, 2000. P.125.*
- CUNHA, A.S. Migração, território urbanização, crescimento populacional e mobilidade na região metropolitana de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS : POPULAÇÃO, GOVERNANÇA E BEM-ESTAR, , 19., 24 a 28 nov. 2014, São Pedro, SP. *Anais [...] São Paulo: ABEP, 2014. 47 p.*
- DEDECCA, C.; MONTALI, I.; BAENINGER, R. (orgs.). *Estudos regionais: Região Metropolitana de São Paulo*. São Paulo: FINEP: UNICAMP, 2009. 184 p. (Regiões metropolitanas e pólos econômicos do estado de São Paulo: desigualdades e indicadores para as políticas sociais).
- DELGADO, I. M., SOUZA, J. D., SILVA, L. C., SILVEIRA FILHO, N. C., SANTOS, R. A., PESDREIRA, A. J., GUIMARÃES, T., ANGELIN, L. A. A., VASCONCELOS, A. M., GOMES, I.P., LACERDA FILHO, J.V., VALENTE, C.R., PERROTTA, M., HEINECK, C. A. Geotectônica do Escudo Atlântico. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUSS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (eds.) *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. Brasília: CPRM, 2003. P. 227–234. ISBN 8523007903.
- DERBY, O. A. Retrospecto histórico dos trabalhos geográficos e geológicos efectuados na Província de S. Paulo. *Boletim da Comissão Geographica e Geologica da Província de S. Paulo*, São Paulo, n.1, p.3-26, 1989. Disponível em: [https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2017/01/Boletim\\_CGG\\_01\\_Retrospecto\\_Historico-1889.pdf](https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2017/01/Boletim_CGG_01_Retrospecto_Historico-1889.pdf).
- DIAS NETO, C. M. *Evolução tectono-termal do Complexo Costeiro (Faixa de Dobramentos Ribeira) em São Paulo*. 2001. 160 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- DINIZ, H. N. *Estudo do potencial hidrogeológico do Rio Baquirivu-Guaçu, municípios de Guarulhos e Arujá, SP*. 1996. 296 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- EBERT, H. A estrutura pré-cambriana do sudoeste de Minas Gerais e áreas adjacentes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21., 1967, Curitiba. *Programa, Resumos e Roteiros das Excursões. Boletim Paranaense de Geociências* 26:42-45.
- EBERT, H. *Aspectos da geologia da região de São João Del Rei ; os Paraibides entre São João del Rei e Itapira e a bifurcação entre Paraibides e Araxaides*. São Paulo: SBG, 1984. 114 p.: il., maps. (Publicação SBG, 12).
- ENZWEILLER, J.; DUARTE, M. A. I. 2007. Geoquímica analítica. In: LICHT, O. A. B.; MELLO, C. S. B. de; SILVA, C. R. da. (eds.). *Prospecção Geoquímica: depósitos minerais metálicos, não-metálicos, óleo e gás*. Rio de Janeiro: CPRM; Sociedade Brasileira de Geoquímica, 2007. P. 253-278.
- FALEIROS, F. M. *Evolução de terrenos tectonometamórficos da Serrania do Ribeira e Planalto Alto Turvo (SP, PR)*. 2008. 306 p. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, 2008.
- FALEIROS, F. M.; CAMPANHA, G. A. C.; MARTINS, L.; VLACH, S. R. F.; VASCONCELOS, P. M. Ediacaran high-pressure collision metamorphism and tectonics of the southern Ribeira belt (SE Brazil): evidence for terrane accretion and dispersion during Gondwana assembly. *Precambrian Research*, v. 189, n.3/4, p. 263-291, set. 2011.
- FÁVERO, E. *Desmembramento territorial: o processo de criação de municípios – avaliação a partir de indicadores econômicos e sociais*. 2004. 252 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

- FERNANDES, A. J. *O Complexo Embu no leste do estado de São Paulo: contribuição ao conhecimento da litoestratigrafia e da evolução estrutural e metamórfica*. 1991, 120p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- FERNANDES, F. L. *Arcabouço estrutural e evolução da Bacia de Taubaté – SP*. 1993. 147 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1993.
- FERNANDES, F. L.; CHANG, H. K. Arcabouço estrutural da Bacia de Taubaté – SP. In: SIMPOSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTONICOS, 9., 2003, Búzios. *Boletim de Resumos*. Rio de Janeiro: SBG Núcleo Rio de Janeiro/Espírito Santo, 2003. P. 367-370.
- FILIPPOV, M.; JANASI, V. A. The Mauá granitic massif, Central Ribeira Belt, São Paulo: petrography, geochemistry and U-Pb dating. *Revista Brasileira de Geociências*, v.31, n.3, p. 341-348, 2001.
- GENGO, R. M. *Petrologia de ortognaisse e granitoides do Domínio Socorro, Nappe Socorro-Guaxupé, Seção Extrema-Camanducaia*. 2014. 109 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- HACKSPACHER, P. C.; DANTAS, E. L.; SPOLADORE, A.; FETTER, A. H.; OLIVEIRA, M. A. F. Evidence for Neoproterozoic back-arc basin development in the Central Ribeira Belt, southeastern Brazil: new geochronological and geochemical constraints from the São Roque-Açungui Groups. *Revista Brasileira de Geociências*, v.30, n.1, p. 110-114, 2000.
- HASUI, Y., CARNEIRO, C. D. R., COIMBRA, A. M. The Ribeira Folded Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, v.5, n.4, p. 257–266, 1975.
- HASUI, Y.; SADOWSKI, G. R. Evolução geológica do Pré-Cambriano na região sudeste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, v.6, n.3, p. 182-200, 1976.
- HASUI, Y.; SADOWSKI, G. R.; CARNEIRO, C. D. R. Considerações sobre a estratigrafia do Pré-Cambriano na região de São Paulo, São Paulo. *Boletim IG-USP*, v.7, p. 107-112, 1976.
- HASUI, Y.; PONÇANO, W. L. Organização estrutural e evolução da Bacia de Taubaté. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978, Recife. *Anais [...] V.1*, p. 368-381.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R. 1980. Origem e evolução da bacia sedimentar de São Paulo. In: ABGE; SBG. *Aspectos geológicos e geotécnicos da bacia sedimentar de São Paulo*. São Paulo: SBG/NSP, 1980. P. 5-14. (Publicação SGB, Núcleo de São Paulo, 3) Publicação Especial da Mesa Redonda, realizada de 19 a 21 de maio de 1980.
- HEILBRON, M.; MOHRIAK, W.; VALERIANO, C. M.; MILANI, E.; ALMEIDA, J. C. H.; TUPINAMBÁ, M. From Collision to Extension: The Roots of the Southeastern Continental Margim of Brazil. In: MOHRIAK, W. U.; TALWANI, M. (Eds.) *Atlantic rifts and continental margins*. Washington: Am. Geoph. Union, 2000. P. 1-32. (Geoph. Monogr. Ser., 115).
- HEILBRON, M.; MACHADO, N. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic–Eopaleozoic Ribeira belt, SE Brazil. *Precambrian Research*, v.125, n.1/2, p. 87-112, jul. 2003.
- HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; CAMPOS NETO, M. C.; SILVA, L. C.; TROUW, R. A. J.; JANASI, V. A. Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V. et al. (Orgs.) *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Deca, 2004. P. 203-234.
- HEILBRON, M., VALERIANO, C. M., TASSINARI, C. C. G., ALMEIDA, J. C. H., TUPINAMBA, M., SIGA JR, O., TROUW, R. A. J. Correlation of Neoproterozoic terranes between Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. In: PANKHURST, R. J., TROUW, R. A. J., BRITO NEVES, B. B., DE WIT, M. J. (Eds). *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region*. London: Geological Society of London, 2008. P. 211–238. (Geological Society, Special Publications, 294)
- HENRIQUE-PINTO, R.; JANASI, V. A. Metaconglomerados e rochas associadas do Grupo São Roque a norte da cidade de São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 40, n.3, p. 409-425, 2010.
- HENRIQUE-PINTO, R. 2012. Proveniência e ambientes de sedimentação do Grupo São Roque com base na química de rocha total e datação U-Pb de zircões detríticos. 2012. 370 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- HENRIQUE-PINTO, R.; JANASI, V. A.; CAMPANHA, G. A. C. U-Pb dating, Lu-Hf isotope systematics and chemistry of zircon from the Morro do Polvilho meta-trachydacite: constraints on sources of magmatism and on the depositional age of the São Roque Group. *Geologia USP-Série Científica*, v, 18, n. 2, p. 5-56, 2018.
- HOLLAND, S.S. *Hydraulic Mining Methods*. *Bulletin [of Department of Mines]*, Victoria, British Columbia, n. 15, 76p, 1942. Disponível em: [http://cmscontent.nrs.gov.bc.ca/geoscience/PublicationCatalogue/Bulletin/BCGS\\_B015.pdf](http://cmscontent.nrs.gov.bc.ca/geoscience/PublicationCatalogue/Bulletin/BCGS_B015.pdf).
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Estimativas do déficit habitacional brasileiro*. Brasília, 2013. 20 p. (Nota técnica, 1). Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/nota\\_tecnica/130517\\_notatecnicadirur01.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/nota_tecnica/130517_notatecnicadirur01.pdf).
- JANASI, V. A. *Petrogênese de granitos crustais na Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé (SP-MG): uma contribuição da geoquímica elemental e isotópica*. São Paulo, 1999. 304 p. Tese (Livre-Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- JANASI, V. A.; LEITE, R. J.; VAN SCHMUS, W. R. U-Pb chronostratigraphy of the granitic magmatism in the Agudos Grandes batholith (west of São Paulo, Brazil): implications for the evolution of the Ribeira belt. *Journal of South American Earth Sciences*, Amsterdam, v. 14, n. 4, p. 363-376, set. 2001.
- JANASI, V. D. A., ALVES, A., VLACH, S. R. F. Granitos peraluminosos da porção central da Faixa Ribeira, Estado de São Paulo: sucessivos eventos de reciclagem da crosta continental no neoproterozoico. *Geologia USP-Série Científica*, v. 3, p. 13–24, 2003.

