

# INFORME DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

*Série Rochas e Minerais  
Industriais, nº 17*

*Insumos Minerais para a Construção Civil*



## PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

*Porto Alegre – 2016*

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais  
Departamento de Recursos Minerais  
Divisão de Minerais e Rochas Industriais

**Programa Geologia do Brasil**

**PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO  
DA REGIÃO METROPOLITANA  
DE PORTO ALEGRE**

CPRM

Oscar L. Bertoldo Scherer  
Michel Marques Godoy  
Geraldo de Barros Pimentel  
Fábio de Lima Noronha  
Marta Rubbo  
Jorge Henrique Laux  
Magda Bergmann  
Ruben Sardou Filho.

METROPLAN

Esteban Santa Carrion  
Juliana da Silva Rodrigues

**INFORME DE RECURSOS MINERAIS**  
Série Rochas e Minerais Industriais, nº 17



PORTO ALEGRE  
2016

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais  
Departamento de Recursos Minerais  
Divisão de Minerais e Rochas Industriais

**Programa Geologia do Brasil**

**PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO  
METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE**

**ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

**INFORME DE RECURSOS MINERAIS**

Série Rochas e Minerais Industriais, nº 17

Scherer, Oscar L. Bertoldo.

Projeto materiais de construção da região metropolitana de Porto Alegre / Oscar L. Bertoldo Scherer ... [et. al.]. – Porto Alegre : CPRM, 2016.

1 CD-ROM. – (Informe de recursos minerais. Série rochas e minerais industriais ; 17)

Programa Geologia do Brasil.

ISBN 978-85-7499-261-7

1.Minerais industriais – Brasil – Rio Grande do Sul. 2.Geologia econômica – Brasil – Rio Grande do Sul. 3.Materiais de construção – Brasil – Rio Grande do Sul. I. Título. II. Série.

CDD 553.6098165

FICHA CATALOGRÁFICA REVISADA NA DIDOTE/SEUS POR  
TERESA CRISTINA SAMPAIO ROSENHAYME - CRB7 / 5663

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil - CPRM  
É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais  
Departamento de Recursos Minerais  
Divisão de Minerais e Rochas Industriais

**Programa Geologia do Brasil**

**PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**  
**DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

Fernando Coelho Filho  
*Ministro de Estado*

**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Carlos Nogueira da Costa Junior  
*Secretário*

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

Manoel Barretto da Rocha Neto  
*Diretor-Presidente*

Roberto Ventura Santos

*Diretor de Geologia e Recursos Minerais*

Stênio Petrovich Pereira

*Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial*

Antônio Carlos Bacelar Nunes

*Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento*

Nelson Victor Le Cocq D'Oliveira

*Diretor de Administração e Finanças*

Francisco Valdir Silveira

*Chefe do Departamento de Recursos Minerais*

Vanildo Almeida Mendes

*Chefe da Divisão de Minerais e Rochas Industriais*

Patrícia Duringer Jacques

*Chefe de Divisão de Geoprocessamento*

Marília Santos Salinas do Rosario

*Chefe da Divisão de Cartografia*

José Márcio Henriques Soares

*Chefe do Departamento de Relações Institucionais e*

*Divulgação (interino)*

José Márcio Henriques Soares

*Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação*

**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE**

José Leonardo Silva Andriotti

*Superintendente*

João Ângelo Toniolo

*Gerente de Geologia e Recursos Minerais*

Ana Claudia Viero

*Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento*

Marcos Alexandre de Freitas

*Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial*

Alexandre Goulart

*Gerente de Administração e Finanças*

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

**SECRETARIA DO PLANEJAMENTO MOBILIDADE E  
DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

Cristiano Tatsch  
*Secretário*

**Fundação Estadual de Planejamento Urbano e Regional  
– METROPLAN**

Pedro Bisch Neto

*Diretor-Superintendente*

Vinício Salvagni

*Diretor de Transporte Metropolitano*

Marcio Souza de Barcellos

*Diretor de Gestão Territorial*

Enio Jose Meneguetti

*Diretor de Incentivo ao Desenvolvimento*

Jorge Alberto Xavier Hias

*Diretor Administrativo*



# MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

## SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

### SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Departamento de Recursos Minerais

Divisão de Minerais e Rochas Industriais

### PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

---

#### EQUIPE TÉCNICA DA CPRM

**Coordenação Geral**

Francisco Valdir Silveira

**Coordenação Técnica Nacional**

Ruben Sardou Filho

**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

João Ângelo Toniolo

**Executores do Informe**

Oscar L. Bertoldo Scherer

Michel Marques Godoy

Geraldo de Barros Pimentel

Ruben Sardou Filho

**Autores**

Capítulos 1, 4, 8 e 11 - Oscar L. Bertoldo Scherer

Capítulos 1, 4 e 11 - Michel Marques Godoy

Capítulo 4 - Geraldo de Barros Pimentel

Capítulos 8 e 11 - Ruben Sardou Filho

Capítulos 5, 6 e 9 - Fábio de Lima Noronha

Capítulos 6 e 7 - Marta Rubbo

Capítulo 3 - Jorge Henrique Laux

Capítulo 10 - Magda Bergmann

**Digitalização e Editoração de Figuras**

Oscar L. Bertoldo Scherer

Michel Marques Godoy

**Compatibilização e Revisão Geral**

Ruben Sardou Filho

Oscar L. Bertoldo Scherer

Michel Marques Godoy

**Responsável Técnico**

Oscar L. Bertoldo Scherer

Michel Marques Godoy

**Colaboração**

Liliane Lavoura Bueno Sachs

**Estagiários**

Itiana Borges Hoffmann

**Digitalização e editoração de mapas**

Oscar L. Bertoldo Scherer

Rui Arão Rodrigues

**Organização, Preparo e Controle da Editoração Final**

Alan Düssel Schiros

---

#### EQUIPE TÉCNICA DA METROPLAN

**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS, IRRIGAÇÃO E  
DESENVOLVIMENTO URBANO  
FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO  
E REGIONAL**

**Diretoria de Incentivo ao Desenvolvimento**

**Coordenação Geral**

Dante Gama Larentis

**Autores**

Capítulo 2 - Esteban Santa Carrion

Capítulo 2 - Juliana da Silva Rodrigues

**Colaboradores**

Gilda Maria Franco Jobim

Julia Ribes Fagundes

Pedro Xavier de Araújo

Paula Branco Pinto

Jayme Ricardo Machado Keunecke Junior

---

Editoração para publicação

UNIKA Editora

---

#### EDIÇÃO DO PRODUTO

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Departamento de Relações Institucionais e Divulgação – DERID - José Márcio Henriques Soares (interino)

Divisão de Marketing e Divulgação – DIMARK - José Márcio Henriques Soares

Divisão de Geoprocessamento – DIGEOP/SA – Reginaldo Leão Neto – SIG/GEOBANK

# APRESENTAÇÃO

---

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) e o Governo do Estado do Rio Grande do Sul, através da Secretaria de Obras Públicas, Irrigação e Desenvolvimento Urbano (SOP) e da Fundação Estadual de Planejamento Urbano e Regional (METROPLAN), tem a grata satisfação de disponibilizar aos gaúchos, à comunidade técnico-científica e aos empresários do setor mineral, mais um produto do Programa Geologia do Brasil denominado Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA).

Os trabalhos desenvolvidos pelo Projeto tiveram como objetivos, produzir um diagnóstico do setor de mineração – exploração, produção, oferta, demanda -, estimular a instalação de novos empreendimentos na área, levantar dados que permitam a atividade mineira de forma sustentável, e fornecer subsídios preliminares para a formulação de políticas públicas e o planejamento da minimização do impacto ambiental que a atividade provoca.

Obras públicas contempladas pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), tais como: construção da BR-448 (Rodovia do Parque), melhorias na infra-estrutura da BR-116, obras de mobilidade urbana, transporte rápido por ônibus (Bus Rapid Transit – BRT), em face da copa do mundo, construção de moradias, para atender o programa Minha Casa Minha Vida, creches e escolas e ampliação do aeroporto Salgado Filho. Cabe ressaltar, que a instalação de indústrias, construção de pontes e viadutos, obras do setor imobiliário também têm consumido grandes volumes de materiais na RMPA.

A área de cobertura do projeto é a Região Metropolitana de Porto Alegre, com aproximadamente 10.350 km<sup>2</sup>, abrangendo 34 municípios, abrigando aproximadamente, 10.693.000 habitantes (Censo Demográfico de 2010, IBGE).

Os materiais objeto de estudo foram areia, argila, brita, saibro, material de empréstimo e pedra de talhe, que se destacam entre os insumos minerais mais consumidos, com uso na construção civil dentro da RMPA.

Este informe, em volume impresso, contempla o texto do relatório final dos trabalhos executados na região, contendo: análise de aspectos socioeconômicos e infraestrutura da RMPA; contexto geológico, potencial mineral e perfil dos insumos para construção civil, mineração e meio ambiente, métodos de lavra e beneficiamento, direitos minerários, aspectos mercadológicos e legislação. O informe também conterá os mapas geológico, de cadastro mineral, potencial mineral e direitos minerários, todos em escala 1:250.000.

Com esta publicação, o Estado do Rio Grande do Sul, conta com mais um instrumento para orientar o desenvolvimento do setor mineral, além de estimular e atrair investimentos de empresas interessadas na produção de insumos minerais para construção civil, com efeitos na geração de empregos, renda e desenvolvimento social, à luz da sustentabilidade ambiental.

Com mais este lançamento, a CPRM (Serviço Geológico do Brasil), através do Programa Geologia do Brasil dá continuidade à política governamental de aumentar o conhecimento geológico do país, seja com a retomada dos levantamentos geológicos básicos, dos levantamentos geofísicos, das integrações geológicas estaduais ou dos trabalhos temáticos a exemplo deste projeto, contribuindo dessa forma, para o desenvolvimento regional e subsidiando à formulação de políticas públicas e apoio nas tomadas de decisões de investimentos.

Merece destaque o empenho de todos os autores para a concretização dessa obra, a qual realça a importância das parcerias com os Estados, não só para a geração de produtos geocientíficos, mas como importante ferramenta de uma efetiva política nacional de geologia e hidrologia.

Esta ação vem sendo coordenada e articulada pela Secretaria de Geologia Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia, através do Serviço Geológico do Brasil, com parceira junto aos governos e instituições estaduais.

MANOEL BARRETTO DA ROCHA NETO  
Diretor-Presidente

ROBERTO VENTURA SANTOS  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais



# RESUMO

---

O presente trabalho reúne informações de interesse do setor mineral referentes a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), Estado do Rio Grande do Sul, abrangendo análise de aspectos sócio-econômicos e infraestrutura da RMPA; contexto geológico, potencial mineral e perfil dos insumos para construção civil, mineração e meio ambiente, métodos de lavra e beneficiamento, direitos minerários, aspectos mercadológicos, rochagem e legislação. Tem como alvo os principais insumos minerais utilizados para a construção civil: areia, argila, brita, saibro, material de empréstimo e pedra de talhe.

Os insumos minerais foram descritos individualmente, enfocando-se aspectos tais como localização, tipologia de depósitos, caracterização tecnológica, reservas e fontes alternativas de suprimento.

Foram cadastradas 252 ocorrências minerais, enfatizando-se a caracterização tecnológica de areias, argilas e brita utilizadas para construção civil, com a finalidade de definir a melhor aplicabilidade do insumo.

Adicionalmente, foi elaborado um diagnóstico técnico-econômico sobre os insumos minerais, levando em conta produção, consumo e impactos ambientais decorrentes da atividade minerária, com indicações quanto à sustentabilidade da produção mineral e atendimento da demanda futura.



# ABSTRACT

---

This work brings information related to the mineral construction sector of Porto Alegre's Metropolitan Region(RMPA), Rio Grande do Sul State, Brazil. It contains data related to socio-economic and infrastructure aspects of RMPA; geological setting, mineral potential and profile of construction materials, mining and the environment, methods of extraction and processing, mining rights, legislation, rocks for crops and market analysis. It targets the main materials used for construction, such as sand, clay and gravel.

The mineral sources were described individually, focusing on aspects such as location, type of deposits, technological characterization, and alternative sources of supply.

During field work, 252 mineral occurrences were recorded, emphasizing the technological characterization of sands, clays and gravel in order to define the better uses and applications for the these materials.

Additionally, a technical-economic diagnosis of these resources was made, emphasizing production, consumption and environmental impacts of mining activity, with indications about the sustainability of mineral production and how to meet the future demand.





# SUMÁRIO

---

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 – INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>19</b> |
| 1.1 - LOCALIZAÇÃO.....  | 19        |
| 1.2 - METODOLOGIA DE TRABALHO.....  | 19        |
| 1.3 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....   | 20        |
| 1.4 - VEGETAÇÃO.....  | 21        |
| <b>2 – ASPECTOS TERRITORIAIS, DEMOGRÁFICOS E ECONÔMICOS DA RMPA.....</b>      | <b>23</b> |
| 2.1 - ASPECTOS DEMOGRÁFICOS.....  | 23        |
| 2.1.1 - Evolução da População Total.....                                      | 23        |
| 2.1.2 - Principais Alterações Demográficas e Territoriais.....                | 23        |
| 2.1.3 - Concentração Regional da População.....                               | 23        |
| 2.1.3.1. - Contexto da Concentração Regional da População.....                | 23        |
| 2.1.3.2. - Concentração da População na RMPA.....                             | 23        |
| 2.1.4. - Localização do Crescimento Regional da População.....                | 28        |
| 2.1.4.1 - Grupo A: Municípios com Crescimento de População Muito Elevado..... | 28        |
| 2.1.4.2 - Grupo B: Municípios com Crescimento de População Elevado.....       | 29        |
| 2.1.4.3 - Grupo C: Municípios com Crescimento de População Médio.....         | 30        |
| 2.1.4.4 - Grupo D: Municípios com Crescimento de População Baixo.....         | 30        |
| 2.1.4.5 - Grupo E: Municípios com Crescimento de População Muito Baixo.....   | 30        |
| 2.1.5 - A População da RMPA no Contexto das Metrôpoles do País.....           | 31        |
| 2.2 - ASPECTOS ECONÔMICOS DA RMPA: PRINCIPAIS VARIÁVEIS.....                  | 31        |
| 2.2.1 - Características do Valor Adicionado Bruto (VAB).....                  | 31        |
| 2.2.2 - Empregos Formais na Região.....                                       | 32        |
| 2.2.3 - O PIB da RMPA: Concentração e Tendências do Crescimento.....          | 32        |
| 2.2.3.1 - Concentração Regional do PIB na RMPA.....                           | 32        |
| 2.2.3.2 - Localização e Direção do Crescimento do PIB na RMPA.....            | 35        |
| 2.2.4 - O PIB da RMPA no Contexto das Metrôpoles do País.....                 | 37        |
| 2.3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....   | 38        |
| <b>3 – CONTEXTO GEOLÓGICO.....</b>  | <b>39</b> |
| <b>4 – POTENCIAL MINERAL.....</b>   | <b>45</b> |
| 4.1 - DIAGNÓSTICO DAS ÁREAS POTENCIAIS.....                                   | 45        |
| 4.2 - AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL.....                                    | 48        |
| 4.2.1 - Areia.....  | 48        |
| 4.2.1.1 - Principais depósitos minerais de areia.....                         | 48        |
| 4.2.2 - Caracterização das Áreas-fonte de Areia.....                          | 49        |
| 4.2.2.1 - Depósitos de areia fluvial.....                                     | 49        |
| 4.2.2.2 - Outros depósitos fluviais (rios dos Sinos e Cai):.....              | 49        |
| 4.2.2.3 Depósitos de areia de planície aluvial.....                           | 49        |
| 4.2.2.4 - Depósitos de areia em sistema “laguna-barreira” pleistocênicos..... | 52        |
| 4.2.2.5 - Depósitos de areia em áreas de mineração.....                       | 52        |
| 4.2.3 - Qualidade das Areias na RMPA.....                                     | 52        |
| 4.2.4 - Reservas Estimadas para os Principais Depósitos de Areia na RMPA..... | 54        |
| 4.3 - ARGILA.....   | 55        |
| 4.3.1 - Jazidas de argila.....  | 56        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.3.1.1 - Depósitos de argilas em colúvios e planícies aluviais .....                         | 56        |
| 4.3.1.2 - Argilas de solo residual.....   | 57        |
| 4.3.1.3 - Argilas de Rochas Sedimentares da Bacia do Paraná .....                             | 57        |
| 4.3.2 - Qualidade das Argilas.....  | 57        |
| 4.3.3 - Resultados das Análises das Argilas .....   | 59        |
| 4.3.4 - Reservas Estimadas para os Principais Depósitos de Argila da RMPA.....                | 63        |
| 4.4 - BRITA.....  | 63        |
| 4.4.1 - Definição e Aplicações.....   | 63        |
| 4.4.2 - Principais depósitos .....  | 68        |
| 4.4.3 - Caracterização.....   | 68        |
| 4.4.4 - Reservas .....  | 70        |
| 4.5 - MATERIAL DE EMPRÉSTIMO .....  | 70        |
| 4.5.1 - Definição e Aplicações.....   | 70        |
| 4.5.2 - Principais depósitos na RMPA .....  | 71        |
| 4.5.3 - Reservas .....  | 73        |
| 4.6 - SAIBRO .....  | 73        |
| 4.6.1 - Definição e Aplicações.....   | 73        |
| 4.6.2 - Principais depósitos .....  | 74        |
| 4.6.3 - Reservas .....  | 74        |
| 4.7 - PEDRA DE TALHE.....   | 74        |
| 4.7.1 - Definição e Aplicações.....   | 74        |
| 4.7.2 - Principais depósitos .....  | 74        |
| 4.7.2.1 - Arenito para Pedra de talhe .....   | 74        |
| 4.7.2.2. - Basalto para Pedra de Talhe.....   | 75        |
| 4.7.3 - Reservas .....  | 76        |
| <b>5 – MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE.....</b>   | <b>79</b> |
| 5.1 - CONCEITOS .....   | 79        |
| 5.2 - METODOLOGIA DE TRABALHO .....   | 79        |
| 5.3 - IMPACTOS DECORRENTES DA MINERAÇÃO.....  | 80        |
| 5.3.1 - Decapeamento e Abertura de Acessos .....  | 81        |
| 5.3.2 - Lavra por Desmonte com Explosivos e/ou Escavação Mecanizada.....                      | 82        |
| 5.3.3 - Lavra por Dragagem.....   | 83        |
| 5.3.4 - Estocagem de Minério e Deposição de Estéreis e Rejeitos.....                          | 84        |
| 5.3.5 - Britagem .....  | 85        |
| 5.3.6 - Expedição e Transporte de Carga .....   | 85        |
| 5.4 - RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS.....  | 86        |
| <b>6 – MÉTODOS DE LAVRA E BENEFICIAMENTO .....</b>  | <b>89</b> |
| 6.1 - AREIA.....  | 89        |
| 6.1.1 - Dragagem de leito de curso d`água, como por exemplo dos rios Jacuí, Sinos e Caí ..... | 89        |
| 6.1.2 - Areias mineradas nas áreas de planícies aluvionares através de escavações .....       | 90        |
| 6.2 - ARGILA .....  | 91        |
| 6.3 - MATERIAL DE EMPRÉSTIMO E SAIBRO .....   | 92        |
| 6.4 - BASALTO .....   | 92        |
| 6.4.1 - Basalto para brita .....  | 92        |
| 6.4.2 - Basalto para pedra talhe - Diabásio .....   | 94        |

|  |            |
|--|------------|
| 6.5 - GRANITO .....  | 94         |
| 6.6 - ARENITO PARA PEDRA DE TALHE.....   | 96         |
| <b>7 – DIREITOS MINERÁRIOS .....</b>   | <b>97</b>  |
| 7.1 - OS DIREITOS MINERÁRIOS NA RMPA .....   | 97         |
| <b>8 - DIAGNÓSTICO TÉCNICO ECONÔMICO .....</b>   | <b>101</b> |
| 8.1 - GENERALIDADES .....  | 101        |
| 8.2 - PANORAMA NACIONAL.....   | 101        |
| 8.3 - CENÁRIO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE .....  | 102        |
| 8.3.1 - Setor de Não-Metálicos.....  | 102        |
| 8.3.2 - Indústria de Construção Civil.....   | 105        |
| 8.4 - INSUMOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL NA RMPA.....   | 106        |
| 8.4.1 - Areia.....   | 106        |
| 8.4.2 - Brita .....  | 107        |
| 8.4.3 - Argila .....   | 108        |
| 8.4.4 - Pedra de Talhe.....  | 109        |
| 8.4.5 - Material de Empréstimo .....   | 110        |
| 8.4.6 - Saibro .....   | 110        |
| 8.5 - ARRECADAÇÃO DA CFEM.....   | 110        |
| 8.6 - O PAC NA RMPA .....  | 111        |
| 8.7 - CENÁRIO FUTURO .....   | 112        |
| <b>9 – LEGISLAÇÃO.....</b>   | <b>115</b> |
| 9.1 - LEGISLAÇÃO MINERÁRIA.....  | 115        |
| 9.1.1 - Novo marco regulatório .....   | 116        |
| 9.1.2 - Legislação Ambiental .....   | 117        |
| 9.2 - UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA RMPA .....  | 118        |
| <b>10 – ROCHAS PARA REMINERALIZAÇÃO E CONDICIONAMENTO DE<br/>SOLOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE .....</b>                           | <b>123</b> |
| 10.1 - ROCHAS COM POTENCIAL PARA REMINERALIZAÇÃO DE SOLOS DISPONÍVEIS<br>ENTRE OS MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO METROPOLITANA..... | 123        |
| 10.2 - BASALTOS AMIGDALÓIDES A ZEÓLITAS.....   | 124        |
| 10.2.1 - Ocorrências de Zeólitas na Região Metropolitana de Porto Alegre.....  | 124        |
| 10.2.1.1 - Lobos de franja derrames com zeólitas em cavidades e crostas como alvo de lavra para<br>saibro basáltico.....                       | 125        |
| 10.2.1.2 - Lobos amigdalóides de franja de derrame sobrepondo ou intercalando rochas<br>basálticas não amigdalóides.....                       | 125        |
| 10.2.1.3 - Basaltos amigdalóides a zeólitas em topo e brechas de topo de derrame .....   | 125        |
| 10.2.2 - Perspectivas de aproveitamento dos basaltos amigdalóides a zeólitas .....   | 127        |
| <b>11 – CONCLUSÕES .....</b>   | <b>131</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>  | <b>133</b> |
| <b>LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS .....</b>  | <b>135</b> |



# SIGLAS E ABREVIATURAS

---

**RMPA** – Região Metropolitana de Porto Alegre;  
**CPRM** – Serviço Geológico do Brasil; Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais;  
**SUREG-PA** – Superintendência Regional de Porto Alegre;  
**METROPLAN** – Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional;  
**MERCOSUL** – Mercado Comum do Sul;  
**INCRA** – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária;  
**FEPAM** – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roesler;  
**DNPM** – Departamento Nacional de Produção Mineral;  
**LCDM** – Laboratório de Desenvolvimento e Caracterização de Materiais;  
**SENAI** – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial;  
**UFPR** – Universidade Federal do Paraná;  
**LACTEC** – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento;  
**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;  
**IPEA** – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada;  
**VAB** – Valor Adicionado Bruto;  
**RAIS** – Relação Anula de Informações Sociais;  
**PIB** – Produto Interno Bruto;  
**FEE** – Fundação de Economia e Estatística;  
**AUNE** – Aglomeração Urbana do Nordeste;  
**SEPLAG** – Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão;  
**RDC** – Regime Diferenciado de Contratação;  
**TRENSURB** – Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre;  
**UNISINOS** – Universidade do Vale dos Sinos;  
**BRT** – Bus Rapid Transit;  
**IPH-UFRGS** – Instituto de Pesquisas Hidráulicas;  
**PNUD** – Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento;  
**UFRGS** – Universidade Federal do Rio do Grande do Sul;  
**IDH** – Índice de Desenvolvimento Humano;  
**IDHM** – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal;  
**PROTEGER** – Programa Técnico para o Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre;  
**SIGMINE** – Sistema de Informações Geográficas da Mineração;  
**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas;  
**PCRS** – Planície Costeira do Rio Grande do Sul;  
**IP** – Índice de Plasticidade;  
**CETEM** – Centro de Tecnologia Mineral;  
**EIA** – Estudo de Impacto Ambiental;  
**PCA** – Plano de Controle Ambiental;  
**RCA** – Relatório de Controle Ambiental;  
**PRAD** – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas;  
**ANEPAC** – Associação Nacional das Entidades de Produtores Agregados para Construção Civil;  
**SINDIPEDRAS** – Sindicato da Indústria de Mineração de Pedra Britada do Estado de São Paulo;  
**IBRAM** – Instituto Brasileiro de Mineração;  
**ANICER** – Indústria Nacional de Cerâmica;  
**ANAMACO** – Associação Nacional dos Comerciantes de Material de Construção;

**FIERGS** – Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul;  
**SINDUSCON** – Sindicato da Indústria da Construção Civil;  
**CFEM** – Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais;  
**ICMS** – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços;  
**COFINS** – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social;  
**PIS** – Programa de Integração Social;  
**IBAMA** – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis;  
**MCT** – Ministério da Ciência e Tecnologia;  
**PAC** – Programa de Aceleração do Crescimento;  
**UBS** – Unidade Básica de Saúde;  
**SAMU** – Serviço de Atendimento Móvel as Urgência;  
**UPA** – Unidade de Pronto Atendimento;  
**RAIS** – Relação Anual de Informações Sociais;  
**MTE** – Ministério do Trabalho e Emprego;  
**ANM** – Agência Nacional de Mineração;  
**CNPM** – Conselho Nacional de Política Mineral;  
**CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente;  
**LO** – Licença de Operação;  
**LI** – Licença de Instalação;  
**LP** – Licença Prévia;  
**RIMA** – Relatório de Impacto Ambiental;  
**APAs** – Áreas de Proteção Ambiental;  
**CONSEMA** – Conselho Estadual de Meio Ambiente;  
**LPI** – Licença Prévia e Instalação Unificadas;  
**FOB)** – Free on board  
**CIF)** – Cost, Insurance and Freight

**PROJETO MATERIAIS DE  
CONSTRUÇÃO DA REGIÃO  
METROPOLITANA  
DE PORTO ALEGRE**

---

**ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**





# 1 – INTRODUÇÃO

O Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) é uma ação do Programa Geologia do Brasil da CPRM, que está inserido no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do governo federal.

Tem como objetivo cadastrar, pesquisar e avaliar depósitos de materiais para emprego imediato na construção civil, tais como: areia, argila, brita, material de empréstimo, saibro e pedra de talhe, além de matérias primas necessárias às indústrias especializadas, como argilas industriais. Ao mesmo tempo, assegurar proteção à população e ao meio ambiente, disponibilizando os insumos a custos acessíveis às regiões metropolitanas do país.

A população da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) vem apresentando um crescimento expressivo nos últimos anos, a exemplo do setor da construção civil com empreendimentos de grande porte (pontes, viadutos e edifícios), médio porte (conjuntos residenciais, lojas comerciais) e pequeno porte (moradias). Sendo assim, fez-se necessário pesquisas de campo para a avaliação dos depósitos de materiais destinados à construção civil, a fim de atender a demanda do mercado e da sociedade como um todo.

Os depósitos de areia e argila (principalmente) vêm sendo explotados de uma maneira geral sem o acompanhamento técnico adequado, com muitas perdas de materiais, além da falta de preocupação com o meio ambiente. Por isso, o desenvolvimento desse projeto procurará orientar as empresas e os envolvidos na exploração desses insumos para uma conscientização, no sentido de um racional aproveitamento desses depósitos, bem como uma maior atenção a produção sustentável.

O projeto foi executado no período de julho de 2012 a outubro de 2014 pela Superintendência Regional de Porto Alegre da CPRM (SUREG-PA), em parceria técnica com a Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional – METROPLAN, entidade vinculada à Secretaria de Obras Públicas, Irrigação e Desenvolvimento Urbano, do Estado do Rio Grande do Sul.

## 1.1 - LOCALIZAÇÃO

A RMPA faz parte da Mesorregião Metropolitana de Porto Alegre, numa posição estratégica em referência ao Mercado Comum do Sul (MERCOSUL), que abrange os principais países da América do Sul. Compreende uma área de aproximadamente, 10.350 Km<sup>2</sup> (contemplando 30 folhas, na escala 1:50.000), correspondendo a 3,7% da superfície do estado. Foi formalmente instituída pela Lei Complementar Federal 14 em 08/06/1973. Atualmente abrange 34 municípios (Figura 1.1).

## 1.2 - METODOLOGIA DE TRABALHO

A execução do projeto foi dividida em três etapas, descritas a seguir:

I – Compilação de Dados e Geração de Mapas Preliminares:

As bases de dados preexistentes provêm de projetos executados anteriormente pela CPRM, bancos de dados da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM) e Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Dentre os trabalhos da CPRM, as principais referências foram o relatório do programa PROTEGER, Informações Básicas para a Gestão

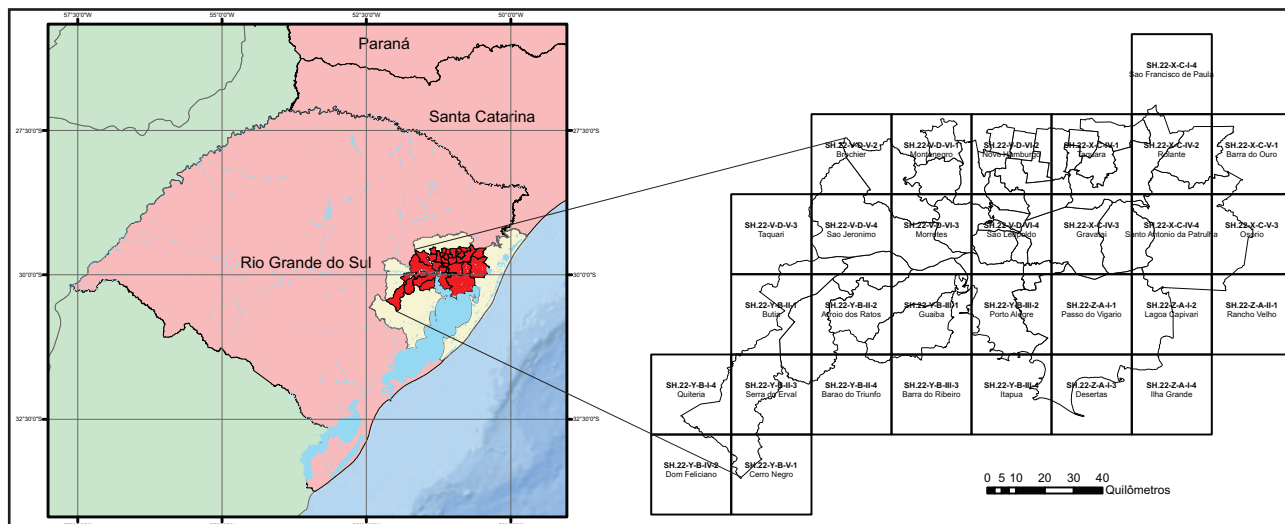


Figura 1.1 – Localização da RMPA.

Territorial – Região Metropolitana de Porto Alegre/ Potencial para Minerais Não-Metálicos e o projeto intitulado Subsídios para o Plano Diretor da RMPA.

Os mapas contidos nos projetos supracitados e o mapa geológico do Rio Grande do Sul, na escala 1:750.000, foram as principais referências, e a sua integração foi realizada através do *software* ArcGIS 10.1.

A FEPAM e DNPM forneceram bancos de dados, em formato digital, com informações a respeito dos processos minerários existentes na RMPA.

#### II – Campo e Análises Laboratoriais:

As etapas de campo foram realizadas entre agosto de 2012 e dezembro de 2013, totalizando aproximadamente 160 dias de campo e foram registrados 252 pontos de extração. As atividades foram orientadas pelas informações contidas nos bancos de dados fornecidos pela FEPAM, DNPM e de projetos executados pela CPRM. Nesta fase, foram visitados pontos de extração ativos e inativos.

Em sequência foi realizada coleta de amostras para execução de ensaios tecnológicos para determinar características de cada material. Foram selecionadas seis amostras de argila, seis de brita e quatro de areia, representando as principais fontes produtoras destes insumos.

Para caracterização tecnológica foram contratados o Laboratório de Desenvolvimento e Caracterização de Materiais (LDCM), do SENAI/Criciúma-SC para os ensaios cerâmicos, e o Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC) no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (UFPR) para os ensaios em brita. No caso da caracterização mineralógica e análises granulométricas de areia a execução foi realizada pela CPRM/SUREG-PA.

#### III – Elaboração de Relatório e Mapas Finais:

Foi efetuada a integração das informações obtidas, apresentadas na forma desta publicação conforme padrão da “Série Rochas e Minerais Industriais”, contendo os mapas a seguir: geológico, de potencial mineral, ocorrências existentes e de direitos minerários.

### 1.3 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

A compartimentação do relevo na RMPA pode ser dividida em três grandes domínios morfoestruturais subdivididos em regiões geomorfológicas (Zanini, 1998). Os domínios morfoestruturais foram definidos como Depósitos Sedimentares, relacionados ao conjunto de formas de acumulação recente; as Bacias e Coberturas Sedimentares e o Embasamento que ocorre em áreas de maciços de rocha cristalina (Figura 1.2 e Figura 1.3).

Esses três domínios correspondem respectivamente às seguintes regiões geomorfológicas: Planície Costeira Interna; Planalto das Araucárias, Depressão Central Gaúcha e o Planalto Sul-Riograndense.

A Região Geomorfológica Planície Costeira Interna está representada de maneira indivisa e reúne diversos tipos de modelos de acumulação relacionados principalmente ao grande número de rios e canais fluviais, bem como terraços fluviais, terraços lagunares e pediplanos distribuídos na região. Ocupa uma área expressiva nas porções leste e oeste da RMPA, recobrando grandes porções no domínio da Depressão Central.

As unidades geomorfológicas Serra Geral e Patamares da Serra Geral ocupam a porção norte RMPA, segundo uma orientação geral leste-oeste.

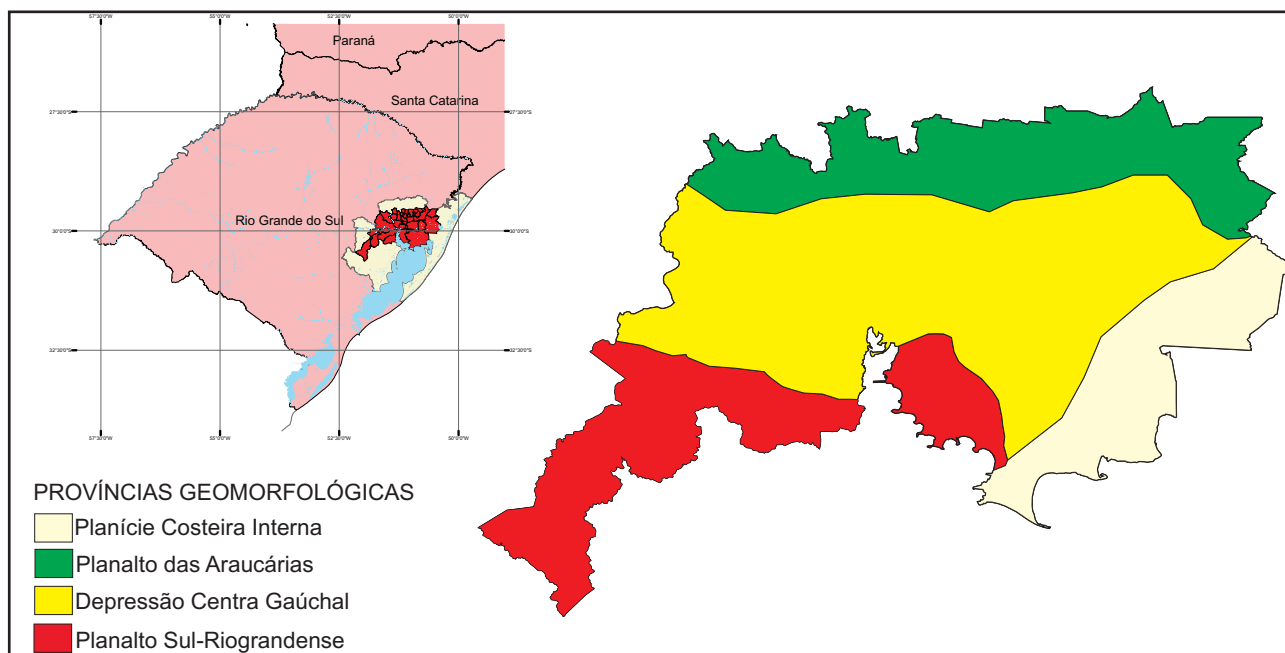


Figura 1.2 – Domínios Morfoestruturais da RMPA.



Figura 1.3 – Mirante do Morro da Polícia em Porto Alegre. Do ponto de contemplação é possível visualizar os morros relacionados ao embasamento e as baixadas relacionadas aos depósitos sedimentares recentes.

As duas ocorrem associadas compondo a borda do relevo do Planalto das Araucárias. A dissecação diferencial, com controle nitidamente estrutural comandado pela tectônica desenvolve profundo entalhamento fluvial expondo derrames das rochas vulcânicas e rochas sedimentares da Bacia do Paraná.

A área serrana entra em contato com a Depressão Central Gaúcha através de relevos abruptos que variam desde escarpas, ressaltos topográficos a bordas de patamares estruturais mais restritamente. Alguns morros-testemunhos avançam sobre a Unidade Geomorfológica Depressão Rio Jacuí, parecendo demonstrar uma antiga posição da região Geomorfológica Planalto das Araucárias, atualmente com seu limite bastante recuado ao norte da RMPA. A Unidade Geomorfológica Depressão Rio Jacuí, se caracteriza por apresentar um relevo sem grandes variações altimétricas, predominando formas alongadas de topo convexo conhecido como coxilhas.

A Região Geomorfológica Planalto Sul-Riograndense ocorre ao sul da Depressão Central, em duas grandes áreas distribuídas ao longo do estuário do rio Guaíba. Constitui-se de rochas do denominado Escudo Sul-Riograndense, onde predominam diversos granitóides como: granitos, granodioritos, sienitos e gnaisses. A Unidade Geomorfológica Planalto Rebaixado Marginal, posicionada nessa região, limita-se a norte, e noroeste com a Depressão Rio Jacuí na RMPA, estendendo-se até os seus limites na porção inferior sul. O relevo é bastante dissecado em rochas pré-cambrianas, configurando colinas, interflúvios geralmente tabulares e encostas íngremes.

Com relação ao clima da RMPA, a região possui quatro regiões climáticas definidas como: Planalto, Depressão Central, Serra do Sudeste e Litoral Atlântico, sendo que a região possui características climáticas diferenciadas em razão da diversidade geomorfologia que compõe região (INCRA,1972).

- **Planalto** – clima frio à bastante ameno com temperatura média anual é de 16° C, e chuvas

abundantes e regularmente distribuídas com valores entre 1550 e 2500 mm anuais.

- **Depressão Central** – clima quente no verão com regime de inverno apresentando temperatura média anual de 19° C, e com chuvas anuais em valores normais de 1300-1800 mm
- **Serra do sudeste** – clima mais brando que o do Planalto, com uma média anual de temperaturas de 16,5° C. As chuvas estão compreendidas em seus valores normais entre 1350-1700 mm anuais.
- **Litoral Atlântico** – situado a leste da RMPA (Planície Costeira Interna e Externa). A temperatura média anual é de 17,5° C e as chuvas variam de 1150-1450 mm por ano.

## 1.4 - VEGETAÇÃO

Os tipos de vegetação que ocorrem na RMPA estão diretamente relacionados aos domínios morfoestruturais que compõem a geomorfologia da região. A cobertura vegetal original foi praticamente devastada no último século em razão da urbanização e da agropecuária, restando poucas manchas de vegetação nativa na região. A partir desses domínios é possível definir as principais unidades de vegetação presentes na RMPA (IBGE, 1983).

- Depósitos Sedimentares (recentes): Áreas de formações pioneiras
- Bacias e Coberturas Sedimentares: Florestas (submontanha e montanha)
- Embasamento:Estepe (campos do sul do Brasil)

Com relação aos biomas brasileiros, a RMPA encontra-se na transição entre os Biomas Mata Atlântica e Pampa, sendo este último exclusivo do Rio Grande do Sul. A porção centro-norte corresponde ao Bioma Mata Atlântica e o centro-sul ao Bioma Pampa (IBGE,1983).





## **2 – ASPECTOS TERRITORIAIS, DEMOGRÁFICOS E ECONÔMICOS DA RMPA**

### **2.1 - ASPECTOS DEMOGRÁFICOS**

#### **2.1.1 - Evolução da População Total**

A RMPA, em 1973, ano de sua criação, era integrada por 14 municípios, os quais, agregadamente concentravam uma população total de 1.531.257 habitantes, que representavam 23 % da população total do Estado. Atualmente, segundo informações do Censo de 2010, a população total alcançaria 3.978.470 habitantes, representando 37,2 % da população total do Estado (quando considerados 32 municípios) e, aumentando para 4.032.062 habitantes (quando computados os 34 municípios da Região a partir de 2015), que deverão representar 37,7 %, da população do Rio Grande do Sul. Conforme se sabe, atualmente, além dos 32 municípios, existem mais dois municípios (São Sebastião do Caí e Igrejinha), que já foram aprovados para fazer parte da RMPA a partir de janeiro de 2015 (Tabela 2.1).

#### **2.1.2 - Principais Alterações Demográficas e Territoriais**

Assim, verifica-se que a população de Região Metropolitana, que desde sua criação, em 1973, aumentou em mais de duas vezes e meia (160 %), também teria aumentado de forma significativa sua participação, no contexto da população total do Estado, com um crescimento acumulado, até 2010, da ordem de 14,7 % (Tabela 2.2).

Uma das razões mais importantes deste significativo aumento da população da Região Metropolitana, além dos importantes fluxos de migração (rural-urbano), das décadas de 70, 80 e, em menor escala da década de 90, teria sido o considerável aumento do número de municípios que, de 14, em 1973, passou para 32, em 2012, subindo para 34 a partir de 2015. Deste modo, a Região teve uma significativa ampliação do seu território, passando de: 3.740,9 km<sup>2</sup>, em 1973, para 10.097,2 km<sup>2</sup>, em 2010 (com 32 municípios) e, para 10.344,5 km<sup>2</sup> (com 34 municípios), a partir de 2015, conforme ilustrado na Figura 2.1. Assim, verifica-se que, apesar do significativo aumento da população da Região Metropolitana, devido ao correspondente aumento do seu território, a densidade média da Região, até apresentou uma pequena diminuição no final destes quarenta anos, passando de 409,3 hab/km, para 394 hab/km<sup>2</sup>.

A partir da análise dos dados de densidade, verifica-se que os municípios que se agregaram a Região, nos últimos 20 anos, foram basicamente, municípios de extenso território e de baixa população

(a exceção de Montenegro) e, que apresentam condições especiais para o desenvolvimento de atividades econômicas vinculadas a agricultura e a determinadas indústrias.

Observa-se, assim, que, dos 12 municípios que foram incorporados à Região nesse período (após 1994), 7 deles (Santo Antônio da Patrulha, São Jerônimo, Rolante, Charqueadas, Montenegro, Capela de Santana e Arroio dos Ratos), ocupam uma área total de 3.567 km<sup>2</sup>, que atualmente é equivalente a 34,5 % da área total da Região.

Uma verificação importante, também para este período é o aumento das áreas urbanas dos municípios da Região e, a consequente consolidação do processo de urbanização, medido pela evolução da taxa de urbanização. Assim, levando em conta as quatro décadas que transcorreram desde a criação da Região, a taxa de urbanização aumentou de 92 %, para 97 %. A evolução, desta taxa, foi ainda mais intensa, principalmente nos municípios situados no eixo norte-sul, ao longo da BR 116, abrangendo principalmente os municípios de: Porto Alegre, Canoas, Esteio, Sapucaia, São Leopoldo, Novo Hamburgo e Dois Irmãos, os quais atingiram uma taxa bem próxima de 100 %. Incluem-se também, neste processo de intensa urbanização, os municípios de Cachoeirinha e Gravataí, situados nas proximidades de Porto Alegre e do principal eixo da Região.

#### **2.1.3 - Concentração Regional da População.**

##### **2.1.3.1. - Contexto da Concentração Regional da População.**

Segundo as informações do último censo sistematizadas pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), verifica-se na RMPA, uma significativa parcela da população concentrada num pequeno número de municípios. Assim, 74,6 % da população estava concentrada em apenas 8 dos 34 municípios, correspondendo 34,95 %, somente a Porto Alegre. Entretanto, uma observação geral sobre o que ocorre nas principais Regiões Metropolitanas do país, nos permite constatar, que nossa Região apresenta ainda um menor grau de concentração do que as outras, conforme se pode verificar na Tabela 2.3 a seguir:

##### **2.1.3.2. - Concentração da População na RMPA**

A fim de localizar espacialmente o grau de concentração regional da população no contexto da RMPA, foram criados cinco grupos de municípios, levando em consideração a população total de cada um deles, conforme Figura 2.2 e Tabela 2.4 a seguir.

Tabela 2.1 – População total residente na RMPA. Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo Demográfico de 2010.

| RMPA: População Total Residente |                           |                           |            |            |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|------------|
|                                 | MUNICÍPIOS                | População Total Residente |            |            |
|                                 |                           | 1991                      | 2000       | 2010       |
| 1                               | Alvorada                  | 142.046                   | 183.968    | 195.673    |
| 2                               | Araricá                   | -                         | 4.032      | 4.864      |
| 3                               | Arroio dos Ratos          | 11.824                    | 13.335     | 13.606     |
| 4                               | Cachoeirinha              | 88.195                    | 107.564    | 118.278    |
| 5                               | Campo Bom                 | 47.876                    | 54.018     | 60.074     |
| 6                               | Canoas                    | 279.127                   | 306.093    | 323.827    |
| 7                               | Capela de Santana         | 7.476                     | 10.032     | 11.612     |
| 8                               | Charqueadas               | 24.756                    | 29.961     | 35.320     |
| 9                               | Dois Irmãos               | 18.951                    | 22.435     | 27.572     |
| 10                              | Eldorado do Sul           | 17.703                    | 27.268     | 34.343     |
| 11                              | Estância Velha            | 28.190                    | 35.132     | 42.574     |
| 12                              | Esteio                    | 70.547                    | 80.048     | 80.755     |
| 13                              | Glorinha                  | 4.587                     | 5.684      | 6.891      |
| 14                              | Gravataí                  | 181.035                   | 232.629    | 255.660    |
| 15                              | Guaíba                    | 83.102                    | 94.307     | 95.204     |
| 16                              | Igrejinha                 | 20.514                    | 26.767     | 31.660     |
| 17                              | Ivoti                     | 16.326                    | 15.318     | 19.874     |
| 18                              | Montenegro                | 49.099                    | 54.692     | 59.415     |
| 19                              | Nova Hartz                | 10.013                    | 15.071     | 18.346     |
| 20                              | Nova Santa Rita           | -                         | 15.750     | 22.716     |
| 21                              | Novo Hamburgo             | 205.668                   | 236.193    | 238.940    |
| 22                              | Parobé                    | 31.995                    | 44.776     | 51.502     |
| 23                              | Portão                    | 19.489                    | 24.657     | 30.920     |
| 24                              | Porto Alegre              | 1.263.403                 | 1.360.590  | 1.409.351  |
| 25                              | Rolante                   | 13.420                    | 17.851     | 19.485     |
| 26                              | Santo Antônio da Patrulha | 40.607                    | 37.035     | 39.685     |
| 27                              | São Jerônimo              | 27.684                    | 20.283     | 22.134     |
| 28                              | São Leopoldo              | 167.907                   | 193.547    | 214.087    |
| 29                              | São Sebastião do Caí      | 16.833                    | 19.700     | 21.932     |
| 30                              | Sapiranga                 | 58.675                    | 69.189     | 74.985     |
| 31                              | Sapucaia do Sul           | 104.885                   | 122.751    | 130.957    |
| 32                              | Taquara                   | 42.467                    | 52.825     | 54.643     |
| 33                              | Triunfo                   | 17.923                    | 22.166     | 25.793     |
| 34                              | Viamão                    | 169.176                   | 227.429    | 239.384    |
|                                 | RMPA 32 mun.              |                           | 3.736.629  | 3.978.470  |
|                                 | RMPA 34 mun.              | 3.281.499                 | 3.783.096  | 4.032.062  |
|                                 | RS                        | 9.138.670                 | 10,187,798 | 10.693.929 |

Tabela 2.2– Alterações demográficas na RMPA entre 1973 e 2010 Fonte: IBGE, Sistematização METROPLAN.

| Ano  | Nº Mun. | Área (km <sup>2</sup> ) | População RMPA | % Pop RS | Taxa de Urban. | Densidade Hab/km <sup>2</sup> |
|------|---------|-------------------------|----------------|----------|----------------|-------------------------------|
| 1973 | 14      | 3.740,90                | 1.531.257      | 23       | 92             | 409,3                         |
| 2010 | 32      | 10.097,20               | 3.978.470      | 37,2     | 97             | 394,0                         |
|      | 34      | 10.344,50               | 4.032.062      | 37,7     |                |                               |

(1) Atualmente existem mais dois municípios (São Sebastião do Caí e Igrejinha) que já foram aprovados para fazer parte da RMPA a partir de janeiro 2015. Nessa data, a Região de fato, estará integrada por 34 municípios.



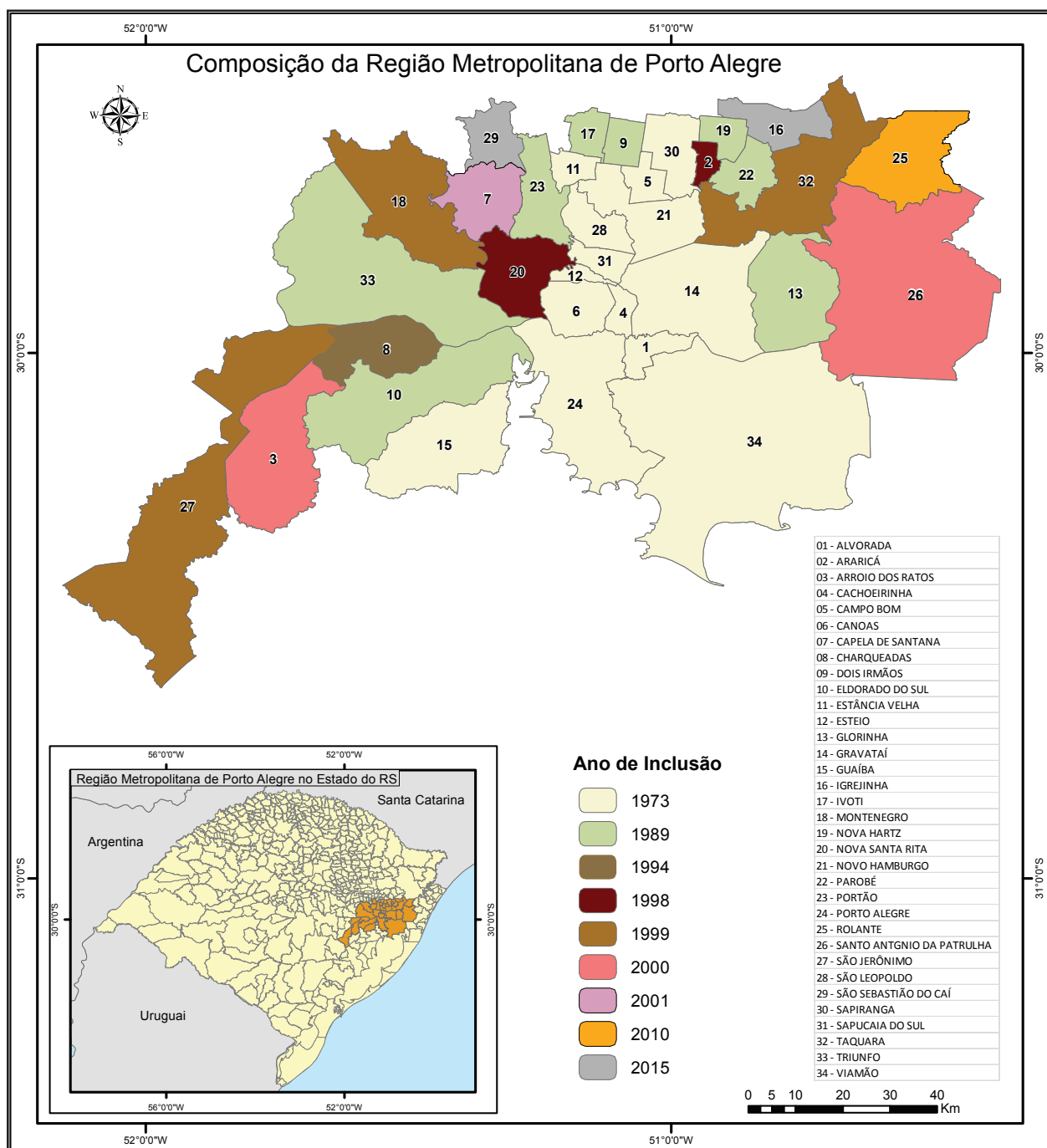


Figura 2.1 – Composição da Região Metropolitana de Porto Alegre

Fonte: IBGE

Elaboração: DID Metroplan

#### 2.1.3.2.1 - Grupo A: Municípios com População Muito Elevada

Compreendido na faixa de mais de 1.000.000 habitantes, está composto unicamente pelo município de Porto Alegre (Tabela 2.5), devido a sua elevada população total, de 1.409.351 habitantes, que representa 35,42 % da RMPA, quando considerados 32 municípios e 34,95 %, quando considerados os 34 municípios, que de fato deverá ter a Região a partir de janeiro de 2015.

Pelo tamanho da população, Porto Alegre continua sendo o principal centro urbano tanto da Região, como do Estado, representando deste último: 13,82 %, em 1991; 13,35 %, em 2000 e, 13,17 %, em 2010.

Apesar de continuar mantendo sua importância no Rio Grande do Sul, pode-se observar, nos últimos 20 anos, um leve, porém gradativo, declínio de sua significância.

#### 2.1.3.2.2 - Grupo B: Municípios com População Elevada

Compreendido na faixa de menos de 1.000.000 até 200.000 habitantes, está integrado por 5 municípios de elevada população, conforme o último Censo, estando todos eles situados ao longo da BR 116, ou seja, no eixo principal da Região, da qual fazem parte desde sua institucionalização, em 1974 (Tabela 2.6).

Tabela 2.3 – Concentração populacional por município da RMPA. Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

| RM                | % População (Capital) | % População (Cap. + outros mun.) | Nº de Municípios (Cap. + outros mun.) | Nº Total de mun. RM |
|-------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| RM Porto Alegre   | 35%                   | 74,6 %                           | 8                                     | 34                  |
| RM São Paulo      | 57,2 %                | 74%                              | 5                                     | 38                  |
| RM Rio De Janeiro | 53%                   | 75%                              | 4                                     | 19                  |
| RM Salvador       | 73,8 %                | 75%                              | 1                                     | 13                  |
| RM Recife         | 41,6 %                | 78%                              | 4                                     | 14                  |
| RM Fortaleza      | 68%                   | 74%                              | 2                                     | 15                  |
| RM Natal          | 59,5 %                | 74%                              | 2                                     | 10                  |
| RM São Luís       | 76%                   | 76%                              | 1                                     | 5                   |
| RM Belo Horizonte | 48,6 %                | 75,5%                            | 5                                     | 50                  |
| RM Curitiba       | 54%                   | 72,7 %                           | 4                                     | 29                  |

Tabela 2.4 – Divisão por grupos da concentração populacional da RMPA.

| Grupos | Faixas de População     | Nº Mun. | % População |
|--------|-------------------------|---------|-------------|
| A      | 1.000.000 a mais        | 1       | 34,95       |
| B      | < 1.000.000 até 200.000 | 5       | 31,55       |
| C      | < 200.000 até 40.000    | 11      | 23,91       |
| D      | < 40.000 até 20.000     | 10      | 7,24        |
| E      | < 20.000 Até 4.000      | 7       | 2,35        |
|        |                         | 34      | 100         |

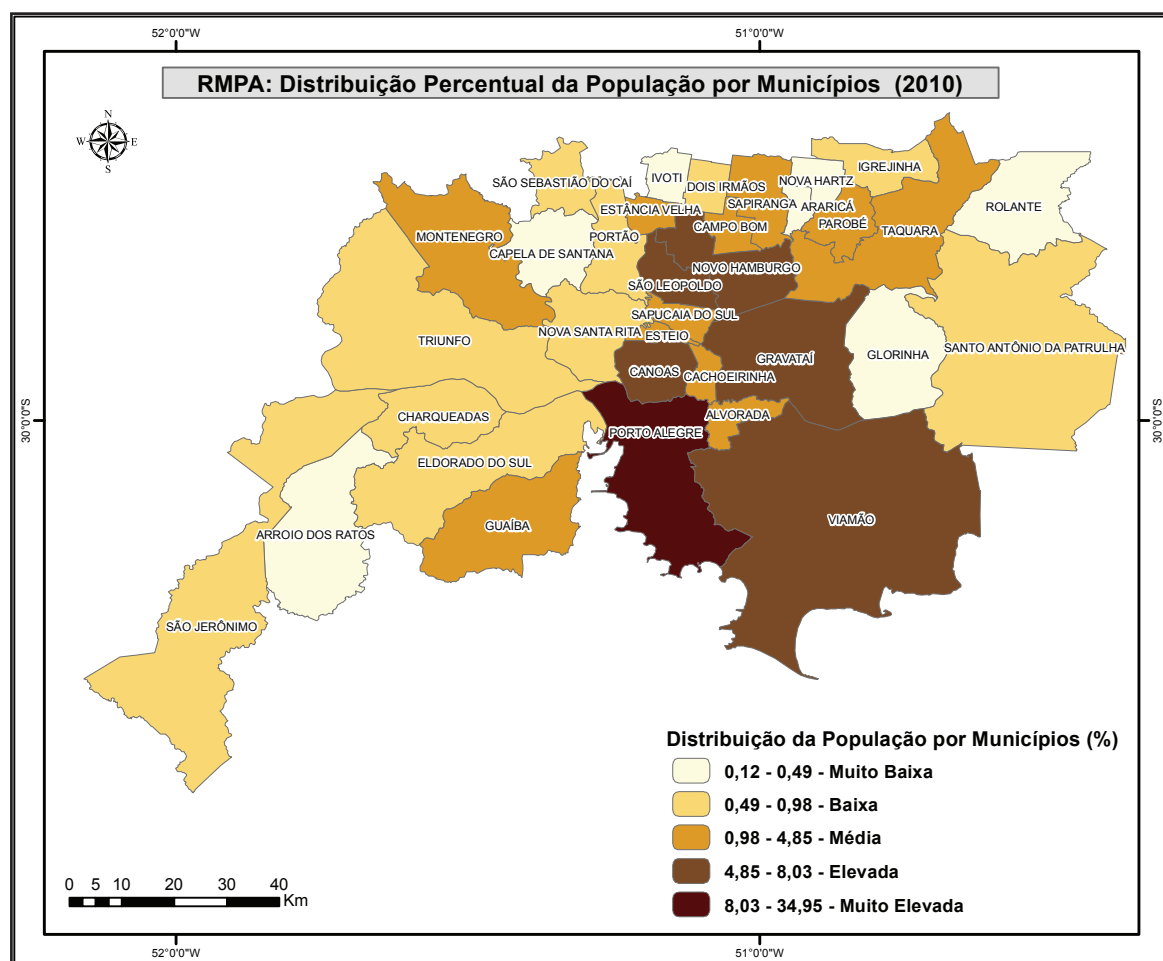


Figura 2.2 – Distribuição Percentual da População por Municípios  
 Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)  
 Elaboração: DID Metroplan

Este grupo, com 1.271.898 habitantes, representa 31,55 % da população total da Região, levando em consideração os 34 municípios que, de fato, deverão compor a Região a partir de 2015.

Uma das características importantes deste grupo, também, é dada pela diminuição relativa da significância da população de Novo Hamburgo, a qual caiu do 3º para o 5º lugar no ranking da população da RMPA (no período de 2000/2010), com o conseqüente aumento das posições no ranking, de Gravataí e de Viamão, que passaram a ocupar o 3º e 4º lugar respectivamente.

#### 2.1.3.2.3 - Grupo C: Municípios com População Média

Compreendido na faixa de menos de 200.000 até 40.000 habitantes, é integrado por 11 municípios considerados de tamanho médio de população, que totalizam 994.160 habitantes, os quais representariam 23,91 % da população total da Região. Deste conjunto, a grande maioria dos municípios (oito), integra a Região Metropolitana desde sua criação e estão localizados no eixo principal, ou bem próximos do mesmo.

Os outros três municípios do grupo (Montenegro, Taquara e Parobé), foram incorporados à Região após sua institucionalização em 1973 (Tabela 2.7).

As alterações mais importantes do Grupo C, na década 2000/2010, em termos de ranking, são dadas pela troca de posições entre Campo Bom e Montenegro. Neste período Campo Bom subiu uma posição no ranking, passando a ocupar o 13º lugar e, Montenegro, que perdeu uma posição passando a ocupar o 14º lugar na RMPA.

Outra alteração importante foi o ingresso neste grupo dos municípios de Parobé e Estância Velha, que ascenderam do grupo de municípios de pequena população, devido ao significativo aumento da população residente nesses municípios.

#### 2.1.3.2.4 - Grupo D: Municípios de Baixa População

Compreendido na faixa de: menos de 40.000 até 20.000, está conformado por 10 municípios, considerados de pequena população, que totalizam 292.075 habitantes, os quais representam 7,24 % da RMPA (Tabela 2.8).

