

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

**MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL PARA A
REGIÃO METROPOLITANA DE ARACAJU**

José Carlos V. Gonçalves
Marcos Donadello Moreira
Rômulo Alves Leal
Vânia Passos Borges

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Rochas e Minerais Industriais, nº 7

Salvador, 2011

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

Materiais de Construção Civil para a Região Metropolitana de Aracaju

Informe de Recursos Minerais

G635 Gonçalves, José Carlos V.
Materiais de Construção Civil para a Região Metropolitana de Aracaju / José Carlos V. Gonçalves, Marcos Donadello Moreira, Rômulo Alves Leal e Vânia Passos Borges. – Salvador: CPRM, 2011.
117 p. : il. color. + 1 mapa – (Informe de Recursos Minerais, Série Rochas e Minerais Industriais, 7).

Programa Geologia do Brasil
Convênio entre a CPRM – Serviço Geológico do Brasil e a Companhia de Desenvolvimento Industrial e de Recursos Minerais de Sergipe - CODISE.

1. Minerais Industriais - Sergipe. 2. Materiais de Construção - Sergipe. I. Moreira, Marcos Donadello. II. Leal, Rômulo Alves. III. Borges, Vânia Passos. IV. Título. V. Série.

CDD 558.141

Foto da capa: Cava do Areal Senhor dos Passos, município de Areia Branca, Sergipe

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Edison Lobão
Ministro de Estado

Cláudio Scliar
Secretário de Geologia, Mineração e
Transformação Mineral

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

Manoel Barretto da Rocha Neto
Diretor-Presidente

Roberto Ventura Santos
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Thales de Queiroz Sampaio
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antonio Carlos Bacelar Nunes
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Eduardo Santa Helena da Silva
Diretor de Administração e Finanças

Francisco Valdir Silveira
Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Ruben Sardou Filho
Chefe da Divisão de Minerais e Rochas Industriais

Superintendência Regional de Salvador

José Carlos V. Gonçalves
Superintendente (interino)

Roberto Campêlo de Melo
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

José da Silva Amaral Santos
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Gustavo Carneiro da Silva
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Aliomar Ramos dos Santos
Gerente de Administração e Finanças

Equipe Técnica

ELABORAÇÃO DO INFORME

Francisco Valdir Silveira
Coordenação Geral - DEREM

Ruben Sardou Filho
Coordenação Técnica - DIMINI

Roberto Campêlo de Melo
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

José da Silva Amaral Santos
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

José Carlos V. Gonçalves
Marcos Donadello Moreira
Rômulo Alves Leal
Vânia Passos Borges
Executores do Informe

Euvaldo Carvalho Britto
Carmo Elizabeth L. da Silva Seydel
Ivanara Pereira L. dos Santos
Digitalização e Editoração do Mapa

Carmo Elizabeth L. da Silva Seydel
Emanoel Vieira de Macedo
Digitalização e Editoração das Figuras

Luiz Miranda Aleixo
Diagramação e Editoração Eletrônica do Informe

Mabel Pedreira Borges
Editoração do Texto

Isabel A. S. Matos
Normalização e Documentação

Washington J. F. Santos
Euvaldo Carvalho Britto
Editoração da Capa

EXECUÇÃO DA PESQUISA

José Carlos V. Gonçalves
Marcos Donadello Moreira
Rômulo Alves Leal
Compatibilização e Revisão Final

Roberto Campêlo de Melo
(CPRM)
Johélino Magalhães do Nascimento
(CODISE)
Supervisão Técnica

José Carlos V. Gonçalves
Chefe do Projeto

José Carlos V. Gonçalves
Marcos Donadello Moreira
Rômulo Alves Leal
Vânia Passos Borges
Geólogos Executores

Cristina Maria Burgos de Carvalho
Análises Petrográficas

Apresentação

O contexto geológico regional favorável ao abastecimento de bens minerais para construção civil da Região Metropolitana de Aracaju-RMA não tem propiciado um fornecimento sustentável desses insumos, quer do ponto de vista ambiental, quer do aproveitamento racional dos recursos minerais.

A existência de lavra informal de areia e arenoso devastando o meio físico e depredando expressivos depósitos minerais, o crescimento urbano ameaçando os complexos rochosos geradores de pedra de alvenaria e brita, e as pressões de demanda por esses materiais nos próximos anos sinalizam perspectivas de estrangulamento da oferta no futuro.

É dentro deste contexto que a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, do Ministério de Minas e Energia, através da CPRM – Serviço Geológico do Brasil e a Companhia de Desenvolvimento Industrial e de Recursos Minerais de Sergipe – CODISE têm a grata satisfação de disponibilizar à comunidade técnico-científica, aos empresários do setor mineral e à sociedade em geral os resultados alcançados pelo **PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE ARACAJU**, que tem como área de abordagem o Estado de Sergipe.

Neste projeto foram levantadas e trabalhadas informações que permitiram a elaboração de um importante diagnóstico do fornecimento de areia, arenoso e brita, bem como da argila para as regiões produtoras de cerâmica vermelha, com indicação das fontes geológicas de suprimento, reservas, qualificação dos recursos, produção, processos produtivos, comercialização e preços desses materiais.

A CPRM - Serviço geológico do Brasil, cumprindo o seu papel institucional de promover o conhecimento dos bens minerais do país, e a CODISE, como empresa de fomento do aproveitamento dos recursos minerais estaduais, ao publicarem este trabalho estão disponibilizando um conjunto de informações para subsidiar os órgãos gestores e os empreendedores, com os dados necessários para um planejamento referente à extração e consumo desses bens minerais, de fundamental importância social, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população sergipana.

Este produto é mais uma ação do **PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO - PAC**, que através do **PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL**, vem desenvolvendo trabalhos em todas as regiões geográficas do país e cujo objetivo é proporcionar o conhecimento geológico e hidrogeológico do território brasileiro, gerando informações indispensáveis ao desenvolvimento sustentável do país.

Manoel Barretto
Diretor - Presidente
CPRM – Serviço Geológico do Brasil

Décio Cesar Portella
Diretor - Presidente
CODISE – Companhia de Desenvolvimento
Industrial e de Recursos Minerais de Sergipe

Siglas e Abreviaturas

| | |
|----------------------|---|
| ADEMA | - Administração Estadual do Meio Ambiente de Sergipe |
| ANEPAC | - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil |
| ANICER | - Associação Nacional da Indústria Cerâmica |
| CETEC | - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais |
| CODEVASF | - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba |
| CODISE | - Companhia de Desenvolvimento Industrial e de Recursos Minerais de Sergipe |
| DNPM | - Departamento Nacional de Produção Mineral |
| EMBRATEL | - Empresa Brasileira de Telecomunicações |
| FIES | - Federação das Indústrias do Estado de Sergipe |
| FOB | - <i>Free on board</i> |
| IBGE | - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IBRAM | - Instituto Brasileiro de Mineração |
| MF | - Módulo de finura |
| MME | - Ministério de Minas e Energia |
| MP | - Ministério Público do Estado de Sergipe |
| PAC | - Programa de Aceleração do Crescimento |
| PETROBRAS | - Petróleo Brasileiro S/A |
| PIB | - Produto interno bruto |
| PNACC | - Plano Nacional de Agregados Minerais para Construção Civil |
| RMA | - Região Metropolitana de Aracaju |
| SEPLAN | - Secretaria de Estado do Planejamento de Sergipe |
| SEPLANTEC | - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico, da Ciência e Tecnologia de Sergipe |
| SGB-CPRM | - Serviço Geológico do Brasil – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais |
| SGMTM | - Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral |
| SINDIBRITA/SE | - Sindicato da Indústria de Mineração de Pedra Britada do Estado de Sergipe |
| SINDICER/SE | - Sindicato das Indústrias de Cerâmicas e Olarias do Estado de Sergipe |
| SUDENE | - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste |

Sumário

| | |
|--|------|
| APRESENTAÇÃO..... | v |
| SIGLAS E ABREVIATURAS | vi |
| ABSTRACT | xi |
| RESUMO | xiii |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 Histórico e objetivos..... | 1 |
| 1.2 Aspectos socioeconômicos da RMA..... | 2 |
| 2. INSUMOS MINERAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL - CONCEITUAÇÃO | 4 |
| 2.1 Construção civil em áreas urbanas | 4 |
| 2.2 Insumos minerais estruturais | 4 |
| 2.3 Insumos minerais complementares | 5 |
| 3. ABORDAGEM DO PROJETO PARA A RMA | 6 |
| 3.1 Agregados minerais (areia, arenoso, argila para cerâmica vermelha e brita) | 6 |
| 3.2 Metodologia | 6 |
| 4. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL | 7 |
| 5. AREIA | 10 |
| 5.1 Conceito, aplicações e especificações | 10 |
| 5.2 Metodologia | 11 |
| 5.3 Principais depósitos minerais | 12 |
| 5.3.1 Depósitos fluviais | 13 |
| Δ Rio Vaza-Barris e outros | 13 |
| • Localização e domínio geológico | 13 |
| • Produção atual: processo produtivo, destinação e preços | 13 |
| • Qualidade | 17 |
| • Reservas estimadas | 17 |
| • Perspectivas futuras | 19 |
| 5.3.2 Depósitos de terraços arenosos | 20 |
| Δ Domínio Areia Branca – Aldeia | 20 |
| • Localização e domínio geológico | 20 |
| • Produção atual: processo produtivo, destinação e preços | 24 |
| • Qualidade | 27 |
| • Reservas estimadas | 30 |
| • Perspectivas futuras | 30 |
| Δ Domínio Poxim | 30 |
| • Localização e domínio geológico | 30 |
| • Produção atual: processo produtivo, destinação e preços | 32 |
| • Qualidade | 34 |
| • Reservas estimadas | 34 |
| • Perspectivas futuras | 34 |
| 5.3.3 Depósitos litorâneos (cordões e paleodunas) | 35 |
| • Localização e domínio geológico | 35 |
| • Produção atual: processo produtivo, destinação e preços | 35 |
| • Qualidade | 35 |
| • Reservas estimadas | 36 |
| • Perspectivas futuras | 36 |

| | |
|---|----|
| 6. ARENOSO | 38 |
| 6.1 Conceito, aplicações e especificações | 38 |
| 6.2 Metodologia | 38 |
| 6.3 Principais depósitos minerais | 38 |
| • Localização e domínio geológico | 38 |
| • Produção atual: processo produtivo, destinação e preços | 40 |
| • Qualidade | 44 |
| • Reservas estimadas | 44 |
| • Perspectivas futuras | 46 |
| 7. ARGILA PARA CERÂMICA VERMELHA | 49 |
| 7.1 Conceito, aplicações e especificações | 49 |
| 7.2 Metodologia | 52 |
| 7.3 Principais regiões produtoras | 52 |
| 7.3.1 Região de Itabaiana | 53 |
| • Localização e domínio geológico | 55 |
| • Produção atual: processo produtivo, destinação e preços | 55 |
| • Qualidade | 61 |
| • Reservas estimadas | 62 |
| • Perspectivas futuras | 64 |
| 7.3.2 Região de Itabaianinha | 64 |
| • Localização e domínio geológico | 64 |
| • Produção atual: processo produtivo, destinação e preços | 68 |
| • Qualidade | 71 |
| • Reservas estimadas | 73 |
| • Perspectivas futuras | 74 |
| 7.3.3 Região de Siriri-Muribeca | 74 |
| • Localização e domínio geológico | 74 |
| • Produção atual: processo produtivo, destinação e preços | 75 |
| • Qualidade | 80 |
| • Reservas estimadas | 80 |
| • Perspectivas futuras | 83 |
| 7.3.4 Região de Propriá-Santana do São Francisco | 83 |
| • Localização e domínio geológico | 83 |
| • Produção atual: processo produtivo, destinação e preços | 84 |
| • Qualidade | 84 |
| • Reservas estimadas | 87 |
| • Perspectivas futuras | 88 |
| 7.3.5 Região de Simão Dias | 88 |
| • Localização e domínio geológico | 88 |
| • Produção atual: processo produtivo, destinação e preços | 89 |
| • Qualidade | 89 |
| • Reservas estimadas | 91 |
| • Perspectivas futuras | 91 |
| 7.3.6 Região de Nossa Senhora das Dores | 92 |
| • Localização e domínio geológico | 92 |
| • Produção atual: processo produtivo, destinação e preços | 92 |
| • Qualidade | 93 |
| • Reservas estimadas | 93 |
| • Perspectivas futuras | 93 |
| 7.4 Polo artesanal de Carrapicho | 95 |

| | |
|--|-----|
| 8. BRITA | 99 |
| 8.1 Conceito, especificações e aplicações | 99 |
| 8.2 Metodologia | 100 |
| 8.3 Principais regiões produtoras | 100 |
| 8.3.1 Região de Itabaiana..... | 100 |
| • Localização e domínio geológico..... | 100 |
| • Produção atual: processo produtivo, destinação e preços | 101 |
| • Qualidade..... | 101 |
| • Reservas potenciais e vida útil | 103 |
| • Perspectivas futuras | 105 |
| 8.3.2 Região de Itaporanga d'Ajuda | 106 |
| • Localização e domínio geológico..... | 106 |
| • Produção atual: processo produtivo, destinação e preços | 107 |
| • Qualidade | 107 |
| • Reservas potenciais e vida útil | 109 |
| • Perspectivas futuras | 109 |
| 8.4 Fontes alternativas | 110 |
| 9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... | 112 |
| 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 116 |
| APÊNDICE | |
| • Projeto Materiais de Construção Civil para a Região Metropolitana de Aracaju – Questionário para Coleta de Dados, Idéias e Sugestões | |
| • Listagem dos Informes de Recursos Minerais | |
| ANEXO | |
| • Mapa Geológico Simplificado e de Áreas Seleccionadas de Areia, Arenoso, Argila e Brita para a Região Metropolitana de Aracaju. Escala 1:300.000. | |

Abstract

The methodology adopted in this work was directed to obtain a diagnosis of the supply of mineral goods (sand, clayey sand and crushed stone) to the building industry of the Aracaju Metropolitan Region-RMA, as well as of clay to the red ceramics centers in the State of Sergipe. The geological formations, the reserves, the qualification of the resources, production, productive processes, trades and prices were assessed in order to aid public managers and entrepreneurs with proper information for the planning of mining and consumption of these mineral goods of fundamental social importance.

The major sources of sand were grouped into fluvial, terrace and littoral deposits. The Vaza-Barris River is the main source of sand of very good quality for concrete. In 2009, an estimated extraction of 500 thousand tons of sand took place along the 25 km of active riverbed, from Itaporanga d'Ajuda town upstream. The calculated replacing capacity was of about 850 thousand tons per year.

The major terrace deposits are located in the Areia Branca-Aldeia and Poxim domains. Areia Branca-Aldeia concentrate a reserve estimated in 124 million tons, 70% of which is fine-grained sand inappropriate to be used in concrete. The yearly production of Areia Branca-Aldeia in 2009 was of the order of 350 thousand tons of sand and 150 thousand tons of gravel, in many localities mined without adequate planning.

For the Poxim domain, the calculated reserves were 68 million tons, from which 60% was sand, with an estimated production of 200 thousand tons of aggregates in 2009. Thanks to its medium to coarse grain-size, this sand had various destinations including concrete. Lack of planning, on the other hand, resulted in predatory mining.

Because of their strong appeal for tourism and leisure, the sands from littoral deposits (beach lines and paleodunes) that compose the local landscape of the Sergipe coast should be preserved.

The sediments of the Barreiras Group supply the RMA market with clayey sand for all needs. The Terra Dura and Cajueiro deposits, in many cases mined informally, had an approximate yearly production in 2009 of 600 thousand tons.

The regions of Itabaiana, Itabaianinha, Siriri-Muribeca, Propriá-Santana do São Francisco and Simão Dias concentrate the production of red ceramics in Sergipe. With a diversified line of products, they produce more than 900 millions of holed bricks per year, generating about 3,500 direct jobs in 2010. The production of tiles is much less, about 70 million units per year, and is mostly in the Itabaianinha municipality, employing about 1,200 people.

In Nossa Senhora das Dores region, a concentration of 12 small-size potteries known as Erel Ceramics Pole produces ca. 15 million tiles per year, adopting a very rudimentary process and employing about 150 people. The Carrapicho handicraft pole, located in the Santana do São Francisco town, gathers more than 200 craftsmen working in about 80 potteries. Ceramics is the main source of income for the municipality.

Coarse-grained aggregates are mostly obtained from the mining of the Itabaiana Dome granitoid massifs in the Itabaiana region and secondarily from the Lagarto Formation metasandstones in the Itaporanga d'Ajuda region. In the Itabaiana Dome, three quarries produce yearly about 420 thousand cubic meters of crushed stone generating about 90 direct jobs in 2009, and their reserves are estimated in 30 years of useful life. Technological tests and petrographic

studies indicated that the crushed granitoid is adequate to be used in concrete.

In the surroundings of Itaporanga d'Ajuda, the only quarry in operation produces about 70 thousand cubic meters of crushed stone (metasandstone) per year, with reserves estimated for 8 to 10 years of useful life. Tests indicated that this aggregate is potentially reactive to be used in concrete.

These mining companies of coarse-grained aggregate comply with mining techniques and environmental recovery procedures. These companies are more or less aware that urban growth can compromise the full use of their reserves.

As an alternative source of coarse-grained aggregate, a sample from the Cotinguiba Formation calcareous rock collected in the Nossa Senhora do Socorro municipality was tested. The tests showed that this limestone cannot be used in concrete or asphalt paving. This result however does not invalidate the possibility other less porous and less water absorptive limestones from the Sergipe/Alagoas Sedimentary Basin be used as crushed stone for concrete.

Resumo

A metodologia adotada neste trabalho foi orientada para o diagnóstico do fornecimento de bens minerais para construção civil (areia, arenoso e brita) da Região Metropolitana de Aracaju-RMA, bem como de argila para os polos de cerâmica vermelha do Estado de Sergipe, com indicação das fontes geológicas de suprimento, reservas, qualificação dos recursos, produção, processos produtivos, comercialização e preços, com o objetivo de subsidiar os gestores públicos e os empreendedores com as informações necessárias para planejar a extração e consumo desses bens minerais, de fundamental importância social.

As principais fontes de abastecimento de areia para a RMA foram agrupadas em depósitos fluviais, de terraços arenosos e os litorâneos. O rio Vaza-Barris é a principal fonte de areia para concreto da RMA, com suas areias consideradas de muito boa qualidade para concreto. Para uma extração estimada de 500 mil t de areia em 2009, nos 25 km de leito ativo do rio, a partir da cidade de Itaporanga d'Ajuda para montante, foi calculada uma capacidade de reposição da ordem de 850 mil t/ano.

Os principais jazimentos de areia de terraços arenosos localizam-se nos domínios Areia Branca – Aldeia e Poxim. O primeiro concentra uma reserva estimada de 124 milhões de t, sendo 70% de areia apresentando restrições para uso em concreto, por serem medianamente finas. A produção anual de Areia Branca – Aldeia foi da ordem de 350 mil t de areia e 150 mil t de cascalho em 2009, lavrados em muitos casos sem um planejamento adequado. No domínio Poxim, as reservas foram calculadas em 68 milhões de t, sendo 60% de areia, com uma produção estimada de 200 mil t de agregados em 2009, operadas sem planejamento, resultando numa lavra predatória dos depósitos, com várias destinações de uso, inclusive para concreto, em função da sua granulometria ser em geral média a grossa.

As areias dos depósitos litorâneos (cordões e paleodunas), por comporem a paisagem do litoral sergipano, de forte vocação turística e de lazer, devem ser preservadas.

Os sedimentos do Grupo Barreiras suprem o mercado de arenoso da RMA em todas as suas necessidades. Os depósitos das áreas de Terra Dura e Cajueiro, lavrados em muitos casos informalmente, tiveram uma produção anual aproximada de 600 mil t em 2009.

As regiões de Itabaiana, Itabaianinha, Siriri – Muribeca, Propriá – Santana do São Francisco e Simão Dias concentram a produção de cerâmica vermelha de Sergipe. Com uma diversificada linha de produtos, produzem acima de 900 milhões de blocos furados por ano, gerando aproximadamente 3.500 empregos diretos em 2010. As telhas são fabricadas em muito menor escala, em torno de 70 milhões de unidades anualmente, principalmente no município de Itabaianinha, empregando cerca de 1.200 pessoas.

Na região de Nossa Senhora das Dores, uma concentração de 12 olarias de pequeno porte conhecida como Polo Oleiro do Erel, fabrica aproximadamente 15 milhões de telhas por ano, num processo de produção muito rudimentar, empregando cerca de 150 pessoas. O polo artesanal de Carrapicho, localizado na cidade de Santana do São Francisco, reúne mais de 200 artesãos trabalhando em aproximadamente 80 olarias, sendo o artesanato cerâmico a principal fonte de renda do município.

Os agregados graúdos que abastecem a RMA são obtidos principalmente da lavra de maciços granitoides do Domo de Itabaiana, na região de Itabaiana, e secundariamente de metarenitos da Formação Lagarto, da região de Itaporanga d'Ajuda. No Domo de Itabaiana, três

pedreiras produzem anualmente aproximadamente 420 mil m³ de brita, gerando cerca de 90 empregos diretos em 2009, estimando-se uma vida útil acima de 30 anos para suas reservas. Os ensaios tecnológicos, conjugados com a apreciação petrográfica, indicaram ser as britas de granitoide adequadas para uso em concreto.

Na periferia da cidade de Itaporanga d'Ajuda, uma única pedreira em operação produz cerca de 70 mil m³ de brita por ano, com reservas estimadas para um período de 8 a 10 anos de vida útil. Os ensaios realizados indicam ser esse agregado de metarenito potencialmente reativo para uso em concreto.

Essas mineradoras de agregados graúdos operam dentro das técnicas de lavra e de recuperação ambiental, tendo como preocupação, em maior ou menor grau, o crescimento urbano que pode comprometer o pleno aproveitamento das suas reservas.

Como fonte alternativa para produção de agregado graúdo, foi testada uma amostra de rocha calcária da Formação Cotinguiba, coletada no município de Nossa Senhora do Socorro. Os ensaios foram desfavoráveis para uso em concreto e pavimentação asfáltica. Esse resultado, entretanto, não invalida a possibilidade da existência de outros calcários na Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas, menos porosos e com menor absorção d'água, poderem vir a ser utilizados como brita para concreto.

1 - Introdução

Inserida numa região geologicamente diversificada, com a existência de abundantes bens minerais para construção civil, a Região Metropolitana de Aracaju-RMA não tem sido favorecida por um abastecimento ambientalmente sustentável desses insumos.

Na atualidade, verifica-se uma relativa escassez de areia e abundantes depósitos de arenoso na RMA, produzidos num cenário onde ainda pontua a lavra informal prejudicando o meio ambiente e a vida útil dos jazimentos. Como consequência da lavra irregular de areia e arenoso, pode-se observar:

a) depredação do meio físico numa região com ocupação urbana e vocação turística (exploração de dunas, cordões litorâneos, margens de rios, etc.);

b) fornecimento de materiais sem controle de qualidade para a indústria de construção civil;

c) inibição do empreendedorismo, entendido como a pesquisa de novos depósitos minerais por empresas de mineração, a ampliação das reservas conhecidas e o consequente aproveitamento racional dos recursos minerais, face os preços aviltados praticados pela lavra ilegal; e

d) evasão de impostos e exploração ilegal de mão-de-obra.

A indústria de cerâmica vermelha, importante segmento do setor industrial sergipano, carece de informações geológicas de qualidade sobre os depósitos de argila das suas principais regiões produtoras, conhecimento de natureza estratégica para o seu desenvolvimento.

Os complexos rochosos geradores de pedra de alvenaria e brita são lavrados por empresas mineradoras legalizadas que necessitam, entretanto, de um zoneamento territorial que preserve as suas reservas da ocupação urbana desordenada.

Esse cenário levou o Serviço Geológico do Brasil-CPRM a criar o projeto Materiais de Construção Civil para a Região Metropolitana de Aracaju, a ser executado em convênio com a Companhia de Desenvolvimento

Industrial e de Recursos Minerais de Sergipe-CODISE, com enfoque nos agregados mais comuns (areia, arenoso, argila e brita), por serem produzidos em grandes volumes, sem um planejamento integrado e de forma muito conflituosa com o crescimento urbano e a preservação do meio ambiente, com sérios riscos para o futuro abastecimento.

Esses recursos minerais, que há muitos anos são utilizados como agregados para construção civil na RMA e muito provavelmente não serão substituídos por outros materiais nas próximas décadas, necessitam de um melhor ordenamento e planejamento de seu uso.

1.1 Histórico e objetivos

O abastecimento de substâncias minerais para construção civil nas regiões metropolitanas do país vem sendo agravado não apenas pela expansão urbana recobrindo áreas com potencial mineral, como pelas lavras informais que acarretam crescentes preocupações ambientais.

O Ministério de Minas e Energia, através da Portaria nº 249, de 28 de outubro de 2004, considerando serem esses insumos essenciais para a construção da infraestrutura e de habitações, a falta de conhecimento detalhado dos seus jazimentos, a ausência de políticas públicas que garantam o abastecimento futuro das populações urbanizadas, a inexistência de ordenamento territorial, sobretudo nas regiões metropolitanas, que tem comprometido o aproveitamento de importantes jazidas, e que cabe ao poder público criar mecanismos que garantam o suprimento desses insumos minerais vitais ao crescimento econômico e à melhoria da qualidade de vida da população, elaborou o Plano Nacional de Agregados Minerais para Construção Civil-PNACC, com o objetivo de definir políticas públicas para o setor.

Cumprindo o seu papel institucional de promover o conhecimento dos bens minerais do país, a CPRM criou em 2004 o subprograma Minerais para Construção Civil, dentro do programa Geologia do Brasil, e vem realizando estudos em diversas regiões metropolitanas.

A CODISE, como agente indutor da pesquisa mineral e do aproveitamento dos recursos minerais para o desenvolvimento econômico e social do Estado de Sergipe, somou esforços com a CPRM no diagnóstico deste abastecimento.

O projeto Materiais de Construção Civil para a Região Metropolitana de Aracaju foi programado com os seguintes objetivos:

a) fazer o diagnóstico das condições atuais de produção de areia, arenoso, argila para cerâmica vermelha e brita, indicando as fontes geológicas de suprimento, qualificação dos produtos, produção e processos produtivos, comercialização e preços, problemas e gargalos atuais e futuros; e

b) avaliar as reservas, incluindo fontes alternativas, para o abastecimento futuro, em condições competitivas de qualidade e localização, como elementos de fundamental importância para subsidiar os gestores públicos e os empreendedores com as informações técnicas necessárias para um planejamento referente à extração e consumo dessas substâncias minerais, de fundamental interesse social.

1.2 Aspectos socioeconômicos da RMA

A Região Metropolitana de Aracaju, criada pela Lei Complementar Estadual nº 25, de 29 de dezembro de 1995, é constituída pelos municípios de Aracaju, Barra dos Coqueiros, Nossa Senhora do Socorro e São Cristovão, tendo como sede o município de Aracaju (**figura 1.1**). Com uma área de 860,106 km², possui uma população estimada de 795.000 habitantes (IBGE, 2010).

Em que pesem os avanços verifi-

cados no processo de desenvolvimento econômico da RMA, constata-se ainda um quadro preocupante em sua realidade social, caracterizado pelos baixos níveis de renda e pela expressiva pobreza de amplos segmentos da população, que se refletem nas suas condições precárias de habitabilidade, representadas pelas chamadas “invasões” e pelas áreas de ocupação informal. Nessas situações, as habitações são mal construídas, muitas vezes verticalizadas, sem controle público e fora das regras de segurança, inseridas em áreas de elevado grau de deficiência urbanística, localizadas principalmente na periferia das cidades.

Essa realidade social de déficit habitacional e de insuficientes condições de infraestrutura urbana também pode ser mensurada pelo baixo índice anual *per capita* de consumo de materiais de construção civil (areia e brita), em torno de 1,8 t na RMA, refletindo uma enorme demanda reprimida, enquanto o Brasil apresentou um consumo *per capita* de cerca de 3 t em 2008, segundo dados de produção do Sumário Mineral (2009).

Esses índices melhorarão com o Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, criado pelo Governo Federal no início de 2007, focado em infraestrutura e habitação. As obras desse plano, a exemplo da duplicação da BR-101 no Estado de Sergipe, ensejarão um desempenho superior à média histórica do setor de construção civil, aumentando a necessidade de bens minerais, como os agregados areia, arenoso, argila e brita. Na área de construção de moradias, o programa federal Minha Casa, Minha Vida, e o estadual Casa Nova, Vida Nova, contribuem para a redução do déficit habitacional sergipano.

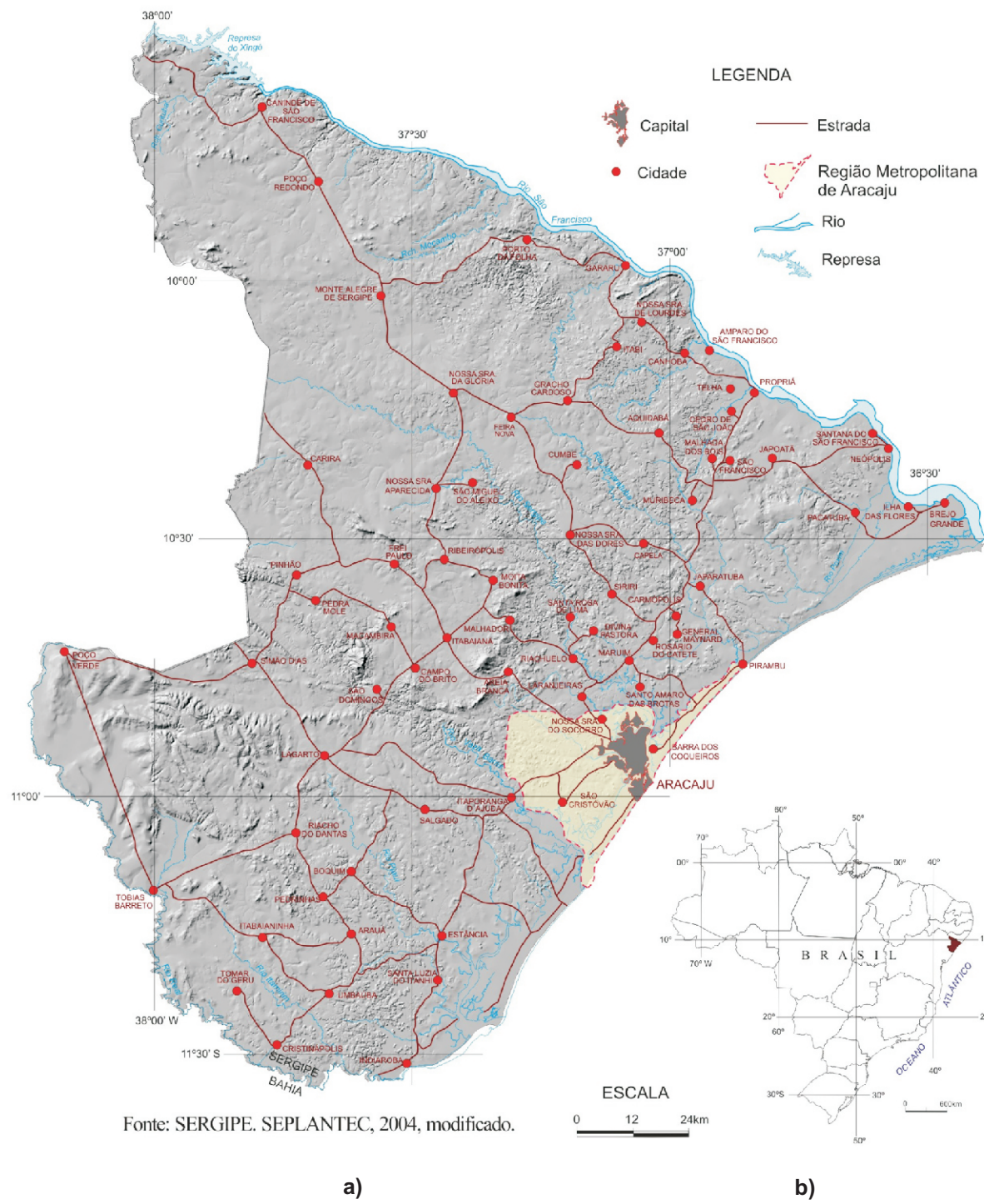


Figura 1.1 - a) Mapa do Estado de Sergipe, com modelo digital do terreno, e a Região Metropolitana de Aracaju
b) Mapa de Localização

2 - Insumos Minerais na Construção Civil - Conceituação

Para um melhor entendimento da importância dos bens minerais utilizados na construção civil para a sociedade humana, torna-se necessário descrever o contexto do seu aproveitamento e classificá-los de acordo com as suas características (GONÇALVES, MOREIRA & BORGES, 2008).