- JANNUZZI, P.M. São Paulo, século XXI: a maior metrópole das Américas. *Ciência e Cultura*, v. 56, n. 2, p. 30-32, abr./jun. 2000.
- JULIANI, C. (não publicado). *Carta Geológica da folha Atibaia (SF. 23-Y-C-III). Escala 1:100.000*. [São Paulo]: CPRM. (Programa Geologia do Brasil).
- JULIANI, C. (não publicado). *Carta Geológica da folha Leste Atibaia (SF. 23-Y-D -I). Escala 1:100.000*. [São Paulo]: CPRM. (Programa Geologia do Brasil).
- JULIANI, C.; BELJAVSKIS, P.; SCHORSCHER, H.D. 1986. Petrogênese do vulcanismo e aspectos metalogenéticos associados: Grupo Serra do Itaberaba na região do São Roque – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., 1986, Goiânia. Anais [...] V. 2, p. 730-743.
- JULIANI, C. *Geologia, petrogênese e aspectos metalogenéticos dos grupos Serra do Itaberaba e São Roque na região das serras do Itaberaba e da Pedra Branca, NE da cidade de São Paulo, SP*. 1993. 2 v., 803 p., 5 maps. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- JULIANI, C.; SCHORSCHER, H. D.; BELJAVSKIS, P.; GARDA, G. M. Lito-estratigrafia e petrografia do Grupo Serra do Itaberaba, NE da cidade de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Balneário de Camboriú. *Boletim de Resumos Expandidos*. Balneário de Camboriú: SBG :DNPM : CPRM, 1994. V. 2, p. 101-103.
- JULIANI, C.; BELJAVSKIS, P. Revisão da litoestratigrafia da faixa São Roque/ Serra do Itaberaba (SP). *Revista do Instituto Geológico*, v. 16, n. 1/2, p. 33-58, 1995.
- JULIANI, C.; HACKSPACHER, P.; FETTER, A. H.; DANTAS, E. L. The mesoproterozoic volcano-sedimentary Serra do Itaberaba Group of the Central Ribeira belt, São Paulo state, Brazil: implications for the age of the overlying São Roque Group. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, n. 1, p. 82-86, 2000.
- KULAI, Y. *Análise dos mercados de matérias-primas minerais: estudo de caso da indústria de pedras britadas do estado de São Paulo*. 2001. 144 p. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- LCA CONSULTORES, Análise do mercado de agregados para construção no estado de São Paulo. São Paulo, 2014. 54 p. (Relatório técnico)
- PAÇO, A. J. Cópia da “Informações sobre as minas de São Paulo e dos sertões da sua capitania desde o ano de 1597 até o presente 1772”. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Brasil*, t. 64, parte 1, n.103, p. 1-84, 1901. Transcrição do manuscrito de Pedro Taques de Almeida Paes Leme e com observações iniciais do compilador.
- LEITE, J. R.; HEAMAN, L. M.; JANASI, V. A.; MARTINS, L.; CREASER, R. A. The late- to postorogenic transition in the Neoproterozoic Agudos Grandes Granite Batholith (Apiáí Domain, SE Brazil): Constraints from geology, mineralogy and U-Pb geochronology. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 23, n. 1-2, p. 193-212, fev. 2007.
- LEINZ, V.; CARVALHO, A. M. V. Contribuição à geologia da Bacia de São Paulo. *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, Universidade de São Paulo*, n. 15, p. 1-61, 1957.
- LIMA, M. R.; SALARD-CHEBOLDAEFF, M.; SUGUIO, K. Étude palynologique de la Formation Tremembé, Tertiaire du Bassin de Taubaté (etat de São Paulo, Brésil), d’après les échantillons du sondage nº 42 du CNP. In: CAMPOS, D. de A. et al. (org.) *Coletânea de trabalhos paleontológicos* : trabalhos apresentados no VIII Congresso Brasileiro de Paleontologia, 1983. Brasília: DNPM, 1985. P. 379-393 (Série Geologia, 27) (Série Geológica. Seção Paleontologia e Estratigrafia, 2)
- MARQUES, A. Evolução tectono-sedimentar e perspectivas exploratórias da Bacia de Taubaté, São Paulo, Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v. 4, n. 3, p. 253-262, set. 1990.
- MARTINS, L. Condições de cristalização de granitos sin- e tardi-orogênicos da porção central do batólito Agudos Grandes, SP, com base em geoquímica de minerais e rochas. 2001. 127 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- MARTINS, L. *Geração e migração de magmas graníticos na crosta continental: estudos de detalhe em granitos e migmatitos da região de Nazaré Paulista (SP)*. 2005. 159 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- MEIRA, V. T. Evolução Tectono-Metamórfica Neoproterozoica dos Complexos Embu e Costeiro no Contexto de Formação do Gondwana Ocidental (Leste do Estado de São Paulo). 2014. 348 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- MEIRA, V. T.; GARCÍA-CASCO, A.; JULIANI, C.; ALMEIDA, R. P.; SCHORSCHER, J. H. D. The role of intracontinental deformation in supercontinent assembly: insights from the Ribeira Belt, southeastern Brazil (Neoproterozoic West Gondwana). *Terra Nova*, v. 27, n.3, p. 206-217, mar. 2015.
- METSO. Manual de Britagem. São Paulo: METSO: Lte, 2002.
- MEZZALIRA, S. Novas ocorrências de vegetais fósseis cenozóicos no Estado de São Paulo. *Revista do Instituto Geográfico e Geológico*, São Paulo, v.15, p. 73-94, 1961/1962.
- MORAES REGO, L.F. *Contribuição ao estudo das formações predevoneanas de São Paulo*. São Paulo : Instituto Astronomico e Geographico, 1933. 1v.
- MORAIS, S.M. (Org.). *Integração geológica da folha Santos SF.23-Y-D: escala 1:250.000: estado de São Paulo: nota explicativa*. São Paulo: CPRM, 1999. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB; Projeto de Integração Geológico-Metalogenética Folha Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, M. A. F.; SOUZA, S. C. A.; TEIXEIRA, W.; VASCONCELOS, P. M. <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar ages of the Alumínio (Serra do Itaberaba Group) and Hermida (Itapira Group) amphibolite, central portion of the Ribeira Belt, Brazil: preliminary

- inferences. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 4., 2003. Salvador. *Short Papers*. Salvador: CBPM/IRD, 2003. P. 233-236
- PAOLIELLO, P.C. Pré-Cambriano Superior. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo*, n. 41 (Geologia do estado de São Paulo.), p. 37-44, 1964.
- PÉREZ-AGUILAR, A.; JULIANI, C.; BARROS, E. J.; ANDRADE, M. R. M.; OLIVEIRA, E. S.; BRAGA, D. A.; SANTOS, R. O. Archaeological geold mining structures from colonial period presente in Guarulhos and Mairiporã, São Paulo state, Brazil. *Geoheritage*, v. 5, n.2, p. 87-105, jun. 2013.
- PÉREZ-AGUILAR, A.; MOREIRA, I. V.; SILLES, J. S.; JULIANI, C.; CARVALHO, F. M. S. Produtos metamórficos de sistemas high-sulfidation oceânicos mesoproterozoicos, Grupo Serra do Itaberaba. *Revista do Instituto Geológico*, v. 35, n.1, p. 1-22, 2014.
- PERROTTA, M. M. *et al.* Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000: Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. São Paulo: CPRM, 2005. 1 mapa color. (Mapeamento geológico estadual).
- PHILIPP, R. P.; MACHADO, R. The Late Neoproterozoic granitoid magmatism of the Pelotas Batholith, southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 19, p. 461-478, jan. 2005.
- PORADA, H. The Damara-Ribeira orogen of the Pan-African/Brasiliano Cycle in Namibia (South West Africa) and Brazil as interpreted in terms of continental collision. *Tectonophysics*, v. 57, n. 2-4, p. 237-265, 20 ago.1979.
- RAIMUNDO, S. A paisagem natural remanescente na região metropolitana de São Paulo. *Revista São Paulo em Perspectiva*, v. 20, n. 2, p. 19-31, abr./jun. 2006.
- REDAELLI, L. L.; CERELLO, L. Escavações. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. de (eds.) *Geologia de Engenharia*. São Paulo: ABGE, 1998. P. 311-330.
- REIS, J. B.; BATISTA, G. T.; TARGA, M. S.; CATELANI, C. S. Influência das cavas de extração de areia no balanço hídrico do vale do Paraíba do Sul. *REM: Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, v. 59, n. 4, p. 391-396, out./dez. 2006.
- RICCOMINI, C. *O rift continental do sudeste do Brasil*. São Paulo. 1989. 256p., anexos. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- RICCOMINI, C.; COIMBRA, A. M. Geologia da bacia sedimentar. In: NEGRO JR., A.; FERREIRA, A.A.; ALONSO, U. R.; LUZ, P. A. (eds.). Solos da cidade de São Paulo. ABMS/ABEF, 1992. P. 37-94
- RICCOMINI, C.; COIMBRA, A. M.; SANT'ANNA, L. G.; BRANDT NETO, M.; VALARELLI, J. V. Argilominerais do paleolago Tremembé e sistemas deposicionais relacionados (Paleógeno, Rift Continental do Sudeste do Brasil). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 26, n.3, p. 167-180, 1996.
- RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; FERRARI, A. L. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B.. (org.). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, 2004. P. 383-405
- SACHS, L. L. B.; MORAIS, S. M. *Integração Geológica da folha São Paulo, SF.23-Y-C*: Escala 1:250.000. Estado de São Paulo. Nota explicativa. São Paulo: CPRM, 1999. 1 v + 1 mapa, Escala 1:250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB
- SALIBA, T. M. Manual Prático de Avaliação e Controle de Poeira e Outros Particulados – PPR. 2002
- SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A.; BRAGA, P. F. A. (Eds.). *Tratamento de minérios: práticas laboratoriais*. Rio de Janeiro: CETEM, 2007. 570p.
- SÁNCHEZ, L. E. Development of environmental impact assessment in Brazil. *UVP-report*, v. 27, n. 4+5, p. 193-200, 2013
- SANT'ANNA, L. G.; RICCOMINI, C.; VALARELLI, J. V. 1999. Ocorrência de fosfato de terras raras na Formação Resende, Paleógeno do Rift Continental do Sudeste do Brasil. *Revista do Instituto Geológico*, v. 20, n. 1/2, p. 37-47, 1999.
- SÃO PAULO (estado). Caracterização territorial/ Meio físico. Secretaria de Estado da Economia e Planejamento; Coordenadoria de Ação Regional. 1ª Região Administrativa: Diagnóstico. São Paulo. p. 2/1-2/13. 1972
- SÃO PAULO(estado).Secretaria dos Negócios Metropolitanos; EMPRESA METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO DA GRANDE SÃO PAULO. *Atlas da Região Metropolitana de São Paulo: texto*. São Paulo: EMPLASA, 1983.
- SÃO PAULO (estado). Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Mapa de águas subterrâneas do estado de São Paulo. São Paulo: DAEEIG, 2005. 119 p. il. Contém 1 mapa + cd-rom.
- SÃO PAULO (estado). Ministério Público. Minerações por cavas submersas: Atualização da análise temporal da mineração na várzea do rio Paraíba do Sul – SP, no período entre os anos 1986 a 2002/2004 para o ano de 2008.
- SÃO PAULO (estado). Secretaria de Energia e Mineração. *Anuário de Energéticos por município no estado de São Paulo – 2018 – ano base 2017*. São Paulo, 2018. 122 p. (Série Informações Energéticas)
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A. A evolução da plataforma Sul-Americana no Brasil e suas principais concentrações minerais. In: SCHOBENHAUS, C. *et al.* *Geologia do Brasil: texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais*. Escala 1:2.500.000. Brasília: DNPM, 1984. 501 p. il. + 1 mapa anexo dividido em quatro partes. P. 307-328.
- SILVA, A. T. S. F. da *et al.* *Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira*: Relatório Final. São Paulo: CPRM, 1981. 15 v.
- SILVA L. C., MCNAUGHTONB, N. J., ARMSTRONG, R., HARTMANND, L.A., FLETCHERB, I.R., 2005 The Neoproterozoic