Tabela 2.5 – Municípios com população muito elevada.

| Ranking | Município    | População | % da RMPA |
|---------|--------------|-----------|-----------|
| 1º      | Porto Alegre | 1.409.351 | 34,95     |

Tabela 2.6 – Municípios com População Elevada

| Ranking | Município     | População | % da RMPA |
|---------|---------------|-----------|-----------|
| 2º      | Canoas        | 323.827   | 8,03      |
| 3º      | Gravataí      | 255.660   | 6,34      |
| 4º      | Viamão        | 239.384   | 5,94      |
| 5º      | Novo Hamburgo | 238.940   | 5,93      |
| 6º      | São Leopoldo  | 214.087   | 5,31      |

Tabela 2.7 – Municípios com população média

| Ranking | Município       | População | % da RMPA |
|---------|-----------------|-----------|-----------|
| 7º      | Alvorada        | 195.673   | 4,85      |
| 8º      | Sapucaia do Sul | 130.957   | 3,25      |
| 9º      | Cachoeirinha    | 118.278   | 2,93      |
| 10º     | Guaíba          | 95.204    | 2,36      |
| 11º     | Esteio          | 80.755    | 2         |
| 12º     | Sapiranga       | 74.985    | 1,86      |
| 13º     | Campo Bom       | 60.074    | 1,49      |
| 14º     | Montenegro      | 59.415    | 1,47      |
| 15º     | Taquara         | 54.643    | 1,36      |
| 16º     | Parobé          | 51.502    | 1,28      |
| 17º     | Estância Velha  | 42.574    | 1,06      |

Deste conjunto, nenhum deles fazia parte dos 14 municípios que integravam a RMPA na época de sua institucionalização. Em sua grande maioria, são municípios de território relativamente grande e estão localizados distanciadamente do eixo principal da RMPA.

A alteração mais significativa do Grupo D, além da saída e ascensão ao Grupo C, dos municípios de Parobé e Estância Velha, refere-se ao ingresso de Nova Santa Rita neste grupo, que, devido a seu vertiginoso aumento populacional, saiu do Grupo E (dos municípios com população muito pequena).

#### 2.1.3.2.5 - Grupo E: Municípios com População Muito Pequena

Compreendido na faixa de: menos de 20.000 até 4.000 habitantes, está constituído por 7 municípios que abrigam populações muito pequenas, quando comparados aos demais municípios da Região, totalizando 94.678 habitantes, que representam somente, 2,35 % da população total da RMPA (Tabela 2.9).

Nenhum dos componentes deste grupo, de população muito pequena, fazia parte da Região na época de sua institucionalização e, a grande maioria deles, tem uma localização bem distante de Porto alegre e do eixo principal da Região.

Uma alteração importante neste grupo refere-se, além da saída do Município de Nova Santa

Rita, à alteração no ranking de dois municípios. De um lado, o aumento de uma posição de Ivoti (de 29º para o 28º lugar) e, de outro, a queda de duas posições do município de Rolante (de 27º para 29º lugar).

#### 2.1.4. - Localização do Crescimento Regional da População

A localização do crescimento da população ao longo da RMPA, para o período 2000/2010, foi realizado também a partir cinco grupos de municípios, compostos conforme as variações da população experimentadas em cada um deles, em ordem decrescente, a fim de estabelecer o ranking correspondente a cada um no contexto regional, conforme Figura 2.3.

##### 2.1.4.1 - Grupo A: Municípios com Crescimento de População Muito Elevado

Compreendido na faixa de: mais de 40 %, está integrado somente pelo município de Nova Santa Rita, que, no período de análise (2000-2010), experimentou o maior crescimento populacional da RMPA (de 15.750 para 22.716 habitantes), diferenciando-se dos demais por representar um percentual excepcionalmente elevado (44,23 %) (Tabela 2.10). Apesar de sua recente criação

Tabela 2.8 – Municípios de Baixa População

| Ranking | Municípios            | População | % da RMPA |
|---------|-----------------------|-----------|-----------|
| 18º     | Santo Antônio da Pat. | 39.685    | 0,98      |
| 19º     | Charqueadas           | 35.320    | 0,88      |
| 20º     | Eldorado do Sul       | 34.343    | 0,85      |
| 21º     | Igrejinha             | 31.660    | 0,79      |
| 22º     | Portão                | 30.920    | 0,77      |
| 23º     | Dois Irmãos           | 27.572    | 0,68      |
| 24º     | Triunfo               | 25.793    | 0,64      |
| 25º     | Nova Santa Rita*      | 22.716    | 0,56      |
| 26º     | São Jerônimo          | 22.134    | 0,55      |
| 27º     | São Sebastião do Caí  | 21.932    | 0,54      |

Tabela 2.9 – Municípios com População Muito Pequena

| Ranking | Município         | População | % da RMPA |
|---------|-------------------|-----------|-----------|
| 28º     | Ivoti             | 19.874    | 0,49      |
| 29º     | Rolante           | 19.485    | 0,48      |
| 30º     | Nova Hartz        | 18.346    | 0,46      |
| 31º     | Arroio dos Ratos  | 13.606    | 0,34      |
| 32º     | Capela de Santana | 11.612    | 0,29      |
| 33º     | Glorinha          | 6.891     | 0,17      |
| 34º     | Araricá           | 4.864     | 0,12      |

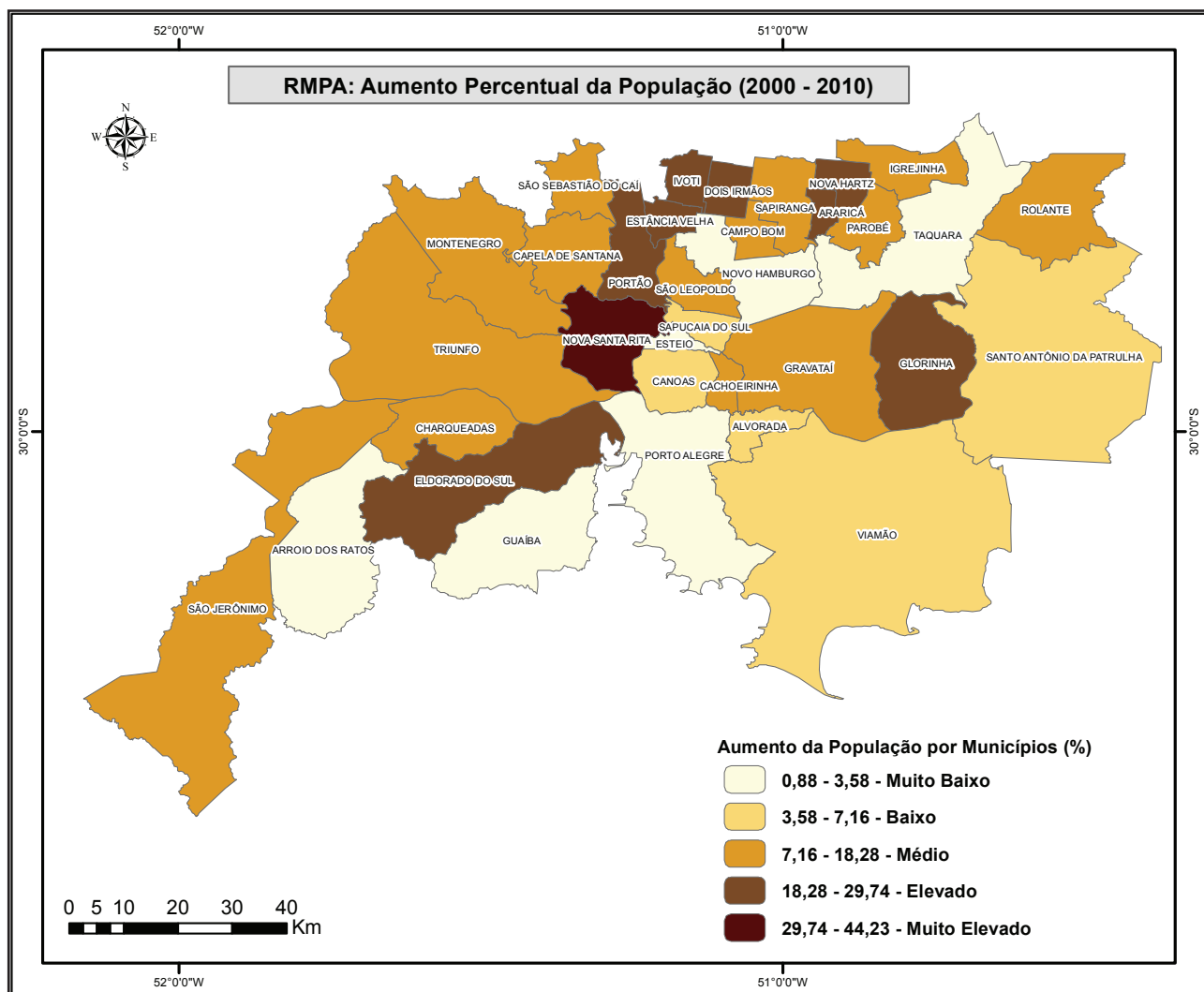


Figura 2.3 – Crescimento Regional da População  
 Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
 Elaboração: DID Metroplan

(aproximadamente 25 anos), é um município que apresenta uma localização bastante privilegiada, em termos de proximidade dos dois municípios que concentram as maiores populações da RMPA (Porto Alegre e Canoas). Além do fator localização é importante reconhecer a capacidade de absorção de novos empreendimentos, deste município, tendo sido este um fator muito importante de atração de mão de obra e, conseqüentemente, de novos contingentes de população.

Em virtude de sua elevada taxa de crescimento populacional, o município de Nova Santa Rita ocupa o primeiro lugar no ranking de crescimento dentro da Região. Mesmo com uma população total ainda pequena, a dinâmica do seu crescimento já lhe permitiu se deslocar, nesta década, do grupo E para o grupo D, de população na RMPA.

2.1.4.2 - Grupo B: Municípios com Crescimento de População Elevado

Considerado de elevado crescimento populacional este grupo se insere na faixa de: menos de 40 % até 20 % de crescimento na década analisada e está integrado por 8 municípios, que se caracterizam por ter, baixa ou muito baixa população total (ver tabelas do item 1.3) e, também, porque nenhum deles fazia parte dos 14 municípios da Região na época de sua criação. Entretanto, a localização da maioria deles é bem próxima do eixo principal da Região. A proximidade, deste grupo em relação a municípios mais populosos, que constituem as maiores economias da Região (além da própria dinâmica de suas economias) é um fator importante para explicar o elevado crescimento da população alcançado por este Grupo, na década analisada (Tabela 2.11).

Tabela 2.10 – Municípios com crescimento de população muito elevado

| Ranking | Municípios      | %     |
|---------|-----------------|-------|
| 1º      | Nova Santa Rita | 44,23 |

### 2.1.4.3 - Grupo C: Municípios com Crescimento de População Médio

Grupo de crescimento médio de população na década de análise, está compreendido na faixa de: menos de 20 % até 11 %, é constituído por 14 municípios (o grupo mais numeroso), dos quais, Capela de Santana e Rolante concentravam populações muito pequenas e estavam distantes do eixo principal (Tabela 2.12). Gravataí e São Leopoldo, que integram o grupo de municípios de elevada população, pertenciam ao eixo principal da Região. Dos outros dez municípios restantes deste grupo (de crescimento médio), cinco, concentravam populações de porte médio, dos quais, somente dois (Parobé e Montenegro) estavam fora do eixo mais importante da Região. Os outros 5 municípios deste grupo, eram considerados de baixa população e estavam localizados, fora e bem distantes, do eixo principal da Região (ver tabelas do item 2.2.3).

Tabela 2.11 – Municípios com Crescimento de População Elevado

| Ranking | Municípios      | %     |
|---------|-----------------|-------|
| 2º      | Ivoti           | 29,74 |
| 3º      | Eldorado do Sul | 25,95 |
| 4º      | Portão          | 25,4  |
| 5º      | Dois Irmãos     | 22,9  |
| 6º      | Nova Hartz      | 21,73 |
| 7º      | Glorinha        | 21,24 |
| 8º      | Estância Velha  | 21,18 |
| 9º      | Araricá         | 20,63 |

Tabela 2.12 – Municípios com crescimento de população médio.

| Ranking | Municípios           | %     |
|---------|----------------------|-------|
| 10º     | Igrejinha            | 18,28 |
| 11º     | Charqueadas          | 17,89 |
| 12º     | Triunfo              | 16,36 |
| 13º     | Capela de Santana    | 15,75 |
| 14º     | Parobé               | 15,02 |
| 15º     | São Sebastião do Caí | 11,33 |
| 16º     | Campo Bom            | 11,21 |
| 17º     | São Leopoldo         | 10,61 |
| 18º     | Cachoeirinha         | 9,96  |
| 19º     | Gravataí             | 9,9   |
| 20º     | Rolante              | 9,15  |
| 21º     | São Jerônimo         | 9,13  |
| 22º     | Montenegro           | 8,64  |
| 23º     | Sapiranga            | 8,38  |

### 2.1.4.4 - Grupo D: Municípios com Crescimento de População Baixo

Considerado de baixo crescimento de população, compreendido na faixa de: menos 11 % até 5 %, é composto por cinco municípios, dos quais apenas Santo Antônio da Patrulha possui uma população pequena e se localiza bem distante do eixo principal da Região (Tabela 2.13). Os outros quatro municípios deste grupo estão localizados no eixo principal e fazem parte dos 14 municípios formadores da RMPA. Dois deles (Sapucaia do Sul e Alvorada) são municípios de população de tamanho médio e, os outros dois (Canoas e Viamão), são municípios de elevada população. O crescimento da população destes municípios grandes, no período analisado, teria sido baixo, em função de diversos fatores internos que devem ser analisados e, externos, que se referem à localização de expressivos contingentes de população em municípios vizinhos, como Nova Santa Rita e Gravataí.

Tabela 2.13 – Municípios com Crescimento de População Baixo

| Ranking | Municípios                | %    |
|---------|---------------------------|------|
| 24º     | Santo Antônio da Patrulha | 7,16 |
| 25º     | Sapucaia do Sul           | 6,69 |
| 26º     | Alvorada                  | 6,36 |
| 27º     | Canoas                    | 5,79 |
| 28º     | Viamão                    | 5,26 |

### 2.1.4.5 - Grupo E: Municípios com Crescimento de População Muito Baixo

Integrado por municípios de muito baixo crescimento populacional, compreende a faixa de menos 5 % de crescimento na década analisada (Tabela 2.14). Este grupo está conformado por seis municípios, cujas características mais importantes são as seguintes:

- Porto Alegre, o maior município da Região Metropolitana, cujo crescimento foi pouco significativo na referida década (3,58%), acompanhando de certa forma o baixo crescimento da população do Estado (4,96 %). Este baixo crescimento de Porto Alegre pode-se explicar, em virtude ao significativo aumento da variável, em outros municípios bem próximos como: Gravataí (9,9 %), Cachoeirinha (9,96 %), Alvorada (6,36 %) e Canoas (5,8 %); municípios que, de certa forma, constituem naturalmente (funcional e geograficamente) áreas de expansão do crescimento da Capital.

- Novo Hamburgo, que mesmo tendo chegado ao final da década 2000/2010, com a quinta maior população da Região Metropolitana, no período analisado, teria experimentado um crescimento de apenas 1,16 %, o que representou a perda de duas posições no ranking da população no contexto da Região Metropolitana, caindo do 3º para o 5º lugar



(conforme item 1.3). As posições de Novo Hamburgo no ranking teriam sido ocupadas por Gravataí (3º) e Viamão (4º), que alcançaram populações maiores.

De um modo mais específico, o baixo crescimento da população de Novo Hamburgo, pode ter ocorrido em consequência da significativa expansão da população em municípios bem próximos, sobre os quais, Novo Hamburgo exerce uma importante relação de centralidade em diversas funções econômicas relevantes (comércio e serviços). Podemos citar dentre esses municípios: Ivoti (29,74%), Portão (25,40%), Dois Irmãos (22,90%), Estância Velha (21,18%), Araricá (20,30%), Parobé (15,02%) e Campo Bom (11,21%), que estão localizados praticamente no entorno de Novo Hamburgo.

- Taquara e Arroio dos Ratos, cujo baixo aumento da população total no período, poderia ser atribuído à reduzida ampliação das atividades econômicas desses municípios, devido à falta de significativos investimentos para atrair mão de obra.

- Guaíba, com o segundo menor percentual de crescimento da população no período, devido ao moderado fluxo de novos investimentos e a consequente abertura de novas frentes de trabalho nesse período; mas, com boas expectativas de crescimento populacional, atraídas pelos importantes investimentos que estão sendo realizados atualmente.

- Esteio, com o menor percentual de crescimento da Região, devido a suas limitações territoriais que impedem a implantação de novas áreas de expansão para moradias.

### 2.1.5 - A População da RMPA no Contexto das Metrôpoles do País

Referente à dinâmica de crescimento recente da população da Região Metropolitana, verifica-se que, na última década (2000-2010), a população teria experimentado um crescimento inferior em relação a décadas anteriores. Com um aumento acumulado total de 6,6 %, neste período, teria ficado muito aquém do crescimento de 1990-2000, no qual a população total aumentou 15,3 %. Verifica-se, assim, uma queda drástica na taxa média anual de crescimento da população, passando de 1,59 %, para 0,71 %, de uma década para outra, alcançando deste modo níveis europeus de crescimento populacional (Tabela 2.15).

Tabela 2.14 – Municípios de Muito Baixo Crescimento Populacional.

| Ranking | Municípios       | %    |
|---------|------------------|------|
| 29º     | Porto Alegre     | 3,58 |
| 30º     | Taquara          | 3,44 |
| 31º     | Arroio dos Ratos | 2,03 |
| 32º     | Novo Hamburgo    | 1,16 |
| 33º     | Guaíba           | 0,95 |
| 34º     | Esteio           | 0,88 |

Tabela 2.15 – Aumento da população da RMPA em relação a outras TMs do Brasil. Fonte: IBGE, Sistematização Metroplan.

| Período   | RMPA: Aumento Total do Período (%) | RMPA: Aumento Anual (%) | ( <sup>2</sup> ) RMs: Aumento Total do Período (%) |
|-----------|------------------------------------|-------------------------|--|
| 1991-2000 | 15,3                               | 1,59                    | 19,5   |
| 2000-2010 | 6,6                                | 0,71                    | 13,6   |

(<sup>2</sup>) Dados de 16 importantes RMs do Brasil: 1- São Paulo, 2- Rio de Janeiro, 3- Belo Horizonte, 4- Porto Alegre, 5- RIDE DF e Entorno, 6- Recife, 7- Fortaleza, 8- Salvador, 9- Curitiba, 10- Belém, 11- Goiânia, 12- Manaus, 13- Grande Vitória, 14- Natal, 15- G. São Luis, 16- Vale do Rio Cuiabá.

Neste período, a exceção dos municípios de Ivoti, Dois Irmãos, São Jerônimo e Santo Antônio da Patrulha, todos os demais (28 dos 32) municípios da Região Metropolitana, apresentaram uma queda da taxa anual de crescimento.

Constata-se também, na década de 2000 – 2010, que, apesar da Região ter elevado seu número de municípios numa proporção superior ao dobro, o crescimento de sua população total contrastou com o dinamismo de outras regiões do Estado, como é o caso da Aglomeração Urbana do Nordeste, que, no mesmo período teve um aumento acumulado de 18 %, superando os 6,6 % da Região. Atualmente espera-se, que, outras áreas do Estado, também apresentem nos próximos anos, um ritmo de crescimento superior à da Região Metropolitana de Porto Alegre, como é o caso da Aglomeração Urbana do Sul, devido às polarizações decorrentes da implantação do Polo Naval.

No contexto nacional, quando comparada, a RMPA com as 16 RMs mais importantes do Brasil relacionadas neste trabalho, constata-se, que, ela apresentou, na última década, um dos menores percentuais de crescimento da população. Variação, que, de certa forma, acompanhou a tendência geral do Estado, que foi de baixo crescimento demográfico no cenário nacional. Assim, com um aumento total de 15,3 %, na década de 1990-2000, foi a Região com o segundo menor crescimento acumulado, superando apenas o crescimento da RM do Rio de Janeiro (10,9 %). Na década de 2000 – 2010, a RMPA, com um crescimento acumulado de 6,6 %, passou a ser a Região de menor crescimento demográfico entre as 16 RMs do país analisadas, as quais aumentaram, em média, 13,6%.

## 2.2 - ASPECTOS ECONÔMICOS DA RMPA: PRINCIPAIS VARIÁVEIS

### 2.2.1 - Características do Valor Adicionado Bruto (VAB)

A Região Metropolitana de Porto Alegre, no longo prazo, foi se consolidando como o maior polo de crescimento econômico do Estado. Assim, verifica-se, para o período 1976 - 2010, que a participação do



Valor Adicionado Bruto (VAB) da Região no RS, teve um importante aumento, passando de 35,2 %, para 43 %.

Esta proporção do VAB dá uma ideia da importância do dinamismo econômico da Região no Estado, que se expressa pelo grau de envolvimento dos agentes econômicos, dos fatores de produção, dos fluxos de insumos e de produtos, bem como, pela importância das cadeias e redes produtivas e seus reflexos na geração de emprego e renda. Estes elementos, em função das polaridades exercidas pela Região Metropolitana, gravitam nos arranjos qualitativos e quantitativos do território gaúcho.

### 2.2.2 - Empregos Formais na Região

Uma ideia da importância econômica da Região, também é dada pela capacidade de absorção de mão de obra, que garante a geração de renda familiar. Em termos de empregos formais, segundo informações da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), a RMPA no ano de 2010, respondia por 47 % dos empregos totais existentes no Estado, sendo que, 49 % dos empregos urbanos (empregos em atividades secundárias e terciárias), também estavam localizados na Região. Quanto à estrutura geral dos empregos, a mesma fonte indica que, 99,5 % do total de empregos da Região correspondiam a atividades no setor secundário e setor terciário. No Estado, esta relação foi de 96,5 %.

Tais informações reforçam o papel da RMPA no contexto do Estado, onde atualmente desempenha o papel de polo mais desenvolvido da economia gaúcha.

### 2.2.3 - O PIB da RMPA: Concentração e Tendências do Crescimento.

Nesta parte do trabalho, é apresentada uma análise geral das informações sobre o Produto Interno Bruto (PIB) dos municípios da RMPA, correspondentes ao período 2000 / 2010. Estas análises têm por finalidade, fornecer uma visão localizada no espaço metropolitano, sobre o grau de concentração e do crescimento do PIB na RMPA, tendo como base as informações municipais correspondentes a RMPA, composta por 34 municípios (Tabela 2.16).

#### 2.2.3.1 - Concentração Regional do PIB na RMPA

Com a finalidade de identificar por municípios e grupos de municípios o grau de concentração regional do PIB, foram criados 5 grupos de municípios, conforme a importância da variável de cada um deles, do ano 2010.

Posteriormente tais resultados foram organizados em ordem decrescente a fim de poder estabelecer hierarquias, permitindo assim estabelecer os rankings correspondentes, como mostrado na Figura 2.4 e Tabela 2.17 a seguir.

##### 2.2.3.1.1 - Primeiro Grupo

Composto por aqueles municípios de **PIB Muito Alto**, abrangendo a faixa de: mais de R\$ 15 bilhões (Tabela

2.18). Ficaram compreendidos neste grupo, Porto Alegre e Canoas, os quais agregadamente chegaram a representar, 53,16 % da Região. Desse percentual, a economia de Porto Alegre, que responde por 38,4 % é o principal responsável do PIB da Região, constituindo-se ao mesmo tempo, no centro hegemônico da economia do Estado, da qual representa 17,05 %.

Quanto a Canoas, trata-se de um município cuja indústria apresenta um importante grau de diversificação e crescimento. Deve-se apontar a elevada importância deste setor (industrial), na estrutura interna da economia de Canoas (37,7%), o mesmo que, proporcionalmente, é mais significativo que a indústria de Porto Alegre, onde este setor responde apenas por 15,58 % do PIB total da economia municipal. Em Porto Alegre, 84,36 % do PIB corresponde ao setor terciário, sendo este o setor de maior destaque na economia da Capital.

Conforme se pode verificar, a maior importância econômica, em termos de PIB, está concentrada nestes dois municípios, os quais estão localizados praticamente no centro da RMPA.

##### 2.2.3.1.2 - Segundo Grupo

Está integrado por 5 municípios, considerados com **PIB Alto**, compreendidos entre a faixa de: menos de R\$ 15,0 bi, até R\$ 4,0 bi e representam 23,86 % da RMPA. Destaca Gravataí, pelos fortes investimentos na Indústria Automotriz da década passada (Tabela 2.19).

De um modo geral, integram este grupo, municípios com um significativo desenvolvimento do setor industrial, com destaque para Triunfo e Gravataí, cuja indústria responde, respectivamente, por 77, 65 % e 56, 53 %, do PIB municipal.

Referente ao ranking do PIB deste grupo, foram constatadas as seguintes alterações: Gravataí subiu duas posições (do 5º para o 3º lugar) e Cachoeirinha, uma posição (do 7º para o 6º lugar).

Conforme se pode observar também, o peso da Indústria no PIB dos municípios de Cachoeirinha (34,88 %) e São Leopoldo (33,49 %) representou quase um terço do PIB desses municípios e, mesmo sendo um setor menos significativo do que o setor de comércio e serviços, suas estruturas econômicas, proporcionalmente, são bem aproximadas com as de municípios bem mais industrializados, como é o caso de Canoas (37,7 %).

Em Novo Hamburgo, a indústria vem perdendo importância no contexto da economia municipal, devido ao aumento da importância nos setores de comércio e serviços, que resulta das funções de polarização deste município, sobre outros localizados no seu entorno. Mesmo assim, o PIB total de Novo Hamburgo vem perdendo posições dentro do ranking da RMPA, de onde caiu do 4º lugar para o 5º.

De um modo geral, os municípios deste grupo, de elevado PIB, estão localizados no eixo principal da RMPA e todos, com exceção de Triunfo (que está relativamente deslocado do eixo), integram a RMPA desde sua criação.

Tabela 2.16 – O PIB por Município da RMPA e suas Variações no Período: 2000/2010

|           |                     | 2000                 | 2010                  | Aumento %     |
|-----------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------|
| <b>Nº</b> | <b>Total RMPA</b>   | <b>38.964.343,00</b> | <b>112.080.503,00</b> | <b>187,65</b> |
| 1         | Alvorada            | 424.955,00           | 1.473.405,00          | 246,72        |
| 2         | Araricá             | 18.800,00            | 70.344,00             | 274,17        |
| 3         | Arroio dos Ratos    | 52.191,00            | 121.915,00            | 133,59        |
| 4         | Cachoeirinha        | 984.287,00           | 4.363.658,00          | 343,33        |
| 5         | Campo Bom           | 752.905,00           | 1.562.191,00          | 107,49        |
| 6         | Canoas              | 4.841.352,00         | 16.547.966,00         | 241,8         |
| 7         | Capela de Santana   | 42.416,00            | 106.534,00            | 151,16        |
| 8         | Charqueadas         | 286.712,00           | 1.010.047,00          | 252,29        |
| 9         | Dois Irmãos         | 286.409,00           | 723.379,00            | 152,57        |
| 10        | Eldorado do Sul     | 392.155,00           | 762.317,00            | 94,39         |
| 11        | Estância Velha      | 317.637,00           | 822.326,00            | 158,89        |
| 12        | Esteio              | 952.788,00           | 2.572.026,00          | 169,95        |
| 13        | Glorinha            | 22.487,00            | 232.232,00            | 932,74        |
| 14        | Gravataí            | 1.506.423,00         | 7.081.795,00          | 370,11        |
| 15        | Guaíba              | 527.440,00           | 2.466.244,00          | 367,59        |
| 16        | Igrejinha           | 242.711,00           | 877.190,00            | 261,41        |
| 17        | Ivoti               | 276.909,00           | 455.246,00            | 64,4          |
| 18        | Montenegro          | 497.204,00           | 1.798.967,00          | 261,82        |
| 19        | Nova Hartz          | 153.485,00           | 435.340,00            | 183,64        |
| 20        | Nova Santa Rita     | 129.412,00           | 588.957,00            | 355,1         |
| 21        | Novo Hamburgo       | 2.205.845,00         | 5.395.053,00          | 144,58        |
| 22        | Parobé              | 395.221,00           | 656.365,00            | 66,08         |
| 23        | Portão              | 337.248,00           | 728.835,00            | 116,11        |
| 24        | Porto Alegre        | 16.510.641,00        | 43.038.100,00         | 160,67        |
| 25        | Rolante             | 101.386,00           | 269.631,00            | 165,95        |
| 26        | Sto Antônio da Pat. | 167.003,00           | 599.210,00            | 258,8         |
| 27        | São Jerônimo        | 95.716,00            | 330.268,00            | 245,05        |
| 28        | São Leopoldo        | 1.405.792,00         | 4.125.575,00          | 193,47        |
| 29        | São Sebastião Caí   | 150.787,00           | 426.846,00            | 183,08        |
| 30        | Sapiranga           | 549.459,00           | 1.375.090,00          | 150,26        |
| 31        | Sapucaia do Sul     | 878.146,00           | 2.316.303,00          | 163,77        |
| 32        | Taquara             | 252.379,00           | 744.861,00            | 195,14        |
| 33        | Triunfo             | 2.523.056,00         | 5.777.746,00          | 129           |
| 34        | Viamão              | 682.986,00           | 2.224.541,00          | 225,71        |

Fonte: IBGE e FEE. Sistematização DID, Metroplan

Tabela 2.17 – Concentração do PIB por Grupos de Municípios na RMPA – 2010.

| Grupos | Faixas de PIB (R\$1.000) | Nº Municípios | % PIB |
|--------|--------------------------|---------------|-------|
| 1º     | 50 bi até 15 bi          | 2             | 53,16 |
| 2º     | <15 bi até 4 bi          | 5             | 23,86 |
| 3º     | < 4 bi até 1 bi          | 9             | 14,99 |
| 4º     | < 1 bi até 300 mi        | 13            | 7,27  |
| 5º     | < 300 mi até 50 mi       | 5             | 0,72  |
|        |                          | 34            | 100   |

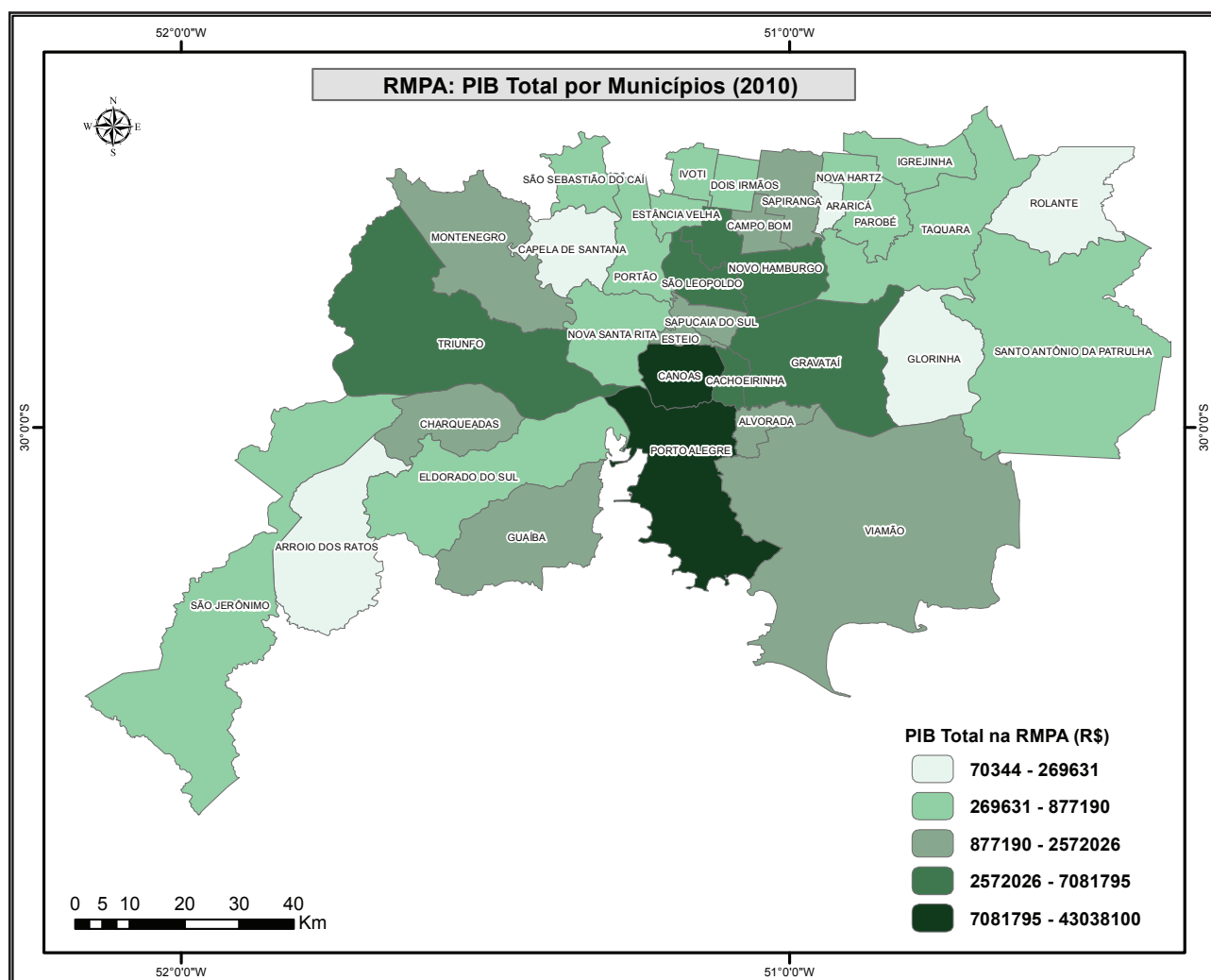


Figura 2.4 – Concentração do PIB por Grupos de Municípios – 2010

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Elaboração: DID Metroplan

Tabela 2.18 – Municípios da RMPA com PIB muito alto.

| Município    | PIB (R\$1.000) | Ranking |
|--------------|----------------|---------|
| Porto Alegre | 43.038.100     | 1º      |
| Canoas       | 16.547.966     | 2º      |

Tabela 2.19 – Municípios da RMPA com PIB alto.

| Município     | PIB (R\$1.000) | Ranking |
|---------------|----------------|---------|
| Gravataí      | 7.081.795      | 3º      |
| Triunfo       | 5.777.746      | 4º      |
| Novo Hamburgo | 5.395.053      | 5º      |
| Cachoeirinha  | 4.363.658      | 6º      |
| São Leopoldo  | 4.125.575      | 7º      |

### 2.2.3.1.3 - Terceiro Grupo

Composto por 9 municípios considerados de **PIB Médio** e compreende a faixa de: menos de R\$ 4 bi, até R\$ 1bi (Tabela 2.20).

Este conjunto de municípios responde por 15 % do PIB da RMPA, sendo que, a exceção de Montenegro e Charqueadas, todos os demais são municípios que fazem parte da Região desde sua institucionalização,

em 1973. Pode-se dizer que, com as exceções já apontadas, a grande maioria dos municípios deste grupo se situa no eixo principal da RMPA e tem suas economias relativamente diversificadas.

Destacam neste grupo, em ordem de importância: Esteio, Guaíba, Sapucaia do Sul e Viamão com PIBs bastante aproximados. Deve-se apontar também, o ingresso a este grupo, do município de Charqueadas, que em 2000 fazia parte do grupo de municípios de baixo PIB, por ter subido do 20º para o 16º no ranking da RMPA.

### 2.2.3.1.4 - Quarto Grupo

É composto por 13 municípios considerados de **Baixo PIB**, compreendidos entre a faixa de R\$ 1 bi até R\$ 300 milhões. O grupo responde por 7, 27 % do PIB da RMPA, em sua grande maioria está integrado por municípios incorporados à Região de 1989 em diante e se localizam fora do eixo principal da RMPA (Tabela 2.21). São municípios principalmente de médio e grande território que representam 38% da área da Região, com especialização em alguns setores econômicos, como é o caso de Estância velha, Dois Irmãos, Portão, Parobé e Ivoti que destacam na Indústria de calçado.

Tabela 2.20 – Municípios da RMPA com PIB médio.

| Municípios      | PIB (R\$1.000) | Ranking |
|-----------------|----------------|---------|
| Esteio          | 2.572.026      | 8º      |
| Guaíba          | 2.466.244      | 9º      |
| Sapucaia do Sul | 2.316.303      | 10º     |
| Viamão          | 2.224.541      | 11º     |
| Montenegro      | 1.798.967      | 12º     |
| Campo Bom       | 1.562.191      | 13º     |
| Alvorada        | 1.473.405      | 14º     |
| Sapiranga       | 1.375.090      | 15º     |
| Charqueadas     | 1.010.047      | 16º     |

Tabela 2.21 – Municípios da RMPA com PIB Baixo.

| Municípios            | PIB (R\$1.000) | Ranking |
|-----------------------|----------------|---------|
| Igrejinha             | 877.190        | 17º     |
| Estancia velha        | 822.326        | 18º     |
| Eldorado do Sul       | 762.317        | 19º     |
| Taquara               | 744.861        | 20º     |
| Portão                | 728.835        | 21º     |
| Dois Irmãos           | 723.379        | 22º     |
| Parobé                | 656.365        | 23º     |
| Santo Antonio da Pat. | 599.210        | 24º     |
| Nova Santa Rita       | 588.957        | 25º     |
| Ivoti                 | 455.246        | 26º     |
| Nova Hartz            | 435.340        | 27º     |
| São Sebastião do Caí  | 426.846        | 28º     |
| São Jeronimo          | 330.268        | 29º     |

### 2.2.3.1.5 - Quinto Grupo

Está integrado por cinco municípios de **PIB Muito Baixo**, compreendidos na faixa de R\$ 300 milhões e R\$ 70 milhões, em 2010 (Tabela 2.22). Este grupo responde por apenas 0,71 % do PIB da Região e mesmo tratando-se de economias em processo de estruturação, a geração do PIB contrasta significativamente com as dimensões territoriais desses municípios, os quais agregadamente ocupam, aproximadamente, mais de 12 % do território da RMPA.

É importante salientar que, nenhum destes municípios era integrante da RMPA, na época de sua criação e, portanto, a maioria deles (com exceção de Araricá e Glorinha) está localizada bem distante do eixo principal da Região.

### 2.2.3.2 - Localização e Direção do Crescimento do PIB na RMPA

A fim de localizar geograficamente a direção do crescimento econômico na RMPA, foram utilizadas as séries do PIB, correspondentes aos períodos de 2000 e 2010 de cada município. Com tais informações foram criados 5 grupos de municípios, conforme a significância do crescimento da variável de cada um deles, na

Tabela 2.22 – Municípios da RMPA com PIB Muito Baixo.

| Municípios        | PIB (R\$1.000) | Ranking |
|-------------------|----------------|---------|
| Rolante           | 269.631        | 30º     |
| Glorinha          | 232.232        | 31º     |
| Arroio dos Ratos  | 121.915        | 32º     |
| Capela de Santana | 106.534        | 33º     |
| Araricá           | 70.344         | 34º     |

referida década. Tais resultados foram organizados em ordem decrescente a fim de poder definir hierarquias, permitindo assim estabelecer o ranking de cada município (Figura 2.5). As características gerais de cada grupo são apresentadas a seguir.

### 2.2.3.2.1 - Grupo A: Crescimento do PIB Muito Elevado

Este grupo está integrado por cinco municípios que experimentaram, no período de análise, um percentual muito elevado de crescimento do PIB no contexto regional (Tabela 2.23).

Os percentuais de crescimento correspondentes a este grupo situam-se na faixa de: mais de 1.000 % até 300 % na referida década. Integram este grupo, três municípios localizados no eixo principal da Região: Gravataí (2º), Cachoeirinha (5º) e Guaíba (3º), os quais se caracterizam por ter um elevado PIB total.

Compõe também este grupo, os municípios de Nova Santa Rita (4º no ranking do crescimento), que é um município relativamente novo com um PIB ainda pequeno, mesmo com uma excelente localização em relação ao eixo principal da Região e, o município de Glorinha ocupando o 1º lugar no ranking do crescimento, por experimentar o maior crescimento da Região. Glorinha é um município também com um PIB muito pequeno e que está localizado bem distante do eixo principal da RMPA. O destaque de Glorinha deve-se a sua condição, também de pequeno município, em termos de população, que apesar de estar localizado fora do eixo principal da Região, apresentou, no período, um percentual e crescimento do PIB, excepcionalmente elevado (932,7 %). A relevância deste percentual, entretanto, deve ser relativizada, por se tratar de um município de economia bastante pequena (com destaque para o setor primário e terciário), no qual, qualquer novo investimento pode fazer bastante diferença.

### 2.2.3.2.2 - Grupo B: Crescimento do PIB Elevado

Este grupo, considerado de elevado crescimento do PIB, que compreende a faixa de: 300 % até 200% de aumento na referida década (Tabela 2.24), é integrado por nove municípios, que tem as seguintes características:

Apenas o município de Canoas, que fazia parte deste grupo com uma economia considerada de grande porte no contexto regional (2º no ranking em termos de PIB), teria experimentado um elevado crescimento

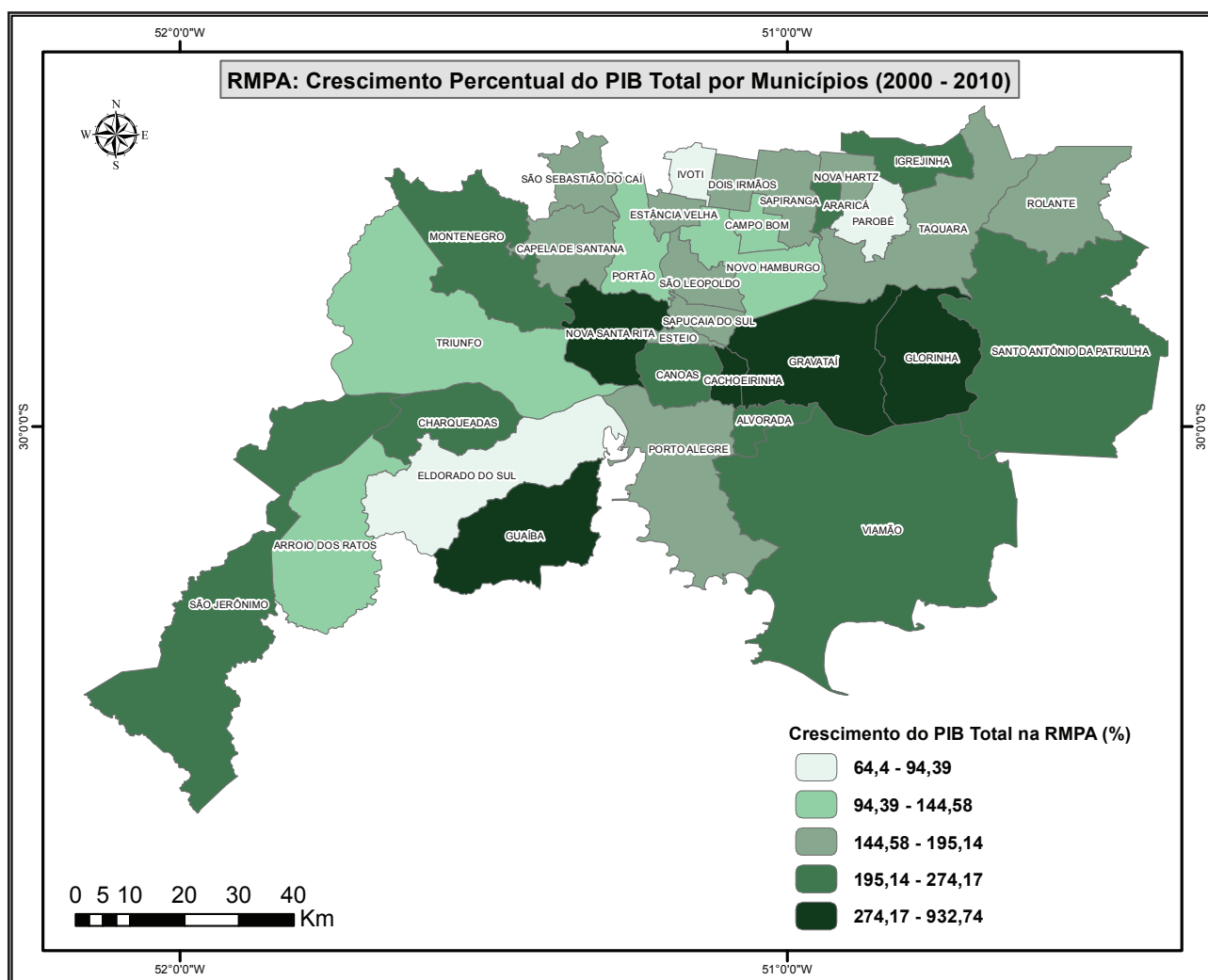


Figura 2.5 – Crescimento do PIB Total por Municípios.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Elaboração: DID Metroplan

Tabela 2.23 – Municípios da RMPA com crescimento do PIB muito elevado.

| Municípios do Grupo A | % Aumento PIB | Ranking |
|-----------------------|---------------|---------|
| Glorinha              | 932,74        | 1º      |
| Gravataí              | 370,11        | 2º      |
| Guaíba                | 367,59        | 3º      |
| Nova Santa Rita*      | 355,1         | 4º      |
| Cachoeirinha          | 343,33        | 5º      |

desta variável (241, 80 %), ocupando o 13º lugar no ranking do crescimento da variável. Contaria a seu favor, a excelente localização deste município, que lhe representaria algumas vantagens comparativas em termos de acessibilidade e transporte, para o mercado de Porto Alegre e o resto da Região.

Dos oito municípios restantes: quatro eram municípios com economias de porte médio em termos de PIB (Montenegro, Charqueadas, Viamão e Alvorada). Dos outros quatro, dois eram economias de PIB pequeno (Igrejinha e Santo Antônio da Patrulha) e os dois restantes, eram municípios de PIB muito pequeno (Araricá e São Jerônimo). Observa-se que, pelo menos estes quatro últimos municípios,

de pequenas economias, que apresentaram um elevado crescimento da variável, estão localizados bem distantes do eixo principal da RMPA.

#### 2.2.3.2.3 - Grupo C: Crescimento Médio (ou Moderado) do PIB

Este grupo, considerado de crescimento médio ou moderado, que se situa na faixa de crescimento de 200 % a 150 %, está integrado por doze municípios (Tabela 2.25).

Tabela 2.24 – Municípios da RMPA com Crescimento do PIB Elevado.

| Municípios do Grupo B     | % Aumento PIB | Ranking |
|---------------------------|---------------|---------|
| Araricá*                  | 274,17        | 6º      |
| Montenegro                | 261,82        | 7º      |
| Igrejinha                 | 261,41        | 8º      |
| Santo Antônio da Patrulha | 258,8         | 9º      |
| Charqueadas               | 252,29        | 10º     |
| Alvorada                  | 246,72        | 11º     |
| São Jerônimo              | 245,05        | 12º     |
| Canoas                    | 241,8         | 13º     |
| Viamão                    | 225,71        | 14º     |



Em primeiro lugar, dois deles merecem especial destaque, pela importância de sua participação no PIB regional: Porto Alegre, que ocupava o 1º lugar do ranking do PIB total na RMPA (sendo a economia mais significativa da Região e do Estado), situando-se no 22º lugar no Ranking do crescimento da variável e, São Leopoldo, com o 7º lugar no PIB total, ocupando o 16º lugar no ranking do crescimento.

De outro lado, predominam neste grupo, de percentual de crescimento médio (ou moderado):

a) – Cinco municípios com PIB pequeno: Dois Irmãos, Nova Hartz, Taquara, Estância Velha e São Sebastião do Caí.

b) – Dois municípios com PIB muito pequeno, como: Rolante e Capela de Santana.

Finalmente, também fazem parte deste grupo que experimentou um crescimento médio (ou moderado), três municípios com PIB de porte médio: Sapucaia do Sul, Esteio e Sapiranga.

De todos os municípios deste grupo, de crescimento médio, seis faziam parte do grupo que deu origem a RMPA e, portanto, faziam parte do eixo principal da Região.

#### 2.2.3.2.4 - Grupo D: Crescimento Pequeno do PIB

Este grupo, composto por cinco municípios que obtiveram pequeno crescimento do PIB, compreende a faixa de: 150 % a 100 %, de aumento no período.

Devem-se destacar dois municípios que contam com um elevado PIB na RMPA e que integram este grupo. De um lado, Triunfo, no 4º lugar no ranking do PIB metropolitano, ocupando o 29º lugar no ranking do crescimento e, de outro, Novo Hamburgo, no 5º lugar do PIB metropolitano, ocupando o 27º lugar no ranking do crescimento.

De todos estes municípios, somente Novo Hamburgo, estava no eixo principal da Região.

#### 2.2.3.2.5 - Grupo E: Crescimento Muito Pequeno do PIB

Formam este grupo, de crescimento muito pequeno do PIB, apenas três municípios,

Tabela 2.25 – Municípios da RMPA com Crescimento Médio do PIB

| Municípios do Grupo C | % Aumento PIB | Ranking |
|-----------------------|---------------|---------|
| Taquara               | 195,14        | 15º     |
| São Leopoldo          | 193,47        | 16º     |
| Nova Hartz            | 183,64        | 17º     |
| São Sebastião do Caí  | 183,08        | 18º     |
| Esteio                | 169,95        | 19º     |
| Rolante               | 165,95        | 20º     |
| Sapucaia do Sul       | 163,77        | 21º     |
| Porto Alegre          | 160,67        | 22º     |
| Estância Velha        | 158,89        | 23º     |
| Dois Irmãos           | 152,57        | 24º     |
| Capela de Santana     | 151,16        | 25º     |
| Sapiranga             | 150,26        | 26º     |

compreendidos na faixa de menos de 100% de crescimento no período de análise (Tabela 2.27). Trata-se de economias do grupo de pequeno PIB, que não estão localizados no eixo principal da Região, que atualmente buscam estruturar suas economias em diversos ramos industriais.

Tabela 2.26 – Municípios da RMPA com Crescimento Pequeno do PIB.

| Municípios do grupo D | % Aumento PIB | Ranking |
|-----------------------|---------------|---------|
| Novo Hamburgo         | 144,58        | 27º     |
| Arroio dos Ratos      | 133,59        | 28º     |
| Triunfo               | 129           | 29º     |
| Portão                | 116,11        | 30º     |
| Campo Bom             | 107,49        | 31º     |

Tabela 2.27 – Municípios da RMPA com Crescimento Muito Pequeno do PIB.

| Municípios do grupo E | % Aumento PIB | Ranking |
|-----------------------|---------------|---------|
| Eldorado do Sul       | 94,39         | 32º     |
| Parobé                | 66,08         | 33º     |
| Ivoti                 | 64,4          | 34º     |

#### 2.2.4 - O PIB da RMPA no Contexto das Metrôpoles do País

Uma análise geral do Produto Interno Bruto (PIB), no cenário nacional (década 2000-2010), indica que a Região Metropolitana de Porto Alegre, teria perdido significação entre as 16 Regiões Metropolitanas mais importantes do país. Do quarto lugar no ranking do ano 2000, passou para o quinto, em 2010; perdendo espaço econômico para a RM de Belo Horizonte (MG).

Quanto ao ritmo de crescimento desta variável, no mesmo período, a situação apresentase ainda mais preocupante, ao se verificar que o PIB da Região, apresentou o menor percentual de crescimento entre as 16 RMs do país. Assim, com um aumento acumulado de 187,6 %, na última década, foi a metrópole que teve o menor crescimento médio, entre as regiões do país, que foi de 201,3 %. Observase que, o percentual de crescimento acumulado do PIB da RMPA, de 187,6 % no período, foi bem próximo do percentual 188,8 %, registrado pela RM de São Paulo, que, apesar de ocupar o primeiro lugar no ranking do PIB total (em termos absolutos), situouse na penúltima posição, em termos de crescimento da variável, entre as referidas RMs.

A relativa desaceleração do crescimento do PIB, da década 2000-2010 na RMPA, teria ocorrido simultaneamente ao crescimento mais intenso da variável em outros aglomerados urbanos do Estado, como a Aglomeração Urbana do Nordeste (AUNE), que, nesse período cresceu em 224%, superando a média das 16 RMs, que foi de 201,3 %, incluindo a RMPA, que registrou o referido crescimento acumulado de 187,6 %.

Tanto no caso da RM de Porto Alegre, como da RM de São Paulo, a diminuição do ritmo de crescimento econômico, na última década, teria ocorrido, simultaneamente ao incremento da importância econômica de outras áreas urbanas (aglomerações) nestes Estados.

### **2.3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O contexto do desenvolvimento socioeconômico da Região Metropolitana de Porto Alegre, de modo sintético, apresenta as seguintes características.

Nas últimas décadas, a dinâmica de crescimento da população da RMPA, principal polo da economia gaúcha, acompanhou a tendência geral do Estado, que foi de baixo crescimento demográfico no cenário nacional. Na última década, especificamente, constata-se, que o crescimento acumulado de 6,6 % da Região, foi o menor das 16 RMs analisadas do país.

Uma das razões da diminuição do ritmo de crescimento da população da Região pode estar relacionada com os novos arranjos na polarização dos fluxos migratórios internos, que, nesta década, face ao impulso do crescimento econômico das Aglomerações Urbanas do Estado, estaria gerando algumas alterações na preferência relativa dos destinos das referidas correntes migratórias internas. Neste sentido, nas duas últimas décadas, constata-se um importante processo de re-ordenamento do crescimento econômico no Estado, com base na consolidação da Aglomeração Urbana do Nordeste, como uma Nova Região Metropolitana (importante polo industrial e turístico), assim como da Aglomeração Urbana do Sul (polo naval) e da Aglomeração Urbana do Litoral Norte (polo de energia eólica, imobiliário, de turismo e lazer sazonal).

Os indicadores mais importantes do processo de desaceleração da RMPA, na última década, estão representados pela diminuição relativa do

crescimento da População e do PIB, o que, estaria ocorrendo por algumas limitações estruturais da Região, relativas à acessibilidade, circulação, mobilidade (entre outras); problemas (gargalos) que, estariam gerando elevadas deseconomias (ou externalidades negativas), alterando o grau de preferência dos investimentos. Somam-se a isto, as características econômicas das Aglomerações Urbanas do Estado, que, apresentam atualmente grande atratividade, por razões geográficas, logísticas de localização, de mão de obra, etc.

Quanto a localização do crescimento econômico, no contexto regional, em termos de PIB, verifica-se que, a maioria dos municípios (incluindo Porto Alegre), situados no principal eixo da Região (ao longo da BR 116), com exceção de Canoas e Novo Hamburgo, alcançaram no período de análise, apenas um nível de crescimento médio. Canoas integrou o grupo dos municípios de significativo crescimento e Novo Hamburgo, formou parte dos municípios de pequeno crescimento.

De um modo geral, a Região Metropolitana de Porto Alegre, dada a importância estratégica no desenvolvimento do Estado, tem atualmente o desafio de retomar o ritmo de crescimento econômico, recuperando o papel de liderança, entre as maiores RMs do país, de onde atualmente vem perdendo espaço, apresentando, inclusive, as menores taxas de crescimento do PIB.

Atualmente, os efeitos da queda do Produto Interno, nas condições de vida da população da Região, vêm sendo amenizados, de certa forma, pela diminuição da taxa de crescimento demográfico, que, também diminuiu consideravelmente nas últimas décadas. Entretanto, a fim de dar um novo impulso no crescimento econômico e desenvolvimento social, no longo prazo, será necessário dar uma maior ênfase, na pauta governamental, ao equacionamento de importantes desafios, particularmente, referentes à modernização da infraestrutura e da rede de serviços públicos que, permitam reforçar o caráter competitivo da Região Metropolitana.

### 3 – CONTEXTO GEOLÓGICO

O Rio Grande do Sul apresenta uma evolução geológica que se inicia a cerca de 2,4 bilhões de anos, passa por períodos importantes de geração de rochas ígneas e metamórficas entre 900 a 550 milhões de anos e que se estende até o recente com a formação de rochas sedimentares e sedimentos associados compondo um panorama complexo e diversificado. (Ramgrab et al.,1997; Philipp ,1998; Wildner et al., 2008).

A Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) está geologicamente constituída por três grandes subdomínios ou províncias geológicas (Figura 3.1).

A Província Mantiqueira foi desenvolvida, inicialmente, durante o Proterozoico e são conhecidas como as rochas cristalinas do Escudo Sul-Rio-Grandense. Este período inicial foi seguido pelo período Fanerozoico, durante o qual foram depositados os sedimentos que compõem a Província Paraná, constituída por unidades sedimentares que recobrem as rochas do escudo, acumuladas desde o Permiano até o Jurássico (entre 298 a 145 milhões de anos) e que ao final, foram sobrepostas por rochas do magmatismo Serra Geral (135 milhões de anos). A evolução geológica se encerra com a implantação

dos Depósitos Cenozoicos pertencentes à Planície Costeira, que constitui uma extensa faixa de areia posicionada entre o mar e o escudo; além de depósitos de sedimentos de rios e lagos atuais. A geologia da RMPA pode ser vista em detalhe nas Figuras 3.2 e 3.3.

A Província Mantiqueira está representada na porção sudoeste da RMPA, pelo Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos, que são fragmentos do embasamento mais antigo, caracterizados por ortognaisses tonalíticos, com xenólitos de paragnaisses. Estas rochas são cortadas por apófises de granodiorito e trondhjemitó. Todo o conjunto está metamorfozizado na fácies anfibolito superior. Na porção sul e extremo sudoeste da RMPA e estendendo-se até Porto Alegre, ocorrem as rochas graníticas do Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado e da Suíte Granítica Dom Feliciano. O primeiro é formado por tonalitos, granodioritos, monzogranitos e granitos, com estrutura gnáissica local e presença frequente de septos de paragnaisses. O segundo é constituído por monzogranitos cinza claro a levemente amarelados, porfíricos ou por sienogranitos equigranulares a porfíricos, rosados a avermelhados.