Os muitos nomes usados para designar os tipos de agregados, muitos de uso regional, impõem a necessidade de uma conceituação introdutória. Agregados para construção são fragmentos de rochas/minerais e de resíduos ou produtos industriais utilizados na construção civil (para concreto de cimento, asfalto, lastros e bases de vias férreas e estradas, preparo de argamassa, etc.).

Quanto à origem, os agregados podem ser naturais (pedregulhos, cascalho, areia, arenoso, etc.) ou produzidos (brita, areia de britagem, escória, etc.). Quanto à densidade, além dos tipos normais, existem os agregados leves (argila expandida) e os agregados pesados (de magnetita ou barita).

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 agregado normal, 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/gravilhão (agregado natural/fragmentado de 4,8 a 12,5 mm); pó de pedra (resíduos da britagem <6,3 mm); filer (resíduos da britagem <0,15mm, usado como carga para asfalto) e argila (material natural, composto predominantemente por argilo-minerais, granulometria <0,075mm, usado em cerâmica).

2.1 Construção civil em áreas urbanas

A construção civil em áreas urbanas inclui a edificação de casas e prédios para moradia, obras públicas, pavimentação e calçamento de ruas, vias, praças, etc.

Eventualmente são construídas obras de maior porte, como estádios, portos, barragens, aeroportos, viadutos, pontes, etc. Merece destaque a construção de moradias, pelo seu alcance social, pela geração de emprego e pelo maior montante de material consumido, de forma distribuída e ininterrupta.

Os agregados areia, arenoso, argila e brita destacam-se entre os bens minerais por serem consumidos em grandes volumes nas proximidades das cidades, com frequentes conflitos, muitas vezes determinados pelo crescimento urbano desordenado e pela mineração informal e predatória.

Os insumos minerais são essenciais na construção civil, em todas as fases da obra. Para esse fim, é adequado que sejam classificados em dois grupamentos principais: insumos minerais estruturais (grandes volumes/baixos preços) e insumos minerais complementares (menores volumes/maiores preços). Neste trabalho, a palavra mineral tem o significado de insumo mineral, incluindo minerais, rochas e produtos transformados de origem mineral.

2.2 Insumos minerais estruturais

Esses insumos incluem:

- a) pedra bruta e agregados (areia, arenoso e brita) para concreto, asfalto e argamassa para assentamentos e revestimentos;
- b) calcário, argila e outros insumos para cimento *portland*; e
- c) argila vermelha para cerâmica estrutural ou vermelha (tijolos, blocos e telhas).

Esses materiais constituem a base estrutural da maioria das obras civis, sendo essenciais na construção das moradias. O fato de serem consumidos em grandes volumes, com relativos baixos preços unitários, determina que sejam competitivamente produzidos o mais próximo possível das áreas urbanas consumidoras. Por esta razão as frentes de produção de agregados, incluindo, em alguns casos, as de argilas vermelhas, estão em constante

conflito com o crescimento urbano e o meio ambiente. Rocha para brita, areia e arenoso são materiais, em geral, geologicamente abundantes, que podem ser localizados nas proximidades das cidades.

A argila para cerâmica vermelha ou estrutural também é relativamente abundante na natureza, mas os preços alcançados pelos produtos gerados possibilitam a sua produção a maiores distâncias do mercado. A produção de cimento depende de grandes investimentos e de calcário com qualificação adequada, sendo, muitas vezes, fabricado a distâncias consideráveis dos centros consumidores.

A nível nacional estima-se um consumo aproximado *per capita*/ano de 3,0 t de agregados em 2008, considerando-se apenas areia (1,7 t) e brita (1,3 t), segundo dados do Sumário Mineral (La SERNA, 2009). O consumo de argila para cerâmica vermelha foi calculado a partir da produção anual estimada de peças cerâmicas, cerca de 76 bilhões de unidades, situando-se em torno de 1 t *per capita*/ano (COELHO, 2009). O consumo médio nacional de cimento é da ordem de 0,3 t *per capita*/ano (LYRA SOBRINHO *et al.*, 2009).

A média nacional dos preços, FOB jazida ou fábrica, praticada em 2010, é baixa para areia e arenoso (R\$ 8,00 a 30,00/t); a brita varia de R\$ 25,00 a 50,00/t; a cerâmica vermelha de R\$ 120,00 a 400,00/milheiro (um milheiro equivale a cerca de 2 t); o cimento, já distribuído ao consumidor, tem preços da ordem de R\$ 400,00/t. Os bens minerais para cimento e cerâmica vermelha valem o custo de extração e são produzidos junto às fábricas. Os agregados são frequentemente comercializados por volume, sendo útil registrar que a densidade aparente desses materiais, quando secos e soltos ou descompactados, é da ordem de 1,5 t/m³, correspondendo a uma porosidade de 40%. Cimento e argila, produzidos nas mesmas condições, têm densidade aparente dessa mesma ordem.

Em virtude dos volumes elevados

produzidos e dos preços reduzidos dos minerais estruturais, ressalta a importância de haver o mínimo de transporte possível para o seu uso: proximidade das cidades para os agregados e das respectivas fábricas para os insumos de cerâmica vermelha e cimento. Apenas para exemplificar, o transporte de areia a uma distância de 50 km, considerando o percurso de ida e volta, com um frete de R\$ 0,20/t/km, custa R\$20,00/t na RMA, valor geralmente maior que o preço de venda do insumo na jazida, reduz a sua competitividade comercial.

2.3 Insumos minerais complementares

Os insumos minerais complementares compreendem, entre outros:

- a) argila e outros insumos para cerâmica de revestimento e sanitária;
- b) areia e outros insumos para argamassas e rejuntas prontas;
- c) rochas ornamentais e para revestimento (dimensionadas e/ou polidas); e
- d) insumos para vidro, plástico, massas e tintas, fibrocimento, ferragens, etc.

Esses minerais ou seus respectivos produtos são usados nos complementos das obras, além de outros mercados, sendo consumidos na construção civil em relativos baixos volumes e altos valores unitários. O consumo conjunto desses produtos, a nível nacional, não ultrapassa 0,3 t *per capita*/ano.

Preços unitários relativamente altos, considerando os investimentos em processos de fabricação mais complexos e por serem insumos minerais de menor disponibilidade geológica, possibilitam uma produção ainda competitiva a maior distância dos centros populacionais. Para uma simples comparação de preços com os minerais estruturais, registra-se (valores de 2010): cerâmica de revestimento (R\$ 300,00 a 3.000,00/t); placas polidas de granito (mínimo de R\$ 700,00/t); vidro (mínimo de R\$ 2.500,00/t); e argamassa pronta (mínimo de R\$ 400,00/t).

3 - Abordagem do Projeto para a RMA

3.1 Agregados minerais (areia, arenoso, argila para cerâmica vermelha e brita)

O projeto aborda os bens minerais areia, arenoso, argila e brita, produzidos em grandes volumes dentro do Estado de Sergipe e que abastecem a Região Metropolitana de Aracaju-RMA. Como esses insumos parecem abundantes e inesgotáveis, por muitos anos não têm merecido a devida atenção dos poderes públicos e da sociedade em geral.

Mais recentemente, esses recursos minerais têm despertado maior interesse, não apenas pelos conflitos gerados por ser uma mineração praticada próxima a áreas urbanas, como pela preocupação de melhor administrá-los, tendo em vista a sua importância social, atualmente entendidos como indispensáveis para a melhoria da qualidade de vida das populações.

Nesse sentido, a metodologia adotada neste trabalho foi dirigida para o diagnóstico da situação atual do fornecimento de areia, arenoso, argila e brita e da avaliação das suas reservas, de modo a garantir o futuro abastecimento sustentável da RMA. Esse estudo contempla ainda sugestões para o adequado aproveitamento desses recursos, levando em conta a otimização da sua lavra, os cuidados ambientais necessários e o crescimento urbano desordenado que esteriliza importantes depósitos.

Para um melhor entendimento do texto, foi inserida uma conceituação introdutória sobre os diversos tipos de agregados minerais e seu emprego na construção civil.

3.2 Metodologia

O diagnóstico do abastecimento de areia, arenoso, argila e brita foi obtido a partir de informações coletadas no campo, de entrevistas com os produtores e suas associações e entidades sindicais, com o preenchimento de um questionário para coleta de dados, idéias e sugestões, de registros publicados por órgãos federais, estaduais e municipais, e das discussões realizadas no âmbito da CODISE e da

comissão de acompanhamento do Plano Nacional de Agregados Minerais para Construção Civil-PNACC, do Ministério de Minas e Energia.

No estudo da potencialidade das reservas de areia e arenoso foram analisadas as principais fontes produtoras, com seleção de alvos para avaliação em maior detalhe, através de mapeamento geológico. Análises granulométricas e químicas de amostras superficiais e de frentes de lavra foram realizadas na SGS Geosol Laboratórios Ltda., em Vespasiano, MG. Estimativas de reservas nessas áreas, com projeções de vida útil, são apresentadas.

O diagnóstico das principais regiões produtoras de blocos e telhas do estado foi realizado através da visita às maiores cerâmicas e aos jazimentos de argila mais representativos de cada domínio geológico, com amostragens *in situ* e das misturas pré-maromba praticadas. Análises químicas foram realizadas na SGS Geosol e os ensaios tecnológicos no Laboratório de Materiais do SENAI, em Salvador, BA.

Em relação à brita foi analisada a situação atual da sua produção no estado, em entrevistas com os produtores e visita às frentes de lavra, com estimativa das reservas, vida útil e uma avaliação do seu potencial a partir do contexto geológico das pedreiras. Em 3 amostras selecionadas em domínios geológicos distintos foram realizados ensaios nos laboratórios da Associação Brasileira de Cimento Portland, em São Paulo, SP, e da Concreta-Tecnologia em Engenharia Ltda., em Salvador, complementados por análises petrográficas pelo Laboratório de Petrologia e Separação Mineral, da Superintendência Regional de Salvador, da CPRM.

Para esses bens minerais – areia, arenoso, argila e brita – foram ainda descritos os processos de lavra, as especificações e aplicações, a qualificação dos materiais, o consumo e preços praticados, bem como elaboradas sugestões de estratégias para sua sustentabilidade. O detalhamento dessa metodologia é apresentado especificamente para cada insumo.

4 - Contexto Geológico Regional

A situação da Região Metropolitana de Aracaju no contexto geológico do Estado de Sergipe é mostrada na figura 4.1, que apresenta os principais elementos estruturais e os domínios tectono-estratigráficos identificados com base nos trabalhos de Souza & Santos (1997) e Delgado *et al.* (2003). Esses compartimentos tectônicos, que são em número de seis – Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas, Bacia Sedimentar do Tucano, bacias Estância e Palmares, Faixa de Dobramentos Sergipana, Terreno Canindé-Marancó e Cráton do São Francisco, abrigam associações litológicas de idades, origens e graus de deformação/metamorfismo variados, desde mesozoicas (mais de 65 milhões de anos) até arqueanas (mais de 2,5 bilhões de anos), recobertas em maior ou menor proporção por Formações Superficiais Cenozoicas (**mapa geológico 1:300.000, anexo**).

As *Formações Superficiais Cenozoicas*, que incluem os depósitos do Grupo Barreiras, constituem as principais fontes dos materiais areia, arenoso e argila abordados nesse estudo, principalmente sob as formas de depósitos de terraços e de sedimentos fluviais e, subordinadamente, cordões arenosos litorâneos e dunas, distribuídos numa faixa de largura variável em torno de 40 km, ao longo do litoral. Trata-se das unidades geológicas mais novas, cujas idades estendem-se desde os dias atuais, a exemplo dos depósitos aluvionares recentes, como as areias do leito ativo do rio Vaza-Barris e as argilas plásticas de várzea utilizadas para cerâmica, até o limite da Era Cenozoica, há cerca de 65 milhões de anos, idade máxima admitida para sedimentação das rochas do Grupo Barreiras.

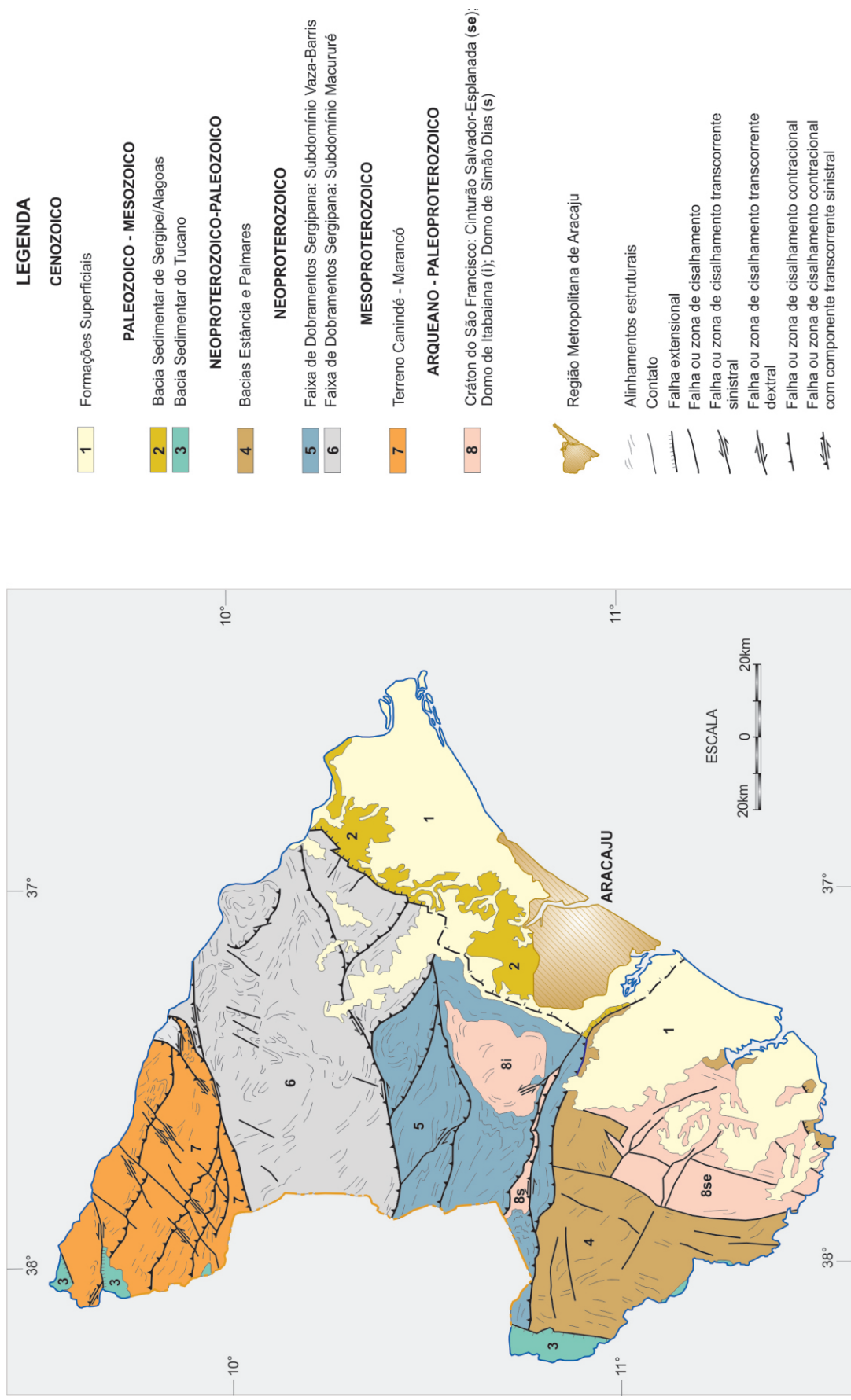
A *Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas* compreende uma calha alongada na direção nor-nordeste/su-sudoeste, preenchida por rochas depositadas na Era Mesozoica, sobretudo no Período Cretáceo. A extensão longitudinal da calha é aproximadamente paralela à linha da costa e tem a maior parte de sua área, em torno de 75%, submersa pelo Oceano Atlântico. A geometria e origem da bacia relacionam-se à formação do Atlântico Sul, iniciada com a quebra do supercontinente Gondwana durante o Mesozoico, no processo de separação entre a América do Sul e a África. As Formações Superficiais Cenozoicas recobrem grande

parte das rochas emersas da Bacia de Sergipe/Alagoas. Essa bacia encerra as reservas sergipanas de óleo e gás, localizadas nos campos terrestres e na plataforma continental, além dos depósitos de sais solúveis, especialmente de potássio utilizado na indústria de fertilizantes. Ainda no contexto da bacia estão as mais importantes reservas de calcário do estado, bem como reservas de argila oriunda de folhelhos pertencentes às formações Calumbi e Cotinguiba, aproveitadas principalmente pela indústria cimenteira.

A *Bacia Sedimentar do Tucano* está representada nas partes noroeste e ocidental do estado, onde afloram respectivamente rochas sedimentares paleozoicas pertencentes às formações Santa Brígida, Curitiba e Tacaratu, e cretácicas da Formação São Sebastião.

O domínio localizado no extremo sudoeste do estado corresponde à área de ocorrência das *bacias Estância e Palmares*, que armazenam as unidades homônimas. A primeira, uma bacia de antepaís estruturada no Neoproterozoico, abrange arenitos finos, siltitos e argilitos; e a outra, implantada no Paleozoico, é designada por uma sequência molássica constituída por grauvacas, predominantes, e conglomerados.

Imediatamente a norte afloram os metassedimentos da *Faixa de Dobramentos Sergipana*, distribuídos nos subdomínios Vaza-Barris e Macururé. As rochas do *Subdomínio Vaza-Barris* apresentam um grau metamórfico baixo e tratam-se principalmente de metarenitos, metassiltitos, filitos e metacarbonatos. Dentre os conjuntos de rocha que integram esse subdomínio, ressalta-se o Grupo Miaba, em cuja base ocorrem os metarenitos da Formação Itabaiana que conformam as principais elevações da região, com destaque para as serras de Itabaiana e Comprida que circundam o *Domo de Itabaiana*. A decomposição dos metarenitos fornece areias com especificações adequadas para emprego como agregado na construção civil, com perspectivas para outros usos. O *Domo de Itabaiana* é formado por rochas granitoides atribuídas ao intervalo Arqueano-Paleoproterozoico e juntamente com o *Domo de Simão Dias* constituem remanescentes do



Fonte: Souza & Santos (1997); Delgado et al. (2003) - Modificado

Figura 4.1 - Região Metropolitana de Aracaju no contexto geológico do Estado de Sergipe

embasamento em meio aos metassedimentos da faixa dobrada. Os tipos litológicos que estruturam esses domos prestam-se ao aproveitamento como material de construção civil, o que já ocorre nas pedreiras instaladas para produção de agregados graúdos no município de Itabaiana. Já no *Subdomínio Macururé* predominam xistos a biotita e granada, embora ocorram, secundariamente, metassiltitos, filitos e metarenitos.

Finalmente, no extremo noroeste e centro-sudoeste ocorrem, respectivamente, representantes do *Terreno Canindé-Marancó* e do *Cráton do São Francisco*. O primeiro é definido por faixas de rochas metavulcanossedimentares com corpos máfico-ultramáficos inclusos. E o domínio cratônico é constituído por rochas metamórficas de médio e alto grau pertencentes ao *Cinturão Salvador-Esplanada* e pelos domos de Itabaiana e Simão Dias.

O potencial mineral para substâncias metálicas no Estado de Sergipe advém, sobretudo, dos indícios e pequenos depósitos conhecidos que ocorrem associados com rochas desses seis domínios, a exemplo de cobre, níquel, ferro, titânio, ouro, chumbo, etc. Ocorrências de calcário, abrangendo desde calcários calcíticos até dolomitos, são registradas em praticamente todos esses domínios. Por oportuno, deve-se enfatizar que naqueles domínios onde o grau metamórfico é mais elevado, *Canindé-Marancó* e *Macururé*, essas rochas carbonáticas assumem a condição de mármore típicos e, portanto, podem apresentar potencial para serem empregadas como rocha ornamental. Potencialidade para aproveitamento como argila também é identificada em algumas unidades rochosas desses domínios, como os filitos da Formação Frei Paulo (Grupo Simão Dias), no *Subdomínio Vaza-Barris*.

5 - Areia

5.1 Conceito, aplicações e especificações

• **Conceito**

A areia para construção civil ou agregado miúdo, tem granulometria entre 0,15 e 4,8mm, sendo encontrada na forma natural ou como subproduto (finos) da britagem de rochas. Na forma natural provém de arenitos intemperizados, aluviões (antigas ou atuais), depósitos residuais, solos de alteração, dunas, etc.

• **Aplicações**

O agregado miúdo é utilizado no preparo de concretos hidráulicos (areia, cimento e brita), de concreto betuminoso ou asfáltico (areia, betume e brita), no preparo de argamassas (areia, cimento e argila) para assentamento e revestimento de paredes e pisos, na permeabilização de pátios e pisos, no preparo de argamassas prontas para revestimentos cerâmicos, no calçamento e pavimentação de ruas, entre outros usos.

• **Especificações**

Algumas aplicações não têm especificações muito restritivas, sendo a escolha da areia determinada pela disponibilidade local, a baixo custo. No preparo de argamassas para assentamento e revestimento de paredes, por exemplo, a cultura e a disponibilidade de cada região determinam o melhor material a ser usado, considerando a granulometria e a presença de argila que sejam mais adequadas para cada aplicação específica, além da avaliação da ocorrência deletéria de sais solúveis e matéria orgânica.

No preparo de concreto hidráulico e argamassas prontas para assentamento de revestimentos cerâmicos, em geral são utilizadas areias com especificações mais rígidas quanto à natureza mineralógica e forma dos grãos, distribuição granulométrica e presença de impurezas químicas.

Quanto à natureza mineralógica, é conveniente que os grãos sejam constituídos de minerais ou agregados de minerais com boa resistência mecânica e à degradação química (alteração), além de boa aderência (especialmente para asfalto) e interação química com o cimento. As areias naturais

usuais são geralmente constituídas por grãos de quartzo, sendo indesejável a presença significativa de torrões de argila, micas, feldspatos, sulfetos, óxidos e outros minerais frágeis à desagregação e decomposição. Os grãos devem ser, tanto quanto possível, isentos de fissuras ou de textura pouco coesa (no caso de fragmentos de rocha).

Forma e superfície dos grãos assumem relativa importância na preparação do concreto. Os grãos arredondados escoam melhor, facilitando a trabalhabilidade da massa dentro das armações, com uso de menor proporção de água, o que propicia uma maior resistência mecânica do concreto pronto. Os grãos equidimensionais ou esféricos compactam melhor e necessitam de menor proporção de cimento, atribuindo maior resistência e economicidade ao concreto. Devem ser evitados os grãos tabulares ou muito irregulares e arestados, que dificultam a trabalhabilidade, exigindo mais água, o que pode diminuir a qualidade do concreto. São melhores os grãos de superfícies ásperas que as polidas, com relação à aderência com o cimento e betume.

Além da natureza dos grãos, é de grande importância a sua distribuição granulométrica. No concreto, a areia ocupa os espaços entre os fragmentos de brita, deixando entre seus vazios o espaço mínimo para a cimentação (cimento e água de hidratação do cimento). A areia, por esse motivo, não deve ter grãos menores que 0,15mm, além de ter granulação bem distribuída ou gradada entre 0,15 e 4,8mm, para melhor compactação e redução dos espaços maiores que 0,15mm. A boa compactação e mistura dos agregados (brita e areia) e o preenchimento dos poros menores que 0,15mm pelo cimento, com proporção adequada de água, determinam as características mecânicas ideais e a economicidade desejadas para o concreto. Para um volume de 1m³ ou 1000 l de concreto, a brita solta participa com aproximadamente 650 l, a areia ocupa o espaço restante, incluindo cerca de 40% de vazios da brita, num total aproximado de 610 l (350 l + 40% de 650 l), com o cimento (36 l /saco) e água (cerca de 28 l /saco de cimento) ocupando os 35% restantes de vazios da areia (35% de 610 l), num total aproximado de seis sacos (6x36 l = 216 l) /m³ de concreto.

Daí a popular fórmula para o concreto em volumes de materiais secos e soltos: 650: 610:216 ou 3 de areia : 3 de brita : 1 de cimento.

Para o concreto a distribuição granulométrica da areia é determinada por peneiramento a seco da fração menor que 4,8mm, calculando-se o percentual cumulativo retido em cinco peneiras com aberturas (ou aberturas aproximadas) de 2,4; 1,2; 0,6; 0,3 e 0,15mm. Calcula-se o MF ou módulo de finura, que é a soma dos percentuais acumulados retidos nessas peneiras, dividida por 100. Para uma distribuição muito equitativa entre esses intervalos (20% retido em cada peneira), obtém-se um MF próximo de 3,0. Areias com predominância das frações mais finas obtêm MF < 3,0, enquanto um MF > 3,0 reflete a predominância das frações mais grossas. Uma areia tem MF ótimo para valores entre 2,2 e 2,9; utilizável inferior (medianamente fina) para MF entre 1,55 e 2,2; utilizável superior (medianamente grossa) para MF entre 2,9 e 3,5. É considerada muito fina ou muito grossa, respectivamente, para MF < 1,55 e MF > 3,5.

Quanto às granulometrias excepcionais, admite-se para concretos comuns um máximo de 5 a 10% de partículas abaixo de 0,15mm e/ou acima de 4,8mm. Outras limitações para concreto estabelecem valores máximos de 3% para torrões de argila, 1% para material pulverulento, 0,5% para matéria orgânica, 0,1 a 0,2% para cloretos e 0,1% para sulfatos. A presença de cloretos e sulfatos (sais solúveis) é deletéria por provocarem eflorescência, expansão e degradação do concreto.

As especificações para fabricação de argamassa pré-fabricada para assentamento de revestimentos cerâmicos incluem areias mais finas e arredondadas, com boa distribuição granulométrica, ausência de torrões, baixas proporções de argila e baixa salinidade, entre outras qualidades, com pequenas variações entre os diversos fabricantes. Para referência de granulometria podem ser adotados os seguintes limites de percentuais retidos: 0–7% em 28#, 20–40% em 48#, 40–60% em 100#, 10–25% em 200# e 0–5% no prato.

O exame tecnológico de areias para concreto e outras aplicações passa por caracterização mineralógica (exame macroscópico, com lupa ou microscópio, por difratometria de Raios-X, análises químicas, etc.), ensaios granulométricos, análises químicas para detecção de impurezas deletérias e ensaios específicos em corpos de prova de concreto. Algumas das normas técnicas consideradas são: NBR 7211 – agregado para concreto; NBR 7216 – amostragem; NBR 7389 – apreciação petrográfica; NBR 7218 – torrões de argila; NBR 7219 – material pulverulento; NBR 7220 – impurezas orgânicas; NBR 7217 – granulometria e NBR 7809 – forma dos grãos.

5.2 Metodologia

Visando os objetivos do projeto, foram desenvolvidas as seguintes atividades com relação à areia:

a) diagnóstico do abastecimento atual da RMA através de discussões técnicas com profissionais da CODISE, consultas bibliográficas, entrevistas com os produtores e visita às frentes de lavra;

b) análise da potencialidade mineral, em reservas e qualidade das areias das atuais fontes produtoras, além de alternativas futuras, considerando as limitações tecnológicas, econômicas e as possibilidades geológicas da RMA e arredores;

c) mapeamento dos domínios geológicos selecionados, utilizando fotos aéreas na escala aproximada de 1:70.000 (EMBRATEL, 1973) e cartas topográficas na escala 1:100.000 (SUDENE, 1973/1974/1983; DSG, 1994). Os dados foram integrados em um mapa geológico na escala 1:300.000, com base no Mapa Geológico do Estado de Sergipe (SOUZA & SANTOS, 1997) e em Delgado *et al.*, 2003, com apoio de imagens do Mosaico GeoCover – 2.000, e apresentados em detalhe em figuras e quadros inseridos no texto;

d) amostragem em superfície e em frentes de lavra para análises granulométricas e químicas; os ensaios foram realizados na SGS Geosol Laboratórios

Ltda., em Vespasiano, MG;

e) cálculo de reservas potenciais nos domínios geológicos selecionados, estabelecendo perspectivas para o suprimento de areia da RMA nos próximos anos;

f) sugestões e recomendações para o bom aproveitamento das reservas existentes, visando uma produção sustentável para o futuro.

5.3 Principais depósitos minerais

As principais fontes de abastecimento de areia para a RMA podem ser agrupadas em depósitos fluviais, de terraços arenosos e os litorâneos. Nos primeiros, verifica-se a retirada da areia do leito ativo de rios, principalmente do rio Vaza-Barris, enquanto nos terraços observa-se a extração de areia de topos aplainados, geralmente elevados, sendo bem observados nas regiões de Areia Branca – Aldeia e Poxim. Os depósitos litorâneos, de importância secundária como agregado para construção civil, são constituídos por cordões arenosos que ocorrem a partir da Ilha Santa Luzia para sul

até Abais, e por paleodunas.

As areias provenientes do leito do rio Vaza-Barris apresentam melhor qualidade para concreto (areia lavada, grossa, MF em torno de 2,5) e reservas anualmente repostas (cerca de 850 mil t/ano). O conjunto Areia Branca - Aldeia é constituído por areias finas a médias (MF=1,6), com apreciáveis reservas remanescentes (cerca de 124 milhões t). As areias dos terraços de Poxim são medianamente grossas (MF=2,2), com reservas restantes menores (aproximadamente 68 milhões t), situadas a maior distância de Aracaju. As areias litorâneas (cordões e paleodunas) estão próximas da capital sergipana, têm reservas apreciáveis, mas apresentam fortes restrições ambientais e de qualidade (areias muito finas, MF=1,2).

No quadro 5.1 é apresentado um sumário dos resultados para as principais fontes de areia, com valores médios indicativos de qualidade e estimativa de reservas.

O domínio dessas fontes produtivas de areia é indicado no mapa geológico na

| Fontes | Valores médios | | | Cálculo das reservas | | | | |
|------------------|----------------|---------|------|-------------------------|-------|-----------------------|-------|--------------|
| | MF | <0,15mm | %arg | Área (m ²) | E (m) | Vol (m ³) | %res. | Reserva (MT) |
| Rio Vaza-Barris | 2,5 | 5 | 4 | reservas renováveis/ano | | | | 0,85 |
| A. Branca/Aldeia | 1,6 | 10 | 0 | 32,77x10 ⁶ | 3 | 98,31x10 ⁶ | 70 | 124 |
| Poxim | 2,2 | 5,3 | 0 | 13,54x10 ⁶ | 4 | 54,16x10 ⁶ | 70 | 68 |
| Abais | 1,2 | 57,9 | 0 | 2,25x10 ⁶ | 10* | 11,25x10 ⁶ | - | 20 |

Notas:

- MF= módulo de finura médio
<0,15mm= percentual médio abaixo de 0,15mm
%arg= percentagem média de argila na areia
- Área (m²) dos depósitos, estimada em mapa, exceto para o rio Vaza-Barris
E= espessura média (m) dos depósitos
Vol (m³)= volume dos depósitos = Área x E
%res = estimativa do percentual remanescente aproveitável das jazidas
- Reserva aproveitável (em milhões de toneladas) = Vol x % res x 1,8 (densidade aparente *in situ*) /1.000.000. No caso do rio Vaza-Barris é a reserva renovável anualmente.
*Altura da seção transversal triangular do depósito

Quadro 5.1 - Sumário geral das principais fontes de areia

escala 1:300.000, em anexo, com a localização das ocorrências visitadas plotada em mapas de detalhe inseridos no texto. Cada um desses jazimentos é caracterizado nos itens seguintes quanto a sua localização e domínio geológico, produção atual (processo produtivo, destinação e preços), avaliação aproximada de sua qualidade (através de amostragem, análises químicas e granulométricas), cálculo estimado de suas reservas e perspectivas futuras.