- Mantiqueira Province and its African connections: a zircon-based U–Pb geochronologic subdivision for the Brasiliano/Pan-African systems of orogens. *Precambrian Research*, v.136, n. 3-4, p. 203-240, fev. 2005.
- SMITH, M. R.; COLLIS, L. (eds.) *Aggregates: Sand, Gravel and Crushed Rock Aggregates for Construction Purposes*. London: Geological Society, Engineering Geology Special Publication, 2001. P. 339 p. (Geological Society Engineering Geology Special Pub., 17)
- SOBREIRO NETO, A. F.; PAIVA FILHO, A.; MORTARI, J. L.; BITAR, O. Y. Geologia da Folha São Luiz do Paraitinga (SP). In: JORNADA SOBRE A CARTA GEOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO EM 1:50.000, 1., 1983, São Paulo. *Atas [...] São Paulo: Pro-Minério/IPT*, 1983. P. 31-52.
- SUGUIO, K. *Contribuição à geologia da Bacia de Taubaté, Vale do Paraíba, Estado de São Paulo*. 1969. 106 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia Ciência e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1969.
- SUGUIO, K.; BARBOUR, A. P. . Morfologia e gênese das estruturas limoníticas dos sedimentos da Bacia de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 41, p. 162-180, 1969.
- SUGUIO, K.; RICCOMINI, C.; SALLUN, A. E. M.; SALLUN FILHO, W.; ARONCHI NETO, P. Provável significado de idades LOE (Luminescência Ópticamente Estimulada) da Formação Itaquaquecetuba, SP. *Geologia USP–Série Científica*, v.10, n. 3, p. 49-56. 2010.
- TASSINARI, C. C. G. *As idades das rochas e dos eventos metamórficos da porção sudeste do Estado de São Paulo e sua evolução crustal*. 1988. 262 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.
- TAKIYA, H.; PELOGGIA, A. U. G.; TOKUTAKE, L. R.; CAMPOS, J. E.; OGAWA, A. T.; KOGA, H.; MISAWA, W. J.; RICCOMINI, C. Arcabouço estrutural da Bacia de São Paulo. In: WORKSHOP "GEOLOGIA DA BACIA DE SÃO PAULO", 1., 1989, São Paulo. *Coletânea das Comunicações*. São Paulo: IG-USP/SBG-SP, 1989. P. 16-27.
- TAKIYA, H. *Aplicação dos métodos quantitativos espaciais a dados geológicos da Bacia de São Paulo*. 1991. 109 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. A. *Applied geophysics*. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2003. 792 p.
- TEUPPENHAYN, J. P. Der spätpräkambrische Granit-Pegmatit-Komplex bei Perus und umliegende Granitkörper im Bundestaat São Paulo/SE Brasiliens. *Münchner Geol. Hefte*, 14, 360 p., 1994.
- THEODOROVICZ, A.; YAMATO, A. A.; TAKAHASHI, A. T.; VASCONCELOS, C. S.; SANTARÉM, P. C.; SILVA, V. A. *Projeto Santa Isabel/Mogi das Cruzes/Mauá*: Relatório Final. São Paulo: CPRM, 1990. 3 v. v.3. + mapas.
- TÖPFNER, C. *Brasiliano-Granitoide in Den BundessTaaten São Paulo und Minas Gerais, Brasilien-Eine Vergleichende Studie (Zirkontypologie, U-(Th)-Pb- und Rb-Sr-Altersbestimmungen)*. 1996. 258 p. Tese (Doutorado) – Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie der Ludwig-Maximilians, Universität München, Munique, 1996.
- VALVERDE, F. M. (Coord.) *Bases para o planejamento da mineração de areia na região metropolitana de São Paulo*. São Paulo: CPRM; DNPM; SCTDE, 1997. 133p.
- VALVERDE, F. M. Agregados para construção civil. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. *Balanço Mineral Brasileiro 2001*. Brasília: DNPM, 2001.
- VAN SCHUMS, W. R.; TASSINARI, C. C. G.; CORDANI, U. Estudo geocronológico da parte inferior do Grupo São Roque. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., 1986, Goiânia. *Anais [...] Goiânia: Sociedade Brasileira de Geologia*, 1986. P. 1399-1406.
- VIEIRA, S. R. S. S.; COUTINHO, J. M. V.; ALVES, F. R. Geologia e evolução geológica da região de Embu-Guaçu – Parelheiros SP. *Revista Brasileira de Geociências*, v.20, n.1-4, p. 277-281, 1990.
- VLACH, S. Quimismo e datação Th-U-Pb, em xenotima e monazita: exemplo do granito Mogi das Cruzes, leste da Faixa Ribeira, SP, e implicações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41., 2002, João Pessoa. *Anais [...] João Pessoa: SBG. Núcleo Nordeste*, 2002. P. 479.
- WERNICK, E. A geologia na região de Amparo (leste do estado de São Paulo). 1967. 2v. : il. + maps. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1967.
- WERNICK, E.; GODOY, A. M.; FERREIRA, C. J.; GALEMBECK, T. M. B.; ARTUR, A. C.; ANDRADE, F. R. D. Estruturação e Evolução Magmática de Granitóides Associados a Falha Transcorrente (Estado de São Paulo, SE Brasil): Um Estudo Comparativo. In: WORKSHOP MAGMA, MAGMATISMO GRANITICO E MINERALIZACOES ASSOCIADAS, RIO DE JANEIRO, 22 A 29/set.1993. *Resumos expandidos*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993. P. 87-89
- WHATELY, M.; DINIZ, L. T. *Água e esgoto na grande São Paulo: situação atual, nova lei de saneamento e programas governamentais propostos*. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2009. 79 p.

#### Sites consultados

<http://www.ibge.gov.br>

<http://www.dnpm.gov.br>

<http://siagasweb.cprm.gov.br>

<http://www.anepac.gov.br>

<http://www.prefeitura.sp.gov.br>

<http://www.seade.gov.br>

<http://www.infraero.gov.br>

<http://www.metro.sp.gov.br>

<http://www.cptm.sp.gov.br>

<http://www.transportes.sp.gov.br>

<http://www.investe.sp.gov.br>

<http://cetesb.sp.gov.br>

<http://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/>

<http://www.saopaulo.sp.gov.br>

<http://www.fjp.mg.gov.br>

<http://www.pdui.sp.gov.br>

<http://www.google.com.br/maps>

<http://www.ccst.inpe.br>

<http://site.sabesp.com.br>

<http://www.eletropaulo.com.br>

<http://www.gru.com.br>

<http://www.fundacaofia.com.br>

<http://www.revistamt.com.br>

## **LISTAGEM DE INFORMES DE RECURSOS MINERAIS**

---

## **SÉRIE METAIS DO GRUPO DA PLATINA E ASSOCIADOS**

- Nº 01- Mapa de Caracterização das Áreas de Trabalho (Escala 1:7.000.000), 1996.  
Nº 02- Mapa Geológico Preliminar da Serra do Colorado- Rondônia e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.  
Nº 03- Mapa Geológico Preliminar da Serra Céu Azul- Rondônia, Prospecção Geoquímica e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.  
Nº 04- Síntese Geológica e Prospecção por Concentrados de Bateia nos Complexos Canabrava e Barro Alto- Goiás, 1997.  
Nº 05- Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Migrantinópolis- Rondônia, 2000.  
Nº 06- Geologia e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Corumbiara/Chupinguaia- Rondônia, 2000.  
Nº 07- Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Serra Azul- Rondônia, 2000.  
Nº 08- Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Branco/Alta Floresta- Rondônia, 2000.  
Nº 09- Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Luzia- Rondônia, 2000.  
Nº 10- Geologia e Resultados Prospectivos da Área Nova Brasilândia- Rondônia, 2000.  
Nº 11- Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Rio Madeirinha- Mato Grosso, 2000.  
Nº 12- Síntese Geológica e Prospectiva das Áreas Pedra Preta e Cotingo- Roraima, 2000.  
Nº 13- Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Bárbara- Goiás, 2000.  
Nº 14- Geologia e Resultados Prospectivos da Área Barra da Gameleira- Tocantins, 2000.  
Nº 15- Geologia e Resultados Prospectivos da Área Córrego Seco- Goiás, 2000.  
Nº 16- Síntese Geológica e Resultados Prospectivos da Área São Miguel do Guaporé- Rondônia, 2000.  
Nº 17- Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cana Brava- Goiás, 2000.  
Nº 18- Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cacoal- Rondônia, 2000.  
Nº 19- Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Morro do Leme e Morro Sem Boné- Mato Grosso, 2000.  
Nº 20- Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Serra dos Pacaás Novos e Rio Cautário- Rondônia, 2000.  
Nº 21 - Aspectos Geológicos, Geoquímicos e Potencialidade em Depósitos de Ni-Cu-EGP do Magmatismo da Baciado Paraná- 2000.  
Nº 22- Geologia e Resultados Prospectivos da Área Tabuleta- Mato Grosso, 2000.  
Nº 23- Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Alegre- Mato Grosso, 2000.  
Nº 24- Geologia e Resultados Prospectivos da Área Figueira Branca/Indiavaí- Mato Grosso, 2000.  
Nº 25- Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar das Áreas Jaburu, Caracaraí, Alto Tacutu e Amajari - Roraima, 2000.  
Nº 26- Prospecção Geológica e Geoquímica no Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra da Onça- Pará, 2001.  
Nº 27- Prospecção Geológica e Geoquímica nos Corpos Máfico-Ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté- Pará, 2001.  
Nº 28- Aspectos geológicos, Geoquímicos e Metalogenéticos do Magmatismo Básico/Ultrabásico do Estado de Rondônia e Área Adjacente, 2001.  
Nº 29- Geological, Geochemical and Potentiality Aspects of Ni-Cu-PGE Deposits of the Paraná Basin Magmatism, 2001.  
Nº 30- Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Barro Alto – Goiás, 2010.

## **SÉRIE MAPAS TEMÁTICOS DE OURO - ESCALA 1:250.000**

- Nº 01- Área GO-09 Aurilândia/Anicuns- Goiás, 1995.  
Nº 02- Área RS-01 Lavras do Sul/Caçapava do Sul- Rio Grande do Sul, 1995.  
Nº 03- Área RO-01 Presidente Médici- Rondônia, 1996.  
Nº 04- Área SP-01 Vale do Ribeira- São Paulo, 1996.  
Nº 05- Área PA-15 Inajá- Pará, 1996.  
Nº 06- Área GO-05 Luziânia- Goiás, 1997.  
Nº 07- Área PA-01 Paru- Pará, 1997.  
Nº 08- Área AP-05 Serra do Navio/Cupixi- Amapá, 1997.  
Nº 09- Área BA-15 Cariparé- Bahia, 1997.  
Nº 10- Área GO-01 Crixás/Pilar- Goiás, 1997.  
Nº 11- Área GO-02 Porangatu/Mara Rosa- Goiás, 1997.  
Nº 12- Área GO-03 Niquelândia- Goiás, 1997.  
Nº 13- Área MT-01 Peixoto de Azevedo/Vila Guarita- Mato Grosso, 1997.  
Nº 14- Área MT-06 Ilha 24 de Maio- Mato Grosso, 1997.  
Nº 15- Área MT-08 São João da Barra- Mato Grosso/Pará, 1997.  
Nº 16- Área RO-02 Jenipapo/Serra Sem Calça- Rondônia, 1997.  
Nº 17- Área RO-06 Guaporé/Madeira- Rondônia, 1997.  
Nº 18- Área RO-07 Rio Madeira- Rondônia, 1997.  
Nº 19- Área RR-01 Uruicaá- Roraima, 1997.

- Nº 20- Área AP-03 Alto Jari- Amapá/Pará, 1997.  
Nº 21- Área CE-02 Várzea Alegre/Lavras da Mangabeira/Encanto- Ceará, 1997.  
Nº 22- Área GO-08 Arenópolis/Amorinópolis- Goiás, 1997.  
Nº 23- Área PA-07 Serra Pelada- Pará, 1997.  
Nº 24- Área SC-01 Botuverá/Brusque/Gaspar- Santa Catarina, 1997.  
Nº 25- Área AP-01 Cassiporé- Amapá, 1997.  
Nº 26- Área BA-04 Jacobina Sul- Bahia, 1997.  
Nº 27- Área PA-03 Cuiapucu/Carará- Pará/Amapá, 1997.  
Nº 28- Área PA-10 Serra dos Carajás- Pará, 1997.  
Nº 29- Área AP-04 Tumucumaque- Pará, 1997.  
Nº 30- Área PA-11 Xinguara- Pará, 1997.  
Nº 31- Área PB-01 Cachoeira de Minas/Itajubatiba/Itapetim- Paraíba/Pernambuco, 1997.  
Nº 32- Área AP-02 Tartarugalzinho- Amapá, 1997.  
Nº 33- Área AP-06 Vila Nova/Iratapuru- Amapá, 1997.  
Nº 34- Área PA-02 Ipitinga- Pará/Amapá, 1997.  
Nº 35- Área PA-17 Caracol- Pará, 1997.  
Nº 36- Área PA-18 Vila Riozinho- Pará, 1997.  
Nº 37- Área PA-19 Rio Novo- Pará, 1997.  
Nº 38- Área PA-08 São Félix- Pará, 1997.  
Nº 39- Área PA-21 Marupá- Pará, 1998.  
Nº 40- Área PA-04 Três Palmeiras/Volta Grande- Pará, 1998.  
Nº 41- Área TO-01 Almas/Natividade- Tocantins, 1998.  
Nº 42- Área RN-01 São Fernando/Ponta da Serra/São Francisco- Rio Grande do Norte/Paraíba, 1998.  
Nº 43- Área GO-06 Cavalcante- Goiás/Tocantins, 1998.  
Nº 44- Área MT-02 Alta Floresta- Mato Grosso/Pará, 1998.  
Nº 45- Área MT-03 Serra de São Vicente- Mato Grosso, 1998.  
Nº 46- Área AM-04 Rio Traíra- Amazonas, 1998.  
Nº 47- Área GO-10 Pirenópolis/Jaraguá- Goiás, 1998.  
Nº 48- Área CE-01 Reriutaba/Ipu- Ceará, 1998.  
Nº 49- Área PA-06 Manelão- Pará, 1998.  
Nº 50- Área PA-20 Jacareacanga- Pará/Amazonas, 1998.  
Nº 51- Área MG-07 Paracatu- Minas Gerais, 1998.  
Nº 52- Área RO-05 Colorado- Rondônia/Mato Grosso, 1998.  
Nº 53- Área TO-02 Brejinho de Nazaré- Tocantins, 1998.  
Nº 54- Área RO-04 Porto Esperança- Rondônia, 1998.  
Nº 55- Área RO-03 Parecis- Rondônia, 1998.  
Nº 56- Área RR-03 Uraricoera- Roraima, 1998.  
Nº 57- Área GO-04 Goiás- Goiás, 1998.  
Nº 58- Área MA-01 Belt do Gurupi- Maranhão/Pará, 1998.  
Nº 59- Área MA-02 Aurizona/Carutapera- Maranhão/Pará, 1998.  
Nº 60- Área PE-01 Serrita- Pernambuco, 1998.  
Nº 61- Área PR-01 Curitiba/Morretes- Paraná, 1998.  
Nº 62- Área MG-01 Pitangui- Minas Gerais, 1998.  
Nº 63- Área PA-12 Rio Fresco- Pará, 1998.  
Nº 64- Área PA-13 Madalena- Pará, 1998.  
Nº 65- Área AM-01 Parauari- Amazonas/Pará, 1999.  
Nº 66- Área BA-01 Itapicuru Norte- Bahia, 1999.  
Nº 67- Área RR-04 Quino Maú- Roraima, 1999.  
Nº 68- Área RR-05 Apiaú- Roraima, 1999.  
Nº 69- Área AM 05 Gavião/Dez Dias- Amazonas, 1999.  
Nº 70- Área MT-07 Araés/Nova Xavantina- Mato Grosso, 2000.  
Nº 71- Área AM-02 Cauaburi- Amazonas, 2000.  
Nº 72- Área RR-02 Mucajá- Roraima, 2000.  
Nº 73- Área RR-06 Rio Amajari- Roraima, 2000.  
Nº 74- Área BA-03 Jacobina Norte- Bahia, 2000.  
Nº 75- Área MG-04 Serro- Minas Gerais, 2000.  
Nº 76- Área BA-02 Itapicuru Sul- Bahia, 2000.  
Nº 77- Área MG-03 Conselheiro Lafaiete- Minas Gerais, 2000.