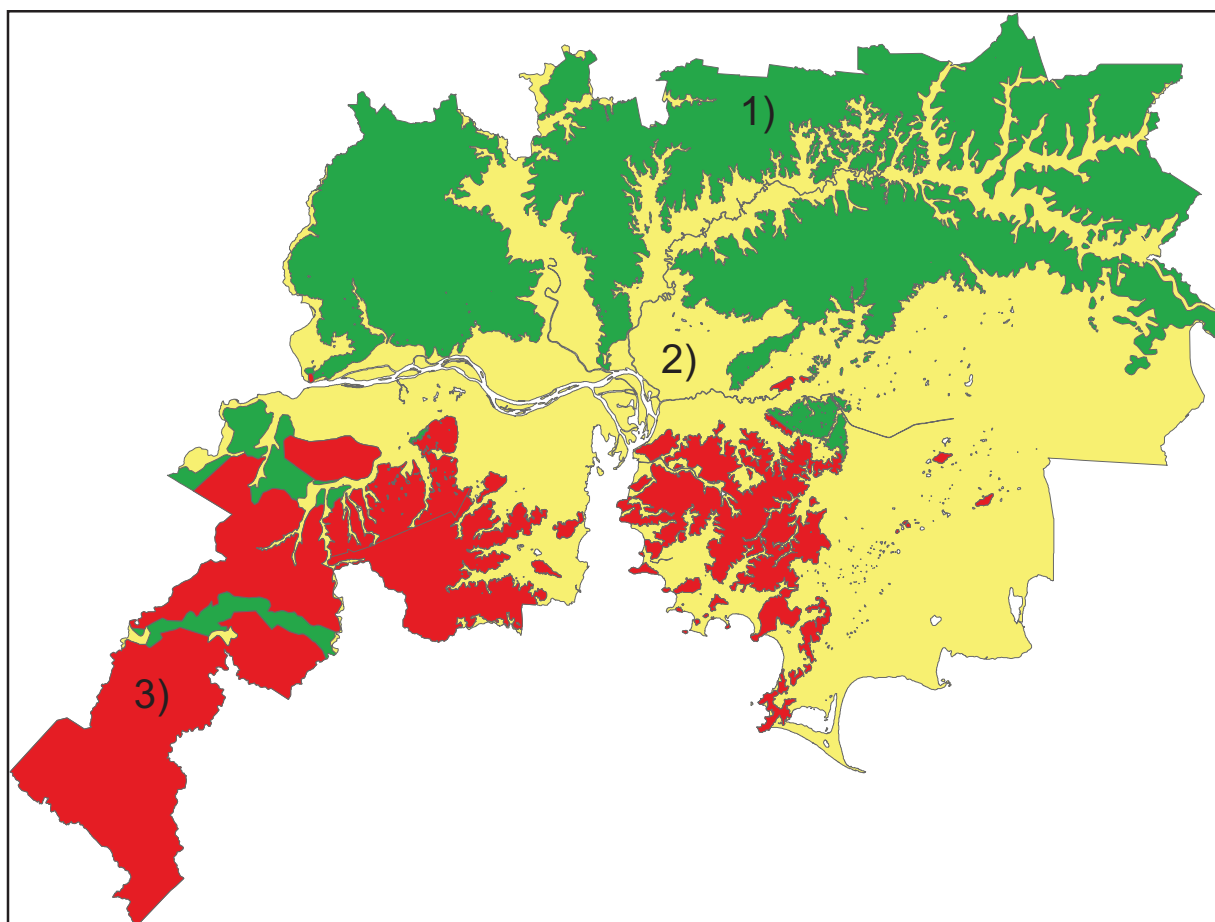


Figura – 3.1 Províncias geológicas da RMPA: 1) Província Paraná; 2) Depósitos Cenozóicos; 3) Província Mantiqueira e Septos do Embasamento.



| COLUNA ESTRATIGRÁFICA |                   |              |               |                      |   |   |   |
|-----------------------|-------------------|--------------|---------------|----------------------|---|---|---|
| EON                   | ERA               | PERÍODO      | ÉPOCA         |                      |   |   |   |
| FANEROZÓICO           | CENOZÓICO         | NEÓGENO      | HOLCOENO      | 10 <sup>6</sup> anos | SIGLA   | LITÓTIPOS / AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO   |   |
|                       |                   |              | PLEISTOCENO   | 0,01                 |   | <p><b>Depósitos colúvio-aluviais (Nqca)</b> - conglomerados, arenitos conglomeráticos, arenitos, siltitos e lamitos maciços ou com laminação plano-paralela e estratificação cruzada acanalada.</p> <p><b>Depósitos relacionados a Barreiras Holocênicas</b></p> <p><b>Depósitos Aluviais (a)</b> - areia grossa a fina, cascalho, sedimento siltico-argiloso, em calhas de rio e planícies de inundação; <b>Depósitos Eólicos (e)</b> - areia quartzosa fina a média, bem arredondada e selecionada, rara laminação plano-paralela ou estratificação cruzada; <b>Depósitos de Planície Lagunar (pl)</b> - areia siltico-argilosa, mal selecionada, com laminação plano-paralela incipiente; <b>Turfeiras (tf)</b> - turfa heterogênea intercalada ou misturada com areia, silte e argila, localmente com diatomito</p> <p><b>Depósitos relacionados a Barreiras Pleistocênicas 3</b></p> <p><b>Depósitos de Planície Lagunar (pl3)</b> - areia siltico-argilosa, mal selecionada, com laminação plano-paralela incipiente, concreções carbonáticas e ferromagnesíferas.</p> <p><b>Depósitos relacionados a Barreiras Pleistocênicas 2</b></p> <p><b>Depósitos de Planície Lagunar (pl2)</b> - areia siltico-argilosa, mal selecionada, com laminação plano-paralela incipiente, concreções carbonáticas e ferromagnesíferas.</p> <p><b>Depósitos relacionados a Barreiras Pleistocênicas 1</b></p> <p><b>Depósitos de Colúvio-Aluviais (ca)</b> - conglomerado, diamictito, arenito conglomerático, arenito e lamito, maciço ou com estratificação acanalada (leques e canais) anastomosados); <b>Depósitos Eólicos (e1)</b> - areia quartzosa fina a média, bem arredondada e selecionada, rara laminação plano-paralela ou estratificação cruzada; <b>Depósitos de planície lagunar (pl1)</b> - areia siltico-argilosa, mal selecionada, com laminação plano-paralela incipiente, concreções carbonáticas e ferromagnesíferas.</p> |   |
|                       |                   |              |               |                      |   |   |   |
|                       |                   |              |               |                      |   |   |   |
|                       |                   | MESOZÓICO    | JURO-CRETÁCEO | 251,1                |   |   | <p><b>Provincia Paraná</b></p> <p><b>GRUPO SÃO BENTO</b></p> <p><b>Fácies Caxias (acx)</b> - derrames de composição intermediária a ácida, rioladitos a riolitos, mesocráticos, microgranulares a vitrofiricos, textura esferulítica comum (tipo carijó), forte disjunção tabular no topo dos derrames e maciço na porção central, dobras de fluxo e autobrechas frequentes, vesículas preenchidas predominantemente por calcedônia e ágata, fonte das mineralizações da região, <b>132,3±0,5 Ar-Ar</b>; <b>Fácies Gramado (βgr)</b> - derrames basálticos granulares finos a médios, melanocráticos cinza, horizontes vesiculares preenchidos por zeólitas, carbonatos, apofilitas e saponita, estruturas de fluxo e <i>pahoehoe</i> comuns, intercalações com arenitos Botucatu, <b>132,4±1,4 Ar-Ar</b>.</p> <p><b>Formação Botucatu (J3K1bt)</b> - arenito fino a grosso, grãos bem arredondados e com alta esfericidade, dispostos em <i>sets</i> e/ou <i>cosets</i> de estratificação cruzada de grande porte, ambiente continental desértico, depósitos de dunas eólicas.</p> |
|                       |                   |              |               |                      |   |   |   |
|                       |                   |              |               |                      |   |   |   |
|                       |                   |              |               |                      |   |   |   |
|                       | PALEOZÓICO        | PERMIANO     | 270,6         |                      |   | <p><b>GRUPO PASSA DOIS</b></p> <p><b>Formação Pirambóia (P3T1p)</b> - arenito médio a fino, geometria lenticular bem desenvolvida, ambiente continental, eólico com intercalações fluviais.</p> <p><b>Formação Rio do Rasto (P3T1rr)</b> - pelito e arenito com dominância de camadas tabulares ou lenticulares muito estendidas, ambiente lacustre (Mb. Serrinha). Siltito tabular, arenito fino tabular ou lenticular, ambiente lacustre, deltaico, eólico e raros depósitos fluviais (Mb. Morro Pelado).</p> <p><b>Subgrupo Estrada Nova (P23en)</b> - folhelho, argilito e siltito não betuminosos, ambiente marinho com deposição por decantação de finos abaixo do nível-base de ação de ondas (Fm. Serra Alta). Siltito, arenito muito fino, geralmente tabular ou lenticulado alongado, lentes e concreções de calcário, ambiente marinho com influência de tempestades (Fm. Teresina).</p> <p><b>Formação Irati (P2i)</b> - folhelho, siltito e argilito calcário, marga e folhelho betuminoso portador de répteis mesossaurídeos, ambiente marinho de costa-afora, deposição por decantação em águas calmas abaixo do nível de ação de ondas; períodos de estratificação da coluna de água e com influência de tempestades.</p>   |   |
|                       |                   |              |               |                      |   |   |   |
|                       |                   |              |               |                      |   |   |   |
|                       |                   |              |               |                      |   |   |   |
| PROTEROZÓICO          | NEOPROTEROZÓICO   | EDIIACARIANO | 299           |                      | <p><b>Provincia Mantiqueira e Septos do Embasamento</b></p> <p><b>GRANITOS CALCIALCALINOS E SHOSHONÍTICOS</b></p> <p><b>Suíte Granítica Dom Feliciano - Fácies Serra do Herval (dfe)</b> - sienogranito constituindo <i>stocks</i> grosseiramente alinhados e NE-SW, <b>550±6 Ma Rb-Sr</b>; <b>Fácies Fácies Cerro Grande (dfc)</b> - monzogranito variando entre porfirítico grosso e granular heterogêneo, englobando enclaves granodioríticos a tonalíticos <b>572±17 Ma Rb-Sr</b>.</p> <p><b>Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado Domínio de Metagranitoides Porfiríticos (1pm)</b> - gnaisse granítico a granodiorítico, foliação marcante e deformação de alta temperatura, presença frequente de septos e paragneisse <b>609±6 Ma U-Pb</b></p> <p><b>Complexo Gnaisse Arroio dos Ratos (Pp2arr)</b>, <b>G1 - 2.078±13 Ma U-Pb</b> com xenólitos de paragneisses, cortado por apófises de granodiorito leucocrático dobrado; <b>G2 - 1.538±7 Ma U-Pb</b> e intrudido por trondhjenito grosso a pegmatóide, todo o conjunto metamorfozado na fácies anfibolito superior, <b>631±13 Ma U-Pb</b>.</p> |   |   |
|                       |                   |              |               |                      |   |   |   |
|                       | PALEOPROTEROZÓICO | CROCEIANO    |               |                      |   |   |   |
|                       |                   |              |               |                      |   |   |   |

Figura 3.2 – Coluna Estratigráfica da RMPA.

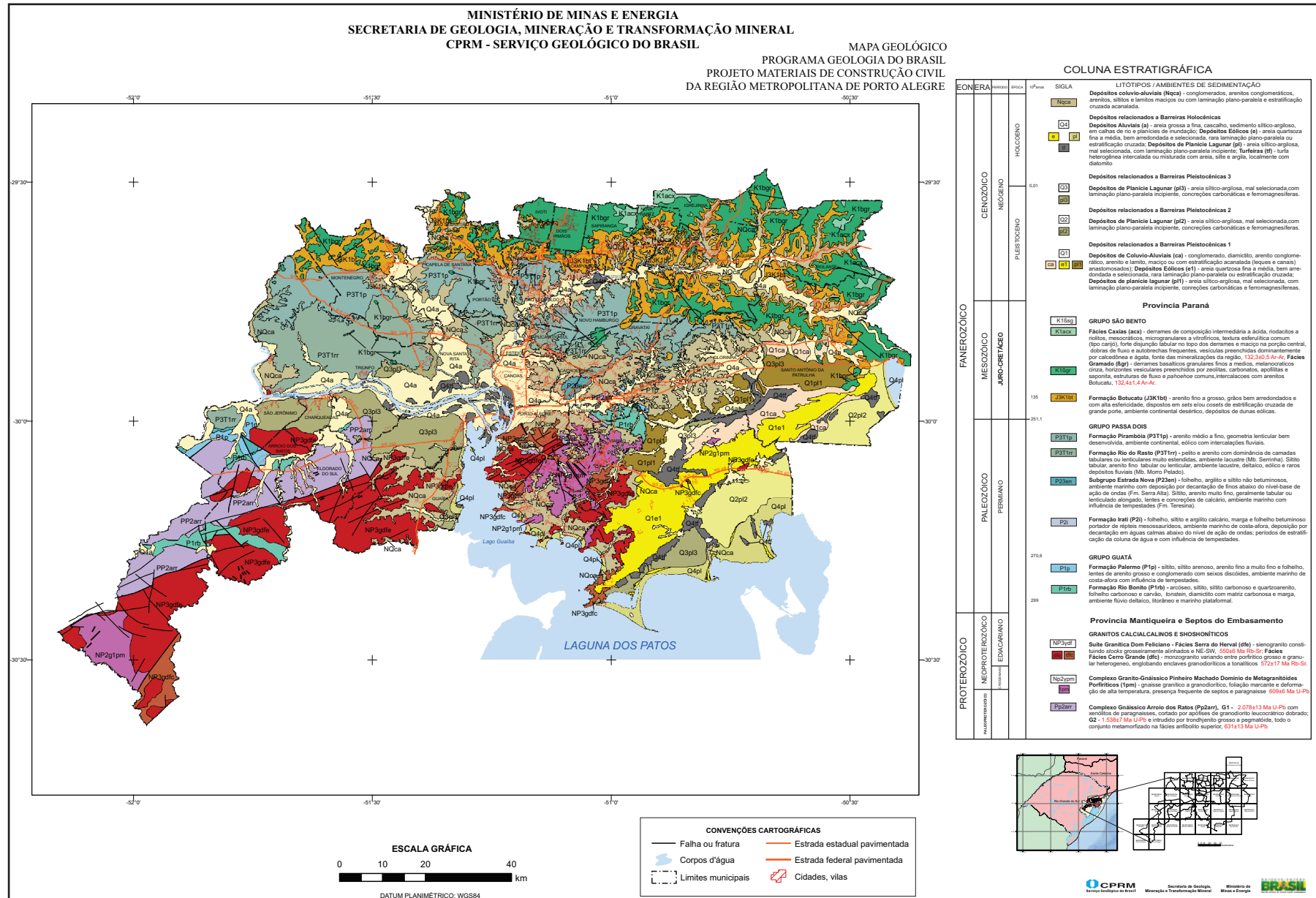


Figura 3.3 – Mapa Geológico da RMPA.

Sobre as rochas da Província Mantiqueira estão depositadas as rochas da Província Paraná. Esta província foi formada pelo rebaixamento das rochas cristalinas, formando imensas depressões, onde foram depositados e acumulados sedimentos provenientes da erosão de áreas cristalinas mais soerguidas. Posteriormente estas rochas foram recobertas por rochas vulcânicas, predominantemente basálticas. As várias formações presentes na Província Paraná, registram a variação de ambientes e as mudanças climáticas através do tempo geológico e registradas nas rochas sedimentares. As rochas vulcânicas da Província Paraná formaram-se em decorrência da fragmentação do supercontinente Pangea e consequente abertura do oceano Atlântico.

As rochas mais antigas da Província Paraná, na área da RMPA, correspondem à Formação Rio Bonito. Esta ocupa áreas de pequenas dimensões na metade sul da RMPA. É constituída por arcóseos, siltitos, siltitos carbonosos, quartzarenitos, folhelhos carbonosos e carvão, tonstein, diamictitos com matriz carbonosa e marga; com deposição em ambiente fluvio-deltaico, litorâneo e marinho plataformal. Sotoposta a esta unidade ocorre a Formação Palermo. Também ocupa pequenas áreas na metade sul da RMPA e está composta por siltitos, siltitos arenosos, arenitos finos a muito finos e folhelhos, lentes de arenito grosso e conglomerados de ambiente marinho de costa-afora, com influência de tempestades. Temporalmente após a unidade anterior ocorrem às rochas do Sub-grupo Estrada Nova, presente em pequenas áreas nos municípios de Gravataí, Cachoeirinha e São Jerônimo. É constituído por folhelhos, argilitos e siltitos de ambiente marinho, que podem ocorrer abaixo do nível-base de ação de ondas (Formação Serra Alta), ou em ambiente marinho com influência de tempestades (Formação Teresina). Nesta última ocorrem também lentes e concreções de calcário. Na região de Charqueadas e de Cachoeirinha a Glorinha ocorre a Formação Rio do Rasto, constituída por arenitos finos, bem selecionados, com camadas tabulares e lenticulares de ambiente lacustre deltaico, eólico e raros depósitos fluviais (Membro Pelado); além de siltitos, argilitos, e arenitos finos, com camadas tabulares e lenticulares de ambiente lacustre, com laminações paralela, cruzada e acanalada (Membro Serrinha).

Na parte centro-norte e ocidental da RMPA ocorre a Formação Pirambóia, formada em ambiente eólico, com intercalações fluviais e constituída essencialmente por arenitos médios a finos, com camadas lenticulares bem desenvolvidas. A última unidade sedimentar da Província Paraná é a Formação Botucatu, que domina na parte nordeste e, em menor escala, no extremo noroeste da RMPA. Tratam-se de arenitos finos a grossos, róseo-avermelhados com bimodalidade granulométrica, com gradação normal e subordinadamente inversa, bem como estratificações cruzadas acanaladas de

grande porte; inclui arenitos intertrápicos da fácies eólica e arenitos finos a médios, róseos, argilosos, com estratificações plano-paralela e relacionadas à fácies de interdunas. Ambiente continental desértico, depósitos de dunas eólicas.

No extremo norte da RMPA ocorrem os derrames vulcânicos da Formação Serra Geral, que se sobrepõe às rochas da área. Estes derrames, na área da RMPA, podem ser divididos em duas fácies: Gramado e Caxias. A Fácies Gramado é constituída por derrames basálticos, granulares finos a médios, melanocráticos cinza com horizontes vesiculares preenchidos por zeólitas, carbonatos, apofilitas e saponitas; estruturas de fluxo e pahoehoe são comuns, bem como intercalações com os arenitos da Formação Botucatu. A Fácies Caxias é constituída por derrames de composição intermediária a ácida, riolíticos a riolitos, mesocráticos, microgranulares a vitrofíricos, textura esferulítica comum (tipo "carijó"), forte disjunção tabular no topo dos derrames e maciço na porção central; dobras de fluxo, autobrechas frequentes e vesículas preenchidas predominantemente por calcedônia e ágata, fonte das mineralizações da região.

Os Depósitos Cenozoicos formam um pacote de sedimentos clásticos terrígenos originados, a partir do final do Terciário, em um sistema de leques aluviais coalescentes provenientes de várias origens, principalmente transportados por grandes rios como o sistema Jacuí – Caí, Sinos, ou Camaquã, desenvolvendo ao longo da margem oeste da planície, na base das terras altas representadas pelo escudo Sul-Rio-Grandense. Estes depósitos foram retrabalhados em suas porções distais por, no mínimo, quatro ciclos transgressivos-regressivos, correlacionáveis aos quatro últimos eventos glaciais que caracterizaram o final do Cenozoico, originando os depósitos de barreira, sendo três no Pleistoceno e um no Holoceno. Nos depósitos cenozoicos são também colocados os Depósitos Colúvio-Aluviais originados nos rios e lagos atuais.

Os três Depósitos de Barreira Pleistocênicas apresentam sedimentos acumulados em ambiente de planície lagunar, caracterizados por acumulações de areias siltico-argilosas, mal selecionadas, com laminações plano-paralelas incipientes e concreções carbonáticas e ferromagnesianas. O Depósito de Barreira 1 forma pequenas áreas, irregularmente alongadas, segundo SW-NE, na porção sudeste da RMPA. O Depósito de Barreira 2 ocorre no extremo sudeste da RMPA. O Depósito de Barreira 3 alcança uma boa área de abrangência, margeando o lago Guaíba, numa extensão aproximada de 50 quilômetros, no sentido E-W e numa extensão média de 10 a 15 quilômetros, no sentido N-S. O Depósito de Barreira 1 também inclui depósitos eólicos e colúvio-aluviais. Os depósitos eólicos são constituídos por areias quartzosas finas a médias, bem arredondadas e selecionadas devido ao retrabalhamento eólico, apresentam raras laminações plano-paralelas e

estratificações cruzadas e ocorrem sob a forma de uma faixa alongada com contornos irregulares, na direção SW-NE, na porção sudeste da RMPA. Os depósitos colúvio-aluviais aparecem em áreas, na porção sul da RMPA, sob a forma de faixas, com contornos irregulares, alinhadas segundo SW-NE e em pequenas áreas na porção norte da RMPA, a oeste de Santo Antônio da Patrulha. Tratam-se de conglomerados, diamictitos, arenitos conglomeráticos, arenitos e lamitos, maciços ou com estratificação acanalada.

O Depósito de Barreira Holocênica (Depósito de Barreira 4) forma turfeiras, depósitos de planície lagunar e depósitos aluviais. As turfeiras são heterogêneas, intercaladas ou misturadas com areia, silte e argila, localmente com diatomitos. Ocorrem no extremo sudeste da RMPA, sob a forma de pequenas faixas com contornos irregulares, alinhadas segundo SW-NE, descontínuas, desde Viamão até Santo

Antônio da Patrulha, também ocorrem nas ilhas do Delta do rio Jacuí.

Os depósitos de planície lagunar abrangem todo o extremo sudeste da RMPA. São constituídos por areias siltico-argilosas, mal selecionadas, com laminações plano-paralelas incipientes, submetidos a um contínuo retrabalhamento lagunar. Os depósitos aluviais constituem os aluviões dos principais rios e seus tributários, ocorrendo em toda a RMPA. Tratam-se de areias e cascalhos imaturos e mal classificados, localmente areias, siltes e argilas orgânicas de canais e planícies aluviais e lagunares. Finalmente os depósitos colúvio-aluviais que representam os depósitos continentais de encostas e leques aluviais, constituídos por arenitos arcoseanos, conglomerados e arenitos conglomeráticos, imaturos, fracamente consolidados, areias e argilas dispostos nas porções sul e norte da RMPA.





## 4 – POTENCIAL MINERAL

A avaliação do potencial mineral para materiais de uso na indústria da construção civil da região metropolitana de Porto Alegre (RMPA) baseou-se em informações contidas na listagem de jazidas e ocorrências minerais de trabalhos realizados pela CPRM, além da consulta nos bancos de dados gerados por órgãos de fiscalização e licenciamento de atividade minerária.

Desta maneira, foram pesquisadas as seguintes fontes de dados para identificação das frentes de lavra (ativas e inativas) e determinação de áreas potenciais para mineração de materiais de uso na construção civil da RMPA:

1. Programa técnico para o gerenciamento da região metropolitana de Porto Alegre – PROTEGER (Zanini,1998);
2. Subsídios para plano diretor de mineração da região metropolitana de Porto Alegre (Zanini, 2006);
3. Cadastro de licenciamento ambiental para empreendimentos minerários da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - FEPAM (2012);
4. Cadastro de direito minerário do Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (2013);
5. Cadastro de empreendimentos mineiros de prefeituras da RMPA.

A integração dos bancos de dados possibilitou a geração de mapas de potencial e cadastro mineral da RMPA, que posteriormente foram checados em diversas etapas de campo. Durante as visitas aos pontos cadastrados foram preenchidos formulários previamente elaborados que serviram para avaliar e caracterizar os mesmos, bem como as frentes de lavra (ativas ou inativas). As observações “in loco” também proporcionaram a verificação das relações existentes entre o depósito mineral e o contexto geológico da área, fato que possibilitou uma avaliação sobre o potencial das reservas cadastradas.

A análise dos bens minerais estudados propiciou a identificação de dois conjuntos de insumos minerais: matérias-primas empregadas “in natura” ou que necessitam de beneficiamento simples, tais como areia, brita, pedra de talhe e material de empréstimo, e as substâncias utilizadas a partir de beneficiamento que constitui transformação industrial, tais como queima, *blender* com outros materiais e etc. Neste grupo incluem-se as argilas, que constituem matérias-primas de emprego direto na indústria cerâmica. Nesse contexto, também estão

incluídas as rochas com finalidade ornamental que passam por processos de serragem e polimentos.

### 4.1 - DIAGNÓSTICO DAS ÁREAS POTENCIAIS

O diagnóstico do potencial para materiais de construção civil na RMPA baseou-se na avaliação e integração de bancos dados de recursos minerais, que posteriormente foram relacionados com o mapa geológico (Wildner, 2008) e banco de dados de direitos minerários (DNPM, 2013) (Figura 4.1). A partir desse conjunto de informações foi elaborado um mapa de pontos das frentes de lavra (ativa e inativa) que serviu de guia de campo para o cadastramento mineral do projeto.

Durante a atividade de cadastro das lavras foram preenchidos formulários que serviram de base de dados para a caracterização das áreas potenciais com insumos de uso na construção civil da RMPA. A atividade de campo procurou contemplar as principais áreas de mineração identificadas no mapa de cadastro mineral (Figura 4.2), sendo levantadas informações gerais sobre o *status* do ponto cadastrado, que contou com coleta de amostras em áreas de extração mais representativas.

As visitas realizadas em secretarias de obras municipais na RMPA também foram importantes neste trabalho de cadastramento. Neste caso, mesmo que a maioria das prefeituras não tenha disponibilizado um banco de dados consistente e estruturado, as visitas acabaram gerando informações que levaram a identificação de pontos que muitas vezes não constavam nos bancos de dados de órgãos de fiscalização ou licenciamento mineral. Na maioria dos casos, esses pontos constituíam lavras informais de pequeno porte que atendiam somente demandas locais por materiais para construção civil.

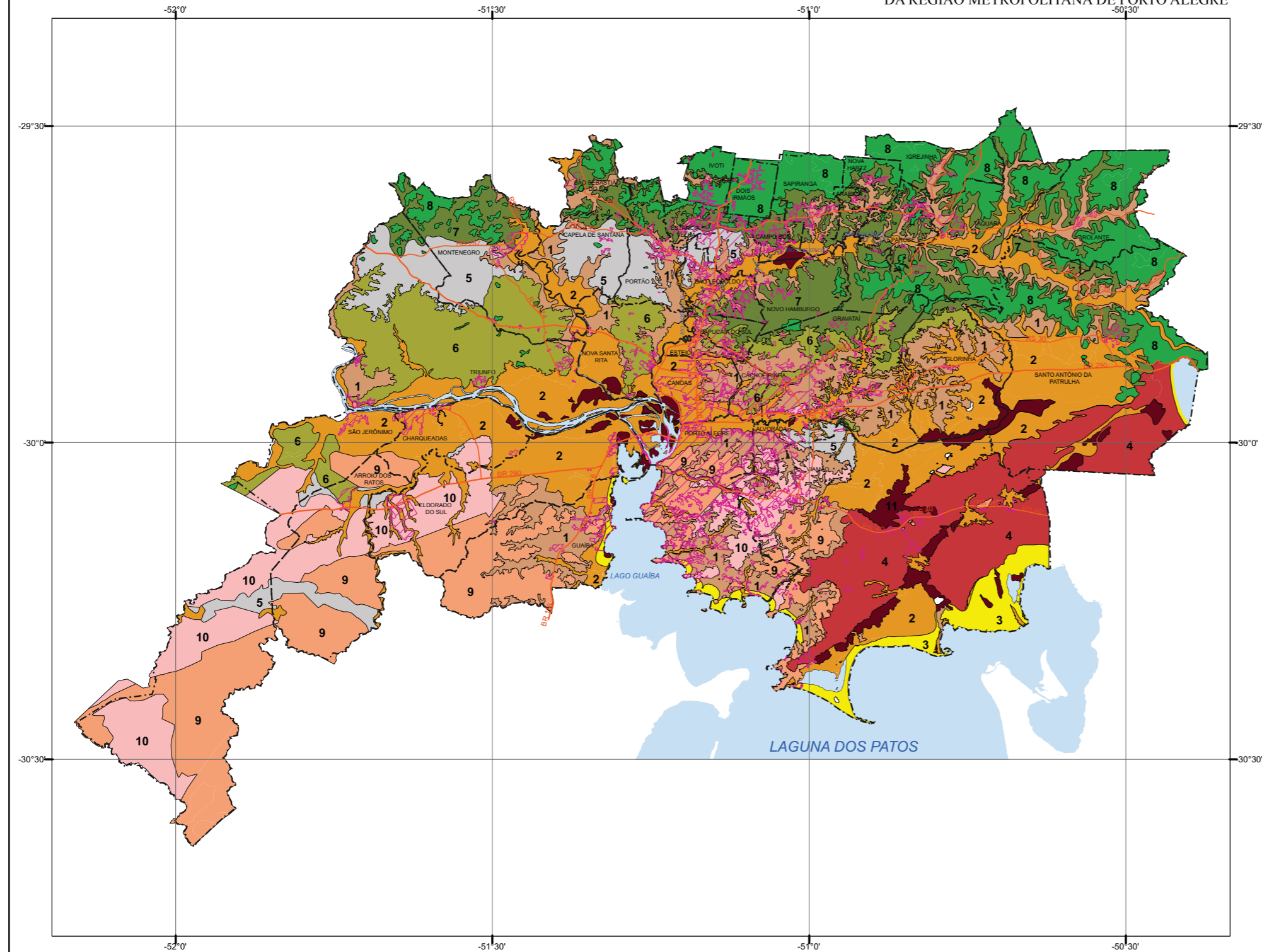
O trabalho de cadastramento caracterizou os seguintes materiais para uso em construção civil na RMPA:

1. Areia
2. Argila
3. Brita
4. Material de empréstimo
5. Saibro
6. Rocha para pedra de talhe

Os conjuntos desses materiais são agrupados como agregados para construção civil, que no Brasil apresentam uma variedade de nomes, sendo muitos de uso regional. Os agregados para construção civil são fragmentos de rochas/minerais ou produtos industriais utilizados nos mais diferentes empreendimentos da

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

MAPA DE POTENCIAL MINERAL  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE



| POTENCIAL MINERAL |                                       |  |   |
|-------------------|---------------------------------------|--|---|
| 1                 | Nqa                                   | Depósitos Colúvio-aluviais   | Material de empréstimo (me), argila para cerâmica vermelha (av) e areia para construção civil (ac). |
| 2                 | Q4a<br>Q3pl3<br>Q1ca<br>Q1e1<br>Q1pl1 | Depósitos Colúvio-aluviais, depósitos aluviais, depósitos de planície lagunar  | Argila para cerâmica vermelha (av) e areia para construção civil (ac).                              |
| 3                 | Q4pl                                  | Depósitos de planície lagunar  | Areia para construção civil (ac).   |
| 4                 | Q1e1<br>Q2pl2                         | Depósitos de planície lagunar e depósitos eólicos  | Areia para construção civil (ac) e material de empréstimo (me).                                     |
| 5                 | P3T1p<br>P1rb                         | Formação Pirambóia e Formação Rio Bonito   | Argila para cerâmica nobre (an), argila vermelha (av) areia para construção civil (ac).             |
| 6                 | P3T1rr<br>P3en<br>P1p                 | Formação Rio do Rasto, Subgrupo Estrada Nova e Formação Palermo  | Argila vermelha (av).   |
| 7                 | J3k1bt                                | Formação Botucatu  | Arenito para pedra de talhe(at), arenito para rocha ornamental(ar).                                 |
| 8                 | K1ccx<br>K1βgr                        | Formação Serra Geral - Fácies Caxias e Fácies Gramado  | Basalto para pedra de talhe (bt), brita(bb) e material de empréstimo(bs).                           |
| 9                 | NP3ydfc<br>NP3ydfc                    | Suíte Granítica Dom Feliciano - Fácies Cerro Grande e Fácies Serra do Herval   | Granito para brita (gb), saibro(gs) e material de empréstimo (ge).                                  |
| 10                | NP2ypm<br>PP2arr                      | Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado - Domínio de Metagranitoides Porfíricos e Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos - Gnaisse Tonalítico | Granito para brita (gb), saibro(gs) e material de empréstimo (ge).                                  |
| 11                | Q4tf                                  | Turfas   | Turfas (tf)   |
| 12                |                                       | Areia fluvial  | Areia fluvial (af)  |
| 13                |                                       | Zona Urbana  |   |

| CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS |                              |
|--------------------------|------------------------------|
|                          | Falha ou fratura             |
|                          | Corpos d'água                |
|                          | Limites municipais           |
|                          | Estrada estadual pavimentada |
|                          | Estrada federal pavimentada  |
|                          | Cidades, vilas               |

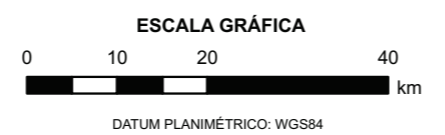
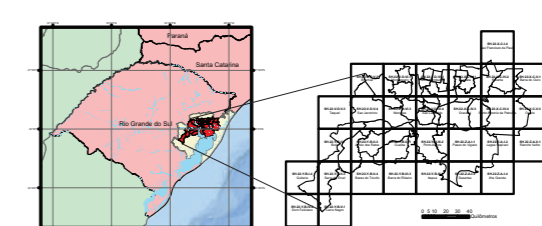


Figura 4.1 – Mapa de Potencial Mineral.



**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**  
**MAPA DE CADASTRO MINERAL**  
**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL**  
**PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**  
**DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE**

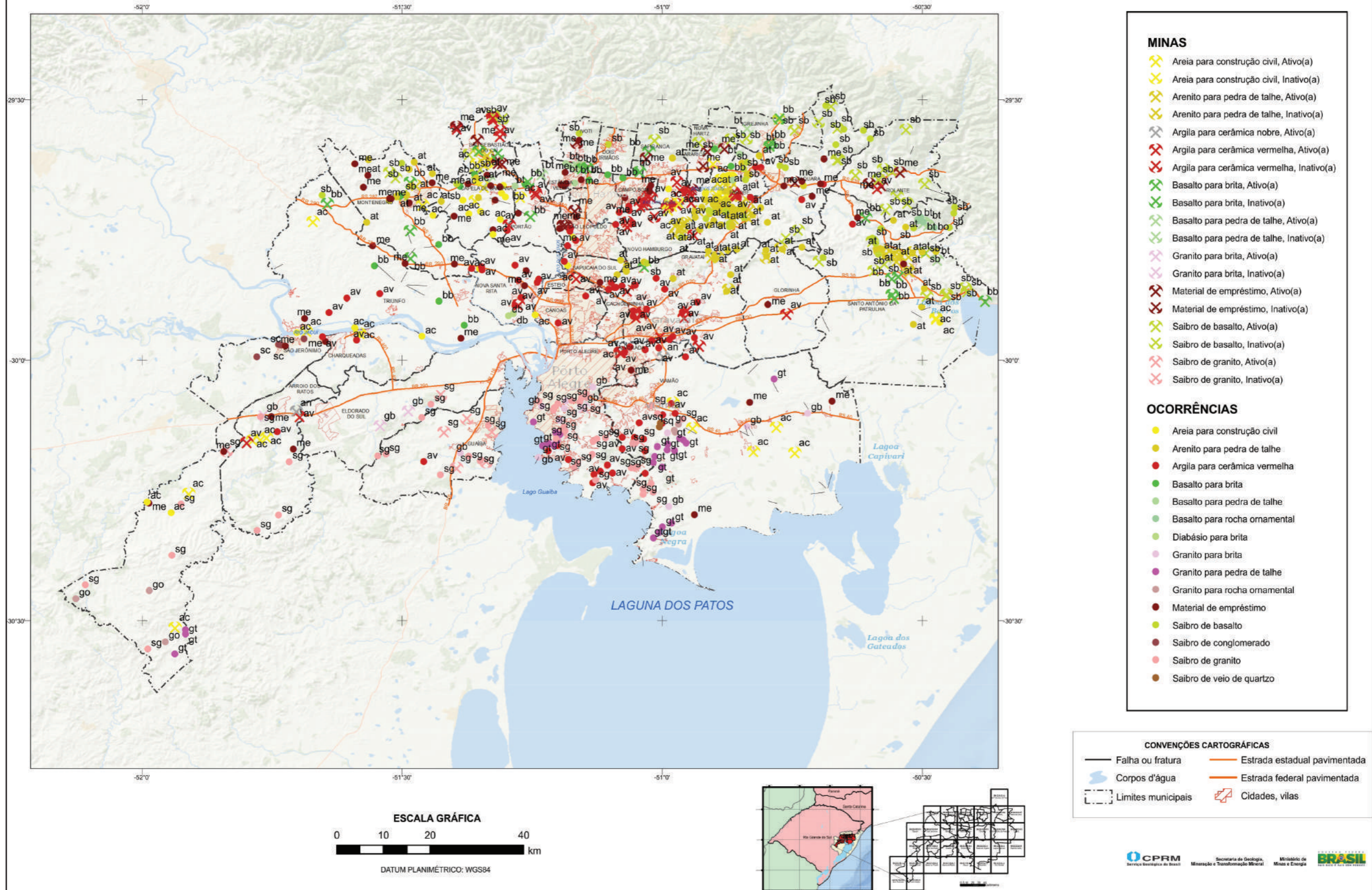


Figura 4.2 – Mapa de Cadastro Mineral.



construção civil, sendo essa matéria-prima empregada principalmente na formulação do concreto, cimento, asfalto, lastros e bases de vias férreas e estradas além de preparo de argamassa em geral.

De acordo com a origem, os agregados podem ser naturais (pedregulhos, cascalhos, areia, argila, etc.) ou produzidos (brita, areia de britagem, escória, etc.). Quanto à densidade, além dos tipos normais, existem agregados leves (argilas em geral) e os agregados pesados (magnetita ou barita, por exemplo).

Os agregados de densidade normal, de uso mais frequente na construção civil, incluem: agregados miúdos, com granulometria entre 0,15 e 4,8 mm, representados por areia natural e areia de britagem; e agregados graúdos, com granulometria entre 4,8 e 75 mm, representados pela brita e cascalho natural.

Outros tipos de agregados naturais de uso e nomenclatura comuns na construção são:

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Saibro                     | Mistura natural de cascalho e material argiloso para piso de estradas |
| Arenoso ou terra de reboco | Mistura natural de areia e argila para argamassas de cimento          |
| Pedrisco ou gravilhão      | Agregado natural fragmentado de 4,8 a 12,5 mm                         |
| Pó de pedra                | Resíduo de britagem <6,3 mm   |
| Filer                      | Resíduo de britagem <0,15 mm, usado como carga para asfalto.          |

Os preços dos agregados para construção civil são diretamente influenciados pelos seguintes fatores: mercado (suprimento e demanda), disponibilidade (reservas), localização geográfica (transporte) e beneficiamento (complexidade da lavra e da indústria de transformação e tratamento mineral).

No caso da RMPA, a lavra de areia é a atividade mineira mais desenvolvida em comparação aos demais insumos, isso porque as características de jazidas derivadas de ambiente fluvial (leito de rio e várzeas) são amplamente favoráveis à mineração. Neste contexto, a região da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí é responsável pela produção da grande maioria da areia consumida no Estado do Rio Grande do Sul.

## 4.2 - AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

### 4.2.1 - Areia

A areia é um material de origem mineral finamente dividido em grânulos, sendo resultado da alteração mecânica causada por agentes externos e/ou desagregação de rochas metamórficas, ígneas e sedimentares através da atuação do intemperismo físico, com posterior transporte e deposição.

A classificação das areias é feita pela granulometria, grau de selecionamento e formato dos grãos. Os depósitos arenosos são constituídos principalmente por quartzo, podendo haver outros minerais na sua composição, tais como: mica, zircão, ilmenita, feldspato,

etc. Quanto à dimensão dos grãos a areia classifica-se em: areia grossa entre 1,2 e 2 mm; areia média entre 0,42 e 1,2 mm e areia fina entre 0,075 e 0,42 mm.

A natureza mineralógica da areia é de grande importância, sendo conveniente que os grãos sejam constituídos de minerais ou agregados minerais com boa resistência mecânica e à degradação química (alteração), além de boa aderência (especialmente com asfalto) e interação química com cimento.

As características mineralógicas aliadas à distribuição granulométrica definem sua aplicabilidade. Um exemplo é a produção do concreto onde a areia ocupa os espaços entre os fragmentos de brita e o cimento. A areia para esse uso não devem ter grãos menores que 0,15 mm, além de ter granulação bem distribuída ou gradada entre 0,15 a 4,8 mm para melhor compactação e redução dos espaços maiores que 0,15 mm.

No caso das argamassas que tem emprego no assentamento de revestimentos cerâmicos e acabamentos gerais da construção civil, as especificações incluem areias finas e arredondadas, com boa distribuição granulométrica, ausência de torrões, baixa proporção de argila e baixa salinidade.

A análise tecnológica de areais passa por caracterização mineralógica (exame macroscópico, com lupa ou microscópio, por difração de raios-X, análise química, etc.), ensaios granulométricos e ensaios específicos de corpo de prova em concretos.

A normatização dessas análises e especificações é realizada por normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que reúnem as principais NBR aplicadas à construção civil:

|          |   |
|----------|---|
| NBR 7225 | Terminologia de materiais de pedra e agregados naturais |
| NBR 7211 | Agregados para concreto                                 |
| NBR 7216 | Amostragem  |
| NBR 7218 | Torrões de argila                                       |
| NBR 7219 | Material pulverulento                                   |
| NBR 7220 | Impurezas orgânicas                                     |
| NBR 7217 | Granulometria   |
| NBR 7809 | Forma dos grãos   |

Cabe ressaltar, que a produção de areia se caracteriza pelo grande volume extraído e pelo baixo valor por m<sup>3</sup> comercializado, onde o transporte corresponde aproximadamente por mais da metade do valor final do produto. Desta maneira, a necessidade da lavra ser próxima do mercado consumidor é essencial para definição do preço da areia, sendo que o valor comercializado do m<sup>3</sup> aumenta quanto maior for a distância entre a lavra e o local de comercialização.

#### 4.2.1.1 - Principais depósitos minerais de areia

As principais áreas de extração de areia na RMPA são formadas por depósitos fluviais e aluviais recentes e por depósitos relacionados a sistemas deposicionais antigos (Figura 4.3). Os depósitos

arenosos fluviais explorados na RMPA são minerados principalmente nos leitos dos rios Jacuí, Sinos e Caí.

O rio Jacuí possui destaque no panorama da mineração de areia no RS. O trecho do rio chamado baixo Jacuí que limita os municípios de Triunfo, Nova Santa Rita, Charqueados e Eldorado do Sul fornece mais de 2/3 de toda areia consumida na RMPA. A mineração de areia nos rios dos Sinos e Caí possui menor expressão em termos volumes lavrado, e sua produção atende principalmente as demandas locais dos municípios da RMPA.

As outras áreas de extração de areia da RMPA estão relacionadas a depósitos do sistema “laguna barreira” de idade pleistocênica (2,59 Ma) da planície costeira do Rio Grande do Sul, e estão localizadas no município de Viamão. Estes depósitos estão adquirindo destaque nos últimos anos, pois configuram reservas formadas por areias de ótima qualidade para uso na construção civil.

#### **4.2.2 - Caracterização das Áreas-fonte de Areia**

##### **4.2.2.1 - Depósitos de areia fluvial**

###### **Rio Jacuí:**

As principais fontes de areia da RMPA são oriundas de ambiente fluvial. Em termos de volume, os depósitos arenosos lavrados no leito do rio Jacuí atendem a maior parcela da demanda do RS, e abastecem a Grande Porto Alegre e a região serrana (Caxias do Sul, Bento Gonçalves e arredores).

A mineração na região é realizada há décadas e compreende os trechos do baixo Jacuí que estão inseridos na região de abrangência da RMPA. A lavra é realizada principalmente através de dragas flutuantes instaladas em embarcações que possuem capacidade de carga média em torno de 600/800 m<sup>3</sup> (Figura 4.4).

As empresas de mineração que exploram areia utilizam a hidrovia do baixo Jacuí que facilita o escoamento das cargas mineradas até os centros de distribuição, que ficam ao longo dos cursos minerados e principalmente próximos à área portuária de Porto Alegre. Em 2013 o levantamento realizado pela FEPAM tinha contabilizado em torno de 100 dragas operando no baixo Jacuí, sendo as mesmas, de propriedade de prestadora de serviço ou próprias das empresas mineradoras.

O rio Jacuí possui cerca de 710 km de extensão e corresponde o maior rio do Estado do Rio Grande do Sul. As principais nascentes estão nos municípios de Passo Fundo e Marau no Planalto norte do RS, onde o rio corre inicialmente para a direção sudoeste até a Depressão Central quando recebe as águas dos rios Vacacaí-mirim e Vacacaí na margem direita. Daí toma a direção oeste-leste quando recebe a contribuição do rio Taquari na margem esquerda percorrendo cerca de 300 km até sua foz, quando forma o Delta do Jacuí, onde desembocam também os rios Gravataí, Sinos e Caí (Fepam, 2014).

O trecho minerado no baixo Jacuí é formado por depósitos arenosos compostos por uma grande variedade mineralógica devido à diversidade de áreas-fonte drenada pelos afluentes da bacia hidrográfica do rio Jacuí. A análise de minerais pesados realizadas por Machado (2011) indicou como principal área-fonte dos sedimentos as rochas do Escudo Sul-Rio Grandense, sendo as rochas do planalto (vulcânicas) e da depressão periférica (sedimentares) menos representativa como contribuintes de sedimentos. Desta forma, as distintas áreas-fontes geraram areias com uma ampla distribuição granulométrica constituindo-se uma mistura arenosa de excelente aproveitamento em vários segmentos da construção civil.

As taxas de fluxo e transporte de sedimentos no rio Jacuí foram estudadas por Hartmann et al. (2010). Numa seção do baixo Jacuí em Charqueadas foi estimada em 378 ton/hora a taxa de transporte dos sedimentos em suspensão. A variedade granulométrica dos depósitos arenosos também foi constatada, sendo observada a presença de grânulos grosseiros, e areias de variedade fina a grossa na seção do rio monitorada.

Desta maneira, é reconhecida a capacidade excepcional de transporte de sedimentos do rio Jacuí, especialmente em durante eventos de cheias da bacia hidrográfica, mas o monitoramento da dinâmica sedimentar se torna necessária para definir estratégia de mineração sustentáveis ao longo do baixo Jacuí (lavra versus reposição).

##### **4.2.2.2 - Outros depósitos fluviais (rios dos Sinos e Caí):**

A mineração de areia nos rios dos Sinos e Caí é realizada através de dragas flutuantes que executam a lavra no leito e nas barras arenosas que se formam nos meandros das drenagens (Figura 4.5). As frentes de lavra operam de forma dinâmica, pois mudam constantemente de local, já que atuam em áreas onde se forma depósitos temporários, especialmente em eventos de cheias. Os principais pontos de extração de areia ficam localizados nos cursos que cruzam os municípios de Sapiranga (Sinos) e Montenegro (Caí).

A composição mineralógica dos sedimentos arenosos dos rios dos Sinos e Caí possui características argilosas, sendo comum a extração concomitante de areia e argila no mesmo ponto de lavra.

Em termos de volume minerado, as areias oriundas dos rios Sinos e Caí atendem apenas demandas municipais próximas às áreas de origem da lavra.

##### **4.2.2.3 Depósitos de areia de planície aluvial**

As principais áreas mineradas de areia em planícies aluvionares estão localizadas ao longo dos cursos d'água das bacias hidrográficas dos rios Jacuí, Sinos, Caí e Gravataí. As lavras são realizadas através de escavações na planície aluvial dos rios e seus afluentes, e por pequenas dragas que realizam





Figura 4.3 – Mapa esquemático das principais áreas de extração de areia da RMPA. Destaque é dado às regiões do baixo Jacuí e Águas Claras, e a área de proteção ambiental do Delta do Jacuí que é protegida da atividade de mineração.





Figura 4.4 – Draga flutuante embarcada em ação no baixo Jacui. No detalhe, são observados a ponta de sucção da draga, e o sistema de peneiramento para retirada da fração cascalho da carga arenosa do leito do rio.



Figura 4.5 – Draga flutuante em ação no rio dos Sinos. No detalhe é observada a lava próxima à margem do rio.

o bombeamento de sedimentos em trechos represados das drenagens.

A mineração de areia em planícies aluviais de rios e arroios da RMPA também pode ocorrer de maneira mista com lavras de argila, já que muitos terrenos aluviais estão associados a várzeas e planícies de inundação ricas em argilas.

As principais frentes de lava estão localizadas nos municípios de Parobé e São Sebastião do Caí, sendo formadas por escavações superficiais que atingem no máximo 3,0 metros de profundidade

sendo executadas por retroescavadeiras, que por vezes, operam com sistemas de pequenas dragas quando a lava atinge níveis freáticos rasos (Figura 4.6).

A areia das planícies aluviais da RMPA possui coloração variegada (castanho avermelhado a cinza escuro) pela associação com camadas de matéria orgânica e lentes argilosas típicas de aluviões. A granulometria é também variada, em geral média, podendo chegar à grosseira.



Figura 4.6 – Lava de areia em planície aluvial da bacia do rio dos Sinos. No detalhe é observado o ponto de lava com operação de pequena draga em cava inundada.

#### 4.2.2.4 - Depósitos de areia em sistema “laguna-barreira” pleistocênicos

As jazidas de areias exploradas na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) ocorrem ao longo da litoral norte do estado, e compõem depósitos sedimentares ligados ao Sistema “Laguna-Barreira” de idade pleistocênica (2,59 Ma). As áreas mineradas na RMPA ficam localizadas no município de Viamão na região conhecida como “Coxilha das Lombas”, sendo que as lavras de areia exploradas correspondem ao sistema Laguna-Barreira I da PCRS.

Os depósitos arenosos do Sistema Laguna-Barreira I se desenvolveram na porção noroeste da planície costeira do RS, onde ocupam uma faixa com orientação NE-SW, e cobrem uma área de cerca de 150 km de extensão com largura média entre 5 a 10 km (Tomazelli et al. 2004). Os sedimentos lavrados na região são semi-consolidados, e correspondem a areias quartzosas avermelhadas de granulação fina a média muito bem arredondada.

A exploração de areia na “Coxilha das Lombas” é uma atividade recente na região, e ganhou impulso nos últimos dez anos como reserva alternativa na RMPA. Os depósitos são formados por areias de ótima qualidade para construção civil, sendo as lavras realizadas através de grandes cavas.

As lavras de areia na região são temporárias, pois constituem reservas não renováveis como no caso dos depósitos fluviais ou aluviais. As cavas são abertas inicialmente com retroescavadeiras que após atingirem o nível freático, recorrem ao auxílio de dragas flutuantes que retiram a areia dos lagos artificiais formados com o decorrer da atividade mineira (Figuras 4.7 e 4.8). Com o avanço da lavra, depois de exaurida a reserva, a área minerada deve ser recuperada e o lago (cava inundada) dada uma destinação final (econômica ou paisagística).



Figura 4.7 – Draga flutuante em ação na região de Coxilha das Lombas – Viamão. No detalhe é verificada a homogeneidade arenosa do depósito.



Figura 4.8 – Dragas flutuantes em ação nas lavras da planície costeira (Sistema Laguna-Barreira I). No detalhe é observada cava sendo minerada abaixo do nível freático.

#### 4.2.2.5 - Depósitos de areia em áreas de mineração

A extração de areia pode configurar um recurso mineral secundário em diversos tipos de lavras, representando uma alternativa de destinação para rejeitos gerados em minas a céu aberto (*open pit*).

A extração mineral a céu aberto gera o decapeamento de grandes volumes de estéril de minério em razão da retirada de espessas camadas de solo e rocha que cobrem os níveis minerados. No caso de grandes lavras que operam através do sistema *open pit*, a comercialização de volumes de estéreis configura-se uma alternativa rentável para destinação de camadas de rejeito, que antes formavam parte do passivo ambiental da lavra.

Na RMPA, as principais áreas que comercializam areia de rejeitos de mineração é a região carbonífera de Arroio dos Ratos. Nessas áreas os depósitos arenosos oriundos do decapeamento das cavas de carvão são segregados em pilhas, e após tratamento simplificado em cavas para lavagem, cargas de areia composta por granulometrias variadas são destinados à comercialização local.

#### 4.2.3 - Qualidade das Areias na RMPA

A análise das areias da RMPA foi realizada a partir da coleta de amostras representativas das principais frentes de lavra em diferentes áreas fontes. Desta maneira, foram coletas as seguintes amostras para análise granulométrica e mineralógica semiquantitativa:

- Amostra OS-73 (Depósitos de areia fluvial)
- Amostra OS-80 (Depósitos de areia em sistema “laguna-barreira”)
- Amostra OS-86 (Depósito de areia em mina de carvão)
- Amostra OS-92 (Depósitos de areia fluvial)



As amostras foram analisadas no laboratório de sedimentologia da CPRM em Porto Alegre, e seguiram procedimentos que contaram com atividade de peneiramento granulometria e análise binocular (mineralogia semiquantitativa). Os resultados das análises são apresentados nas Tabelas 4.1 e 4.2.

As escolhas dos pontos de amostragem contemplaram as principais jazidas exploradas na RMPA. Em termos de importância, a amostra OS-092 oriunda do trecho minerado do baixo Jacuí, representa a principal região fornecedora de areia do RS.

A análise da amostra OS-092 atestou que o sedimento é moderadamente selecionado contendo 91% de quartzo, 5% de feldspatos alterados e 1% de fragmentos de rocha, sendo os outros 3% composicionais formados por grãos minerais como zircão, estaurólita, anfibólio, granada entre outros. A análise granulométrica mostrou que de

acordo com a classificação Wentworth, o ponto OS-092 é formado por areia fina a média, sendo que análise morfométrica destes sedimentos indicou grãos sub-angulosos a sub-arredondados com moderada esfericidade. Estes resultados atestam a potencialidade das areias do baixo Jacuí como excelente agregado para construção civil, que aliado a suas qualidades, soma-se o fato destas jazidas estarem inseridas em região estratégica da RMPA, onde a produção mineral possui fácil escoamento pela hidrovía do baixo Jacuí. Ressalta-se, que durante o processo de lavra no rio Jacuí, a carga arenosa dragada é previamente peneirada, sendo a fração cascalho separada da carga arenosa comercializada.

Destaque nos resultados das areias da RMPA foi verificado na amostra OS-080 coletada em Águas Claras (Viamão). A areia é muito bem selecionada composta por 97% de quartzo, sendo formado por grãos arredondados e de alta esfericidade. A

Tabela 4.1 – Resultado da análise mineralógica realizada com lupa binocular.

| MINERAL (%)           | AMOSTRA                                 |                       |   |                                  |
|-----------------------|---|-----------------------|---|----------------------------------|
|                       | OS-073                                  | OS-080                | OS-086                                      | OS-92                            |
| Local da coleta       | Várzea do rio dos Sinos - Novo Hamburgo | Águas Claras - Viamão | Estéril de mina de carvão - Arroio do Ratos | Leito do rio Jacuí - Charqueadas |
| QUARTZO               | 89                                      | 97                    | 80  | 91                               |
| FELDSPATO (alterados) | 5                                       | 2                     | 18  | 5                                |
| ARGILA E SILTE        | 5                                       | <1                    | <1  | <1                               |
| ILMENITA              | -                                       | -                     | <1  | <1                               |
| LIMONITA              | -                                       | -                     | -   | 1                                |
| RUTILO                | <1                                      | <1                    | -   | <1                               |
| LEUCOXÊNIO            | -                                       | -                     | <1  | <1                               |
| MONAZITA              | <1                                      | -                     | -   | <1                               |
| ZIRCÃO                | <1                                      | <1                    | <1  | <1                               |
| TURMALINA             | <1                                      | <1                    | <1  | -                                |
| ESTAURÓLITA           | -                                       | <1                    | -   | -                                |
| EPIDOTO               | -                                       | -                     | <1  | <1                               |
| GRANADA (Almandina)   | -                                       | -                     | -   | <1                               |
| ANFIBÓLIO             | -                                       | <1                    | -   | <1                               |
| FRAG. DE ROCHA        | -                                       | -                     | 1   | 1                                |
| AGREGADO TERROSO      | -                                       | -                     | -   | 1                                |

Tabela 4.2 – Resultado da análise morfológica dos grãos realizada com lupa binocular.

| Parâmetro                     | PONTOS                                  |                        |   |  |
|-------------------------------|---|------------------------|---|--|
|                               | GP-073                                  | OS-080                 | OS-086                                      | OS-092                                 |
| Local da coleta               | Várzea do rio dos Sinos - Novo Hamburgo | Águas Claras - Viamão  | Estéril de mina de carvão - Arroio do Ratos | Leito do rio Jacuí - Charqueadas       |
| Grau de arredondamento        | Grãos sub arredondados                  | Grãos arredondados     | Grãos angulosos                             | Grãos sub angulosos a sub arredondados |
| Esfericidade                  | Alta                                    | Alta                   | Moderada                                    | Moderada                               |
| Seleção                       | Bem selecionado                         | Muito bem selecionado  | Pobremente selecionado                      | Moderadamente selecionado              |
| Classificação de Wentworth    | Areia fina/média                        | Areia média/grosseira  | Cascalho fino/areia grosseira               | Areia média/fina                       |
| Material orgânico             | Negativo                                | Negativo               | Fragmentos vegetais                         | Fragmentos vegetais e moluscos         |
| Textura superficial dos grãos | Fosca                                   | Lisa                   | Fosca                                       | Lisa                                   |
| Densidade da areia seca       | 1,54 g/cm <sup>3</sup>                  | 1,66 g/cm <sup>3</sup> | 1,59 g/cm <sup>3</sup>                      | 1,61 g/cm <sup>3</sup>                 |

classificação granulométrica atestou fração média à grossa como predominante na amostra. Com relação à concentração quartzosa das areias da região de Águas Claras, essa característica pode indicar a potencialidade para uso industrial desses sedimentos, pois bastaria um beneficiamento simplificado para elevar a porcentagem para os 98-99% de quartzo, concentração essa ideal para servir como matéria prima em vários segmentos industriais como fabricação de vidros, ácidos, fertilizantes e etc.

#### 4.2.4 - Reservas Estimadas para os Principais Depósitos de Areia na RMPA

##### Rio Jacuí

A demanda por areia da RMPA é suprida em grande parte (70%) pelas reservas existentes no leito do baixo Jacuí. A capacidade de transporte de sedimentos da bacia hidrográfica do rio Jacuí é extraordinária, e estudos sobre a dinâmica sedimentar do rio confirmaram que numa seção do baixo Jacuí localizada na região de Charqueadas, a taxa de sedimentos pode chegar a 378 m<sup>3</sup>/hora (Hartmann et al. 2010). A carga destes sedimentos é composta basicamente por silte e argila, mas parcela considerável desse material é formada por areia média a muito fina, que misturada às frações mais grossas forma os depósitos lavráveis do leito do rio.

No ano de 2010, período marcado pelo aumento da demanda por insumos para construção civil em obras de infraestrutura, vinculadas principalmente a Copa do Mundo de 2014, as principais empresas que operam com mineração no baixo Jacuí apresentaram dados de reservas cubadas ao DNPM. Neste panorama, a empresa Sociedade Mineradora LTDA – SOMAR apresentou uma avaliação de suas reservas que através de uma série de sondagens cubou em aproximadamente 75 milhões de metros cúbicos suas reservas, e que segundo estimativa do empreendedor, seriam suficientes para abastecer a RMPA por 30 anos. Cabe ressaltar, que no baixo Jacuí, operam no mínimo, mais duas empresas do porte da SOMAR, e que também controlam reservas com alta capacidade produtiva.

A dinâmica dos grandes depósitos arenosos do rio Jacuí é influenciada diretamente pelos eventos de cheias da bacia hidrográfica. Em períodos de chuvas prolongadas é nítida a mudança de turbidez e o aumento do potencial erosivo das drenagens, sendo que o rio e seus efluentes drenam extensas regiões de várzea no centro-oeste do RS. A potencialidade mineral do rio é verificada em trechos monitorados para mineração, onde depósitos lavrados que chegam a acumular 10 metros de espessura de areia são realimentados em poucos dias ou semanas, durante períodos de cheias do rio.

Durante reuniões com a FEPAM, o mesmo órgão ambiental repassou informações sobre produção de areia no rio Jacuí. Estes dados refletem o panorama da mineração de areia em 2013, e foram

relatados pelo superintendente do DNPM na época. A partir dessas informações, o volume de areia minerada seria de 7 a 8 milhões de toneladas por ano no baixo Jacuí.

##### Rios dos Sinos e Caí

As reservas de areia dos rios dos Sinos e Caí possuem expressão muito inferior aos depósitos do rio Jacuí. Em termos de volume minerado, Zanini (1998) contabilizou 20.000 m<sup>3</sup> mensais de areia minerada na época. Passado os anos, a atividade mineira não sofreu acréscimos, sendo que a produção continua a atender a demanda local dos municípios onde ocorrem a lavras.

De acordo com o levantamento realizado em 2013 durante a pesquisa de campo em depósitos minerados em rios e planícies aluviais foram contabilizados em torno 14.000 m<sup>3</sup> de areia lavrada. O decréscimo do volume minerado entre 1998 e 2013 pode estar relacionada a pouca consistência das informações repassadas pelos mineradores entrevistados na atividade de campo.

##### Depósitos de areia em sistema “laguna-barreira” Pleistocênicos

Os depósitos do sistema “laguna-barreira” começaram a ser lavrados nos últimos 15/20 anos, e estudos sobre reservas totais ainda não foram executados. Atualmente, existem em torno de 15 mineradoras operando na região, a maioria as margens da rodovia RS-040 na localidade de Águas Claras em Viamão.

As reservas ocupam uma área de cerca de 150 km de extensão com largura média entre 5 a 10 km de areia, que se estende do sul do município de Viamão cobrindo terrenos no sentido SW-NE até próximo a BR-290 em Santo Antônio da Patrulha. Cabe ressaltar, que normas ambientais para a lavra desse tipo de reserva restringe a mineração, pois são característicos desses depósitos níveis freáticos rasos nas frentes de lavra. Neste caso, órgãos ambientais restringem a lavra até 5 metros abaixo do nível freático, já que após a exaustão da reserva lavrável é inevitável o surgimento de lagoas como passivo ambiental da mineração.

##### Potencial de areia do lago Guaíba

Segundo dados do DNPM (2013), tramitam no órgão mais de 834 pedidos de Autorização para Pesquisa Mineral de areia no lago Guaíba. A elevada concentração de pedidos de pesquisa mineral neste local reflete a visão de mercado do setor de mineração de agregados que vê o lago Guaíba como um potencial fornecedor de areia do estado, e que poderia fazer frente às reservas do rio Jacuí – principal fornecedor de areia para a construção civil no RS.

Entretanto, esta potencialidade econômica também revela a existência de conflitos com as

questões ambientais, de navegabilidade e de usos no lago. A extração de areia no Guaíba foi interdita em 2003, por meio de uma ação popular movida pelo Ministério Público, em razão dos riscos trazidos pela mineração ao equilíbrio ambiental do lago. Na época, foram cassadas todas as licenças de extração de areia concedidas. O argumento usado na ação judicial é de que a extração da areia no Guaíba poderia revolver a lama tóxica depositada no fundo do lago, onde estariam presentes metais pesados e outros poluentes provenientes dos efluentes industriais e esgoto que há anos chegam ao local, captados pelas drenagens de sua bacia hidrográfica.

Diante desta discussão, a retomada da mineração de areia no Guaíba está condicionada à execução de um Zoneamento Ambiental por parte do Governo do Estado. O objetivo deste instrumento previsto em lei seria possibilitar a avaliação dos reais impactos decorrentes da mineração de areia no lago, assim como fornecer ao órgão ambiental competente as ferramentas adequadas para a gestão ambiental.

#### **4.3 - ARGILA**

A argila conceitualmente é um material inorgânico natural de granulação fina com textura terrosa formada a partir da alteração de rochas que contem feldspato. Segundo Santos (1975), as argilas são essencialmente constituídas por partículas extremamente pequenas formadas por um número restrito de minerais denominados de argilo-minerais (filossilicatos).

O termo argila também é usado na classificação granulométrica de partículas inferiores a 2 µm ou 4 µm de diâmetro, segundo as escalas Attenberg e Wentworth, respectivamente.

As jazidas de argila podem ser primárias ou secundárias, as do primeiro tipo formadas pela alteração de rochas "in situ", a partir de processos hidrotermais e/ou intempéricos sobre rochas preexistentes. As secundárias estão ligadas principalmente a ambientes fluviais (planícies aluviais) gerados pelo retrabalhamento de superfícies ricas em sedimentos inconsolidados, que são transportados por correntes aquosas e posteriormente depositados ao longo de depressões naturais (bacias de deposição/decantação).

Do ponto de vista químico são constituídos de silicatos de alumínio hidratado (filossilicatos), podendo conter outros elementos, como, ferro, magnésio, cálcio, sódio, potássio, lítio e outros. Os principais grupos de argilo-minerais são formados pela caulinita, ilita, esmectita ou montmorilonita. Os demais filossilicatos são a clorita, vermiculita e sepiolita/paligorskita.

Os argilo-minerais, em particular as caulinitas e ilitas podem apresentar graus diferentes de pureza e cristalinidade (devido à substituição isomórfica; troca catiônica) com contaminantes como quartzo

e óxidos de ferro (corantes). Assim os argilo-minerais podem diferir tanto pela composição mineralógica quantitativa e qualitativa, quanto pelas demais propriedades químicas, físicas, mecânicas e tecnológicas (Souza Santos, 1989).

A caulinita é um componente refratário quando puro (suporta altas temperaturas), podendo ser sintetizada a partir de 850°C na presença de óxidos fundentes ( $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ , e  $Fe_2O_3$ ). Já a ilita é um argilo-mineral coadjuvante desejável pela presença do fundente  $K_2O$ , sendo mais plástica que as caulinitas. No caso, das esmectitas, vermiculitas e cloritas (com Fe, Mg, Ca e K), esses são argilo-minerais indesejáveis pela alta retração a cru e pela formação de erupções à queima.

O quartzo ( $SiO_2$ ) é um mineral importante na composição das argilas, pois constitui um importante componente na carga refratária dos produtos de cerâmicas vermelhas. A matéria orgânica, que dá colorido escuro às argilas depositadas em várzeas, e desejável em proporções de até 2%, facilitando a queima e sendo eliminada sob a forma de  $CO_2$ .

Na presença de água, as argilas desenvolvem outras propriedades, tais como compactação, tixotropia (mudança de viscosidade), resistência mecânica a úmido, retração linear de secagem e viscosidade de suspensões aquosas que explicam a sua grande variedade de aplicações industriais.