5.3.1 Depósitos fluviais

Os depósitos fluviais são concentrações de areia existentes ao longo do curso dos rios, sendo acumulações recentes, renováveis anualmente por ocasião do período de cheias. Os principais jazimentos localizam-se no rio Vaza-Barris, embora outros rios eventualmente aproveitados, a exemplo do rio Jacarecica (região de Riachuelo), rio Sergipe (próximo a Santa Rosa de Lima e a Riachuelo) e rio Piauí (região de Sobral), representem fontes bem menores de produção, de importância secundária. Amostras de areia do rio São Francisco entre Neópolis e Santana do São Francisco, e em uma ilha entre Penedo e Neópolis foram analisadas.

Δ Rio Vaza-Barris e outros

• **Localização e domínio geológico**

As areias do rio Vaza-Barris são retiradas do seu leito ativo numa extensão aproximada de 25 km ao longo do seu curso, desde o areal do Mosquito, pouco mais de 1 km a jusante da cidade de Itaporanga d'Ajuda (28.000 habitantes), onde se verifica uma pequena elevação da salinidade pela influência das marés, estendendo-se a montante até onde as descargas anuais de areia escasseiam e a distância aos centros consumidores aumenta proibitivamente os custos de frete, nas proximidades do areal do Betinho. O mapa geológico (**anexo**) e a figura 5.1 mostram a localização das frentes produtoras visitadas e amostradas.

O acesso aos diversos areais é feito por estradas carroçáveis, a partir das estradas secundárias de bom tráfego que

margeiam o rio Vaza-Barris, a pequenas distâncias, pelas suas duas margens. As distâncias dos diversos areais até a entrada de Aracaju, na BR-101, variam de 24 a 46 km.

O rio Vaza-Barris apresenta nos seus cursos médio e alto um gradiente apreciável, com sua rede de drenagem atravessando diversas unidades geológicas cuja decomposição gera clastos arenosos, garantindo o aporte dessas partículas a cada ano, em grandes quantidades, por ocasião do período de cheias, depositadas no seu baixo curso.

• **Produção atual: processo produtivo, destinação e preços**

A areia é retirada do leito ativo do rio Vaza-Barris por dragas de sucção (diâmetros de 4, 6 e 8 polegadas), montadas em barcas rudimentares, sendo a polpa arenosa desaguada nas margens do rio, onde acumula a descarga de areia, como ilustram as fotos 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4.

No período de seca (setembro a março), a areia acumulada na estação chuvosa (abril a agosto) é lavrada em grande parte, esvaziando a calha do rio e melhorando a sua vazão. Na fase seca, quando a sucção é realizada já no fundo da calha, a areia sai misturada com bolas de argila de fundo e cascalho, sendo o desague peneirado (# 2 cm) para separar essas frações grossas indesejáveis. As caçambas são então carregadas manualmente ou por pás carregadeiras.

Em 2009 havia, cerca de, 15 areais operando de forma relativamente contínua nos 25 km do curso produtivo do rio Vaza-Barris, tendo sido visitados os areais do Mosquito, Santo Antônio, Camassari, da fazenda Belém, Malhadão, São Carlos, do Saco e do Betinho. No total, estimou-se uma retirada média de 2.000 t/dia (150 a 200 caçambas/dia), o que permite calcular uma produção anual aproximada de 500 mil t/ano (para 250 dias úteis de produção/ano). Uma parte da areia é transportada por frota própria dos produtores, sendo a maior parte carregada por fretistas autônomos. O preço praticado era de R\$ 8,00/t no areal e vendida na RMA por R\$ 15,00/t. Pela sua qualidade,

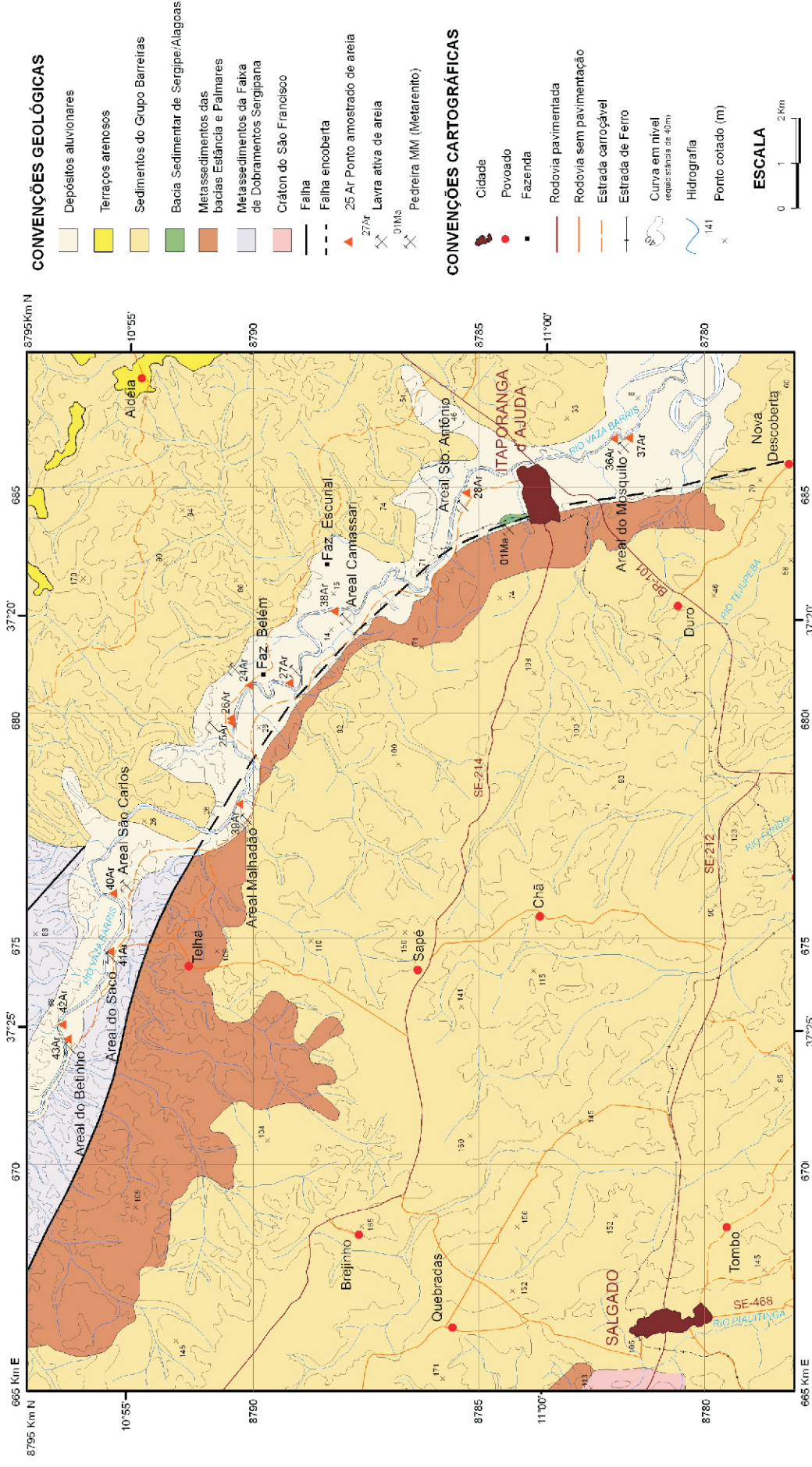


Figura 5.1 - Arais do rio Vaza-Barris e pedra da região de Itaporanga d'Ajuda

Base cartográfica baseada nas folhas Aracaju (SC.24-Z-B-IV) e Estância (SC.24-Z-D-I), 1:100.000, da SUDENE (1974).
 Geologia compilada de Souza & Santos (1997) e Delgado et al. (2003).



Foto 5.1 - Extração de areia através de draga rudimentar no rio Vaza-Barris. Areal do Mosquito, município de Itaporanga d'Ajuda.



Foto 5.2 - Polpa arenosa desaguada na margem do rio Vaza-Barris. Areal do Mosquito, município de Itaporanga d'Ajuda.



Foto 5.3 - Dragagem de areia do leito ativo do rio Vaza-Barris. Areal da Fazenda Belém, município de Itaporanga d'Ajuda.



Foto 5.4 - Areia para carregamento de caçambas na margem do rio Vaza-Barris. Areal da Fazenda Belém, município de Itaporanga d'Ajuda.

parte substancial da areia destinava-se ao preparo de concreto, vendido às empresas concreteiras ou diretamente nas construções.

- **Qualidade**

As areias dos rios apresentam, em geral, coloração amarelada, granulometria fina a muito grossa, gradada, com grãos subarredondados, forte predominância de grãos de quartzo e muito menor quantidade de grãos acastanhados de minerais de ferro. Ocasionalmente, ocorrem cascalho (>4,8 mm) e bolas de argila escura.

No Quadro 5.2 são identificadas e localizadas as amostras dos depósitos dos rios Vaza-Barris, Sergipe e São Francisco, com um sumário dos resultados indicativos de qualidade. No Quadro 5.3 são apresentados os resultados das análises químicas, com o cálculo estimativo da composição mineral resultante. No Quadro 5.4 aparecem os resultados das análises granulométricas, com o cálculo do módulo de finura (MF).

A partir das análises químicas e considerando a natureza geológica dos depósitos de rios, foram estimadas as prováveis composições mineralógicas dos materiais analisados (**Quadro 5.3**). Os baixos teores de Al_2O_3 e parte dos álcalis refletem a presença de argila (predominantemente caulínica). O alto teor de SiO_2 remanescente, retirada a parcela derivada das argilas, é indicativo do quartzo presente. Retirados o quartzo e a argila, o que sobra corresponde aos outros minerais (predominando óxidos e hidróxidos de Fe). Verifica-se uma baixa presença de argilas, da ordem de 4%, com exceção do teor de 10% para a amostra do rio Sergipe. O quartzo predomina com percentual igual ou acima de 92% (exceto o rio Sergipe) e os outros minerais não excedem a 3%. Considera-se negligenciável a possível presença de algum feldspato e alguma mica, ainda não decompostos, assim como a presença de matéria orgânica (não analisada). A presença de sais solúveis (cloretos e sulfatos) está bem abaixo dos limites toleráveis, mesmo para as amostras 36Ar e 37Ar (areal do Mosquito), sob alguma influência das marés. Sob o ponto de vista químico e mineralógico, as areias de rios

analisadas são consideradas de boa qualidade para o preparo de concretos hidráulicos.

A partir das análises granulométricas das areias amostradas, foram calculados os módulos de finura (MF). O MF das 13 amostras do rio Vaza-Barris variou de 2,0 a 3,3, com média de 2,5, o que classifica suas areias como de MF ótimo, adequadas para fabricação de concretos. A única amostra do rio Sergipe, com MF de 3,1, deve ser igualmente considerada utilizável, classificada como medianamente grossa. As 3 amostras do rio São Francisco, coletadas na margem e na superfície de uma ilha fluvial, mostrou MF entre 1,5 e 2, sendo consideradas utilizáveis, medianamente finas, com expectativa de areias mais grossas subjacentes.

Em resumo, as areias de rios, especialmente as do rio Vaza-Barris, melhor investigadas, devem ser consideradas de muito boa qualidade para uso como agregado miúdo para concreto, considerando sua granulometria, forma dos grãos, composição mineralógica e ausência de componentes deletérios, entre outros parâmetros.

- **Reservas estimadas**

Um cálculo realizado em 2009 estimou uma produção de, cerca de, 500 mil t/ano de areia nos 25 km de leito ativo do rio Vaza-Barris. As reservas da calha ativa são, a cada ano, substancialmente esgotadas e repostas nos meses de chuva. Num cálculo meramente estimativo, admitindo-se que o rio tenha capacidade para encher de areia pelo menos 50% de sua calha, teria-se uma capacidade de reposição mínima da ordem de 850 mil t/ano (25000 m de comprimento x 20 m de largura média x 2 m de profundidade média x 1,7 de densidade aparente *in situ* x 50%).

Uma análise do perfil da seção transversal do rio Vaza-Barris na fazenda Belém (**figura 5.1**), na estação nº 50191000, revela que houve uma pequena variação na área da seção no período de 2006 a 2007, indicando deposição de sedimentos (**figura 5.2**). Depois de 2007, as mudanças foram

| Amostra | | Localização (UTM) | | | Descrição | Sumário dos resultados | | | |
|---------|------|-------------------|---------------|----------|--|------------------------|-------|--------|------|
| Nº | Tipo | Latitude (m) | Longitude (m) | Cota (m) | | MF | %>4,8 | %<0,15 | %arg |
| 24Ar | AVs | 8.790.238 | 680.231 | 15 | Faz. Belém, areia/cascalho | 2,7 | 14,2 | 1,88 | 4 |
| 25Ar | AVs | 8.790.422 | 679.516 | 17 | Faz. Belém, areia não peneirada | 2,5 | 13,4 | 6,48 | 4 |
| 26Ar | AVs | 8.790.430 | 679.600 | 17 | Faz. Belém, areia não peneirada | 2,4 | 11,3 | 11,36 | 4 |
| 27Ar | AVs | 8.788.916 | 680.620 | 14 | Faz. Belém, areia não peneirada | 2,3 | 9,55 | 19,03 | 4 |
| 28Ar | AVs | 8.785.258 | 684.889 | 9 | Areal Sto. Antônio, areia com argila | 2,4 | 6,95 | 10,06 | 5 |
| 36Ar | AVs | 8.782.038 | 686.010 | 5 | Areal do Mosquito, areia não peneirada | 2,2 | 1,06 | 2,94 | 3 |
| 37Ar | AVs | 8.781.686 | 686.093 | 4 | Areal do Mosquito, polpa arenosa | 2 | 0,48 | 4,01 | 3 |
| 38Ar | AVs | 8.788.236 | 682.176 | 12 | Areal Camassarí, areia/cascalho | 2,5 | 4,17 | 2,79 | 4 |
| 39Ar | AVc | 8.790.286 | 677.943 | 18 | Areal Malhadão, areia não peneirada | 2,6 | 4,19 | 0,91 | 4 |
| 40Ar | AVc | 8.793.016 | 675.923 | 25 | Areal São Carlos, areia não peneirada | 2,6 | 4,59 | 2,23 | 6 |
| 41Ar | AVc | 8.793.092 | 674.740 | 29 | Areal do Saco, polpa arenosa | 2,3 | 1,33 | 1,76 | 4 |
| 42Ar | AVc | 8.794.246 | 673.097 | 35 | Areal do Betinho, areia não peneirada | 2,7 | 3,29 | 1,27 | 4 |
| 43Ar | AVc | 8.794.124 | 672.771 | 41 | Areal do Betinho, areia classificada | 3,3 | 0,38 | 0,57 | 4 |
| 45Ar | ASc | 8.820.590 | 697.910 | 17 | Leito ativo próximo de Sta Rosa | 3,1 | 8,08 | 0,42 | 10 |
| 47Ar | AFs | 8.860.126 | 763.958 | 11 | Margem do rio S. Francisco, Neópolis | 2 | 0,21 | 2,75 | 3 |
| 48Ar | AFs | 8.860.854 | 763.955 | 5 | Ilha entre Penedo (AL) e Neópolis (SE) | 1,5 | <0.01 | 3,89 | 4 |
| 49Ar | AFs | 8.861.112 | 763.609 | 4 | Ilha entre Penedo (AL) e Neópolis (SE) | 1,5 | <0.01 | 1,15 | 3 |

Notas:

1. Tipo: A= areia/cascalho do leito ativo dos rios: V= Vaza-Barris, S= Sergipe, F= São Francisco; c= coleta em período do rio cheio; s= em período de seca
2. MF= módulo de finura
 %>4,8= percentual acima de 4,8mm
 %<0,15= percentual abaixo de 0,15mm
3. Cálculo: % argila = % Al₂O₃ x 100/39,5

Quadro 5.2 - Identificação, localização, descrição e sumário dos resultados de análises de amostras de areia/cascalho dos rios Vaza-Barris, Sergipe e São Francisco

mínimas, e a área da seção não sofreu alterações significativas. Essa estação fluviométrica é operada pela CPRM para a Agência Nacional de Águas-ANA.

A variação observada entre os perfis 2007.1 (medição em 24.05.07) e 2007.2 (medição em 08.10.07), medidas realizadas no mesmo ano nos períodos chuvoso (maio) e mais seco (outubro), mostra uma diminuição da seção indicando um processo de deposição de material, numa variação de 41 m². Esses perfis, realizados segundo o calendá-

rio planejado pela ANA, são mostrados apenas para sinalizar a ordem de grandeza da sedimentação de areia/cascalho no rio Vaza-Barris, estimada através de avaliação geológica de campo em cerca de 2 m de espessura por ano, para uma largura média do rio de 20 m (área de 40m²).

Não foram avaliadas as reservas dos rios Jacarecica, Sergipe, Piauí e outros, face à menor expressão dos seus depósitos, sem importância para o abastecimento da RMA.

| Amostra | | | Resultados em % e em ppm para Cl | | | | | | | % mineral calculada | | |
|---------|------|--------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------------|-----|-------|---------------------|---------|--------|
| Nº | Tipo | Localização | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Na ₂ O | K ₂ O | Cl | S | argila | quartzo | outros |
| 24Ar | AVs | Faz. Belém | 95,6 | 1,49 | 1,19 | 0,36 | 0,31 | <50 | 0,02 | 4 | 95 | 1 |
| 25Ar | AVs | Faz. Belém | 96,1 | 1,56 | 1,32 | 0,34 | 0,36 | 104 | 0,02 | 4 | 95 | 1 |
| 26Ar | AVs | Faz. Belém | 95,5 | 1,6 | 1,16 | 0,33 | 0,35 | 51 | 0,02 | 4 | 95 | 1 |
| 27Ar | AVs | Faz. Belém | 95,7 | 1,47 | 1,28 | 0,32 | 0,3 | 62 | 0,02 | 4 | 95 | 1 |
| 28Ar | AVs | Areal Sto. Antônio | 93,7 | 1,8 | 1,52 | 0,35 | 0,41 | 139 | 0,03 | 5 | 93 | 2 |
| 36Ar | AVs | Areal do Mosquito | 96,1 | 1,16 | 2,38 | 0,18 | 0,34 | <50 | 0,05 | 3 | 95 | 2 |
| 37Ar | AVs | Areal do Mosquito | 95,4 | 1,14 | 3,16 | 0,3 | 0,32 | 241 | 0,07 | 3 | 94 | 3 |
| 38Ar | AVs | Areal Camassari | 95,4 | 1,18 | 1,68 | 0,22 | 0,33 | 98 | 0,05 | 4 | 95 | 1 |
| 39Ar | AVc | Areal Malhadão | 95,4 | 1,33 | 1,63 | 0,34 | 0,27 | 108 | 0,02 | 4 | 95 | 1 |
| 40Ar | AVc | Areal São Carlos | 93,7 | 2,23 | 2,42 | 0,55 | 0,42 | 93 | 0,02 | 6 | 92 | 2 |
| 41Ar | AVc | Areal do Saco | 95,2 | 1,64 | 2,48 | 0,42 | 0,32 | 96 | 0,02 | 4 | 94 | 2 |
| 42Ar | AVc | Areal do Betinho | 95,5 | 1,4 | 1,75 | 0,39 | 0,28 | <50 | 0,02 | 4 | 95 | 1 |
| 43Ar | AVc | Areal do Betinho | 94,7 | 1,78 | 2,77 | 0,53 | 0,34 | <50 | 0,02 | 4 | 94 | 2 |
| 45Ar | ASc | Próximo Sta. Rosa | 93,3 | 4,07 | 1,75 | <0,1 | 0,06 | <50 | 0,02 | 10 | 89 | 1 |
| 47Ar | AFs | Margem do rio | 97,2 | 1,21 | 1,12 | 0,18 | 0,43 | <20 | 0,01 | 3 | 95 | 2 |
| 48Ar | AFs | Ilha fluvial | 96 | 1,66 | 1,52 | 0,13 | 0,69 | 53 | <0,01 | 4 | 94 | 2 |
| 49Ar | AFs | Ilha fluvial | 97 | 1,3 | 1,14 | 0,12 | 0,46 | <20 | <0,01 | 3 | 95 | 2 |

Notas:

1. Tipo: A= areia/cascalho do leito ativo dos rios; V= Vaza-Barris, S= Sergipe, F= São Francisco; c= coleta em período do rio cheio; s= em período de seca
2. Não são apresentados os resultados (pouco significativos, em %) para CaO (0,1 a 0,2), MgO (0,1 a 0,2), TiO₂ (até 0,2), P₂O₅ (até 0,015), MnO (0,01 a 0,05) e PF.
3. Cálculos: % mineral calculada na fração <4,8mm, pela análise química;
% argila= % Al₂O₃ x 100/39,5; % quartzo= % SiO₂ - % argila x 0,466;
% outros = 100 -(% argila e quartzo).
4. Outros minerais (1 a 3%) são representados por óxidos e hidróxidos de Fe.

Quadro 5.3 - Análises químicas e composição mineralógica aproximada de amostras de areia/cascalho do leito ativo dos rios Vaza-Barris, São Francisco e Sergipe

• *Perspectivas futuras*

Os areais do rio Vaza-Barris constituem-se na principal e mais tradicional fonte de abastecimento de areia de qualidade (para concreto) para a RMA. Essa fonte renovável deverá manter-se nesta posição pelos próximos anos, podendo mesmo atender a uma maior demanda. A excelente qualidade do material, facilidade de acesso e tradição do processo produtivo, pouca mobilidade das jazidas pela reposição anual das reservas, restrições ambientais contornáveis e

distâncias relativamente pequenas para Aracaju são as principais razões para esta previsão. Entretanto, a sustentabilidade dessa extração de areia está condicionada a uma recuperação ambiental adequada, devendo o material continuar sendo retirado do leito ativo do rio, preservando-se as suas margens e a qualidade das suas águas.

Num futuro mais distante, as aluviões do rio São Francisco poderão vir a ser consideradas, contornadas as restrições legais atuais. A extração planejada das suas

| Amostra | | Abertura em # com equivalência aproximada em mm (resultados em % retida) | | | | | | | MF |
|---------|------|---|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-----|
| Nº | Tipo | >4,8(4#) | >2,4(9#) | >1,2(12#) | >0,6(28#) | >0,3(48#) | >0,15(100#) | <0,15(100#) | |
| 24Ar | AVs | 14,22 | 9,81 | 6,78 | 28,68 | 29,44 | 9,19 | 1,88 | 2,7 |
| 25Ar | AVs | 13,36 | 11,33 | 6,29 | 22,08 | 26,86 | 13,61 | 6,48 | 2,5 |
| 26Ar | AVs | 11,25 | 10,55 | 7,29 | 25,14 | 24,33 | 10,08 | 11,36 | 2,4 |
| 27Ar | AVs | 9,55 | 10,68 | 7,45 | 23,43 | 28,17 | 1,69 | 19,03 | 2,3 |
| 28Ar | AVs | 6,95 | 6,92 | 6,68 | 34,06 | 20,83 | 14,48 | 10,06 | 2,4 |
| 36Ar | AVs | 1,06 | 2,94 | 2,97 | 22,26 | 57,02 | 10,82 | 2,94 | 2,2 |
| 37Ar | AVs | 0,48 | 1,39 | 1,67 | 15,73 | 62,87 | 13,86 | 4,01 | 2 |
| 38Ar | AVs | 4,17 | 5,87 | 6,45 | 33,94 | 38,83 | 7,97 | 2,79 | 2,5 |
| 39Ar | AVc | 4,19 | 5,91 | 6,17 | 33,77 | 43,58 | 5,46 | 0,91 | 2,6 |
| 40Ar | AVc | 4,59 | 6,7 | 6,21 | 33,73 | 38,96 | 7,59 | 2,23 | 2,6 |
| 41Ar | AVc | 1,33 | 3,17 | 3,44 | 27,98 | 49,35 | 12,95 | 1,76 | 2,3 |
| 42Ar | AVc | 3,29 | 7,85 | 7,04 | 35,64 | 38,54 | 6,36 | 1,27 | 2,7 |
| 43Ar | AVc | 0,38 | 13,4 | 20,29 | 46,94 | 16,86 | 1,56 | 0,57 | 3,3 |
| 45Ar | ASc | 8,08 | 14,3 | 10,16 | 40,8 | 24,76 | 1,48 | 0,42 | 3,1 |
| 47Ar | AFs | 0,21 | 0,74 | 1,06 | 10,17 | 74,36 | 10,7 | 2,75 | 2 |
| 48Ar | AFs | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,38 | 49,12 | 46,61 | 3,89 | 1,5 |
| 49Ar | AFs | <0,01 | <0,01 | 0,11 | 0,34 | 50,69 | 47,7 | 1,15 | 1,5 |

Notas:

1. Tipo: A= areia/cascalho do leito ativo dos rios: V= Vaza-Barris, S= Sergipe, F= São Francisco; c= coleta em período do rio cheio; s= em período de seca
2. MF= módulo de finura

Quadro 5.4 - Análises granulométricas e módulo de finura de amostras de areia/cascalho do leito ativo dos rios Vaza-Barris, Sergipe e São Francisco

areias reduziria o assoreamento no seu baixo curso, melhorando o fluxo de suas águas e as condições de navegabilidade.

5.3.2 Depósitos de terraços arenosos

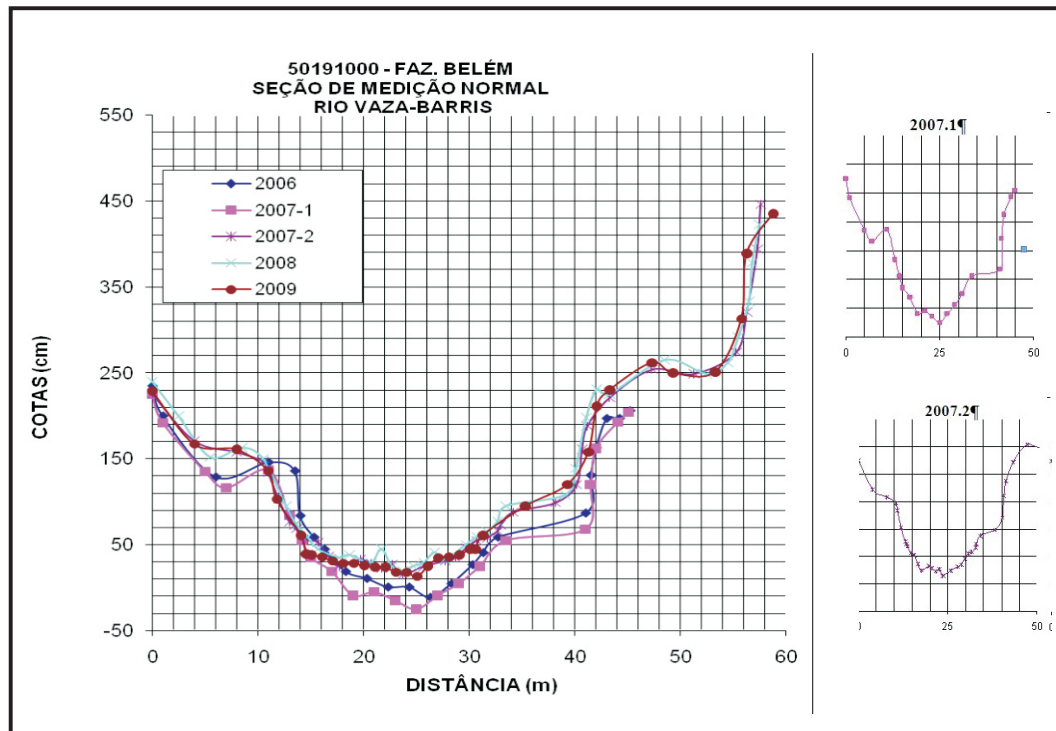
Os depósitos de terraços arenosos são concentrações de areia e cascalho apresentando estruturas horizontalizadas formando platôs, com espessuras que variam de 2 a 6 m, assentadas quase sempre num substrato areno-argiloso. Os principais jazimentos localizam-se nos domínios Areia

Branca – Aldeia e Poxim.

Δ Domínio Areia Branca-Aldeia

• Localização e domínio geológico

Os terraços arenosos elevados de Areia Branca - Aldeia estendem-se desde as proximidades da cidade de Areia Branca (16.000 habitantes) para SW, até o povoado de Cajueiro, cerca de 12 km, curvando-se a partir daí para SE, até pouco a sul do povoado de Aldeia (mais 17 km). Constituem uma



Fonte: CPRM, 2009

Figura 5.2 - Perfil da seção transversal do rio Vaza-Barris na estação Fazenda Belém, para o período 2006 a 2009

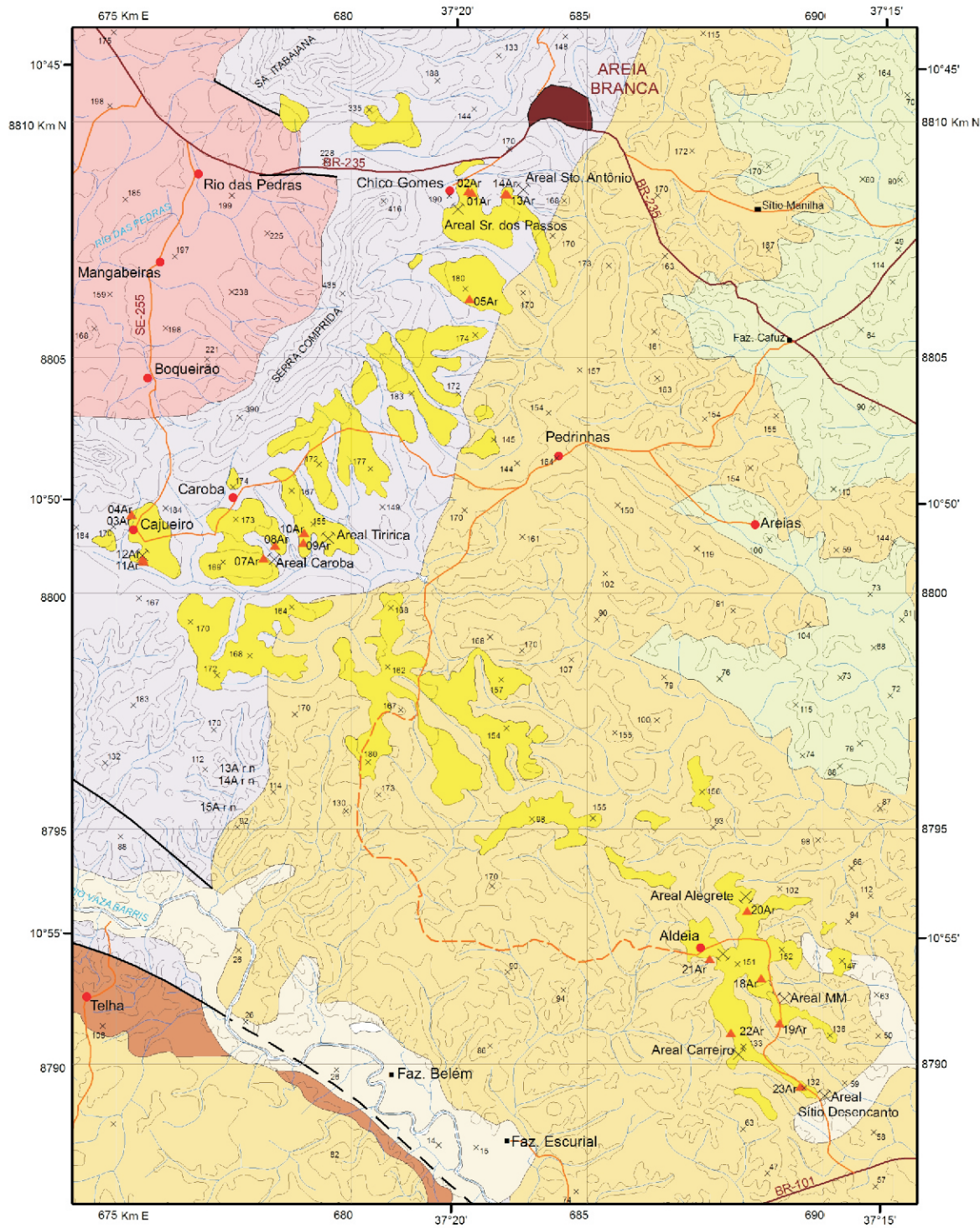
trilha descontínua de terraços individuais, mostrados no mapa geológico (**anexo**) e detalhados na figura 5.3.