- Nº 78- Área MG-05 Itabira- Minas Gerais, 2000.
- Nº 79- Área MG-09 Riacho dos Machados- Minas Gerais, 2000.
- Nº 80- Área BA-14 Correntina- Bahia, 2000.
- Nº 81- Área BA-12 Boquira Sul- Bahia, 2000
- Nº 82- Área BA-13 Gentio do Ouro- Bahia, 2000.
- Nº 83- Área BA-08 Rio de Contas/Ibitiara Sul- Bahia, 2000.
- Nº 84- Área MT-05 Cuiabá/Poconé- Mato Grosso, 2000.
- Nº 85- Área MT-04 Jauru/Barra dos Bugres- Mato Grosso, 2000.

### **SÉRIE OURO - INFORMES GERAIS**

- Nº 01- Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1996.
- Nº 02- Programa Nacional de Prospecção de Ouro- Natureza e Métodos, 1998.
- Nº 03- Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1998.
- Nº 04- Gold Prospecting National Program- Subject and Methodology, 1998.
- Nº 05 - Mineralizações Auríferas da Região de Cachoeira de Minas – Municípios de Manaíra e Princesa Isabel- Paraíba, 1998.
- Nº 06- Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 2000.
- Nº 07 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01- Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Minas do Camaquã- Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 08- Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01- Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Ibaré – Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 09- Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01- Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Çaçapava do Sul- Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 10- Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01- Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Salsinho- Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 11- Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01- Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Marmeleiro- Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 12- Map of Gold Production and Reserves of Brazil (1:7.000.000 Scale), 2000
- Nº 13- Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01- Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Cambaizinho - Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 14- Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01- Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Ivo - Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 15- Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01- Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Batovi – Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 16- Projeto Metalogenia da Província Aurífera Juruena-Teles Pires, Mato Grosso – Goiânia, 2008.
- Nº 17- Metalogenia do Distrito Aurífero do Rio Juma, Nova Aripuanã, Manaus, 2010.

### **SÉRIE INSUMOS MINERAIS PARA AGRICULTURA**

- Nº 01- Mapa Síntese do Setor de Fertilizantes Minerais (NPK) no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1997.
- Nº 02- Fosfato da Serra da Bodoquena- Mato Grosso do Sul, 2000.
- Nº 03- Estudo do Mercado de Calcário para Fins Agrícolas no Estado de Pernambuco, 2000.
- Nº 04 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 05- Estudo dos Níveis de Necessidade de Calcário nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 06- Síntese das Necessidades de Calcário para os Solos dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 07- Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais de Rondônia, 2001.
- Nº 08- Mapas de Insumos Minerais para Agricultura nos Estados de Amazonas e Roraima, 2001.
- Nº 09- Mapa-Síntese de Jazimentos Minerais Carbonatados dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 10- Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados do Pará e Amapá, 2001.
- Nº 11- Síntese dos Jazimentos, Áreas Potenciais e Mercado de Insumos Minerais para Agricultura no Estado da Bahia, 2001.
- Nº 12- Avaliação de Rochas Calcárias e Fosfatadas para Insumos Agrícolas do Estado de Mato Grosso, 2008.
- Nº 13- Projeto Fosfato Brasil – Parte I, Salvador, 2011.
- Nº 14- Projeto Fosfato Brasil – Estado de Mato Grosso – Áreas Araras/Serra do Caeté e Planalto da Serra, 2011.
- Nº 15- Projeto Mineralizações Associadas à Plataforma Bambuí no Sudeste do Estado do Tocantins (TO) – Goiânia, 2012.
- Nº 16 – Rochas Carbonáticas do Estado de Rondônia, Porto Velho, 2015.

- Nº 17 – Projeto Fosfato Brasil – Parte II, Salvador, 2016.
- Nº 18 – Geoquímica Orientativa para Pesquisa de Fosfato no Brasil, Salvador, 2016.
- Nº 19 – Projeto Agrominerais da Região de Irecê-Jaguarari, Salvador, 2016.
- Nº 20 – Projeto Fosfato Brasil – Parte III- Bacia dos Parecis, Manaus, 2017.
- Nº 21 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Bacia Sergipe-Alagoas, Sub-bacia Sergipe, Recife, 2017.
- Nº 22 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Centro-leste de Santa Catarina, Salvador, 2017.
- Nº 23 – Avaliação do Potencial do Potássio no Brasil: Bacia do Amazonas, setor centro-oeste, Estados do Amazonas e Pará, Manaus, 2019

### **SÉRIE PEDRAS PRECIOSAS**

- Nº 01- Mapa Gemológico da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, 1997.
- Nº 02- Mapa Gemológico da Região Lajeado/Soledade/Salto do Jacuí- Rio Grande do Sul, 1998
- Nº 03- Mapa Gemológico da Região de Ametista do Sul- Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 04- Recursos Gemológicos dos Estados do Piauí e Maranhão, 1998.
- Nº 05- Mapa Gemológico do Estado do Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 06- Mapa Gemológico do Estado de Santa Catarina, 2000.
- Nº 07- Aspectos da Geologia dos Pólos Diamantíferos de Rondônia e Mato Grosso – O Fórum de Juína – Projeto Diamante, Goiânia, 2010.
- Nº 08- Projeto Avaliação dos Depósitos de Opalas de Pedro II – Estado do Piauí, Teresina, 2015.
- Nº 09- Aluviões Diamantíferos da Foz dos Rios Jequitinhonha e Pardo- Fase I – Estado da Bahia, Salvador, 2015.

### **SÉRIE OPORTUNIDADES MINERAIS - EXAME ATUALIZADO DE PROJETO**

- Nº 01- Níquel de Santa Fé- Estado de Goiás, 2000.
- Nº 02- Níquel do Morro do Engenho- Estado de Goiás, 2000.
- Nº 03- Cobre de Bom Jardim- Estado de Goiás, 2000.
- Nº 04- Ouro no Vale do Ribeira- Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 05- Chumbo de Nova Redenção- Estado da Bahia, 2001.
- Nº 06- Turfa de Caçapava- Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 08- Ouro de Natividade- Estado do Tocantins, 2000.
- Nº 09- Gipsita do Rio Cupari- Estado do Pará, 2001.
- Nº 10- Zinco, Chumbo e Cobre de Palmeirópolis- Estado de Tocantins, 2000.
- Nº 11- Fosfato de Miriri- Estados de Pernambuco e Paraíba, 2001.
- Nº 12- Turfa da Região de Itapuã- Estado do Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 13- Turfa de Águas Claras- Estado do Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 14- Turfa nos Estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 15- Nióbio de Uaupés- Estado do Amazonas, 1997.
- Nº 16- Diamante do Rio Maú- Estado da Roraima, 1997.
- Nº 18- Turfa de Santo Amaro das Brotas- Estado de Sergipe, 1997.
- Nº 19- Diamante de Santo Inácio- Estado da Bahia, 2001.
- Nº 21- Carvão nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1997.
- Nº 22- Coal in the States of Rio Grande do Sul and Santa Catarina, 2000.
- Nº 23- Kaolin Exploration in the Capim River Region- State of Pará- Executive Summary, 2000.
- Nº 24- Turfa de São José dos Campos- Estado de São Paulo, 2002.
- Nº 25- Lead in Nova Redenção- Bahia State, Brazil, 2001.

### **SÉRIE DIVERSOS**

- Nº 01- Informe de Recursos Minerais- Diretrizes e Especificações- Rio de Janeiro, 1997.
- Nº 02- Argilas Nobres e Zeolitas na Bacia do Parnaíba- Belém, 1997.
- Nº 03- Rochas Ornamentais de Pernambuco- Folha Belém do São Francisco- Escala 1:250.000- Recife, 2000.
- Nº 04- Substâncias Minerais para Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador e Adjacências- Salvador, 2001.

### **SÉRIE RECURSOS MINERAIS MARINHOS**

- Nº 01 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Leste do Ceará – Recife, 2007.

### **SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS**

- Nº 01 – Projeto Materiais de Construção na Área Manacapuru-Iranduba-Manaus-Careiro (Domínio Baixo Solimões) – Manaus, 2007.

- Nº 02 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Salvador – Salvador, 2008.  
Nº 03 – Projeto Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas – Manaus, 2008.  
Nº 04 – Projeto Rochas Ornamentais de Roraima – Manaus, 2009.  
Nº 05 – Projeto Argilas da Bacia Pimenta Bueno – Porto Velho, 2010.  
Nº 06 – Projeto Quartzo Industrial Dueré-Cristalândia – Goiânia, 2010.  
Nº 07 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Aracaju – Salvador, 2011.  
Nº 08 – Rochas Ornamentais no Noroeste do Estado do Espírito Santo – Rio de Janeiro, 2012.  
Nº 09 – Projeto Insumos Minerais para a Construção Civil na Região Metropolitana do Recife – Recife, 2012.  
Nº 10 – Materiais de Construção Civil da Folha Porto Velho – Porto Velho, 2013.  
Nº 11 – Polo Cerâmico de Santa Gertrudes – São Paulo, 2014.  
Nº 12 – Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Natal – Recife, 2015.  
Nº 13 – Materiais de Construção Civil para Vitória da Conquista, Itabuna-Ilhéus e Feira de Santana – Salvador, 2015.  
Nº 14 – Projeto Materiais de Construção da Região de Marabá e Eldorado dos Carajás – Belém, 2015.  
Nº 15 – Panorama do Setor de Rochas Ornamentais do Estado de Rondônia – Porto Velho, 2015  
Nº 16 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Goiânia – Goiânia, 2015  
Nº 17 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre – Porto Alegre, 2016  
Nº 18 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Fortaleza – Fortaleza, 2016  
Nº 19 – Projeto Materiais de Construção Civil da Região da Grande Florianópolis – Porto Alegre, 2016  
Nº 20 – Projeto materiais de construção da região de Macapá- Estado do Amapá – Belém, 2016.  
Nº 21 – Projeto Materiais De Construção da Região Metropolitana de Curitiba- Estado do Paraná, 2016.  
Nº 22 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno- Estado do Maranhão, 2017.  
Nº 23 – Panorama do segmento de rochas ornamentais do Estado da Bahia – Salvador, 2019  
Nº 24 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Paulo- Estado de São Paulo, São Paulo, 2019

### **SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS**

- Nº 01 – Projeto BANEIO – Bacia do Camaquã – Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2008  
Nº 02 – Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu Entorno- MG – Rio de Janeiro, 2014.  
Nº 03 – Projeto BANEIO – Bacias do Itajaí, de Campo Alegre e Corupá – Metalogenia das Bacias Neoproterozoico-eopaleozoicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2015

### **SÉRIE PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL**

- Nº 01 – Áreas de Relevante Interesse Mineral- ARIM, Brasília, 2015  
Nº 02 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Tróia-Pedra Branca, Estado do Ceará, Fortaleza, 2015  
Nº 03 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste do Tapajós, Estado do Pará, Brasília, 2015.  
Nº 04 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Província Aurífera Juruena-Teles Pires-Aripuanã – Geologia e Recursos Minerais da Folha Ilha Porto Escondido – SC.21-V-C-III, Brasília, 2015.  
Nº 05 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Distrito Zincífero de Vazante – MG, Brasília, 2015.  
Nº 06 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Rochas Alcalinas da Porção Meridional do Cinturão Ribeira. Estados de São Paulo e Paraná, Brasília, 2015.  
Nº 07 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste de Rondônia, Brasília, 2016.  
Nº 08 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Seridó-Leste, extremo nordeste da Província Borborema (RN-PB), Brasília, 2016.  
Nº 09 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Porção sul da Bacia do Paraná, RS, 2017  
Nº 10 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Eldorado do Juma, Estado do Amazonas, AM, 2017  
Nº 11 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Cinturão Gurupi, Estados do Pará e Maranhão, Brasília, 2017.  
Nº 12 – Áreas de relevante interesse mineral: Reserva Nacional do Cobre e Associados, Estados do Pará e Amapá, Belém, 2017.  
Nº 13 – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Vale do Ribeira: Mineralizações Polimetálicas (Pb, Ag, Zn, Cu e Au – “Tipo Panelas”) em zonas de cisalhamento Rúptil, Cinturão Ribeira Meridional, SP-PR, São Paulo, 2017.  
Nº 14 – Área de Relevante Interesse Mineral- ARIM: Distrito Mineral de Paracatu-Unai (Zn-Pb-Cu), MG, 2018  
Nº 15 – Área de Relevante Interesse Mineral Integração Geológica-Geofísica e Recursos Minerais do Cráton Luis Alves, RS, 2018.