Na indústria da construção civil e de cerâmica, as argilas são empregadas na produção de cerâmica vermelha, tais como tijolos, telhas, blocos, lajes, lajotas, manilhas e elementos vazados diversos. Na cerâmica branca é empregada na produção de louças sanitárias, porcelanas de mesa, porcelana elétrica, porcelana técnica e de laboratório. Na cerâmica de revestimento, para uso na confecção de azulejos, porcelanatos, ladrilhos e pastilhas. Aplica-se também em setores de cerâmicas especiais ou de alta tecnologia.

As argilas também possuem uma larga utilização nas seguintes setores da indústria: isolantes térmicos, fibras cerâmicas, refratários isolantes, produção de cimento Portland (argila pozolânica), vidro, abrasivos, agregados leves, papel, borracha, plástico, tinta, fluido de perfuração e etc.

Na área de meio ambiente as argilas têm sido amplamente utilizadas na impermeabilização de solos. Um exemplo são os projetos para implantação de aterros sanitários e industriais, onde camadas de argilas compactas são utilizadas como base construtiva em aterros de resíduos domésticos e industriais.

Para determinar o uso dos variados tipos de argila são recomendadas as seguintes análises e/ou ensaios: análise química – determina a composição química da argila; análise granulométrica – determina a variação dos tamanhos de grãos e quantidade de partículas presentes; análise mineralógica – avaliação semi-quantitativa por difratometria de raio x dos



minerais presentes e o ensaio cerâmico – determina as propriedades físicas como contração linear, tensão de ruptura a flexão, absorção de água, porosidade aparente, massa específica e perda ao fogo.

A determinação dos usos das argilas na indústria cerâmica depende de ensaios tecnológicos que são normatizadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que reúnem as principais NBR aplicadas a argilas na construção civil:

|           |  |
|-----------|--|
| NBR 7218  | Agregados - Determinação de teor de argilas em torrões e materiais friáveis                |
| NBR 46    | Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm por lavagem   |
| NBR 15310 | Amostragem - Componentes cerâmicos - Telhas - terminologia, requisitos e métodos de ensaio |
| NBR 13818 | Placas cerâmicas para revestimento – especificações e métodos de ensaios                   |
| NBR 13817 | Placas cerâmicas para revestimento – classificação   |
| NBR 7220  | Impurezas orgânicas  |
| NBR 7217  | Granulometria  |
| NBR 7180  | Solo - Determinação do limite de plasticidade  |

O controle de qualidade das argilas é importantíssimo para a formulação da massa que compõe o “mix” argiloso utilizado na indústria cerâmica. O carácter heterogêneo das argilas deve ser identificado nos ensaios tecnológicos para que argilas de alta qualidade não sejam utilizadas em cerâmicas de baixo valor agregado, fato que constitui enorme fonte de desperdício. Desta maneira, a caracterização da matéria prima se impõe ao empirismo da tradição cerâmica para um melhor desempenho produtivo refletindo em lucratividade para a indústria.

#### 4.3.1 - Jazidas de argila

Na RMPA as principais jazidas de argila estão localizadas em planícies aluviais nas várzeas dos rios dos Sinos e Gravataí. No rio dos Sinos, os trechos minerados cortam os municípios de Novo Hamburgo, Sapiranga, Campo Bom e Araricá. Já no rio Gravataí, as áreas mineradas estão concentradas no município de mesmo nome. Essas regiões reúnem as principais olarias da RMPA, que utilizam argilas como matéria prima na indústria cerâmica para produção de tijolos maciços e furados, telhas diversas, blocos vazados e pisos coloniais.

Algumas lavras importantes de argila da RMPA estão localizadas em unidades sedimentares, e derivam do intemperismo de rochas da Bacia do Paraná. Essas jazidas podem configurar potencial para argilas nobres, pois possuem grau de pureza maior com relação à argilo-minerais se comparados a depósitos argilosos encontrados em planícies aluviais.

Com o objetivo de descrever as áreas fontes de argila da RMPA, as jazidas foram subdivididas em grupos que compõem os principais pontos de lavras em atividade.

- Argilas de colúvios e planícies aluviais das bacias dos rios dos Sinos, Caí e Gravataí;
- Argilas de solo residual;
- Argilas derivadas de rochas sedimentares da Bacia do Paraná.

##### 4.3.1.1 - Depósitos de argilas em colúvios e planícies aluviais

Os principais depósitos de argilas lavrados em colúvios e planícies aluviais da RMPA estão localizados nas áreas de encosta e várzea das bacias hidrográficas dos rios dos Sinos e Gravataí (Figuras 4.9 e 4.10). No caso do vale do rio Caí, que constitui o principal polo cerâmico (telhas e tijolos) do RS, a demanda por matéria prima é suprida por depósitos argilosos localizados nos cursos médio e alto da bacia situados fora da RMPA, na região que compreende os municípios de São Sebastião do Caí e Bom Princípio.

As áreas exploradas ao longo do curso baixo e médio do rio dos Sinos abrangem os municípios de Parobé, Sapiranga, Campo Bom, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Sapucaia do Sul, onde os depósitos se caracterizam por argilas de coloração variando de castanho-amarelado a cinza-escura, por vezes com tons cinza e escuro, de plasticidade média a alta, constituindo camadas com espessura de dois a três metros (Zanini, 1998).

No rio Gravataí, os depósitos de argila com potencialidade para cerâmica vermelha ocorrem no curso baixo do rio, nos trechos de várzea que cortam os municípios de Gravataí e Alvorada. São depósitos originados através do retrabalhamento sobre terrenos sedimentares da Bacia do Paraná, leques aluviais recentes e provenientes em menor escala da erosão e intemperismo de rochas graníticas.

Figura 4.9 – Vista geral das lavras de argila para cerâmica vermelha na planície aluvial do rio dos Sinos na localidade de Barrinha no município de Campo Bom. Local: Barrinha. Município: Campo Bom Ponto GP-50.





Figura 4.10 – Depósito de argila para cerâmica vermelha na localidade de Barrinha no município de Campo Bom. Local: Barrinha. Município: Campo Bom. Ponto GP-50.

Em comparação ao rio dos Sinos, a ocorrência de lavras de argila no rio Gravataí é muito inferior em razão da ocupação urbana e pela atividade de plantio de arroz que ocupa grandes extensões da várzea do rio.

#### 4.3.1.2 - Argilas de solo residual

Segundo Zanini *et al.* (1994), levantamentos geológicos e pedológicos realizados no município de Parobé, permitiram a identificação de áreas com ocorrências de argilas residuais com possibilidade para uso em cerâmica vermelha. As argilas residuais têm sua origem relacionada a solos derivados de rochas vulcânicas alteradas da Formação Serra Geral (Basaltos - Fácies Gramado), e tem ocorrências distribuídas em porções elevadas de morros-testemunhos (bordas de platô).

As áreas mais relevantes situam-se na região do Salto na região norte da RMPA em alguns morros-testemunhos próximos da cidade de Parobé e na extremidade sul do município nas localidades de Pinhal e Morro Negro.

Os depósitos de argilas residuais são constituídos por solos do tipo Podzólico Vermelho-Escuro ou Terra Roxa Estruturada, ambos desenvolvidos sobre o substrato de rocha basáltica ou na interface destes depósitos com os arenitos eólicos (Zanini *et al.* 1994).

#### 4.3.1.3 - Argilas de Rochas Sedimentares da Bacia do Paraná

Na RMPA, os depósitos argilosos presentes em rochas sedimentares da Bacia do Paraná constituem importantes jazidas de argila primária. As unidades sedimentares com maior potencial mineral pertencem a Formação Rio Bonito (Grupo Guatá) e ao Sub-grupo Estrada Nova e a Formação Rio do Rasto (Grupo Passo Dois) que afloram na porção leste-oeste região.

A Formação Rio Bonito (Grupo Guatá) ocorre próximo às divisas dos municípios de Porto Alegre, Viamão, Alvorada, e Gravataí na região central da RMPA, e ao longo região carbonífera de Arroio dos Ratos na porção oeste. No caso das jazidas de argila presentes no Sub-grupo Estrada Nova e Formação Rio do Rasto (Grupo Passo Dois), as lavras exploradas ocorrem principalmente na região de Gravataí, mas as ocorrências dessas unidades se prolongam na região oeste da RMPA entre os municípios de Nova Santa Rita, Triunfo e Montenegro.

As ocorrências de argila na Formação Rio Bonito são comuns na forma de lentes métricas descontínuas, por vezes, configurando camadas que podem chegar a 2 metros de espessura, assim como verificado em depósitos lavrados na região de Arroio dos Ratos (Figura 4.11). Neste caso, as argilas estão associadas a jazidas de carvão exploradas da Formação Rio Bonito, e constituem subproduto da lava carbonífera.

O trabalho de segregação das camadas argilosas presentes nos rejeitos de carvão configura-se uma estratégia rentável para as mineradoras da região de Arroio dos Ratos e arredores. A natureza primária das argilas pode representar um caráter mais puro em argilo-minerais nos depósitos, característica essa, importante para cerâmicas de maior valor agregado (cerâmica branca). Na região de Alvorada são lavradas camadas de argila para cerâmica de porcelanato em depósitos da Formação Rio Bonito (Figura 4.12). Nesse município não ocorre camadas lavráveis de carvão, sendo a argila o principal bem mineral explorado na unidade.

As argilas presentes em rochas do Sub-grupo Estrada Nova e Formação Rios do Rasto possuem potencialidades para fabricação de cerâmica vermelha, sendo que as principais lavras no município de Gravataí ocorrem nessas unidades. Os depósitos de argilas são encontrados principalmente nas localidades de Rincão Madalena, Passo Fundo e Costa do Ipiranga na região norte do município. Os pacotes argilosos são caracterizados por camadas tabulares de argilitos, podendo gradar a siltitos argilosos de coloração avermelhada a rósea, com porções amareladas e esverdeadas. O conjunto de camadas apresenta fina estratificação plano-paralela, com ritmicidade e aspecto bandeado com espessura variando de 5 a 10 metros (Zanini *et al.* 1998) (Figuras 4.13, 4.14, 4.15 e 4.16).

#### 4.3.2 - Qualidade das Argilas

A análise das argilas foi baseada nos principais ensaios tecnológicos empregadas para testar a qualidade de matérias-primas usadas na indústria cerâmica. A determinação das características dos argilo-minerais define o melhor aproveitamento deste insumo, fato que influencia na valorização do produto de final.





Figura 4.11 – Mina de carvão a céu aberto em Arroio dos Ratos. No detalhe é observada as camadas de argila e areia (rejeitos) na frente de lavra local. A camada de carvão é visualizada em pequena trincheira.



Figura 4.12 – Frente de lavra de argila em Alvorada (Formação Rio Bonito).



Figura 4.14 – Frente de lavra de argila para cerâmica vermelha com espessura em torno de 3,0 metros em Costa do Ipiranga no município de Gravataí.



Figura 4.13 – Vista geral da frente de lavra de argila em Costa do Ipiranga no município de Gravataí.



Figura 4.15 – Frente de lavra de argila para cerâmica vermelha com espessura em torno de 3,0 metros em Rincão da Madalena no município de Gravataí.





Figura 4.16 – Frente de lavra de argila para cerâmica vermelha próxima a olaria em Rincão da Madalena no município de Gravataí.

Desta maneira foram realizadas as seguintes análises para as argilas coletas na RMPA:

- Análise química por espectrometria e fluorescência de raios X e espectrometria de absorção atômica
- Determinação das fases cristalinas por difração de raios X
- Determinação da porosidade em placa cerâmica
- Caracterização física (umidade, retração de queima, absorção de água, densidade aparente - queimado, resistência à flexão – queimado e plasticidade - 800°C).
- Determinação da cor de queima (800°C, 850°C e 950°C).

A escolha dos locais de coleta contemplou as principais jazidas de argila exploradas na RMPA, sendo amostradas argilas em diferentes ambientes deposicionais (Figura 4.17). Foram coletadas amostras de depósitos primários (argilas derivadas de rochas sedimentares) e depósitos secundários (argilas provenientes de planícies aluviais).

As análises de argila foram realizadas no Laboratório de Desenvolvimento e Caracterização de Materiais – LDCM do Centro de Tecnologia de Materiais do SENAI de Criciúma-SC.

Para a caracterização das argilas da RMPA foram coletadas seis amostras:

- Amostra GP-016 (Depósito colúvio-aluvionar – Gravataí)
- Amostra GP-020 (Depósito colúvio-aluvionar – Gravataí)
- Amostra GP-027 (Depósito colúvio-aluvionar – Gravataí)
- Amostra GP-028 (Formação Rio do Rastro – Gravataí)
- Amostra GP-081 (Formação Rio Bonito – Alvorada)

- Amostra GP-086 (Formação Rio Bonito – Arroio dos Ratos)

Os resultados analíticos das argilas são apresentados nas tabelas a seguir, e compõem as principais análises para caracterização tecnológica de matéria prima utilizada em indústria cerâmica.

#### 4.3.3 - Resultados das Análises das Argilas

Os resultados das análises químicas das argilas da RMPA apresentaram uma associação de argilo-minerais coerentes com as áreas fontes do insumo, sendo o conjunto das fases cristalinas das amostras correlacionado com fontes de argilas primárias (“in situ”) e secundárias (sedimentares) presentes na região.

As amostras dos pontos GP-016, GP-020 e GP-027 apresentam teores de argilo-minerais e quartzo relacionados a reservas argilosas secundárias pertencentes à depósitos colúvio-aluvionares, no caso, da bacia hidrográfica do rio Gravataí. Nos pontos GP-020 e GP-027, os resultados são semelhantes, e apresentam teores de quartzo, caulinita e illita muito parecidos em porcentagem (Tabela 4.3 e Figura 4.18). No caso da amostra GP-016, ocorreu um decréscimo de quartzo e aumento de caulinita.

O ponto GP-028 localizado no município de Gravataí, e pertencente à Formação Rio do Rastro, esta amostra foi que apresentou maior concentração de illita em comparação ao restante das amostras coletadas.

Com relação às amostras OS-081 e OS-086, os dois pontos de amostragem estão localizados em áreas da Formação Rio Bonito, e constituem argilas derivadas de rochas sedimentares. Devido às características “in situ” das amostras, as argilas coletadas apresentaram altos teores de argilo-minerais, em especial a caulinita que compõe mais de 60% das fases cristalinas das duas amostras (Tabela 4.3 e Figura 4.18), sendo que somado as concentrações de illita, as mesmas amostras chegam a concentrar mais de 70% de argilo-minerais.

Os altos teores de óxidos de alumínio ou alumina ( $Al_2O_3$ ) nas amostras OS-081 e OS-086 (Tabela 4.4) confirma a maior concentração de argilo-minerais nessas amostras (caulinita e illita). As duas amostras possuem respectivamente 28,87% e 27,98% de  $Al_2O_3$ , que aliado aos baixos teores de óxidos de ferro ( $Fe_2O_3$ ), indica sua aplicação para cerâmica branca (produto cerâmico nobre). Essa indicação foi confirmada com ensaios de queima (800, 850 e 950°C), que apresentaram coloração branca para amostra OS-081, e creme-claro para a amostra OS-086 para as três temperaturas analisadas (Tabela 4.4).

Nas amostras GP-016, GP-020, GP-027 e GP-028 foram verificados baixos teores de óxidos de alumínio se comparados às amostras OS-081 e OS-086, mas com relação aos teores de óxidos de ferro, as mesmas amostras apresentaram as maiores concentrações, característica que se refletiu nos testes de queima, pois todas as amostras apresentaram “cor de telha” (marrom avermelhado) após ensaio (Tabela 4.5).



Figura 4.17 – Mapa esquemático das principais áreas de extração de argila da RMPA. Destaque é dado às regiões de Arroio dos Ratos, Alvorada e Gravataí.



Tabela 4.3 – Classificação mineralógica por difração de raios X (porcentagem). O equipamento utilizado no ensaio é um Difratômetro Bruker – D8 com goniômetro theta – theta. A radiação é Ka em tubo de cobre nas condições de 40kV e 40mA. A velocidade e o intervalo de varredura do goniômetro são 1 grama de pó a 1 segundo para 0,02° do goniômetro de 2° a 72° 2 theta, respectivamente.

| Ponto | Fases Cristalinas por Difração de Raios X |           |       |             |          |            |
|-------|---|-----------|-------|-------------|----------|------------|
|       | Quartzo                                   | Caulinita | Ilita | Microclínio | Hematita | Acessórios |
| GP016 | 25,33                                     | 45,45     | 19,25 | -           | 9,76     | 0,21       |
| GP020 | 44,2                                      | 35,34     | 15,87 | -           | 0,9      | 3,69       |
| GP027 | 38,18                                     | 31,96     | 11,81 | 13,03       | 4,26     | 0,76       |
| GP028 | 38,93                                     | 9,38      | 39,62 | -           | 1,27     | -          |
| OS081 | 23,75                                     | 69,57     | 7,5   | -           | -        | -          |
| OS086 | 19,04                                     | 62,46     | 18,87 | -           | -        | 0,63       |

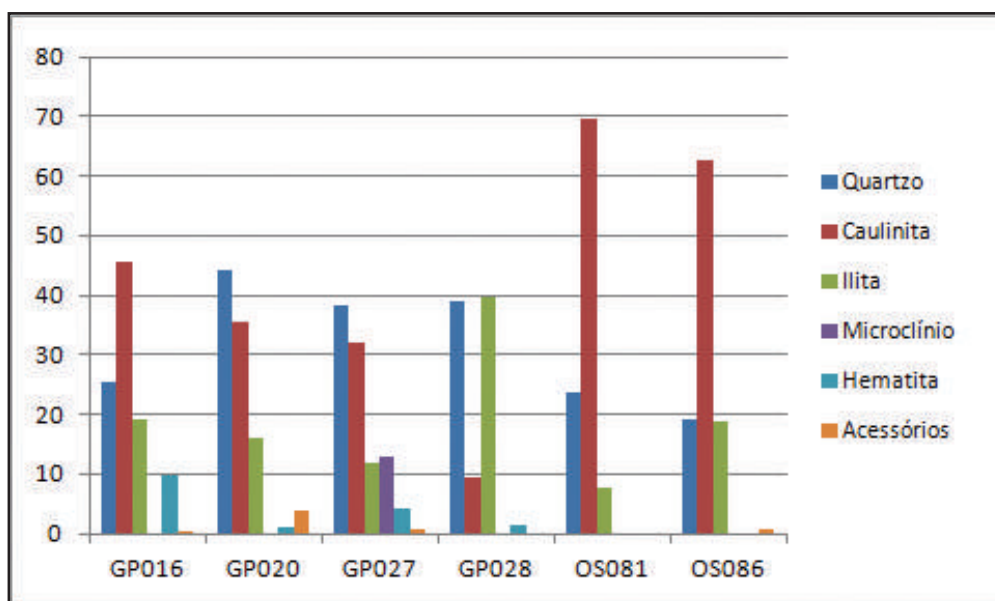


Figura 4.18 – Histograma com resultados da classificação mineralógica.

Tabela 4.4 – Resultados da análise química em teor de porcentagem para óxidos.

| Ponto | Análise Química por Espectrometria de Fluorescência de Raios X e Espectrometria de Absorção Atômica |       |                                |                  |       |       |                   |                               |                  |                  |      |
|-------|---|-------|--------------------------------|------------------|-------|-------|-------------------|-------------------------------|------------------|------------------|------|
|       | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | CaO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | K <sub>2</sub> O | MgO   | MnO   | Na <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | LOI  |
| GP016 | 21,52   | 0,07  | 9,76                           | 1,54             | 0,95  | 0,14  | <0,05             | 0,08                          | 57,25            | 0,97             | 7,69 |
| GP020 | 16,9  | <0,05 | 5,37                           | 1,27             | 0,72  | <0,05 | 0,09              | <0,05                         | 69,52            | 0,72             | 5,32 |
| GP027 | 17,2  | 0,17  | 4,26                           | 3,15             | 1,38  | 0,14  | 0,1               | 0,07                          | 68,1             | 0,57             | 4,87 |
| GP028 | 15,3  | 0,07  | 4,71                           | 3,17             | 0,83  | 0,11  | 0,32              | 0,1                           | 70,5             | 0,63             | 4,11 |
| OS081 | 28,87   | <0,05 | 0,73                           | 0,6              | <0,05 | <0,05 | 0,09              | <0,05                         | 60,3             | 1,12             | 8,23 |
| OS086 | 27,98   | 0,26  | 1,52                           | 1,43             | 0,29  | <0,05 | 0,13              | 0,06                          | 58,09            | 1,06             | 9,18 |

Tabela 4.5 – Determinação da cor de queima em diferentes temperaturas. Parâmetros de ensaio: Moagem a úmido / Resíduo de moagem: 0,75% em # 325 mesh (45 um) / Umidade de compactação: 7 % / Pressão de compactação: 250 kgf/cm<sup>2</sup> / Ciclo de queima: 120 min.

| Ponto | Temperatura (°C) / Cor de queima |              |              |
|-------|----------------------------------|--------------|--------------|
|       | 800                              | 850          | 950          |
| GP016 | Cor de telha                     | Cor de telha | Cor de telha |
| GP020 | Cor de telha                     | Cor de telha | Cor de telha |
| GP027 | Cor de telha                     | Cor de telha | Cor de telha |
| GP028 | Cor de telha                     | Cor de telha | Cor de telha |
| OS081 | Branco                           | Branco       | Branco       |
| OS086 | Creme claro                      | Creme claro  | Creme claro  |

Os resultados de porosidade não variaram muito nas amostras analisadas, sendo que os valores ficaram em torno de 30% para todos os pontos amostrados (Tabela 4.6). Desta maneira, foi verificado que tanto as argilas primárias como secundárias apresentam características similares para porosidade.

A distribuição granulométrica a úmido de todas as argila coletadas RMPA apresentaram altas concentrações de sedimentos finos compostos por frações silte e argila (<63 µm). Os resultados são apresentados na Tabela 4.7 e Figura 4.19, sendo possível verificar uma proporção maior de finos nas argilas primárias representadas pelas amostras OS-081 e OS-086 (99,3% e 96,1% respectivamente).

Tabela 4.6 – Resultados de porosidade. Equipamentos utilizados: Balança 30000g CS-416; balança 500g CS-348; termohigrômetro CS-443.

| Ponto | Porosidade(%) |
|-------|---------------|
| GP016 | 34,5          |
| GP020 | 37            |
| GP027 | 31,1          |
| GP028 | 31,7          |
| OS081 | 31,3          |
| OS086 | 27,3          |

As massas cerâmicas para a produção de tijolos e telhas em geral necessitam respectivamente de 20-30% e 30-40% de fração argila na sua composição (Pracidelli et al. 1997). Desta maneira, todas as amostras coletadas na RMPA atendem as especificações para produção de produtos cerâmicos simples, sendo necessária a adição de frações mais grosseiras a “mistura” granulométrica para o processamento cerâmico.

Os resultados dos ensaios para a caracterização física das argilas são apresentados na Tabela 4.8. Para a realização dos ensaios foram utilizados 2 kg de massa argilosa bruta, que após tratamento previo para confecção de corpo-de-prova, foram utilizados para testes em três temperaturas de queima (800°C, 850°C e 950°C).

O teste de umidade foi realizado apenas para temperatura de 800°C. As argilas secundárias (colúvio-aluvionar) formadas pelas amostras GP-016, GP-020 e GP-027 apresentaram os maiores teores de umidade após a queima com 3,10/2,30/2,60%. As demais amostras GP-028, OS-081 e OS-086 (argila de bacia sedimentar) apresentaram os menores valores de 1,70/1,00/1,90% respectivamente.

O ensaio de retração de queima é determinada com base na variação dimensional (comprimento) dos corpos-de-prova após a queima. Os resultados indicaram que com aumento da temperatura de

Tabela 4.7 – Resultados da distribuição granulométrica a úmido.

| Ponto | Abertura da peneira/Retido (%) |                         |                        |                         |                        |                     |
|-------|--------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
|       | # 16 Mesh (> 1000 µm)          | # 32 Mesh (500-1000 µm) | # 60 Mesh (250-500 µm) | # 115 Mesh (125-250 µm) | # 250 Mesh (63-125 µm) | # 250 Mesh (<63 µm) |
| GP016 | 0,2                            | 1,2                     | 2,9                    | 3,6                     | 8                      | 84,1                |
| GP020 | 0,3                            | 0,1                     | 0,6                    | 2,8                     | 4,1                    | 92,1                |
| GP027 | 0,3                            | 0                       | 0,1                    | 1,2                     | 7,4                    | 90,9                |
| GP028 | 0,2                            | 0,2                     | 2,4                    | 5,1                     | 12,3                   | 79,8                |
| OS081 | 0                              | 0                       | 0                      | 0,3                     | 0,4                    | 99,3                |
| OS086 | 0,1                            | 0,5                     | 0,9                    | 0,6                     | 1,2                    | 96                  |

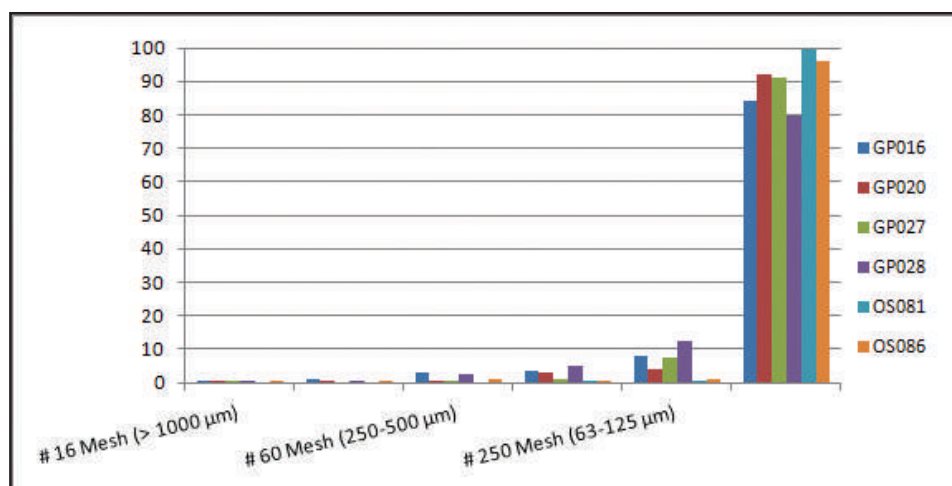


Figura 4.19 – Histograma com resultados de granulometria da Tabela 4.7.

queima ocorreu um aumento da retração linear das amostras (GP-016, GP-020, OS-081 e OS-086). Nas amostras GP-027 e GP-028 ocorreram valores negativos para a temperatura de queima de 800°C, resultados que caracterizam expansão do corpo-de-prova, mas com aumento da temperatura (850°C e 950°C), a tendência foi de aumento da retração nessas amostras. Com relação aos resultados de absorção de água foi verificada a tendência de diminuição dos valores com aumento da temperatura dos ensaios. De acordo com NBR-15270, os valores de absorção de água para blocos cerâmicos fica no intervalo de 8-22%, no caso das amostras analisadas, apenas a GP-020 apresentou valores superior à norma (23,9%).

A resistência à flexão é um ensaio importante para testes cerâmicos, sendo que em razão da atuação dos mecanismos de sintetização ocorrido em altas temperaturas de queima, verifica-se a diminuição da absorção de água e porosidade, fato que melhora as propriedades mecânicas do corpo-de-prova.

Para as amostras analisadas, os melhores resultados foram verificados na temperatura de 950°C, pois nessas condições os corpos-de-prova adquiriram melhor resistência à flexão. Segundo Santos (1989) os valores de referência cerâmica para tijolos, blocos e telhas são respectivamente 20, 55 e 65 kgf/cm<sup>2</sup>. Apenas a amostra OS-081 não atingiu os valor de referência de blocos e telhas, já para o restante das amostras analisadas verificou-se ótimos desempenhos com valores entre 95 e 136 kgf/cm<sup>2</sup>.

A determinação da plasticidade é fundamental, pois que define os parâmetros técnicos necessários para converter a matéria prima em produto cerâmico com dada geometria. Para definir a plasticidade das amostras coletadas foram utilizados os limites líquidos - LL (NBR-6459), limites plásticos - LP (NBR-7180) e os índices de plasticidades - IP (NBR-7180). De acordo com as normas mencionadas, os intervalos para cerâmica vermelha são: LL (30%-60%); LP (15-30%) e IP (10-30%). A comparação entre os resultados das amostras coletas na RMPA, e os limites de referência, verifica-se que os valores obtidos estão dentro dos intervalos de LL, LP e IP empregados para cerâmica vermelha.

#### **4.3.4 - Reservas Estimadas para os Principais Depósitos de Argila da RMPA**

Na RMPA, as principais reservas de argila estão localizadas em planícies aluviais nas várzeas dos rios dos Sinos e Gravataí. As jazidas são exploradas nas planícies aluviais desses rios, e atendem principalmente as olarias para cerâmica vermelha, instaladas na região.

Os principais trechos minerados no rio dos Sinos e Caí compreendem camadas descontínuas de argila, que se formam principalmente em eventos de cheias quando os rios extravasam seu leito depositando sedimentos finos em regiões de

baixadas (várzeas) localizados em meandros e zonas alagadiças das drenagens. Destaque na mineração de argila para cerâmica vermelha são as lavras que compreende os trechos entre os municípios de Parobé a Novo Hamburgo no rio dos Sinos, e o município de Gravataí no rio de mesmo nome.

Com relação a dados reservas, poucas ou nenhuma informação é dada pelos empreendedores (olarias ou mineradoras), que realizam a lavra de forma empírica escavando os terrenos de interesse com auxílio de retroescavadeiras. De modo geral, as camadas de argila afloram após a retirada do horizonte orgânico de solo que capeia os depósitos. As camadas argilosas exploráveis possuem espessuras médias de 6 a 10 metros, e são descontínuas ocorrendo junto a camadas arenosas. Como os depósitos ficam próximos às drenagens, a tendência é a ocorrência de níveis rasos do lençol freático, fato que ocasiona o alagamento das cavas nas frentes de lavra limitando a extração.

As argilas derivadas do intemperismo de rochas da Formação Rio Bonito (Bacia do Paraná) são jazidas que podem configurar potencial para argilas nobres, pois possuem grau de pureza maior com relação à argilo-minerais se comparados a depósitos argilosos encontrados em planícies aluviais. As reservas deste tipo na RMPA são pouco conhecidas, mas o potencial foi testado em duas lavras com ensaios de laboratório para cerâmica. Os melhores resultados para cerâmica nobre foram obtidos com amostra coletada na localidade de Tijuca em Alvorada. O ponto é uma lavra de pequeno porte, e segundo o empreendedor, parte de sua produção de argila tem como destinação as indústrias cerâmicas de Santa Catarina. Cabe ressaltar, que na mesma lavra ocorrem camadas de argila vermelha, que destina-se a atender demandas locais de olarias.

Em Arroio dos Ratos, as reservas de argila associada às camadas de carvão da Formação Rio Bonito também foram estudadas no projeto. A empresa mineradora durante a visita de campo informou que existem reservas inferidas de argila na ordem de 10.000.000 m<sup>3</sup> na jazida de carvão explorada na região.

Com relação ao volume das reservas de argila em Alvorada e arredores, seria preciso realizar estudos aprofundados com sondagens na região, pois a Formação Rio Bonito é afetada por falhamentos em toda área de ocorrência da unidade, fato esse, que limita a continuidade lateral das camadas ricas em argilas.

## **4.4 - BRITA**

### **4.4.1 - Definição e Aplicações**

A brita ou pedra britada é um bem mineral que pode ser constituído de vários tipos de materiais rochosos, disponíveis nos locais de extração e caracteriza-se como um material que, depois de sofrer



Tabela 4.8 – Resultados da análise geotécnica para cerâmica. Parâmetros de ensaio: Moagem à úmido / Resíduo de moagem: 0,75% em # 325 mesh (45 um) / Umidade de compactação: 7 % / Pressão de compactação: 250 kgf/cm<sup>2</sup> / Ciclo de queima: 120 min.

| Ensaio  | Amostra (800°C)      |                      |                      |                      |                      | Amostra (850°C)      |                      |                      |                      |                      | Amostra (950°C)      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |       |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|
|   | GP016                | GP020                | GP027                | GP028                | OS081                | OS086                | GP016                | GP020                | GP027                | GP028                | OS081                | OS086                | GP016                | GP020                | GP027                | GP028                | OS081                | OS086 |
| Resíduo bruto #325 mesh (Método: Peneiramento/PR-CC-090)              | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -     |
| Umidade (Método: Gravimetria/PR-CC-087)                               | 3,10%                | 2,30%                | 2,60%                | 1,70%                | 1,00%                | 1,90%                | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -     |
| Imantáveis (Método: Gravimetria/PR-CC-089)                            | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -     |
| Absorção em óleo (Método: Gravimetria/PR-CC-080)                      | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -     |
| Expansão de conformação (Método: Dimensional/PR-CC-086)               | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -     |
| Retração de secagem (Método: Dimensional/PR-CC-086)                   | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -     |
| Retração de queima (Método: Dimensional/PR-CC-086)                    | 0,50%                | 0,30%                | -0,30%               | -0,30%               | 0,80%                | 0,40%                | 0,90%                | 0,40%                | 0,00%                | -0,20%               | 1,50%                | 2,30%                | 1,40%                | 1,20%                | 1,00%                | 1,90%                | 1,50%                |       |
| Retração total (Método: Dimensional/PR-CC-086)                        | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -     |
| Absorção de água (Método: Gravimetria/PR-CC-078)                      | 21,40%               | 23,90%               | 19,20%               | 18,90%               | 19,30%               | 17,20%               | 20,00%               | 22,00%               | 18,20%               | 18,60%               | 15,90%               | 19,40%               | 21,00%               | 16,70%               | 17,40%               | 18,60%               | 15,90%               |       |
| Coração negro (Método: Análise visual/PR-CC-088)                      | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -     |
| Densidade aparente – Cru (Método: Imersão em mercúrio/PR-CC-083)      | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -     |
| Densidade aparente – Seco (Método: Imersão em mercúrio/PR-CC-083)     | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -     |
| Densidade aparente – Queimado (Método: Imersão em mercúrio/PR-CC-083) | 1,7g/cm <sup>3</sup> | 1,6g/cm <sup>3</sup> | 1,8g/cm <sup>3</sup> | 1,8g/cm <sup>3</sup> | 1,7g/cm <sup>3</sup> | 1,8g/cm <sup>3</sup> | 1,7g/cm <sup>3</sup> | 1,7g/cm <sup>3</sup> | 1,8g/cm <sup>3</sup> | 1,8g/cm <sup>3</sup> | 1,9g/cm <sup>3</sup> | 1,8g/cm <sup>3</sup> | 1,7g/cm <sup>3</sup> | 1,8g/cm <sup>3</sup> | 1,8g/cm <sup>3</sup> | 1,8g/cm <sup>3</sup> | 1,9g/cm <sup>3</sup> |       |

Tabela 4.8 – Resultados da análise geotécnica para cerâmica. Parâmetros de ensaio: Moagem à úmido / Resíduo de moagem: 0,75% em # 325 mesh (45 um) / Umidade de compactação: 7 % / Pressão de compactação: 250 kgf/cm<sup>2</sup> / Ciclo de queima: 120 min. (continuação)

| Ensaio  | Amostra (800°C)      |                      |                      |                      |                      | Amostra (850°C)      |                      |                      |                      |                      | Amostra (950°C)       |                       |                      |                       |                       |                      |                       |       |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------|
|   | GP016                | GP020                | GP027                | GP028                | OS081                | OS086                | GP016                | GP020                | GP027                | GP028                | OS081                 | OS086                 | GP016                | GP020                 | GP027                 | GP028                | OS081                 | OS086 |
| Índice de piroplasticidade (Método: Dimensional/PR-CC-093)                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -     |
| Resistência à flexão – Cru (Método: Flexão 3 pontos/PR-CC-085)                | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -     |
| Resistência à flexão – Seco (Método: Flexão 3 pontos/PR-CC-085)               | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -     |
| Resistência à flexão – Queimado (Método: Flexão 3 pontos/PR-CC-085)           | 5,6N/mm <sup>2</sup> | 3,6N/mm <sup>2</sup> | 4,3N/mm <sup>2</sup> | 3,3N/mm <sup>2</sup> | 2,5N/mm <sup>2</sup> | 5,0N/mm <sup>2</sup> | 8,7N/mm <sup>2</sup> | 5,2N/mm <sup>2</sup> | 7,3N/mm <sup>2</sup> | 4,8N/mm <sup>2</sup> | 13,4N/mm <sup>2</sup> | 12,3N/mm <sup>2</sup> | 9,4N/mm <sup>2</sup> | 12,8N/mm <sup>2</sup> | 10,2N/mm <sup>2</sup> | 4,2N/mm <sup>2</sup> | 13,4N/mm <sup>2</sup> |       |
| Coefficiente de plasticidade (Método:Pfefferkorn/PR-CC-093)                   | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -     |
| Fusibilidade – Altura final (Método: Dimensional – Cone de fusão/PR-CC-077)   | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -     |
| Fusibilidade – Diâmetro final (Método: Dimensional – Cone de fusão/PR-CC-077) | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -     |
| Plasticidade – Limite líquido (NBR 6459/84) (Método: Casagrande/PR-CC-092)    | 30,80%               | 41,50%               | 35,20%               | 33,00%               | 30,30%               | 41,60%               | -                    | -                    | -                    | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -     |
| Plasticidade – Limite plástico (NBR 7180/84) (Método: Casagrande/PR-CC-092)   | 19,40%               | 20,10%               | 15,80%               | 13,70%               | 15,80%               | 15,10%               | -                    | -                    | -                    | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -     |
| Plasticidade – Índice plástico (NBR 7180/84) (Método: Casagrande/PR-CC-092)   | 11,40%               | 21,40%               | 19,30%               | 19,30%               | 14,50%               | 26,40%               | -                    | -                    | -                    | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -                     | -                    | -                     | -     |

Tabela 4.8 – Resultados da análise geotécnica para cerâmica. Parâmetros de ensaio: Moagem à úmido / Resíduo de moagem: 0,75% em # 325 mesh (45 µm) / Umidade de compactação: 7 % / Pressão de compactação: 250 kgf/cm<sup>2</sup> / Ciclo de queima: 120 min. (continuação)

| Ensaio / Ponto / Temperatura  | 800°C                    | 850°C                    | 950°C                     | 800°C                    | 850°C                  | 950°C                    | 800°C                    | 850°C                    | 950°C                     | 800°C                    | 850°C                    | 950°C                   |                          |                          |                          |                          |                           |                           |                           |
|---|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|   | GP016                    | GP016                    | GP016                     | GP020                    | GP020                  | GP020                    | GP027                    | GP027                    | GP027                     | GP028                    | GP028                    | GP028                   | OS081                    | OS081                    | OS081                    | OS086                    | OS086                     | OS086                     |                           |
| Umidade (Método: Gravimetria/PR-CC-087)                                     | 3,10%                    | -                        | -                         | 2,30%                    | -                      | -                        | 2,60%                    | -                        | -                         | 1,70%                    | -                        | -                       | 1,00%                    | -                        | -                        | 1,90%                    | -                         | -                         |                           |
| Retração de queima (Método: Dimensional/PR-CC-086)                          | 0,50%                    | 0,90%                    | 2,30%                     | 0,30%                    | 0,40%                  | 1,40%                    | -0,30%                   | 0,00%                    | 1,20%                     | -0,30%                   | -0,20%                   | 1,00%                   | 0,80%                    | 0,90%                    | 1,90%                    | 0,40%                    | 1,50%                     | 1,50%                     |                           |
| Absorção de água (Método: Gravimetria/PR-CC-078)                            | 21,40%                   | 20,00%                   | 19,40%                    | 23,90%                   | 22,00%                 | 21,00%                   | 19,20%                   | 18,20%                   | 16,70%                    | 18,90%                   | 18,60%                   | 17,40%                  | 19,30%                   | 19,90%                   | 18,60%                   | 17,20%                   | 15,90%                    | 15,90%                    | 15,90%                    |
| Densidade aparente – Queimado (Método: Imersão em mercúrio/PR-CC-083)       | 1,7g/cm <sup>3</sup>     | 1,7g/cm <sup>3</sup>     | 1,8g/cm <sup>3</sup>      | 1,6g/cm <sup>3</sup>     | 1,7g/cm <sup>3</sup>   | 1,7g/cm <sup>3</sup>     | 1,8g/cm <sup>3</sup>     | 1,8g/cm <sup>3</sup>     | 1,8g/cm <sup>3</sup>      | 1,8g/cm <sup>3</sup>     | 1,8g/cm <sup>3</sup>     | 1,8g/cm <sup>3</sup>    | 1,7g/cm <sup>3</sup>     | 1,7g/cm <sup>3</sup>     | 1,8g/cm <sup>3</sup>     | 1,8g/cm <sup>3</sup>     | 1,9g/cm <sup>3</sup>      | 1,9g/cm <sup>3</sup>      | 1,9g/cm <sup>3</sup>      |
| Resistência à flexão – Queimado (Método: Flexão 3 pontos/PR-CC-085)         | 57,1 kgf/cm <sup>2</sup> | 88,7 kgf/cm <sup>2</sup> | 125,4 kgf/cm <sup>2</sup> | 36,7 kgf/cm <sup>2</sup> | 53 kgf/cm <sup>2</sup> | 95,8 kgf/cm <sup>2</sup> | 43,8 kgf/cm <sup>2</sup> | 74,4 kgf/cm <sup>2</sup> | 130,5 kgf/cm <sup>2</sup> | 33,6 kgf/cm <sup>2</sup> | 48,9 kgf/cm <sup>2</sup> | 104 kgf/cm <sup>2</sup> | 25,5 kgf/cm <sup>2</sup> | 27,5 kgf/cm <sup>2</sup> | 42,8 kgf/cm <sup>2</sup> | 50,1 kgf/cm <sup>2</sup> | 136,6 kgf/cm <sup>2</sup> | 136,6 kgf/cm <sup>2</sup> | 136,6 kgf/cm <sup>2</sup> |
| Plasticidade – Limite líquido (NBR 6459/84) (Método: Casagrande/PR-CC-092)  | 30,80%                   | -                        | -                         | 41,50%                   | -                      | -                        | 35,20%                   | -                        | -                         | 33,00%                   | -                        | -                       | 30,30%                   | -                        | -                        | 41,60%                   | -                         | -                         | -                         |
| Plasticidade – Limite plástico (NBR 7180/84) (Método: Casagrande/PR-CC-092) | 19,40%                   | -                        | -                         | 20,10%                   | -                      | -                        | 15,80%                   | -                        | -                         | 13,70%                   | -                        | -                       | 15,80%                   | -                        | -                        | 15,10%                   | -                         | -                         | -                         |
| Plasticidade – Índice plástico (NBR 7180/84) (Método: Casagrande/PR-CC-092) | 11,40%                   | -                        | -                         | 21,40%                   | -                      | -                        | 19,30%                   | -                        | -                         | 19,30%                   | -                        | -                       | 14,50%                   | -                        | -                        | 26,40%                   | -                         | -                         | -                         |

desmonte por explosivos, britagem e classificação, pode ser usada *in natura*, ou misturada com outros insumos (cimento, asfalto, areia, etc.) e utilizada na construção civil, podendo ser empregado em obras de infraestrutura (saneamento básico), obras civis (ferrovias, túneis, barragens), pavimentação, concreto e edificações, entre outros (Almeida, 2003).

É definida como um agregado graúdo, ou seja, aquele cujos fragmentos têm dimensões entre 48 mm e 76 mm, de acordo com a NBR 7211/09.

De acordo com a norma técnica ABNT NBR 7525, os tamanhos de britas compreendem dimensões, que variam de brita 1 a brita 5, porém existe uma classificação comercial comumente utilizada pelas pedreiras, que inclui a brita 0 (Tabelas 4.9 e 4.10) (Hagemann, 2011).

Além da brita, as pedreiras produzem outros fragmentos rochosos, desde blocos de rocha até frações mais finas. O pó de pedra corresponde à fração de finos de britagem, de dimensões que variam de 0 a 4,8 mm, com alto teor de finos, superior ao das areias padronizadas. Atingem 20% de material passante na malha 200 (0,074 mm), enquanto que a areia de brita

é obtida pela lavagem do pó de pedra, para a retirada das partículas abaixo da malha 200 (0,074 mm).

O rachão, também conhecido como pedra de mão, é um produto de britagem sem classificação granulométrica, obtido após desmonte da rocha por explosivo, ou após britagem primária, ficando retido na peneira de 76 mm, e geralmente tem dimensões entre 76 e 250 mm. O gabião é o fragmento de rocha de dimensão entre 100 mm e 150 mm (Hagemann, 2011).






A metodologia de lavra e beneficiamento para obtenção da brita merece especial atenção, devido à importância deste tema, pela relevância no segmento de agregados para construção civil. Este tópico é tratado em detalhe no capítulo 6.

A lavra de brita é executada a céu aberto, em meia encosta, e as operações se iniciam com a execução do plano de fogo para desmonte primário (perfuração e detonação por explosivos), que fragmenta cada trecho das bancadas da frente de lavra. Caso o material não esteja com dimensões adequadas para a entrada na planta de beneficiamento (fragmentos maiores que 1 metro), efetua-se o desmonte secundário, por fogacho (raramente), rompedores hidráulicos.

Tabela 4.9 – Especificação do agregado graúdo quanto à dimensão, de acordo com a Norma ABNT 7225 e usual classificação comercial (Hagemann, 2011).

| CLASSIFICAÇÃO/<br>TAMANHO | NBR-7225                          |        | Comercial |        |
|---------------------------|-----------------------------------|--------|-----------|--------|
|                           | Abertura de Malha da Peneira (mm) |        |           |        |
|                           | Mínima                            | Máxima | Mínima    | Máxima |
| brita 0                   | -                                 | -      | 4,8       | 9,5    |
| brita 1                   | 4,8                               | 12,5   | 9,5       | 19     |
| brita 2                   | 12,5                              | 25     | 19        | 25     |
| brita 3                   | 25                                | 50     | 25        | 50     |
| brita 4                   | 50                                | 76     | 50        | 76     |
| brita 5                   | -                                 | -      | 76        | 100    |

Tabela 4.10 – Produtos gerados no processo de britagem e suas principais aplicações em função da granulometria (modificado de Minermac, 2014).

| Tamanho/brita  | Uso   |
|--|---|
|  Brita 0            | Fábrica de bloco, usinas de asfalto e de concreto e lajes pré-fabricadas.   |
|  Brita 1            | Produto mais utilizado na construção civil. Muito apropriado para lajes, pisos, vigas, pilares, entre outros.             |
|  Brita 2            | Utilizado em estacionamentos, concretos mais grossos e drenos.  |
|  Brita 3            | Utilizada em aterros e nivelamentos de áreas ferroviárias, drenos e reforço de pistas.                                    |
|  Brita 4<br>Brita 5 | Utilizada em ETE (Estação de tratamento de esgotos), drenos, reforços de pista, fossas sépticas, calçamentos e alicerces. |

Em seguida, efetua-se o carregamento dos fragmentos rochosos com pás carregadeiras em caminhões, que depositam o material em locais junto às instalações de britagem, conhecidos como praças de alimentação, para armazenagem temporária e alimentação dos britadores em horários específicos (à noite, refeições, manutenção, etc.), ou transportam o material diretamente até os britadores primários.

As operações de beneficiamento são puramente mecânicas, e consistem em britagem primária, secundária e rebritagem em uma ou duas etapas (britagem terciária e quaternária), e pode ser realizada a seco ou a úmido. O britador primário, de mandíbulas, faz a fragmentação dos matacões, e neste ponto pode ou não ocorrer lavagem da pedra, para a diminuição de material pulverulento durante a cominuição e classificação da rocha. No caso de ocorrer lavagem, as partículas menores são estritamente produzidas nas fases seguintes, e são isentas de quaisquer impurezas anteriores, tais como capeamento, matéria orgânica, dentre outras. Quando não há lavagem, é comum a separação de bica corrida quando não há lavagem após a primeira britagem, onde o material é enviado para ser comercializado sem qualquer classificação.

Após a fragmentação no britador primário, há a formação de pilhas-pulmão, que alimentam os britadores secundários. O britador secundário pode ser de mandíbulas ou do tipo cônico. Os britadores terciário e quaternário são cônicos, ou de impacto, sendo atualmente usados na tentativa de reduzir a lamelaridade do agregado e a produção de finos.

O transporte de brita entre os britadores e/ou rebritadores é feito, normalmente, por um sistema de correias transportadoras, sempre procurando aproveitar o desnível topográfico para economia na planta de beneficiamento. Para diminuir o pó em suspensão, gerado pela atividade de britagem, algumas das pedreiras valem-se de sistemas de aspersores de água, instalados nas bocas dos britadores e nas correias transportadoras.

A classificação por diâmetros nominais é feita em peneiras vibratórias, com telas de aço ou borracha, em decks ou silos. Geralmente, a fração retida nas peneiras superiores retorna aos rebritadores, para produzir pedra 01, e atender à demanda atual, e a fração passante compõe as pilhas, principal forma de estoque dos produtos.

A expedição é mecanizada ou automatizada e o transporte é feito exclusivamente via frete.

Para uso como brita na construção civil a brita deverá ter resistência a compressão, abrasão, impacto, formato dos grãos, composição mineralógica, textura e porosidade compatíveis com o uso a que será destinada. Para que sua aplicação seja determinada de forma adequada é necessária a realização de ensaios padronizados para caracterização tecnológica.

As normas que identificam e determinam os ensaios e usos do material estão descritos na Tabela 4.11.

#### 4.4.2 - Principais depósitos

Na RMPA as pedreiras para extração de brita estão localizadas a norte em áreas onde ocorrem rochas pertencentes à Formação Serra Geral e a sul, onde existem rochas pertencentes à Suíte Granítica Dom Feliciano.

Nos empreendimentos localizados em áreas onde ocorre a Formação Serra Geral, de acordo com Pinho (2007), as rochas possuem composição básico-intermediária a ácida, constituindo-se de basaltos, por vezes com olivina, basaltos latitos, dacitos e riódacitos, com presença frequente de vidro, geodos e amídalas de calcedônia, ágata, quartzo e em menor quantidade, zeólitas e carbonatos. Foram cadastrados dezessete pontos de extração, dos quais dois estão desativados (Figura 4.20).

As áreas onde são produzidas britas de basalto distribuem-se entre os municípios de Santo Antônio da Patrulha, Portão, Montenegro, Triunfo, Gravataí, Estância Velha, Campo Bom e São Sebastião do Caí.

O volume total produzido, de acordo com informações coletadas no decorrer do projeto, é de aproximadamente 630.000 m<sup>3</sup>/mês. Tabela 4.12

Nas áreas com rochas pertencentes a Suíte Granítica Dom Feliciano – Fácies Serra do Herval, de acordo com Pinho (2007), ocorrem sienogranitos avermelhados, isótropos, com eventual presença de biotita, podendo ser porfirítico e conter cavidades miarolíticas. Os pontos de extração ocorrem nos municípios de Porto Alegre, Arroio dos Ratos e Eldorado do Sul (Figura 4.21).

As informações de produção de brita na RMPA, obtida a partir de granito, referem-se exclusivamente ao município de Eldorado do Sul com um volume aproximado de 23.000 m<sup>3</sup>/mês (obtida apenas de uma empresa), divididos entre brita 3/4", brita 0, brita 1, brita 2 e rachão (4").

#### 4.4.3 - Caracterização

Foram selecionadas cinco pedreiras, de onde foi coletado material, com o intuito de obter informações a respeito das características tecnológicas de cada rocha, com vistas ao uso na construção civil.

Na Formação Serra Geral foram coletadas amostras, identificadas pelos pontos GP-001, GP-048 e GP-090 e na Suíte Granítica Dom Feliciano foram amostrados os pontos OS-023 e OS-089 (Figura 4.22).

A Tabela 4.13 apresenta um resumo dos resultados dos ensaios tecnológicos, citando as NBRs correspondentes.

A amostra coletada (60 kg) na pedreira localizada no município de Portão (ponto GP-001) apresentou granulometria variando entre 6,3 mm e 19 mm (britas 1 e 2 de acordo com NBR 7225) (Figura 4.23). O teor de materiais pulverulentos é de 0,8%, abaixo do limite máximo prescrito pela NBR-7219,



Tabela 4.11 – Normas utilizadas para avaliação das propriedades tecnológicas dos agregados. Notas: NBR = Norma ABNT homologada pelo INMETRO; ME e IE = Norma DNER; nn = não normalizada, np = não pertinente. Fonte: Santos e Brito (1998).

| Propriedades                            | Usos                |  |          |
|---|---------------------|--|----------|
|   | Concreto            | Pavimentos                                   | Lastro   |
| Amostragem                              | NBR7216/9941        | nn   | NBR11541 |
| Terminologia                            | NBR 725/99935/9942  | NBR 6502                                     | nn       |
| Petrografia                             | NBR 7389            | IE 6   | nn       |
| Granulometria                           | NBR 7217            | NBR 7217                                     | nn       |
| Materiais pulverulentos-                | NBR 7219            | np   | NBR7219  |
| Impurezas orgânicas                     | NBR 7220            | np   | np       |
| Argila em torrões e materiais friáveis  | NBR 7218            | np   | NBR7218  |
| Massa Específica, porosidade e absorção | NBR 6458            | NBR 6458                                     | NBR6458  |
| Forma                                   | NBR 7809            | ME86   | NBR6954  |
| Dilatação Térmica                       | Nn                  | nn   | np       |
| Massa unitária                          | NBR 7251/7810       | np   | nn       |
| Adesividade                             | np                  | NBR 12583/12584                              | np       |
| Reatividade                             | NBR 9773/9771/10340 | np   | np       |
| Sais Solúveis                           | NBR 9917            | np   | np       |
| Alterbalidade                           | NBR 12696/12697     | ME 89  | NBR 7702 |
| Desgaste                                | nn                  | nn   | np       |
| Abrasão                                 | NBR 6465            | NBR 6465                                     | NBR 6465 |
| Impacto                                 | nn                  | nn   | NBR 8938 |
| Esmagamento                             | NBR 9938            | ME 42  | nn       |
| Compressão                              | nn                  | nn   | NBR6953  |
| Flexão                                  | np                  | np   | np       |
| Especificações                          | NBR7211             | NBR 7174/11803/11804/11806/12559/12564/12948 | NBR 7914 |

que é de 1%. A abrasão “Los Angeles” apresenta resultado de 11%, abaixo do máximo permitido pela norma, que é de 50%. A reatividade álcali-agregado apresentou expansão acima do máximo permitido pela norma (0,558), que corresponde ao valor 0,19% para trinta dias.

O ponto GP-048, localizado no município de Campo Bom, teve coletada uma amostra com granulometria variando entre 9,5 mm e 19 mm (britas 1 e 2 de acordo com NBR 7225) (Figura 4.24). Foram coletados aproximadamente 60 kg deste material. O teor de materiais pulverulentos é de 0,6%, abaixo do limite máximo prescrito pela norma, que é de 1%. A abrasão “Los Angeles” apresenta resultado de 9%, abaixo do máximo permitido pela norma, que é de 50%. A reatividade álcali-agregado apresentou expansão acima do máximo permitido pela norma (0,274), que corresponde ao valor 0,19% para trinta dias.

No município de Santo Antônio da Patrulha, no ponto GP-090, foi coletada uma amostra com granulometria variando entre 6,3 mm e 19 mm (britas 1 e 2 de acordo com NBR 7225). Foram coletados cerca de 60 kg deste material. O teor de materiais pulverulentos é de 2,2%, acima do limite máximo prescrito pela norma, que é de 1%. A abrasão “Los Angeles” apresenta resultado de 10%, abaixo do máximo permitido pela norma, que é de 50%. A reatividade álcali-agregado apresentou expansão

acima do máximo permitido pela norma (0,725), que corresponde ao valor 0,19% para trinta dias.

O ponto OS-023, localizado no município de Eldorado do Sul, teve coletada uma amostra com granulometria variando entre 9,5 mm e 19 mm (britas 1 e 2 de acordo com NBR 7225) (Figura 4.25). Foram coletados aproximadamente 60 kg deste material. O teor de materiais pulverulentos é de 0,2%, abaixo do limite máximo prescrito pela norma, que é de 1%. A abrasão “Los Angeles” apresenta resultado de 16%, abaixo do máximo permitido pela norma, que é de 50%. A reatividade álcali-agregado apresentou expansão acima do máximo permitido pela norma (0,343), que corresponde ao valor 0,19% para trinta dias.

O ponto OS-089, localizado no município de Porto Alegre, teve coletada uma amostra com granulometria variando entre 9,5 mm e 19 mm (britas 1 e 2 de acordo com NBR 7225). Foram coletados aproximadamente 60 kg deste material. O teor de materiais pulverulentos é de 0,9%, abaixo do limite máximo prescrito pela norma, que é de 1%. A abrasão “Los Angeles” apresenta resultado de 25%, abaixo do máximo permitido pela norma, que é de 50%. A reatividade álcali-agregado apresentou expansão acima do máximo permitido pela norma (0,410), que corresponde ao valor 0,19% para trinta dias.

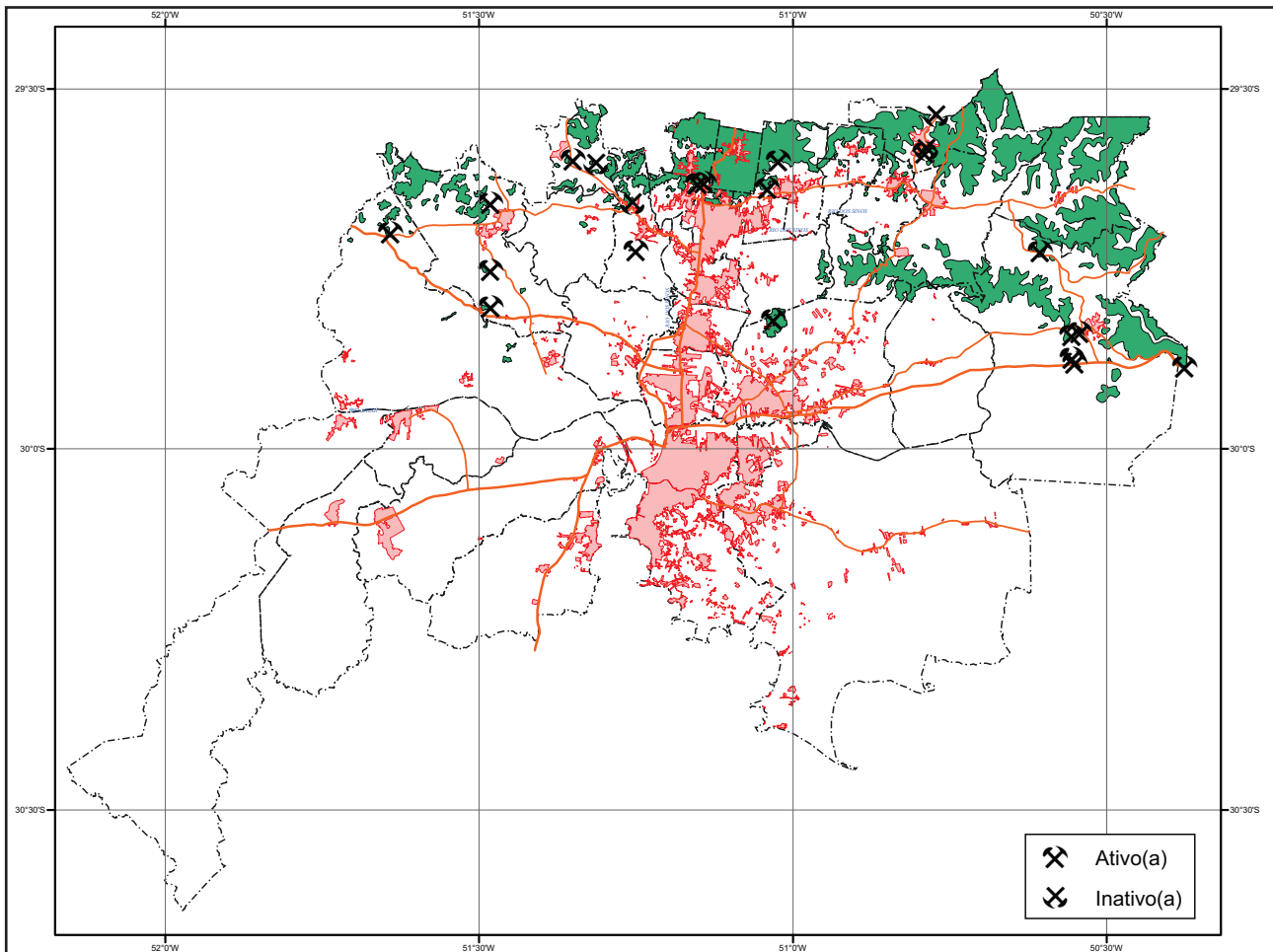


Figura 4.20 – Áreas de extração de brita na formação Serra Geral.

Tabela 4.12 – Volume total de brita em m<sup>3</sup>, derivada da formação Serra Geral, produzido na RMPA.

| Município                 | Volume produzido (m <sup>3</sup> /mês) |
|---------------------------|--|
| SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA | 48960                                  |
| PORTÃO                    | 70000                                  |
| MONTENEGRO                | 331380                                 |
| TRIUNFO                   | 42100                                  |
| GRAVATAÍ                  | 30000                                  |
| ESTÂNCIA VELHA            | 80520                                  |
| CAMPO BOM                 | 32000                                  |
| SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ      | 100                                    |
| Total                     | 635060                                 |

Os parâmetros dos sais solúveis e cloretos solúveis apresentaram resultados abaixo do máximo permitido pela norma.

Todas as amostras apresentaram resultados de reatividade álcali-agregado acima do limite de 0,19 aos trinta dias de idade, de acordo com a NBR 15577-1. De acordo com o tipo de estrutura de concreto no qual será utilizado o material, esses resultados indicam a necessidade da realização de ações corretivas, com o objetivo de evitar danos

decorrentes da reatividade álcali-agregado. A NBR 15577-1 indica medidas que vão desde a troca do cimento, adição/aumento do teor de adições normalizadas ou mesmo a troca do agregado.

#### 4.4.4 - Reservas

De acordo com o DNPM (2005) a reserva lavrável na RMPA é da ordem de aproximadamente 39.400.000 metros cúbicos, representando 65,5% da reserva estadual e 0,5% da reserva nacional.