O acesso aos diversos areais pode ser realizado por estradas secundárias de bom tráfego, a partir das rodovias BR-101 e BR-235 até Areia Branca, ou pela BR-101, próximo à cidade de Itaporanga d'Ajuda (28.000 habitantes), até o povoado de Aldeia. As distâncias dos diversos areais até a entrada de Aracaju, na BR-101, variam de 25 a 45 km.

Os terraços arenosos de Areia Branca-Aldeia são aplainados, com cotas superficiais elevadas, da ordem de 200 m, no trecho que margeia a encosta sul da serra Comprida, entre Areia Branca e Cajueiro. Entre Cajueiro e Aldeia, as cotas caem gradativamente até altitudes em torno de 150 m, apresentando uma declividade aproximada de 0,30% (50m em 17 km), mostrando que o conjunto de depósitos tem um plano

tangencial com leve declive em direção ao litoral (**figura 5.3**).

Existem evidências de que essas areias e cascalhos são originados da desagregação dos quartzitos que estruturam a serra de Itabaiana – serra Comprida (Grupo Miaba), como a natureza e alternância dos agregados (areia e cascalho), suas proximidades da rocha fonte e a suave declividade dos depósitos, indicando a sua proveniência e natureza geológica. Esses depósitos estão em cotas um pouco acima das altitudes do topo da superfície do Grupo Barreiras, tendo sido provavelmente depositados em regime coluvionar e/ou flúvio torrencial nas proximidades da serra, passando a um leque de deposição fluvial de menor energia (menor gradiente) em direção à costa, sobre as camadas do Grupo Barreiras (**foto 5.5**). Entretanto, é incerto afirmar se estão correlacionados ao fim do ciclo de deposição do Grupo Barreiras, a ele pertencendo, ou relacionados a um ciclo mais recente (pós-



Base cartográfica baseada na folha Aracaju (SC.24-Z-B-IV), 1:100.000, da SUDENE (1974).
Geologia compilada de Souza & Santos (1997) e Delgado et al. (2003).

0 1 2 Km

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Cidade
- Povoado
- Fazenda
- Estrada pavimentada
- Estrada sem pavimentação
- Estrada carroçável
- Curva em nível (equidistância de 10m)
- Hidrografia
- Ponto cotado (m)

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Depósitos aluvionares
- Terraços arenosos
- Sedimentos do Grupo Barreiras
- Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas
- Metassedimentos das bacias Estância e Palmares
- Metassedimentos da Faixa de Dobramentos Sergipana
- Remanescentes do embasamento: Domo de Itabaiana
- Falha
- Falha encoberta
- 20 Ar Ponto amostrado de areia
- Lavra ativa
- Lavra inativa

Figura 5.3 - Terraços arenosos do Domínio Areia Branca - Aldeia



Foto 5.5 - Vista dos terraços arenosos da área de Aldeia, provável topo das camadas subjacentes do Grupo Barreiras, município de Itaporanga d'Ajuda.



Foto 5.6 - Areias finas sobre camada de areia cascalhosa. Povoado de Cajueiro, município de Areia Branca. Domínio Areia Branca-Aldeia.

Grupo Barreiras).

Os terraços são constituídos por camadas de areia quartzosa, alternadas em sequências variadas, com horizontes de areia e cascalho (**foto 5.6**), sendo os níveis de cascalho mais escassos a maiores distâncias da área fonte (serra Comprida-serra de Itabaiana). Os detritos resultantes (areia e cascalho) são subarredondados.

• **Produção atual: processo produtivo, destinação e preços**

Areia e cascalho são extraídos em várias frentes de lavra, a maioria delas visitada e amostrada, sendo 5 areais no trecho Areia Branca-Cajueiro (Santo Antônio, Senhor dos Passos, Tiririca, Caroba e Cajueiro), e 3 localizados nas proximidades de Aldeia (areais Sítio Desencanto, Carreiro e MM Material de Construção), como indicado na figura 5.3 e no quadro 5.5.

Em cada areal, o início da extração é precedido pela remoção da fina cobertura vegetal, com uso de tratores de esteira. A areia é retirada até o fundo da cava com auxílio de pás carregadeiras, que fazem o enchimento das caçambas transportadoras. Com o tempo, abre-se uma cavidade de forma circular ou em ferradura, com paredes laterais ou frentes de lavra com alturas variando de 2 a 6 m, a depender da espessura do depósito.

Próximo à cidade de Areia Branca, o areal Senhor dos Passos é o mais organizado, com algumas iniciativas de recuperação ambiental, apresentando uma cava semicircular com cerca de 200 m de largura, com um pacote de areias quartzosas finas (amostras 01Ar e 02Ar), com espessura variando de 3 a 6 m (**foto 5.7**). Suas areias são empregadas na pavimentação de estradas (carga de asfalto) e para argamassas, misturadas com arenoso (50% de cada), não sendo utilizadas na fabricação de concreto em virtude do seu baixo módulo de finura. Peneiradas, as areias mais finas podem ser empregadas na fabricação de argamassas prontas para cerâmica.

Nas proximidades, no areal Santo Antônio se lavra uma areia quartzosa fina, numa cava em forma de ferradura aberta

medindo 200 m de comprimento por 100 m de largura, com espessura do pacote de areia da ordem de 2 a 3 m (amostras 13Ar e 14Ar), com uma reserva próxima da exaustão dentro dos limites da concessão (**foto 5.8**).

Para sudoeste de Areia Branca, ainda próximo da borda da serra Comprida, o areal Caroba está situado numa área muito depredada, com frentes de lavra muito dispersas, sem um planejamento adequado. Estratigraficamente, da base para o topo, observa-se um material arenoso de granulometria grossa, usado para pavimentação local, recoberto por uma mistura de areia e cascalho com aproximadamente 1 m de espessura (amostra 07Ar), sobreposto por areias mais finas com espessura variando em torno de 3 m, podendo atingir 5 m em alguns locais (amostra 08Ar).

Ao lado da jazida Caroba, o areal Tiririca está localizado numa área rica em cascalheiras argilosas, cores avermelhadas, com abundantes seixos e blocos arredondados de quartzo, sendo usadas para encascalhamento de estradas. Com uma lavra um pouco mais organizada do que a anterior, apresenta sítios com areias quartzosas de granulação fina, esbranquiçadas (amostra 09Ar), usadas para argamassas em geral, e locais com areias um pouco mais grossas (amostra 10Ar), dispersos numa área medindo cerca de 500 m x 300m, com cavas abertas segundo o material desejado.

Próximo ao povoado de Cajueiro, uma cava pequena medindo aproximadamente 80 m x 30m, apresenta uma extração rudimentar de areia, com carregamento manual das caçambas. Sua frente de lavra revela, da base para o topo, uma camada constituída de areias cascalhosas, com seixos arredondados suportados numa matriz areno-síltica (amostra 11Ar), com blocos/fragmentos de quartzito intemperizado dispersos na massa. Em contato nítido, é capeada por uma camada de areias quartzosas finas, sílticas, esbranquiçadas (amostra 12Ar, **foto 5.6**). Ainda nas proximidades daquele povoado, poços de pesquisa realizados num colúvio proximal da serra Comprida, indicativos de testes para fins industriais mais nobres, revelam uma camada de areia muito fina, sacaroidal,

| Amostra | | Localização UTM | | | Descrição | Sumário dos resultados | | | |
|---------|------|-----------------|---------------|----------|---|------------------------|-------|--------|------|
| Nº | Tipo | Latitude (m) | Longitude (m) | Cota (m) | | MF | %>4,8 | %<0,15 | %arg |
| 01Ar | Thb | 8.808.536 | 682.546 | 166 | A. Branca, areal Sr. Passos, frente de lavra | 1,3 | 0 | 18,32 | 0 |
| 02Ar | Thb | 8.808.570 | 682.493 | 169 | A. Branca, areal Sr. Passos, frente de lavra | 1,2 | 0 | 22,12 | 0 |
| 03Ar | Thb | 8.801.846 | 675.254 | 197 | A. Branca, Cajueiro, areia fina em pesquisa | 1,0 | 0 | 32,64 | 0 |
| 04Ar | Thb | 8.801.846 | 675.254 | 197 | A. Branca, Cajueiro, areia fina em pesquisa | 1 | 0,37 | 30,85 | 0 |
| 05Ar | Thb | 8.808.112 | 682.537 | 181 | A. Branca, norte de Pedrinhas, área virgem | 1,2 | 0 | 18,28 | 0 |
| 07Ar | Thbc | 8.808.828 | 678.237 | 144 | A. Branca, areal Caroba, areia/cascalho | 3,4 | 43,39 | 3,3 | 0 |
| 08Ar | Thb | 8.801.008 | 678.371 | 151 | A. Branca, areal Caroba, areia | 1,7 | 0 | 4,55 | 0 |
| 09Ar | Thc | 8.801.066 | 678.973 | 151 | A. Branca, areal Tiririca, areia superior | 1,3 | 0,17 | 23,82 | 0 |
| 10Ar | Thbc | 8.801.284 | 678.986 | 160 | A. Branca, areal Tiririca, areia/casc. inferior | 1,5 | 1,61 | 21,36 | 0 |
| 11Ar | Thbc | 8.800.606 | 675.419 | 162 | A. Branca, Cajueiro, areia/casc. Inferior | 2,7 | 22,19 | 8,04 | 0 |
| 12Ar | Thb | 8.800.610 | 675.419 | 162 | A. Branca, Cajueiro, areia superior | 1,5 | 0,03 | 15,82 | 0 |
| 13Ar | Thb | 8.808.506 | 683.127 | 166 | A. Branca, areal Sto. Antônio, frente de lavra | 1,4 | 0 | 15,86 | 0 |
| 14Ar | Thb | 8.808.506 | 683.077 | 166 | A. Branca, areal Sto. Antônio, frente de lavra | 1,3 | 0,1 | 18,82 | 0 |
| 15Ar | Ldb | 8.754.504 | 688.790 | 6 | Abais, lavra informal abandonada | 1,2 | 0 | 65,13 | 0 |
| 16Ar | Ldb | 8.749.268 | 684.343 | 9 | Abais, areal Abais, areia síltica, de duna | 0,8 | 0 | 76,19 | 1 |
| 17Ar | Llb | 8.749.268 | 684.343 | 7 | Abais, areal Abais, areia lavada, misturada | 1,6 | 1,85 | 32,25 | 1 |
| 18Ar | Thb | 8.791.754 | 688.694 | 134 | Aldeia, areal MM, frente de lavra | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0 |
| 19Ar | Thi | 8.790.856 | 689.083 | 130 | Aldeia, areal MM, frente de lavra | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0 |
| 20Ar | Thi | 8.793.258 | 688.390 | 137 | Aldeia, areal Alegrete, lavra abandonada | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 0 |
| 21Ar | Thb | 8.792.332 | 687.777 | 136 | Próximo de Aldeia, areal exaurido | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 0 |
| 22Ar | Thb | 8.790.718 | 688.098 | 142 | Aldeia, areal Carreiro, frente de lavra | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0 |
| 23Ar | Thb | 8.789.574 | 689.447 | 131 | Aldeia, areal Sítio Desencanto, frente de lavra | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 0 |
| 29Ar | Thbc | 8.844.242 | 737.533 | 244 | Poxim, areal Ribeiro, areia/cascalho inferior | 2,4 | 15,75 | 5,73 | 0 |
| 30Ar | Thb | 8.844.242 | 737.533 | 246 | Poxim, areal Ribeiro, areia média | 2 | 0,38 | 13,83 | 0 |
| 31Ar | Thb | 8.844.242 | 737.533 | 248 | Poxim, areal Ribeiro, areia fina superior | 1,8 | 0,12 | 11,87 | 0 |
| 32Ar | Thb | 8.844.990 | 738.100 | 241 | Poxim, areal do Neco, frente de lavra | 1,8 | 0,04 | 8,74 | 0 |
| 33Ar | Thbc | 8.844.990 | 738.100 | 241 | Poxim, areal do Neco, areia/cascalho | 2,2 | 16,06 | 10,3 | 0 |
| 34Ar | Thb | 8.846.218 | 744.808 | 258 | Poxim, areal Currais, areia superior. | 2,1 | 0,26 | 8,46 | 0 |
| 35Ar | Thbc | 8.846.218 | 744.808 | 256 | Poxim, areal Currais, areia/cascalho | 2,9 | 37,65 | 5,33 | 0 |

Notas:

1. Tipo: L= depósitos litorâneos (Pleistoceno), T=terraços elevados; l= cordões arenosos, d= paleodunas, h= coberturas horizontalizadas; b= branca, i= impura/amarela, c= com cascalho
2. MF= módulo de finura
3. Cálculo: %argila= %Al₂O₃ x 100/39,5

Quadro 5.5 - Identificação, localização, descrição e sumário dos resultados de análises de amostras de areia/cascalho dos terraços arenosos de Areia Branca-Aldeia e Poxim, e de depósitos litorâneos



Foto 5.7 - Cava do areal Senhor dos Passos, com início de recuperação ambiental, município de Areia Branca. Domínio Areia Branca-Aldeia.



Foto 5.8 - Atividade de extração de areia no areal Santo Antônio, município de Areia Branca. Domínio Areia Branca-Aldeia.

essencialmente quartzosa (amostras 03Ar e 04Ar).

Na região do Domo de Itabaiana, observam-se ainda algumas extrações pontuais de areias oriundas do intemperismo dos corpos granitóides. São depósitos com espessuras da ordem de 1,50 m, exauridos em curto espaço de tempo, não tendo sido considerados neste trabalho. Nesses depósitos eluviais, plantações de mandioca são removidas para a retirada das areias, comprometendo o uso agrícola futuro dos terrenos.

No entorno do povoado de Aldeia, a empresa MM Material de Construção retira de várias cavas medindo cerca de 200 m x 200 m, distribuídas de forma caótica, uma areia fina que é empregada principalmente em mistura com asfalto, na duplicação da BR-101 (amostras 18Ar e 19Ar). No areal Alegrete, capeando sedimentos endurecidos do Grupo Barreiras, observa-se uma camada de areia com espessura média de 2 m. Devido à sua granulação fina (amostra 20Ar), foi muito empregada em terraplenagem, estando a lavra paralisada na época da visita.

No mesmo contexto geológico, o areal Carreiro apresenta uma cava medindo cerca de 100 m x 50 m, relativamente organizada, de onde se extrai uma areia fina, esbranquiçada (amostra 22Ar). Na entrada do sítio Desencanto, no areal com mesmo nome, foi aberta uma cava em forma de ferradura, com cerca de 300 m de largura, onde é lavrada uma areia fina (amostra 23Ar), de forma planejada.

A produção anual de agregados de Areia Branca-Aldeia varia muito, em função de demandas ocasionais maiores para aterro e asfalto. Estimou-se em 2009, uma produção anual da ordem de 500 mil t, sendo cerca de 70% de areia e 30% de cascalho. Essa produção foi destinada para asfalto (em mistura com pó de brita), como aterro e cascalho para pátios industriais e estradas (superfície e sub-base de asfalto), como parcela do agregado miúdo para concreto pronto e como agregado para argamassas de construção.

Os preços no areal foram da ordem de R\$ 4,00/t, com fretes custando cerca de

R\$ 0,20/t/km de ida, o que resulta num frete de R\$ 6,00/t para uma distância de 30 km, dos areais de Aldeia até Aracaju, e de R\$ 9,00/t para os areais de Areia Branca (distância em torno de 45km).

• **Qualidade**

No quadro 5.5 são identificadas e localizadas as amostras dos depósitos dos terraços arenosos de Areia Branca-Aldeia, com um sumário dos resultados indicativos de qualidade. O quadro 5.6 apresenta os resultados das análises químicas, com o cálculo estimativo da composição mineral resultante, enquanto no quadro 5.7 estão registrados os resultados das análises granulométricas, com o cálculo do módulo de finura (MF).

As areias dos terraços de Areia Branca-Aldeia apresentam, em geral, coloração branca, granulometria medianamente fina, com grãos angulosos a subarredondados, com intercalações frequentes de camadas de cascalho (granulação >4,8mm) apresentando seixos subangulosos a arredondados, e blocos medindo até 20 cm. Areia e cascalho apresentam total predominância de grãos e seixos de quartzo, algumas vezes com impregnações ferruginosas e tonalidades amareladas e avermelhadas.

No quadro 5.6, a partir das análises químicas e considerando a natureza geológica dos depósitos de terraços, são estimadas as prováveis composições mineralógicas dos materiais analisados. Os insignificantes teores de Al_2O_3 e álcalis são indicativos da quase ausência de argilominerais. As impurezas (outros minerais) são representadas por hidróxidos de Fe. Os altos teores de SiO_2 denunciam a participação quase total de quartzo (acima de 98%) nos agregados. A presença de sais solúveis (cloretos e sulfatos) está bem abaixo dos limites toleráveis para concreto. Sob o ponto de vista químico e mineralógico, as areias de terraços analisadas são de excelente qualidade para o preparo de concretos hidráulicos, argamassas para construção civil, cargas para asfalto, aterros e sub-bases para asfalto, além de outras aplicações que exijam altos teores de SiO_2 , com poucas impurezas (vidros, p.ex.).

| Amostra | | | Resultados em % e em ppm para Cl | | | | | | % mineral calculada | | |
|---------|------|--------------|----------------------------------|-------|-------|------|-----|------|---------------------|---------|--------|
| Nº | Tipo | Localização | SiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | TiO2 | Cl | S | argila | quartzo | outros |
| 01Ar | Thb | Areia Branca | 99,8 | <0.1 | 1,12 | 0,1 | 95 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 02Ar | Thb | Areia Branca | 100 | <0.1 | 1,39 | 0,13 | 89 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 03Ar | Thb | Areia Branca | 99,5 | <0.1 | 1,21 | 0,06 | <50 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 04Ar | Thb | Areia Branca | 97,4 | <0.1 | 3,78 | 0,05 | 56 | 0,03 | 0 | 97 | 3 |
| 05Ar | Thb | Areia Branca | 100 | <0.1 | 1 | 0,07 | 64 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 07Ar | Thbc | Areia Branca | 98,4 | <0.1 | 2,63 | 0,09 | 57 | 0,02 | 0 | 98 | 2 |
| 08Ar | Thb | Areia Branca | 99,2 | <0.1 | 1,04 | 0,03 | <50 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 09Ar | Thc | Areia Branca | 99,4 | <0.1 | 2,14 | 0,14 | <50 | 0,02 | 0 | 98 | 2 |
| 10Ar | Thbc | Areia Branca | 97,6 | <0.1 | 1,02 | 0,1 | <50 | 0,02 | 0 | 98 | 2 |
| 11Ar | Thbc | Areia Branca | 99,8 | <0.1 | 1,36 | 0,09 | <50 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 12Ar | Thb | Areia Branca | 98,7 | <0.1 | 1,68 | 0,05 | <50 | 0,02 | 0 | 98 | 2 |
| 13Ar | Thb | Areia Branca | 99,2 | <0.1 | 1,33 | 0,05 | 82 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 14Ar | Thb | Areia Branca | 98,9 | <0.1 | 1,3 | 0,08 | 57 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 15Ar | Ldb | Abais | 99 | <0.1 | 1,08 | 0,03 | 53 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 16Ar | Ldb | Abais | 98,5 | 0,29 | 0,8 | 0,05 | <50 | 0,02 | 1 | 99 | 0 |
| 17Ar | Llb | Abais | 98,9 | 0,25 | 1,62 | 0,07 | 73 | 0,02 | 1 | 98 | 1 |
| 18Ar | Thb | Aldeia | 99,7 | <0.1 | 0,85 | 0,04 | <50 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 19Ar | Thi | Aldeia | 99,3 | 0,14 | 1,35 | 0,14 | <50 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 20Ar | Thi | Aldeia | 98,9 | 0,13 | 1,09 | 0,17 | <50 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 21Ar | Thb | Aldeia | 98,9 | <0.1 | 1,14 | 0,08 | <50 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 22Ar | Thb | Aldeia | 99,5 | <0.1 | 0,71 | 0,04 | <50 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 23Ar | Thb | Aldeia | 97,8 | <0.1 | 2,66 | 0,07 | 52 | 0,02 | 0 | 98 | 2 |
| 29Ar | Thbc | Poxim | 99 | 0,15 | 0,93 | 0,12 | 98 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 30Ar | Thb | Poxim | 99,2 | <0.1 | 1,08 | 0,16 | 81 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 31Ar | Thb | Poxim | 99,2 | <0.1 | 0,86 | 0,04 | 112 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 32Ar | Thb | Poxim | 98,7 | <0.1 | 1,88 | 0,12 | 160 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 33Ar | Thbc | Poxim | 98,7 | <0.1 | 1,03 | 0,18 | <50 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 34Ar | Thb | Poxim | 99,1 | <0.1 | 1,52 | 0,04 | <50 | 0,02 | 0 | 99 | 1 |
| 35Ar | Thbc | Poxim | 97,8 | 0,17 | 3,1 | 0,12 | 68 | 0,02 | 0 | 97 | 3 |

Notas:

1. Tipo: L= cordões litorâneos (Pleistoceno), T= terraços elevados, l= cordão, d= paleodunas, h= coberturas horizontalizadas, b= branca, i= impura/amarela, c= com cascalho
2. Não são apresentados os valores (pouco significativos) para CaO, MgO, Na2O, K2O, MnO, P2O5 e PF
3. Cálculos: % mineral calculada na fração <4,8mm pela análise química;
% argila = % Al2O3 x 100 / 39,5; % quartzo = % SiO2 - % argila x 0,466;
% outros: 100 - (% argila + quartzo).
5. Outros minerais (1 a 3%) são representados por óxidos e hidróxidos de Fe.

Quadro 5.6 - Análises químicas e composição mineralógica aproximada de amostras de areia/cascalho dos terraços elevados de Areia Branca-Aldeia e Poxim, e de depósitos litorâneos

| Amostra | | Abertura em # com equivalência aproximada em mm | | | | | | | MF |
|---------|------|---|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|-----|
| Nº | Tipo | >4,8 (4#) | >2,4(9#) | >1,2(12#) | >0,6(28#) | >0,3(48#) | >0,15 (100#) | <0,15(100#) | |
| 01Ar | Thb | 0 | 0,16 | 0,48 | 7,77 | 33,02 | 40,25 | 18,32 | 1,3 |
| 02Ar | Thb | 0 | 0,18 | 0,66 | 7,43 | 28,23 | 41,37 | 22,12 | 1,2 |
| 03Ar | Thb | 0 | 0,51 | 0,37 | 1,87 | 25,59 | 39,02 | 32,64 | 1,0 |
| 04Ar | Thb | 0,37 | 1,03 | 0,33 | 1,81 | 26,66 | 38,96 | 30,85 | 1 |
| 05Ar | Thb | 0 | 0 | 0,04 | 3,23 | 34,28 | 44,17 | 18,28 | 1,2 |
| 07Ar | Thbc | 43,39 | 18,34 | 8,21 | 14,97 | 8,54 | 3,25 | 3,3 | 3,4 |
| 08Ar | Thb | 0 | 0,32 | 1,34 | 8,81 | 54,55 | 30,44 | 4,55 | 1,7 |
| 09Ar | Thc | 0,17 | 0,57 | 1,48 | 9,32 | 26 | 38,63 | 23,82 | 1,3 |
| 10Ar | Thbc | 1,61 | 2,57 | 5,37 | 13,19 | 21,45 | 34,45 | 21,36 | 1,5 |
| 11Ar | Thbc | 22,19 | 15,94 | 7,82 | 16,21 | 18,02 | 11,77 | 8,04 | 2,7 |
| 12Ar | Thb | 0,03 | 0,6 | 0,96 | 11,52 | 39,34 | 31,73 | 15,82 | 1,5 |
| 13Ar | Thb | 0 | 0,06 | 0,13 | 6,27 | 39,69 | 37,99 | 15,86 | 1,4 |
| 14Ar | Thb | 0,1 | 0,17 | 0,4 | 8,81 | 31,76 | 39,95 | 18,82 | 1,3 |
| 15Ar | Ldb | 0 | 0 | 0 | 0,08 | 26,47 | 65,13 | 8,32 | 1,2 |
| 16Ar | Ldb | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,48 | 76,19 | 23,33 | 0,8 |
| 17Ar | Llb | 1,85 | 2,79 | 2 | 14,31 | 32,28 | 32,25 | 14,53 | 1,6 |
| 18Ar | Thb | 0 | 0,21 | 0,45 | 14,96 | 43,74 | 14,18 | 26,46 | 1,5 |
| 19Ar | Thi | 0,04 | 0,29 | 0,7 | 15,45 | 40,37 | 22,13 | 21,03 | 1,5 |
| 20Ar | Thi | 0,04 | 0,16 | 0,48 | 16,97 | 45,15 | 16,73 | 20,47 | 1,6 |
| 21Ar | Thb | 0,03 | 0,16 | 0,36 | 14,16 | 42,68 | 13,67 | 28,94 | 1,4 |
| 22Ar | Thb | 0,04 | 0,44 | 0,88 | 16,83 | 39,58 | 13,13 | 29,11 | 1,5 |
| 23Ar | Thb | 0 | 0,12 | 0,39 | 15,32 | 46,06 | 20,33 | 17,78 | 1,6 |
| 29Ar | Thbc | 15,75 | 10,21 | 7,25 | 18,77 | 20,41 | 21,88 | 5,73 | 2,4 |
| 30Ar | Thb | 0,38 | 9,83 | 9,36 | 20,17 | 10,04 | 36,38 | 13,83 | 2 |
| 31Ar | Thb | 0,12 | 2,64 | 3,87 | 22,25 | 23,55 | 35,7 | 11,87 | 1,8 |
| 32Ar | Thb | 0,04 | 0,96 | 1,37 | 13,96 | 51,44 | 23,48 | 8,74 | 1,8 |
| 33Ar | Thbc | 16,06 | 8,44 | 4,55 | 16,69 | 26,47 | 17,49 | 10,3 | 2,2 |
| 34Ar | Thb | 0,26 | 4,17 | 3,71 | 26,35 | 40,38 | 16,67 | 8,46 | 2,1 |
| 35Ar | Thbc | 37,65 | 15,27 | 7,74 | 12,49 | 12,67 | 8,85 | 5,33 | 2,9 |

Notas:

1. Tipo: L= depósitos litorâneos (Pleistoceno), T= terraços elevados, l= cordão litorâneo, d= paleodunas, h= coberturas horizontalizadas, b= branca, i= impura/amarela, c= com cascalho
2. MF= módulo de finura

Quadro 5.7 - Análises granulométricas e módulo de finura de amostras de areia/cascalho dos terraços elevados de Areia Branca-Aldeia e Poxim, e de depósitos litorâneos

No Quadro 5.7, com os resultados das análises granulométricas, foram calculados os módulos de finura (MF) das areias analisadas. O MF das 19 amostras dos terraços de Areia Branca-Aldeia variou de 1,0 a 3,4, com a maioria das amostras apresentando valores próximos da média de 1,6, o que classifica essas areias como utilizável inferior (medianamente finas), inadequadas para fabricação de concretos.

Em resumo, as areias dos terraços de Areia Branca-Aldeia devem ser consideradas com restrições no uso como agregado miúdo para concreto, considerando sua granulometria medianamente fina, apesar da excelente composição mineralógica e ausência de componentes deletérios. Para concreto, podem compor misturas com outros agregados miúdos de maior MF. Para as aplicações para as quais têm sido comercializadas, não apresentam maiores restrições. Em aplicações mais exigentes, incluindo esmaltes, colorificios para cerâmica e vidros, devem ser selecionadas áreas específicas dos depósitos, com características adequadas ao beneficiamento necessário.

• **Reservas estimadas**

Os terraços arenosos foram delimitados em fotografias aéreas na escala 1:70.000, onde apresentam feições bem características, e devidamente checados em campo. Os resultados foram transferidos para o mapa geológico (anexo) e para o mapa de detalhe da figura 5.3, onde foram somadas as áreas das manchas arenosas individuais, obtendo-se a área total dos terraços arenosos de Areia Branca-Aldeia.

Uma estimativa razoável das reservas disponíveis desses depósitos foi obtida pelo produto da área total dos terraços (32,77 km²) x a espessura média dos depósitos verificada nas frentes de lavra (3 m) x a densidade aparente *in situ* (1,8) x o percentual estimado das reservas disponíveis (70%). O resultado obtido de 124 milhões t é apresentado no quadro 5.1. As reservas de cascalho constituem cerca de 30% das reservas totais.

• **Perspectivas futuras**

Os terraços arenosos de Areia

Branca-Aldeia apresentam grandes reservas remanescentes, excelente localização, facilidade de extração e restrições ambientais contornáveis. Suas areias apresentam boas características químicas e mineralógicas, com restrições para uso como agregado miúdo para concreto, por serem medianamente finas. Seus cascalhos, separada a fração arenosa e devidamente classificados, poderão constituir-se numa alternativa viável de agregado graúdo para concreto. Para os atuais usos (sub-base para estradas, carga para asfalto, aterros industriais, argamassas, em misturas com areias mais grossas do rio Vaza-Barris para concreto pronto, etc.), as areias apresentam características adequadas e excelente competitividade, podendo suas reservas serem aproveitadas por muitos anos, desde que extraídas através de técnicas adequadas de lavra.