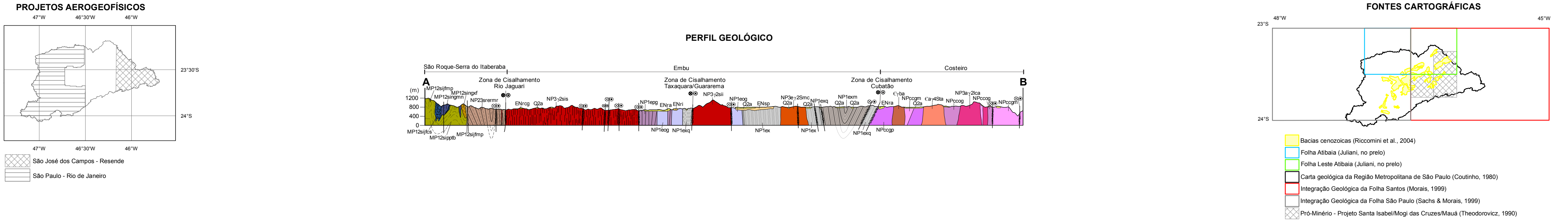
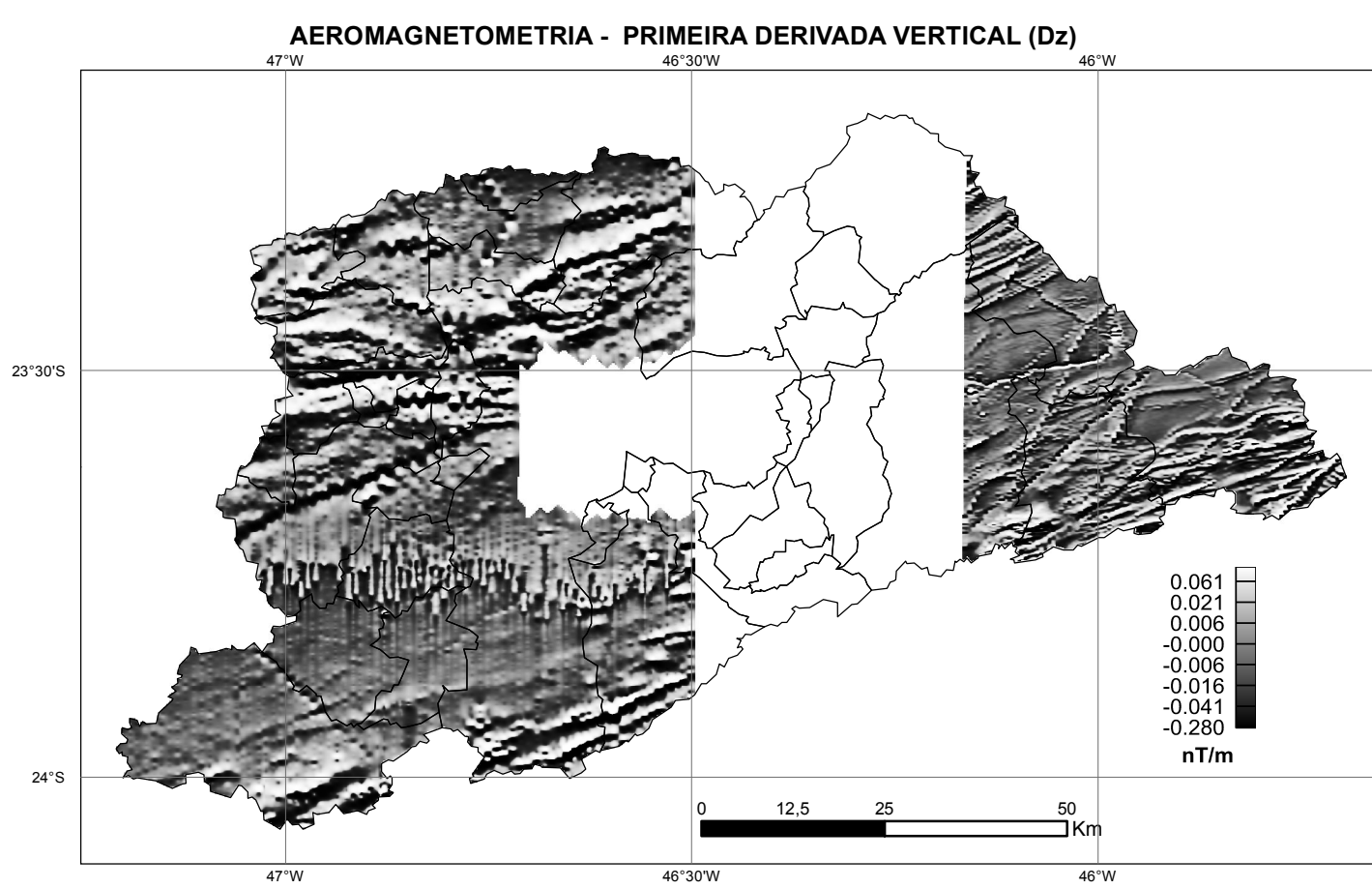
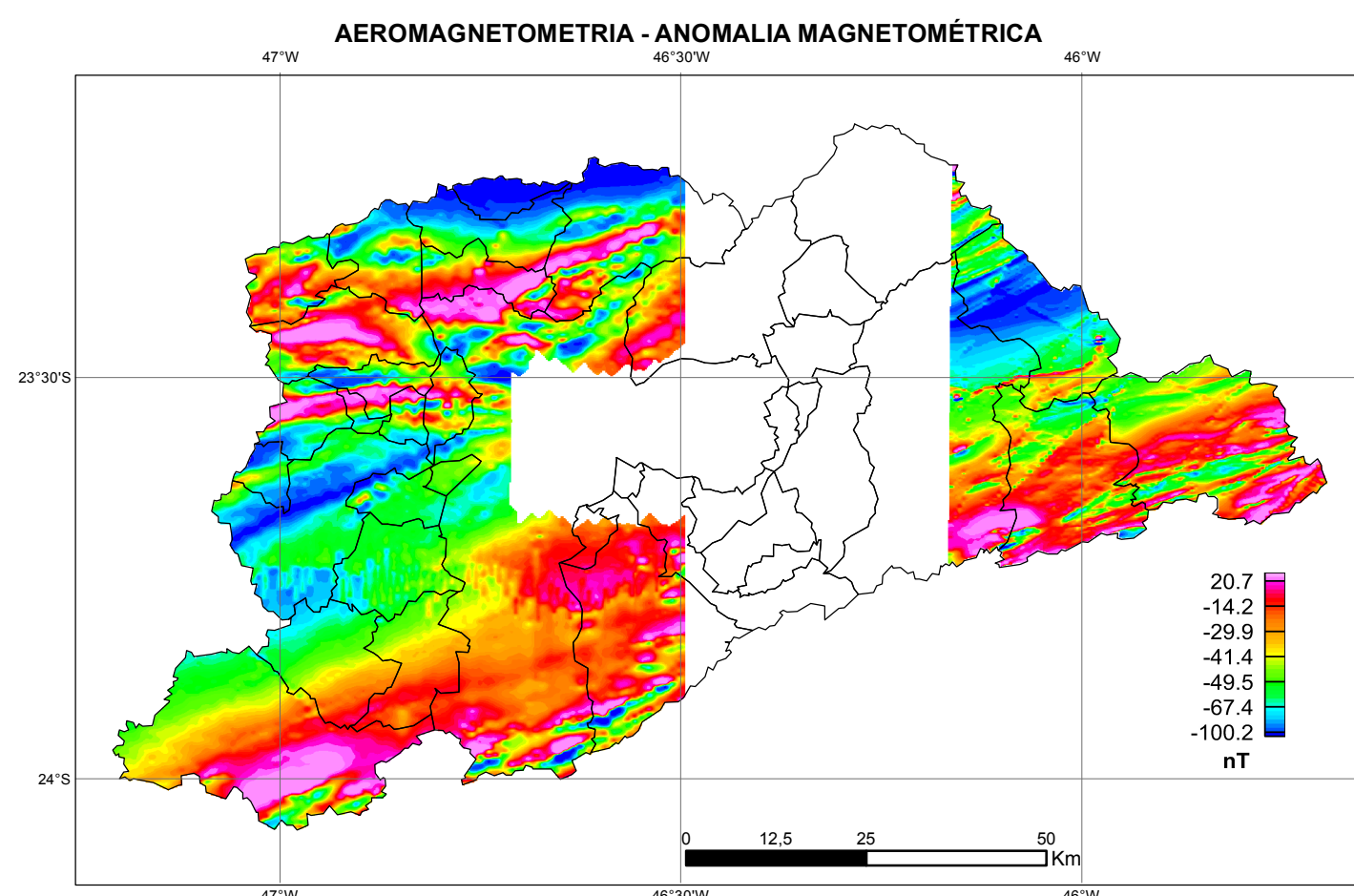
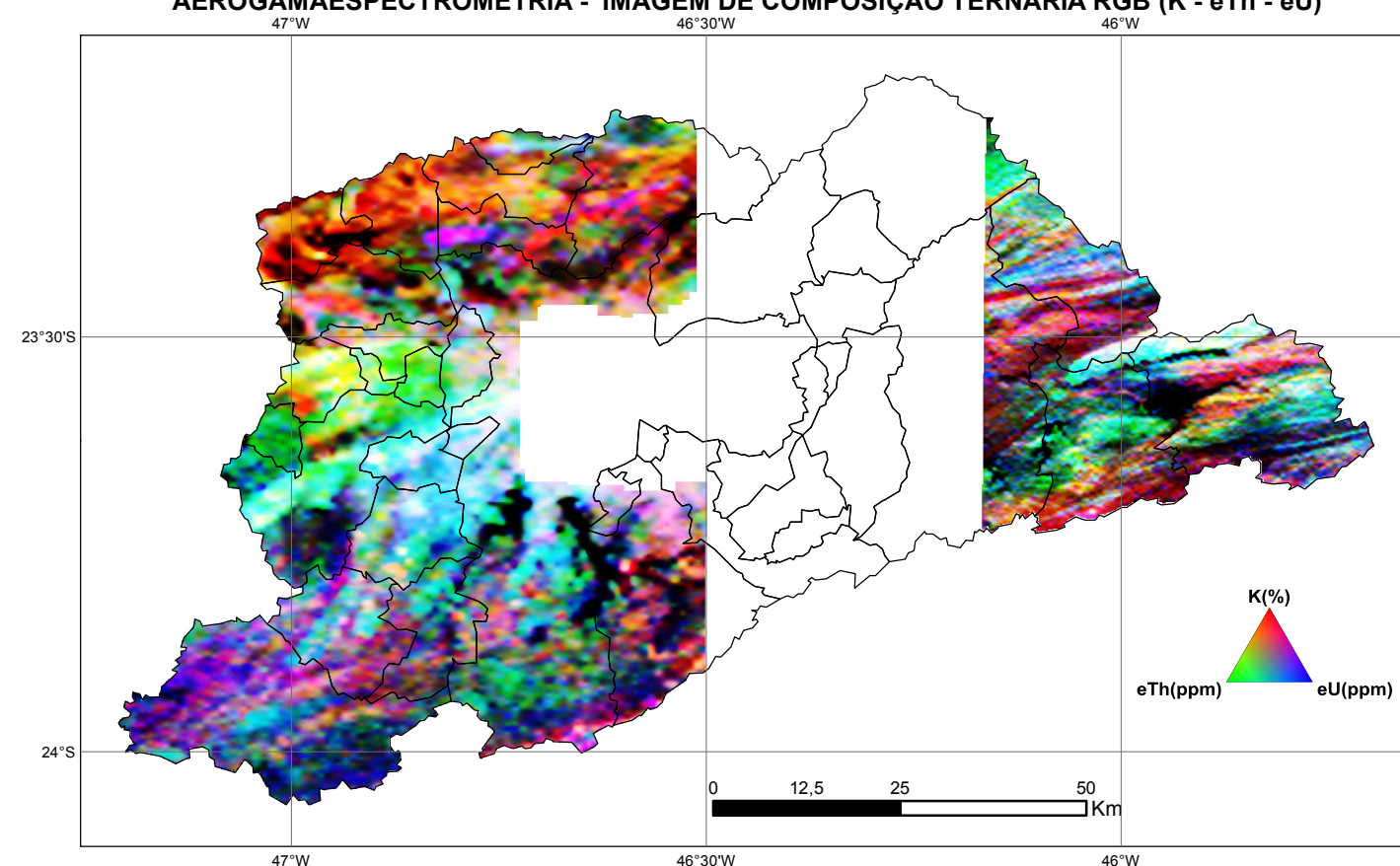
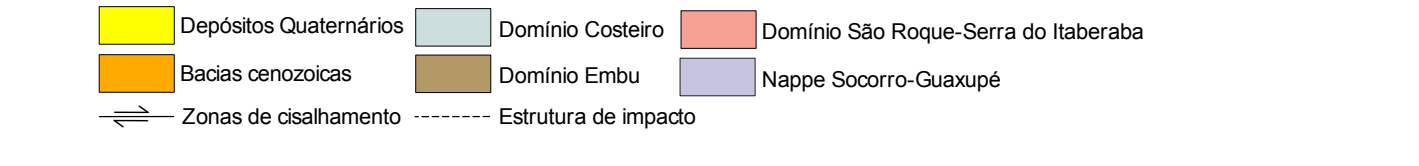
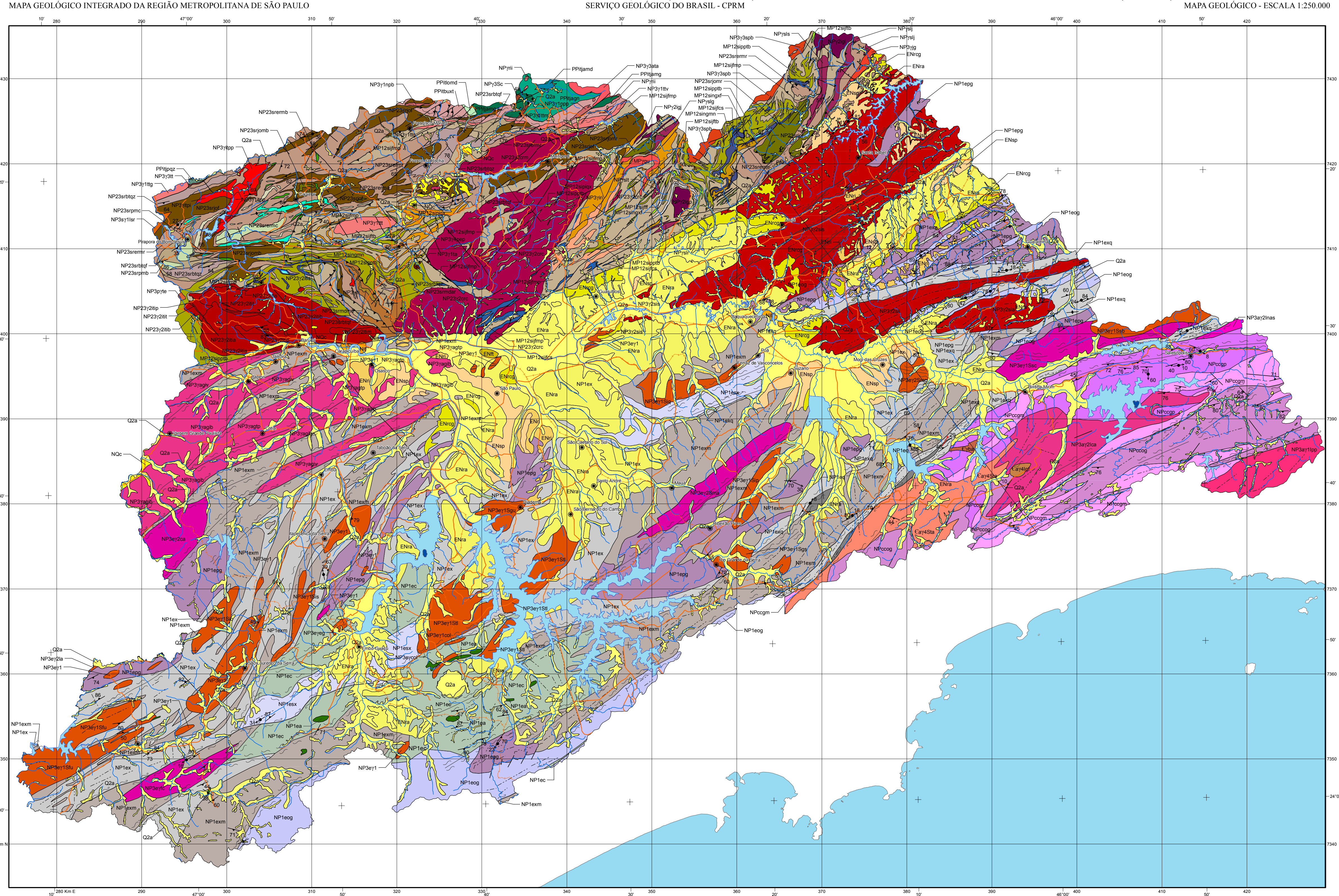
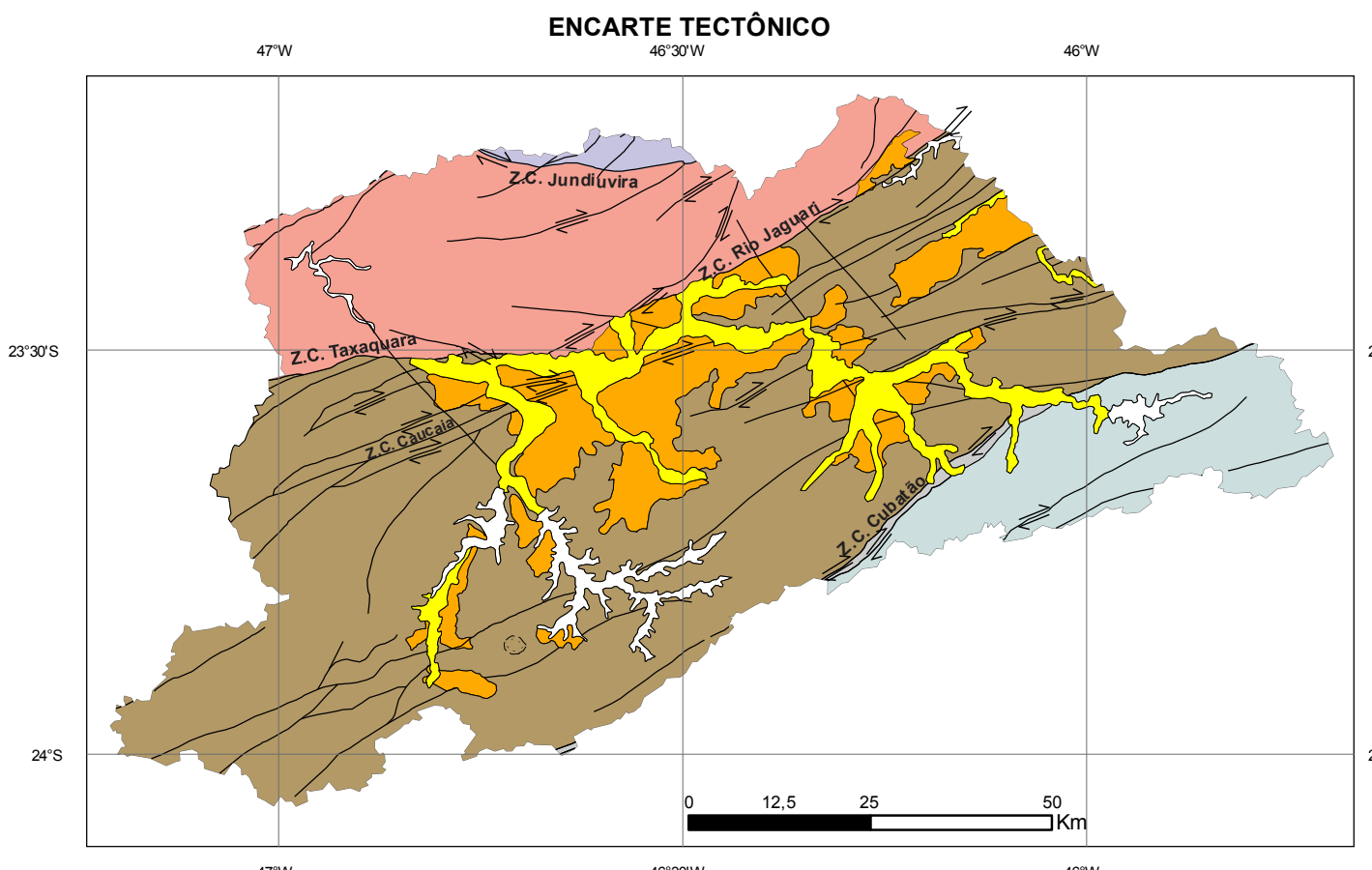
- Nº 16 – Áreas de Relevante Interesse Mineral - Província Mineral de Carajás, PA: Estratigrafia e análise do Minério de Mn de Carajás- áreas Azul, Sereno, Buritirama e Antônio Vicente, PA, 2018.
- Nº 17 – Áreas de Relevante Interesse Mineral Troia-Pedra Branca- Geologia e mineralização aurífera da sequência metavulcanossedimentar da Serra das Pipocas, Maciço de Troia, Ceará, Estado do Ceará, CE, 2018
- Nº 18 – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Reavaliação da Província Estanífera de Rondônia, RO, 2019.
- Nº 19 – Áreas de relevante interesse mineral – Evolução Crustal e Metalogenia da Faixa Nova Brasilândia, RO, 2019.
- Nº 20 – Áreas de Relevante Interesse Mineral Batólito Pelotas – Terreno Tijucas, Estado do Rio Grande do Sul, RS, 2019.
- Nº 21 – Áreas de relevante interesse mineral – Vale do Ribeira: mineralizações polimetálicas (Pb, Zn, Ag, Cu, Ba) associadas à Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional, SP-PR, 2019.
- Nº 22 – Áreas de relevante interesse mineral – Projeto evolução crustal e metalogenia da Província Mineral Juruena – Teles-Pires, MS, 2019
- Nº 23 – Áreas de relevante interesse mineral – Evolução Crustal e Metalogenia da Porção Centro Norte da Faixa Brasília, Tocantins e Goiás, 2019