### 4.5 - MATERIAL DE EMPRÉSTIMO

#### 4.5.1 - Definição e Aplicações

Material de empréstimo é um produto de uso imediato na construção civil, empregado *in natura*, com lavras localizadas próximas das principais vias de acesso ou mesmo dentro do perímetro urbano. As áreas de ocorrência mostram condições favoráveis ao aproveitamento e extração de acordo com a morfologia do terreno, que apresenta relevo ondulado a suavemente ondulado e alta suscetibilidade a erosão.

É utilizado principalmente em obras de aterro e para mistura em menor quantidade com argilas para cerâmica vermelha, variando de acordo com as características texturais do material.

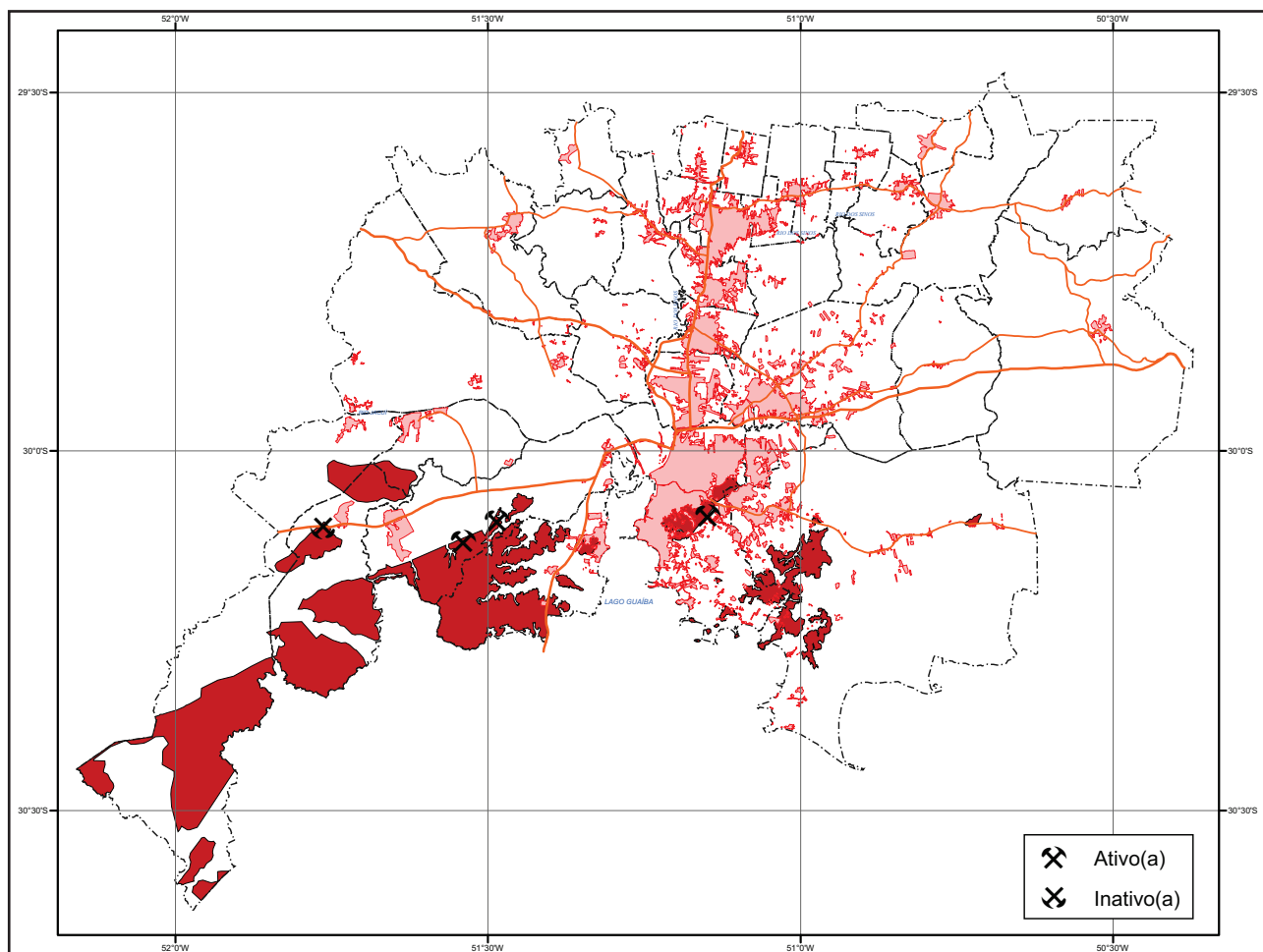


Figura 4.21 – Áreas de extração de brita na Suíte Granítica Dom Feliciano.

Tabela 4.13 – Resultados dos ensaios tecnológicos para brita na RMPA.

| Ensaio                                | Norma utilizada | Unidade           | Pontos |        |        |        |        |
|---------------------------------------|-----------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                       |                 |                   | GP 001 | GP 048 | GP090  | OS 023 | OS 089 |
| Sulfatos Solúveis                     | NBR 9917/08     | %                 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Cloretos Solúveis                     | NBR 9917/08     | %                 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Reatividade Álcali-Agregado (30 dias) | NBR 1577-4/08   | %                 | 0,558  | 0,274  | 0,725  | 0,343  | 0,41   |
| Granulometria > = 19mm                | NM 248          | %                 | 8      | 12     | 2      | 8      | 63     |
| Granulometria > =12,5 mm              | NM 248          | %                 | 53     | 82     | 64     | 83     | 35     |
| Teor de materiais pulverulentos       | NM46            | %                 | 0,8    | 0,6    | 2,2    | 0,2    | 0,9    |
| Massa específica                      | NM53/09         | g/cm <sup>3</sup> | 2,79   | 2,82   | 2,77   | 2,62   | 2,6    |
| Emassa específica aparente            | NM53/09         | g/cm <sup>3</sup> | 2,75   | 2,79   | 2,74   | 2,61   | 2,59   |
| Absorção de água                      | NM53/09         | %                 | 1,3    | 1,4    | 1,2    | 0,4    | 0,5    |
| Abrasão "Los Angeles"                 | NM 51/01        | %                 | 1,1    | 9      | 10     | 16     | 25     |

#### 4.5.2 - Principais depósitos na RMPA

As áreas com potencialidades para material de empréstimo estão diretamente relacionadas com os

aspectos texturais e espessuras dos solos da ordem de 2,0 metros ou mais (Zanini, 1998).

Na RMPA os pontos para extração de material de empréstimo são registrados onde ocorrem rochas





Figura 4.23 – Local de amostra de brita coletada para ensaios tecnológicos. Ponto GP-001.



Figura 4.24 – Local de amostra de brita coletada para ensaios tecnológicos. Ponto GP-048.



Figura 4.25 – Local de amostra de brita coletada para ensaios tecnológicos. Ponto GP-023.

ígneas pertencentes à Formação Serra Geral, rochas sedimentares presentes nas formações Botucatu e Piramboia e também, depósitos colúvio-aluviais.

Em rochas da Formação Serra Geral o material é oriundo do horizonte C em perfis de solo, também

denominado saprólito ou “saibro de basalto”. Segundo Zanini (1998), a ocorrência dos depósitos com potencial para material de empréstimo nesta formação, está relacionada com a existência de zonas de alteração em que o derrame contém maior abundância de amígdalas ou cavidades que são geralmente preenchidas por calcedônia, quartzo, argilo-minerais e carbonatos. São rochas básicas ou intermediárias, principalmente basaltos e mais raramente andesitos. Estas zonas amigdalóides, quando situadas próximas à superfície são mais facilmente submetidas ao intemperismo, favorecendo a alteração e produzindo material que pode ser adequadamente aproveitado como material de empréstimo (Figura 4.26).



Figura 4.26 – Extração de material de empréstimo em rochas da Formação Serra Geral. Município de Santo Antônio da Patrulha, ponto GP-101.

Foram registrados quarenta e dois pontos de extração em rochas da Formação Serra Geral (Figura 4.27), distribuídos entre os municípios de Montenegro, Taquara, Capela de Santana, Santo Antônio da Patrulha, Rolante e São Sebastião do Caí.

O volume extraído informado, em rochas das formações Serra Geral, é de, aproximadamente, 70.000 m<sup>3</sup>/mês. Não há informações a respeito das reservas disponíveis para este insumo na RMPA.

Na Formação Botucatu o material é extraído da fácies de interdunas (Figura 4.28). Na Formação Pirambóia é extraído das fácies arenosas (Figura 4.29). Foram registrados 11 pontos de extração nessas formações (Figura 4.30).

Os pontos de extração registrados, referidos nas Formações Botucatu e Pirambóia, estão localizados nos municípios de São Sebastião do Caí, Sapiranga, Araricá, Nova Hartz e São Leopoldo.

Não há informações oficiais referentes à quantidade de material extraído mensalmente.

Em depósitos colúvio-aluviais o material extraído possui granulometria que varia de argilosa a arenosa-média. Foram registrados sete pontos de extração, também não há informações oficiais a respeito de volume extraído.



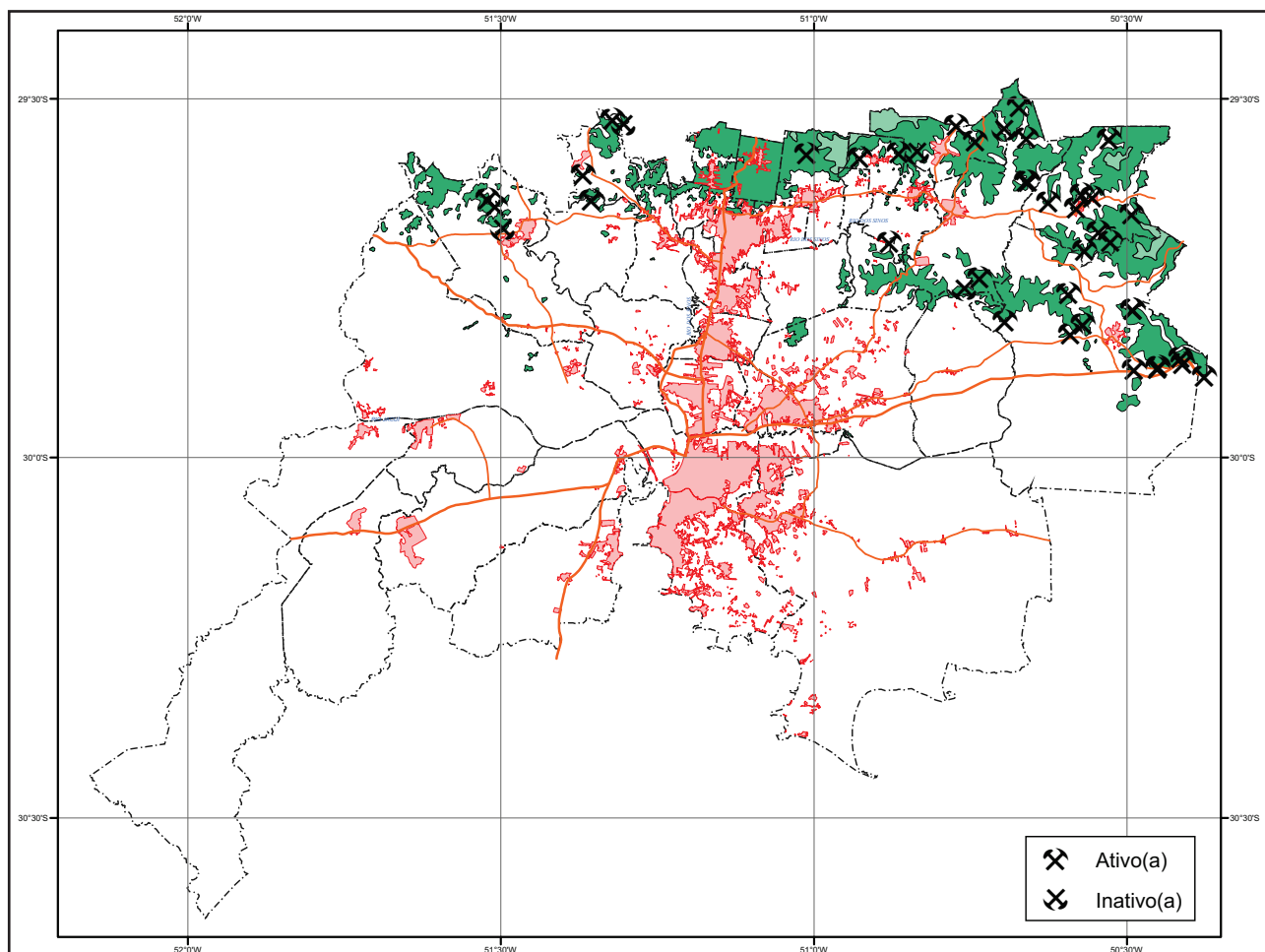


Figura 4.27 – Pontos de extração de material de empréstimo na Formação Serra Geral.



Figura 4.28 – Extração de material de empréstimo em rochas da Formação Botucatu. Município de Taquara, ponto GP-033.



Figura 4.29 – Extração de material de empréstimo em rochas da Formação Pirambóia. Município de São Leopoldo, ponto GP-080.

Os pontos de extração registrados, estão localizados nos municípios de São Sebastião do Caí, Taquara, Nova Hartz e Rolante (Figura 4.31).

#### 4.5.3 - Reservas

Não há informações a respeito das reservas disponíveis para este insumo na RMPA.

## 4.6 - SAIBRO

### 4.6.1 - Definição e Aplicações

Segundo a NBR 13529/09, trata-se de um solo proveniente de granitos e gnaisses com minerais parcialmente decompostos, com baixo teor de argila e coloração variada.

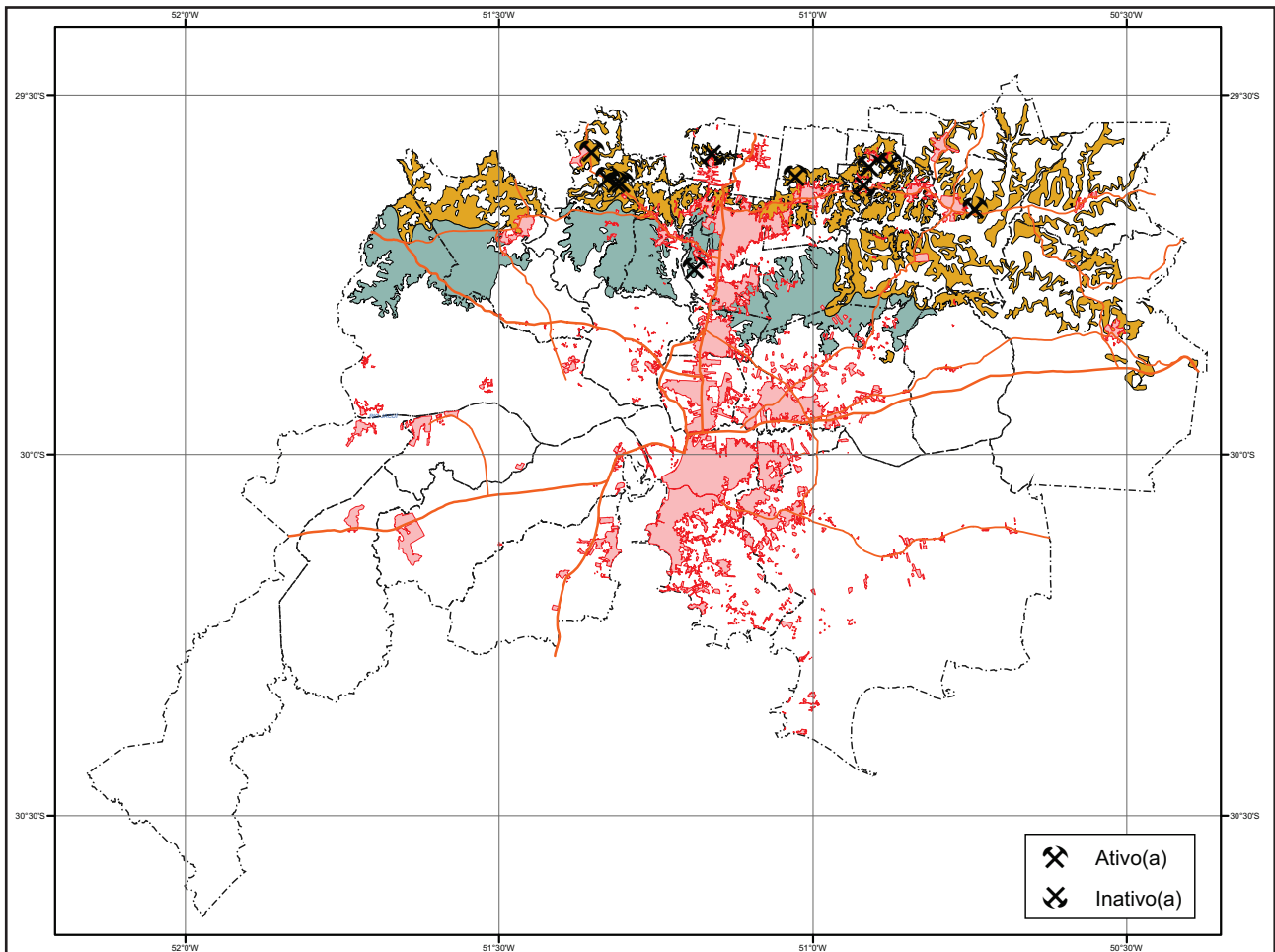


Figura 4.30 – Pontos de extração de material de empréstimo nas Formações Pirambóia e Botucatu.

Caracteriza-se, pela possibilidade de emprego imediato na construção civil. A viabilidade econômica deste material depende da proximidade das áreas de extração em relação ao local onde será empregado. Geralmente é utilizado em obras de aterro ou revestimento de estradas não pavimentadas

#### 4.6.2 - Principais depósitos

Na metade sul/sudoeste da RMPA ocorre em grande número, porém na forma de pequenas extrações a margem das estradas vicinais, em terrenos pertencentes a Suíte Granítica Dom Feliciano, Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado e Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos. No município de Viamão, foi registrada uma ocorrência, em rochas do Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado (Figura 4.32).

As possibilidades da ocorrência dos depósitos de saibro estão relacionadas diretamente com as características texturais do substrato que lhe deu origem, estando associadas a crostas de intemperismo. As espessuras desses depósitos variam em função de sua posição espacial em relação à topografia, sendo mais espessas nas encostas e na base dos morros e se adelgaçando quando próximas ao topo (Zanini, 1998).

#### 4.6.3 - Reservas

Não há informações a respeito das reservas disponíveis para este insumo na RMPA.

### 4.7 - PEDRA DE TALHE

#### 4.7.1 - Definição e Aplicações

Na RMPA as denominadas pedras de talhe são obtidas a partir de rochas oriundas das formações Serra Geral e Botucatu. Normalmente apresentam fraturas ortogonais o que facilita o corte de peças em formas regulares, sendo empregadas como paralelepípedo, pedras de alicerce, tijoletas, lajes, lajotas, guias de meio-fio, etc.

#### 4.7.2 - Principais depósitos

##### 4.7.2.1 - Arenito para Pedra de talhe

As pedras de talhe obtidas de arenitos da Formação Botucatu, constituem matéria-prima de aplicação imediata na construção civil, sendo talhadas na forma de pedras de alicerce, tijoletas, lajes, lajotas e guias de meio-fio, largamente empregadas na construção de casas, muros e no revestimento de calçadas e ornamentação.

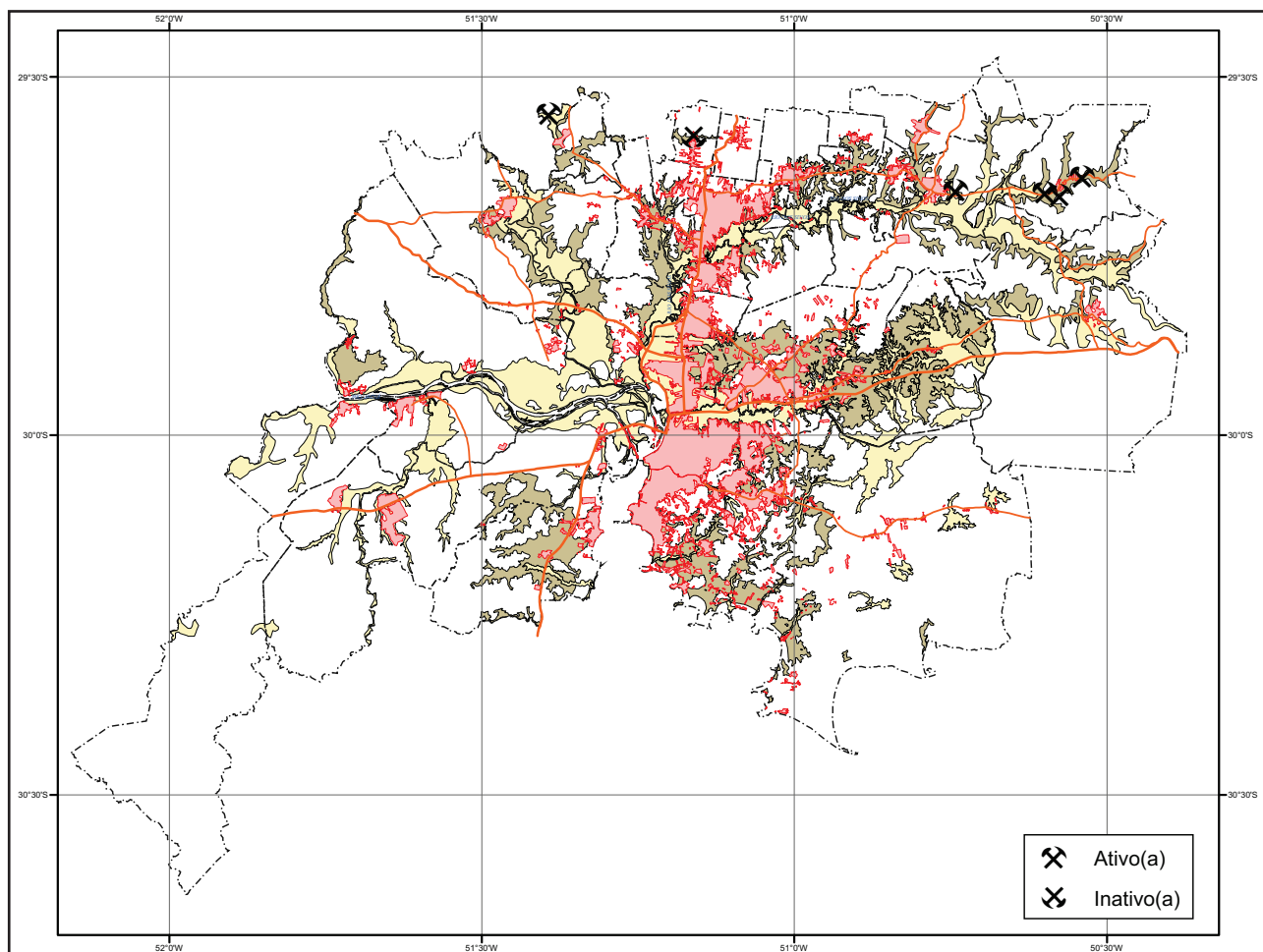


Figura 4.31 – Locais de extração de material de empréstimo em unidades colúvio-aluviais.



Figura 4.32 – Extração de saibro no município de Viamão. Ponto OS-034.

A potencialidade dos arenitos para a obtenção deste material refere-se principalmente a Fácies Eólica, cujas áreas de exposição são identificadas logo abaixo dos derrames basálticos da borda da Serra Geral, correspondendo à porção superior da Formação Botucatu.

Segundo Zanini (1998), são arenitos bimodais, com granulometria variando de média a fina, com predominância de grãos de quartzo, foscos, bem selecionados, com presença frequente de cimento silicoso ou ferruginoso.

Constituem camadas tabulares ou lenticulares com estruturas internas do tipo estratificação cruzada de grande porte. São camadas contínuas, bem litificadas cuja espessura pode alcançar entre 100 e 120 metros, onde ocorrem conjuntos de estratificações cruzadas com extensão de até 50 metros e com perfil de solo pouco espesso.

Foram registrados 44 pontos de extração (Figura 4.33). A maior parte das atividades exploratórias estão concentradas em lavras situadas nos municípios de Taquara, Santo Antônio da Patrulha, Novo Hamburgo, Sapiranga, Gravataí e Parobé (Figuras 4.34 e 4.35). O total extraído na RMPA é de aproximadamente 10.500 m<sup>3</sup>/mês. Não há informações a respeito das reservas disponíveis para este insumo na RMPA.

#### 4.7.2.2. - Basalto para Pedra de Talhe

Os blocos extraídos são oriundos de áreas onde ocorrem as rochas da Formação Serra Geral e são empregados notadamente no calçamento de ruas.

As lavras distribuem-se principalmente nas escarpas do planalto e nos morros testemunhos próximos à margem desta. Em alguns locais estes corpos podem corresponder a “sills” e diques de diabásio sem, entretanto apresentar características estruturais e petrográficas perfeitamente reconhecíveis (Zanini, 1998).



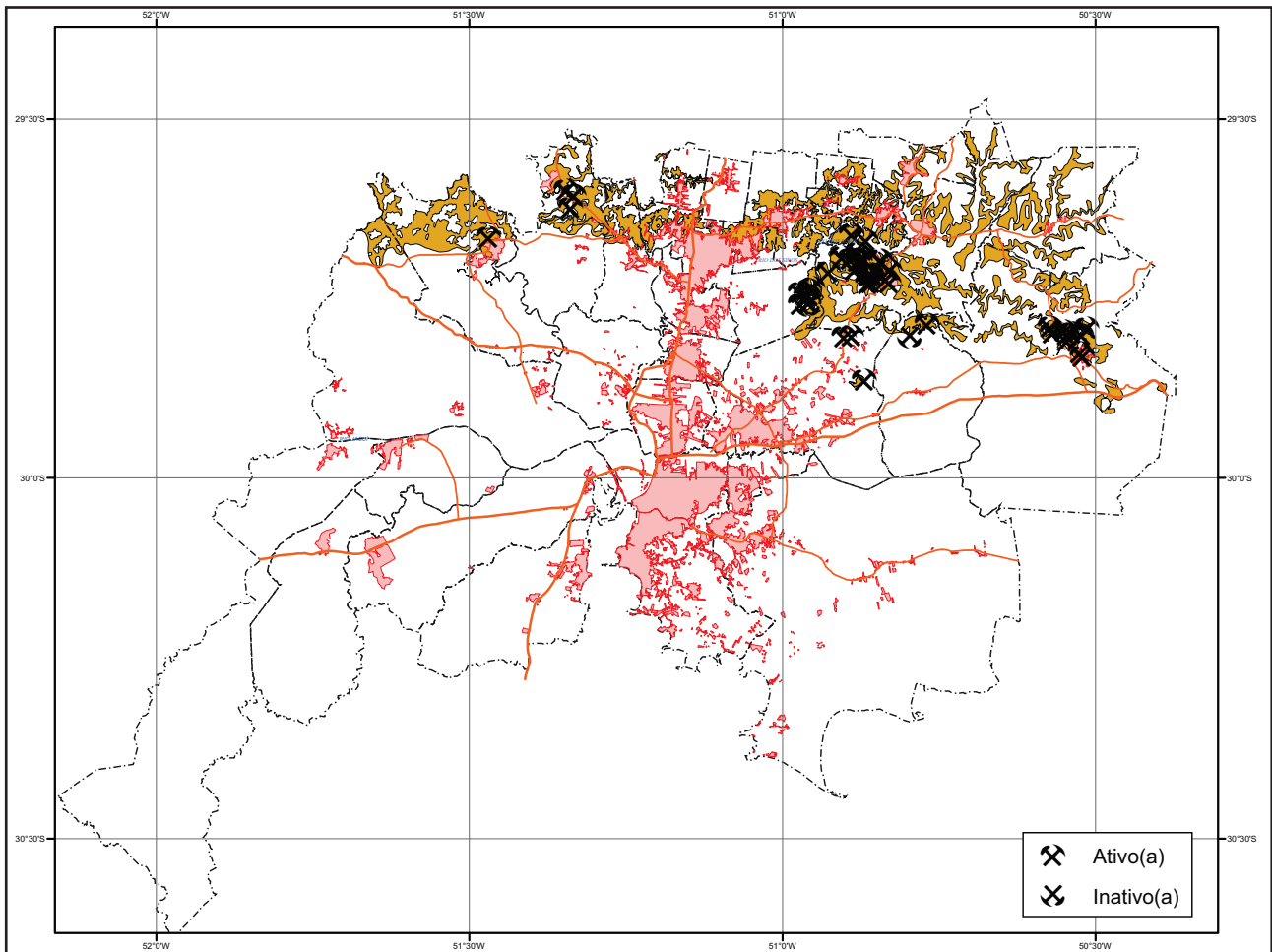


Figura 4.33 – Pontos de extração de pedra de talhe na Formação Botucatu.



Figura 4.34 – Extração de arenito para pedra de talhe. Ponto GP-174, município de Parobé.



Figura 4.35 – Extração de arenito para pedra de talhe. Ponto GP022, município de Gravataí.

Os municípios produtores abrangem Santo Antônio da Patrulha, Glorinha, Ivoti, Sapiranga e Capela de Santana (Figuras 4.36 e 4.37). Foram registrados 9 pontos na RMPA e a produção mensal é de aproximadamente, 2.150 m<sup>3</sup>/mês (Figura 4.38).

#### 4.7.3 - Reservas

Não há informações a respeito das reservas disponíveis para pedra de talhe na RMPA.





Figura 4.36 – Extração de basalto para pedra de talhe por desmonte manual. Ponto GP-056, Município de Capela de Santana.



Figura 4.37 – Extração de basalto para pedra de talhe. Ponto GP-056, Município de Capela de Santana.

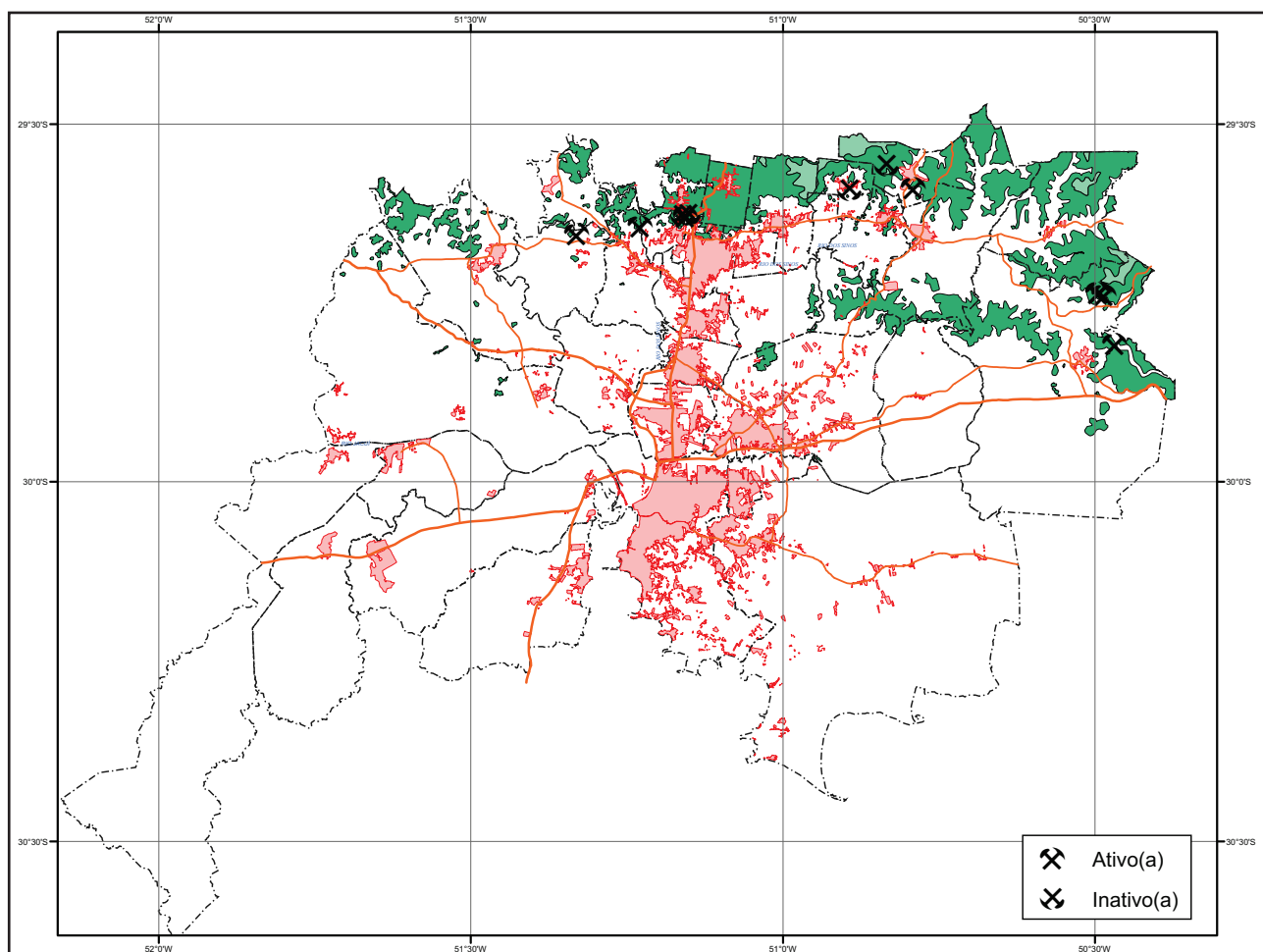


Figura 4.38 – Pontos de extração de basalto para pedra de talhe na RMPA.



## 5 – MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE

Embora a mineração seja uma atividade de fundamental importância para o desenvolvimento da economia do país, inevitavelmente dela decorrem impactos ambientais nos meios físico, biótico e antrópico. Entretanto, esses impactos podem ser minimizados, se a atividade for planejada e executada dentro do conceito de sustentabilidade.

Zanini (1998) caracteriza a mineração e o meio ambiente como um binômio indissociável quando se avalia os problemas ambientais decorrentes da atividade da exploração mineral e os impactos causados.

Neste capítulo trazemos uma análise sobre as interações e implicações existentes neste binômio para o caso da extração dos insumos minerais utilizados na construção civil da Região Metropolitana de Porto Alegre. Tal abordagem possui caráter genérico e simplificado, visto que as interações existentes são bastante complexas, requerendo um estudo detalhado, o que não é o escopo deste trabalho.

Deste modo, foi efetuada uma abordagem com o apontamento das principais atividades antrópicas executadas na mineração, os aspectos ambientais relacionados e seus respectivos impactos. Assim, busca-se ilustrar as relações entre as causas (atividades antrópicas), os mecanismos de interação com meio ambiente (aspectos ambientais) e as consequências geradas por essa interação (impactos ambientais). Também serão elencadas algumas medidas mitigadoras para cada forma de impacto ambiental decorrente da mineração.

Por fim, a recuperação de áreas degradadas pela mineração foi abordada com a explanação da importância de seu planejamento e execução concomitante com a operação da mina.

### 5.1 - CONCEITOS

Para a aplicação da metodologia desenvolvida neste trabalho foram utilizados os conceitos de ação antrópica, aspecto ambiental e impacto ambiental, abaixo descritos.

**Impacto ambiental** é a alteração da qualidade do ambiente que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada pela ação humana (Sánchez, 1998a). Ou seja, o impacto ambiental configura-se como o resultado de uma **ação antrópica**, que é a sua causa.

Já o termo **aspecto ambiental**, segundo Sánchez (2008), pode ser entendido como o mecanismo através do qual uma ação antrópica causa um impacto ambiental.

Portanto, as **ações antrópicas** são as causas, os **impactos ambientais** são as consequências, enquanto que os **aspectos ambientais** são os mecanismos ou os processos pelos quais ocorrem as consequências. Por exemplo, em uma mina de basalto, várias ações antrópicas são executadas durante a operação do empreendimento. A britagem de rocha é uma delas. Um dos aspectos ambientais comuns no processo de britagem é a emissão de poeira, que pode levar à geração do impacto de redução da qualidade do ar.

A Figura 5.1 mostra esquematicamente os conceitos utilizados nesta abordagem.

### 5.2 - METODOLOGIA DE TRABALHO

Inicialmente foi feita uma pesquisa bibliográfica para selecionar frentes de lavra cadastradas por projetos executados anteriormente pela CPRM, assim como por trabalhos efetuados por

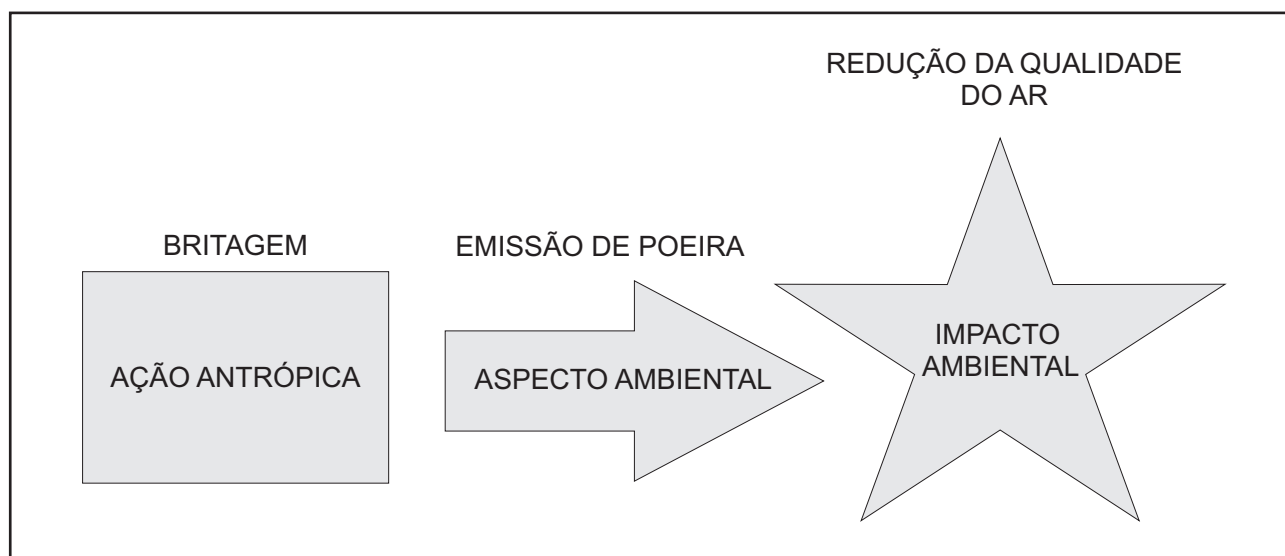


Figura 5.1 – Relação entre as ações antrópicas, aspectos e impactos ambientais, com exemplo na britagem.

outros órgãos, tais como o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM.

Estas informações permitiram o planejamento e execução da etapa de campo, quando também foi executado o cadastramento de novas frentes de lavra. Nas vistorias, as áreas foram georreferenciadas e informações registradas quanto às operações executadas no empreendimento, incluindo os aspectos e impactos ambientais resultantes.

A partir da compilação destes dados foi gerada uma matriz de identificação de impactos ambientais, que tem como objetivo ilustrar as interações do binômio meio ambiente e a exploração de insumos minerais utilizados na construção civil da Região Metropolitana de Porto Alegre (Tabela 5.1).

A utilização de matrizes configura-se como uma ferramenta comumente utilizada para a avaliação de impactos ambientais de diferentes atividades. Proposta por Leopold et al (1971), a matriz de impactos ambientais identifica, por meio do cruzamento de informações contidas em linhas e colunas, as interações possíveis entre os componentes de uma atividade ou projeto e os elementos do meio.

### 5.3 - IMPACTOS DECORRENTES DA MINERAÇÃO

Com exceção da mineração de areia em leito de rio, a lavra dos insumos minerais utilizados na construção civil ocorre quase que exclusivamente através da escavação mecânica ou desmonte do minério com explosivos, formando cavas a céu aberto, as quais podem ou não interceptar o nível

Tabela 5.1 – Matriz ilustrando as correlações entre as ações antrópicas desenvolvidas na mineração de cada insumo estudado, os aspectos ambientais e os potenciais impactos ambientais gerados.

| INSUMOS         |       |                       |                        |                             |                   | AÇÕES ANTRÓPICAS            | ASPECTOS AMBIENTAIS                                     | IMPACTOS AMBIENTAIS                    |                                |                         |  |                             |                            |   |  |                           |                            |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |
|-----------------|-------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|---|--|--------------------------------|-------------------------|--|-----------------------------|----------------------------|---|--|---------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|----------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
|                 |       |                       |                        |                             |                   |                             |   | MEIO FÍSICO                            |                                |                         |  |                             |                            | MEIO BIÓTICO  |  |                           | MEIO ANTRÓPICO             |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |
| ARGILA VERMELHA | AREIA | AREIA EM LEITO DE RIO | MATERIAL DE EMPRÉSTIMO | ARENITO PARA PEDRA DE TALHE | SAIBRO DE BASALTO | BASALTO PARA PEDRA DE TALHE | BRITA DE BASALTO  | AUMENTO DA ERODIBILIDADE               | REDUÇÃO DA TAXA DE INFILTRAÇÃO | AUMENTO DO ASSOREAMENTO | ALTERAÇÃO NO REGIME DE FLUXO HIDROLÓGICO | DESESTABILIZAÇÃO GEOTÉCNICA | REDUÇÃO DA QUALIDADE DO AR | CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS (SUPERFICIAIS E/OU SUBTERRÂNEAS) | AUMENTO DE TURBIDEZ DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS | REDUÇÃO DA BIODIVERSIDADE | PERDA DO BANCO DE SEMENTES | AFUGENTAMENTO DA FAUNA | QUEDA DE VEGETAÇÃO CLIVAR | IMPACTO VISUAL | INCÔMODO A VIZINHANÇA | DANOS À CONSTRUÇÕES VIZINHAS | MAIOR FREQUÊNCIA DE CONGESTIONAMENTOS | DANOS À MALHA VIÁRIA |
|                 |       |                       |                        |                             |                   |                             | DECAPEAMENTO E ABERTURA DE ACESSOS                      | REMOÇÃO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL    |                                |                         |  |                             |                            |   |  |                           |                            |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |
|                 |       |                       |                        |                             |                   |                             |   | EMISSÃO DE GASES E POEIRA              |                                |                         |  |                             |                            |   |  |                           |                            |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |
|                 |       |                       |                        |                             |                   |                             |   | EMISSÃO DE RUÍDOS E VIBRAÇÕES          |                                |                         |  |                             |                            |   |  |                           |                            |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |
|                 |       |                       |                        |                             |                   |                             | DESMONTE COM EXPLOSIVOS E/OU ESCAVAÇÃO MECANIZADA       | ALTERAÇÃO DA TOPOGRAFIA                |                                |                         |  |                             |                            |   |  |                           |                            |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |
|                 |       |                       |                        |                             |                   |                             |   | EMISSÃO DE GASES E POEIRA              |                                |                         |  |                             |                            |   |  |                           |                            |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |
|                 |       |                       |                        |                             |                   |                             |   | EMISSÃO DE RUÍDOS E VIBRAÇÕES          |                                |                         |  |                             |                            |   |  |                           |                            |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |
|                 |       |                       |                        |                             |                   |                             |   | INTERCEPTAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS   |                                |                         |  |                             |                            |   |  |                           |                            |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |
|                 |       |                       |                        |                             |                   |                             | DRAGAGEM  | MODIFICAÇÃO DA CALHA DO RIO            |                                |                         |  |                             |                            |   |  |                           |                            |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |
|                 |       |                       |                        |                             |                   |                             |   | EMISSÃO DE ÓLEOS E GRAXAS (VAZAMENTOS) |                                |                         |  |                             |                            |   |  |                           |                            |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |
|                 |       |                       |                        |                             |                   |                             | ESTOCAGEM DE MINÉRIO E DEPOSIÇÃO DE ESTÉREIS E REJEITOS | TRANSPORTE DE SEDIMENTOS               |                                |                         |  |                             |                            |   |  |                           |                            |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |
|                 |       |                       |                        |                             |                   |                             | BRITAGEM  | EMISSÃO DE GASES E POEIRA              |                                |                         |  |                             |                            |   |  |                           |                            |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |
|                 |       |                       |                        |                             |                   |                             |   | EMISSÃO DE RUÍDOS E VIBRAÇÕES          |                                |                         |  |                             |                            |   |  |                           |                            |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |
|                 |       |                       |                        |                             |                   |                             | EXPEDIÇÃO E TRANSPORTE DE CARGA                         | EMISSÃO DE GASES E POEIRA              |                                |                         |  |                             |                            |   |  |                           |                            |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |
|                 |       |                       |                        |                             |                   |                             |   | AUMENTO DO TRÁFEGO                     |                                |                         |  |                             |                            |   |  |                           |                            |                        |                           |                |                       |                              |                                       |                      |



freático. Logo, a maioria das atividades antrópicas identificadas na matriz de impactos ambientais são etapas comuns à exploração dos diferentes insumos.

Assim, para uma melhor organização do texto, nos próximos subitens a abordagem da questão ambiental será tratada de forma individualizada por atividade antrópica, elencando seus aspectos e potenciais impactos ambientais relacionados.

### 5.3.1 - Decapeamento e Abertura de Acessos

Trata-se da etapa inicial da abertura da frente de lavra, quando se busca retirar a cobertura estéril do terreno para expor à superfície o minério. Seja para a abertura do *pit* de lavra ou para o traçado dos acessos internos, é nesta fase que ocorrem os processos de remoção do solo e da cobertura vegetal com a utilização retroescavadeiras e pá-carregadeiras.

A camada de solo e a cobertura vegetal conferem ao substrato uma proteção natural à ação de agentes erosivos, controlam a capacidade de infiltração das águas pluviais e o regime hidrológico do terreno, além de serem responsáveis pelo desenvolvimento e manutenção da biodiversidade. Sua remoção resulta em impactos ambientais negativos ao meio físico, tais como o aumento da erodibilidade do substrato, a diminuição da taxa de infiltração das águas pluviais e a alteração do regime de fluxo hidrológico, assim como o aumento do assoreamento das drenagens à jusante da mina pela deposição do material erodido. No meio biótico os impactos se refletem na redução da biodiversidade, na perda do banco de sementes e no afugentamento da fauna. A perda da harmonia paisagística configura-se como o impacto visual no meio antrópico.

As Figuras 5.2 e 5.3 ilustram alguns desses impactos.

A utilização de maquinário para executar o decapeamento e o transporte do material é responsável pela geração de gases e poeira, assim como ruídos e vibrações, resultando em impactos como redução da qualidade do ar, afugentamento da fauna e incômodo à vizinhança.

Os impactos ambientais descritos, resultantes da etapa de decapeamento e abertura de acessos, podem ser mitigados, se adotados alguns procedimentos, como por exemplo:

- Proceder à remoção da vegetação em etapas controladas, de modo a permitir o direcionamento da fauna para áreas previamente planejadas para se tornarem preservadas;
- Fazer o aproveitamento máximo da massa vegetal retirada, através da compostagem para posterior aplicação na revegetação das áreas degradadas;
- Iniciar a remoção seletiva do material de cobertura, retirando, inicialmente, a camada de solo vegetal, visando reservá-la para utilização posterior, o que permite a



Figura 5.2 – Remoção de solo e cobertura vegetal em mina de argila vermelha ilustrando diversos impactos ao meio físico: a) aumento da erodibilidade evidenciado pela formação de ravinas no topo e face do talude; b) diminuição da taxa de infiltração das águas pluviais evidenciado pelo seu acúmulo na praça de mineração; c) escoamento águas acumuladas transportando os sedimentos disponibilizados pela erosão, podendo acarretar no aumento do assoreamento das drenagens localizadas a jusante da mina. Ponto GP-129.



Figura 5.3 – Remoção de solo e cobertura vegetal em mina de arenito, provocando impacto visual pela perda da harmonia paisagística. Município de Taquara.

preservação da fertilidade residual da área, após a lavra, e de grande parte do banco de sementes de espécies nativas;

- A drenagem pluvial de toda área decapeada, deverá ser disciplinada de forma que as águas de escoamento sejam direcionadas para bacias de decantação de sedimentos, construídas em locais topograficamente favoráveis;
- Preservar e adensar a vegetação arbórea no entorno da mina quando presente ou promover o plantio de cortinamento vegetal, com vistas a mitigar o impacto visual e conter a dispersão de poeiras oriundas da movimentação do maquinário;

- Proceder à manutenção periódica do maquinário, de modo a não produzir excessiva emissão de gases e ruídos.

### 5.3.2 - Lavra por Desmonte com Explosivos e/ou Escavação Mecanizada

Para insumos como argila vermelha, areia, material de empréstimo e saibro, a operação da lavra se dá através da escavação mecanizada do minério exposto pelo decapeamento. O principal aspecto ambiental desta etapa é a modificação da topografia original do terreno, a qual pode estar associada à interceptação do nível freático ou das águas subterrâneas, acarretando em impactos como a desestabilização geotécnica do terreno (Figura 5.4) e a contaminação das águas subterrâneas.

Também nesta fase, os impactos já mencionados na etapa anterior tornam-se mais evidentes: há aumento da emissão de poeiras pelo uso mais intenso de maquinário, a escavação e desagregação de estereis e minério aumentam a erodibilidade do pacote e disponibilizam grande quantidade de sedimentos que podem assorear as drenagens à jusante da mina.

No caso da lavra de areia fora de curso d'água, observa-se que a interceptação do freático pela

escavação é quase uma regra. Neste momento, a lavra prossegue abaixo do nível freático com o uso de pequenas dragas de sucção e recalque, formando corpos d'água artificiais. Tal prática pode expor o freático à ação de contaminantes, como óleos e graxas (Figura 5.5).



Figura 5.5 – Mineração de areia com o emprego de draga sem dispositivo de contenção de vazamentos de óleos e graxas, expondo o freático à contaminantes. Ponto GP-125.



Figura 5.4 – Talude de corte vertical em mineração de saibro expondo contato entre saprólito de basalto (inferior, cor cinza) e colúvio (superior, cor marrom). A configuração do corte resulta na desestabilização geotécnica do substrato, promovendo alto risco da ocorrência de deslizamentos e queda de blocos. Ponto GP-122.

A escavação mecânica dá lugar ao emprego de explosivos para o desmonte do pacote rochoso na lavra de basalto para brita. Neste caso, a execução do plano de fogo pode provocar geração de poeiras durante a perfuração da rocha para a colocação dos explosivos e intensa vibração no solo, quando da detonação. Caso o plano de fogo seja executado fora das normas técnicas e a mina se localize próximo a áreas habitadas, a geração de vibração pode provocar danos às estruturas das construções no entorno da mina e incômodo à vizinhança. Outro fenômeno relacionado é o ultralançamento, que ocorre em consequência do uso excessivo de carga explosiva e consiste no lançamento de fragmentos rochosos, além da área de manobra e carregamento (praça), devido principalmente a falta de orientação técnica.

Na mineração de arenito e basalto para a pedra de talhe, o emprego de explosivos é menos intenso, pois as estruturas naturais da rocha são aproveitadas como planos de fraqueza para o desmonte. As vibrações geradas pelo uso de explosivos não são esperadas, entretanto, a modificação da topografia costuma gerar taludes de corte extremamente altos (normalmente 20 metros ou mais) e verticalizados, destacando-se a geração de impacto visual e desestabilização geotécnica (Figura 5.6).

A seguir, elencamos alguns exemplos de medidas a serem tomadas para a mitigação dos impactos relacionados a fase de lavra:

- As alturas e inclinações dos taludes da frente de mineração, assim como a largura das bermas deverão ser definidas como base em projeto geotécnico, respeitando o ângulo de





*Figura 5.6 – Paredão com altura de aproximadamente 20 metros em mineração de arenito para pedra de talhe. Nota-se a total modificação da topografia e perda da harmonia paisagística com a geração de impacto visual. Adicionalmente, verifica-se a interceptação das águas subterrâneas na praça de mineração, deixando-as potencialmente expostas à ação contaminante. Ponto GP-022.*

atrimento interno do material, grau de saturação e influência das descontinuidades existentes, assim garantindo a estabilidade geotécnica;

- Os taludes cujas alturas excedam esses limites deverão ser subdivididos, com a formação de bancadas intermediárias, considerando o disposto na condição acima;
- 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 ao sistema de drenagem das águas pluviais dissipadores de energia de escoamento, tais como escadas d'água, para reduzir a sua capacidade erosiva;
- A preservação e o adensamento da vegetação arbórea no entorno da mina tornam-se ainda mais importantes, para a mitigação do impacto visual e contenção da dispersão de poeiras oriundas das detonações e escavações;
- Outras ações mitigadoras de controle de poeiras relacionam-se a executar as perfurações para desmonte, com dispositivo a úmido, e utilização de carros-pipa para a umectação dos acessos internos, eliminando a geração de poeira na fonte.
- Implantar sistema de monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas e executar campanhas de amostragem e

análise periódicas para a identificação de contaminantes;

- Quando ocorrer a interceptação do nível freático ou das águas subterrâneas, deverão ser identificadas e reduzidas as potenciais fontes de contaminação. Por exemplo, no caso da mineração de areia com o uso de dragas, estes equipamentos devem ser dotados de compartimentos estanques para a contenção de eventuais vazamentos de óleos e graxas;
- Para o controle de ruídos e vibrações gerados nas detonações deverá ser obedecido um plano de fogo adequado e monitoramento periódico assinado e acompanhado por profissional habilitado;
- Para o efetivo controle dos ultralanchamentos, deverá ser observado o dimensionamento adequado do plano de fogo, levando-se em conta as anomalias da rocha, tais como estágio de decomposição, juntas ou diaclases, espelhos de falhas, fraturas etc.

### 5.3.3 - Lavra por Dragagem

Este método de lavra é empregado na mineração de areia em tanques artificiais, após a interceptação do nível freático, e na lavra de areia em cursos d'água naturais. No que diz respeito à questão ambiental, a principal diferença entre essas duas situações é que a última apresenta uma maior complexidade de interações com o meio, tendo maiores desdobramentos quanto aos impactos ambientais.

A extração mineral em cursos d'água naturais consiste na retirada dos sedimentos arenosos inconsolidados, localizados em depósitos subaquosos do leito. Diferentemente da lavra de areia em tanques, aqui a extração da areia é feita com o uso de embarcações de médio a grande porte que possuem dispositivos de dragagem mais potentes, dos tipos mecânicos ou hidráulicos. As dragas mais comuns são as dotadas de bombas de sucção e recalque, do tipo hidráulicas.

Quando a dragagem se dá sem critérios, sendo executada junto às margens, não respeitando a capacidade de reposição sedimentar e aprofundando excessivamente o leito, podem ocorrer sensíveis modificações na morfologia da calha do curso d'água. Tal aspecto resulta em uma série de impactos ambientais.

No meio físico pode ocorrer a alteração do fluxo hidrológico pela modificação da área da seção transversal e rugosidade do canal, implicando em alterações nas velocidades de corrente e regime de fluxo da água. Os potenciais impactos resultantes são o aumento da erosão nas margens e aceleração da sua desestabilização geotécnica, exemplificados pelos solapamentos (Figura 5.7). Também, no processo de dragagem ocorre a ressuspensão de

sedimentos finos que encontravam-se depositados no fundo do canal, aumentando a turbidez das águas logo à jusante da draga e, em algumas situações específicas, solubilizando contaminantes que podem estar adsorvidos na fração argilosa dos sedimentos. Ainda, a contaminação das águas por óleos e graxas pode ocorrer em caso de naufrágio da embarcação ou pela falta de manutenção na casa de máquinas das embarcações, somada à ausência de um sistema de contenção de eventuais vazamentos de combustíveis.

No meio biótico os impactos potenciais são a redução da biodiversidade aquática, pela perturbação das rotas de peixes e do habitat dos organismos que vivem no fundo do canal (bentônicos). A queda de vegetação ciliar associada à desestabilização das margens também configura um impacto ao meio biótico.

O impacto visual oriundo da erosão das margens e queda de vegetação ciliar, assim como possíveis danos a construções existentes junto às margens, tais como portos e atracadouros, podem estar associados à uma dragagem sem controle técnico.

Alguns exemplos de medidas mitigadoras para os impactos ambientais listados são elencados a seguir:

- Nunca proceder a dragagem junto aos diques marginais do curso d'água, de modo a não causar o abatimento do seu sopé e consequente solapamento. Por exemplo, no Rio Grande do Sul a FEPAM exige a manutenção de uma distância mínima de 60 metros em relação às margens para a mineração de areia no rio Jacuí;
- A manutenção de faixas de distanciamento mínimo da dragagem em relação às margens também reduz os impactos sobre a biodiversidade do curso d'água, sobretudo



*Figura 5.7 – Solapamento de dique marginal e queda de vegetação em trecho do rio Jacuí onde ocorre mineração de areia. A mineração por dragagem, por ser uma atividade potencialmente causadora de impactos ambientais, pode contribuir para o aumento da erosão natural das margens.*

quanto aos organismos bentônicos, que necessitam da penetração da luz solar e concentram-se nas porções mais rasas do leito (junto às margens);

- A lavra deve ser direcionada exclusivamente aos bancos de sedimentos inconsolidados existentes, frutos do regime de deposição natural, assim como ser compatível com a capacidade de reposição natural de sedimentos do curso d'água, de modo a minimizar a influência da mineração sobre a alteração da forma do canal, velocidade e regime de fluxo hídrico;
- A lavra deve ser executada pela extração de sucessivas camadas horizontais regulares do centro para as margens, evitando-se a formação de depressões acentuadas, que poderiam provocar aumento da turbulência no fluxo hídrico e consequente aumento da erosão no fundo do canal e margens;
- Periodicamente, devem ser executados o monitoramento da taxa de reposição de sedimentos e o levantamento batimétrico do leito do canal, de modo que as medidas anteriores possam ser executadas de forma eficiente.
- A ancoragem das embarcações deverá ser realizada somente em locais autorizados e nunca causando danos à vegetação ciliar;
- As dragas devem sofrer manutenção periódica e serem dotadas de compartimentos estanques para a contenção de eventuais vazamentos de óleos e graxas.

#### **5.3.4 - Estocagem de Minério e Deposição de Estéreis e Rejeitos**

Quando o minério estocado, os estéreis e os rejeitos não são corretamente armazenados, ou seja, simplesmente dispostos em enormes pilhas de material expostas às intempéries, impactos no meio físico podem ser causados pelo transporte de sedimentos através das águas pluviais que incidem na mina (Figura 5.8). Tais impactos podem ser exemplificados pelo aumento do assoreamento e da turbidez nos cursos d'água, à jusante das minas pela disponibilização de grandes quantidades de sedimentos.

Um exemplo destes possíveis impactos é o caso da mineração de areia em cursos d'água, na qual o minério é transportado por embarcações até depósitos localizados junto às margens dos rios, os chamados terminais hidroviários de minério. Nestes terminais, normalmente, a areia é retirada da embarcação por meio de bombeamento, onde uma mistura de areia e água captada do rio é lançada através de uma tubulação até o local de estocagem. Caso o terminal não possua um eficiente sistema de



separação desta água e sedimento, tal como sistema de drenagem ligado a bacia de decantação, uma grande quantidade de água com sedimentos pode retornar ao rio elevando localmente sua turbidez e causando erosão na margem (Figura 5.9).

Na deposição de solo orgânico, que configura a maior parcela dos estéreis de quase todos os insumos estudados, o armazenamento inadequado, formando grandes pilhas e sem uma proteção contra a erosão das águas pluviais, pode resultar na total perda do banco de sementes por compactação excessiva do solo ou transporte da matéria orgânica.

Para a mitigação destes possíveis impactos, são elencadas algumas medidas:

- O minério, os estéreis e os rejeitos deverão ser armazenados em área previamente delimitadas para tal, dotada de cobertura e/ou com sistema de drenagem das águas pluviais no seu perímetro, que conduza as águas para bacias de sedimentação a serem 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, proporcionando o retorno das águas para o recurso hídrico livres de sedimento;
- O solo orgânico removido durante o decapeamento deve ser armazenado em local próprio e coberto. As pilhas não deverão ter altura excessiva, a fim de evitar sua compactação, garantindo que o solo mantenha ao máximo as suas propriedades e seja utilizado para a recuperação da área.



*Figura 5.8 – Depósito de estéril (solo orgânico) em mineração de areia, onde não há nenhum controle ambiental no armazenamento. O transporte de sedimentos pelas águas pluviais pode causar o aumento do assoreamento e da turbidez do curso d'água existente. Ponto GP-010.*



*Figura 5.9 – Mineração de areia em leito de rio (ao fundo) com descarregamento de minério na margem. A areia misturada com a água do rio é bombeada diretamente para a caçamba do caminhão e o excedente retorna livremente para o curso d'água aumentando localmente a turbidez da água. Ponto GP-178.*

### 5.3.5 - Britagem

Nas minas vistoriadas, a britagem é um processo de beneficiamento contemplado exclusivamente na mineração de basalto. Neste processo os blocos individualizados pela detonação da rocha são transportados até a planta de britagem, onde sofrem várias fases de cominuição mecânica para a produção de diferentes tamanhos de brita.

Na britagem, os possíveis pontos de emissão de poeira referem-se 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 constituída por fração de granulometria muito fina, o que lhe dá condições para que fique em suspensão por algum tempo e, dependendo das condições do vento, propaga-se em extensas áreas vizinhas, causando a redução da qualidade do ar (Figura 5.10). Os efeitos mais acentuados tanto no homem como nos animais, estão relacionados com as complicações respiratórias. Também, o acúmulo de poeira sobre a vegetação circundante reduz a sua capacidade de fotossíntese, podendo provocar a queima das folhas dos vegetais e sua consequente morte.

Para mitigar as emissões de poeiras pela britagem, a planta de beneficiamento deve contar com dispositivos que reduzam a geração de poeiras na fonte, tais como aspersores de água nos britadores primário e secundário e enclausuramento com instalação de filtros na moagem.

### 5.3.6 - Expedição e Transporte de Carga

A utilização de equipamentos tais como retroescavadeiras, pá-carregadeiras e caminhões são comuns a todas as etapas da mineração já descritas, além de se fazer necessária na expedição e transporte do minério para o consumidor (Figura



Figura 5.10 – Planta de britagem de basalto em operação com grande emissão de poeira. O impacto ambiental decorrente é a redução da qualidade do ar. Notar também a película de poeira que se deposita sobre a vegetação. Ponto OS-050.