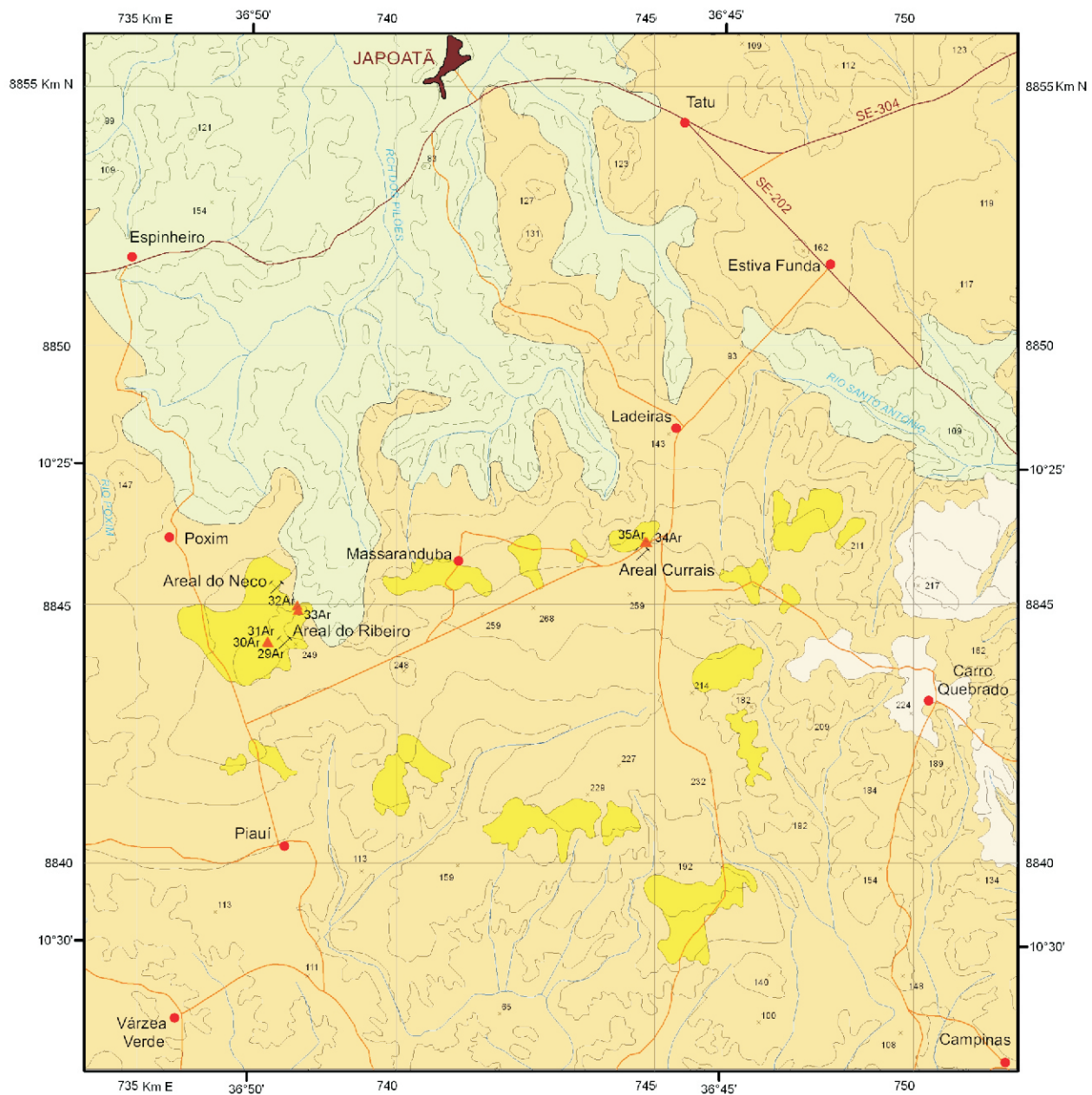
Δ **Domínio Poxim**

• **Localização e domínio geológico**

Os terraços arenosos elevados de Poxim situam-se na região NE do Estado de Sergipe, distribuídos desde as proximidades da localidade de Poxim para leste, até as vizinhanças do povoado Carro Quebrado. Eles aparecem sob a forma de manchas aplainadas de areias, mapeadas no mapa geológico 1:300.000 (**anexo**) e detalhados na figura 5.4.

O acesso aos diversos areais é feito por estradas secundárias de bom tráfego, a partir da rodovia asfaltada SE-304 que liga a BR-101 a Neópolis, em percursos entre 7 a 15 km. As distâncias dos diversos areais até a entrada de Aracaju, na BR-101, variam de 85 a 95 km.

Os terraços de Poxim são aplainados, com cotas superficiais mais elevadas da ordem de 240 a 260 m, acima da superfície do topo do Grupo Barreiras na região. Existem algumas evidências sugerindo que as areias e cascalhos desses depósitos provêm de arenitos grosseiros da Bacia de Sergipe/Alagoas, que constituíam relevo acima da superfície do Grupo Barreiras, à época de sua deposição. As areias e cascalhos seriam o produto da desagregação e deposição coluvionar e/ou flúvio torrencial, nas proxi-



Base cartográfica baseada nas folhas Propriá (SC.24-Z-B-II) e Japarutuba (SC.24-Z-B-V), 1:100.000, do DSG (1994) e da SUDENE (1983).

Geologia compilada de Souza & Santos (1997) e Delgado et al. (2003).



- | CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS | | CONVENÇÕES GEOLÓGICAS | |
|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| | Cidade | | Areias superficiais |
| | Povoado | | Terraços arenosos |
| | Rodovia pavimentada | | Sedimentos do Grupo Barreiras |
| | Rodovia sem pavimentação | | Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas |
| | Hidrografia | | 35 Ar Ponto amostrado de areia |
| | Curva em nível (equidistância de 40m) | | Lavra ativa |
| | Ponto cotado (m) | | |

Figura 5.4 - Terraços arenosos do Domínio Poxim

midades daqueles arenitos.

Os depósitos apresentam estrutura horizontalizada e espessuras que variam de 2 a 6 m, assentados quase sempre num substrato arenoso, possível resíduo dos arenitos fonte. São constituídos por camadas de areia branca, quartzosa, média a grossa, alternadas, em sequências variadas, com horizontes de areia e cascalho. Os detritos, de areia e cascalho, são subarredondados.

A natureza e alternância desses detritos e a proximidade/alinhamento das principais ocorrências de areia com os arenitos basculados subjacentes da Bacia de Sergipe/Alagoas são as principais evidências da sua aventada proveniência e natureza geológica. Entretanto, é incerto afirmar se as areias e os cascalhos estão correlacionados ao fim do ciclo de deposição do Grupo Barreiras, a ele pertencendo, ou a um ciclo mais recente (pós-Grupo Barreiras).

O Quadro 5.5 localiza e nomeia as frentes produtivas visitadas e amostradas, resumindo algumas de suas características de qualidade.

• **Produção atual: processo produtivo, destinação e preços**

As frentes de extração de areia e cascalho na região de Poxim são muito dispersas, operadas sem um planejamento adequado, resultando numa lavra desorganizada e predatória dos depósitos. Os areais recebem denominações locais (areais do Ribeiro, do Neco, da Viúva, Pau da Gamela, da Massaranduba, Currais, Belo Jardim, etc.), em função dos proprietários ou dos sítios relacionados.

Areia e cascalho eram extraídos de várias frentes de lavra em 2009, tendo sido amostradas 3 delas: areais do Ribeiro, do Neco e Currais (**figura 5.4**), como indicado no quadro 5.5. Em cada areal, a areia e o cascalho são retirados até o fundo da cava com auxílio de pás carregadeiras, que fazem o carregamento das caçambas transportadoras. Com o tempo, abre-se uma cavidade irregular ou em ferradura, com paredes laterais ou frentes de extração apresentando alturas variando de 2 a 6m, a depender da

espessura do depósito.

O areal do Ribeiro, também conhecido como Jazida Indiana, o mais explorado da região, apresenta um amplo terreno com muitas cavas espalhadas, aparentando um depósito em exaustão. A análise do jazimento, entretanto, revela a existência de reservas expressivas de areia grossa, de areia grossa cascalhosa, além de cascalho.

Uma frente de lavra típica mostra uma cava com 2 a 6 m de altura, iniciando, da base para o topo, com uma camada de areias quartzosas grossas, cascalhosa (amostra 29Ar), passando para uma areia grossa (amostra 30Ar), com intercalação de camada de cascalho, recoberta por um pacote de areias mais finas (amostra 31Ar, **foto 5.9**).

O principal produto extraído em 2009 era o cascalho, vendido para concreteiras de Aracaju, transportado por caçambas que aproveitavam o frete de retorno, ao trazerem insumos para a fábrica de cimento localizada em Pacatuba.

A norte do areal do Ribeiro, o areal do Neco apresenta um depósito muito explorado, sem um plano de lavra, de acesso difícil, com uma reserva residual de areia grossa (amostra 32Ar) e areia grossa cascalhosa (amostra 33Ar).

Mais para leste, no areal Currais, a extração ocorre em um platô com uma camada de areia com espessura de 2 a 3 m, onde são abertas cavas seletivas de areia de granulação média, com grãos mais grossos (amostra 34Ar), e de areia cascalhosa (amostra 35Ar, **foto 5.10**).

Areias superficiais de pequena espessura foram delimitadas em torno do povoado Carro Quebrado, sendo de granulação fina, esbranquiçadas, formando depósitos sem perspectiva de aproveitamento econômico.

A produção anual dos areais de Poxim varia muito, em função de demandas ocasionais maiores para aterro e asfalto. Estimou-se, para 2009, uma extração da ordem de 200 mil t, com cerca de 60% de areia e 40% de cascalho. Esse material foi



Foto 5.9 - Areias quartzosas com intercalação de camada de cascalho. Cava no areal do Ribeiro, município de Japoatã. Domínio Poxim.



Foto 5.10 - Atividade de extração de areia no areal Currais, município de Japoatã. Domínio Poxim.

destinado para asfalto (em mistura com pó de brita), como aterro e cascalho para pátios industriais e estradas (superfície e sub-base de asfalto), como agregado miúdo para concreto e como agregado para argamassas de construção. Os preços de venda no areal foram da ordem de R\$ 4,00/t para areia e R\$ 8,00/t para cascalho, com fretes médios de R\$ 0,20/t / km de ida, que resulta num valor aproximado de R\$ 18,00/t para transporte até Aracaju.

• **Qualidade**

No quadro 5.5 são identificadas e localizadas as amostras dos depósitos dos terraços arenosos de Poxim, com um sumário dos resultados indicativos de qualidade. O quadro 5.6 apresenta os resultados das análises químicas, com o cálculo estimativo da composição mineral resultante, enquanto no quadro 5.7, a partir das análises granulométricas são calculados os módulos de finura (MF).

As areias dos terraços de Poxim apresentam, em geral, coloração branca, granulometria média a grossa, com grãos angulosos a subarredondados, com intercalações frequentes de camadas de cascalho, com seixos subangulosos a arredondados, e blocos medindo até 20 cm. Areia e cascalho apresentam total predominância de grãos e seixos de quartzo, por vezes com algumas impregnações ferruginosas e tonalidade amarelada.

A partir das análises químicas e considerando a natureza geológica dos depósitos de terraços, são estimadas as prováveis composições mineralógicas dos materiais analisados (**quadro 5.6**). Os insignificantes teores de Al_2O_3 e álcalis são indicativos da quase ausência de argilo-minerais. As impurezas (outros minerais) são representadas por hidróxidos de Fe. Os altos teores de SiO_2 denunciam a quase total predominância de quartzo (acima de 98%). A presença de sais solúveis (cloretos e sulfatos) está bem abaixo dos limites toleráveis para concreto. Sob o ponto de vista químico e mineralógico, as areias de terraços analisadas são de excelente qualidade para o preparo de concretos hidráulicos, argamassas para construção, carga para asfalto, aterros e sub-bases para asfalto.

No quadro 5.7, a partir das análises granulométricas, o módulo de finura (MF) das 7 amostras dos terraços de Poxim variou de 1,8 a 2,9, com média de 2,2, o que classifica essas areias como ótimas para fabricação de concretos.

Em resumo, as areias dos terraços de Poxim devem ser consideradas de muito boa qualidade para uso como agregado miúdo para concreto, considerando sua ótima granulometria, excelente composição mineralógica e ausência de componentes deletérios. Além de concreto, são também recomendadas para as demais aplicações para as quais têm sido comercializadas. Não são recomendadas para vidros e esmaltes cerâmicos devido à granulometria mais grossa.

• **Reservas estimadas**

Os terraços arenosos de Poxim foram delimitados em fotografias aéreas na escala 1:70.000, onde apresentam feições bem características, e checados com verificações de campo. Os resultados foram transferidos para o mapa geológico (**anexo**) e para o mapa de detalhe da figura 5.4, onde foram somadas as áreas das manchas arenosas individuais, obtendo-se a área total dos terraços arenosos.

Uma estimativa das reservas disponíveis de agregados desses depósitos foi obtida pelo produto da área total dos terraços ($13,54 \text{ km}^2$) x espessura média dos depósitos verificada nas frentes de lavra (4 m) x densidade aparente *in situ* ($1,8 \text{ t/m}^3$) x percentual estimado das reservas ainda disponíveis (70%). O resultado obtido de 68 milhões t é apresentado no quadro 5.1. As reservas de cascalho constituem cerca de 40% das reservas totais.

• **Perspectivas futuras**

Os terraços arenosos de Poxim apresentam, ainda, razoáveis reservas remanescentes, facilidades de extração, restrições ambientais contornáveis, com alguma desvantagem competitiva imposta pela maior distância para a RMA. Suas areias apresentam boas características químicas e mineralógicas, sem restrições para uso como agregado miúdo para concreto, além das

outras aplicações a que tem se destinado. Seus cascalhos, separada a fração arenosa e devidamente classificados, poderão constituir-se numa alternativa viável de agregado graúdo para concreto. Um planejamento de lavra ampliaria a vida útil desses depósitos, reduzindo os impactos ambientais decorrentes.

5.3.3 Depósitos litorâneos (cordões e paleodunas)

Os cordões litorâneos constituem discretas elevações alongadas, paralelas, intercaladas com faixas alagadiças mais baixas, enquanto as paleodunas são reconhecidas pelo distanciamento e paralelismo com a atual linha da costa, com cotas relativamente mais elevadas (cotas de 10 a 20 m).

• **Localização e domínio geológico**

Os cordões litorâneos são bem representados nas proximidades da cidade de Aracaju (520.000 habitantes), a norte, na Ilha Santa Luzia, e, a sul, desde os limites da cidade até Abais. As paleodunas aparecem em destaque numa extensão aproximada de 15 km, paralelas e afastadas cerca de 5 km do litoral, na região de Abais, a pouco mais de 35 km de Aracaju. A localização dessas unidades pode ser vista no mapa geológico na escala 1:300.000 (**anexo**).

As areias dos cordões formam depósitos praianos de um mar em regressão, em geral constituídos por areias finas, arredondadas e salinas, de idade recente. Nas paleodunas as areias possuem uma granulometria fina, subarredondada a arredondada e bem selecionada, e apresentam estratificações cruzadas características, sendo formações mais antigas, do Pleistoceno (**fotos 5.11 e 5.12**).

• **Produção atual: processo produtivo, destinação e preços**

As areias dos cordões litorâneos e paleodunas são ainda retiradas para aterros e preparo de argamassas de construção, de maneira informal e predatória, apesar das restrições legais e ambientais. As retiradas são feitas de forma descontínua, com uso de

processos rudimentares ou manuais, para usos próximos aos depósitos (amostra 15Ar, **mapa geológico 1:300.000, anexo**). Os baixos preços praticados e o pequeno transporte favorecem a atividade clandestina. Essas extrações têm dado origem a cavas abandonadas, usadas para aterros sanitários improvisados, observadas em alguns pontos da Ilha Santa Luzia (**Foto 5.13**) e para criação de camarões.

Na faixa litorânea, o areal Abais, ao retirar areia de cordões litorâneos empregando uma draga de sucção próxima a uma duna, provoca o desmonte das areias finas eólicas (amostra 16Ar) para a área inundada, produzindo uma polpa arenosa mais grossa, lavada (amostra 17Ar).

• **Qualidade**

As areias dos cordões litorâneos e paleodunas são finas e impróprias para concreto. No quadro 5.5 são identificadas e localizadas 3 amostras retiradas dos depósitos de paleodunas da região de Abais, enquanto no quadro 5.6 são apresentados os resultados das análises químicas, com o cálculo estimativo da composição mineral. No quadro 5.7 aparecem os resultados das análises granulométricas, com o cálculo do módulo de finura (MF).

As areias das paleodunas apresentam coloração amarelada a alva, granulometria fina, com grãos arredondados e predominância quase total de quartzo. No Quadro 5.6, a partir das análises químicas e considerando a natureza geológica dos depósitos, são estimadas as prováveis composições mineralógicas dos materiais analisados. Os insignificantes teores de Al_2O_3 e álcalis são indicativos da quase ausência de argilominerais. As impurezas (outros minerais) são representadas por algum hidróxido de Fe. Os altos teores de SiO_2 denunciam a predominância de quartzo (acima de 98%). A presença de sais solúveis (cloretos e sulfatos) está bem abaixo dos limites toleráveis para concreto. Sob o ponto de vista químico e mineralógico, as areias analisadas são de boa qualidade. O MF das 3 amostras de paleodunas variou de 0,8 a 1,6, com média de 1,2, o que classifica essas areias como muito finas para concretos.

- **Reservas estimadas**

As reservas provenientes dos cordões litorâneos, esparsas em área e com reduzida altura aproveitável, não foram avaliadas, sendo consideradas marginais. As reservas das paleodunas, considerando uma extensão de 15 km, largura de 150 m, altura maior de 10 m, seção transversal triangular e densidade aparente *in situ* de 1,7, se aproximam de 20 milhões de toneladas.

- **Perspectivas futuras**

As fortes restrições ambientais não abrem perspectivas futuras para o aproveitamento das areias litorâneas (cordões e paleodunas), mesmo considerando sua qualificação para argamassas e aterros, a proximidade do centro consumidor e as relativamente apreciáveis reservas. Esses depósitos, por comporem a paisagem do litoral sergipano, de forte vocação turística e de lazer, devem ser preservados.



Foto 5.11 - Lavra informal em paleoduna da região de Abais, município de Estância.

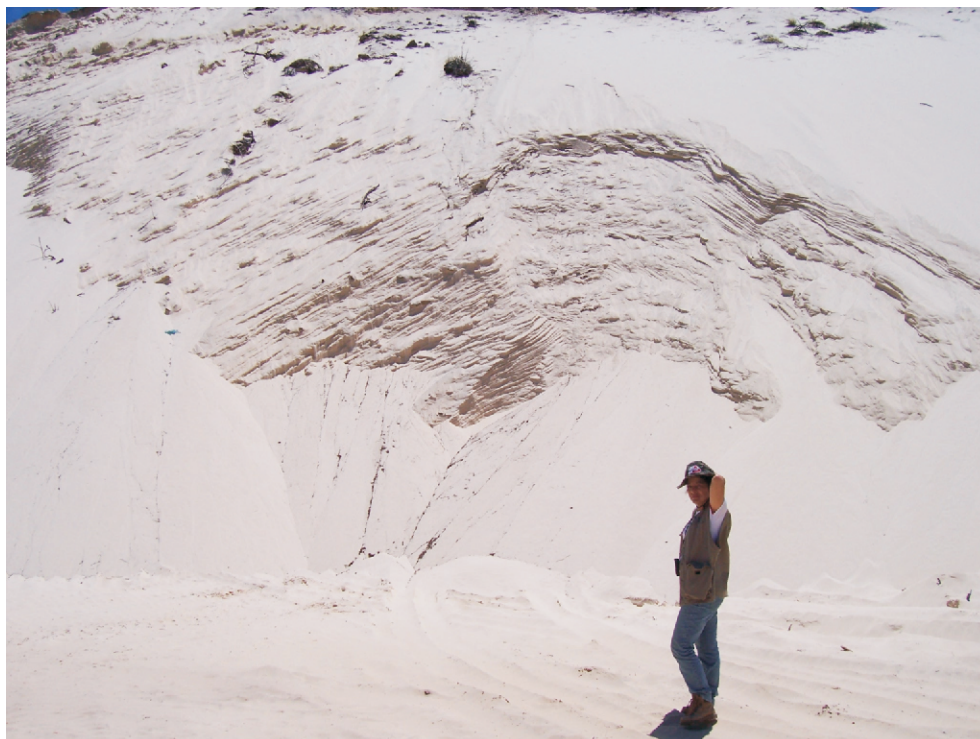


Foto 5.12 - Corte em paleoduna da região de Abais, mostrando estratificação, no município de Estância.



Foto 5.13 - Cava abandonada utilizada como aterro sanitário improvisado na Ilha Santa Luzia, município de Barra dos Coqueiros.

6 - Arenoso

6.1 Conceito, aplicações e especificações

Arenoso, agregado ou terra para argamassa, terra para reboco, dentre outras denominações, são designações regionais para misturas, naturais ou preparadas, de material composto predominantemente por areia, com proporções menores de argila. Esse agregado é utilizado no preparo de argamassas de cimento para assentamento de tijolos/blocos, revestimento de paredes, tetos e pisos, entre as aplicações mais frequentes.

Na RMA utiliza-se como arenoso um agregado areno-argiloso natural, de composição e granulometria variadas, em sua grande maioria proveniente dos sedimentos do Grupo Barreiras, abundantes e bastante diversificados nas proximidades da capital. Eventualmente, para atender a determinadas necessidades, o agregado é preparado com a adição de areia a algum outro material argiloso natural disponível, em proporções convenientes, para diminuir o percentual de argila (diminuindo o efeito ligante ou pega). Usualmente, não são levadas em conta especificações formais do arenoso para o preparo de argamassas.

A cultura local, disponibilidade desse agregado e preços determinam o melhor material a ser usado, considerando a granulometria e presença de argila que sejam mais adequadas para cada aplicação específica, além da avaliação da presença deletéria de sais solúveis e matéria orgânica. Como exemplos, revestimentos finais de parede exigem material mais fino (geralmente peneirado), tetos requerem material mais argiloso (melhor pega), contrapisos e assentamentos podem usar material mais grosseiro e com mais areia, etc.

6.2 Metodologia

Para atender os objetivos do projeto foram desenvolvidas as seguintes atividades, com relação ao arenoso:

a) diagnóstico da produção atual de arenoso para a RMA através de consulta à CODISE, entrevistas com alguns dos produtores mais experientes e visita às fren-

tes de lavra;

b) análise do potencial geológico regional, reservas e qualidade do arenoso, considerando as fontes produtoras atuais e alternativas para o futuro;

c) amostragem em superfície e em frentes de lavra para realização de análises químicas, de modo a caracterizar melhor alguns tipos de arenoso; os ensaios foram realizados na SGS Geosol Laboratórios Ltda., em Vespasiano, MG;

d) perspectivas futuras de abastecimento.

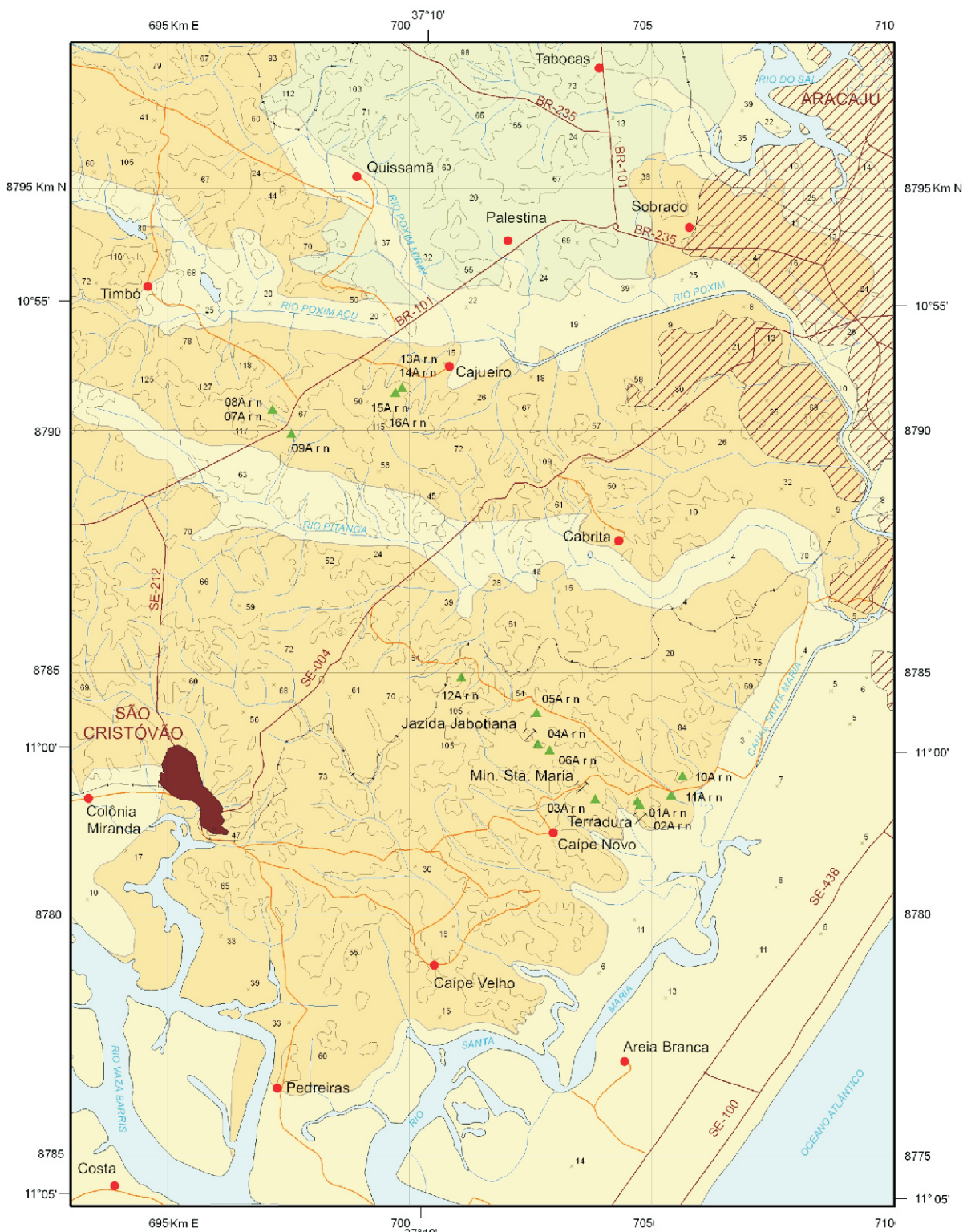
6.3 Principais depósitos minerais

• *Localização e domínio geológico*

O mapa geológico 1:300.000 (**anexo**) mostra a ampla distribuição dos sedimentos do Grupo Barreiras margeando, por cerca de 30 a 40 km, ou mais, de largura, todo o litoral de Sergipe, constituindo altiplanos com cotas maiores entre 150 e 200 m, limitados por bordas franjadas de dissecação. Esse espesso pacote sedimentar é constituído essencialmente por sequências de camadas argilosas, areno-argilosas e de cascalho, de granulometria e composição variadas, que suprem o mercado de arenoso em todas as suas necessidades.

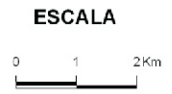
Os principais depósitos atualmente em produção na RMA situam-se a sudoeste de Aracaju, área de Terradura, a meia distância para São Cristovão, e a oeste, na área de Cajueiro, junto à BR-101, como detalha a figura 6.1. Essas lavras são determinadas pela proximidade da capital, em terrenos ainda com baixa ocupação antrópica.

Os sedimentos terrígenos do Grupo Barreiras são constituídos por camadas horizontalizadas, de espessuras variadas e individualmente pouco espessas (até 6m), de constituição argilosa, areno-argilosa e areno-argilosa cascalhosa, com granulometria variada e grãos/seixos subarredondados, material geralmente inconsolidado e de coloração variegada (amarelada, vermelha a



Base cartográfica baseada nas folhas Aracaju (SC.24-Z-B-IV) e Estância (SC.24-Z-D-I), 1:100.000, da SUDENE (1974).

Geologia compilada de Souza & Santos (1997) e Delgado et al. (2003).



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Capital
- Cidade
- Povoado
- Rodovia pavimentada
- Rodovia sem pavimentação
- Estrada de Ferro
- Curva em nível (equidistância de 40m)
- Lagoa
- Hidrografia
- Ponto cotado (m)

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Depósitos aluvionares, de pântanos e mangues atuais, eólicos litorâneos, terraços marinhos e flúvio-lagunares
- Sedimentos do Grupo Barreiras
- Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas
- 03A r n Ponto amostrado de arenoso
- Lavra ativa

Figura 6.1 - Depósitos de arenosos amostrados na Região Metropolitana de Aracaju

castanho).

Constituem a mais importante fonte de arenoso para a RMA pela sua vantajosa proximidade, facilidade de extração e grande variedade de composição e granulometria, permitindo escolhas para as diversas finalidades de uso. Geomorfologicamente, são terrenos encimados por uma superfície aplainada, ligeiramente inclinada em direção ao litoral (onde as cotas são da ordem de 100 m), entrecortada por encostas de dissecação de forte gradiente, onde são expostas suas diversas camadas e onde preferencialmente localizam-se as frentes produtivas de arenoso.

Outros depósitos de arenoso são lavrados nos morros que margeiam a estrada que liga a BR-101, a norte de Estância, à praia de Abais, formados por sedimentos do Grupo Barreiras, mostrados no mapa geológico 1:300.000, anexo. Localizados a distâncias acima de 40 km de Aracaju, essas lavras melhoraram sua vantagem competitiva para abastecimento da RMA após a construção da ponte Joel Silveira, sobre o rio Vaza-Barris, que possibilitou o acesso mais rápido à capital pela rodovia litorânea SE-100.

• **Produção atual: processo produtivo, destinação e preços**

O arenoso é retirado de encostas após a remoção da cobertura superficial, com auxílio de retroescavadeiras e pás carregadeiras, que também fazem o carregamento das caçambas de transporte, formando-se bancadas (em geral uma ou duas), com alturas individuais de até 6 a 8 m nas frentes mais desenvolvidas. Em alguns jazimentos, a extração e carregamento são feitos manualmente.

Num mesmo local é comum a abertura de várias frentes, em cotas diversas, como alternativa na busca de materiais de natureza diversa, incluindo arenoso fino e arenoso grosso, com mais ou menos argila, para argamassas de construção, e arenoso com cascalho para aterros, pisos de estradas e sub-base de asfalto.

Na área de Terradura (**figura 6.1**), nas vizinhanças do aterro sanitário de Aracaju, os sedimentos arenosos do Grupo

Barreiras são lavrados informalmente em cortes com aproximadamente 6 m de altura (amostras 01Arn e 02Arn), em um ambiente muito insalubre.

Para oeste, a mineração Santa Maria, tendo iniciado recentemente suas operações, apresenta uma extração organizada, com frentes de lavra com 4 a 5 m de altura, retirando um arenoso rico em óxido de ferro (amostra 03Arn).

Na mineração Jabotiana, a mais representativa da área, são lavrados materiais para diversos fins, inclusive para a indústria cerâmica, sendo comercializados, dentre outros, areias cascalhosas (amostra 04Arn), arenosos ricos em argila (amostra 05Arn) e siltes argilosos (amostra 06Arn). Com cavas distribuídas numa área medindo aproximadamente 500 m x 400 m, apresenta uma mineração bem organizada, com bom aproveitamento dos diversos insumos geológicos (**fotos 6.1 e 6.2**).

A área de Cajueiro é dominada por morros esculpidos nos sedimentos do Grupo Barreiras (**foto 6.3**), apresentando frentes de lavra com alturas de 10 até mais de 20 m, temporariamente paralisadas por ocasião deste levantamento devido às fortes chuvas que alagaram as cavas e estragaram as estradas de acesso. São sequências bem estratificadas, com camadas métricas arenos-argilosas, horizontalizadas, alternando-se com camadas arenosas cascalhosas, de cores variegadas em torno do laranja avermelhado, com cascalhos na base da sequência (**fotos 6.4, 6.5 e 6.6**). Foram analisados arenosos cascalhosos (amostra 13Arn), arenosos alaranjados, ferruginosos (amostra 14Arn), arenoso rosado grosseiro (amostra 15Arn) e um argiloso pintalgado, rosa-cinza (amostra 16Arn).

Diversas extrações de arenoso foram ainda visitadas na estrada que liga a BR-101 à praia de Abais, a exemplo dos depósitos da empresa Pizarreira e Areal Bela Vista e das jazidas Raymundo, Mariano e Abais (**mapa geológico 1:300.000, anexo**), quase todo consumido na região de Estância.

No areal Bela Vista as cavas têm dimensões em torno de 200 m x 100 m, 150 m x 100 m e 80 m x 80 m, dentre outras. Nelas



Foto 6.1 - Frente de lavra de arenoso da Jazida Jabotiana, Terradura, município de Aracaju.