### **SÉRIE MINERAIS ESTRATÉGICOS**

- Nº 01 – Diretrizes para Avaliação do Potencial do Potássio, Fosfato, Terras Raras e Lítio no Brasil, Brasília, 2015.
- Nº 02 – Avaliação do Potencial de Terras Raras no Brasil, Brasília, 2015.
- Nº 03 – Projeto Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil – Área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, Brasília, 2016.
- Nº 04 – Projeto Avaliação do Potencial de Terras Raras No Brasil - Área Morro dos Seis Lagos, Noroeste do Amazonas, Brasília, 2019.

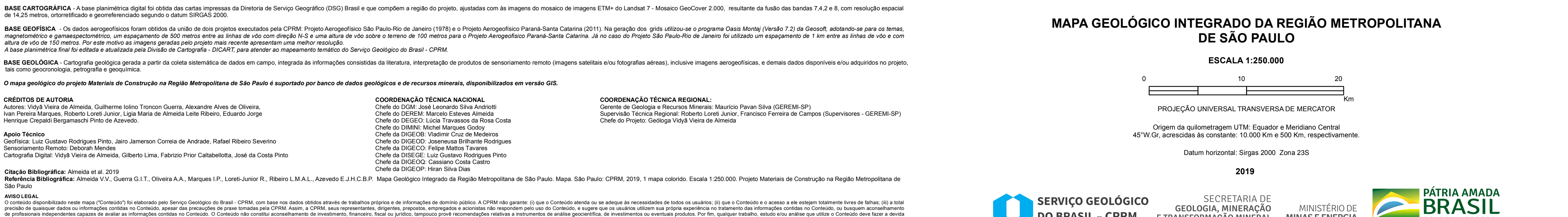
## ANEXOS

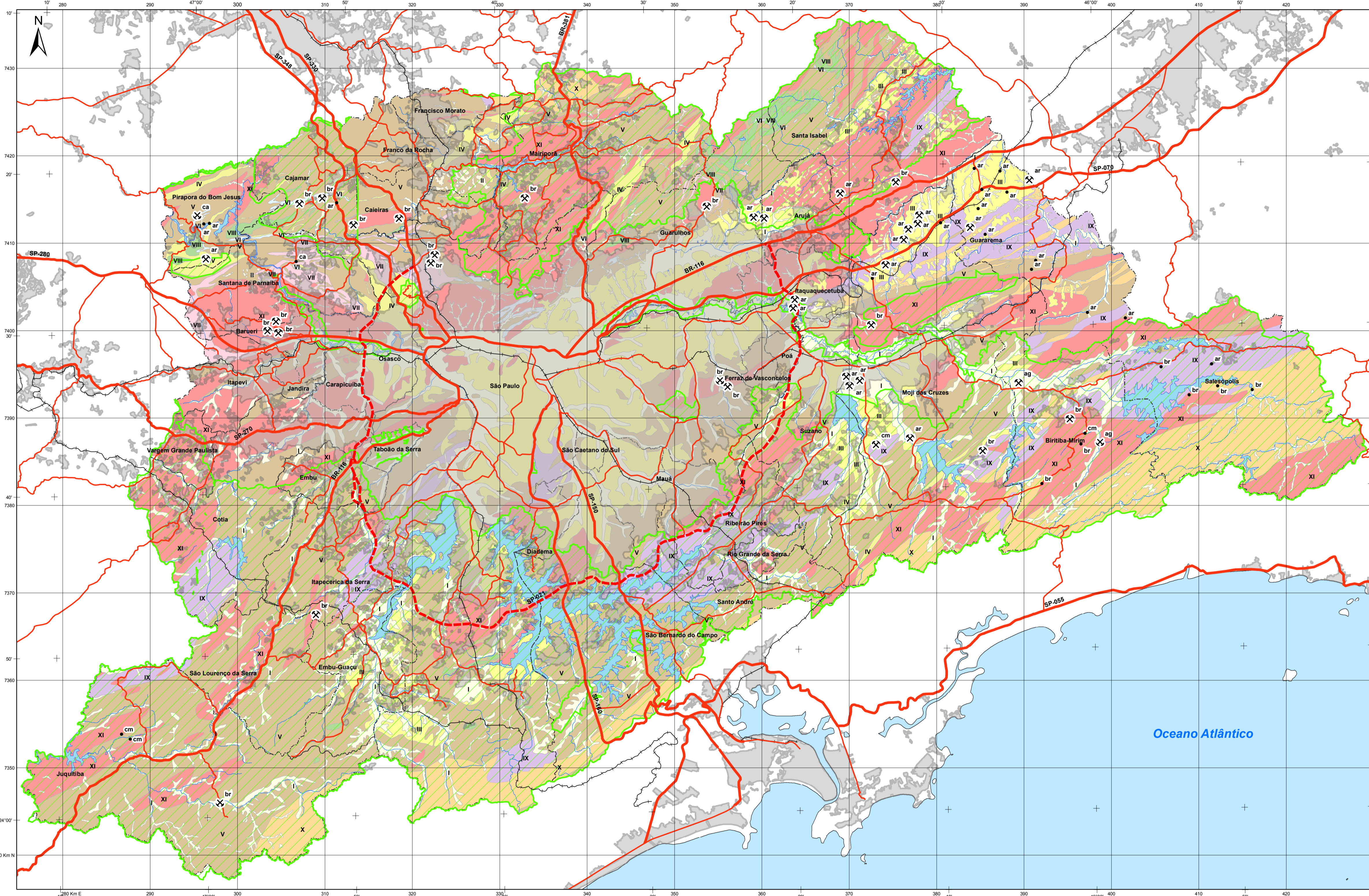
---



UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS: Detailed table listing geological units with their lithological descriptions, ages, and coordinates. Includes sections for CENOZOICO-QUATERNÁRIO, PALEOZOICO, PROTEROZOICO, and MESOPROTEROZOICO.

RELAÇÕES TECTONO-ESTRATIGRÁFICAS: Table detailing tectono-stratigraphic relationships between different geological units, including contact types and structural features.





ÁREA MINERAL	POTENCIAL GEOLÓGICO	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DO DEPÓSITO
I	ALTO	Sedimentos inconsolidados formados por argila, areia e cascalho transportados e depositados em área de várzea
II	MODERADO	Sedimentos inconsolidados formados por areia, argila e cascalho não transportados ou pouco transportados, presentes na superfície ou próximo de rochas alteradas
III	ALTO	Rocha sedimentar predominantemente arenosa
IV	MODERADO	Rochas metamórficas predominantemente arenosas de granulação grossa, média e fina (metarmitos e quartzitos)
V	BAIXO	Rochas metamórficas predominantemente pelíticas de granulação fina a muito fina (metarmitos e quarto-micasistas)
VI	MODERADO	Rochas metamórficas de origem carbonática (mármore, metacarbonatos e calcossilicáticas)
VII	BAIXO	Rochas de origem vulcânica metamorfizadas (metavulcanocásticas, metaufos e formações ferríferas associadas)
VIII	MODERADO	Rochas de composição básica metamorfizadas (anfíbolitos e metabasitos)
IX	MODERADO	Manto de alteração de rochas formado por areia, argila e cascalho
X	MODERADO	Rochas de origem sedimentar que sofreram metamorfismo de alto grau (gnaisse com sillimanita e granada, com lentes de quartzo)
XI	BAIXO	Manto de alteração de rochas ígneas plutônicas formado por areia, argila e cascalho
XI	ALTO	Rochas de origem ígnea plutônica

**Cartografia**

- Áreas de Proteção Ambiental
- Municípios
- Área Urbanizada
- Massa d'água
- Hidrografia

**Acessos**

- Estradas
- Rodovias Principais
- Rodoanel
- Mão Covas
- Ferrovias

**Minas visitadas**

- Mina ativa
- Mina inativa
- Ocorrências Cadastradas
- Ocorrência

**Substância:**

- ar - Areia
- ag - Argila
- br - Brita
- ca - Calcário
- cm - Caulim

**CRÉDITOS**  
O projeto Materiais de Construção na Região Metropolitana de São Paulo, da Diretoria de Geologia e Recursos Minerais - DGM, foi executado pela Gerência de Geologia e Recursos Minerais - GEREMI, da Superintendência Regional de São Paulo - SUREG/SP. A coordenação nacional do projeto coube ao Departamento de Recursos Minerais - DREM e ao Departamento de Geologia - DEGE, com supervisão e apoio técnico das divisões de Minerais Industriais - DIMINI, Geologia Básica - DIGEOB, de Sensoriamento Remoto e Geofísica - DISEGE, de Geoquímica - DIGEQO e de Geoprocessamento - DIGEOP.

A base planimétrica digital foi obtida das cartas impressas da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) Brasil e que compõem a região do projeto, ajustadas com as imagens do mosaico de imagens ETM+ do Landsat 7 - Mosaico GeoCover 2.000, resultante da fusão das bandas 7, 4, 2 e 8, com resolução espacial de 14,25 metros, ortorectificado e georeferenciado segundo o datum SIRGAS 2000.

Os dados aerofotogramétricos foram obtidos da união de dois projetos executados pela CPRM: Projeto Aerofotográfico São Paulo-Rio de Janeiro (1978) e o Projeto Aerofotográfico Paraná-Santa Catarina (2011). Na geração dos grids utilizou-se o programa Oasis Montaj (Versão 7.2) da Geosoft, adotando-se para os temas, magnetométrico e gamaespectrométrico, um espaçamento de 500 metros entre as linhas de voo, com direção N-S e uma altura de voo sobre o terreno de 100 metros para o Projeto Aerofotográfico Paraná-Santa Catarina. Já no caso do Projeto São Paulo-Rio de Janeiro foi utilizado um espaçamento de 1 km entre as linhas de voo e com altura de voo de 150 metros. Por este motivo as imagens geradas pelo projeto mais recente apresentam uma melhor resolução.

A base planimétrica final foi editada e atualizada pela Divisão de Cartografia - DICART, para atender ao mapeamento temático do Serviço Geológico do Brasil - CPRM. A ocupação urbana foi delimitada com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE - dados dos anos de 2007 e 2015. O Mapa Geológico Integrado da Região Metropolitana de São Paulo, escala 1:250.000, do presente projeto é a base geológica utilizada.

As áreas de conservação foram delimitadas com base nos dados da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e dos dados disponibilizados pelas prefeituras municipais.

**Este mapa é suportado por banco de dados geológicos e de recursos minerais, disponibilizados em versão GIS.**

**AVISO LEGAL**  
O conteúdo disponibilizado nesta carta ("Conteúdo") foi elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, com base nos dados obtidos através de trabalhos próprios e de informações de domínio público. A CPRM não garante: (i) que o Conteúdo atenda ou se adeque às necessidades de todos os usuários; (ii) que o Conteúdo e o acesso a ele estejam totalmente livres de falhas; (iii) a total precisão de quaisquer dados ou informações contidas no Conteúdo, apesar das precauções de praxe tomadas pela CPRM. Assim, a CPRM, seus representantes, dirigentes, prepostos, empregados e acionistas não respondem pelo Conteúdo, e sugere que os usuários utilizem sua própria experiência no tratamento das informações contidas no Conteúdo, ou busquem aconselhamento de profissionais independentes capazes de avaliar as informações contidas no Conteúdo. O Conteúdo não constitui aconselhamento de investimento, financeiro, fiscal ou jurídico, tampouco prevê recomendações relativas a instrumentos de análise geocientífica, de investimentos ou eventuais produtos. Por fim, qualquer trabalho, estudo ou análise que utilize o Conteúdo deve fazer a devida referência bibliográfica.

**EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL**

**Coordenação Técnica Regional:** Maurício Pavan Silva (GEREMI-SP), Francisco Ferreira de Campos e Roberto Loreti Júnior (Supervisores - GEREMI-SP), Vidyá Vieira de Almeida (Chefe do Projeto).

**Coordenação Técnica Nacional:** José Leonardo Silva Andriotti (DGM), Marcelo Esteves Almeida (DEREM), Lúcia Travassos da Rosa Costa (DEGEO), Vanielo Almeida Mendes e Michel Marques Godoy (DIMINI), Vladimir Cruz de Medeiros (DIGEOB), Cassiano Costa Castro (DIGEQO), Luiz Gustavo Rodrigues Pinto (DISEGE) e Hiran Silva Dias (DIGEOP).