5.11). A exemplo das outras etapas, na expedição e transporte de carga a operação deste maquinário é potencialmente responsável pela emissão de gases e poeiras, assim como a produção de ruídos e vibrações, trazendo como impactos a redução da qualidade do ar, o afugentamento da fauna e incomodo à vizinhança. Especificamente no transporte de carga, o aumento do tráfego de caminhões impacta o meio antrópico na maior frequência de congestionamentos e na danificação das malhas viárias, que não foram projetadas para suportar o peso e as frequentes viagens dos caminhões carregados de minério.

A mitigação dos impactos descritos nesta etapa passam por:



Figura 5.11 – A expedição e o transporte de minério envolvem o uso de maquinário como retroescavadeiras, pás-carregadeiras e caminhões. A operação deste maquinário é potencialmente responsável pela emissão de gases, poeiras, produção de ruídos e vibrações, trazendo como impactos a redução da qualidade do ar, o afugentamento da fauna e incomodo à vizinhança. Ponto GP-083.

- Proceder à manutenção periódica do maquinário, de modo a não produzir excessiva emissão de gases e ruídos;
- 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.

#### 5.4 - RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Segundo 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, 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. Isso se deve ao fato de que, via de regra, a lavra de insumos minerais implica em grandes modificações do meio, como por exemplo, significativa alteração da topografia do terreno, fazendo com que o retorno das suas características originais seja impraticável.

Desse modo, a recuperação deve proporcionar à área degradada pela mineração (Figura 5.12) um ambiente estável física, biológica e socialmente, sem riscos à saúde e segurança, garantindo a possibilidade de outro uso potencial sustentável para a mesma.

Entretanto, constata-se que na maioria das minas de insumos para a construção civil da Região Metropolitana de Porto Alegre há os seguintes problemas na recuperação:

- Existência da cultura de postergar a recuperação da área degradada somente para a época da exaustão da mina ou quando houver a cobrança dos órgãos fiscalizadores (Figura 5.13);
- Emprego de medidas de recuperação insuficientes ou inadequadas às características do substrato remanescente nas áreas degradadas (Figura 5.14), evidenciando a ausência ou a ineficiência do planejamento e execução técnica na reabilitação;
- Omissão da execução de recuperação do sítio degradado pela mineração, através do abandono da mina e geração de passivo ambiental (Figura 5.15).

O passivo ambiental da mineração de insumos da construção civil é bem representado pela





Figura 5.12 – Área degradada pela mineração de areia em planície aluvionar. Ponto GP – 160.



Figura 5.15 – Mina de saibro de basalto abandonada, sem qualquer ação de recuperação ambiental do sítio degradado. Ponto GP – 198.



Figura 5.13 – Área de mineração de saibro de basalto ativa, onde nenhuma medida de recuperação concomitante foi constatada. Ponto GP – 015.



Figura 5.14 – Exemplo de ação de recuperação insuficiente e inadequada em área degradada pela mineração de material de empréstimo: a) inócuo tentativa de vegetar a antiga praça de mineração com poucas mudas arbóreas e sem a deposição de solo orgânico para corrigir o substrato de natureza arenosa e bastante erodível; b) ausência de medidas de estabilização dos taludes e controle da erosão, permitindo a continuidade da degradação na área mesmo sem a mineração. Ponto GP – 078.

percentagem de minas paralisadas ou abandonadas sem a execução da recuperação ambiental, que é de aproximadamente 39% do total de empreendimentos existentes na RMPA.

Outra importante constatação é a operação de lavras clandestinas na área de estudo, que por não terem obrigações com os órgãos regulamentadores e fiscalizadores, promovem lavra predatória, com graves consequências para o meio ambiente e a sociedade, face aos passivos ambientais gerados e a exaustão prematura dos recursos minerais.

Para que a ocorrência dessas situações seja reduzida, a recuperação da área degradada pela mineração, a qual deve ser projetada e executada por profissional habilitado, deverá ser prevista já na fase de planejamento de mineração, sendo a sua execução concomitante à lavra e estendendo-se até a exaustão da mina.

Os métodos de reabilitação exigem estudos e adequação a cada situação. Em uma mesma mina, por exemplo, existem vários tipos de superfícies com características diferentes para reabilitação: taludes de aterro, taludes de corte, superfícies de corte, superfícies de aterro, substrato rochoso, solos residuais, saprólitos, solos hidromórficos, etc. Por este motivo é fundamental conhecer bem as características do substrato remanescente das áreas degradadas.

Portanto, os critérios a serem adotados no processo de recuperação devem envolver o conhecimento de várias etapas da mineração (pesquisa, lavra e beneficiamento), da forma e grau de interferência de cada etapa com o meio ambiente e das características topográficas, climáticas, litológicas, edáficas, geomorfológicas, da fauna e da flora locais.

Outrossim, a destinação futura da área a ser recuperada deve ser claramente definida na fase do planejamento, podendo ser contemplados os seguintes tipos de uso:

- a) Reflorestamento com espécies nativas;
- b) Reflorestamento comercial com espécies exóticas;

- c) Parques, áreas de lazer e recreação;
- d) Projetos agropastoris ou hortifrutigranjeiros;
- e) Piscicultura;
- f) Área urbana, residencial, comercial, industrial, etc;
- g) Aterros de resíduos sólidos da construção civil.

Cabe salientar que a definição do uso futuro da área recuperada deve sempre estar de acordo com o estabelecido em zoneamentos ecológicos-econômicos, planos de manejo e planos diretores caso existente.

Uma vez determinado o uso futuro, o plano de recuperação de uma área minerada, geralmente envolve as seguintes medidas:

- harmonização topográfica e paisagística, buscando que a conformação do terreno seja compatível com a paisagem local. Normalmente os trabalhos envolvem a suavização de taludes e o preenchimento de cavas com material estéril, executados com equipamentos convencionais de terraplenagem, tais como tratores, caminhões e rolos compactadores;

- estabilização do solo, podendo ser de natureza física e biológica. A estabilização física, envolve o preparo da área, controle de erosão e implementação de sistema de drenagem definitiva, através de valetas, calhas, canaletas, tubulações, dissipadores de energia, etc. O processo biológico consiste no plantio de gramíneas fixadoras do solo, protegendo-a da ação erosiva;

- melhoramento do solo, através da recolocação da camada orgânica anteriormente estocada. Deve haver controle do pH e salinidade, entre outros parâmetros pedológicos para a correção de nutrientes;

- plantio de arbóreas, de modo a consolidar o cortinamento vegetal em torno do sítio minerado, promover a formação de corredores ecológicos para o deslocamento da fauna e aumentar a eficiência no controle da erosão.

Finalmente, após a execução destas etapas, é imprescindível a implementação de um programa de monitoramento para acompanhar a eficiência das ações de recuperação, contemplando o controle da qualidade da água, ar, solo e biodiversidade.



## **6 – MÉTODOS DE LAVRA E BENEFICIAMENTO**

Entre as matérias-primas minerais, utilizadas pelo setor da construção civil da RMPA, se destacam os agregados minerais (areias e rochas para brita), argilas para cerâmica vermelha, materiais de empréstimo, além de saibro e pedra de talhe. A maior parte da procura por estes insumos minerais na RMPA é suprida pela produção de áreas localizadas nos municípios da região estudada.

A seleção do método de lavra é um dos principais elementos em qualquer análise econômica de uma mina e sua escolha permite o desenvolvimento da operação. Numa etapa de maior detalhe, pode constituir-se como fator preponderante para uma resposta positiva do projeto. A seleção imprópria tem efeitos negativos na viabilidade da mina.

A mineração é uma atividade que é praticada em todo mundo e as técnicas de extração empregadas estão em constante evolução. Os métodos são limitados pela disponibilidade e desenvolvimento dos equipamentos e, como todos os fatores que influenciam em sua seleção, devem ser avaliados levando-se em conta os aspectos tecnológico, social, econômico e político; a escolha do método de lavra pode ser considerada tanto uma arte como uma ciência.

Comumente o método de lavra é designado como sendo a técnica de extração do material. Isso define a importância de sua seleção, já que todo o projeto é elaborado em torno da técnica utilizada para lavar o depósito. Os trabalhos de infraestrutura estão diretamente relacionados com o método. Embora possam ocorrer modificações durante os serviços de lavra, implicando custos adicionais, essas alterações, geralmente, não produzirão um projeto ótimo em termos de eficiência operacional, porém, caso seja imperiosa essa mudança, será preciso estabelecer um método que possua maior flexibilidade em termos de variações na técnica de extração.

O emprego do termo “técnica de extração” reflete os aspectos técnicos da seleção do método, que é parte fundamental da análise, dimensionamento dos equipamentos, disposição das aberturas e sequência de lavra.

A maioria das minas utiliza mais de um método de lavra na sua operação. Um dado método pode ser mais apropriado para uma zona do depósito, todavia em outras partes seu emprego pode não ser a melhor opção.

A seleção do método de lavra pode ser dividida em duas fases:

1. Avaliação das condições geológicas, sociais e ambientais para permitir a eliminação de alguns métodos que não estejam de acordo com os critérios desejados.

2. Escolha do método que apresente o menor custo, sujeito às condições técnicas que garantam uma maior segurança.

Os principais objetivos da seleção do método estão relacionados com os aspectos ambientais, econômicos e sociais:

1. Ser seguro e produzir condições ambientais adequadas para os operários.
2. Os impactos causados ao meio ambiente devem ser reduzidos.
3. Permitir condições de estabilidade durante a vida útil.
4. Assegurar a máxima recuperação de minério com mínima diluição.
5. Ser flexível para adaptar às diversas condições geológicas e à infraestrutura disponível.
6. Permitir atingir a máxima produtividade reduzindo, conseqüentemente, o custo unitário.

No estudo da variação do método de lavra, todos os objetivos devem ser assegurados e a única diferença é a quantidade de detalhes envolvidos em sua definição. Isto é expresso em termos de uma sequência de extração mais específica, maior detalhamento nas dimensões das aberturas e disposição do projeto.

Neste capítulo serão abordados os principais métodos de lavra e beneficiamento dos diversos insumos minerais para construção civil na RMPA.

### **6.1 - AREIA**

De acordo com o tipo de depósito mineral, varia o processo de lavra, que pode ser por desmonte hidráulico, escarificação, ou simplesmente por dragagem. O beneficiamento da areia é bastante simples, baseado em classificação por peneiras, silos de decantação, e/ou hidrociclonação, que separam granulometricamente as frações interessantes aos setores de aplicação. É comum, também, a comercialização do material mais grosso, separado nas primeiras peneiras estáticas, conhecido como cascalho, pedregulho ou pedrisco.

A areia extraída na RMPA advém de basicamente duas fontes:

#### **6.1.1 - Dragagem de leito de curso d'água, como por exemplo dos rios Jacuí, Sinos e Caí**

O termo dragagem é, por definição, a escavação ou remoção de solo ou rochas do fundo de rios, lagos, e outros corpos d'água através de equipamentos denominados “draga”, a qual é, geralmente, uma embarcação ou plataforma flutuante equipada com mecanismos necessários para efetuar a remoção do solo.

Este método consiste na utilização de dragas que trabalham nos leitos dos rios, onde a lavra é preferencialmente executada contra-corrente e muitas vezes requer o represamento do curso d'água para proporcionar condições operacionais à draga. A grande vantagem desse método consiste em reunir quatro operações em uma única, ou seja: a draga desmonta, carrega o material, transporta e beneficia numa única operação, permitindo a viabilidade econômica da jazida, pois transforma depósitos em jazidas aluvionares, aliadas a alta mecanização e alta produtividade horária. Geralmente são utilizadas as chamadas dragas de sucção.

Na lavra de areia em leitos de rios, especificamente as observadas nos rios Jacuí, Sinos e Caí são utilizadas dragas para este fim, sendo quase sempre comercializada na forma como é extraída, passando, na maioria das vezes, apenas por grelhas fixas que separam as frações mais grossas (cascalho, pelotas e concreções) e eventuais impurezas (matéria orgânica, folhas e troncos) e por uma simples lavagem para retirada de argila.

A areia é retirada do leito ativo destes rios por dragas de sucção (Figura 6.1), com diâmetros variados, instaladas em um conjunto de balsa e motor a diesel. O material da sucção, uma mistura de areia e água, é bombeada através de tubulações metálicas até o depósito a céu aberto para estocagem. A prática comum é preparar uma polpa com a areia lavrada e bombeá-la para uma caixa de decantação. A areia decanta e o excesso de água transborda, arrastando a lama.

O processo de dragagem é efetuado com a embarcação posicionada sob o depósito e fixada com âncoras longitudinalmente ao eixo do rio. A dragagem deve manter uma distância mínima das margens do rio. Esta distância é estabelecida pelo órgão ambiental estadual nas licenças das áreas de extração bem como na licença do próprio equipamento de dragagem.

A lavra inicia após o posicionamento da mangueira no fundo do leito do rio, sobre a superfície



Figura 6.1 – Draga de sucção removendo areia do Rio Jacuí (Foto: Geol. Ivan Luis Zanetti).

do depósito de areia. O carregamento (tanto água quanto sedimento) para o depósito interno da embarcação é feito por uma mangueira que acionada por uma bomba produz vácuo na entrada da tubulação gerando pressão e assim succionando a mescla de água e sedimentos.

O sedimento se deposita por gravidade no fundo do depósito e a água permanece como sobrenadante. À medida que o volume de areia aumenta no depósito interno, ocorre o transbordamento da água excedente dos tanques da barcaça. Esta água excedente é denominada *overflow* e, é resultado da grande quantidade de água aspirada junto com os sedimentos.

Depois de atingida a capacidade de carga, a embarcação dirige-se através do rio para o depósito em terra firme onde o processo de descarregamento é similar ao processo de dragagem. Assim, às mangueiras succionam água para o depósito interno da embarcação para mesclar água e areia e transferir para o depósito em terra.

Os sedimentos são distribuídos em pilhas em um depósito à margem do rio. Estes depósitos denominados Terminais de Minério também requerem licença ambiental para funcionamento.

A disposição em pilhas permite o escoamento da água em sentido oposto ao do rio e sua posterior infiltração, bem como possibilita a decantação dos sedimentos evitando a remobilização desses para o rio.

Não é realizado nenhum beneficiamento do material, apenas uma classificação granulométrica realizada por uma caixa de captação posteriormente ao procedimento de secagem. Após este procedimento, o material é carregado por pás-mecânicas para caminhões basculantes para realização do transporte até o destino dos canais de comercialização.

De acordo com levantamento realizado, conforme informado neste relatório, foram cadastrados 6 pontos de extração de areia, operando de forma relativamente contínua ao longo dos rios Jacuí, Sinos e Caí.

### 6.1.2 - Areias mineradas nas áreas de planícies aluvionares através de escavações

As areias mineradas nas áreas das planícies aluvionares são retiradas em escavações nos aluviões através do método de cava submersa (Figura 6.2). As cavas são implantadas no corpo do solo e, devido à comunicação com o rio, lençol freático e pluviosidade, ganham volume de água.

Nestes casos a extração é feita na base e nas paredes laterais de uma cava preenchida com água e é realizada por equipamento de dragagem. Tubos acoplados às bombas servem como condutores da água necessária à escavação e como meio de transporte da polpa até o depósito interno.



Figura 6.2 – Lavra de areia em depósito aluvionar.

As escavações superficiais atingem no máximo 3,0 (três) metros de profundidade e no local do bombeamento cerca de 5,0 (cinco) metros. O material retirado também é disposto em pilhas como citado anteriormente.

A areia explotada, é comumente comercializada na forma como foi extraída, não havendo beneficiamento.

Pode-se dizer que o método de dragagem apresenta alta produtividade, baixos custos operacionais e boa recuperação. Possui como desvantagem o considerável requerimento de água, a limitação a depósitos que se desagregam e a baixa seletividade na lavra.

As lavras de areia na região são temporárias, pois constituem reservas não renováveis como no caso dos depósitos fluviais ou aluviais. As cavas são abertas inicialmente com retroescavadeiras que após atingirem o nível freático, recorrem ao auxílio de dragas flutuantes que retiram a areia dos lagos artificiais formados com o decorrer da atividade mineira. Com o avanço da lavra, depois de exaurida a reserva, a área minerada deve ser recuperada e o lago (cava inundada) dada uma destinação final (econômica ou paisagística).

Estima-se então que a produção mensal, com base em informações coletadas durante a execução deste projeto, é de aproximadamente 61.036 m<sup>3</sup>/mês.

Do ponto de vista de aplicação, de acordo com os dados adquiridos no modelo de questionário previamente elaborado, constata-se que as areias destes depósitos são utilizadas para a produção de concreto, utilizado na construção civil, dentro da RMPA.

## 6.2 - ARGILA

O desenvolvimento da lavra dos depósitos de argila é iniciado com o decapeamento do terreno. Este solo é disposto em pilhas e coberto com lonas para posterior reutilização quando a lavra do material a ser explotado for finalizada.

Para a extração da argila comumente se emprega um equipamento escavo-carregador, o qual extrai o material e carrega diretamente sobre os caminhões do sistema de transporte. O transporte é realizado por caminhões caçambas até a cerâmica ou pilhas de terminal de minério, conforme for sua utilização posterior.

A lavra da argila ocorre de maneira semelhante ao método de mineração em tiras (*stripping mine*), lavrando-se faixas aproximadamente perpendiculares à direção de avanço (Figura 6.3).

O material armazenado durante a época de chuvas tende a secar em galpões até uma semana antes da conformação dos produtos cerâmicos. Durante a estiagem este material é umedecido e homogeneizado para a próxima etapa.

A pá carregadeira alimenta o processo produtivo obedecendo ao seguinte fluxograma: O material argiloso é disposto em um caixão alimentador que fornece uniformemente a linha de produção, por meio de uma correia transportadora evitando interrupções na produção por falta ou excesso de material. Em seguida este material é conduzido ao desintegrador, que faz a pré-laminação, através da passagem entre os rolos (4 a 9 mm) de onde segue ao misturador que é o equipamento que garante a mistura homogênea de diversos tipos de argila, distribuindo água e triturando os torrões. Posteriormente, o laminador realiza o processo de eliminação dos pedregulhos e completa a mistura da massa. O material é encaminhado em seguida para a “maromba” ou extrusora, através de um molde para formar uma coluna contínua, a qual é cortada em dimensões pré-definidas. A máquina extrusora tem a função de homogeneizar, desagregar e compactar as massas cerâmicas dando forma ao produto.

Após a conformação, inicia-se a etapa de secagem. Esse processo é uma operação muito importante na fabricação da cerâmica estrutural, requer cuidados especiais para garantir que a água contida nos produtos seja lenta e uniformemente eliminada por toda a massa cerâmica para evitar possíveis defeitos nas peças, como trincas, empenamentos ou



Figura 6.3 – Conformação da cava de uma lavra de argila.



quebras. É realizada a secagem natural, ao ar livre, próxima aos fornos para aproveitamento do calor circulante, por um período que varia de 10 a 30 dias, de acordo com a umidade relativa do ar no local de secagem e as características do material utilizado.

A queima é a etapa mais importante de todo processo produtivo. A matéria prima é queimada a temperaturas que variam entre 650º C e 1.000º C, por até 4 dias. Após o resfriamento, os produtos cerâmicos resultantes estão aptos para a comercialização.

É durante essa etapa que se manifestam várias propriedades das argilas através das transformações físicas, químicas e mecânicas causadas pela ação do fogo. No processo da queima estão presentes quatro fases: a) esquentar ou preaquecimento, caracterizado por um aquecimento gradual para retirada de água residual, sem provocar defeitos na peça cerâmica causados por contrações diferenciais durante a expulsão da umidade remanescente, num período de até 4 dias em temperaturas que variam entre 800ºC e 1700ºC; de acordo com a natureza do material utilizado e do produto a ser obtido; b) patamar, a temperatura máxima de queima é mantida por um determinado período de tempo, dessa forma, a câmara aproxima ao máximo o gradiente de temperatura por todo o forno; c) resfriamento, realizado de forma gradual e cuidadosa para evitar ocorrência de trincas, através da chaminé ou do aproveitamento de calor para os secadores. Finalmente o material é destinado ao consumidor final (Figura 6.4).

A produção de argilas na região metropolitana de Porto Alegre é realizada por dois distintos usos deste material.

O primeiro é na indústria da cerâmica vermelha com polos de produção nas cidades de São Leopoldo, Sapiranga, Portão, Campo Bom, Alvorada, Gravataí, São Sebastião do Caí, Novo Hamburgo, Rolante, Glorinha, Parobé e Arroio dos Ratos. O mercado local apresenta expressiva produção de tijolos de seis furos, grande parte do material consumido na RMPA.

Os principais depósitos de argilas são de origem sedimentar e estão relacionados às formações Botucatu, Pirambóia e Rio do Rastro e depósitos quaternários.

O segundo é para aplicação na indústria da cerâmica mais nobre, sendo a matéria prima produzida exclusivamente no município de Alvorada, retirada da Formação Rio Bonito e comercializada diretamente com polos de produção nas cidades de Santa Catarina.

Apesar da extensão de áreas promissoras, o crescimento urbano desordenado tem inviabilizado o aproveitamento destes recursos minerais. Diante deste novo cenário, as cerâmicas estão sendo obrigadas a buscar novas fontes de suprimento para suas olarias, transferindo-se para outras localidades ou, em último caso, encerrar suas atividades.

### 6.3 - MATERIAL DE EMPRÉSTIMO E SAIBRO

A lavra de material de empréstimo e saibro ocorre da mesma maneira que a lavra de argila descrita anteriormente. Compreende uma operação conjunta que corresponde ao desmonte e carregamento do material *in natura*, com pás carregadeiras e o transporte da matéria prima em caminhões basculantes até as obras. Em algumas lavras, o desmonte e transportes são realizados de forma artesanal (Figura 6.5).

A extração do material de empréstimo se caracteriza também pela informalidade da atividade que se desenvolve de forma irregular, predatória, sem planejamento e responsáveis técnicos. Em geral, a execução é de responsabilidade de pessoas físicas, as quais, na maioria, são proprietários do solo.

### 6.4 - BASALTO

A área em apreço a lavra de basalto é realizada visando à produção de brita e pedra detalhe para uso na construção civil.

#### 6.4.1 - Basalto para brita

Da mesma forma que nos outros materiais lavráveis já descritos neste texto, a execução da operação de lavra em depósitos de basalto inicia-se com o decapeamento através da remoção da camada de solo orgânico e cobertura de estéril. A descobertura ocorre conforme se dá o avanço da lavra. Esta, por sua vez, deve suprir a demanda do mercado ou, no caso de o material ser empregado diretamente, da demanda da obra.

A preparação do terreno para início das operações de lavra, em uma pedreira, constitui uma fase bastante delicada para o bom andamento dos futuros trabalhos de desmonte da rocha. Nessa fase, é importante se preservar parte do solo removido para posterior recuperação da área degradada pela lavra. Dessa forma, é recomendável que seja reservada uma área para estocagem de solo durante o planejamento das operações.

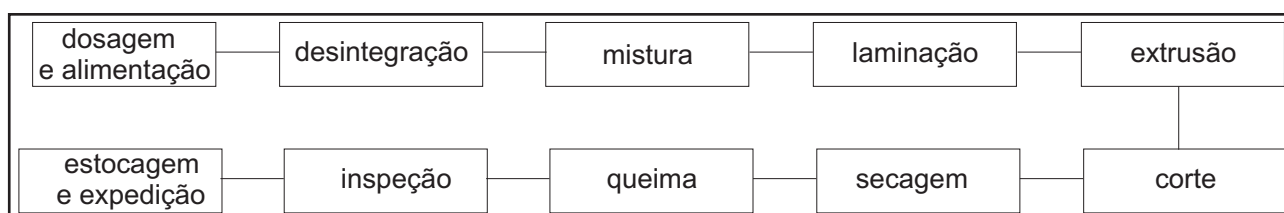


Figura 6.4 – Fluxo de trabalho em olaria.





Figura 6.5 – Frente de lavra de material de empréstimo.

Os equipamentos que são normalmente utilizados no processo de decapeamento em pedreiras incluem: tratores de esteira, carregadeiras frontais, escavadeiras e caminhões.

A retirada do solo ocorre de maneira seletiva, com a utilização de um trator de esteira. Assim sendo, o solo orgânico deverá ser mantido em local adequado, para utilização no processo de recuperação, que deverá estar previsto no plano de recuperação ambiental. O material estéril poderá ser utilizado na construção dos acessos e manutenção da praça de trabalho.

A perfuração para o desmonte é executada com a utilização de perfuratrizes, podendo ser manual ou automática, dependendo do porte do empreendimento, enquanto que a furação secundária (matacões) é executada com martelotes.

O desmonte de rocha em pedreiras é realizado tradicionalmente por meio de explosivos. Embora vários problemas de ordem ambiental, tais como ruído, ultralanchamentos e vibrações transmitidas à vizinhança, a utilização intensa de explosivos, no desmonte em pedreiras, está associado à eficiência da técnica e aos custos envolvidos, muito menores do que no desmonte mecânico.

O planejamento do desmonte, com utilização de explosivos, é influenciado por diversos fatores, os quais necessitam de controle para que os objetivos pretendidos do desmonte sejam efetivamente alcançados. A escolha do método e dos equipamentos de perfuração, a distribuição, o diâmetro e profundidade dos furos, o tipo de explosivo a ser utilizado e a qualificação da equipe de desmonte são, por exemplo, fatores relevantes para o sucesso do desmonte, mas, as condições geológicas têm papel fundamental e sempre devem ser consideradas no projeto.

O desmonte de rochas em pedreiras segue o método de bancadas simples ou múltiplas, dependendo do porte e condicionamento topográfico e geológico do maciço rochoso. De um modo geral, no Brasil as lavras em pedreiras são desenvolvidas em encostas e, poucas, são configuradas na forma de cavas (*open pit*). O método de bancadas é o método mais comum para

desmontes com utilização de explosivos. A organização dos furos paralelos a faces livres permite uma fácil fragmentação do maciço rochoso tornando, dessa forma, o método de bancadas em um dos métodos mais fáceis, eficientes e econômicos de desmonte

Como as áreas de pedreiras na área deste estudo, geralmente estão situadas em região de encosta, o desmonte das rochas é realizado inicialmente com preparação das frentes de lavra para que, posteriormente, o desmonte ocorra em bancadas. A dimensão destas bancadas varia em torno de 8 a 10 metros de altura com um ângulo de face de em torno 15°. Desta forma, a malha de furação básica terá as características adaptadas de maneira a gerar a configuração de bancada aprovada pelo DNPM, através do plano de aproveitamento econômico apresentado e da obtenção do licenciamento do órgão ambiental estadual para cada situação (Figura 6.6).

O carregamento e transporte de blocos rochosos em pedreiras, tradicionalmente, é feito com o sistema carregadeira frontal/caminhão. Outras opções de equipamentos para o carregamento incluem retroescavadeiras.

O transporte por caminhão vai desde a frente de lavra, até a planta de britagem e depois para o mercado consumidor. Os crescentes aumentos no preço do petróleo, considerando-se ainda que a tendência de crescimento de preços será mantida para os próximos anos, têm feito com que os operadores de pedreiras procurem melhores práticas e tecnologias para permanecerem competitivos no mercado. O sistema de carregamento e transporte utilizado hoje, na maioria das pedreiras brasileiras, baseado no caminhão, compõe um grande fator de custo nas operações de produção de brita (Figura 6.7).

O processo de cominuição e classificação dos produtos é formado por um sistema de britagem primária e por um sistema de rebitagem e peneiramento. Cabe salientar que o britador bem como a usina de asfalto, no caso de existir, também são objetos de licenciamento por parte do órgão responsável. A Figura 6.8 mostra todo o fluxo de trabalho em pedra de basalto para brita.



Figura 6.6 – Pedreira de basalto em bancadas.



Figura 6.7 – Carregamento de caminhão em lavra de basalto.

#### 6.4.2 - Basalto para pedra talhe - Diabásio

As rochas para cantaria, também conhecidas como “pedra de talhe”, são basicamente produtos artesanais que possuem a mesma natureza das rochas britadas. No entanto, são fragmentos de rocha mais ou menos geométricos, preparados para serem utilizados *in natura* na construção civil. Estes são produzidos por quebras controladas com o objetivo de conseguir peças ou blocos regulares com o formato desejado. O desmonte pode ser feito por explosivos ou por alavancas, dependendo da intensidade do fraturamento. O material é rudimentar, talhado ou cortado com marretas, cunhas e talhadeiras, formando produtos que segundo a forma e o uso, podem ser: placas (utilizadas como piso, revestimentos de paredes e muros) pedra de mão ou pedra marroada (utilizadas para gabiões de contenção, muros de contenção, bases, drenagens entre outros) e paralelepípedos e meios-fios (utilizados para calçamento de ruas, estradas, muros de arrimo e calçadas).

As rochas que compõem esta formação constituem uma sequência vulcânica que abrange uma sucessão de derrames de lavas predominantemente básicas e diques de diabásio. Estas rochas quando apresentam foliação e não se encontram em forma de maciço rochoso, não podem ser extraídos em forma de blocos.

Segundo a forma e o uso, podem ser:

- Placas - usadas como piso, revestimentos de paredes e muros. Matéria prima: ardósia, filito, tectonitos, gnaisses, xistos, quartzitos, varvitos, etc. são rochas que se partem facilmente em placas ao longo dos planos de foliação, quando metamórficas, ou de estratificação, quando sedimentares, como o varvito. as rochas metamórficas são as mais propícias a este uso devido à maior resistência e pela presença de descontinuidades plano-paralelas (foliação), que facilitam sua ruptura (Figuras 6.9 e 6.10);
- Paralelepípedos e blocos- usados para calçamento de ruas, estradas, pátios (macadames), muros de arrimo e calçadas (pedras portuguesas). a matéria prima são rochas de granulometria uniforme, sem foliação e que se partem em formas geométricas, com as faces fazendo ângulos próximos a 90 graus (Figura 6.11).

#### 6.5 - GRANITO

O granito é um tipo comum de rocha ígnea de grão fino, médio ou grosseiro, composta essencialmente por quartzo, mica e feldspato, tendo como minerais acessórios mica (presente praticamente sempre), hornblenda, zircão e outros minerais. É normalmente encontrado nas placas continentais da crosta terrestre.

A textura das rochas silicatadas é determinada pela granulometria e hábito dos cristais, sendo a estrutura definida pela distribuição desses cristais, sendo a composição, textura e estrutura parâmetros de grande importância para caracterização de granitos.

O granito é utilizado como rocha ornamental e na construção civil. Para o sector de pedras ornamentais e de revestimento, o termo granito designa um amplo conjunto de rochas silicatadas, abrangendo monzonitos, granodioritos, charnockitos, sienitos, dioritos, doleritos, basaltos e os próprios granitos.

A lavra de granito na RMPA ocorre da mesma maneira que a lavra de basalto descrita anteriormente:

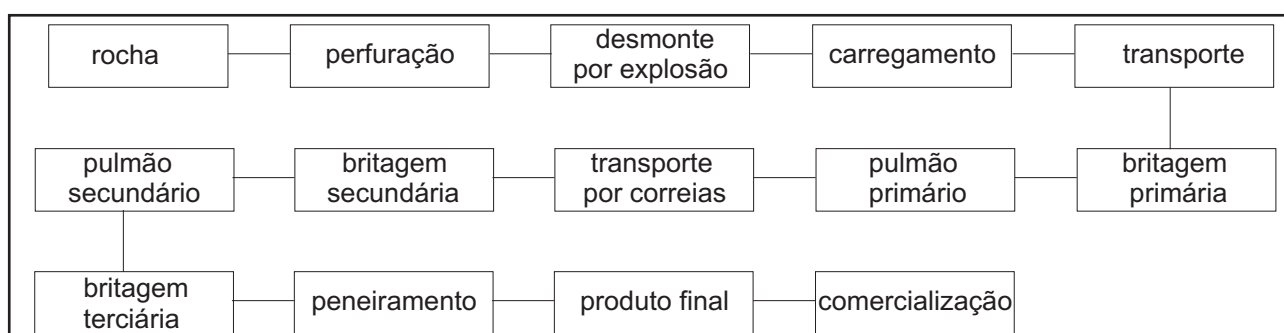


Figura 6.8 – Fluxo de trabalho em pedreira de basalto para brita.





Figura 6.9 – Processo de extração de pedra de talhe em placas.



Figura 6.10 – Placas prontas para carregamento.



Figura 6.11 – Desmonte de frente de lavra para produção de paralelepípedos e blocos de pedra de talhe.

Inicia-se com o decapeamento através da remoção da camada de solo orgânico e cobertura de estéril, utilizando-se tratores de esteira, carregadeiras frontais, escavadeiras e caminhões.

O material estéril proveniente do decapeamento poderá ser utilizado na construção dos acessos e manutenção da praça de trabalho.

A furação para o desmonte é executada com a utilização de perfuratrizes, podendo ser manual ou automática, dependendo do porte do empreendimento, enquanto que a furação secundária (matacões) é executada com martelletes.

O desmonte de rocha em pedreiras é realizado tradicionalmente por meio de explosivos, seguindo o método de bancadas simples ou múltiplas, dependendo do porte e condicionamento topográfico e geológico do maciço rochoso (Figura 6.12).

O carregamento e transporte em pedreiras, tradicionalmente, é feito com o sistema carregadeira frontal/caminhão. O transporte por caminhão vai desde a frente de lavra, até a planta de britagem e depois para o mercado consumidor.

A instalação de britagem e classificação dos produtos é formado por um sistema de britadores primário e secundário e peneiramento. O material passante (*undersize*) é distribuído através de correias transportadoras para formação de pilhas dos produtos finais, seguindo a comercialização, dos diversos tipos de britas.



Figura 6.12 – Extração de granito para brita em pedreira organizada em bancadas.



Figura 6.13 – Carregamento em extração em pedreira de granito para brita.

## 6.6 - ARENITO PARA PEDRA DE TALHE

Arenito é uma rocha sedimentar que resulta da compactação e litificação de um material granular da dimensão das areias. O arenito é composto normalmente por quartzo, mas pode ter quantidades apreciáveis de feldspatos, micas e/ou impurezas. A presença de impurezas determina a coloração dos arenitos; como por exemplo, grandes quantidades de óxidos de ferro, fazem esta rocha apresentar coloração castanho avermelhado.

A lavra para este tipo de insumo consta de desmonte através de operações mecânicas (retro-escavadeira, esmilhadeira elétrica e martetele elétrico), semi-mecânicas e manuais (picareta e martelo rompedor) para o desmonte dos bancos de arenitos e confecção das peças por unidades.

As Figuras 6.14 e 6.15 ilustram a descrição feita.



Figura 6.14 – Desmonte dos bancos de arenito e confecção das peças.



Figura 6.15 – Carregamento das peças em caminhão de transporte.



## 7 – DIREITOS MINERÁRIOS

O aproveitamento dos recursos minerais é regido por preceitos institucionais que garantem para a União, a propriedade dos bens jacentes no subsolo, e dão o direito de prioridade conforme a precedência de quem primeiro venha a se habilitar a uma determinada área.

O Código de Mineração e a legislação correlata detalham os procedimentos e regulamentam as informações e documentos necessários à habilitação, assim como as etapas que devem ser cumpridas, e seus prazos, bem como os instrumentos de gestão do patrimônio mineral brasileiro, competência delegada ao DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral.

No texto em tela serão tecidas considerações sobre o patrimônio mineral conhecido até o presente na RMPA, incluindo o número de processos por insumos minerais cadastrados e a situação legal dos mesmos.

### 7.1 - OS DIREITOS MINERÁRIOS NA RMPA

Nesta etapa do trabalho, para o conhecimento das atividades minerais que se desenvolvem na

RMPA, utilizou-se o cadastro mineiro *on-line* do DNPM. Foram selecionadas todas as áreas requeridas para pesquisa, lavra e licenciamento mineral. A Figura 7.1, na sequência, apresenta a distribuição por etapa do processo de licenciamento, enquanto que a Figura 7.2 mostra o número de processos por município da Região Metropolitana de Porto Alegre. Por sua vez, a Figura 7.3 relata a distribuição do número de processos minerários por insumo, enquanto o Mapa de Direitos Minerários (Figura 7.4) apresenta as áreas requeridas e licenciadas no DNPM.

Atualmente existe um total de 1888 processos registrados no DNPM visando à produção de minérios na área abrangida pela RMPA, destes 298 encontram-se em fase de Requerimentos de Pesquisa, 121 Requerimentos de Licenciamento, 732 Autorizações de Pesquisa, 95 Concessões de Lavra, 473 Licenciamentos, 82 Requerimentos de Lavra, 50 Disponibilidades de Áreas e 37 Registros de Extração.

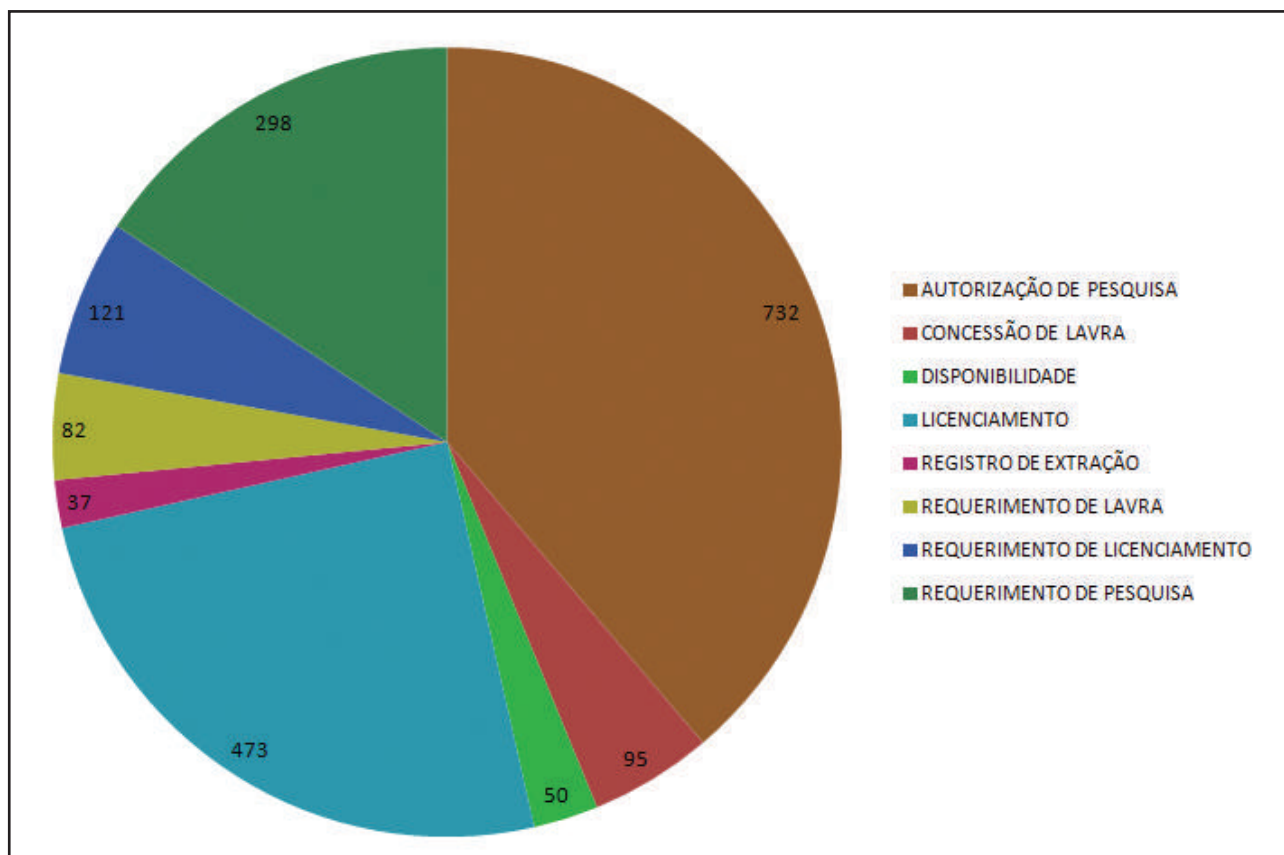


Figura 7.1 – Número de processos por etapa de licenciamento.

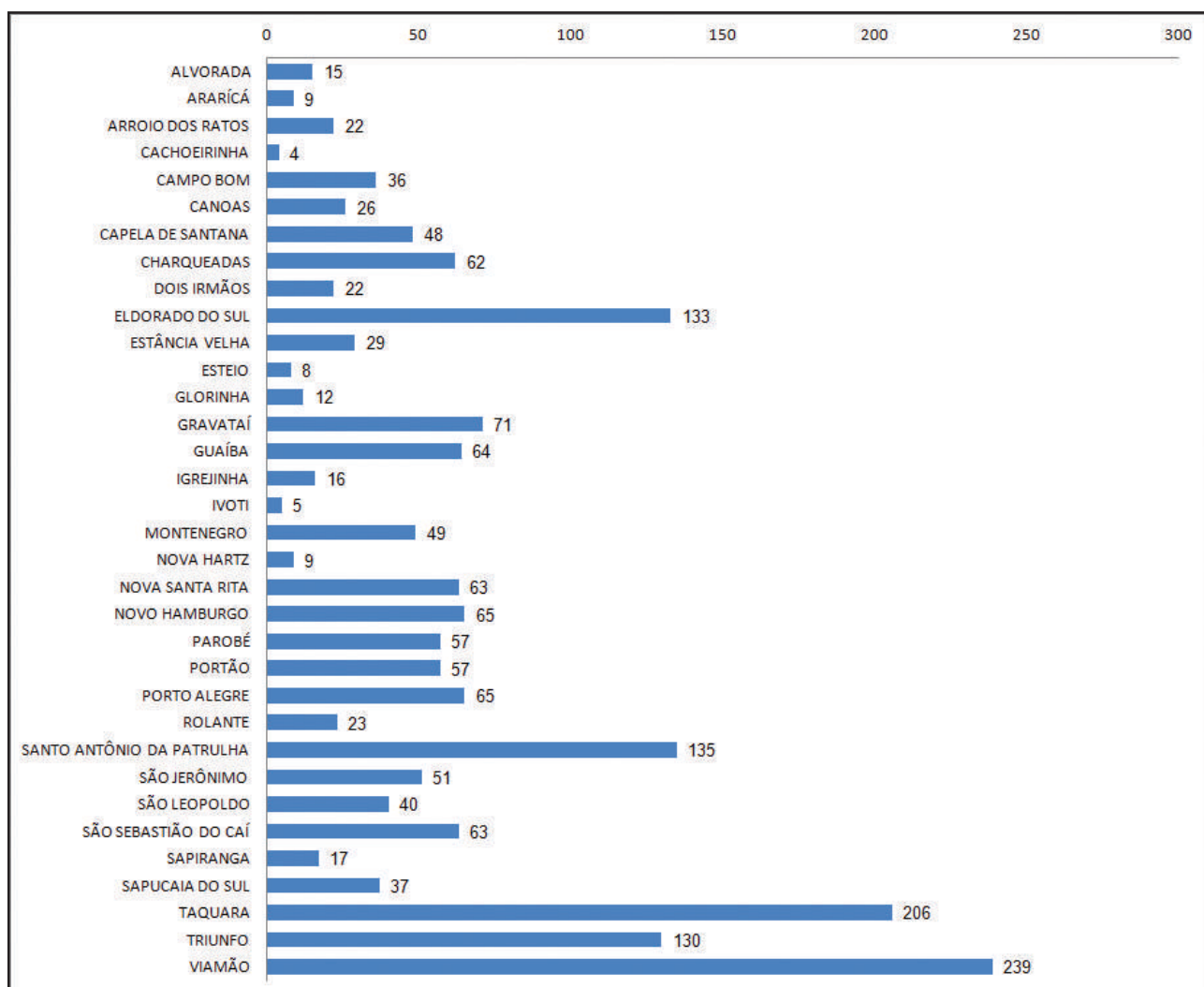


Figura 7.2 – Número de processos por município da RMPA.

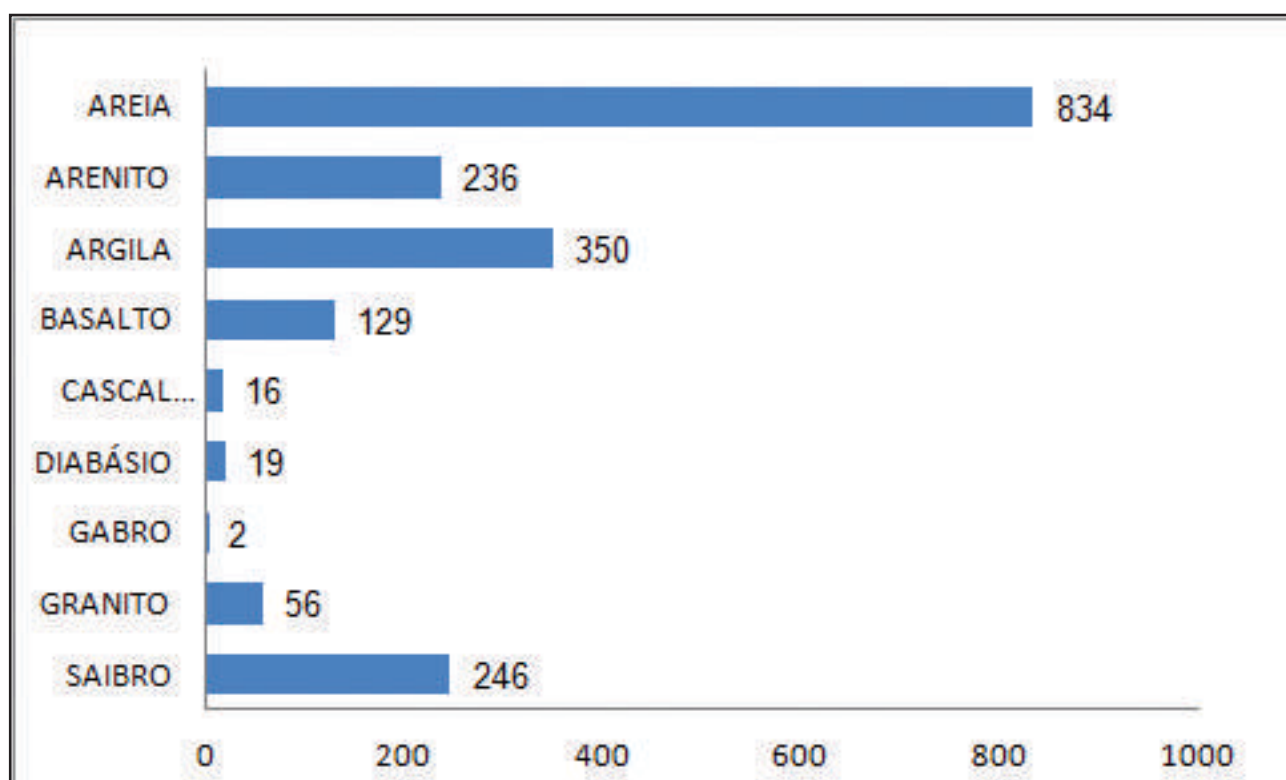


Figura 7.3 – Número de processos por insumo na RMPA.

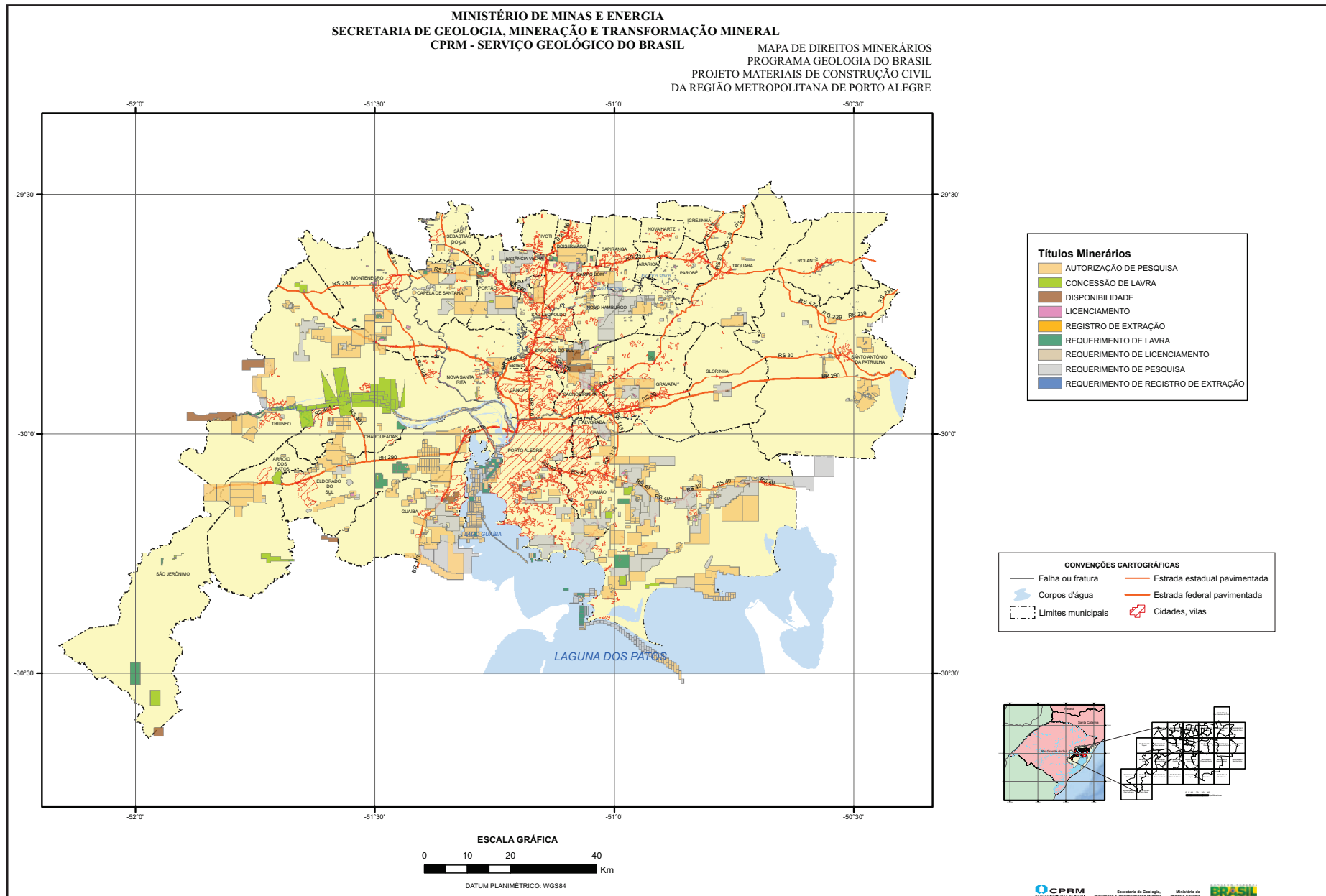


Figura 7.4 – Mapa de Direitos Minerários da RMPA.





## **8 - DIAGNÓSTICO TÉCNICO ECONÔMICO**

### **8.1 - GENERALIDADES**

A mineração é um dos setores básicos da economia brasileira, contribuindo de forma decisiva para o bem-estar e a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações, sendo fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade equânime, desde que seja operada com responsabilidade social, estando sempre presentes os preceitos do desenvolvimento sustentável.

A relevância do setor de agregados para a sociedade é destacada por estar diretamente ligada à qualidade de vida da população como na construção de moradias, saneamento básico, pavimentação e construção de rodovias, vias públicas, ferrovias, hidrovias, portos, aeroportos, pontes, viadutos, etc.

Os agregados para a indústria da construção civil são as substâncias minerais mais consumidas e, portanto, as mais significativas em termos de quantidades produzidas no mundo, apresentando baixo valor unitário, no entanto, seu consumo constitui um importante indicador do perfil sócio-econômico de um país.

A mineração ligada a materiais de uso na construção civil é considerada uma das mais importantes atividades extrativas do país. O seu consumo *per capita* é um indicador importante da situação econômica e social de um povo e do seu nível de desenvolvimento, pois a sua utilização está condicionada à melhoria da qualidade de vida da população.

Em resumo, a mineração de agregados para construção civil, comparado aos outros setores da mineração brasileira, possui características típicas, destacando-se: grandes volumes de produção, beneficiamento simples, baixo preço unitário, alto custo relativo a transporte e a necessidade de proximidade das fontes produtoras com o local de consumo.

Agregados para construção civil são materiais minerais, utilizados principalmente em obras de infraestrutura e edificações (residenciais, comerciais, industriais e institucionais). A pedra britada, areia e cascalho são as substâncias minerais mais consumidas no Brasil e no mundo, onde os principais produtores de agregados para construção civil são os grandes centros urbanos que estimulam o desenvolvimento da extração deste material.

Com este trabalho, diante da importância econômica e social dos recursos minerais de uso na construção civil da RMPA, faz-se necessária uma avaliação do atual cenário produtivo destes insumos, bem como o traçado de projeções futuras para a atividade minero-industrial. Aliando demanda e sustentabilidade, fatores como fontes de suprimento,

restrições à extração e ordenamento territorial, são de extrema importância no sentido de preservar áreas para atividade mineral e compatibilizá-las com o desenvolvimento urbano.

Deve ser ressaltado que um dos maiores problemas encontrados nas análises técnico-econômicas que envolvem os agregados para a construção civil é a falta de uma base estatística confiável, uma vez que existe um elevado grau de informalidade de empresas que operam nesse mercado. Os dados disponibilizados não representam informações confiáveis sobre agregados que possibilitem retratá-los objetivamente aos organismos envolvidos na política de planejamento urbano.

### **8.2 - PANORAMA NACIONAL**

De acordo com a ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil, a indústria de agregados (areia e brita) envolve cerca de 3.100 empresas, das quais 600 produzem brita e 2.500, areia, gerando em conjunto um total de 75.000 empregos diretos e 250.000 indiretos.

Com relação à produtividade, a mineração brasileira de agregados ainda tem muito a desenvolver, se comparada à dos países da Europa Ocidental e dos EUA, onde a mão de obra é treinada e grandes investimentos são feitos na modernização das instalações de produção. A exemplo, nos EUA, o índice de produtividade varia de 1.500 a 2.000 m<sup>3</sup>/homem/mês, enquanto que no Brasil, a média fica em torno de 250 m<sup>3</sup>/homem/mês no caso da areia (QUARESMA, 2009).

O Sindicato da Indústria de Mineração de Pedra Britada do Estado de São Paulo - SINDIPEDRAS, em face de estudos realizados, revela que a brita representa, em média, 2% do custo global de uma edificação e 60% do seu volume. Em obras de pavimentação, sua participação no custo chega a 30%.

Dados do DNPM (2010) informam que o mercado consumidor brasileiro de pedras britadas apresentava 70% do seu consumo destinados à mistura com cimento e os outros 30% destinados à mistura com asfalto betuminoso. Segundo Mercadante (2010), o Estado de São Paulo tem o maior consumo *per capita* de agregados no país com 3,4 t/hab/ano vindo logo a seguir Goiás e o Distrito Federal.

O indicador BRASIL para o consumo *per capita* evoluiu de 3,3 toneladas de agregados por habitante/ano em 2010 para 3,5 t/hab. em 2011, ou seja, um incremento de 6%. Comparativamente aos países desenvolvidos, o Brasil ainda está muito distante do valor médio histórico de 6 a 7 toneladas por habitante/ano (por exemplo, Estados Unidos).

Um dos principais fatores determinantes nos custos das pequenas empresas do segmento de brita é o frete, que obriga o produtor a operar próximo aos centros consumidores. Dessa forma, a atividade mineradora convive com constantes conflitos com a comunidade vizinha e com os órgãos ligados ao meio ambiente.

Vale ressaltar também que a falta de um planejamento urbano, principalmente no que concerne a necessidade de serem elaborados planos diretores de mineração, com o respectivo zoneamento metropolitano, têm contribuído para a exaustão de áreas próximas aos grandes mercados consumidores e a restrição ambiental tem resultado no deslocamento dos mineradores para locais cada vez mais distantes dos grandes centros urbanos, o que onera o preço final da mineração de agregados, visto que a distância entre produtor e consumidor tem sido cada vez mais aumentada, onerando o frete e, conseqüentemente, o preço do produto final.

No Brasil, atualmente, 90% da produção nacional de areia natural têm sido obtida a partir da extração em leito de rios e os 10% restantes, de outras fontes.

Paradoxalmente, no Estado de São Paulo, maior produtor brasileiro, a relação é diferente, 45% da areia produzida é proveniente de várzeas, 35% de leitos de rios e o restante, de outras fontes. O estado responde por 39% da produção nacional, seguido de Rio de Janeiro (16%), Minas Gerais (12,5%), Paraná (6,5%), Rio Grande do Sul (4,2%) e Santa Catarina (3,5%).

O Brasil consumiu no ano de 2012, cerca de 673.763.863 t de agregados enquanto o Estado do Rio Grande do Sul consumiu neste período 39.272.768 t, correspondendo a 6% do material consumido no Brasil e 35,81% da região sul (Tabela 8.1).

O setor de agregados no Brasil vive um momento virtuoso sustentado pelos investimentos em obras de infraestrutura e habitação refletidos pelo crescimento do nível de renda da população, pela redução do desemprego e pela queda da taxa de juros reais e, portanto, maior disponibilidade de crédito. O bônus demográfico é outro componente positivo na sustentabilidade desse crescimento pelo menos por mais uma década.

Segundo o IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração (2012) o aumento dos investimentos nacionais em infraestrutura para que o Brasil sedie os eventos esportivos mundiais é garantia para que a demanda por agregados (areia, brita, cascalho, argila) continue em alta até 2022. A pesquisa aborda a importância desses insumos, onde: para cada km de uma linha do metrô são consumidos 50.000 toneladas de agregados; para a estrada pavimentada são cerca de 9.800 toneladas; em casas populares de 50 m<sup>2</sup> são utilizadas 68 t; enquanto que em edifícios são consumidos 1.360 t para cada 1.000 m<sup>2</sup> construídos. O gráfico (Figura 8.1) apresenta a evolução da produção de agregados no Brasil e a Figura 8.2 apresenta a

evolução do consumo de agregados, areia e brita no país. Os gráficos apresentam a evolução no período de 1997 a 2022 (IBRAM, 2012).

Os principais segmentos consumidores de brita e areia, segundo ANEPAC (2013) e seu percentual de participação no mercado, estão demonstrados na Tabela 8.2, onde pode-se constatar, que grande parte destes insumos são utilizados para argamassa.

Por outro lado, levando-se em consideração o insumo argila, de acordo com a ANICER (2013), este segmento é composto por aproximadamente 6.900 empresas, distribuídas em todos os estados brasileiros. Na sua grande maioria (cerca de 90%) são empresas classificadas como micro ou pequenas, algumas médias, geralmente de estrutura familiar. O segmento da cerâmica vermelha brasileira produz mensalmente cerca de 4 bilhões de blocos/tijolos e 1,3 bilhões de telhas, consumindo 10,3 milhões de toneladas de argila. O faturamento anual desse setor gira em torno de 18 bilhões de reais, originando aproximadamente 300 mil postos de trabalho diretos, somados a quase 1 milhão indiretos, o que representa 4,8% da indústria da construção civil.

Embora persista a expectativa de manutenção de forte demanda por agregados em médio e longo prazos, ocorrem pontualmente quedas de atividades em setores correlacionados à construção civil, como observado em junho 2012, com o decréscimo de 8,5% na produção de aço, segundo o Instituto Aço Brasil, e de 9% no comércio de materiais de construção, como informa a ANAMACO (Associação Nacional dos Comerciantes de Material de Construção).

O PAC - Programa de Aceleração do Crescimento, plano do governo federal que visa estimular o crescimento da economia brasileira, através do investimento em obras de infraestrutura (portos, rodovias, aeroportos, redes de esgoto, geração de energia, hidrovias, ferrovias, etc), foi lançado em 2007 e em 2011 foi lançada a segunda fase do programa com os mesmos objetivos do anterior, que com certeza tem contribuído para o aumento da produção e conseqüente consumo destes insumos para construção civil.

### **8.3 - CENÁRIO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE**

A RMPA possui grande potencial natural para o desenvolvimento da mineração de agregados. A diversidade litológica garante boa oferta desse material de uso imediato na construção civil e o crescimento econômico associado à demanda sobrepajada por construções habitacionais e ainda, as deficiências da estrutura urbana formam o cenário favorável à expansão dessa atividade na região.

#### **8.3.1 - Setor de Não-Metálicos**

De acordo com a Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul – FIERGS, (2012), a indústria

Tabela 8.1 – Consumo de agregados no Brasil, por estado e região (Mercadante, 2012).

| Estado\Região       | Total consumido (ton.) | Percentual por Região |
|---------------------|------------------------|-----------------------|
| Amazonas            | 10.511.744             |                       |
| Pará                | 19.012.575             |                       |
| Acre                | 1.888.866              |                       |
| Rondônia            | 7.408.262              |                       |
| Roraima             | 1.183.520              |                       |
| Amapá               | 1.801.562              |                       |
| Tocantins           | 4.192.791              |                       |
| Norte               | 45.999.319             | 6,83%                 |
| Bahia               | 37.702.689             |                       |
| Alagoas             | 7.484.543              |                       |
| Sergipe             | 5.769.790              |                       |
| Pernambuco          | 26.778.265             |                       |
| Paraíba             | 8.823.781              |                       |
| Rio Grande do Norte | 8.547.150              |                       |
| Ceará               | 19.692.468             |                       |
| Piauí               | 6.696.278              |                       |
| Maranhão            | 14.024.997             |                       |
| Nordeste            | 135.519.961            | 20,11%                |
| Goiás               | 23.595.020             |                       |
| Distrito Federal    | 14.915.681             |                       |
| Mato Grosso         | 11.426.783             |                       |
| Mato Grosso do Sul  | 8.572.237              |                       |
| Centro Oeste        | 58.509.721             | 8,68%                 |
| São Paulo           | 177.158.361            |                       |
| Minas Gerais        | 71.076.418             |                       |
| Rio de Janeiro      | 61.930.077             |                       |
| Espirito Santo      | 13.877.637             |                       |
| Sudeste             | 324.042.493            | 48,10%                |
| Paraná              | 41.941.737             |                       |
| Santa Catarina      | 28.455.865             |                       |
| Rio Grande do Sul   | 39.272.768             |                       |
| Sul                 | 109.670.369            | 16,28%                |

deminerais não metálicos possui 11 subsetores e um total de 2.183 estabelecimentos. O destaque é a fabricação de artigos de concreto, cimento, fibrocimento, gesso e materiais semelhantes. Este subsetor conta com 957 estabelecimentos, o que representa aproximadamente 43,8% do total da indústria de minerais não metálicos. Sendo que 76% dos estabelecimentos desta indústria estão concentrados em três mesorregiões, 34,0% estão localizados na região Metropolitana de Porto Alegre, 24,6% na região Noroeste e 17,4% na região Nordeste. As demais regiões somam 24,0% restantes (Figura 8.3).