Foto 6.2 - Resto de topo aplainado de arenoso da Jazida Jabotiana, Terradura, município de Aracaju.



Foto 6.3 - Topografia típica dos depósitos de arenoso da jazida de Cajueiro, município de Aracaju.



Foto 6.4 - Camadas horizontais de arenoso da frente de lavra do depósito de Cajueiro, município de Aracaju.



Foto 6.5 - Vista geral dos depósitos de arenoso e cascalho nas margens da BR-101, município de São Cristovão.



Foto 6.6 - Camada cascalhosa da sequência sedimentar do Grupo Barreiras, nas margens da BR-101, município de São Cristovão.

são observadas camadas de areias cascalhosas na base, com 1 a 2 m de espessura (amostra 17Arn), capeadas por sequências areno-argilosas de 8 a 10 m de espessura, de coloração creme-cinza (amostra 18Arn, **foto 6.7**). Essas cavas encontram-se em uma superfície elevada, cerca de 30 m acima do nível de base da drenagem local (**foto 6.8**). Cerca de 700m a oeste, foram observadas camadas de areias quartzosas finas, esbranquiçadas, um pouco argilosas, com espessuras de 1 a 2 m (amostra 19Arn), com extrações laterais de areias finas, amareladas, um pouco mais argilosas (amostra 20Arn).

Na jazida Raymundo verificam-se cavas espalhadas num terreno medindo cerca de 400 m x 400 m, com sítios de onde se extraem através de lavra manual cascalhos, arenosos e areias quartzosas de granulção fina, com pequeno percentual de argila e coloração creme (amostra 21Arn).

Morros formados pelos sedimentos do Grupo Barreiras, com inúmeras frentes de serviço exploradas através de lavras rudimentares, constituem a jazida Mariano. O material mais comercializado em 2009 foi uma areia creme, pouco argilosa (amostra 22Arn), utilizada em argamassas, e um cascalho rico em argila, localmente chamado "granito" (amostra 23Arn), usado na pavimentação de estradas.

A jazida Abais, com extração paralisada há vários anos, apresenta uma ampla área de ocorrência de materiais diversificados, como areia de granulção fina, pouco argilosa, arenosos de composição variada, além de materiais de aterro e cascalheiras abundantes. A estrada de acesso estava sendo recuperada para reinício da lavra.

Estimou-se para as frentes de lavra próximas à RMA uma produção anual de arenoso de aproximadamente 600 mil t (2009), vendida a um preço médio de R\$ 4,00/t nas áreas de produção, mais um frete da ordem de R\$ 3,00/t destinado à capital (distância média de 12 km).

• **Qualidade**

No quadro 6.1 são identificadas e localizadas as amostras dos depósitos de arenoso visitados, com um sumário de suas

composições mineralógicas. No quadro 6.2 são apresentados os resultados das análises químicas, com o cálculo estimativo da composição mineral. As análises químicas referem-se aos arenosos não cascalhosos. Não foram feitas análises granulométricas dos arenosos. Estima-se que nas camadas cascalhosas, com 2 a 3 m de espessura, os seixos (medindo até 5 a 10 cm) constituam 40% da massa. As camadas cascalhosas não excedem, em geral, mais do que 10 a 15% do perfil das sequências sedimentares do Grupo Barreiras.

No quadro 6.2, a partir das análises químicas e considerando a natureza geológica dos sedimentos do Grupo Barreiras, são estimadas as prováveis composições mineralógicas dos materiais analisados. Os significativos teores de Al₂O₃ e alguma presença de álcalis são indicativos da presença de argilominerais. As impurezas (outros minerais) são representadas por hidróxidos de Fe. Os altos teores de SiO₂ denunciam a forte dominância de quartzo. A presença de sais solúveis (cloretos e sulfatos) está bem abaixo dos limites toleráveis. Sob o ponto de vista químico e mineralógico, as amostras de arenoso analisadas mostram grande variação na proporção argila/areia, como é desejável, com variações de 6 a 44% de argila (média de 19%), para os depósitos próximos de Aracaju.

As amostras de arenoso da área compreendida entre a BR-101 e a praia de Abais apresentam uma constituição mais arenosa, com cerca de 2 a 21% de argila, com média de 10% (**quadro 6.1**).

Em resumo, os arenosos das camadas do Grupo Barreiras, produzidos nas proximidades da RMA e de Estância, são de muito boa qualidade para uso como agregado para argamassas de cimento, em suas variadas necessidades, para sub-base de estradas asfaltadas, para encascalhamento de estradas e material de aterro em geral.

• **Reservas estimadas**

As reservas de arenoso do Grupo Barreiras são muito grandes e extensas. Considerando apenas as áreas onde os arenosos são lavrados em maior escala nas proximidades da RMA, é possível reservar



Foto 6.7 - Frente de lavra da empresa Pizarreira e Areal Bela Vista mostrando sedimentos areno-argilosos sobrepostos a areias cascalhosas, município de Estância.



Foto 6.8 - Superfície elevada das áreas de extração da empresa Pizarreira e Areal Bela Vista.

| Amostra | | Localização UTM | | | Descrição | % mineral calculada | | |
|--|------|-----------------|---------------|----------|---|---------------------|-----------|----------|
| Nº | Tipo | Latitude (m) | Longitude (m) | Cota (m) | | argila | quartzo | outros |
| 01Arn | Na | 8.782.498 | 704.763 | 38 | Terradura, amarelado, cava informal | 6 | 90 | 4 |
| 02Arn | Na | 8.782.378 | 704.994 | 37 | Terradura, alaranjado, cava informal | 27 | 68 | 5 |
| 03Arn | Nac | 8.782.400 | 703.830 | 50 | Terradura, Min. Sta Maria, ferruginoso | 23 | 70 | 7 |
| 04Arn | Nac | 8.783.606 | 702.531 | 69 | Terradura, jaz. Jabotiana, arenoso/cascalho | 8 | 90 | 2 |
| 05Arn | Nag | 8.784.178 | 702.638 | 48 | Terradura, jaz. Jabotiana, argila variegada | 51 | 37 | 12 |
| 06Arn | Na | 8.783.522 | 702.637 | 75 | Terradura, jaz. Jabotiana, silte argiloso | 21 | 76 | 3 |
| 07Arn | Nac | 8.790.552 | 697.259 | 79 | BR101, cascalheira e arenoso | 15 | 82 | 3 |
| 08Arn | Nac | 8.790.552 | 697.259 | 79 | BR101, cascalheira e arenoso | 14 | 83 | 3 |
| 09Arn | Nac | 8.790.050 | 697.290 | 67 | BR101, cascalheira e arenoso | 13 | 85 | 2 |
| 10Arn | Nag | 8.782.876 | 705.652 | 41 | Terradura, castanho ferruginoso | 35 | 59 | 6 |
| 11Arn | Na | 8.782.680 | 705.040 | 24 | Terradura, arenoso variegado | 14 | 84 | 2 |
| 12Arn | Na | 8.785.086 | 700.829 | 26 | Terradura, castanho com cascalho | 14 | 83 | 3 |
| 13Arn | Nac | 8.790.850 | 699.781 | 30 | Cajueiro, arenoso/cascalho amarelado | 4 | 94 | 2 |
| 14Arn | Na | 8.790.850 | 699.781 | 33 | Cajueiro, amarelado, ferruginoso | 8 | 87 | 5 |
| 15Arn | Na | 8.790.804 | 699.690 | 34 | Cajueiro, rosado, grosso | 5 | 93 | 2 |
| 16Arn | Nag | 8.790.804 | 699.690 | 36 | Cajueiro, argiloso, pintalgado rosa-cinza | 44 | 49 | 7 |
| Região Metropolitana de Aracaju | | | | | Médias | 19 | 77 | 4 |
| 17Arn | Nec | 8.763.380 | 675.477 | 110 | Areal Bela Vista, com cascalho, na base | 13 | 84 | 3 |
| 18Arn | Nec | 8.763.380 | 675.477 | 112 | Areal Bela Vista, areno-argiloso, no topo | 21 | 76 | 3 |
| 19Arn | Ne | 8.763.032 | 675.563 | 107 | Areal Bela Vista, pouco argiloso, fino | 2 | 95 | 2 |
| 20Arn | Ne | 8.763.070 | 675.460 | 108 | Areal Bela Vista, areno-argiloso, fino | 21 | 76 | 3 |
| 21Arn | Ne | 8.760.200 | 682.516 | 15 | Jaz. Raymundo, com pouca argila, creme | 2 | 96 | 2 |
| 22Arn | Ne | 8.760.630 | 685.238 | 36 | Jaz. Mariano, com pouca argila, creme | 1 | 97 | 2 |
| 23Arn | Nec | 8.760.584 | 685.127 | 47 | Jaz. Mariano, argila e cascalho | 10 | 88 | 2 |
| Região de Estância - Abais | | | | | Médias | 10 | 87 | 2 |

Notas:

1. Tipo: Na= arenosos da RM de Aracaju; Ne= arenosos da região de Estância-Abais; c= com cascalho, g= mais argiloso
2. Cálculos: % mineral calculada na fração <4,8mm, pela análise química;
% de argila = $\% \text{Al}_2\text{O}_3 \times 100 / 39,5$; % quartzo = $\% \text{SiO}_2 - \% \text{argila} \times 0,466$;
% outros = $100 - (\% \text{argila} + \% \text{quartzo})$

Quadro 6.1 - Identificação, localização, descrição e composição mineral aproximada de arenosos do Grupo Barreiras

uma área mínima de 4 km² para uma lavra planejada, garantindo uma reserva potencial da ordem de 40 milhões t (4 milhões m² x 10 m de altura lavrável x 2,0 de densidade aparente *in situ* x 50% de aproveitamento), suficiente para garantir o suprimento local por cerca de 66 anos. Estima-se que cerca de 15% dessa

reserva seja constituída de arenoso cascalhoso.

• **Perspectivas futuras**

O abastecimento de arenoso para a RMA poderá ser feito, de forma satisfatória e

| Amostra | | | Resultados em % | | | | | | | % mineral calculada | | |
|---------|------|----------------|-----------------|-------|-------|------|------|------|------|---------------------|---------|--------|
| Nº | Tipo | Localização | SiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | TiO2 | Na2O | K2O | PF | argila | quartzo | outros |
| 01Arn | Na | Terradura | 93,1 | 2,33 | 3,43 | 0,17 | 0,6 | 0,47 | -0 | 6 | 90 | 4 |
| 02Arn | Na | Terradura | 80,3 | 10,6 | 3,9 | 0,69 | <0.1 | 0,15 | 4,47 | 27 | 68 | 5 |
| 03Arn | Nac | Terradura | 80,2 | 9,28 | 5,4 | 0,41 | <0.1 | 0,13 | 4,35 | 23 | 70 | 7 |
| 04Arn | Nac | Terradura | 93,7 | 3,23 | 1,91 | 0,21 | <0.1 | 0,08 | 1,51 | 8 | 90 | 2 |
| 05Arn | Nag | Terradura | 60,3 | 20,1 | 7,54 | 0,95 | <0.1 | 1,07 | 8,01 | 51 | 37 | 12 |
| 06Arn | Na | Terradura | 86,1 | 8,2 | 1,44 | 0,62 | <0.1 | 0,24 | 3,04 | 21 | 76 | 3 |
| 07Arn | Nac | BR-101 | 89 | 5,96 | 2,47 | 0,25 | <0.1 | 0,17 | 2,35 | 15 | 82 | 3 |
| 08Arn | Nac | BR-101 | 89,8 | 5,68 | 1,22 | 0,19 | <0.1 | 0,16 | 2,21 | 14 | 83 | 3 |
| 09Arn | Nac | BR-101 | 90,6 | 5,03 | 1,17 | 0,17 | <0.1 | 0,12 | 2,1 | 13 | 85 | 2 |
| 10Arn | Nag | Terradura | 74,7 | 14 | 3,53 | 0,87 | <0.1 | 0,2 | 5,74 | 35 | 59 | 6 |
| 11Arn | Na | Terradura | 90,6 | 5,68 | 1,11 | 0,12 | <0.1 | 0,08 | 2,02 | 14 | 84 | 2 |
| 12Arn | Na | Terradura | 89,1 | 5,61 | 2,27 | 0,48 | <0.1 | 0,19 | 2,22 | 14 | 83 | 3 |
| 13Arn | Nac | Cajueiro | 95,8 | 1,43 | 1,64 | 0,11 | <0.1 | 0,06 | 0,48 | 4 | 94 | 2 |
| 14Arn | Na | Cajueiro | 90,8 | 3,31 | 3,06 | 0,13 | <0.1 | 0,11 | 1,74 | 8 | 87 | 5 |
| 15Arn | Na | Cajueiro | 96 | 2,05 | 1,08 | 0,11 | <0.1 | 0,05 | 0,73 | 5 | 93 | 2 |
| 16Arn | Nag | Cajueiro | 69,2 | 17,5 | 3,52 | 1 | <0.1 | 1,25 | 6,39 | 44 | 49 | 7 |
| 17Arn | Nec | Abais-Estância | 90,7 | 4,59 | 1,3 | 0,26 | <0,1 | 0,06 | 2,17 | 13 | 84 | 3 |
| 18Arn | Nec | Abais-Estância | 87,1 | 7,64 | 1,33 | 0,55 | <0,1 | 0,05 | 3,94 | 21 | 76 | 3 |
| 19Arn | Ne | Abais-Estância | 97 | 0,56 | 1,36 | 0,38 | <0,1 | 0,01 | 0,4 | 2 | 95 | 2 |
| 20Arn | Ne | Abais-Estância | 88 | 7,26 | 1,59 | 0,85 | <0,1 | 0,03 | 3,43 | 21 | 76 | 3 |
| 21Arn | Ne | Abais-Estância | 98,4 | 0,61 | 1,04 | 0,19 | <0.1 | 0,02 | 0,11 | 2 | 96 | 2 |
| 22arn | Ne | Abais-Estância | 99,8 | 0,32 | 0,87 | 0,17 | <0.1 | 0,01 | 0,1 | 1 | 97 | 2 |
| 23Arn | Nec | Abais-Estância | 94 | 3,81 | 1,45 | 0,17 | <0.1 | 0,04 | 1,52 | 10 | 88 | 2 |

Notas:

1. Tipo: Na= arenoso da RM de Aracaju; Ne= arenoso da região de Estância-Abais; c= com cascalho, g= mais argiloso
2. Cálculos: % mineral calculada na fração <4,8mm, pela análise química;
% argila = % Al₂O₃/39,5; % quartzo = % SiO₂ - % argila x 0,466;
% outros = 100 - (% argila + quartzo)
3. PF = perda ao fogo (1.000°C)
4. Outros minerais (2 a 12%) são representados por óxidos e hidróxidos de ferro.

Quadro 6.2 - Análise química e composição mineralógica aproximada de arenosos do Grupo Barreiras

sustentável, a partir das camadas sedimentares do Grupo Barreiras, em áreas preservadas para essa finalidade, extensão das atuais áreas de produção regularizadas. Dentre as vantagens competitivas dessa

seleção podem ser citadas as grandes reservas ainda disponíveis, a boa qualidade e diversidade dos materiais, fácil extração, restrições ambientais contornáveis, baixa ocupação do solo e pequenas distâncias ao

mercado consumidor, nas lavras existentes na RMA e, a maiores distâncias, nos depósitos de Estância – Abais. Nesses espaços haveria a recuperação adequada das áreas

integralmente lavradas, com nova configuração topográfica e ambiental, visando o seu aproveitamento futuro para outros usos.

7 - Argila para Cerâmica Vermelha

7.1 Conceito, aplicações e especificações

• **Conceito**

Entre os derivados da indústria cerâmica para a construção civil, merecem destaque alguns produtos da chamada cerâmica vermelha, além dos revestimentos cerâmicos, produtos sanitários, vidro e cimento. Na cerâmica vermelha destacam-se os tijolos, blocos perfurados, lajotas para lajes pré-fabricadas e telhas, além do uso, em menor escala, dos chamados blocos estruturais, agregados leves e produtos vazados.

Blocos perfurados e telhas são utilizados em grandes volumes na construção civil, estimando-se um consumo nacional médio de 400 peças (1t) *per capita*/ano, enquanto os revestimentos cerâmicos são consumidos numa média de 3,5 m² (70kg) *per capita*/ano. Além da sua importância para a economia como um todo, por ser fundamental na indústria da construção civil, a cerâmica vermelha tem forte significado social por empregar muito (incluindo significativos contingentes da população menos escolarizada) e por fornecer produtos essenciais para as moradias populares.

Neste trabalho as cerâmicas de blocos foram classificadas de acordo com a sua produção anual de peças: de porte grande (acima de 24 milhões de blocos), médio (entre 12 e 24 milhões) e pequeno (abaixo de 12 milhões de blocos).

• **Aplicações**

As argilas são os insumos essenciais para a fabricação da cerâmica vermelha. Esses materiais são relativamente comuns e baratos, diversificados e abundantes na natureza, facilitando a implantação das indústrias próxima aos centros consumidores, reduzindo o preço final dos produtos.

Tecnologicamente, as argilas são insubstituíveis como matéria-prima básica de baixo custo, por tornarem-se plásticas com a adição de água (facilitando a moldagem das peças), oferecerem uma boa resistência mecânica a cru (importante no processo de secagem e manuseio dos moldados até os fornos de queima) e por resultarem em

materiais duros e resistentes após a queima (800 a 950°C). O endurecimento através da queima (sinterização) é devido às transformações químicas entre os componentes minerais da argila, formando-se pequenas quantidades de uma fase líquida/amorfa (vidro), responsável pela cimentação e endurecimento, ao resfriamento, dos componentes sólidos refratários (resistentes às temperaturas de queima).

Em geral, há uma retração das peças moldadas durante a secagem e após a queima. Para o fabrico de peças dentro das especificações padronizadas (principalmente as referentes às dimensões, resistência mecânica e absorção d'água), deve haver um controle de qualidade das argilas utilizadas, além dos cuidados no processo de produção.

• **Especificações**

Nos processos de fabricação é importante considerar:

- a) climatização (descanso) suficiente das pilhas de estoque das argilas;
- b) desagregação e homogeneização suficientes das misturas de alimentação;
- c) adição exata da umidade de conformação;
- d) controle da extrusão (conformação em extrusoras ou marombas) ou da prensagem (algumas vezes usada para telhas);
- e) secagem e manuseio adequados;
- f) queima e resfriamento em temperaturas, tempos e fornos adequados, com boa distribuição do calor pela carga.

As argilas (ou barro) adequadas para a fabricação de tijolos e telhas devem ser uma mistura de argilominerais, grãos de quartzo (silte e areia), hidróxidos de ferro e impurezas diversas (incluindo matéria orgânica, micas, feldspatos, carbonatos, sais solúveis, etc.), numa granulometria bem distribuída e fina, com proporções reduzidas de componentes deletérios (químicos ou minerais).

Os argilominerais são alumino-

silicatos hidratados com estruturas cristalinas em folhas, com deficiência de cargas elétricas e, por isso, com grande afinidade para adsorver moléculas polares (com carga) de água. A capacidade para adsorver água e a plasticidade decorrente dependem da natureza cristalina do argilomineral e variam inversamente com sua granulometria.

A caulinita (alumino-silicato hidratado) é o argilomineral mais comum nas argilas para cerâmica vermelha, sendo utilizados tipos com granulometria variada em função da plasticidade desejada. A caulinita é um componente refratário quando puro (suporta altas temperaturas), podendo ser sinterizada a partir dos 850°C na presença de óxidos fundentes (K₂O, Na₂O, CaO, MgO e Fe₂O₃). A illita (alumino-silicato hidratado de K) é um argilomineral coadjuvante desejável pela presença do fundente K₂O, sendo mais plástica que a caulinita. As esmectitas, vermiculitas e cloritas (com Fe, Mg, Ca e K) são argilominerais expansivos indesejáveis pela alta retração a cru e formação de erupções à queima.

O quartzo sofre apenas transformações da sua forma cristalina às temperaturas usuais de queima, constituindo-se num importante componente da carga refratária nos produtos de cerâmica vermelha. A matéria orgânica, que dá colorido escuro às argilas depositadas em várzeas, é desejável em proporções de até 2%, facilitando a queima e sendo eliminada sob a forma de CO₂.

Entre outras impurezas, é bastante desejável a presença de silicatos de K (sericita e feldspatos, em granulometria fina), pelo suprimento do fundente K₂O, assim como a presença moderada de hidróxidos de Fe, que são fundentes e conferem característico colorido avermelhado aos produtos acabados. Os carbonatos de Ca e, especialmente, de Mg, apesar da natureza fundente de seus óxidos, são admitidos apenas em pequenas proporções, por provocarem erupções à decomposição em temperaturas acima dos 650°C e pela eflorescência (descamamento ao tempo), com a erupção superficial de sais solúveis de Mg (indesejados).

A granulometria mais fina das argilas aumenta a plasticidade (exigindo mais água de conformação), dando maior resistência a cru, mas faz crescer a retração à secagem, provocando rachaduras nas peças cerâmicas. A granulometria mais fina e a presença de óxidos fundentes melhoram a resistência e reduzem a porosidade após a queima.

As massas adequadas para cerâmica vermelha devem apresentar balanceadamente propriedades muitas vezes antagônicas. Em geral, são obtidas pela mistura de argilas de proveniência e natureza diversas, não sendo incomum encontrar misturas naturais adequadas em um único depósito. Para cerâmica vermelha são apropriadas as argilas ou misturas com distribuição granulométrica equitativa nos intervalos <2 milimícrons, entre 2 e 40 e >49 milimícrons, com dominância de caulinita entre os argilominerais, presença substancial de grãos finos de quartzo e hidróxidos de Fe, alguma participação menor de minerais de K (illita, micas e/ou feldspato), reduzida proporção ou ausência de argilas muito plásticas ou expansivas (esmectitas, vermiculitas e cloritas) e de sais solúveis de Mg.

A caracterização de argilas para tijolos e telhas envolve análises químicas, mineralógicas, granulométricas e testes de plasticidade de amostras *in natura*, além de testes tecnológicos em corpos de prova padronizados. As análises químicas dos óxidos mais comuns permitem uma aproximação da composição mineralógica, dispensando o exame através de difratogramas de raios-X. Os testes em corpos de prova incluem a determinação das seguintes propriedades: umidade de conformação para extrusão, retração linear à secagem e resistência à flexão a cru (110°C), retração linear, resistência à flexão, absorção d'água e cor de queima a temperaturas diversas (850, 900 e 950°C).

Como valores de referência de argilas ou misturas adequadas para fabricação de tijolos maciços, blocos furados e telhas, extrudadas ou prensadas, são adotados os valores a seguir:

| | Tijolos | Blocos | Telhas |
|--|---------|--------|--------|
| Resistência à flexão mínima pós secagem a 110°C (Kgf/cm ²) | 15 | 25 | 30 |
| Resistência à flexão mínima pós queima (Kgf/cm ²) | 20 | 55 | 65 |
| Absorção d'água máxima pós queima (%) | - | 25 | 20 |

As características das argilas cerâmicas em seus depósitos mais frequentes na natureza podem ser visualizadas no quadro abaixo.

| Características | | Depósitos | | |
|-------------------------|--|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | Várzea | Fm. sedimentar | Alteração <i>in situ</i> |
| Gerais | Composição/variação | uniforme | uniforme | variável |
| | Granulometria | fina | predomina fina | variável |
| Minerais Dominantes (%) | Caulinita | dominante | presente | em granitoides |
| | Ilita | ocasional | presente | em granitos/filitos |
| | Esmectita | rara | rara (lacustrinos) | em rochas básicas |
| | Quartzo, hidróxidos Fe, outros | variam | variam | variam com a rocha |
| Química (%) | K ₂ O <7% | 0 a 1% (ilita/micas) | 0 a 7% (ilita/micas) | 1 a 4% (ilita/micas) |
| | MgO | <1% | 0 a +3% (ilita/esmectita) | 0 a +3% (ilita/esmectita) |
| | SiO ₂ | >45% (quartzo livre) | idem | idem |
| | Al ₂ O ₃ | Até 38% (100% caulinita) | idem | idem |
| | Fe ₂ O ₃ | 0 a 10% (hidróxido Fe) | ilita e hidróxidos | hidróxidos e outros |
| Ao natural | Cor | preta, vermelha, outras | vermelha, outras | vermelha, outras |
| | Plasticidade (LP) | alta | média | baixa |
| À secagem | Retração % | baixa | baixa a alta | baixa a alta |
| | Resistência a cru (N/mm ²) | alta | média | baixa |
| À queima | Fundência | baixa (refratárias) | média a alta | varia para alta |
| | Resistência (N/mm ²) | baixa | média a alta | varia para alta |
| | Porosidade % | alta | média a baixa | varia para baixa |

Quadro 7.1 - Características das argilas cerâmicas em seus depósitos mais comuns na natureza

Em resumo, os depósitos de argila de várzea, de formações sedimentares e os decorrentes da alteração *in situ* de rochas apresentam as seguintes propriedades:

a) argilas de várzeas – dominância de caulinita, com baixo K₂O e MgO (abaixo de 1%), em geral com muito boa plasticidade (boa moldagem, também devida à fina granulometria), alta resistência após secagem (a cru) e alguma retração (rachaduras), refratárias ou pouco fundentes (baixo K₂O), com baixa sinterização e consequente alta porosidade e baixa resistência após queima. Em geral, devem ser misturadas a uma argila menos plástica e mais fundente.

b) argilas de formações sedimentares – caulinita e illita dominantes, com eventual (rara) esmectita, com K₂O variando de 1 até 7% (100% de illita) e MgO abaixo de 3% (ou maior, na presença significativa de esmectitas), com boa plasticidade, razoável resistência e retração a cru, apresentando medianos resultados à queima (média porosidade e maior resistência). Podem ser usadas como argila única em cerâmica vermelha ou de revestimento (semiporosa ou grés, via seca).

c) argilas de alteração *in situ* – suas características dependem do grau de alteração e natureza da rocha alterada. Muito raramente são usadas em cerâmica como argila única. Em geral, pouco plásticas e mais fundentes, são usadas em misturas com argilas mais plásticas e refratárias (como as caulínicas de várzea).

7.2 Metodologia

Visando os objetivos do projeto, foram desenvolvidas as seguintes atividades com relação à argila para cerâmica vermelha:

a) diagnóstico das principais regiões produtoras de blocos e telhas do Estado de Sergipe, através de discussões técnicas com profissionais da CODISE, consultas bibliográficas, entrevistas com os produtores e visita às maiores cerâmicas e aos jazimentos de argila mais representativos de cada domínio geológico. Durante as entrevistas foi preenchido o formulário Projeto Materiais de Construção Civil para a Região Metropolitana de Aracaju – Questionário para Coleta de

Dados, Idéias e Sugestões (Apêndice);

b) análise da potencialidade mineral, em reservas e qualidade das argilas, das atuais fontes produtoras, além de alternativas futuras, considerando as limitações tecnológicas, econômicas e as possibilidades geológicas das regiões cerâmicas e seus arredores;

c) reconhecimento dos domínios geológicos selecionados utilizando fotos aéreas na escala aproximada de 1:70.000 (EMBRATEL, 1973) e cartas topográficas na escala 1:100.000 (SUDENE, 1973/1974/1983; DSG, 1994). Os dados foram integrados em um mapa geológico na escala 1:300.000, com base no Mapa Geológico do Estado de Sergipe (SOUZA & SANTOS, 1997) e em Delgado *et al.*, 2003, com apoio de imagens do Mosaico GeoCover – 2.000, e apresentados em detalhe em figuras e quadros inseridos no texto;

d) amostragem em superfície e em frentes de lavra de argila, bem como das misturas de argilas diversas na entrada da maromba de cerâmicas representativas, para análises tecnológicas e químicas. Os ensaios tecnológicos foram realizados no Laboratório de Materiais do SENAI, em Salvador, BA, e as análises químicas na SGS Geosol Laboratórios Ltda., em Vespasiano, MG;

e) cálculo de reservas potenciais nos domínios geológicos selecionados, estabelecendo perspectivas para o suprimento de argila das regiões cerâmicas nos próximos anos;

f) sugestões e recomendações para o bom aproveitamento das reservas existentes, visando uma produção sustentável para o futuro.

7.3 Principais regiões produtoras

As regiões de Itabaiana, Itabaianinha, Siriri-Muribeca, Propriá-Santana do São Francisco e Simão Dias concentram a produção de cerâmica vermelha no Estado de Sergipe. Com uma diversificada linha de produtos, fabricam acima de 900 milhões de blocos por ano, suficiente para satisfazer as necessidades internas do estado, com o excedente destinado aos estados vizinhos

(Bahia e Alagoas), gerando aproximadamente 3.500 empregos diretos. São produzidos blocos furados de 3 tamanhos, quase sempre obedecendo aos padrões estabelecidos pelo INMETRO. As telhas são produzidas em muito menor escala (telha colonial marombada), em torno de 70 milhões de unidades por ano, principalmente no município de Itabaianinha, empregando cerca de 1.200 pessoas. Esse produto é importado em maior quantidade de outros estados (Bahia, Rio Grande do Norte e Espírito Santo), para atender a demanda da RMA.

Essas regiões produtoras estão localizadas no mapa geológico 1:300.000 (**anexo**), com destaque das 3 primeiras em figuras inseridas no texto. Em cada uma dessas regiões foram visitadas as principais cerâmicas, coletando-se informações sobre as fontes das matérias-primas utilizadas (reservas, métodos de lavra e impactos ambientais observados) e os processos de produção, incluindo os recursos humanos envolvidos e os insumos energéticos empregados. Também foram abordados o mercado consumidor (destinação dos produtos, preços e frete) e as políticas públicas para o setor.

Nessas unidades produtoras foram ainda coletadas amostras da mistura pronta para extrusão (entrada da maromba) e visitados e amostrados os depósitos de argila utilizados. Essas amostras foram submetidas a análises químicas (74 amostras), com apreciação mineralógica, e realizados ensaios tecnológicos em 62 amostras, cujas médias de resultados são resumidas no quadro 7.2.

Quase todas as cerâmicas visitadas utilizam como base uma argila cinza escura de várzea, essencialmente caulínica, com alguns fundentes e bastante plástica, cuja elevada retração a cru é compensada com a mistura em proporções variadas de argilas denominadas regionalmente “selão”, produto de alteração de granitóides, gnaisses e xistos ou de rochas sedimentares formacionais, Grupo Barreiras principalmente, com a função de diminuir o excesso de plasticidade, reduzindo a retração e melhorando a resistência a cru. Os “selões” incorporam ainda alguns óxidos fundentes à massa (K₂O, Fe₂O₃, CaO), que aumentam a vitrificação e a resistência após a queima, reduzindo a

absorção d'água dos produtos acabados.

De uma maneira geral (**quadro 7.2**), as composições minerais estimadas a partir das análises químicas mostram predominância de sílica livre (quartzo, com valores de 29 a 53%), seguido pela caulinita (18 a 36%), dos K- minerais (7 a 32%) e de outros minerais (hidróxidos de Fe dominante, variando de 6 a 13%). As argilas de Simão Dias constituem exceção, com caulinita mais baixa (5 a 8%), em favor de proporções maiores de K- minerais (35 a 37%). Verifica-se, de forma geral, uma melhora das propriedades tecnológicas das misturas empregadas, em relação às argilas de várzea correspondentes, com redução da retração e um aumento da resistência dos moldados a cru. Constata-se também, após as 3 temperaturas de queima, o efeito benéfico das misturas, com redução das retrações, aumento das resistências e redução das absorções d'água. As misturas de argilas de várzea / “selão”, compondo as massas prontas para extrusão, em geral, variam na proporção entre 2/1 a 1/1.

A caracterização das regiões produtoras de cerâmica vermelha, com uma avaliação mais detalhada da natureza e qualidade das argilas e misturas usadas, será feita nos itens a seguir.