**Equipe Executiva:**  
Vidyá Vieira de Almeida  
Ivan Pereira Marques  
Roberto Loreti Júnior  
Alexandre Alves de Oliveira  
Guilherme Iolito Troncon Guerra  
Ligia Maria de Almeida Leite Ribeiro  
Eduardo Jorge Henrique Crepaldi Bergamaschi Pinto de Azevedo

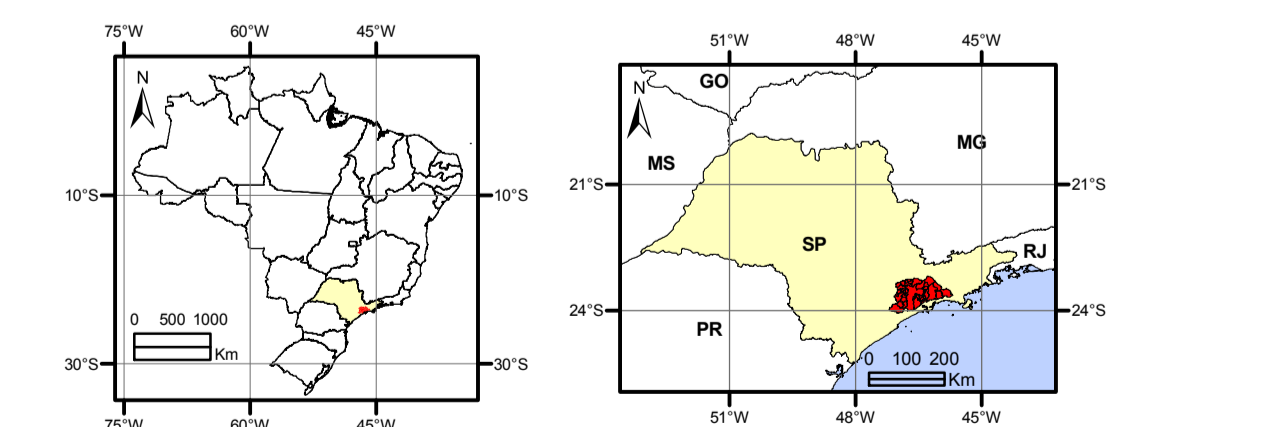
**Geofísica:**  
Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

**Sensoriamento Remoto:**  
Deborah Mendes

**Cartografia Digital:**  
Ivan Pereira Marques

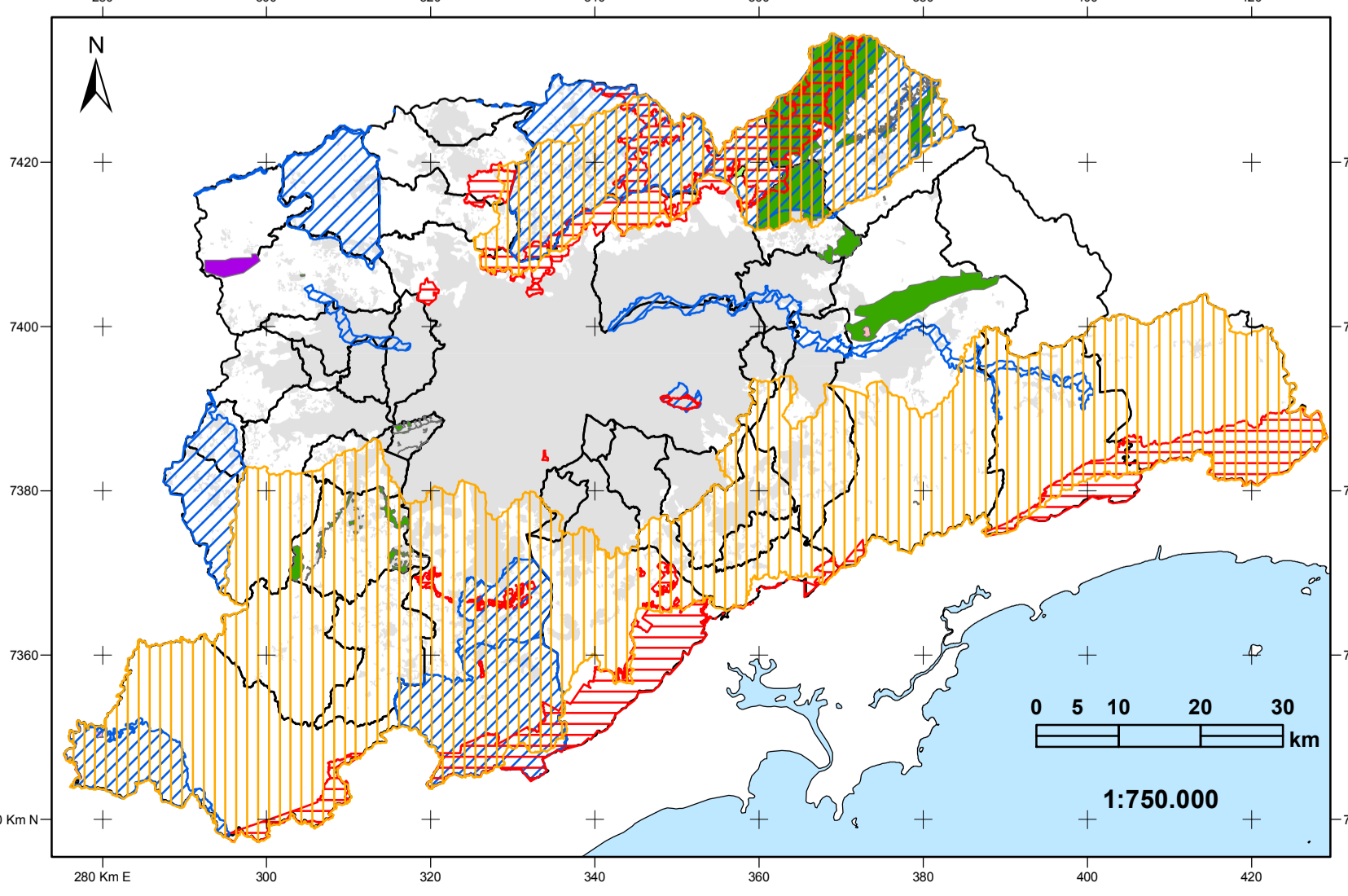
**Citação Bibliográfica:** Marques et al. 2019  
Marques J.P., Almeida V.V., Loreti Júnior R., Oliveira A.A., Guerra G.T.T., Ribeiro L.M.A.L., Azevedo E.J.H.C.B.P. 2019. Mapa de Potencial Geológico para Agregados da Região Metropolitana de São Paulo. Mapa. São Paulo: CPRM, 2019. 1 mapa colorido, 84 x 58,4 cm. Escala 1:250.000.

**LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO**



**MAPA DE POTENCIAL GEOLÓGICO PARA AGREGADOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

ESCALA 1:250.000  
PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central  
45°W.Gr, acrescidas às constantes: 10.000 Km e 500 Km, respectivamente.  
Datum horizontal: Sirgas 2000  
Zona 23S  
2019

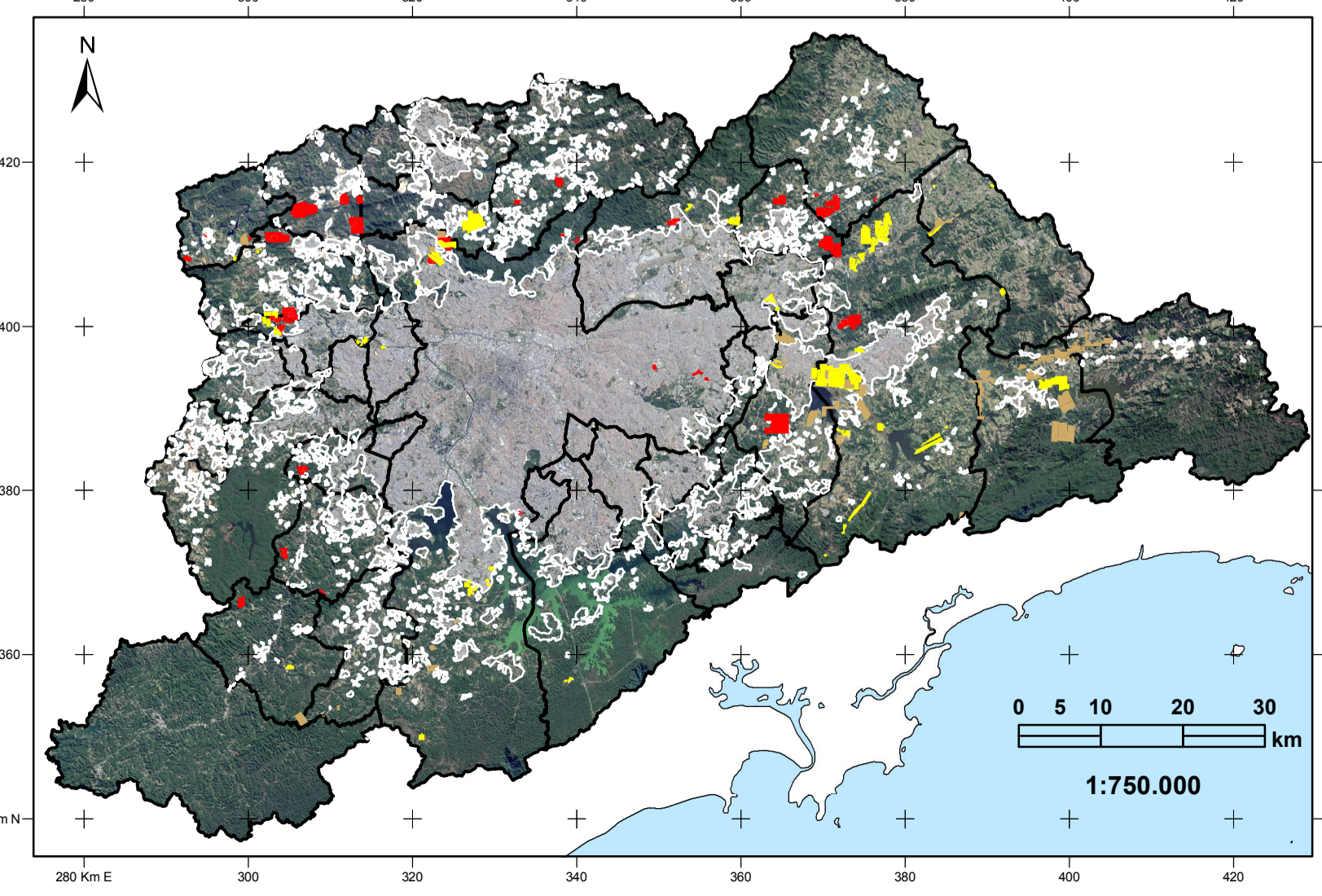


**Áreas de Proteção Ambiental**

- Mananciais
- Parque
- Área de Proteção Ambiental
- Área de Proteção Municipal
- Área Natural Tombada
- Estação Ecológica
- Floresta
- Monumento Natural
- Reserva Particular do Patrimônio Natural

**Limites Urbanos**

- Municípios
- Área Urbanizada



**Concessões de Lavra**

- Areia
- Argila
- Brita

**Limites Urbanos**

- Municípios
- Área Urbanizada

## PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

### INFORME DE RECURSOS MINERAIS

#### Série Rochas e Minerais Industriais, nº 24

### PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

O produto Informe de Recursos Minerais, parte integrante do Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral, objetiva sistematizar e divulgar os resultados das atividades e projetos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, nos campos da geologia econômica, metalogênese, prospecção, pesquisa e economia mineral. Tais resultados são apresentados sob a forma de estudos, artigos, relatórios e mapas.

O presente trabalho buscou organizar as informações sobre a atividade minerária na região, voltada para agregados de construção civil (areia e brita), em confronto com os elementos restritivos à sua atuação, sejam sociais ou ambientais.

Assim, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, tem a satisfação em apresentar o PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

O informe contempla o texto do relatório final dos trabalhos executados na região, contendo: análise da atividade mineira, além de mapas temáticos (geológico e de potencial geológico para areia e brita). A publicação busca contribuir, desta forma, para enfatizar o papel da informação geológica como indutor no desenvolvimento do setor mineral no país, além de estimular e atrair investimentos para o mesmo, com efeitos na geração de empregos, renda e desenvolvimento social, à luz da sustentabilidade ambiental.

Este Informe Mineral está disponível para *download* no portal [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br).

#### Sede

Setor Bancário Norte - SBN - Quadra 02,  
Asa Norte Bloco H - 5º andar - Edifício Central Brasília  
Brasília - DF - CEP: 70040-904  
Tel: 61 2108-8400

#### Escritório Rio de Janeiro

Av Pasteur, 404 - Urca  
Rio de Janeiro - RJ Cep: 22290-255  
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382

#### Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166

#### Departamento de Geologia

Tel: 91 31821326

#### Departamento de Recursos Minerais

Tel: 21 2295-4992

#### Diretoria de Infraestrutura Geocientífica

Tel: 21 2295-5837 - 61 2108-8457

#### Superintendência de São Paulo

Rua Costa, 55 - Cerqueira César  
São Paulo - SP - CEP: 01304-010  
Tel.: 11 3775-5101

#### Assessoria de Comunicação

Tel: 61 2108-8468  
E-mail: [asscomdf@cprm.gov.br](mailto:asscomdf@cprm.gov.br)

#### Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0333  
E-mail: [marketing@cprm.gov.br](mailto:marketing@cprm.gov.br)

#### Ouvidoria

Tel: 21 2541-6344  
E-mail: [ouvidoria@cprm.gov.br](mailto:ouvidoria@cprm.gov.br)

#### Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997  
E-mail: [seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)



[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)