As microempresas representam quase 75% do total. As empresas de pequeno e médio porte representam 22,4% e 2,7% dos estabelecimentos, respectivamente. Há apenas 4 estabelecimentos de grande porte nesta indústria.

A indústria de minerais não metálicos emprega quase 22 mil pessoas no Estado do Rio Grande do Sul. Aproximadamente 40,2% dos trabalhadores estão empregados nas pequenas empresas, 27,7% nas de médio porte, 25,0% nas microempresas e 7,1% nas de grande porte.

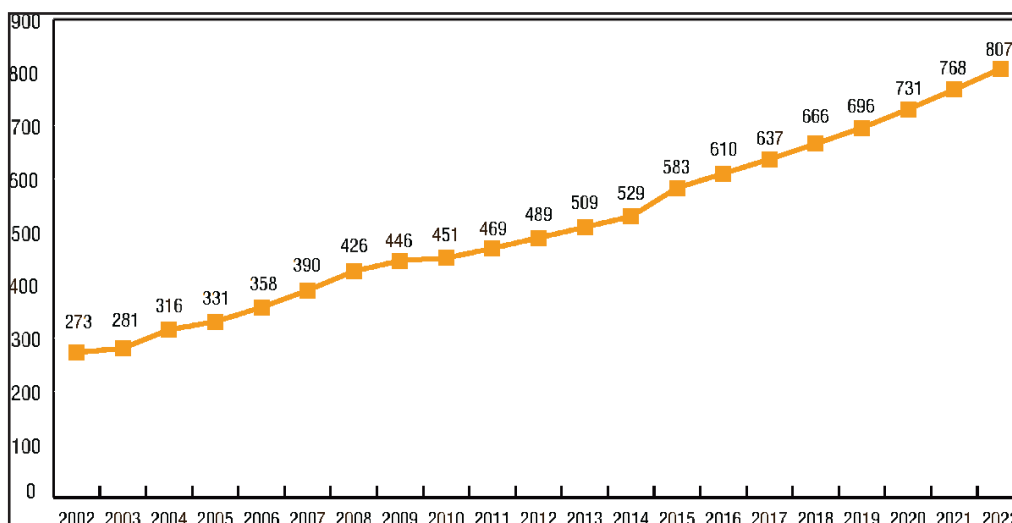


Figura 8.1 – Produção de agregados no Brasil (em milhões de toneladas), com projeção até 2022 (IBRAM, 2012).

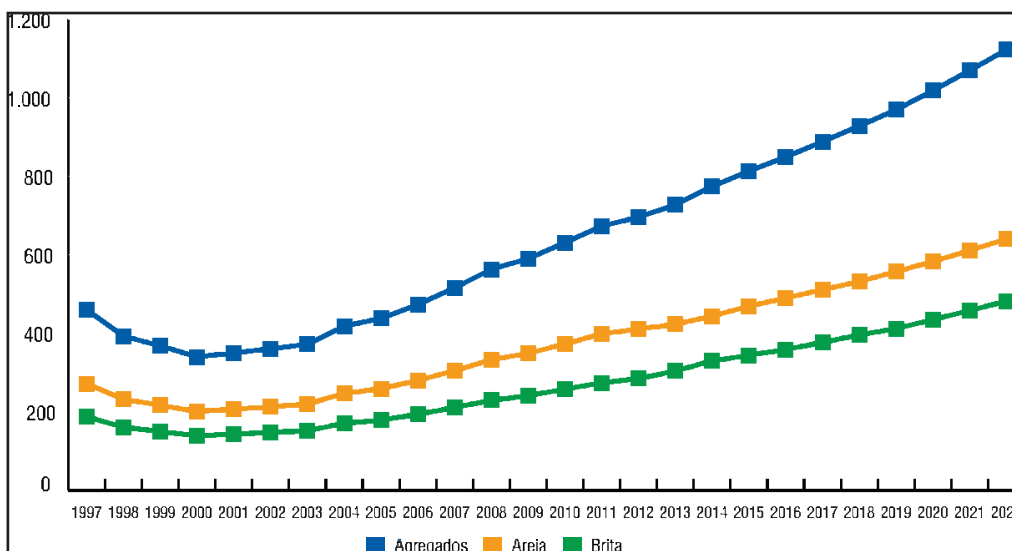


Figura 8.2 – Evolução do consumo agregados no Brasil (em milhões de toneladas), com projeção até 2022 (IBRAM, 2012).

Tabela 8.2 – Distribuição em percentual dos principais segmentos consumidores de brita e areia (ANEPAC, 2013).

| Brita (%) | Segmento                         | Areia (%) |
|-----------|----------------------------------|-----------|
| 32        | Concreteiras                     | 20        |
| 24        | Construtoras                     | 15        |
| 14        | Indústrias de pré-fabricados     | 10        |
| 10        | Revendedores/Lojas               | 10        |
| 9         | Pavimentadoras/Usinas de Asfalto | 5         |
| 7         | Órgãos Públicos                  | 3         |
| 4         | Outros                           | 2         |
| –         | Argamassa                        | 35        |

A remuneração média por trabalhador nessa indústria (2,1 salários-mínimos) está abaixo da média observada para a indústria de transformação do Estado. As microempresas possuem menor remuneração, com uma média de 1,6 salários-mínimos por trabalhador e as empresas de médio porte são as que melhor remuneram neste setor, pagando em média para os seus funcionários 2,7 salários-mínimos.

Do total de trabalhadores desta indústria, aproximadamente 41,8% encontram-se empregados nas empresas de fabricação de artigos de concreto, cimento, fibrocimento, gesso e materiais semelhantes.

A segunda atividade em números de funcionários é a fabricação de produtos cerâmicos não refratários para uso estrutural na construção, com 5.496 funcionários, que representa 25,0% do total.

No que tange à distribuição espacial dos trabalhadores da indústria de minerais não metálicos através do estado, é possível observar que quatro regiões concentram mais de 87% dos trabalhadores formais empregados, sendo que 40,1% estão concentrados na região Metropolitana de Porto Alegre, 19,2% na região Nordeste, 17,9% na região Noroeste e 10,4% na região Centro Oriental.

Assim como na maior parte dos setores que compõem a indústria de transformação do RS, a mão de obra empregada neste segmento



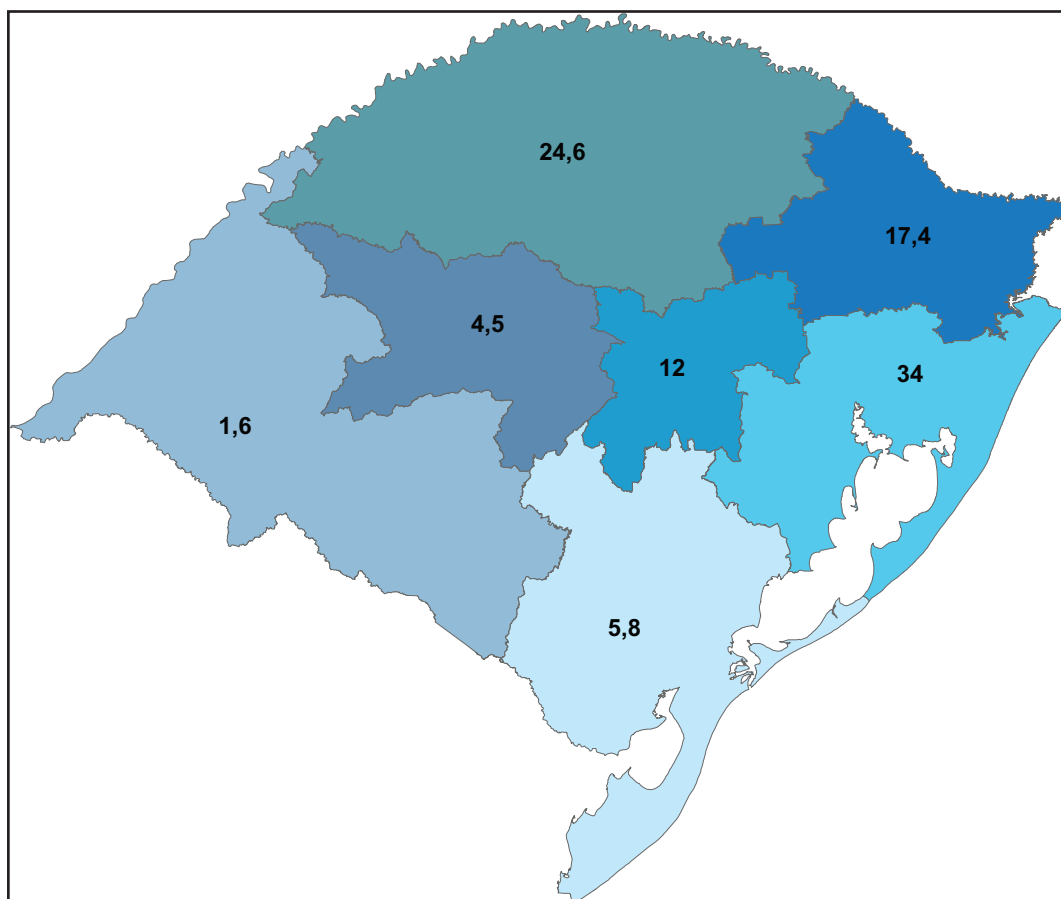


Figura 8.3 – Distribuição Espacial dos Estabelecimentos da Indústria de Minerais não Metálicos Fonte: TEM (RAIS 2012). Elaboração FIERGS/UEE.

é predominantemente masculina (87%). Este percentual é maior nas pequenas empresas (89,1%) e menor nas de porte médio (82%). A idade média do trabalhador é de 35,1 anos, sendo que 86,2% têm menos de 49 anos.

O grau de instrução dos trabalhadores é baixo. Apenas 2,8% dos trabalhadores possuem educação em nível superior completo e 3,5% em nível incompleto. A maior parte dos empregados (31,2%) possui ensino fundamental incompleto. Cabe destacar que existem somente 8 trabalhadores nesta indústria com grau de instrução em nível de pós-graduação (mestrado e/ou doutorado).

### 8.3.2 - Indústria de Construção Civil

A indústria de Construção Civil do Rio Grande do Sul conta com um total de 18.445 estabelecimentos, divididos em três grandes setores: construção de edifícios; obras de infraestrutura; e serviços especializados para construção. A construção de edifícios concentra 52,5% dos estabelecimentos desta indústria, e se subdivide em incorporação de empreendimentos imobiliários, com 1.386 estabelecimentos, e construção de edifícios, com 8.303. O setor de obras de infraestrutura conta com 2.182 estabelecimentos, o que representa 11,8% do total, e se divide em 9 subsetores. Por fim, o setor de serviços especializados para construção representa

35,6% dos estabelecimentos desta indústria e se divide em 10 subsetores.

Com relação à distribuição espacial dos estabelecimentos, é possível observar que a maioria das empresas desta indústria está concentrada na região Metropolitana de Porto Alegre, que concentra mais de 40% do total, seguida das regiões Noroeste e Nordeste, com 18,7% e 15,3%, respectivamente. As demais regiões somam os 25,2% restantes. Esta distribuição pode ser observada na Figura 8.4.

A construção civil no Estado do Rio Grande do Sul é composta majoritariamente por microempresas, que concentram 83,5% dos estabelecimentos. As empresas de porte pequeno, com 2.644 estabelecimentos representam 14,3% do total, seguida pelas médias e grandes empresas, que representam 2% e 0,2% respectivamente.

Esta indústria emprega 147.138 trabalhadores no Estado do Rio Grande do Sul. Cabe destacar que embora em números de estabelecimentos as microempresas representem quase a totalidade, elas empregam apenas 23,7% da mão-de-obra utilizada no setor. Ainda, mais de 35% dos trabalhadores formais desta indústria estão empregados nas empresas de pequeno porte e 17,6% estão nas empresas de grande porte.

No que tange à distribuição espacial dos trabalhadores através do estado, é possível observar

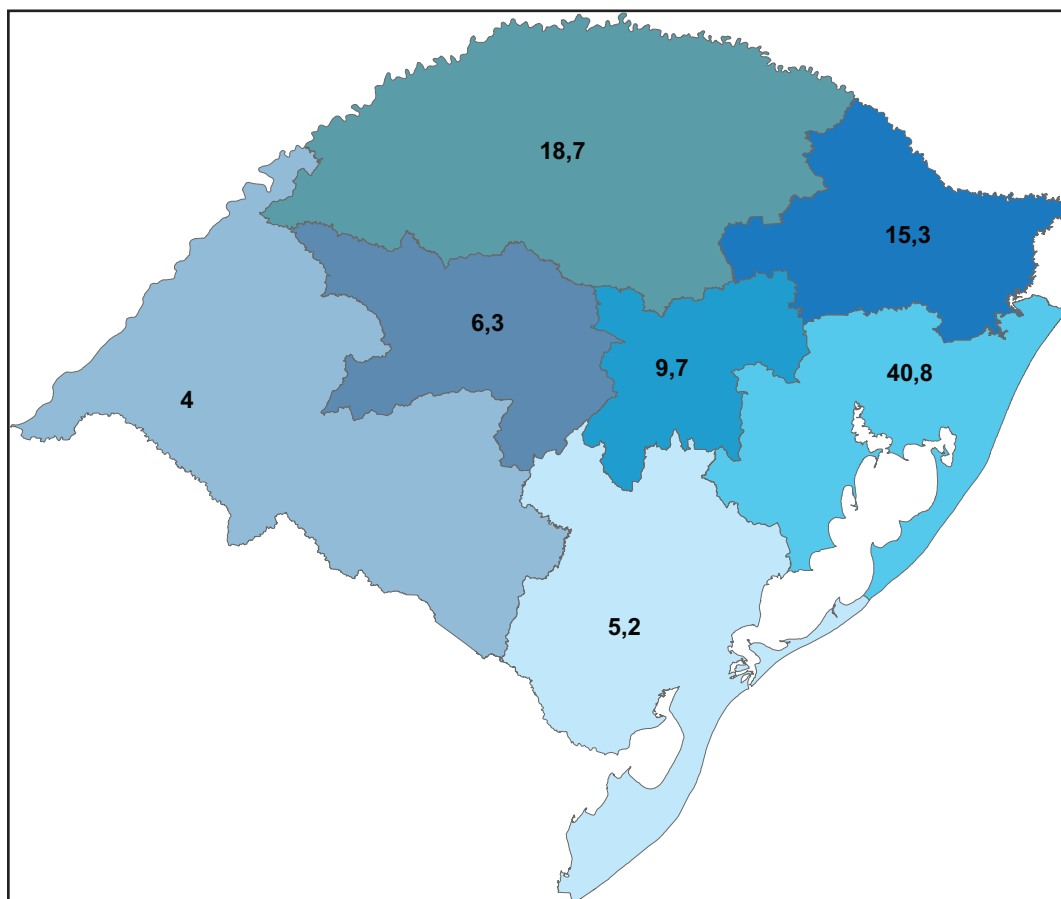


Figura 8.4 – Distribuição espacial dos estabelecimentos da construção civil.

que três regiões concentram mais de 80% dos trabalhadores formais empregados, sendo que 55,8% destes estão concentrados na região Metropolitana de Porto Alegre, 14,7% na região Noroeste, 11,2% na região Nordeste.

A atividade que mais emprega neste setor é a construção de edifícios, com 41,9% dos trabalhadores, seguida da montagem de instalações industriais e de estruturas metálicas (obras de infraestrutura), com 6,2%.

A remuneração média por trabalhador nessa indústria é de 2,3 salários-mínimos. As microempresas possuem menor remuneração, com uma média de 1,8 salários-mínimos por trabalhador e as empresas de grande porte são as que melhor remuneram neste setor, pagando em média para os seus funcionários 3,3 salários-mínimos.

## 8.4 - INSUMOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL NA RMPA

### 8.4.1 - Areia

De acordo com a ANEPAC, a areia é conceituada na indústria como um bem mineral constituído predominantemente por quartzo de granulação fina e pode ser obtida a partir de depósitos de leitos de rios e planícies aluviais, rochas sedimentares e mantos de alteração de rochas cristalinas. Areias

de praias e dunas litorâneas não apresentam boa qualidade como material para construção civil devido à presença de sais.

As principais áreas de extração de areia na RMPA são formadas por depósitos fluviais e aluviais recentes e por depósitos relacionados a sistemas deposicionais antigos. Os depósitos arenosos fluviais explorados na RMPA são minerados principalmente nos leitos dos rios Jacuí, Sinos e Caí.

O rio Jacuí é a principal fonte de abastecimento de areia da Região Metropolitana de Porto Alegre, da Serra Gaúcha, do Planalto, Litoral Norte e do Oeste de Santa Catarina e do Paraná (Figura 8.5). Constitui fonte de areia de ótima qualidade, com características físicas que permitem a redução do uso de cimento em construções. O trecho do rio chamado baixo Jacuí que limita os municípios de Triunfo, Nova Santa Rita, Charqueados e Eldorado do Sul fornece mais de 2/3 de toda areia consumida na RMPA.

A mineração de areia nos rios dos Sinos e Caí possui menor expressão em termos de volumes lavrado, e sua produção atende principalmente as demandas locais dos municípios da RMPA.

As outras áreas de extração de areia da RMPA estão relacionadas a depósitos do sistema “laguna barreira” de idade pleistocênica (2,59 Ma) da planície costeira do Rio Grande do Sul, e estão localizadas no município de Viamão. Estes depósitos estão adquirindo destaque nos últimos anos, pois

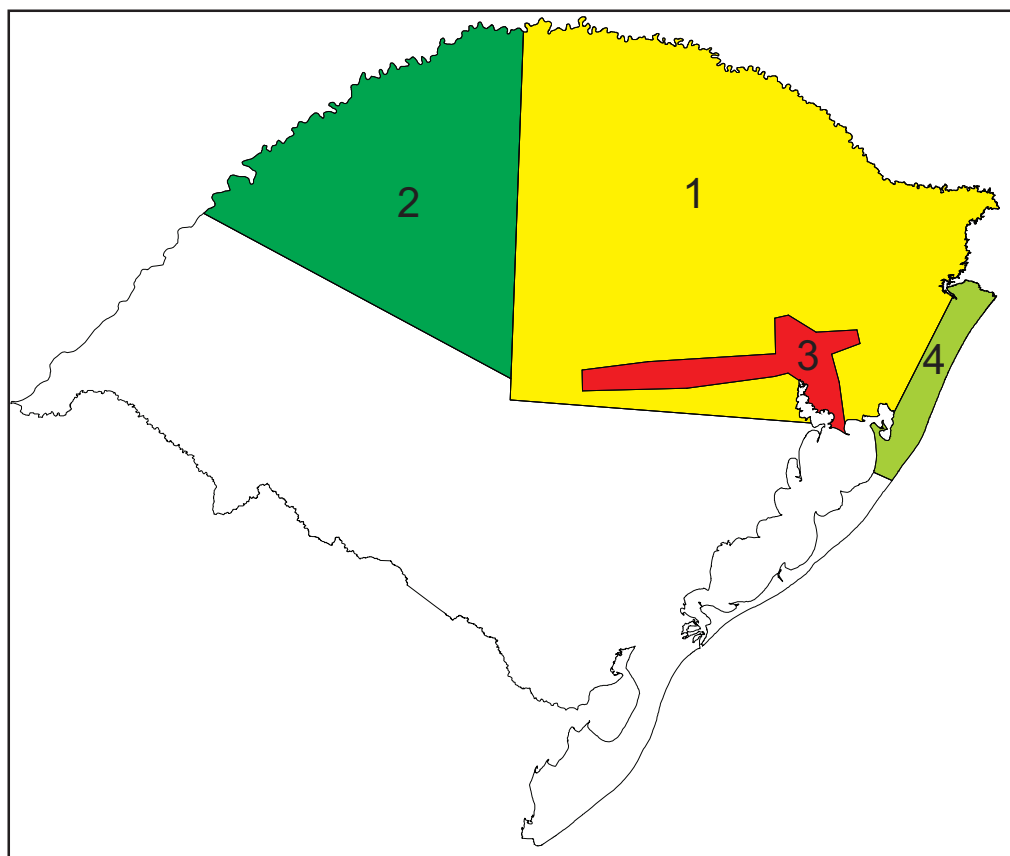


Figura 8.5 – Áreas abastecidas pela areia retirada do Rio Jacuí (fonte: SMARJA). Área 1 – Totalmente abastecida pela produção da área 1. A região representa 30% do território gaúcho, 65% da população do Estado e 70% do Produto Interno Bruto do Rio Grande do Sul. Áreas 2 e 4 – Mais da metade do abastecimento de areia provém da produção da área 1. Área 3 – Região produtora: Rio Jacuí, Rio Cai e Rio do Sinos.

configuram reservas formadas por areias de ótima qualidade para uso na construção civil.

Estas areias apresentam granulometria que varia de fina a média, sendo sua maior aplicação na fabricação de concreto.

O volume de areia registrado na RMPA é de 131.086 m<sup>3</sup>/mês, devendo-se observar que estes valores foram objeto das áreas cadastradas, durante os trabalhos de campo deste projeto.

O preço médio da areia lavada FOB varia de R\$ 25,00 a R\$ 46,00/m<sup>3</sup> (dez/2013), enquanto que o valor médio do frete é de R\$ 13,00/m<sup>3</sup>.

De acordo com o SINDUSCON-RS (dez/2013), o preço médio da areia lavada no período de janeiro a dezembro/13 variou de R\$ 42,91 a 59,88/m<sup>3</sup>, observando-se um pico de R\$ 82,20/m<sup>3</sup> entre julho e agosto/13.

O levantamento de reservas e recursos minerais é importante para saber a relação entre produção e reservas, de modo a acompanhar sua evolução, prever exaustão de reservas, indicar necessidade de novos investimentos em pesquisa mineral, criar políticas de incentivo à busca de recursos, etc.

A dificuldade no fornecimento de reservas na RMPA se prende ao fato de que muitas empresas trabalham no regime de Licenciamento, que não exige cubagem de reservas.

#### 8.4.2 - Brita

A brita produzida na RMPA é toda proveniente de rochas basálticas e graníticas. Os municípios onde existe a maior concentração de reservas e produção são os de Montenegro, Estância Velha, Portão, Santo Antônio da Patrulha, Triunfo, Campo Bom e Gravataí, para basalto e Eldorado do Sul, Arroio dos Ratos e Porto Alegre para granito.

O consumo de brita se dá praticamente todo na indústria da construção civil. Seu uso acha-se dividido entre os subsetores de revenda (lojas de materiais de construção), concreto pré-misturado, fabrico de pré-moldados de concreto, concreto asfáltico, material para compor a base/sub-base de rodovias, lastro ferroviário, enrocamento e filtro. Estes setores estão na base dos ramos de edificações e de construção pesada, que constituem a formação de moradias e infraestrutura.

Segundo o site da Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil (ANEPAC), o consumo de brita está dividido em 32% para concreteiras, 24% construtoras, 14% pré-fabricados, 10% revendedores/lojas, 9% pavimentadoras/usinas de asfalto, 7% órgãos públicos e 4% outros.

Na RMPA são produzidas principalmente britas 0,1, 2, 3 e 4 e rachão (material obtido após desmonte

da rocha por explosivo, às vezes denominado “rachão de praça”, ou após britagem primária), sendo que a mais comercializada é a brita 1, para concreto.

A produção na RMPA se destina principalmente a própria região metropolitana, sendo o preço médio praticado variando de R\$ 19 a R\$ 25,00/m<sup>3</sup> FOB. O preço do frete praticado varia de R\$ 13 a R\$ 16,00/m<sup>3</sup> (ano 2012).

De acordo com dados obtidos em campo os preços médios praticados em britas de basalto por município (novembro/2012), são os seguintes:

Por outro lado, de acordo com dados fornecidos pelo IBGE (dez/2013), os preços médios praticados dos diversos tipos de brita são os seguintes:

O levantamento de reservas e recursos minerais é importante para saber a relação entre produção e reservas, de modo a acompanhar sua evolução, prever exaustão de reservas, indicar necessidade de novos investimentos em pesquisa mineral, criar políticas de incentivo à busca de recursos, etc.

No caso de rochas para produção de brita para construção civil, isso não se aplica. Na maior parte do Brasil, os recursos existem e são abundantes. Entretanto, essa relativa abundância deve ser encarada com o devido cuidado. O custo de transporte da pedra aos centros de distribuição ou ao consumidor final encarece o preço final. Praticamente todo o transporte é feito por via

rodoviária. Portanto, idealmente, a brita deve ser produzida o mais próximo possível dos centros de consumo, o que torna antieconômico boa parte dos recursos minerais disponíveis na natureza.

Além das restrições ambientais, leis de zoneamento municipais restritivas também impedem o aproveitamento dos recursos existentes. Mesmo que não haja zoneamento municipal restritivo à mineração, a própria expansão urbana torna o acesso a esses recursos minerais, inviável. O crescimento desordenado dos grandes centros urbanos acaba inviabilizando a operação de pedreiras, seja pela ação política dos habitantes, seja pelo encarecimento da propriedade.

A dificuldade no fornecimento de reservas na RMPA se prende ao fato de que muitas empresas trabalham no regime de Licenciamento, que não exige cubagem de reservas e muitas concessões, principalmente em áreas urbanizadas, são obtidas para servirem de proteção à pedra, ou seja, o empresário compra a propriedade fundiária, faz os trâmites necessários para obter a concessão e cria uma área de proteção para evitar que o entorno de sua pedra vire um loteamento (oficial ou clandestino), o que pode criar problemas sérios para sua existência.

#### 8.4.3 - Argila

Por se tratar de material de baixo valor agregado, as argilas na RMPA são produzidas em minerações cativas que abastecem as próprias cerâmicas ou são vendidas nos mercados locais. O baixo valor agregado de seus produtos dificulta investimentos em equipamentos, tecnologia e qualificação da mão-de-obra, que são componentes fundamentais para a obtenção de um produto de maior qualidade.

Uma característica dessa indústria é a tendência para a concentração geográfica das empresas próximas às áreas de produção de matérias-primas. O desenvolvimento desse segmento está intimamente atrelado à indústria da construção civil.

Na RMPA as principais jazidas de argila estão localizadas em planícies aluviais nas várzeas dos rios dos Sinos e Gravataí. No rio dos Sinos, os trechos minerados cortam os municípios de Novo Hamburgo, Sapiranga, Campo Bom e Araricá. Já no rio Gravataí, as áreas mineradas estão concentradas no município de mesmo nome. Essas regiões reúnem as principais olarias da RMPA, que utilizam argilas como matéria prima na indústria cerâmica para produção de tijolos maciços e furados, telhas diversas, blocos vazados e pisos coloniais.

Algumas lavras importantes de argila da RMPA estão localizadas em unidades sedimentares, e derivam do intemperismo de rochas da Bacia do Paraná. Essas jazidas podem configurar potencial para argilas nobres, pois possuem grau de pureza maior com relação à argilominerais se comparados a depósitos argilosos encontrados em planícies aluviais.

Tabela 8.3 – Preço médio do m<sup>3</sup> de brita 1 na RMPA (novembro 2012).

| Município                 | Preço médio R\$/m <sup>3</sup> |
|---------------------------|--------------------------------|
| Montenegro                | 21,00                          |
| Estância Velha            | 22,00                          |
| Portão                    | 21,00                          |
| Santo Antônio da Patrulha | 25,00                          |
| Triunfo                   | 23,00                          |
| Campo Bom                 | 21,00                          |
| Gravataí                  | 25,00                          |

Tabela 8.4 – Preço médio para brita na RMPA (dezembro 2013).

| Produto | Preço R\$/m <sup>3</sup> |
|---------|--------------------------|
| Brita 0 | 47,33                    |
| Brita 1 | 47,63                    |
| Brita 2 | 46                       |
| Brita 3 | 41,41                    |
| Brita 4 | 39,94                    |
| Brita 5 | 31,06                    |
| Rachão  | 37,27                    |



Em comparação ao rio dos Sinos, a ocorrência de lavras de argila no rio Gravataí é muito inferior em razão da ocupação urbana e pela atividade de plantio de arroz que ocupa grandes extensões da várzea do rio.

Foram cadastrados no total 58 pontos na RMPA. Os principais produtos obtidos nas olarias são tijolos de 6 furos, 4 furos e maciço. Em menor quantidade, também são fabricados tijolos de 8 e 21 furos.

Os preços médios (abril/2013) praticados na RMPA são os seguintes:

De acordo com o IBGE (dez/2013), os preços médios praticados dos diversos tipos de tijolos na RMPA são os seguintes:

Constata-se na maioria das minerações de argilas da RMPA deficiências com relação à sua condução técnica e gerencial. Faltam profissionais qualificados para a condução das atividades extrativas, caracterização e controle das matérias-primas. A ausência de profissionais especializados e o baixo padrão da tecnologia utilizada nas operações de lavra constituem importante fator que prejudica a competitividade do setor minero-cerâmico brasileiro frente aos países líderes internacionais.

Por outro lado, as informações oficiais não refletem a realidade do segmento, tanto no número de empresas atuantes quanto da quantidade produzida, estimando-se que a produção de argila seja muito maior do que os dados oficiais captados.

Apesar do grande potencial mineral, é difícil fazer uma estimativa mais precisa das reservas de argila para cerâmica vermelha uma vez que os depósitos e as jazidas, em geral, são mal avaliados e pouco conhecidos.

Tabela 8.5 – Preço médio dos diversos tipos de tijolos, praticados na RMPA (abril/2013).

| Produto            | Preço médio (R\$/milheiro) |
|--------------------|----------------------------|
| Tijolo de 6 furos  | 350,00                     |
| Tijolo de 4 furos  | 250,00                     |
| Tijolo maciço      | 275,00                     |
| Tijolo de 21 furos | 350,00                     |
| Tijolo de 12 furos | 350,00                     |

Tabela 8.6 – Preço médio dos diversos tipos de tijolos praticados na RMPA, segundo o IBGE (dez/2013).

| Produto                                  | Preço médio (R\$/milheiro) |
|--|----------------------------|
| Tijolo de 8 furos                        | 530                        |
| Tijolo maciço                            | 340                        |
| Tijolo cerâmico aparente 6x12x24 cm      | 660                        |
| Tijolo cerâmico aparente 5,5x11x23 cm    | 647,62                     |
| Tijolo cerâmico refratário 6,3x11,4x22,9 | 3.220,00                   |

#### 8.4.4 - Pedra de Talhe

Na RMPA as pedras de talhe são obtidas a partir de rochas oriundas das formações Serra Geral e Botucatu. Normalmente apresentam fraturas ortogonais, o que facilita o corte de peças em formas regulares, sendo empregadas como paralelepípedo, pedras de alicerce, tijoletas, lajes, lajotas, guias de meio-fio, etc.

As pedras de talhe obtidas de arenitos da Formação Botucatu, constituem matéria-prima de aplicação imediata na construção civil, sendo talhadas na forma de pedras de alicerce, tijoletas, lajes, lajotas e guias de meio-fio, largamente empregadas na construção de casas, muros e no revestimento de calçadas e ornamentação.

Foram registrados 44 pontos de extração. A maior parte das atividades exploratórias estão concentradas em lavras situadas nos municípios de Gravataí, Taquara, Santo Antônio da Patrulha, Novo Hamburgo, Sapiranga e Parobé.

O total extraído de arenito na RMPA é de aproximadamente 10.500 m<sup>3</sup>/mês.

Os blocos de basalto explotados são extraídos em áreas onde ocorrem rochas da Formação Serra Geral e empregados principalmente no calçamento de ruas.

Os municípios produtores abrangem Santo Antônio da Patrulha, Glorinha, Ivoti, Sapiranga e Capela de Santana.

Foram registrados 9 pontos na RMPA e a produção mensal é de aproximadamente, 2.150 m<sup>3</sup>/mês.

Os preços médios de pedras de basalto FOB (abril/2013) praticados em alguns municípios objeto do trabalho de campo, são os seguintes:

Os preços médios de pedras de arenito FOB (abril/2013) praticados em alguns municípios objeto do trabalho de campo, são os seguintes:

Tabela 8.7 – Preços médios para pedras de talhe de basalto FOB (abril/2013).

| Municípios               | Preço (R\$/m <sup>3</sup> ) |
|--------------------------|-----------------------------|
| Portão                   | 36,00                       |
| Ivoti                    | 10,00                       |
| Capela de Santana        | 9,00                        |
| Santo Amônio da Patrulha | 50,00                       |

Tabela 8.8 – Preços médios para pedras de talhe de arenito FOB (abril/2013).

| Municípios                | Preço (R\$/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|-----------------------------|
| Parobé                    | 85,00                       |
| Gravataí                  | 72,00                       |
| Santo Antônio da Patrulha | 90,00                       |
| Taquara                   | 80,00                       |
| Novo Hamburgo             | 75,00                       |
| Sapiranga                 | 70,00                       |

#### 8.4.5 - Material de Empréstimo

Na RMPA os pontos para extração de material de empréstimo são registrados onde ocorrem rochas ígneas pertencentes à Formação Serra Geral, rochas sedimentares presentes nas formações Botucatu e Piramboia e também, depósitos colúvio-aluviais.

Foram registrados quarenta e dois pontos de extração em rochas da Formação Serra Geral, distribuídos entre os municípios de Montenegro, Taquara, Capela de Santana, Santo Antônio da Patrulha, Rolante e São Sebastião do Caí.

O volume extraído informado, em rochas das formações Serra Geral, é de, aproximadamente, 70.000 m<sup>3</sup>/mês.

Os preços médios obtidos por município na RMPA (abril/2013) foram os seguintes:

Na Formação Botucatu o material é extraído da fácies de interdunas, tendo sido registrado onze pontos de extração, em quanto que na Formação Pirambóia o material de empréstimo é extraído da fácies arenosas, tendo sido computados 07 pontos de extração em rochas destas formações.

Os pontos de extração registrados, referidos nas Formações Botucatu e Pirambóia, estão localizados nos municípios de São Sebastião do Caí, Sapiranga, Araricá, Nova Hartz e São Leopoldo.

Em depósitos colúvio-aluviais o material extraído possui granulometria que varia de argilosa a arenosa-média. Foram registrados sete pontos de extração, também não há informações oficiais a respeito de volume extraído.

Os pontos de extração registrados estão localizados nos municípios de São Sebastião do Caí, Taquara, Nova Hartz e Rolante.

Não há informações oficiais para os depósitos das Formações Botucatu e Pirambóia e colúvio-aluviais, referentes à quantidade de material extraído mensalmente e preços praticados.

De acordo com o IBGE (dez/2013), o preço médio praticado dos diversos materiais utilizados para aterro (material de empréstimo e saibro) na RMPA, com transporte até 10 km é de R\$ 15,11/m<sup>3</sup>.

Tabela 8.9 – Preços médios do m<sup>3</sup> do material de empréstimo na RMPA.

| Município                 | Preço médio R\$/m <sup>3</sup> |
|---------------------------|--------------------------------|
| Santo Antônio da Patrulha | 13,70                          |
| Montenegro                | 8,00                           |
| São Sebastião do Caí      | 7,50                           |
| Capela de Santana         | 10,00                          |
| Taquara                   | 23,00                          |
| Rolante                   | 27,50                          |

#### 8.4.6 - Saibro

Os principais depósitos detectados localizam-se na metade sul/sudoeste da RMPA, onde ocorre em grande número, porém na forma de pequenas extrações a margem das estradas vicinais, em terrenos pertencentes a Suíte Granítica Dom Feliciano, Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado e Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos.

Não há informações oficiais referentes à quantidade de material extraído mensalmente e preços praticados.

De acordo com o IBGE (dez/2013), o preço médio praticado dos diversos materiais utilizados para aterro (material de empréstimo e saibro) na RMPA, com transporte até 10 km é de R\$ 15,11/m<sup>3</sup>.

### 8.5 - ARRECADAÇÃO DA CFEM

A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais, estabelecida pela Constituição de 1988, em seu Art. 20, § 1o, é devida aos Estados, ao Distrito Federal, aos Municípios, e aos órgãos da administração da União, como contraprestação pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios. Ao Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM compete baixar normas e exercer fiscalização sobre a arrecadação da CFEM (Lei Nº 8.876/94, art. 3º – inciso IX).

A Compensação Financeira é devida por quem exerce atividade de mineração em decorrência da exploração ou extração de recursos minerais.

A exploração de recursos minerais consiste na retirada de substâncias minerais da jazida, mina, salina ou outro depósito mineral, para fins de aproveitamento econômico. Constitui fato gerador da Compensação Financeira a saída por venda do produto mineral das áreas da jazida, mina, salina ou outros depósitos minerais. E, ainda, a utilização, a transformação industrial do produto mineral ou mesmo o seu consumo por parte do minerador.

A Compensação Financeira é calculada sobre o valor do faturamento líquido, obtido por ocasião da venda do produto mineral. Entende-se por faturamento líquido o valor da venda do produto mineral, deduzindo-se os tributos (ICMS, PIS, COFINS), que incidem na comercialização, como também as despesas com transporte e seguro.

Quando não ocorre a venda, porque o produto mineral é consumido, transformado ou utilizado pelo próprio minerador, então considera-se como valor, para efeito do cálculo da CFEM, a soma das despesas diretas e indiretas ocorridas até o momento da utilização do produto mineral.

As alíquotas aplicadas sobre o faturamento líquido para obtenção do valor da CFEM variam de acordo com a substância mineral.

Aplica-se a alíquota de 3% para: minério de alumínio, manganês, sal-gema e potássio.

Aplica-se a alíquota de 2% para: ferro, fertilizante, carvão e demais substâncias.

A alíquota de 0,2% é aplicada para: pedras preciosas, pedras coradas lapidáveis, carbonados e metais nobres.

No caso de ouro a alíquota de 1%.

O pagamento da Compensação Financeira será realizado mensalmente, até o último dia útil do segundo mês subsequente ao fato gerador, devidamente corrigido. O pagamento é feito por meio de boleto bancário, emitido no sítio do DNPM, na Internet, em qualquer agência bancária, até a data de vencimento.

Os recursos da CFEM são distribuídos da seguinte forma:

- 12% para a União (DNPM, IBAMA e MCT).
- 23% para o Estado onde for extraída a substância mineral.
- 65% para o município produtor.

Município produtor é aquele onde ocorre a extração da substância mineral. Caso a extração abranja mais de um município, deverá ser preenchida uma GUIA/CFEM para cada município, observada a proporcionalidade da produção efetivamente ocorrida em cada um deles.

Estados e Municípios serão creditados com recursos da CFEM, em suas respectivas Contas de Movimento Específico, no sexto dia útil, que sucede ao recolhimento por parte das empresas de mineração.

Os recursos originados da CFEM não poderão ser aplicados em pagamento de dívida ou no quadro permanente de pessoal da União, dos Estados, Distrito Federal e dos Municípios. As receitas deverão ser aplicadas em projetos, que direta ou indiretamente revertam em prol da comunidade local, na forma de melhoria da infraestrutura, da qualidade ambiental, da saúde e educação.

No ano de 2013 a arrecadação de CFEM no Estado do Rio Grande do Sul foi de R\$ 15.976.016,77. De janeiro a outubro de 2014, de acordo com informações oficiais fornecidas pelo DNPM (2014), no estado em epígrafe foram recolhidos através da CFEM R\$ 13.691.288,35. Deste total, a RMPA é responsável por R\$ 4.349.258,07, representando cerca de 32%, em relação ao Estado em tela conforme Tabela 8.10.

O município com o maior recolhimento de CFEM foi o de Arroio dos Ratos, devido à mineração de carvão com R\$ 1.497.797.611,50 arrecadados, representando 34% da RMPA.

## 8.6 - O PAC NA RMPA

Criado em 2007, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) promoveu a retomada do planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética

Tabela 8.10 – Valores da CFEM arrecadados por município da RMPA, em R\$.

| Cidade                        | Valor arrecadado (R\$) |
|-------------------------------|------------------------|
| Sapiranga                     | 67,16                  |
| Alvorada                      | 194,39                 |
| Araricá                       | 607,47                 |
| Três Coroas                   | 1.333,61               |
| Capela de Santana             | 5.724,74               |
| São Leopoldo                  | 6.314,52               |
| São Sebastião do Cai          | 7.299,56               |
| Nova Santa Rita               | 15.797,95              |
| Sapucaia do Sul               | 22.692,56              |
| Guaíba                        | 34.483,76              |
| Gravataí                      | 49.361,76              |
| São Jerônimo                  | 49.365,53              |
| Dois Irmãos                   | 59.642,86              |
| Parobé                        | 65.952,20              |
| Triunfo                       | 78.128,35              |
| Taquara                       | 93.635,83              |
| Porto Alegre                  | 95.256,57              |
| Estância Velha                | 95.326,68              |
| Campo Bom                     | 100.088,09             |
| Santo Antônio da Patrulha     | 102.755,49             |
| Igrejinha                     | 138.342,06             |
| Novo Hamburgo                 | 144.487,68             |
| Eldorado do Sul               | 244.532,32             |
| Portão                        | 255.359,26             |
| Viamão                        | 340.068,85             |
| Montenegro                    | 397.926,19             |
| Charqueadas                   | 446.901,44             |
| Arroio dos Ratos              | 1.497.611,49           |
| Cachoeirinha                  | -                      |
| Ivoti                         | -                      |
| Esteio                        | -                      |
| Canoas                        | -                      |
| Glorinha                      | -                      |
| Nova Hartz                    | -                      |
| <b>Total Arrecadado (R\$)</b> | <b>4.349.191,21</b>    |

do país, contribuindo para o seu desenvolvimento acelerado e sustentável.

Pensado como um plano estratégico de resgate do planejamento e de retomada dos investimentos em setores estruturantes do país, o PAC contribuiu de maneira decisiva para o aumento da oferta de empregos e na geração de renda, e elevou o investimento público e privado em obras fundamentais.

Nos seus primeiros quatro anos, o PAC ajudou a dobrar os investimentos públicos brasileiros (de 1,62% do PIB em 2006 para 3,27% em 2010) e ajudou

o Brasil a gerar um volume recorde de empregos – 8,2 milhões de postos de trabalho criados no período.

Teve importância fundamental para o país durante a grave crise financeira mundial entre 2008 e 2009, garantindo emprego e renda aos brasileiros, o que por sua vez garantiu a continuidade do consumo de bens e serviços, mantendo ativa a economia e aliviando os efeitos da crise sobre as empresas nacionais.

Em 2011, o PAC entrou na sua segunda fase, com o mesmo pensamento estratégico, aprimorados pelos anos de experiência da fase anterior, mais recursos e mais parcerias com estados e municípios, para a execução de obras estruturantes que possam melhorar a qualidade de vida nas cidades brasileiras.

O fornecimento de insumos minerais para construção civil foi decisivo para a execução de diversas obras públicas contempladas pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), tais como:

## 8.7 - CENÁRIO FUTURO

A população do Estado do Rio Grande do Sul é de 10.693.929 (censo 2010) e da região metropolitana é de 4.032.062, representando aproximadamente 37,7% da população gaúcha, fato este que de certo implicará a cada dia mais no incremento da demanda de matérias primas minerais neste importante segmento da construção civil.

De acordo com o SINDUSCON-RS, a construção civil, após ter crescido em média 4% nos últimos cinco anos no País, encerrou 2013 com uma expansão de apenas 1,9%. Enquanto isto no RS, o setor cresceu 2,0%. Para 2014, não se espera um resultado tão diferente de 2013, principalmente considerando-se as projeções de comportamento do PIB. A médio e longo prazo, porém, o potencial de negócios é favorável, devido ao *déficit* habitacional de cerca de 5,5 milhões de unidades e às carências existentes na área de infraestrutura.

O aumento de preço dos imóveis foi em grande parte devido à recuperação da defasagem passada e também resultou de fatores conjunturais da economia e não da especulação. Os custos dos terrenos, a carência de mão de obra, os preços dos insumos e equipamentos também não sinalizam

baixa. Estes fundamentos reforçam a conclusão de que os preços dos imóveis devem se manter estáveis, acompanhando a variação média da inflação.

Por outro lado, o PAC – Programa de Aceleração do Crescimento a partir de um planejamento estratégico tem contribuído notavelmente, desde 2007, para o aumento em obras fundamentais, além de gerar empregos e renda. Recursos e parcerias colaboraram para o avanço de obras estruturantes, que contribuíram para melhorar a qualidade de vida nas cidades brasileiras. A parceria com o Serviço Geológico do Brasil permite a obtenção de informações geológicas, ampliando o conhecimento sobre os recursos minerais, que estimulam investimentos na pesquisa e produção de bens minerais.

A execução dessas obras têm resultado em crescimento para o setor, aquecendo o mercado nos últimos anos, principalmente no que diz respeito ao consumo de matérias primas-minerais de uso na construção civil. Entretanto, apesar de existirem significativos depósitos dessas matérias-primas voltados ao setor da construção civil na RMPA, o seu aproveitamento econômico está condicionado a certos fatores, principalmente no que diz respeito a formas de uso e ocupação do solo, que vêm reduzindo o número de áreas disponíveis e promissoras, colocando em risco o abastecimento futuro da região.

O atual crescimento favorece grandes demandas de materiais para construção civil e isso conduz empresas a investirem não só na melhor qualidade de seus produtos, inovando em tecnologia, como também no aproveitamento racional dos seus insumos minerais. Este cenário alerta sobre a importância da efetivação de planos de ordenamento territorial em função do crescimento da atividade extrativa mineral de forma a atender às necessidades da RMPA.

É nesse contexto que a CPRM – Serviço Geológico do Brasil pode contribuir de forma decisiva, fornecendo informações sobre a geologia da RMPA. Este trabalho, subsidiado pelo PAC, permitiu também poder-se avaliar melhor a qualidade e a quantidade desses insumos produzidos, imprescindíveis para a realização das atuais e futuras obras da RMPA.



Tabela 8.11 – Obras executadas pelo PAC, dentro da RMPA.

|   |   |
|---|---|
| Aeroportos  | Ampliação do aeroporto Salgado Filho  |
| Rodovias  | Melhorias infraestrutura BR116<br>Construção BR 448 (rodovia do Parque)   |
| Construção de UPAS – Unidades de Pronto Atendimento As UPAs fazem parte da Política Nacional de Urgência e Emergência, lançada pelo Ministério da Saúde em 2003, que estrutura e organiza a rede de urgência e emergência no país, com o objetivo de integrar a atenção às urgências  | Municípios de Porto Alegre, Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Estância Velha, Gravataí, Guaíba, Montenegro, Novo Hamburgo, Parobé, São Leopoldo, Sapiranga, Sapucaia do Sul, Taquara e Viamão.  |
| As Unidades Básicas de Saúde (UBS) fazem parte da Política Nacional de Urgência e Emergência, lançada pelo Ministério da Saúde em 2003, estruturando e organizando a rede de urgência e emergência no país, para integrar a atenção às urgências. A atenção primária é constituída pelas unidades básicas de saúde (UBS) e Equipes de Saúde da Família, enquanto o nível intermediário de atenção fica a encargo do SAMU 192 (Serviço de Atendimento Móvel as Urgência), das Unidades de Pronto Atendimento (UPA), e o atendimento de média e alta complexidade é feito nos hospitais   | Municípios de Alvorada, Araricá, Arroio dos Ratos, Canoas, Capela de Santana, Dois Irmãos, Eldorado do Sul, Estância Velha, Esteio, Gravataí, Igrejinha, Novo Hamburgo, Portão, Porto Alegre, Rolante, São Leopoldo, São Sebastião do Caí, Sapiranga, Sapucaia do Sul, Taquara e Viamão.  |
| Ampliação da oferta de creches e pré-escolas para crianças de até cinco anos.   | Municípios de Alvorada, Araricá, Arroio dos Ratos, Canoas, Cachoeirinha, Campo Bom, Capela de Santana, Dois Irmãos, Eldorado do Sul, Estância Velha, Esteio, Gravataí, Guaíba, Igrejinha, Monte Negro, Nova Hartz, Nova Santa Rita, Novo Hamburgo, Parobé, Portão, Porto Alegre, Rolante, Sapiranga, Sapucaia do Sul, Taquara, Tres Coroas e Triunfo. |
| Centros de Artes e Esportes Unificados pelo país, para integrar num mesmo espaço físico, programas e ações culturais, esportivas e de lazer, além de formação e qualificação para o mercado de trabalho, serviços sócio-assistenciais, políticas de prevenção à violência e inclusão digital.   | Municípios de Alvorada, Canoas, Cachoeirinha, Campo Bom, Charqueadas, Dois Irmãos, Esteio, Novo Hamburgo, Porto Alegre, Sapucaia do Sul.  |
| O Centro de Iniciação ao Esporte é um equipamento multiuso para a prática de esportes voltados à iniciação esportiva e ao esporte de alto rendimento, estimulando a formação de atletas em áreas de vulnerabilidade social. Os equipamentos possuirão ginásio poliesportivo, arena poliesportiva externa ou complexo de atletismo (conforme modelo escolhido).  | Municípios de Alvorada, Canoas, Gravataí, Novo Hamburgo, Porto Alegre, São Leopoldo, Sapucaia do Sul e Viamão.  |
| Construção de quadra coberta nova e construção de cobertura para quadra já existente. Estão previstas 6.116 novas quadras cobertas em escolas que ainda não tenham um local para a prática esportiva, e construção de coberturas para 4 mil quadras já existentes em escolas. As duas modalidades são direcionadas às escolas municipais ou estaduais.  | Municípios de Alvorada, Araricá, Arroio dos Ratos, Canoas, Cachoeirinha, Campo Bom, Estância Velha, Glorinha, Gravataí, Guaíba, Igrejinha, Ivoti, Montenegro, Novo Hamburgo, Parobé, Portão, Porto Alegre, Rolante, São Leopoldo, São Sebastião do Caí, Sapiranga, Sapucaia do Sul, Taquara, Triunfo e Viamão.  |
| Minha casa minha vida - Melhorar as condições de habitação e mobilidade em assentamentos precários em centros urbanos, com obras de infraestrutura como drenagem, abastecimento de água, esgotamento sanitário e iluminação pública, entre outras.  | Municípios de Araricá, Arroio dos Ratos, Cachoeirinha, Campo Bom, Canoas, Capela de Santana, Charqueadas, Dos Irmãos, Estância Velha, Esteio, Glorinha, Gravataí, Guaíba, Igrejinha, Ivoti, Nova Hartz, Novo Hamburgo, Parobé, Portão, Porto Alegre, Rolante, São Leopoldo, Sapiranga, Sapucaia do Sul, Taquara e Viamão.                             |
| Os programas de Mobilidade Urbana promovidos pelo governo federal fomentam a cidadania e a inclusão social por meio da universalização do acesso aos serviços públicos de transporte coletivo e das ações estruturantes para o sistema de transporte coletivo urbano, apoiando a qualificação e ampliação de infraestrutura de mobilidade urbana. Há projetos de melhoria, ampliação e implantação de sistemas de transporte público coletivo em execução nas cidades brasileiras. Estão sendo investidos recursos em metrô, Bus Rapid Transit (BRTs), corredores de ônibus, veículos leves sobre trilhos, aeromóvel, entre outros. | Município de Canoas e Porto Alegre  |

Tabela 8.11 – Obras executadas pelo PAC, dentro da RMPA. (continuação)

|   |   |
|---|---|
| <p>Infraestrutura Turística - Rio Grande do Sul<br/>Construção reforma e adequação de 13 Centros de Convenções e Eventos nas cinco regiões do País e para a sinalização turística em 34 cidades históricas.</p>           | <p>Município de Porto Alegre</p>  |
| <p>Saneamento<br/>Aumentar a cobertura de coleta e tratamento de esgoto, proteção dos mananciais, despoluição de cursos d'água e no tratamento de resíduos sólidos.</p>   | <p>Municípios de Alvorada, Araricá, Arroio dos Ratos, Cachoerinha, Campo Bom, Canoas, Capela de Santana, Charqueadas, Dos Irmãos, Estância Velha, Esteio, Glorinha, Gravataí, Guaíba, Igrejinha, Ivoti, Nova Hartz, Novo Hamburgo, Parobé, Portão, Porto Alegre, Rolante, São Leopoldo, São Sebastião do Caí, Sapiranga, Sapucaia do Sul, Taquara, Três Coroas, Triunfo e Viamão.</p> |
| <p>Pavimentação<br/>Obras de pavimentação, calçadas, sinalização e obras de drenagem nas cidades brasileiras. Os recursos serão destinados a regiões de baixa renda densamente ocupadas e com infraestrutura precária</p> | <p>Municípios de Cachoerinha, Campo Bom, Capela de Santana, Charqueadas, Dois Irmãos, Esteio, Igrejinha, Montenegro, Nova Hartz, Novo Hamburgo, Porto Alegre, Sapiranga, Sapucaia do Sul e Triunfo.</p>   |

## 9 – LEGISLAÇÃO

A atividade de mineração é regrada em todas as suas etapas, desde a pesquisa da jazida até o beneficiamento do minério, por um conjunto de leis específicas e interdependentes, tanto de natureza minerária, quanto de ordem ambiental.

Isso ocorre em virtude de características inerentes à atividade de mineração:

- Os bens minerais jacentes no subsolo do país são de propriedade da União;
- Os minérios representam um recurso natural não renovável;
- A mineração é uma atividade modificadora do meio ambiente e potencialmente causadora de impactos;
- A mineração é condicionada pela rigidez locacional de ocorrência da jazida.

Com enfoque no aproveitamento de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, abordaremos, a seguir, um breve panorama da legislação minerária e ambiental que rege o tema.

### 9.1 - LEGISLAÇÃO MINERÁRIA

A Constituição Federal, em seu artigo nº 176, garante à União a propriedade dos bens jacentes no subsolo:

**Art. 176** - *As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica 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.*

O Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração) e a legislação correlata detalham os procedimentos e regulamentam as informações e documentos necessários à habilitação, assim como as etapas que devem ser cumpridas, e seus prazos, bem como os instrumentos de gestão do patrimônio mineral brasileiro, competência delegada ao DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral.

Os minérios de emprego imediato na construção civil, definidos no artigo 1º da Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, combinada com o artigo 1º da Portaria do Ministro de Minas e Energia nº 23, de 03 de fevereiro de 2000, são constituídos por:

I - areias, cascalhos e saibros para utilização imediata na construção civil, no preparo de agregados e argamassas, desde que não sejam submetidos a processo industrial de beneficiamento, nem se destinem como matéria-prima à indústria de transformação;

II - rochas e outras substâncias minerais, quando aparelhadas para paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões e afins;

III - argilas usadas no fabrico de cerâmica vermelha;

IV - material síltico-argiloso, cascalho e saibro empregados como material de empréstimo;

V - rochas, quando britadas para uso imediato na construção civil.

Sobre esses minérios, a legislação estabelece para as empresas mineradoras dois regimes de aproveitamento:

**Licenciamento** – modalidade disposta na Lei Federal nº 6.567, de 24 de setembro de 1978 e regulamentada internamente no DNPM pela Portaria nº 266, de 10 de julho de 2008. Trata-se do registro, no DNPM, de licença expedida pela prefeitura local, caracterizado por facultar o direito de aproveitamento mineral exclusivamente ao proprietário ou a quem dele tiver a expressa autorização, dispensando os trabalhos prévios de pesquisa mineral que permitem estimar as reservas minerais e a sua qualificação. Tal licença é expedida com prazo definido, podendo ser renovada sucessivamente a critério da autoridade municipal, obedecidos os regulamentos hábeis. O processo de liberação é mais rápido e menos oneroso para o minerador, o proprietário do terreno tem a prerrogativa de decidir pela sorte do empreendimento. O requerimento da área é limitado a um máximo de 50 hectares.

**Autorização e Concessão** – neste regime, prevalece o direito de prioridade garantido pela protocolização do requerimento da área pretendida no DNPM, independente da autorização do proprietário do terreno. Um Alvará de Pesquisa é outorgado pelo DNPM, autorizando a execução dos trabalhos previstos no Plano de Pesquisa proposto e aprovado visando à comprovação de uma jazida economicamente lavrável. Caso o requerente não seja o proprietário da área ou não apresente acordo com o mesmo, o processo será enviado pelo DNPM ao juiz de direito da Comarca com jurisdição na área, para resolução da pendência e avaliação da indenização por eventuais prejuízos ao proprietário. Nesta primeira etapa que tem a duração máxima de três anos, prorrogáveis por mais um ano, o titular do alvará de pesquisa poderá, a critério do DNPM, ser autorizado a extrair pequenas quantidades da substância mineral em pesquisa, mediante a outorga de um instrumento conhecido como Guia de Utilização. Os Regimes de Autorização e de Concessão podem ser utilizados para todas as substâncias minerais, com exceção daquelas protegidas por monopólio (petróleo, gás natural e

substâncias minerais radioativas). De acordo com o Artigo 1º da Portaria Diretor Geral do DNPM nº 392, de 21 de dezembro de 2004 a área máxima para requerimento de pesquisa de substâncias para emprego imediato na construção civil são 50 hectares. Ainda, as rochas de revestimento ou ornamentais e minerais industriais contam com área máxima de 1.000 hectares. No caso de minerais metálicos e fertilizantes, a área requerida pode estender-se até 2.000 ha, de acordo com a portaria 312/2004. Concluída a pesquisa e comprovada a existência da jazida, o titular poderá, então, requerer ou negociar com terceiros o seu direito a concessão de lavra, objetivando o aproveitamento industrial do minério. Nesta segunda etapa, o DNPM exige que o requerimento seja acompanhado de diversos documentos, entre os quais, o Plano de Aproveitamento Econômico da jazida, contendo um conjunto de operações coordenadas para a lavra e o beneficiamento do minério que, aprovado, habilita a outorga da Portaria de Lavra; a partir deste momento, obriga-se o minerador a iniciar os trabalhos dentro dos parâmetros propostos e a apresentar, anualmente, ao DNPM o Relatório Anual de Lavra com a descrição das operações realizadas.

Há que se considerar ainda que a legislação estabelece, também, o **Registro de Extração**, que é um regime de aproveitamento dos recursos minerais restrito a substâncias de emprego imediato na construção civil, por órgãos da administração direta ou autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, para uso exclusivo em obras públicas por eles executadas diretamente, numa área máxima de 5 hectares com prazo determinado de extração e a juízo do DNPM, considerando as necessidades da obra devidamente especificada a ser executada e a extensão da área objetivada no requerimento, admitida uma única prorrogação e vedada a comercialização.

A opção por qualquer um dos regimes de aproveitamento é facultado ao minerador.

### 9.1.1 - Novo marco regulatório

O novo Código de Mineração (Projeto de Lei 5807/2013), que se encontra em análise na Câmara dos Deputados, promete proporcionar maior planejamento do setor mineral, permitindo ao Estado garantir o uso racional dos recursos minerais para o desenvolvimento sustentável do País. Duas mudanças merecem destaque neste projeto, são elas:

- Criação do Conselho Nacional de Política Mineral (CNPM) - órgão de assessoramento da Presidência da República na formulação de políticas para o setor mineral.
- Criação da Agência Nacional de Mineração (ANM) - órgão responsável pela regulação, gestão das informações e fiscalização do setor mineral, tratando-se de uma autarquia especial dotada de autonomia administrativa

e financeira, vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Esta agência substituirá as funções exercidas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Com relação ao aproveitamento dos recursos minerais, o novo Código estabelece a celebração de contrato de concessão, precedido de licitação ou de chamada pública, ou o regime de autorização. Os direitos minerários somente poderão ser concedidos ou autorizados a sociedades constituídas segundo as leis brasileiras, organizadas na forma empresarial ou em cooperativas, com sede e administração no País.

Ato do Poder Executivo Federal definirá, a partir de proposta elaborada pelo CNPM, as áreas nas quais a concessão será precedida de licitação. O prazo de vigência do contrato de concessão será de até 40 anos, prorrogáveis por períodos sucessivos de até 20 anos. O contrato de concessão disporá sobre as fases de pesquisa e de lavra e conterá cláusulas como o prazo máximo de duração da fase de pesquisa e o programa exploratório mínimo, critérios de habilitação técnicos e econômico-financeiros, exigência de conteúdo local, entre outras.

A lavra dos minérios para emprego imediato na construção civil, das argilas destinadas à fabricação de tijolos, telhas e afins, das rochas ornamentais, da água mineral e dos minérios empregados como corretivos de solo na agricultura será objeto de autorização, na forma de regulamento. O poder concedente poderá autorizar, mediante requerimento do interessado, o aproveitamento desses bens minerais por meio de celebração de termo de adesão, o qual conterá as regras aplicáveis ao aproveitamento mineral, os direitos e obrigações do seu titular e o prazo, que será de 10 anos renovável por igual período.

**Licitações** - Para as licitações aplica-se o disposto na lei nº 12.462, de 04 de agosto de 2011. Pelo Art. 11 do novo Código, nas licitações para concessão de direitos minerários serão considerados, de forma isolada ou combinada, os seguintes critérios de julgamento: Bônus de Assinatura; Bônus de Descoberta; Participação no Resultado da Lavra e Programa Exploratório Mínimo. O edital de licitação poderá estabelecer a utilização de outros critérios de julgamento, desde que combinados com um ou mais dos critérios citados.

**Chamadas Públicas** - Para áreas não enquadradas pelo Conselho, como de licitação obrigatória, a concessão será precedida de chamada pública, realizada por iniciativa do poder concedente ou por provocação do interessado. Segundo o Art. 12 do novo Código, o instrumento de convocação da chamada pública conterá informações a respeito da localização e das características da área a ser concedida, a minuta do contrato de concessão, os critérios de julgamento da proposta e os requisitos necessários para manifestação de interesse.

O edital da licitação ou o instrumento de convocação da chamada pública poderá estabelecer



restrições, limites ou condições para a participação de empresas ou grupos empresariais na licitação, com vistas a assegurar a concorrência nas atividades de mineração (Art. 13).

**Compensação Financeira pela Exploração (CFEM)** - O art. 36 estabelece que a alíquota da CFEM poderá ser de até 4% e incidirá sobre a receita bruta da venda, deduzidos os tributos efetivamente pagos incidentes sobre a comercialização do bem mineral. Com relação ao critério de distribuição do montante recolhido a título de CFEM a regra permanece a mesma, ou seja:

1. 12% para a União;
2. 23% para o Distrito Federal e os Estados, no caso de a produção ocorrer nos seus territórios;
3. 65% para o Distrito Federal e Municípios, no caso de a produção ocorrer em seus territórios.