7.3.1 Região de Itabaiana

A região de Itabaiana, localizada no Agreste Central Sergipano (SEPLAN, 2008), concentra o segundo maior polo produtor de cerâmica vermelha de Sergipe, sendo a mais próxima e maior fornecedora da RMA. Contando com 28 unidades cerâmicas em 2010, sendo 6 a 8 unidades de porte médio (produção individual entre 12 e 24 milhões de blocos/ano) e o restante de pequeno porte (produção abaixo de 12 milhões de peças/ano), produz anualmente um total aproximado de 200 milhões de blocos furados, além de blocos estruturais, sendo responsável pela geração de 1.500 empregos diretos. A região reúne ainda unidades menores (olarias) que produzem tijolos maciços. Foram entrevistadas cinco cerâmicas e coletadas amostras da mistura de argilas pré-maromba em três delas.

| Regiões | Itabaiana | | | Itabaianinha | | | Siriri/Muribeca | | | Propriá/Santana S.F. | | | S. Dias | |
|--|-----------|------|------|--------------|------|------|-----------------|------|------|----------------------|------|------|---------|-----|
| Tipo | M | V | G/F | M | V | G | M | V | B/S | M | V | S | M | S |
| Análises químicas/composição mineral (valores médios) | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº am. | 3 | 7 | 13 | 6 | 6 | 7 | 4 | 5 | 4 | 3 | 8 | 2 | 2 | 4 |
| SiO ₂ % | 67,5 | 68 | 63,2 | 63,9 | 62,4 | 66,6 | 66,4 | 63,5 | 68,4 | 70,4 | 62,4 | 59,9 | 72 | 70 |
| Al ₂ O ₃ | 15,6 | 13,4 | 19,8 | 18,5 | 18,9 | 19,1 | 16,4 | 16,9 | 14,9 | 14,2 | 18,9 | 19,8 | 15 | 15 |
| Fe ₂ O ₃ | 5,8 | 6,3 | 6,97 | 5,4 | 5,4 | 4,4 | 6,8 | 6,8 | 7,7 | 5,8 | 6 | 6,5 | 5,1 | 5,1 |
| CaO | 0,7 | 1,4 | 0 | 1 | 1,2 | 0 | 0,4 | 0,4 | 0 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,2 | 0,1 |
| MgO | 0,9 | 1,8 | 0,5 | 0,9 | 1,2 | 0,3 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 |
| Na ₂ O | 1,1 | 1,4 | 0,32 | 1,4 | 1,6 | 0,3 | 0,4 | 0,8 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,8 |
| K ₂ O | 1,1 | 0,5 | 1,57 | 1,7 | 1,8 | 2,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 2,2 | 2,1 | 2,7 | 2,6 |
| Caul. | 27,3 | 28,1 | 31,2 | 26 | 36 | 24 | 25,5 | 26 | 21,5 | 18 | 20,5 | 24 | 5,5 | 7,8 |
| Qtz | 49 | 51,7 | 38 | 41 | 29 | 42 | 46,8 | 42,8 | 48,3 | 53 | 39,1 | 36 | 52 | 50 |
| Kmi | 15 | 7,6 | 22,4 | 25 | 26 | 28 | 18,3 | 20,4 | 21,3 | 20,3 | 31,6 | 30 | 37 | 35 |
| Outros | 8,7 | 12,6 | 8 | 8 | 9 | 6 | 9,5 | 10,8 | 9 | 8,7 | 8,8 | 10 | 7 | 7,2 |
| Ensaio tecnológicos (valores médios) | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº am. | 3 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 4 | 5 | 3 | 3 | 7 | 2 | 2 | 4 |
| >#200 | 27 | 25 | 30 | 22 | 4 | 50 | 14 | 11 | 25 | 8,6 | 4 | 30 | 19 | 18 |
| <#325 | 69 | 72 | 71 | 73 | 93 | 46 | 78 | 83 | 66 | 87 | 94 | 63 | 72 | 74 |
| LP | 22 | 25 | 27 | 24 | 26 | 28 | 29 | 31 | 22 | 27 | 26 | 25 | 26 | 26 |
| UC | 15,5 | 17 | 20 | 15,4 | 17,8 | 17,6 | 17,4 | 19,7 | 17 | 18 | 19 | 20,9 | 16 | 18 |
| L110 | 4,8 | 5,3 | 3,2 | 4,8 | 6,1 | 3,5 | 4,9 | 4,9 | 4 | 5,2 | 5,4 | 5,2 | 5,4 | 5,9 |
| R110 | 76 | 33 | 23 | 66 | 74 | 12 | 57 | 32 | 19 | 67 | 46 | 21 | 64 | 59 |
| L850 | 0,4 | 0,6 | -0,2 | 0,6 | 1,1 | 0,2 | 0,2 | 0,7 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 1,7 | 1 | 0,2 |
| R850 | 133 | 106 | 55 | 111 | 192 | 19 | 126 | 87 | 37 | 133 | 100 | 226 | 108 | 107 |
| L950 | 0,9 | 1 | 0,5 | 1,2 | 1,8 | 0,7 | 1 | 1,5 | 0,2 | 1,1 | 1,6 | 3,3 | 0,4 | 0,5 |
| R950 | 172 | 93 | 90 | 145 | 210 | 22 | 162 | 123 | 71 | 176 | 120 | 97 | 201 | 186 |
| A850 | 21,2 | 19,6 | 22,5 | 11,2 | 9,2 | 19,7 | 13,8 | 14,3 | 17,4 | 13 | 15 | 9,9 | 12 | 13 |

Notas:

1. M= amostra de maromba (mistura); V= argila escura de várzea; G= "selão" de alteração de granitoides ou gnaisses; F= "selão" de filitos alterados, B= "selão" do Gr. Barreiras; S= outros.
2. Mineralogia (% aproximada a partir da análise química): caul= caulinita, qtzo= quartzo, Kmi= minerais de K (ilita/micas/sericita/ feldspato), Outros= incluem hidróxidos de Fe, eventuais carbonatos e sais solúveis.
3. Ensaio tecnológicos: >#200 e <#325= % acumulada retida e passante nas respectivas peneiras (ABNT); LP= limite de plasticidade (%); UC= umidade de conformação(%); L110 e R110, L850 e R850, L950 e R950= retração linear (%) e módulo de resistência à flexão (Kgf/cm²), após secagem/queima a 110, 850 e 950 °C; A850= absorção d'água após queima a 850°C (%).
4. Referência de valores para cerâmica vermelha: (a) tijolos de alvenaria: R110>15 Kgf/cm²; R850>20 Kgf/cm²; (b) tijolos furados: R110>25 Kgf/cm²; R850>55 Kgf/cm² e A850<25%; (c) telhas: R110>30 Kgf/cm²; R850>65 Kgf/cm² e A850<20%.

Quadro 7.2 - Sumário comparativo dos resultados de análises químicas, de composição mineral aproximada e de ensaios tecnológicos de argilas das principais regiões produtoras de cerâmica vermelha

• **Localização e domínio geológico**

A grande maioria das unidades cerâmicas situa-se num raio inferior a 10 km da cidade de Itabaiana (85 mil habitantes), no eixo das duas principais rodovias que cruzam a região, BR-235 e SE-104 (**figura 7.1, foto 7.1 e mapa geológico 1:300.000, anexo**). Os depósitos minerais (argila de várzea e “selões”) estão distribuídos ao redor de Itabaiana a distâncias que podem chegar a até 25 km, como ilustra a disposição na figura 7.1 dos pontos de argila amostrados (3 de cerâmicas e 21 de jazimentos de argila) e sua localização no quadro 7.3.

As argilas de várzea são encontradas em quase todos os drenos naturais da região, incluindo as drenagens de 3ª e 4ª ordem (**foto 7.2**), dentro da estrutura geológica denominada Domo de Itabaiana. O interior dessa estrutura, de forma semicircular e com eixos da ordem de 20 a 30 km, é ocupado por rochas predominantemente granitoides muito antigas (Arqueano-Paleoproterozoico), remanescentes do embasamento (ortognaisses e gnaisses bandados granítico-granodioríticos, e migmatitos), mostrando um relevo arrasado e suave, com morros arredondados e drenagem dendrítica de muito baixo gradiente. Uma faixa serrana circundante (serras de Itabaiana e Comprida, dentre outras), constituída por quartzitos, que estabelece níveis de base locais, limita a saída da drenagem. Com o baixo gradiente interno e o suprimento de sedimentos finos (granitoides alterados), os drenos foram gradativamente preenchidos por materiais argilosos, com deposição em ambientes fluviais, lacustrinos e de inundação, de baixa energia.

Os depósitos de várzea apresentam, em média, espessuras em torno de 2 m e larguras da ordem de 30 m, com uma argila cinza escura, relativamente homogênea, muito plástica e macia ao tato quando umedecida, e dura e com rachaduras quando seca (**foto 7.3**).

O “selão” mais comumente usado é oriundo da decomposição dos granitoides no interior do Domo de Itabaiana. Em níveis mais profundos é um material argiloso pintalgado, com manchas mais claras da alteração feldspática em meio avermelhado da altera-

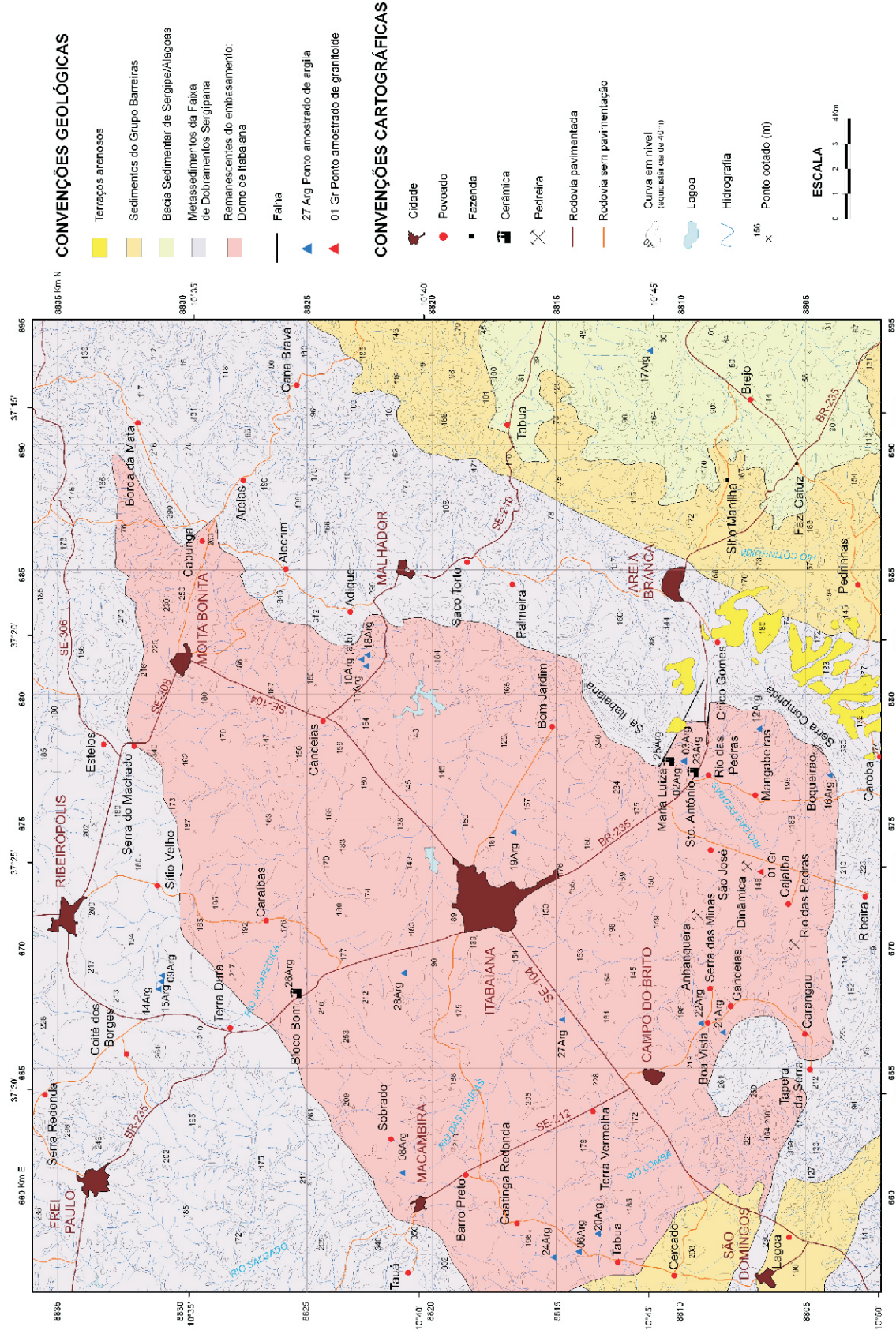
ção da biotita. Próximo à superfície, o material, mais alterado, é mais homogêneo, com coloração avermelhada. A proporção de argila/grãos de quartzo do “selão” varia a depender da composição mineralógica do granitoide. Os depósitos mais profundos situam-se nas proximidades das bordas internas das serras, onde o relevo é mais acentuado, com maior disponibilidade de material para lavra (**foto 7.4**).

O “selão” de filitos resulta da alteração de uma extensa faixa desses metassedimentos, com direção E-W, provavelmente pertencentes à Formação Frei Paulo. Esse material, empregado mais recentemente, vem sendo retirado no município de Ribeirópolis, próximo ao povoado Terra Dura, na parte externa norte do Domo de Itabaiana (**foto 7.5**), e mostra ainda fragmentos micáceos prateados do filito em alteração, misturados com argila avermelhada plástica das partes em decomposição mais avançada. A natureza micácea da rocha matriz traz a expectativa de um produto com características fundentes (teor maior de K) e razoável plasticidade quando bem alterada (amostras 09Arg, 14Arg e 15Arg).

Como alternativa de argila tipo “selão”, para uso pelas cerâmicas de Itabaiana, foi examinado e amostrado um depósito de calcilito interestratificado com folhelho da Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas (Formação Riachuelo, Membro Taquari), na região de Riachuelo, usado para cerâmica de revestimento (**foto 7.6**). Análises químicas mostraram valores elevados de Ca e Mg, que denunciam teores acima de 15% de carbonatos, o que inviabiliza o material para cerâmica vermelha (amostra 17Arg).

• **Produção atual: processo produtivo, destinação e preços**

As cerâmicas principais utilizam uma mistura tradicional de argila cinza escura, plástica, de várzea, com argilas denominadas “selão”, fundentes e menos plásticas, avermelhadas, provenientes da decomposição de granitoides e de filitos. Nas misturas prontas para extrusão, em geral predomina a argila de várzea, em proporções que variam de 50 a 66% da massa (1 porção de várzea para 1 de “selão”, até 2 porções de várzea para 1 de “selão”, mais frequente).



Base cartográfica baseada nas folhas Aracaju (SC.24.Z-B-IV) e Simão Dias (SC.24.Z-A-VI), 1:100.000, da SUDENE (1974 - 1975).

Geologia compilada de Souza & Santos (1997) e Delgado et al. (2003).

Figura 7.1 - Cerâmicas, pedreiras e depósitos de argila amostrados da região de Itabaiana



Foto 7.1 - Entrada da Cerâmica Bloco Bom, região de Itabaiana.



Foto 7.2 - Várzea com argila ainda não lavrada. Depósito Sobrado, município Macambira, região de Itabaiana.

| Amostra | | Localização (UTM) | | | Descrição | Análises | |
|----------|------|-------------------|---------------|----------|--|----------|------|
| Nº | Tipo | Latitude (m) | Longitude (m) | Cota (m) | | Qui | Tecn |
| 23Arg | M | 8.809.524 | 676.897 | 217 | Cer.Sto. Antônio (2/3 de 22Arg + 1/3 de 21Arg) | X | X |
| 25Arg | M | 8.810.508 | 677.323 | 279 | Cer. Maria Luiza (1/2 de 24Arg + 1/2 de 16Arg) | X | X |
| 26Arg | M | 8.825.446 | 668.018 | 194 | Cer. Bloco Bom (2/3 de 27Arg + 1/3 de 14Arg) | X | X |
| 06Arg | V | 8.814.122 | 657.628 | 200 | Depósito Terra Vermelha, várzea rasa (2 m) | X | |
| 08Arg | V | 8.821.170 | 660.793 | 227 | Depósito Sobrado, várzea inundada | X | |
| 19Arg | V | 8.816.732 | 674.455 | 163 | Povoado Bom Jardim, várzea com água | X | X |
| 20Arg | V | 8.813.352 | 658.353 | 180 | Povoado Terra Vermelha, várzea rasa (1,50 m) | X | X |
| 22Arg | V | 8.809.200 | 666.801 | 194 | Povoado Serra das Minas, várzea larga (2 m) | X | X |
| 24Arg | V | 8.815.132 | 657.405 | 189 | Povoado Terra Vermelha, várzea rasa (1,50 m) | X | X |
| 27Arg | V | 8.814.776 | 666.950 | 191 | Depósito Zé de João, várzea rasa (1,50 m) | X | X |
| 02Arg | G | 8.809.880 | 677.341 | 241 | Próximo Cer. Maria Luiza, lavra paralisada | X | |
| 03Arg | G | 8.809.890 | 677.301 | 251 | Próximo Cer. Maria Luiza, lavra paralisada | X | |
| 10Arg(a) | G | 8.822.660 | 681.421 | 242 | Malhador, Cova da Onça, argila escura | X | |
| 10Arg(b) | G | 8.822.660 | 681.421 | 240 | Malhador, Cova da Onça, argila variegada | X | |
| 11Arg | G | 8.822.606 | 681.333 | 231 | Malhador, Cova da Onça, argila clara | X | |
| 12Arg | G | 8.806.886 | 678.618 | 249 | Povoado Canjinha, frente de lavra | X | |
| 16Arg | G | 8.803.766 | 676.915 | 254 | Depósito Boqueirão, frente de lavra | X | X |
| 18Arg | G | 8.822.460 | 681.466 | 212 | Malhador, Cova da Onça, frente de lavra | X | X |
| 21Arg | G | 8.808.322 | 666.446 | 210 | Povoado Serra das Minas, frente de lavra | X | X |
| 28Arg | G | 8.821.136 | 668.820 | 229 | Povoado Queimadas, argilas vermelhas | X | |
| 09Arg | F | 8.830.816 | 668.718 | 234 | Ribeirópolis, Pinhão, frente de lavra | X | |
| 14Arg | F | 8.830.970 | 668.177 | 238 | Ribeirópolis, Pinhão, frente de lavra | X | X |
| 15Arg | F | 8.830.860 | 668.481 | 236 | Ribeirópolis, Pinhão, frente de lavra | X | X |
| 17Arg | C | 8.811.264 | 693.795 | 52 | Próximo Usina Pinheiros, frente de lavra | X | X |

Notas:

- Tipos: M= mistura pronta retirada da entrada da maromba; V= plástica, escura, de várzea; G= granitoides alterados *in situ* do Domo de Itabaiana ("selão"); F= filitos alterados *in situ* da região de Ribeirópolis ("selão"); C= calcilutitos e folhelhos intemperizados da Formação Riachuelo (Membro Taquari).
- Descrição: 2/3 de 22Arg + 1/3 de 21Arg = 2 porções da argila amostrada 22Arg misturada com 1 porção de 21Arg; (2 m) = espessura média estimada da camada de argila.
- Análises: Qui= química, Tecn= tecnológica

Quadro 7.3 - Identificação, localização, descrição e tipos de análises realizados em amostras de argila da região de Itabaiana



Foto 7.3 - Lavra de argila em várzea rasa. Próxima do povoado de Terra Vermelha, município de Macambira, região de Itabaiana.



Foto 7.4 - Morfologia do depósito de "selão" de granitoide. Alto do Boqueirão, município de Itabaiana.



Foto 7.5 - Lavra de filito intemperizado (“selão”) da Formação Frei Paulo. Depósito Pinhão, município de Ribeirópolis (amostra 14Arg).



Foto 7.6 - Lavra de calcilitos e folhelhos interestratificados, intemperizados, da Formação Riachuelo (Membro Taquari). Próxima da Usina Pinheiros, município de Riachuelo (amostra 17Arg).

Argilas de várzea e os dois tipos de selão são lavrados de forma similar: procede-se a limpeza da superfície do terreno com tratores de esteira e o desmonte/carregamento com auxílio de retro e pás carregadeiras. O transporte é feito pela própria cerâmica ou é terceirizado. A permissão para a retirada das argilas de várzea é feita, algumas vezes, em troca do preparo de tanques para criação de peixe nas cavas esgotadas. A sua lavra e a do “selão”, cujas cavas ocupam menor área e estão localizadas em terrenos menos valorizados, depende de acordo com os proprietários superficiários, cada vez mais difícil nas áreas de várzea, ocupadas com outras atividades econômicas.

Estima-se que sejam retiradas cerca de 430 mil t/ano de argila de várzea para cerâmica na região de Itabaiana (200 mil milheiros de produção x 2 t/milheiro x 0,6 na mistura x 1,8 de densidade aparente, base seca) e 320 mil t/ano de “selão”, com predomínio do originado da decomposição de granitoides (200 mil milheiros x 2 t/milheiro x 0,4 na mistura x 2,0 de densidade aparente a seco).

Os blocos de 6 furos são produzidos em tamanhos padronizados: grande (9x19x24cm), médio (9x14x24cm) e pequeno (9x14x19cm), conformados por extrusão (marombas) e queimados em fornos intermitentes ou de fogo contínuo, em temperaturas de 800 a 850°C. Como combustível são consumidos principalmente resíduos de eucalipto (da região de Inhambupe, Esplanada e Alagoínhas, Bahia) e algaroba (de Canudos, Bahia), a um preço que varia de R\$ 35,00 a R\$ 55,00/m³ (preços de 2010), consumindo em média 0,5 m³/milheiro de blocos. Como alternativa, está em estudo o uso de capim elefante.

Cerca de 80% da produção de cerâmica vermelha de Itabaiana é consumida em Sergipe, principalmente na RMA, enquanto o restante é vendido para o mercado de Alagoas.

O frete para Aracaju (R\$ 18,00 a R\$ 24,00/milheiro) não chega a pesar no valor de venda (R\$ 250,00 a R\$150,00/milheiro), lembrando que o peso do milheiro varia de 2,5 a 1,5 t (entre blocos grandes e pequenos).

• **Qualidade**

No quadro 7.3 são identificadas e localizadas as amostras dos depósitos de argila visitados na região de Itabaiana, classificadas por tipo, com indicação das análises procedidas. No quadro 7.4 são apresentados os resultados das análises químicas, com o cálculo estimativo da composição mineral, e no quadro 7.5 os resultados dos testes tecnológicos. As médias dos resultados obtidos, por tipo de argila, foram resumidas no quadro 7.2.

No aspecto químico/mineralógico verifica-se pouca variação nas proporções de quartzo, caulinita e hidróxidos de Fe entre as argilas de várzea e os “selões” de granitoide, constatando-se que os teores de K são ligeiramente maiores nesses últimos. Os teores um pouco mais elevados de Ca e Mg nas argilas de várzea podem ser devidos à presença de minicapaças de conchas lacustrinas ou alguma quantidade de esmectita, ambos pouco deletérios em pequenas quantidades. Os teores um pouco maiores de Na nas argilas de várzeas devem-se a uma provável maior salinidade em ambientes fechados e lacustrinos.

As amostras coletadas na entrada das marombas, com o “selão” de granitoide na mistura, refletem resultados intermediários proporcionais, com variações pouco significativas sob o aspecto químico/mineralógico. Já os “selões” de filito mostram o teor de K relativamente elevado, refletindo menores proporções de caulinita e presença significativa de K- minerais (sericita predominante).

Os resultados tecnológicos das amostras de maromba exibem, de forma geral, menor retração e maior resistência após secagem, em relação às argilas de várzea, justificando o efeito benéfico da adição do “selão”. O mesmo pode ser dito em relação à retração e resistência após a queima em 3 temperaturas.

Acredita-se, diante dos resultados apresentados, que a adição do “selão” de granitoide às massas cerâmicas tenha efeito benéfico mais pela sua constituição granulométrica (mais grosseira), do que pelas diferenças químicas/mineralógicas para as argi-

| Amostra | | Análise química (%) | | | | | | | Mineralogia aproximada (%) | | | |
|----------|------|---------------------|-------|-------|-------|-----|------|-----|----------------------------|------|-----|--------|
| Nº | Tipo | SiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | CaO | MgO | Na2O | K2O | caul | qtzo | Kmi | Outros |
| 23Arg | M | 67,7 | 14,7 | 6,0 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 28 | 51 | 11 | 10 |
| 25Arg | M | 64,6 | 18 | 5,4 | 0,6 | 0,7 | 1,1 | 1,2 | 32 | 43 | 17 | 8 |
| 26Arg | M | 70,1 | 14,1 | 5,9 | 1 | 1,1 | 1,3 | 1,2 | 22 | 53 | 17 | 8 |
| 6Arg | V | 77,8 | 9,5 | 4,2 | 1 | 1 | 1,2 | 0,3 | 21 | 67 | 4 | 8 |
| 8Arg | V | 66,6 | 13,7 | 5,3 | 1,2 | 2,2 | 1,6 | 0,8 | 26 | 50 | 11 | 13 |
| 19Arg | V | 59,6 | 16,1 | 6,9 | 2 | 3,2 | 1,8 | 1,1 | 28 | 40 | 15 | 17 |
| 20Arg | V | 61,5 | 14,1 | 10,6 | 2,4 | 2 | 1,1 | 0,2 | 34 | 44 | 3 | 19 |
| 22Arg | V | 68,3 | 15,6 | 5,1 | 0,7 | 1 | 1,6 | 0,7 | 32 | 49 | 10 | 9 |
| 24Arg | V | 72,4 | 10,8 | 7,1 | 1,4 | 2,2 | 1,3 | 0,3 | 25 | 59 | 4 | 12 |
| 27Arg | V | 69,6 | 13,8 | 4,9 | 0,8 | 0,7 | 1,0 | 0,4 | 31 | 53 | 6 | 10 |
| 2Arg | G | 65,8 | 22,8 | 3,9 | 0 | 0,1 | <0.1 | 0,5 | 51 | 37 | 7 | 5 |
| 3Arg | G | 65,9 | 20,2 | 4,0 | 0 | 0,2 | <0.1 | 0,7 | 44 | 41 | 10 | 5 |
| 10Arg(a) | G | 57,1 | 19,2 | 14,2 | 0 | 0,2 | <0.1 | 0,7 | 41 | 34 | 10 | 15 |
| 10Arg(b) | G | 63,8 | 19,3 | 7,1 | 0,1 | 0,6 | 0,7 | 2,0 | 23 | 40 | 29 | 8 |
| 11Arg | G | 62,4 | 20,8 | 5,7 | 0 | 0,4 | <0.1 | 1,9 | 30 | 36 | 27 | 7 |
| 12Arg | G | 67,5 | 19,5 | 4,0 | <0.01 | 0,3 | <0.1 | 1,5 | 32 | 43 | 21 | 4 |
| 16Arg | G | 66,4 | 20,3 | 4,5 | <0.01 | 0,2 | <0.1 | 0,9 | 41 | 42 | 13 | 4 |
| 18Arg | G | 62,8 | 20,3 | 6,8 | 0 | 0,3 | <0.1 | 1,4 | 36 | 38 | 20 | 6 |
| 21Arg | G | 59,7 | 20,5 | 7,6 | 0,1 | 0,5 | 0,3 | 1,1 | 39 | 34 | 16 | 12 |
| 28Arg | G | 54,1 | 25,5 | 7,3 | 0,1 | 0,8 | 0,2 | 0,7 | 57 | 24 | 10 | 9 |
| 9Arg | F | 70,4 | 14,2 | 6,4 | 0 | 0,8 | 0,3 | 2,4 | 6 | 52 | 34 | 8 |
| 14Arg | F | 60,2 | 18,2 | 10,7 | 0 | 1,5 | 0,2 | 3,7 | 2 | 36 | 50 | 12 |
| 15Arg | F | 64,9 | 16,9 | 8,4 | <0.01 | 1 | <0.1 | 3,1 | 4 | 43 | 44 | 9 |
| 17Arg | C | 53,2 | 14,5 | 6,3 | 8 | 2,4 | 1,1 | 2,9 | 2 | 32 | 40 | 26 |

Notas:

- Tipos: M= mistura pronta retirada da entrada da maromba; V= plástica, escura, de várzea; G= granitoides alterados *in situ* do Domo de Itabaiana ("selão"); F= filitos alterados *in situ* da região de Ribeirópolis; C= calcilitos e folhelhos intemperizados da Formação Riachuelo (Membro Taquari).
- Mineralogia (% aproximada a partir da análise química): caul= caulinita, qtzo = quartzo, Kmi= minerais de K (ilita/micas/sericita/ feldspato), Outros= incluem hidróxidos de Fe, eventuais carbonatos, sais solúveis e matéria orgânica.

Quadro 7.4 - Análises químicas e composição mineralógica aproximada de amostras de argila cerâmica da região de Itabaiana

las de várzea. Misturas mais grosseiras têm menor plasticidade, menor retração à secagem e à queima, propiciando moldados a cru e produtos finais com maior resistência mecânica e menor absorção d'água. Provavelmente, o "selão" de filito, além dos efeitos benéficos decorrentes da sua granulometria, poderá, adicionalmente, favorecer a queima pela sua maior proporção de fundentes.

• Reservas estimadas

Uma estimativa das reservas de argila de várzea pode ser feita a partir da medição aproximada da extensão linear total dos drenos (várzeas) visíveis nas folhas Aracaju (SC.24-Z-B-IV) e Simão Dias (SC.24-Z-A-VI), na escala 1:100.000, da SUDENE (1974,1973) e reproduzidos na figura 7.1, na

| Amostra | | Ensaio tecnológico | | | | | | | | | | | |
|---------|------|--------------------|-------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| Nº | Tipo | >#200 | <#325 | LP | UC | L110 | R110 | L850 | R850 | L950 | R950 | A850 | Cor850 |
| 23Arg | M | 29 | 66 | 22 | 14,5 | 4,7 | 31 | 0,3 | 86 | 0,9 | 135 | 21,6 | laranja |
| 25Arg | M | 19 | 78 | 21 | 16,4 | 5 | 107 | 1 | 188 | 2 | 236 | 21 | vermelho |
| 26Arg | M | 34 | 62 | 23 | 15,6 | 5 | 89 | 0,1 | 124 | 0,3 | 144 | 20,7 | vermelho |
| 19Arg | V | 8 | 86 | 26 | 17,6 | 6,2 | 17 | 0,7 | 65 | 1,4 | 25 | 7,8 | marrom |
| 20Arg | V | 23 | 72 | 27 | 21,3 | 4,8 | 21 | 1,2 | 67 | 1,6 | 50 | 27,2 | marrom |
| 22Arg | V | 34 | 62 | 26 | 13,3 | 4,4 | 18 | 0,6 | 71 | 1,4 | 88 | 25,9 | marrom |
| 24Arg | V | 31 | 62 | 23 | 16,0 | 5,8 | 51 | 0,1 | 141 | 0,2 | 129 | 23 | marrom claro |
| 27Arg | V | 31 | 76 | 23 | 16,6 | 5,4 | 56 | 0,2 | 186 | 0,4 | 173 | 14,3 | marron claro |
| 16Arg | G | 37 | 60 | 22 | 19,4 | 1,5 | 5 | -1,0 | 5 | 0,3 | 8 | 21,7 | rosa escuro |
| 18Arg | G | 46 | 50 | 27 | 20,2 | 3,6 | 9 | 0,2 | 13 | 0,3 | 16 | 26,6 | marrom |
| 21Arg | G | 26 | 70 | 29 | 19,8 | 4,4 | 21 | 0,5 | 38 | 0,7 | 55 | 28,5 | vermelho |
| 14Arg | F | 16 | 83 | 29 | 19,4 | 3,6 | 30 | -0,4 | 59 | 1,2 | 170 | 18,2 | vermelho |
| 15Arg | F | 28 | 68 | 29 | 20,5 | 1,4 | 13 | -0,5 | 22 | 0,7 | 72 | 25 | marrom claro |
| 17Arg | C | 27 | 95 | 26 | 18,5 | 4,5 | 56 | 0,1 | 192 | 0 | 223 | 15,2 | vermelho |

Notas:

- Tipos: M= mistura pronta retirada da entrada da maromba; V= plástica, escura de várzea; G= granitoides alterados "in situ" do Domo de Itabaiana ("selão"); F= filitos alterados *in situ* da região de Ribeirópolis; C= calcilitos e folhelhos alterados da Formação Riachuelo (Membro Taquari).
- Ensaio tecnológico: >#200 e <#325= % acumulada retida e passante nas respectivas peneiras (ABNT); LP= limite de plasticidade(%); UC= umidade de conformação (%); L110 e R110, L850 e R850, L950 e R950= retração linear (%) e módulo de resistência à flexão (Kgf/cm²), após secagem/queima a 110, 850 e 950°C; A850= absorção d'água após queima a 850°C (%) e Cor 850= cor após queima a 850°C.
- Referência de valores para cerâmica vermelha: (a) tijolos de alvenaria: R110>15 Kgf/cm²; R850>20 Kgf/cm²; (b) tijolos furados: R110>25 Kgf/cm²; R850>55 Kgf/cm² e A850<25%; (c) telhas: R110>30 Kgf/cm²; R850>65 Kgf/cm² e A850<20%.