### **9.1.2 - Legislação Ambiental**

A mineração, por ser atividade de extração e beneficiamento de recursos minerais, configura-se como potencialmente causadora de significativo impacto ambiental e está submetida às regras decorrentes do artigo 225, da Constituição Federal. Assim, por disposição do artigo 10, da Lei n.º 6.938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente) e artigo 2º, IX, da Resolução do CONAMA n.º 001/86, a atividade minerária também se sujeita ao regime do licenciamento ambiental.

O licenciamento ambiental é o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso. São três as Licenças Ambientais indispensáveis à obtenção de direito mineral para exploração de substâncias minerais: Licença Prévia - LP, Licença de Instalação - LI e Licença de Operação - LO.

No que diz respeito aos procedimentos necessários para o licenciamento, a Resolução do CONAMA n.º 01/86, determina o Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto ambiental (EIA-RIMA) como os instrumentos de licenciamento ambiental da atividade de mineração.

Com o advento da Resolução do CONAMA n.º 10, de 06 de dezembro de 1990, é trazida a possibilidade de o órgão ambiental dispensar o EIA-RIMA no caso do licenciamento ambiental da extração de minérios aproveitados pelo Registro de Licença, como é o caso dos minérios de emprego imediato na construção civil. Neste caso, a atividade passa a ser licenciada de forma mais simplificada, através da apresentação do Relatório de Controle Ambiental (RCA), na fase de Licença Prévia, e do Plano de Controle Ambiental (PCA) nas fases de Licença de Instalação e Operação.

A competência dos entes da Federação em promover o licenciamento ambiental é regrada pela Lei Complementar n.º 140, de 08 de dezembro de 2011. Nesta norma verifica-se que, a rigor, o aproveitamento dos minérios de emprego imediato na construção civil fica sob a égide do licenciamento ambiental promovido pelos Estados e Municípios. A exceção ocorre nos casos em que esse aproveitamento é localizado ou desenvolvido conjuntamente no Brasil e em país limítrofe; em unidades de conservação instituídas pela União, exceto em Áreas de Proteção Ambiental (APAs); em terras indígenas; ou em 2 (dois) ou mais Estados; cabendo nestes casos o licenciamento do IBAMA.

No Estado do Rio Grande do Sul, o licenciamento ambiental da mineração compete à Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), com exceção dos empreendimentos de mineração considerados como causadores de impacto local, cuja competência é dos Municípios, nos termos da Resolução do CONSEMA n.º 288/2014 e convênios de delegação de competência. O quadro a seguir, extraído da referida Resolução, mostra a relação de empreendimentos de mineração, cuja competência para o licenciamento ambiental cabe aos Municípios. (Tabela 9.1).

Ademais, os convênios de delegação de competência firmados entre a FEPAM e alguns municípios podem ampliar essa listagem, assim como permitir ao município delegado licenciar empreendimentos de maior porte. Na RMPA, além da capital Porto Alegre, enquadram-se nesta situação os municípios de Novo Hamburgo, São Leopoldo e Sapucaia do Sul.

Quando o licenciamento é promovido pelo estado, as normas ambientais do Rio Grande do Sul apresentam algumas peculiaridades no que diz respeito ao licenciamento da mineração. Como por exemplo, citamos a possibilidade de dispensa do EIA-RIMA também para os minérios aproveitados sob os regimes minerários de Autorização e Concessão, com exceção de minerais metálicos e carvão, e a figura da Licença Prévia e Instalação Unificadas (LPI), introduzida para licenciamento ordinário, ou seja, promovido via apresentação de RCA/PCA. As respectivas normas de referência são a Portaria FEPAM n.º 62/2011 e a Resolução FEPAM n.º 002/2012.

A seguir, consta uma Tabela-resumo 9.2 das modalidades de licenciamento promovidas pela FEPAM para a extração mineral no Estado do Rio Grande do Sul (FEPAM, 2012).

No que diz respeito às atividades de pesquisa mineral, com vistas à obtenção de Autorização e Concessão, o licenciamento ambiental se faz necessário quando a pesquisa está associada à Guia de Utilização, nos termos do art. 1º, parágrafo único, da Resolução CONAMA n.º 09/1990, art. 12, parágrafo primeiro, da Resolução do CONAMA n.º 237/1997. Os procedimentos para o licenciamento ambiental desta atividade no Estado do Rio Grande do Sul estão dispostos na Resolução do CONSEMA n.º 275/2012.

Tabela 9.1 – relação de empreendimentos de mineração, cuja competência para o licenciamento ambiental cabe aos Municípios. Extraído da Resolução do CONSEMA 288/14.

| ATIVIDADES   | Unidade de medida                       | Porte   | Potencial Poluidor |
|--|---|---------|--------------------|
| Recuperação de Áreas Mineradas   | Área Total em Hectares (Ha)             | 0 até 5 | MÉDIO              |
| Lavra de Gemas (Ágata/Ametista/etc) – a céu aberto e com recuperação de área degradada   | Área Requerida ao DNPM em Hectares (Ha) | 0 até 5 | MÉDIO              |
| Lavra de Rocha Para Uso Imediato na Construção Civil - a Céu Aberto, com Uso de Explosivos, com Britagem e com Recuperação de Área Degradada | Área Requerida ao DNPM em Hectares (Ha) | 0 até 5 | ALTO               |
| Lavra de Rocha Para Uso Imediato na Construção Civil - a Céu Aberto, sem Uso de Explosivos, com Britagem e com Recuperação de Área Degradada | Área Requerida ao DNPM em Hectares (Ha) | 0 até 5 | ALTO               |
| Lavra de Rocha Para Uso Imediato na Construção Civil - a Céu Aberto, com Uso de Explosivos, sem Britagem e com Recuperação de Área Degradada | Área Requerida ao DNPM em Hectares (Ha) | 0 até 5 | ALTO               |
| Lavra de Rocha Para Uso Imediato na Construção Civil - a Céu Aberto, sem Uso de Explosivos, sem Britagem e com Recuperação de Área Degradada | Área Requerida ao DNPM em Hectares (Ha) | 0 até 5 | MÉDIO              |
| Lavra de Saibro - a Céu Aberto e com recuperação de Área Degradada   | Área Requerida ao DNPM em Hectares (Ha) | 0 até 5 | MÉDIO              |
| Lavra de Argila - a Céu Aberto e com Recuperação de Área Degradada   | Área Requerida ao DNPM em Hectares (Ha) | 0 até 5 | MÉDIO              |
| Lavra de areia - a Céu Aberto e com Recuperação de Área Degradada  | Área Requerida ao DNPM em Hectares (Ha) | 0 até 5 | MÉDIO              |
| Britagem   | Área útil em m <sup>2</sup>             | 0 à 250 | MÉDIO              |

Tabela 9.2 – estruturação e base legal dos regimes de licenciamento ambiental promovidos pela FEPAM para empreendimentos de mineração no Estado do Rio Grande do Sul. Extraído do Formulário de Extração Mineral, versão setembro de 2012, disponível em [www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br).

|  |  |
|--|--|
| Licenciamento Ordinário: substâncias minerais de uso imediato na construção civil, potencialmente não causadoras de significativo impacto ambiental, aproveitados pelos regimes minerários de Licenciamento (Max. 50 hectares) e de Registro de Extração (Máx. 5 hectares). Obs: Substâncias minerais não consideradas de uso imediato na construção civil (exceto carvão e minerais metálicos) poderão ser dispensadas de EIA-RIMA, desde que o empreendimento esteja enquadrado conforme critérios estabelecidos na Portaria FEPAM n° 62/2011. | Licenciamento com exigência de EIA-RIMA: demais substâncias minerais, potencialmente causadoras de significativo impacto ambiental. Obs: Substâncias minerais não consideradas de uso imediato na construção civil (exceto carvão e minerais metálicos) poderão ser dispensadas de EIA-RIMA, desde que o empreendimento esteja enquadrado conforme critérios estabelecidos na Portaria FEPAM n° 62/2011. |
| Legislação: Resolução CONAMA n° 10/1990, Resolução CONAMA n° 237/1997, Resolução CONSEMA n° 085/2004 (posicionamento por parecer técnico – art. 4°, § 2°), Diretriz Técnica FEPAM n° 01/2008-DT, Portaria FEPAM n° 62/2011 (dependente de enquadramento no art. 3°).   | Legislação: Resolução CONAMA n° 01/1986, Resolução CONAMA n° 09/1990, Resolução CONSEMA n° 085/2004 (posicionamento por parecer técnico – art. 4°, § 2°), Portaria FEPAM n° 62/2011 (dependente de enquadramento no art. 3°)   |

Por fim, cabe salientar que neste capítulo procuramos destacar apenas algumas das normas minerárias e ambientais que denotam interdependência explícita para a obtenção de direito mineral com vistas à exploração de substâncias minerais. Diversas outras normas legais igualmente importantes, das esferas Federal, Estadual e Municipal, devem ser observadas para o desenvolvimento legalizado e sustentável da

atividade minerária.

## 9.2 - UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA RMPA

De acordo com a Lei Federal n° 9.985/2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, Unidade de Conservação (UC) é o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características

naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

Esta lei ainda institui dois grupos de Unidades de Conservação: as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso Sustentável.

As Unidades de Proteção Integral apresentam como objetivo básico a preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Esse grupo abrange cinco categorias de Unidades de Conservação: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional (ou Estadual, ou Natural Municipal); Monumento Natural; e Refúgio de Vida Silvestre.

As Unidades de Uso Sustentável, por sua vez, apresentam como objetivo básico compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Esse grupo inclui sete categorias de Unidades de Conservação: Área de Proteção Ambiental; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional (ou Estadual, ou Municipal); Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

A Resolução do CONAMA, nº 237/97, regra que o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades localizadas ou desenvolvidas no interior de UC Federal é de competência do IBAMA (art. 4º I). Para as atividades ou empreendimentos localizados ou desenvolvidos dentro de UC Estadual, o seu licenciamento ambiental é de competência do Estado (art. 5º I).

Cabe salientar que o desenvolvimento da atividade de mineração no interior de UCs, por demandar o uso direto de recursos naturais, só é passível de licenciamento ambiental no grupo das Unidades de Uso Sustentável, salvo exceções previstas em lei.

As áreas de entorno das UCs também possuem regime especial de administração para fins de licenciamento ambiental, são as chamadas zonas de entorno e zonas de amortecimento.

De acordo com o Código Estadual do Meio Ambiente (Lei Estadual nº 11.520/2000), no Rio Grande do Sul as Unidades de Conservação possuem uma área circundante protegida para fins de licenciamentos, que corresponde ao raio de 10 km a partir de seus limites:

“Art. 55 - A construção, instalação, ampliação, reforma, recuperação, alteração, operação e desativação de estabelecimentos, obras e atividades utilizadoras de recursos ambientais ou consideradas efetivas ou potencialmente poluidoras, bem como capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis.

Parágrafo único - Quando se tratar de licenciamento de empreendimentos e atividades localizados em até 10 km (dez quilômetros) do limite da Unidade de Conservação deverá também ter autorização do órgão administrador da mesma.”

Assim, todo empreendimento ou atividade localizado dentro do raio de 10 km ao redor dos limites de qualquer UC (zona de entorno) localizada no território do Rio Grande do Sul, seja municipal, estadual ou federal, pública ou privada, necessita da autorização do Órgão Gestor da Unidade de Conservação.

Além disso, as Unidades de Conservação possuem a zona de amortecimento (exceto Áreas de Proteção Ambiental e Reservas Particulares do Patrimônio Natural, conforme art. 25 da Lei Federal nº 9.985/2000), que coexiste com a zona de entorno de 10 Km (Figura 9.1). As dimensões e as normas da zona de amortecimento devem constar no Plano de Manejo da respectiva Unidade de Conservação.

Conforme dados georreferenciados das UCs presentes no Estado do Rio Grande do Sul, obtidos no sítio da Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMA, 38 UCs estão contidas ou interceptam a área da RMPA, sejam pelos seus limites, por suas zonas de entorno de 10 km ou por suas zonas de amortecimento. A Tabela 9.3 mostra a relação dessas UCs.

Um dado relevante é que, em termos de área, cerca de 60% da RMPA está sujeita ao regime especial de administração para fins de licenciamento ambiental, conforme legislação aplicada às UCs. A distribuição geográfica destas pode ser vista na Figura abaixo:

Há de se destacar que além das UCs, outras áreas com regime especial de uso devem ser levadas em conta para o licenciamento da atividade de mineração, tais como as Áreas de Preservação Permanente – APPs, áreas delimitadas em Zoneamentos Ambientais e Plano Diretores municipais.

Tabela 9.3 – Listagem das 38 UCs que estão contidas ou interceptam a área da RMPA, sejam pelos seus limites, por suas zonas de entorno de 10 km ou por suas zonas de amortecimento. Fonte: [www.sema.rs.gov.br](http://www.sema.rs.gov.br).

| NOME  | CATEGORIA                                | JURISDIÇÃO | BIOIMA                 | MUNICÍPIO  |
|---|--|------------|------------------------|--|
| RVS do Banhado dos Pachecos                 | Refúgio de Vida Silvestre                | Estadual   | Pampa                  | Viamão   |
| Parque Estadual do Delta do Jacuí           | Parque Estadual                          | Estadual   | Pampa                  | Canoas, Charqueadas, Eldorado do Sul, Nova Santa Rita, Porto Alegre, Triunfo |
| APA Estadual do Delta do Jacuí              | Área de Proteção Ambiental               | Estadual   | Pampa                  | Canoas, Charqueadas, Eldorado do Sul, Nova Santa Rita, Porto Alegre, Triunfo |
| Floresta Nacional de São Francisco de Paula | Floresta Nacional                        | Federal    | Mata Atlântica         | São Francisco de Paula   |
| Parque Estadual de Itapuã                   | Parque Estadual                          | Estadual   | Pampa                  | Viamão   |
| Reserva Biológica do Scharlau               | Reserva Biológica                        | Estadual   | Pampa                  | São Leopoldo   |
| RPPN Mira Serra                             | Reserva Particular do Patrimônio Natural | Federal    | Mata Atlântica         | São Francisco de Paula   |
| RPPN Farrroupilha                           | Reserva Particular do Patrimônio Natural | Federal    | Pampa                  | Viamão   |
| RPPN Rincão das Flores                      | Reserva Particular do Patrimônio Natural | Federal    | Pampa                  | Porto Alegre   |
| RPPN Reserva Particular Professor Delmar    | Reserva Particular do Patrimônio Natural | Federal    | Pampa                  | Viamão   |
| RPPN Mariana Pimentel                       | Reserva Particular do Patrimônio Natural | Federal    | Pampa                  | Mariana Pimentel   |
| RPPN Fazenda Morro de Sapucaia              | Reserva Particular do Patrimônio Natural | Federal    | Pampa                  | Sapucaia do Sul  |
| RPPN Reserva do Capão Grande                | Reserva Particular do Patrimônio Natural | Federal    | Pampa                  | Barra do Ribeiro   |
| RPPN Costa do Cerro                         | Reserva Particular do Patrimônio Natural | Federal    | Pampa                  | Porto Alegre   |
| RPPN Sítio Porto da Capela                  | Reserva Particular do Patrimônio Natural | Federal    | Pampa                  | Porto Alegre   |
| RPPN Jardim da Paz                          | Reserva Particular do Patrimônio Natural | Federal    | Pampa                  | Porto Alegre   |
| RPPN Chácara Sananduva                      | Reserva Particular do Patrimônio Natural | Federal    | Pampa                  | Porto Alegre   |
| RPPN Barba Negra                            | Reserva Particular do Patrimônio Natural | Federal    | Pampa                  | Viamão   |
| ARIE Henrique Luis Roessler                 | Área de Relevante Interesse Ecológico    | Estadual   | Pampa                  | Barra do Ribeiro   |
| APA de Caraa                                | Área de Proteção Ambiental               | Municipal  | Pampa                  | Novo Hamburgo  |
| PNM Imperatriz Leopoldina                   | Parque Natural Municipal                 | Municipal  | Mata Atlântica         | Caraá  |
| RBM do Lami José Luiztenberger              | Reserva Biológica                        | Municipal  | Pampa                  | São Leopoldo   |
| PNM Dr.Tancredo Neves                       | Parque Natural Municipal                 | Municipal  | Pampa                  | Porto Alegre   |
| ARIE São Bernardo                           | Área de Relevante Interesse Ecológico    | Municipal  | Pampa                  | Cachoeirinha   |
| PNM Manuel B. Pereira                       | Parque Natural Municipal                 | Municipal  | Mata Atlântica         | São Francisco de Paula   |
| PNM Morro do Osso                           | Parque Natural Municipal                 | Municipal  | Mata Atlântica         | Santo Antônio da Patrulha  |
| APA Morro de Osorio                         | Área de Proteção Ambiental               | Municipal  | Pampa                  | Porto Alegre   |
| PNM da Ronda                                | Parque Natural Municipal                 | Municipal  | Mata Atlântica         | Osório   |
| APA Riozinho                                | Área de Proteção Ambiental               | Municipal  | Mata Atlântica         | São Francisco de Paula   |
| PNM Sain't Hilaire                          | Parque Natural Municipal                 | Municipal  | Mata Atlântica         | Riozinho   |
| RB Ademir Scarpatti                         | Reserva Biológica Municipal              | Municipal  | Pampa                  | Porto Alegre e Viamão  |
| PM das Corredeiras                          | Parque Municipal                         | Municipal  | Pampa                  | Charqueadas  |
| APA de General Câmara                       | Área de Proteção Ambiental               | Municipal  | Mata Atlântica         | Canela   |
| APA Guajuviras                              | Área de Proteção Ambiental               | Municipal  | Pampa                  | General Camara   |
| RB de Ecossistema de Brejo                  | Reserva Biológica Municipal              | Municipal  | Pampa                  | Canoas   |
| PNM Novo Hamburgo                           | Parque Natural Municipal                 | Municipal  | Pampa                  | Novo Hamburgo  |
| RE do Banhado Grande                        | Reserva Biológica                        | Municipal  | Pampa                  | Novo Hamburgo  |
| APA do Banhado Grande                       | Área de Proteção Ambiental               | Estadual   | Pampa e Mata Atlântica | Gravataí<br>Gravataí, Glorinha, Santo Antônio da Patrulha,<br>Viamão         |



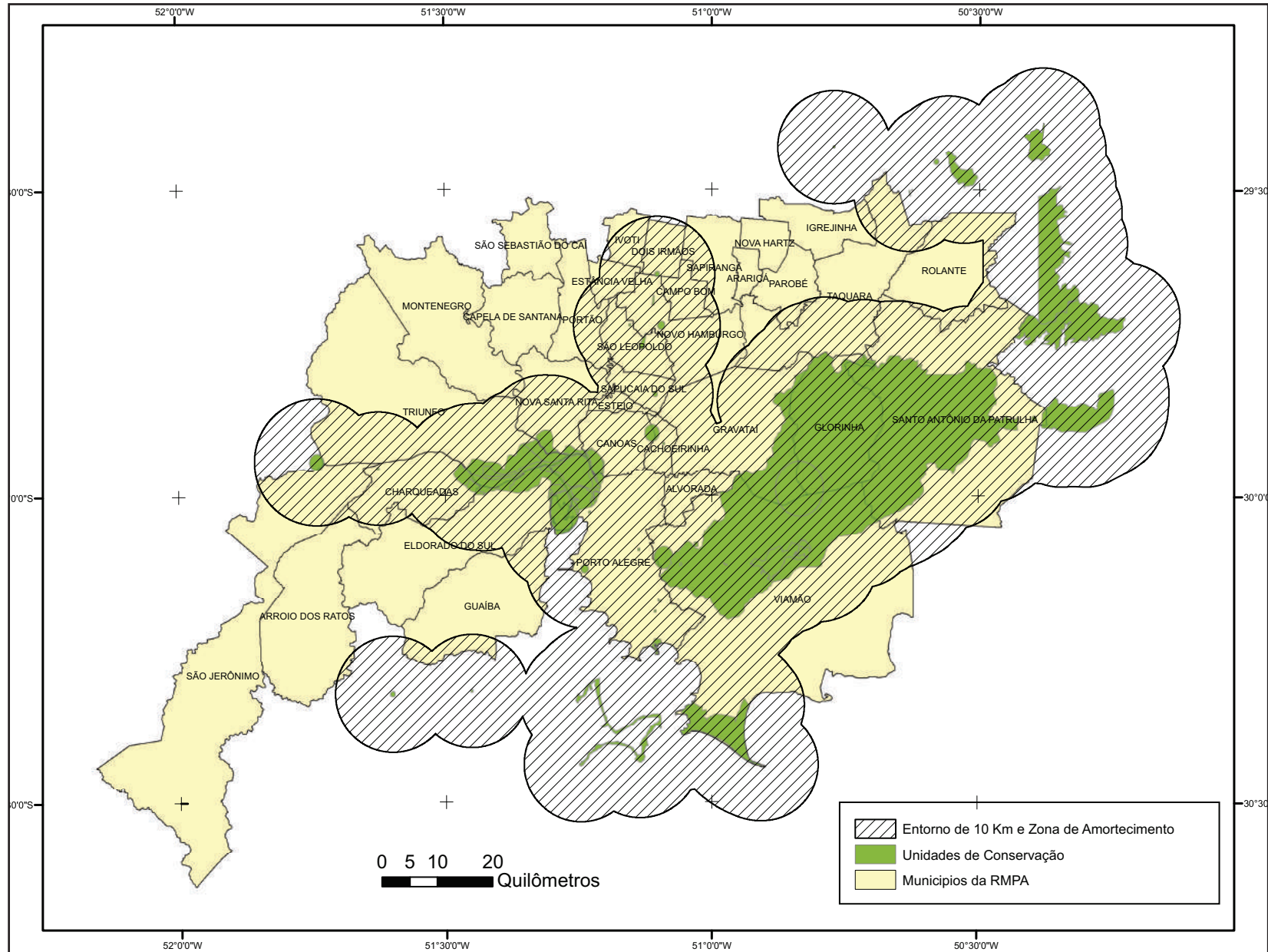


Figura 9.1 – distribuição espacial das UCs e suas respectivas áreas de entorno na RMPA.



# **10 – ROCHAS PARA REMINERALIZAÇÃO E CONDICIONAMENTO DE SOLOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE**

As técnicas de Rochagem, também referidas como Remineralização de Solos, consistem na aplicação de rochas moídas no solo, como forma de recompor terrenos agrícolas através de reposição de minerais intemperizáveis portadores de nutrientes importantes para as plantas (Van Straaten, 2007).

Os solos agrícolas podem se encontrar empobrecidos em nutrientes seja pelo cultivo intensivo, seja por se tratarem de solos naturalmente evoluídos, como os latossolos e alguns argissolos, que são as maiores classes de solos responsáveis pela produção agrícola brasileira, e que necessitam de correção de acidez e fertilização para serem produtivos.

Com o alto custo dos insumos para fertilizantes, e em função da dependência do Brasil de fontes de potássio e fósforo, rotas alternativas aos fertilizantes solúveis vêm sendo pesquisadas por órgãos como a Embrapa-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e a CPRM-Serviço Geológico do Brasil, além de centros universitários como o Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS-UNB) e a Universidade de Federal de Viçosa-MG, entre outros.

O esforço pela inclusão dos pós de rocha como fertilizantes de baixa solubilidade culminou na recente aprovação da LEI Nº 12.890, de 10/12/2013, que altera a Lei no 6.894, de 16/12/1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura. Um Grupo de Trabalho (GT) que representa articulação conjunta da Secretaria de Geologia e Minas/MME com o MCTI/SETEC, MAPA/SDA, UNB, Embrapa, CPRM e DNPM, é responsável pela elaboração das instruções normativas que deverão nortear a comercialização dos diversos produtos, promovendo a normatização do uso de pós de rocha na agricultura.

As Normas Técnicas devem focar essencialmente a delimitação dos parâmetros de compostos nutrientes, bem como os limites restritivos de Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT), além de condicionantes mineralógicos e texturais de rochas próprias ao emprego como remineralizadores de solos, pois é necessário que os compostos nutrientes estejam alocados em minerais capazes de disponibilizá-los no solo, ao tempo requerido pelas culturas. Ainda é necessário assegurar que as rochas não tenham teores elevados de minerais inertes, sob pena de comprometer a logo prazo a estrutura dos solos, uma vez que os pós de rocha são utilizados em quantidades em torno de 4 t por hectare.

Além de rochas com bom potencial para disponibilização de nutrientes e aumento da Capacidade de Trocas Catiônicas dos Solos (CTC), a exemplo dos basaltos e diabásios da Formação Serra Geral, disponíveis na forma de finos de britagem, a produção de materiais destinados à construção civil na Região Metropolitana de Porto Alegre conta também com minerais de emprego no condicionamento de solos, e com uso agrícola já consagrados em outros países, como as zeólitas, presentes nos basaltos amigdalóides explorados em saibreiras.

A Tabela 10.1 resume as principais características de rochas próprias para remineralização de solos, regulamentadas e aprovadas pelas instruções normativas, e tem fonte em informações disponibilizadas pelo GT Normatização de Pós de Rocha para Uso Agrícola. O MAPA deverá recomendar também testes agronômicos para validação do desempenho dos pós de rocha.

## **10.1 - ROCHAS COM POTENCIAL PARA REMINERALIZAÇÃO DE SOLOS DISPONÍVEIS ENTRE OS MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO METROPOLITANA**

Dentre as rochas disponíveis na forma de finos de britagem nas lavras de brita da Região Metropolitana de Porto Alegre os basaltos e diabásios da Formação Serra Geral apresentam a o maior potencial para emprego na agricultura.

Embora tenham teores elevados do nutriente potássio (K) e já contem com alguns trabalhos de pesquisa quanto a seu emprego em Rochagem, (Bergmann 2012, Bamberg et al. 2013, Grecco et al. 2014), as rochas graníticas têm por característica o feldspato alcalino como principal mineral de K, sendo o mesmo muito resistente ao intemperismo, e incapaz de liberar o K na forma iônica de maneira a disponibilizá-lo em tempo adequado ao ciclo de crescimento das culturas. Outro impedimento destas rochas é seu teor em quartzo, que muitas vezes ultrapassa os 25%.

Como os granitos podem ter como mineralogia a mica biotita, outro mineral de K com abertura bem mais fácil em solos, eles adquirem importância no caso da produção de areia industrial, quando a biotita é separada do quartzo e dos feldspatos, que são os demais constituintes maiores dos granitos, e neste caso pode dar origem a um interessante sub-produto do processo, enquanto um agromineral rico em K.

Tabela 10.1 – Súmula das características de rochas com potencial para uso em Remineralização de Solos.

| Composição Química                     | Soma de Bases ( $K_2O+CaO+MgO$ ) $\geq 9$   |
|--|---|
| Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT) | As < 9,4<br>Cd < 4,5<br>Hg < 0,07<br>Pb $\leq 22,3$   |
| Mineralogia                            | Comprovação de que os nutrientes se encontram em minerais com fácil abertura em solos, por meio de análise petrográficas. |
| Teor de minerais inertes               | Quartzo $\leq 25\%$   |
| Granulometria de uso recomendada       | 100%<2mm; 70%<0,04mm; 50%<0,3mm, no mínimo  |

Já os basaltos e diabásios (Figura 10.1) destacam-se como fornecedores dos nutrientes cálcio (Ca) e magnésio (Mg), além de terem praticamente toda a sílica alocada em minerais que podem disponibilizá-la aos solos, pois são quase desprovidos de quartzo (Bergmann *et al.* 2013a, 2014). Além disto os basaltos apresentam micronutrientes importantes, como molibdênio (Mo), cobre (Cu) e zinco (Zn); dificilmente apresentam teores impeditivos de EPT, e contribuem para a formação de argilas do tipo 2:1 nos solos, o que no caso dos basaltos hidrotermalizados pode se dar de forma mais efetiva (Bergmann *et al.* 2014).

Os basaltos já têm uso empírico consagrado na agricultura familiar e na produção orgânica das regiões Sul e Sudeste do Brasil (Almeida e Silva 2009), contando também com testes de eficiência agrônômica e testes em colunas de lixiviação (Knapik, 2007, Bamberg *et al.* 2011). Alguns produtos do tipo pós de rochas basálticas e dacíticas estão em uso enquanto “melhoradores de solos” ou condicionadores, sendo que a normatização em curso deverá oportunizar que sejam incluídos na categoria dos fertilizantes.

Em conclusão, subprodutos da mineração de agregados, como os finos de britagem, que são tidos frequentemente como um transtorno para o produtor e geram problemas ambientais quando alcançam a atmosfera na forma de poeira, apresentam, no caso dos basaltos e diabásios, um bom potencial de uso agrícola, podendo ser empregados para fertilizar,



Figura 10.1 – Lavra de basalto na RMPA.

remineralizar e corrigir solos empobrecidos em nutrientes, e podendo substituir ou complementar os fertilizantes químicos do tipo NPK.

## 10.2 - BASALTOS AMIGDALÓIDES A ZEÓLITAS

As zeólitas são minerais da família dos silicatos, constituídos essencialmente por sílica, alumínio, cálcio e sódio, e têm como estrutura característica um ou mais sistemas de poros que podem constituir canalículos interligados. A elevada capacidade de troca catiônica, o potencial para absorção de gases e vapores em sua estrutura cristalina e a capacidade de atuação como “peneiras moleculares” dão aos minerais da família das zeólitas uma grande variedade de usos, que inclui sistemas de produção industrial, pecuária, agricultura e uso no controle e remediação de descargas de substâncias poluentes, levando inclusive à produção de similares sintéticos de alto custo, projetados para usos específicos (Van Straaten, 2007).

Embora a ocorrência de zeólitas em cavidades nas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral seja conhecida há várias décadas, nunca se cogitou em seu aproveitamento econômico, pelo fato da tecnologia de extração e aproveitamento econômico dos minérios zeolíticos a nível mundial ser relatada a jazimentos de ambiente diagenético, além de sedimentos lagunares costeiros e marinhos e à alteração de vidros vulcânicos. As variedades mais comuns nestas ambiências são como clinoptilolita, mordenita, heulandita e analcima.

Nos basaltos amigdalóides da Formação Serra Geral pode-se encontrar grande quantidade de ocorrências de zeólitas, em diversas ambiências, entre as quais em zonas de topo de derrames. No entanto, a extensa zona de contato entre o arenito Botucatu e os primeiros derrames basálticos, continua ao longo de toda a faixa litorânea e da parte norte da Depressão Central do RS, destaca-se pela abundância e variedades de espécies de zeólitas.

### 10.2.1 - Ocorrências de Zeólitas na Região Metropolitana de Porto Alegre

Na Região Metropolitana de Porto Alegre o intervalo litoestratigráficos do contato das primeiras corridas de lava da Formação Serra Geral



e os arenitos da Formação Botucatu corresponde em parte a derrames basálticos em lobos com grande quantidade de zeólitas na forma de amígdalas. Os lobos afloram na região de Novo Hamburgo e Taquara, e são sobrepostos por derrames mais espessos, cujas rochas se constituem no verdadeiro alvo das empresas que exploram basalto para britagem, pois afora a zona amigdalóide de topo os derrames mais possantes apresentam rochas sem cavidades e com teor reduzido de vidro, o que as qualifica para produção de brita.

Já as rochas dos lobos tendem a se constituir em materiais descartados nas pilhas de rejeitos das lavras de basaltos, assim como a parte amigdalóide-vesicular do topo dos derrames basálticos eventualmente lavrados para brita.

Desta maneira três situações configuram a ocorrência dos basaltos amigdalóides a zeólitas como materiais presentes em frentes de lavras para rochas destinadas à construção civil:

#### 10.2.1.1 - Derrames em lobos com zeólitas em cavidades e crostas como alvo de lavra para saibro basáltico

Esta é uma situação bastante comum na Região Metropolitana de Porto Alegre, em função do grau de alteração avançado que os basaltos amigdalóides apresentam quando aflorantes. Isto deve-se em grande parte à alteração precoce devido à matriz de rocha vítrea dos lobos e às descontinuidades e porosidade introduzidas pelas cavidades mineralizadas, que tornam o material friável e passível de escarificação (Figura 10.2). Embora o saibro proveniente destas rochas seja pouco indicado para o uso de revestimento de estradas, dado ao progresso bastante rápido de sua alteração enquanto material rico em vidro, (substância amorfa que se degrada gerando argilas esmectíticas e zeólitas), a facilidade de extração e a falta de informação sobre a sua natureza torna o material dos lobos um dos produtos mais usados pelas prefeituras na recuperação de estradas vicinais, como rejunte de calçamento e como aterro.

Várias saibreiras seguem sendo licenciadas para este fim, e constata-se um aproveitamento inadequado das zeólitas, que ocorrem em percentuais elevados, podendo atingir 30-40% da rocha, tanto por seu emprego enquanto material impróprio para a para fins de revestimento viário como pelo desperdício de bem mineral que poderia ter uso mais nobre.

#### 10.2.1.2 - Lobos amigdalóides sobrepondo ou intercalando rochas basálticas não amigdalóides

Quando o primeiro derrame da pilha local se constitui em uma corrida de lava mais espessa, e é sobreposto por derrames do tipo lobo, dá-se a situação em que um pacote de rochas maciças e próprias para produção de brita ocorre na frente de lavra em associação

a basaltos amigdalóides. A situação é análoga quando o derrame sobrepõe um conjunto de lobos e os basaltos amigdalóides se constituem na superfície limitante de aproveitamento das rochas destinadas à britagem, e também quando lobos estéreis se intercalam a lobos amigdalóides. Nestes casos basaltos amigdalóides com percentuais variados de zeólitas constituem pilhas de rejeito de mineração, gerando problemas de espaço em praças de lavra. Como a geometria dos lobos é complexa, e os fluxos podem se acomodar em desníveis devido ao paleorelevo do terreno, pode ocorrer a disposição lateral de basaltos maciços e amigdalóides.

No talude superior da mineração de saibro da localidade de Lajeado, no município de Igrejinha, um conjunto de lobos de espessura sub-métrica com mergulho para NW e SE totaliza 8 m de basalto amigdalóide sobreposto ao basalto granular afanítico objeto da lavra para saibro, que corresponde a um conjunto de lobos estéreis. Os lobos mineralizados apresentam percentual variado de até 10% de cavidades globulares de 0,5-1 cm de diâmetro mineralizadas à zeólitas (escolecita e laumontita) que também ocorrem concentradas em crostas centimétricas e buchos decimétricos, dispostos nos contatos entre os lobos. (Figuras 10.3 e 10.4).

No setor SE do talude inferior um lobo pendente projeta-se até o piso da bancada, e se mostra enriquecido em zeólitas, portando até 20% de cavidades preenchidas por heulandita e escolecita, além crostas e buchos de 15-20 cm de diâmetro à laumontita. De maneira geral é comum se constatar a ocorrência de maior quantidade de zeólitas em lobos inclinados, o que corrobora a hipótese de gênese ligada à circulação de fluidos hidrotermais para as zeólitas nos basaltos amigdalóides de lobos. Esta circulação é naturalmente favorecida no caso de camadas inclinadas. Ainda a constância com que são observados os cordões e restos de arenito zeolitizado nesta ambiência aponta para a provável fonte de sílica a partir do arenito para formação destes minerais (Figuras 10.2 e 10.3).

Em lavra de saibro abandonada na localidade de Rochedo, no município de Igrejinha, a quantidade de amígdalas mineralizadas à zeólita ultrapassa 20% da rocha, que é facilmente escarificável, em função do rápido intemperismo da matriz semi-vítrea da rocha (Figuras 10.4).

#### 10.2.1.3 - Basaltos amigdalóides a zeólitas em topo e brechas de topo de derrame

Esta situação ocorre quando a lavra para brita envolve, além da zona central, o topo de determinado derrame, ou mesmo dois derrames, interpostos pela zona de topo do derrame inferior. As zonas amigdalóides expostas neste caso tem espessura relatada à possança do derrame e são usualmente pouco espessas, além de não apresentarem grandes quantidades de zeólitas. Minerais da família da sílica (quartzo e calcedônia) ou carbonatos (calcita) podem ocorrer também como preenchimento de cavidades.





Figura 10.2 – Acima: Saibreira em Morro Reuter explorando lobos e zeólitas, amostrados para testes de retenção de amônia em dejetos suínos. No detalhe crostas à zeólita escolecita em basalto amigdalóide, ocorrendo acima de restos de arenito zeolitizado (cor rósea) no contato entre lobos (E) e zeólitas em crostas e cavidades configurando percentuais superiores a 30% (D).



Figura 10.3 – Aspecto da bancada superior de lavra da localidade de Lajeado, no município de Igrejinha, onde se observam lobos mergulhando em orientações diversas. À direita detalhe das cavidades preenchidas por laumontita e escolecita, notar cordão de arenito rosado separando lobos (seta).





Figura 10.4 – À esquerda bucho decimétrico de zeolita laumontita, coletado na da mesma lavra. À direita, aspecto dos blocos de basalto amigdalóide a zeólitas e da frente de lavra no mesmo material, em pedreira de saibro abandonada na localidade de Rochedo, município de Igrejinha, notar a quantidade de amígdalas a zeólitas (pontuações brancas), superior a 20%.

Nestas ocorrências os basaltos amigdalóides se constituem no material descartado, na maior parte das vezes em blocos de rocha fresca. Brechas com clastos de basalto (autobrechas) são comuns e os percentuais de cavidades à zeólitas não ultrapassam 15% (Figura 10.5).

#### 10.2.2 - Perspectivas de aproveitamento dos basaltos amigdalóides a zeólitas

Os basaltos amigdalóides ricos em zeólitas e as zeólitas puras das crostas vem sendo objeto de estudos por projeto da CPRM voltados a agrominerais, e através de convênio com a Embrapa Clima Temperado-Pelotas (EBTC) estes materiais são encaminhados para testes para retenção de compostos de amônia em dejetos de suínos na Universidade Federal de Santa Maria. Embora a performance dos basaltos amigdalóides a zeólitas neste processo não se iguale à das zeólitas puras, importadas de Cuba para esta finalidade, seu uso vai ser condicionado pela adequação das dosagens, e representa uma alternativa interessante, dado o alto custo da clinoptilolita cubana. O processo de licenciamento ambiental da pecuária suína prevê que os dejetos sejam descartados dentro de padrões rígidos para evitar impacto ambiental, e com a disponibilidade destes recursos contraposta ao custo do material importado, é de se prever o favorecimento do uso do basalto amigdalóide a zeólitas.

Também a empresa Ecocitrus de Montenegro está testando o material dos lobos a zeólitas em diferentes doses nos processos de compostagem de resíduos orgânicos, sob a orientação de agrônomos

da **Embrapa Clima Temperado de Pelotas** (Figura 10.6).

Já as possibilidades de uso agrônomo destes materiais, na forma de pó de rocha, prescindem da separação das zeólitas de sua matriz basáltica, uma vez que a mesma é em grande parte vítrea, e como tal altamente reativa, podendo liberar nutrientes importantes para as culturas, como Ca e Mg, além de micronutrientes comuns em rochas basálticas, como Mo, Cu e Zn. Enquanto isto as zeólitas atuam como condicionadores de solos, operando na retenção de água para as plantas ou mesmo otimizando o uso de fertilizantes solúveis, dada à sua capacidade de reter compostos nutrientes nos canalículos internos e disponibilizá-los diretamente para as raízes das plantas. Neste contexto não há necessidade de emprego de zeólitas puras ou de espécies monominerálicas, podendo-se esperar benefícios inclusive da variedade destes minerais presentes nas ocorrências apresentadas, uma vez que as diferentes espécies apresentam tamanhos de poros variados e são teoricamente capazes de reter substâncias com moléculas de intervalos de tamanho mais variados (Bergmann et al. 2013b).

Por esta razão as zeólitas encontram-se em vias de aproveitamento, a depender dos resultados dos diversos ensaios e testes de desempenho agrônomo em curso na Embrapa Clima Temperado, na Ecocitrus, e na UFSM, tornando-se conveniente prever o armazenamento em locais acessíveis de materiais que hoje são descartados em pilhas de rejeito, além de uma alternativa para obtenção de saibro basáltico mais própria que os lobos de basaltos amigdalóides a zeólitas.



*Figura 10.5 – Lavra de basalto desativada no Bairro Roselândia (Novo Hamburgo), apresentando no piso arenito Botucatu. Abaixo brecha de topo de derrame (E) e blocos de basalto amigdalóide com cavidades à heulandita, calcita e escolecita (D) provenientes do topo do derrame e descartados como rejeito.*





Figura 10.6 – Experimentos de compostagem com uso de zeólitas na Ecocitrus–Novo Hamburgo.  
Foto de Carlos A. P. Silveira (Embrapa - CPATC)



## **11 – CONCLUSÕES**

O presente informe é resultado de um trabalho multidisciplinar que reúne informações do conhecimento geológico e insumos minerais para a construção civil da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA). Este informativo tem como objetivo apresentar dados sobre os principais insumos utilizados na construção civil, tais com: areia, argila, rocha para britagem, pedra de talhe, material de empréstimo e saibro. Para determinados insumos foram realizados ensaios tecnológicos para testes de aplicabilidade da matéria prima, sendo destacados os resultados de areia, argila e brita.

A dificuldade no levantamento das reservas na RMPA ocorre devido ao fato de que muitas empresas de mineração trabalham no regime de licenciamento, sendo que esta atividade não exige cubagem de minério. Nestes casos, muitas concessões, principalmente em áreas urbanizadas, são obtidas para servirem de proteção a unidades de extração. Desta maneira, o empreendedor adquire a propriedade fundiária, faz os trâmites necessários para obter a concessão, e cria uma área de proteção para evitar que o entorno de sua lavra vire um loteamento (oficial ou clandestino), fato esse, que poderia criar problemas sérios para a atividade minerária. Em razão deste panorama, são necessários levantamentos específicos esta atividade de licenciamento, assim como, intensificados estudos para um maior detalhamento deste tipo de lavra.

O crescimento desordenado dos grandes centros urbanos, aliado às restrições ambientais, acaba inviabilizando o desenvolvimento da atividade mineral em regiões metropolitanas. O estabelecimento de uma política estadual/municipal é imprescindível para a proteção e aproveitamento dos recursos minerais existentes, estabelecendo-se leis de zoneamento urbano através de plano diretores.

Na maior parte da RMPA, os recursos minerais para construção civil são abundantes, mas essa relativa abundância deve ser encarada com a devida cautela. O levantamento de reservas e recursos minerais foi muito importante para conhecer a relação entre produção e reserva, de modo a acompanhar sua evolução, prever exaustão e indicar necessidade de novos investimentos em pesquisa mineral. As informações consultadas abrangeram os principais bancos de dados existentes e disponíveis para consulta pública tais como DNPM, FEPAM e algumas prefeituras.

O levantamento realizado pela Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil – ANEPAC em 2012 aponta que há no Brasil uma tendência de crescimento contínuo no consumo de insumos para construção civil nos

próximos 10 anos. Em alguns casos, a atividade mineira passou a desempenhar importante papel na balança comercial de municípios produtores. No entanto, ainda se faz necessário um trabalho voltado à capacitação tecnológica e gestão de recursos minerais de toda a cadeia produtiva do setor. Outra grande barreira para o desenvolvimento da mineração na RMPA é de ordem institucional, uma vez que a região carece de ordenamento territorial na maioria dos municípios. A exploração desordenada, o mau aproveitamento e a comercialização irregular do insumo são problemas que promovem a exaustão das reservas gerando uma série de conflitos na atividade produtiva dos insumos.

Na RMPA as principais ações para mineração de insumos para construção civil são direcionadas para a produção de areia, sendo o baixo Jacuí o principal fornecedor desse bem mineral, atendendo em torno de 2/3 da demanda do Estado do Rio Grande do Sul.

As reservas de areia do rio Jacuí são excepcionais, e levantamentos de empresas além de pesquisas sobre a dinâmica sedimentar do rio atestam sobre essa potencialidade. De acordo com dados de produção, a extração de areia no baixo Jacuí chega na ordem de 7 a 8 milhões de toneladas ano. A potencialidade mineral do rio também é verificada em trechos monitorados pela mineração, onde depósitos lavrados voltam a ser realimentados em poucos dias ou semanas durante períodos de cheias do rio.

A boa qualidade dessas areias, aliada a facilidade de escoamento da produção via aquaviária confere uma ótima competitividade no preço final do insumo ao consumidor. No entanto, boas práticas de lavra durante a atividade de extração são essenciais para a sustentabilidade dessa atividade.

A paralisação da mineração de areia no baixo Jacuí, ocorrida em meados de 2013 em razão de uma série de irregularidades na área ambiental causou sérios impactos no mercado de construção civil da RMPA, e neste contexto, as jazidas existentes na região de Águas Claras em Viamão e Lago Guaíba surgiram como alternativas para atender a demanda de areia da RMPA. No caso dessas duas fontes, os impactos ambientais causados pela lavra devem levar em consideração a fragilidade das áreas fontes que são altamente suscetíveis à degradação. Cabe ressaltar, que a potencialidade para a mineração de areia do lago Guaíba também revela a existência de conflitos com as questões ambientais, de navegabilidade e de usos com fonte abastecimento de água. Por essa razão, a extração de areia no Guaíba foi interdita em 2003, e diante desta discussão, a retomada da mineração de areia no Guaíba está condicionada à execução de um Zoneamento Ambiental.



Com relação à qualidade das areias da RMPA, destaque é dado ao material minerado no baixo Jacuí que possui boa variedade mineralógica e granulométrica, e para as areias com altas concentrações de quartzo encontradas nas jazidas de Águas Claras (Viamão). No total foram cadastrados 38 unidades de extração de areia na RMPA.

As argilas da RMPA atendem principalmente a indústria de cerâmica vermelha, sendo as várzeas localizadas nos meandros dos rios dos Sinos e Caí as principais jazidas mineradas na região. Os ensaios geotécnicos nessas argilas atestaram a boa qualidade do insumo para a produção de produtos cerâmicos simples como tijolos e telhas.

As potencialidades das argilas para uso em cerâmica nobre foram estudadas em áreas onde afloram sedimentos da Formação Rio Bonito. A associação sedimentar dessa unidade geológica apresenta camadas de argila com potencial para cerâmica nobre. Isso ocorre, em razão desses depósitos serem ricos em argilominerais como caulinita. As duas áreas visitadas apresentaram bons resultados para as amostras coletadas. Na região de Arroio dos Ratos, as jazidas são estimadas em 10 milhões de toneladas, já na região de Tijucas em Alvorada, a reservas necessitam de estudos mais detalhados com sondagens, por exemplo, pois a produção é realizada em pequena escala. No total foram cadastradas 51 pontos de extração de argila na RMPA, sendo que na maioria dos casos a produção atende demandas locais de olarias.

Na RMPA, as reservas para rocha de britagem estão relacionadas a granitoides e basaltos, sendo as principais áreas de extração localizadas nos municípios de Portão, Campo Bom, Santo Antônio da Patrulha, Porto Alegre e Eldorado do Sul. As principais pedreiras foram amostradas para ensaio tecnológico de brita, e todos os ensaios de reatividade álcali-agregado apresentaram resultados acima dos limites descritos pelas normas vigentes. Tal fato indica a necessidade de maior cuidado no emprego do material, realizando ações corretivas, com o objetivo de evitar danos decorrentes da utilização inadequada do insumo. Foram cadastradas no total 38 pontos de lavra para brita na RMPA.

Com relação aos cuidados com o meio ambiente são poucas as empresas de mineração dedicadas a abrandar impactos ambientais oriundos das atividades de extração na RMPA. Muitas vezes, os danos causados na lavra são explícitos, e não contemplam qualquer trabalho de mitigação. Entre

os impactos mais frequentes estão o desmatamento, a poeira, o ruído de máquinas e caminhões, a vibração causada por detonações e a alteração da paisagem.

O restante dos insumos pesquisados na RMPA como pedra de talhe, material de empréstimo e saibro apresentam-se como lavras de pequeno porte. Destaque é dado para pedra de talhe de arenito, que é bastante explorada em pedreiras na região de Parobé, Santo Antônio da Patrulha e Novo Hamburgo.

Neste trabalho foi abordada de forma inédita a possibilidade de emprego de rejeitos de lavra na remineralização e condicionamento de solos, técnica também conhecida como Rochagem. Neste contexto, descartes da mineração de agregados como os basaltos amigdalóides e zeólitas, além dos finos de britagem de basaltos e diabásios, são apresentados como materiais com potencial de subprodutos, e podem ser destinados à remineralização de solos ou ao aproveitamento como matéria prima no condicionamento de solos, na compostagem de resíduos orgânicos ou em processos agropecuários. As principais pedreiras que podem utilizar seus rejeitos para rochagem são os basaltos da Fácies Gramado da Formação Serra Geral, que ocorrem na região norte da RMPA. Para isto, são apresentadas as principais características das rochas próprias para uso em Rochagem, e alerta-se sobre a necessidade de dar disposição adequada na praça de lavra a materiais, que em futuro próximo podem representar valor agregado à atividade de mineração.

De maneira geral, foi verificado que a acelerada exaustão de algumas jazidas minerais decorre de atividades exploratórias não controladas, e pela demanda por materiais que é proporcional ao acelerado crescimento dos grandes centros urbanos. Desta maneira, exploração com base nos princípios de sustentabilidade, mão de obra qualificada e investimento em novas tecnologias de beneficiamento é o melhor caminho para o desenvolvimento da atividade de mineração da RMPA.

Finalmente, o Serviço Geológico do Brasil - CPRM com subsídios do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, espera com este informe contribuir para a divulgação das principais reservas de insumos para construção civil da RMPA, permitindo uma avaliação geral da quantidade e qualidade destes insumos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. S. Métodos de Mineração. In: TANNO, L. C. (Coord.); SINTONI, A. (Coord.). **Mineração & município: bases para planejamento e gestão dos recursos minerais**. São Paulo: IPT, 2003. 177 p. (Publicação IPT, 2850).
- ALMEIDA, E.; SILVA, F. J. P. S. Transição Agroecológica de Sistemas Produtivos Familiares no Sul Do Paraná e Planalto Norte Catarinense – o relato da experiência com pó de basalto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 1., 2009, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: Fundação Sonia Ivar, 2009. v.1. p. 167-181.
- ASSOCIAÇÃO Brasileira de Cerâmica – ABCERAM. Desenvolvido pela Associação Brasileira de Cerâmica, 2011, São Paulo. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br/site/>>. Acesso em 18 set. 2014.
- ASSOCIAÇÃO Nacional da Indústria Cerâmica - ANICER. Desenvolvido pela ANICER, [2010] Rio de Janeiro. Disponível em: < [www.anicer.com.br](http://www.anicer.com.br)>. Acesso em: 18 set. 2014.
- ASSOCIAÇÃO Nacional dos Comerciantes de Material de Construção – ANAMACO. desenvolvido pela ANAMACO, 2011, São Paulo. Disponível em: <[www.anamaco.com.br](http://www.anamaco.com.br)>. Acesso em 18 set. 2014.
- BAMBERG, A. L.; SILVEIRA, C. A. P.; POTES, M. L.; PILLON, C. N.; LOUZADA, R. M.; CAMPOS, A. A. Dinâmica de liberação de nutrientes disponibilizados por diferentes tipos de rochas em colunas de lixiviação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia, MG, 2011.
- BAMBERG, A. L.; SILVEIRA, C. A. P.; MARTINAZZO, R.; BERGMANN, M.; TONIOLO, J. A.; GRECCO, M. F.; POTES, M. L. Desempenho Agrônomo de Fontes Minerais e Orgânicas de Nutrientes para as Culturas de Milho e Trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2., 2013, Poços de Caldas, MG. **Resumos Estendidos...** Poços de Caldas, MG: Petrobras; Embrapa, 2013. p 24-31.
- BARRETO, M. L. (Ed.). **Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215 p.
- BERGMANN, M.; BAMBERG, A.; SILVEIRA, C. A. P. Granodiorito gnáissico da pedreira Silveira-Pelotas /RS: uma rocha granítica com potencial para remineralização de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46.; CONGRESSO DE GEOLOGIA DOS PAISES DE LINGUA PORTUGUESA, 1., 2012, Santos, SP. **Anais...** Santos: SBG, 2012. 1 CD-ROM.
- BERGMANN, M.; SILVEIRA, C. A. P.; BAMBERG, A. L.; MARTINAZZO, R.; GRECCO, M. F. Representação de dados litoquímicos em rochas vulcânicas da formação Serra Geral da Bacia do Paraná: uma ferramenta para investigação do potencial de uso agrônomo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2., 2013, Poços de Caldas, MG. **Resumos Estendidos...** Poços de Caldas, MG: Petrobras; Embrapa, 2013. p 168-180 MG.2013a.
- BERGMANN, M.; SILVEIRA, C. A. P.; BANDEIRA, R.; BAMBERG, A. L.; MARTINAZZO, R.; GRECCO, M. Basaltos amigdalóides à zeólitas da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná: Potencial para uso agrônomo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2., 2013, Poços de Caldas, MG. **Resumos Estendidos...** Poços de Caldas, MG: Petrobras; Embrapa, 2013b.
- BERGMANN, M.; SILVEIRA, C. A. P.; BANDEIRA, R.; BAMBERG, A. L.; MARTINAZZO, R.; GRECCO, M. Considerações sobre o potencial de uso agrônomo das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná. In: HARTMANN, L. A.; SILVA, J.T. DA; DONATO, M. (Ed.) **Tecnologia e Inovação em Gemas, Joias e Mineração** 2014. Porto Alegre RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. p119-126.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro 2010**. Brasília, DF: Ministério das Minas e Energia, 2010. v 3.
- BRASIL. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária-INCRA. **Geomorfologia – Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: INCRA/IICA, 1972.. Escala 1:100.000.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília, DF: Ministério das Minas e Energia, 2005a. v 25. p.25-26.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Texto básico sobre impactos ambientais no setor de extração mineral**. Brasília :MMA, 2001
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Decreto Federal nº 97.632, de 10 de abril de 1989**. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/D97632.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97632.htm)>. Acesso em: 6 out. 2014.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - FIERGS. **Balanço 2011 e Perspectivas 2012**. Porto Alegre, 2011. 156 p. Disponível em: <[www.fiergs.org.br/downloads](http://www.fiergs.org.br/downloads)>. Acesso em: 18 set. 2014.

- GONÇALVES, J. C. V.; MOREIRA, Marcos D.; BORGES, V. P. **Materiais de construção civil na região metropolitana de Salvador**. Salvador: CPRM, 2008. 1 CD-ROM. (Informe de Recursos Minerais. Série Rochas e Minerais Industriais, 2). Programa Geologia do Brasil (PGB).
- GRECCO, M. F.; BAMBERG, A. L.; BERGMANN, M.; SANDER, A.; SILVEIRA, C. A. P.; MARTINAZZO, R.; RONCHI, L. H.; LOUZADA, R. Liberação de nutrientes das frações minerais mesocrática e leucocrática dos granitóides da pedreira Silveira – Pelotas/RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 47., 2014, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 2014. (PAP 016019)
- GRECCO, M.; BAMBERG, A. L.; POTES, M. da L.; LOUZADA, R., SILVEIRA, C. MARTINAZZO, R.; BERGMANN, M. Efeito de rochas moídas e torta de tungue sobre a concentração e acumulação de nutrientes na parte aérea de plantas de milho (zeamays). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2., 2013, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: Petrobras; Embrapa, 2013. p 101-108.
- HAGEMANN, S. E.. **Apostila de Materiais de Construção básicos**. Porto Alegre: IFRS; Universidade Aberta do Brasil, 2011. Disponível em: < [http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/\\_pdf/apostila\\_mcb.pdf](http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/_pdf/apostila_mcb.pdf)>. Acesso em: 6 out. 2014.
- HARTMANN, C.; BULLA, L. A. S.; FELLINI, B. D.. Uso do ADCP na avaliação do fluxo e no transporte de sedimentos no baixo rio Jacuí, Charqueadas, RS/ Brasil. **Gravel**, v.8, n. 1, 2010, p. 33-44.
- INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo 2010**. Brasília, 2010. Disponível em: < <http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 18 set. 2014.
- INSTITUTO Brasileiro de Mineração – IBRAM. **Informações e análises da economia mineral Brasileira**. 7.ed. Brasília, 2012. 65 p.
- KNAPIK, B.; SILVA, F. J. P. da; KNAPIK, J. G. **Pó de Basalto: experimento no Médio Iguaçu**. 90p. 2007. Porto União, SC: **SETI**, 2007. 90 p.
- LACERDA, Bolivar Rafael Mercadante de Moura. Coluna Estatística. **Revista Areia e Brita (ANEPAC)**. São Paulo. Nº 54, 2011, p. 27
- LEOPOLD, L. B. et al. A procedure for evaluating environmental impact. **U.S. Geological Survey Circular**, v. 645. Washington, 1971.
- MACÊDO, A. J. B. de; BAZANTE, A. J; BONATES, Eduardo Jorge Lira. Seleção do método de lavra: arte e ciência. **REM, Rev. Esc. Minas**, v.54, n.3, 2001. p.221-225.
- OLIVEIRA, A. M. dos; BRITO, S. N. A. de (Ed.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. 586 p.
- PINHO, D.. **Contribuição à petrografia de Pedra Britada**. 2007, São Paulo Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. 1 CD TOM.
- QUARESMA, L. F.. **Perfil de areia para construção civil**. Belo Horizonte: J. Mendo Consultoria, 2009. (Relatório Técnico 31)
- RAMGRAB, G. E.; WILDNER, W.; CAMOZATO, E. (Org.). **Porto Alegre, folha SH.22-Y-B: estado do Rio Grande do Sul**. Brasília: CPRM, 1997. 140 p. il3 mapas. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB.
- SÁNCHEZ, L. E. A diversidade dos conceitos de impacto ambiental e avaliação de impacto ambiental segundo diferentes grupos profissionais. In: ENCONTRO ANUAL DA SEÇÃO BRASILEIRA DA IAIA – INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR IMPACT ASSESSMENT, 7., 1988. **Atas...** Rio de Janeiro, 1998a.
- SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo : Oficina de Textos, 2008.
- SANTOS, P. de S. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2.ed. São Paulo: EDGAR BLUCHER, [1989]. v.1. 499 p
- SANTOS, P. de S. **Tecnologia de argilas aplicada às argilas brasileiras: aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1975. v.2. 802 p.
- TOMAZZELLI, L. J.; VILWOCK, J. A. Uma mudança no método estratigráfico de mapeamento de terrenos sedimentares: o exemplo da planície costeira do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO SOBRE A ESTRATIGRAFIA DO RIO GRANDE DO SUL: ESCUDOS E BACIAS, 1, 14-16 maio 2003, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBG. Núcleo RS; UFRGS; UNISINOS; ABC; CPRM, 2003. p. 215-219.
- VAN STRAATEN, P. **Agrogeology: the use of rocks for crops.**, Ontario, Canada: Enviroquest, 2007. 440p.
- WILDNER, W.; RAMGRAB, G. E.; LOPES, R. da C.; IGLESIAS, C. M. da F. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Sul: Escala 1:750.000**. Porto Alegre: CPRM, 2008. 1 DVD. Programa Geologia do Brasil; Mapas geológicos Estaduais.
- ZANINI, Luiz F. P.; PIMENTEL, G. de B. **Potencial Mineral para não metálicos na Região Metropolitana de Porto Alegre**. Porto Alegre: CPRM/METROPLAN, 1998. 1 v. il. (Série Cartas Temáticas, v. 25).

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

---





## **LISTAGEM DOS 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, Caracará, 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 Uraricaá - 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 Mucajaí - 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.

#### **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 do 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 Zeólitas 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

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

- Nº 01 – Projeto BANEÓ – 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 BANEÓ - 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

**SÉRIE MINERAIS ESTRATÉGICOS**

Nº 01 – Diretrizes para Avaliação do Potencial do Potássio, Fosfato, Terras Raras e Lítio no Brasil, Brasília, 2015



# INFORME DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

## Série Rochas e Minerais Industriais, nº 17

*Insumos Minerais para a Construção Civil*

### PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

O produto Informe de Recursos Minerais, parte integrante do Programa Geologia do Brasil, 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 reúne informações de interesse do setor mineral referentes a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), Estado do Rio Grande do Sul, abrangendo análise de aspectos sócio-econômicos e infraestrutura da RMPA; contexto geológico, potencial mineral e perfil dos insumos para construção civil, mineração e meio ambiente, métodos de lavra e beneficiamento, direitos minerários, aspectos mercadológicos, rochagem e legislação.

Os insumos minerais foram descritos individualmente, enfocando-se aspectos tais como localização, tipologia de depósitos, caracterização tecnológica, reservas e fontes alternativas de suprimento. Foram cadastradas 252 ocorrências minerais, enfatizando-se a caracterização tecnológica de areias, argilas e brita utilizadas para construção civil, com a finalidade de definir a melhor aplicabilidade do insumo.

Adicionalmente, foi elaborado um diagnóstico técnico-econômico sobre os insumos minerais, levando em conta produção, consumo e impactos ambientais decorrentes da atividade minerária, com indicações quanto à sustentabilidade da produção mineral e atendimento da demanda futura.

Além de ser um instrumento para formulação de políticas públicas, este produto auxilia na atração de investimentos no setor mineral, fator importante para a manutenção do crescimento econômico, cujos efeitos podem resultar na geração de emprego, renda e desenvolvimento social à luz da sustentabilidade e respeito ao meio ambiente.

#### Sede

Setor Bancário Norte - SBN - Quadra 02, Asa Norte  
Bloco H - 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 Recursos Minerais

Tel: 61 3223-7925

#### Divisão de Minerais e Rochas Industriais

Tel: 81 3316-1407

#### Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059

#### Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 - Santa Teresa  
Porto Alegre - RS - CEP: 90840-030  
Tel.: 51 3406-7300

#### Assessoria de Comunicação

Tel: 61 3321-2949 - Fax: 61 3321-2949  
E-mail: [asscomdf@cprm.gov.br](mailto:asscomdf@cprm.gov.br)

#### Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372  
E-mail: [marketing@cprm.gov.br](mailto:marketing@cprm.gov.br)

#### Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495  
E-mail: [ouvidoria@cprm.gov.br](mailto:ouvidoria@cprm.gov.br)

#### Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897  
E-mail: [seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)

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