Quadro 7.5 - Ensaio tecnológico de amostras de argila da região de Itabaiana

parte interna do Domo de Itabaiana, avaliada em 430 km. Considerando que um perfil transversal médio de argila nessas várzeas tenha uma área de 60 m² (30 m de largura x 2 m de espessura) e que em apenas 50% das drenagens medidas tenham argila, resultaria numa reserva potencial aproximada de 23 milhões de toneladas (430.000 m x 60 m² x 50% x 1,8 de densidade aparente, base seca). Desse valor potencial deve ser abatida a argila retirada nestes últimos 30 anos de consumo, avaliada em 9 milhões de t (430.000 t de consumo atual x 30 anos x 0,7 fator de redução pelo menor consumo inicial). Restaria uma reserva remanescente potencial de 14 milhões de t. Dessa reserva,

considera-se que cerca da metade ainda possa ser negociada para extração (devido às densas ocupações do solo, recusa de acesso pelos proprietários superficiários e dificuldades ambientais), resultando numa reserva residual útil da ordem de 7 milhões de t, suficiente para aproximadamente 16 anos de vida útil, ao nível atual de consumo.

As áreas ainda disponíveis para produção do "selão" de granitoide são grandes, com menor ocupação que as áreas de várzeas. Uma área preservada com este fim, com apenas 1 km², aproveitada em 50% e lavrada até a profundidade de 6 m, daria uma reserva potencial aproximada de 6 milhões de

t (1 milhão m² x 50% x 6 m x 2,0 de densidade aparente a seco), suficiente para quase 20 anos de produção, ao nível atual de consumo. Considerações similares podem ser feitas para as reservas potenciais do “selão” de filito, que dispõem vantajosamente de áreas disponíveis ainda maiores, com baixa ocupação e menores restrições ambientais, em que pese a ocorrência de muitos filitos ainda pouco intemperizados.

• **Perspectivas futuras**

As perspectivas futuras para a cerâmica vermelha na região de Itabaiana, consideradas apenas em relação às matérias-primas atualmente em uso, são favoráveis quanto à qualidade das argilas e misturas praticadas, e com problemas a médio prazo com relação à disponibilidade das argilas de várzea.

A usual combinação da argila plástica de várzea com proporções menores (1/3 a 1/2) de “selão” de granitoide e/ou de “selão” de filito tem proporcionado massas apropriadas, com plasticidades e umidades adequadas para conformação, retrações aceitáveis à secagem e boas resistências a cru; e retrações moderadas, muito boas resistências e baixas absorções d'água após a queima (ver valores médios no quadro 7.2).

As estimativas de reserva para os diversos tipos de argila mostram ampla disponibilidade futura para os “selões”, para os quais seria recomendável a reserva de áreas para sua lavra, em regime cooperado entre as cerâmicas. Esta medida reduziria os custos de produção, facilitaria os entendimentos com os proprietários superficiários e a legalização da atividade mineira, diminuindo a clandestinidade e o descompromisso com a recomposição ambiental. A recuperação das áreas lavradas, com nova configuração topográfica e ambiental, possibilitaria a sua utilização futura.

Estima-se que as argilas recuperáveis de várzea estarão esgotadas no prazo de cerca de 16 anos, ao nível do consumo atual. A adoção de lavras cooperativadas, como sugerido para os “selões”, poderia minorar o problema. Deve-se estudar também a possível redução da proporção de uso dessa argila, com as seguintes medidas: a) maior

uso do “selão”, especialmente o de filito, mais plástico (quando bem desagregado) e mais fundente; b) maior tempo de descanso para desagregar e desenvolver plasticidade (nas lavras cooperativadas as pilhas de descanso podem ser mantidas no campo, em camadas horizontais, na proporção desejada); c) admitir menor resistência após a secagem (com menor retração), melhorando o manuseio praticado e d) melhorar a mistura e desagregação no processo.

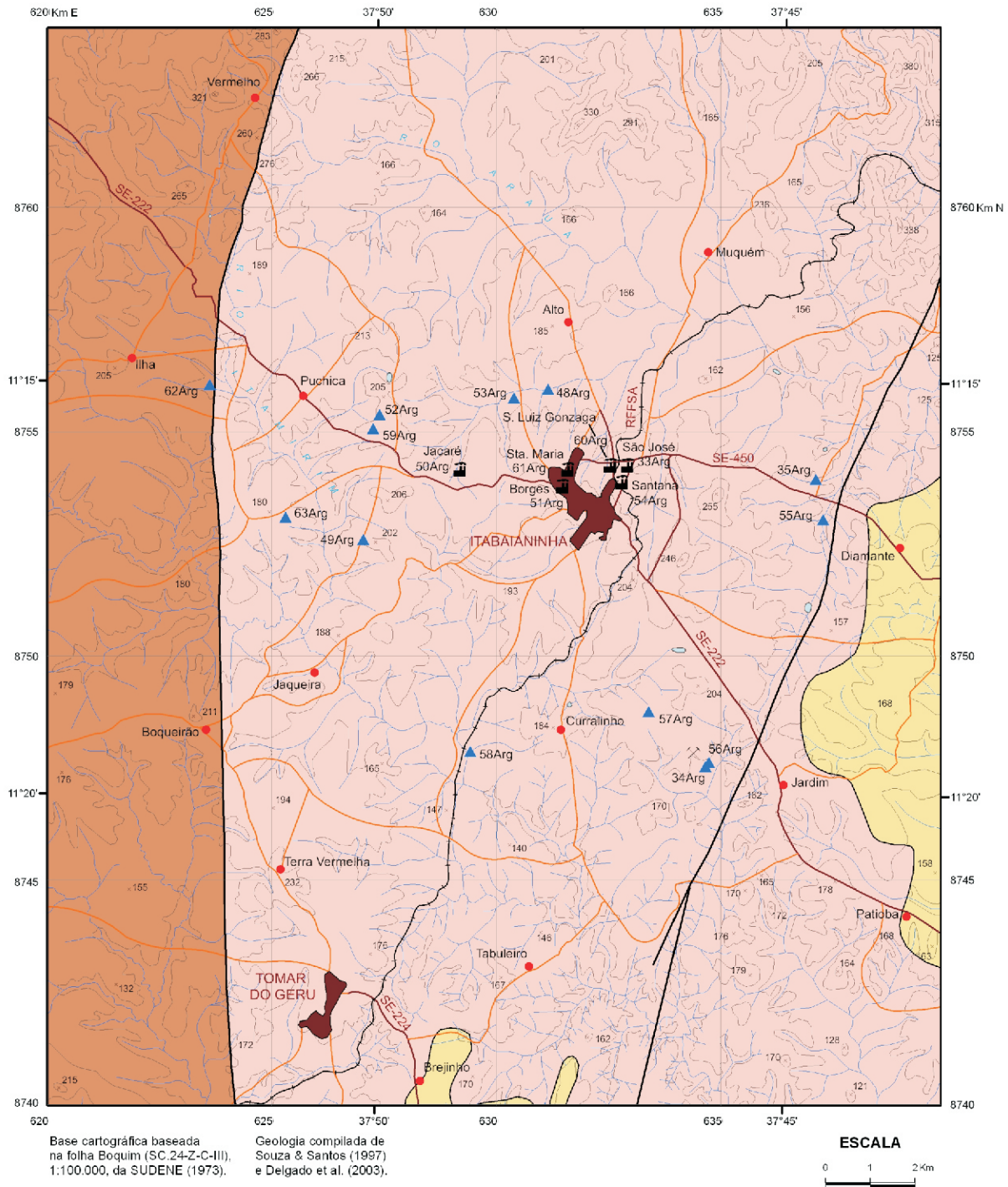
7.3.2 Região de Itabaianinha

Maior produtora estadual de cerâmica vermelha, a região de Itabaianinha está localizada no Sul Sergipano (SEPLAN, 2008), distante cerca de 110 km da capital. Com 34 cerâmicas operando em 2010, produzindo aproximadamente 360 milhões de blocos furados por ano, gera 1.500 empregos diretos. A região concentra ainda 14 cerâmicas que fabricam essencialmente telhas coloniais marombadas, com produção anual de 45 milhões de peças, e aproximadamente 100 unidades menores (olarias), de natureza familiar, com produção manual em torno de 20 milhões de telhas por ano, gerando a fabricação de telhas cerca de 1.100 empregos. Foram entrevistadas seis cerâmicas de bloco, com coleta de amostra da mistura de argilas pré-maromba, e uma cerâmica de telha.

• **Localização e domínio geológico**

As principais unidades cerâmicas e os depósitos de argila em uso situam-se num raio inferior a 10 km da cidade de Itabaianinha (38 mil habitantes), nas proximidades das principais rodovias que cruzam o território, SE-222 e SE-450 (**figura 7.2 e mapa geológico 1:300.000, anexo**). A localização das cerâmicas visitadas e das amostras coletadas aparece em detalhe na figura 7.2 e sua descrição no quadro 7.6.

As argilas de várzea são encontradas em quase todos os drenos naturais da região, incluindo as drenagens menores, especialmente no domínio do Cráton do São Francisco (ortognaisses migmatíticos), formado por rochas muito antigas do Arqueano-Paleoproterozoico, onde o relevo é mais arrasado, constituído por morros arredondados,



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Cidade
- Povoado
- Cerâmica
- Ponto cotado (m)
- Rodovia pavimentada
- Rodovia sem pavimentação
- Estrada de Ferro

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Curva em nível (equidistância de 40m)
- Lagoa
- Hidrografia
- Sedimentos do Grupo Barreiras
- Metassedimentos das bacias Estância e Palmares
- Cráton do São Francisco
- Falha
- 37 Arg ponto amostrado de argila
- Lavra ativa

Figura 7.2 - Cerâmicas e depósitos de argila amostrados da região de Itabaianinha

| Amostra Nº | Tipo | Localização (UTM) | | | Descrição | Análises | |
|---------------|------|-------------------|---------------|------|---|----------|------|
| | | Latitude (m) | Longitude (m) | Cota | | Qui | Tecn |
| 33Arg | M | 8.754.322 | 632.880 | 161 | Cer. São José (1/4 de 34Arg + 3/4 de 35Arg) | X | X |
| 50Arg | M | 8.753.814 | 629.131 | 183 | Cer. Jacaré (1/2 de 49Arg + 1/2 de 48Arg) | X | X |
| 51Arg | M | 8.753.944 | 631.370 | 190 | Cer. Borges(1/3 de 52Arg + 2/3 de 53Arg) | X | X |
| 54Arg | M | 8.754.202 | 632.906 | 163 | Cer. Santana (1/3 de 56Arg + 2/3 de 55Arg) | X | X |
| 60Arg | M | 8.754.286 | 632.618 | 187 | Cer. S.Luiz Gonzaga (2/3 de 57Arg+ 59Arg + 1/3 58Arg) | X | X |
| 61Arg | M | 8.754.134 | 631.538 | 197 | Cer. Sta. Maria (1/5 de 63Arg + 4/5 de 62Arg) | X | X |
| 35Arg | V | 8.753.934 | 637.129 | 117 | Faz. Pirangi, várzea larga, profunda (4-5 m) | X | X |
| 48Arg | V | 8.755.950 | 631.165 | 194 | Faz. Barreira, várzea profunda (4-5 m) | X | X |
| 53Arg | V | 8.755.750 | 630.400 | 150 | Faz. Baixa do Barro, várzea profunda (5-6 m) | X | X |
| 55Arg | V | 8.753.036 | 637.288 | 132 | Faz. Diamante, várzea profunda (5-6 m) | X | X |
| 58Arg | V | 8.747.874 | 629.430 | 139 | Faz. Pau Lavrado, várzea do rio Itamirim | X | X |
| 62Arg | V | 8.756.044 | 623.622 | 166 | Bexiga-Periperi, várzea rasa | X | X |
| 34Arg | G | 8.747.582 | 634.673 | 154 | Povoado Jardim, frente de lavra | X | X |
| 49Arg | G | 8.752.594 | 627.036 | 198 | Queimadinha, argila amarelada | X | X |
| 52Arg | G | 8.755.170 | 627.407 | 210 | Argila branca - amarelada | X | X |
| 56Arg | G | 8.747.636 | 634.678 | 166 | Povoado Jardim | X | X |
| 57Arg | G | 8.748.742 | 633.861 | 204 | Jardim de Dentro, argila vermelha | X | X |
| 59Arg | G | 8.755.068 | 627.262 | 211 | Pedra de Léguas, argila amarela | X | X |
| 63Arg | G | 8.753.090 | 625.310 | 190 | Pau d'Onça, argila amarela | X | X |

Notas:

1. Tipos: M= mistura pronta retirada da entrada da maromba; V= plástica, escura, de várzea; G= gnaisses alterados *in situ* ("selão").
2. Descrição: 1/4 de 34Arg + 3/4 de 35Arg = 1 porção da argila amostrada 34Arg misturada com 3 porções de 35Arg; (4-5 m) = espessura média estimada da camada de argila.
3. Análises: Qui= química, Tecn= tecnológica

Quadro 7.6 - Identificação, localização, descrição e tipos de análises realizados em amostras de argila da região de Itabaianinha

onde prevalece uma menor energia de transporte fluvial. Com o baixo gradiente fluvial e o suprimento de sedimentos finos (gnaisses alterados), os vales foram preenchidos por sedimentos argilosos, com deposição em ambientes fluviais, lacustrinos e de inundação, de baixa energia. Os rios Arauá e Itamirim são os principais drenos regionais.

Os depósitos de várzea apresentam, em média, espessuras em torno de 5 m e larguras da ordem de 50 m (250 m² de seção transversal), com uma argila cinza escura, relativamente homogênea, muito plástica e macia ao tato quando umedecida, dura e com

rachaduras quando seca (**fotos 7.7 e 7.8**).

O "selão" mais comumente usado é produto da decomposição de gnaisses do embasamento arqueano, que se distribuem numa faixa meridiana com larguras entre 12 e 20 km (**figura 7.2 e mapa geológico 1:300.000, anexo**). Com as variações litológicas e da profundidade da alteração, são encontrados tipos variados de "selão". Em níveis mais profundos é um material argiloso pintalgado, com manchas mais claras da alteração feldspática em meio avermelhado da alteração de minerais ferromagnesianos (biotita principalmente). Próximo à superfície,



Foto 7.7 - Depósito de argila de várzea. Fazenda Barreira, município de Itabaianinha (amostra 48Arg).



Foto 7.8 - Lavra de argila em várzea profunda. Fazenda Diamante, município de Itabaianinha (amostra 55Arg).

o material é mais alterado, sendo mais homogêneo, com coloração avermelhada. A proporção de argila/grãos de quartzo do “selão” varia a depender da composição mineralógica dos gnaisses (**foto 7.9**).

• **Produção atual: processo produtivo, destinação e preços**

As cerâmicas utilizam uma mistura tradicional de argila cinza escura, plástica, de várzea, com argilas denominadas “selão”, fundentes e menos plásticas, avermelhadas, provenientes da decomposição de gnaisses. Nas misturas prontas, em geral predomina a argila de várzea, em proporções que variam de 40 a 80% da massa.

Argilas de várzea e de “selão” são lavradas de forma similar: procede-se a limpeza da superfície do terreno com tratores de esteira e o desmonte/carregamento com auxílio de retro e pás carregadeiras ou escavadeiras hidráulicas. O transporte é feito pela própria cerâmica ou é terceirizado. Uma boa parte dos terrenos lavrados, tanto para argilas de várzea como para “selão”, é comprada pelas cerâmicas. Em geral a permissão para a retirada das argilas é obtida sem grandes dificuldades, algumas vezes em troca do preparo de tanques para criação de peixe nas cavas esgotadas.

Estima-se que sejam retiradas cerca de 900.000 t/ano de argila de várzea para cerâmica na região de Itabaianinha (425 mil milheiros de blocos e telhas x 2 t/milheiro x 0,6 na mistura x 1,8 de densidade aparente, base seca) e 580.000 t/ano de “selão” de gnaisses (360 mil milheiros de blocos x 2 t/milheiro x 0,4 na mistura x 2,0 de densidade aparente a seco).

As cerâmicas mais modernas deixam as argilas “descansarem” durante cerca de um ano, de modo a possibilitar uma maior decomposição dos seus componentes minerais, bem como providenciam uma homogeneização da umidade das argilas, principalmente as de várzea, antes da fabricação dos blocos (**foto 7.10**).

Os blocos de 6 furos são produzidos em tamanhos padronizados: grande (9x19x24cm), médio (9x14x24cm) e pequeno (9x14x19cm), conformados por extrusão (ma-

rombas) e queimados em fornos intermitentes ou de fogo contínuo, em temperaturas próximas de 800 a 850 °C, após secagem (**foto 7.11**). Como combustíveis são consumidos principalmente resíduos de eucalipto, bambu e algaroba vindos da Bahia, a um preço que varia de R\$ 25,00 a 50,00/m³ (preços de 2010), com um consumo médio de 0,5 m³/milheiro de blocos. Como alternativa, está em estudo o uso de capim elefante.

Aproximadamente 80% da produção de cerâmica vermelha de Itabaianinha são comercializadas no Estado da Bahia, principalmente na RM de Salvador, enquanto o restante é consumido em Sergipe. O valor de vendas local varia de R\$ 250,00 a 150,00/milheiro), conforme o tamanho dos blocos, com fretes da ordem de R\$ 40,00/milheiro para a RMA e de R\$ 90,00/milheiro para Salvador, lembrando que o peso do milheiro varia de 2,5 a 1,5 t (entre blocos grandes e pequenos).

Existe ainda uma razoável produção de telhas coloniais extrudadas na região, produzindo peças de cores branca e creme, fabricadas por cerâmicas mecanizadas (**fotos 7.12 e 7.13**) e olarias de produção manual. Essas cerâmicas misturam as argilas de várzea da região de Itabaianinha que, por serem muito pesadas (densas) e “ligentas” (com elevado percentual de caulim), exige mais energia (lenha) para queima, com 2 tipos de argila, azul e preta, provenientes do município de Itapicuru, Bahia, misturados em partes iguais.

Cada cerâmica produz em média 12.000 a 15.000 telhas por dia, durante 20 dias por mês, gerando cerca de 15 empregos diretos e 10 indiretos na produção. As olarias produzem individualmente cerca de 4.000 peças por semana, trabalhando com aproximadamente 6 a 8 componentes de uma mesma família.

As argilas vindas das várzeas do rio Itapicuru, distantes cerca de 60 km de Itabaianinha, custam R\$ 360,00 a caçamba de 12 m³ (preço de 2010). Esse volume de argila, misturado com as argilas de várzea locais, possibilita a fabricação de 12.000 telhas brancas. Cerca de 70 por cento delas são vendidas para os estados vizinhos, principalmente para a Bahia, e o restante comercia-



Foto 7.9 - Lavra de gnaiss intemperizado (“selão”), próxima do povoado Jardim, município de Itabaianinha (amostras 34Arg e 56Arg).



Foto 7.10 - Galpão para homogeneização de argila da Cerâmica São José, município de Itabaianinha.



Foto 7.11 - Galpão de secagem de blocos da Cerâmica São José, município de Itabaianinha.



Foto 7.12 – Processo de produção de telha colonial no município de Itabaianinha.



Foto 7.13 - Telha colonial extrudada. Município de Itabaianinha.

lizado no Estado de Sergipe. A RMA consome telhas dos estados da Bahia, Rio Grande do Norte e Espírito Santo, e parte da produção de Itabaianinha.

A lenha empregada, principalmente de eucaliptos, comprada na região de Entre Rios – Esplanada (Bahia) custa R\$ 50,00/m³, sendo necessários 2 m³ para queimar 1.000 telhas a 650°C, em fornos simples, tipo “Pé no Chão”. As telhas são vendidas em média por R\$ 220,00 a R\$ 320,00/milheiro (telhas pequenas e grandes), nas cerâmicas.

Os fornos atualmente existentes em Itabaianinha não são apropriados para fabricação de telhas vermelhas, que exigem temperaturas mais elevadas de queima (850 a 900°C), em equipamentos mais modernos.

- **Qualidade**

No Quadro 7.6 são identificadas e localizadas as amostras dos depósitos de argila visitados na região de Itabaianinha,

classificadas por tipo, com indicação das análises realizadas. No quadro 7.7 são apresentados os resultados das análises químicas, com o cálculo estimativo da composição mineral e no quadro 7.8 os resultados dos testes tecnológicos. As médias dos resultados obtidos, por tipo de argila, foram resumidas no quadro 7.2.

No aspecto químico/mineralógico verifica-se certa homogeneidade na composição das argilas de várzea, com pouca variação nas proporções de quartzo, caulinita, hidróxidos de Fe e K- minerais. Comparativamente, os “selões” mostram variações apreciáveis, principalmente quanto à presença de caulinita e K- minerais. Em média, os teores de K₂O (K- minerais) são maiores nos “selões”. Os teores um pouco mais elevados de Ca e Mg nas argilas de várzea podem ser devidos à presença de minicarapaças de conchas lacustrinas e/ou alguma quantidade de esmectita, ambos pouco deletérios em pequenas quantidades. Os teores um pouco mais elevados de Na nas várzeas deve-se a

| Amostra | | Análises químicas (%) | | | | | | | Mineralogia aproximada (%) | | | |
|---------|------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-------------------|------------------|----------------------------|------|-----|--------|
| Nº | Tipo | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | caul | qtzo | Kmi | Outros |
| 33Arg | M | 63,8 | 16,4 | 7,9 | 0,7 | 1,0 | 0,8 | 1,4 | 25 | 44 | 20 | 11 |
| 50Arg | M | 65,9 | 18,9 | 3,7 | 0,4 | 0,5 | 1,0 | 1,7 | 28 | 42 | 24 | 6 |
| 51Arg | M | 66,9 | 16,6 | 4,0 | 1,5 | 1,0 | 2,4 | 1,7 | 22 | 46 | 24 | 8 |
| 54Arg | M | 52,9 | 24,8 | 7,3 | 1,0 | 1,1 | 0,9 | 1,9 | 41 | 22 | 27 | 10 |
| 60Arg | M | 65,4 | 18,7 | 4,7 | 0,8 | 0,9 | 1,6 | 2,0 | 23 | 42 | 28 | 7 |
| 61Arg | M | 68,2 | 15,6 | 4,6 | 1,3 | 1,0 | 1,9 | 1,9 | 16 | 49 | 27 | 8 |
| 35Arg | V | 62,1 | 18,8 | 6,2 | 0,8 | 1,4 | 1,2 | 2,3 | 20 | 39 | 32 | 9 |
| 48Arg | V | 61,4 | 21 | 4,8 | 0,8 | 0,9 | 1,7 | 1,7 | 33 | 35 | 25 | 7 |
| 53Arg | V | 54,9 | 22,2 | 6,6 | 1,4 | 1,5 | 1,8 | 1,6 | 37 | 28 | 23 | 12 |
| 55Arg | V | 63,8 | 18,4 | 6,2 | 0,5 | 0,9 | 0,7 | 1,6 | 27 | 41 | 23 | 8 |
| 58Arg | V | 64,5 | 16,7 | 4,4 | 2,7 | 1,3 | 1,7 | 1,8 | 20 | 44 | 26 | 10 |
| 62Arg | V | 67,9 | 16,4 | 4,5 | 0,7 | 1,0 | 2,6 | 2,0 | 16 | 48 | 29 | 7 |
| 34Arg | G | 64,1 | 18,7 | 8,2 | 0,0 | 0,4 | <0,1 | 0,7 | 40 | 42 | 10 | 8 |
| 49Arg | G | 62,2 | 21,3 | 3,5 | 0,0 | 0,3 | 0,2 | 3,7 | 7 | 35 | 53 | 5 |
| 52Arg | G | 71,7 | 18,1 | 2,6 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 1,2 | 31 | 49 | 16 | 4 |
| 56Arg | G | 64,7 | 18 | 8,9 | 0,1 | 0,5 | <0,1 | 0,7 | 38 | 42 | 10 | 10 |
| 57Arg | G | 68,1 | 19,2 | 3,2 | 0,0 | 0,1 | <0,1 | 0,3 | 46 | 45 | 4 | 5 |
| 59Arg | G | 67,2 | 19,6 | 2,1 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 5,1 | 2 | 34 | 61 | 3 |
| 63Arg | G | 68,3 | 18,5 | 2,6 | 0,0 | 0,4 | 0,2 | 3,5 | 3 | 45 | 47 | 5 |

Notas:

- Tipos: M= mistura pronta retirada da entrada da maromba; V= plástica, escura, de várzea; G= gnaisses alterados ("selão").
- Mineralogia (% aproximada a partir da análise química): caul= caulinita, qtzo=quartzo, Kmi= minerais de K (ilita/micas/sericita/felspató), Outros= incluem hidróxidos de Fe, eventuais carbonatos e sais solúveis.

Quadro 7.7 - Análises químicas e composição mineralógica aproximada de amostras de argila da região de Itabaianinha

uma provável maior salinidade em ambientes fechados e lacustrinos. As amostras de maromba coletadas nas cerâmicas, com o "selão" de gnaiss, refletem resultados intermediários proporcionais, com variações pouco significativas sob o aspecto químico/mineralógico.

Os resultados tecnológicos das amostras de maromba exibem, de forma geral, menor retração e maior resistência após a secagem, em relação às argilas de várzea,

justificando o efeito benéfico da adição do "selão". O mesmo pode ser dito em relação à retração, resistência e absorção d'água, após a queima em 3 temperaturas.

Acredita-se, diante dos resultados apresentados, que a adição do "selão" às massas cerâmicas tenha efeito benéfico mais pela sua constituição granulométrica (mais grosseira), que pelas diferenças químicas/mineralógicas para as argilas de várzea. Misturas mais grosseiras têm menor plasticidade.

| Amostra | | Ensaio tecnológicos | | | | | | | | | | | |
|---------|------|---------------------|-------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| Nº | Tipo | >#200 | <#325 | LP | UC | L110 | R110 | L850 | R850 | L950 | R950 | A850 | Cor850 |
| 33Arg | M | 24 | 71 | 27 | 16 | 5,1 | 88 | 0,6 | 172 | 1,2 | 192 | 11,8 | vermelho |
| 50Arg | M | 25 | 69 | 22 | 15,6 | 3,7 | 53 | 1 | 59 | 1,1 | 92 | 13,2 | laranja |
| 51Arg | M | 19 | 76 | 22 | 13,0 | 4,1 | 63 | 0,4 | 88 | 1,4 | 153 | 9,4 | marrom claro |
| 54Arg | M | 20 | 75 | 27 | 17,0 | 4,3 | 38 | 0,9 | 111 | 1,4 | 121 | 11,5 | vermelho |
| 60Arg | M | 21 | 74 | 23 | 17,9 | 6,1 | 76 | 0,5 | 117 | 1 | 156 | 11 | laranja |
| 61Arg | M | 20 | 75 | 21 | 14,5 | 5,2 | 78 | 0,1 | 120 | 0,8 | 154 | 10,2 | laranja |
| 35Arg | V | 1 | 97 | 26 | 15,6 | 5,6 | 88 | 1,4 | 249 | 1,2 | 304 | 7,2 | marrom claro |
| 48Arg | V | 7 | 89 | 25 | 17,0 | 5,4 | 63 | 1,7 | 201 | 2 | 179 | 9 | marrom claro |
| 53Arg | V | 4 | 93 | 28 | 20,3 | 7 | nd | 1,1 | nd | 1,7 | nd | 9,1 | marrom claro |
| 55Arg | V | 1 | 99 | 30 | 20,3 | 5,7 | 41 | 1,9 | 47 | 2,5 | 54 | 9,8 | marrom claro |
| 58Arg | V | 11 | 85 | 25 | 16,8 | 6,2 | 78 | 0,2 | 194 | 1,6 | 217 | 10,8 | laranja |
| 62Arg | V | 1 | 97 | 22 | 16,8 | 6,4 | 102 | 0,3 | 271 | 1,7 | 297 | 9,2 | laranja |
| 34Arg | G | 45 | 48 | 30 | 21,4 | 4,5 | 27 | 0,8 | 59 | 1,3 | 59 | 21,3 | vermelho |
| 49Arg | G | 62 | 31 | 27 | 17,1 | 4,1 | 11 | 0,1 | 10 | 0,7 | 17 | 18,3 | vermelho |
| 52Arg | G | 50 | 41 | 23 | 15,4 | 2,5 | 14 | 0,1 | 15 | 0,6 | 18 | 17,8 | bege |
| 56Arg | G | 40 | 56 | 34 | 19,9 | 6 | 10 | 0 | 14 | 0,6 | 17 | 23,2 | vermelho |
| 57Arg | G | 53 | 53 | 29 | 15,6 | 1,2 | 7 | 0,1 | 8 | 0,6 | 8 | 20,1 | vermelho |
| 59Arg | G | 45 | 51 | 23 | 15,5 | 2,9 | 9 | 0 | 14 | 0,5 | 16 | 17,1 | vermelho |
| 63Arg | G | 52 | 42 | 32 | 18,6 | 3 | 9 | 0,2 | 14 | 0,5 | 16 | 19,8 | bege |

Notas:

- Tipos: M= mistura pronta retirada da entrada da maromba; V= plástica, escura, de várzea; G= gnaisses alterados *in situ* ("selão").
- Ensaio tecnológicos: >#200 e <#325= % acumulada retida e passante nas respectivas peneiras (ABNT); LP= limite de plasticidade(%); UC= umidade de conformação (%); L110 e R110, L850 e R850, L950 e R950= retração linear (%) e módulo de resistência à flexão (Kgf/cm²), após secagem/queima a 110, 850 e 950 °C; A850= absorção d'água após queima a 850°C (%) e Cor850= cor após queima a 850°C.
- Referência de valores para cerâmica vermelha: (a) tijolos de alvenaria: R110>15 Kgf/cm²; R850>20 Kgf/cm²; (b) tijolos furados: R110>25 Kgf/cm²; R850>55 Kgf/cm² e A850<25%; (c) telhas: R110>30 Kgf/cm²; R850>65 Kgf/cm² e A850<20%.

Quadro 7.8 - Ensaio tecnológicos de amostras de argila da região de Itabaianinha

dade, menor retração à secagem e à queima, propiciando moldados a cru e produtos finais com maior resistência mecânica e menor absorção d'água.

• Reservas estimadas

Uma estimativa das reservas de argilas de várzea pode ser feita a partir da medição aproximada da extensão linear total dos drenos (várzeas), visíveis na folha Bo-

quim (SC.24-Z-C-III), da SUDENE (1973), na escala 1:100.000, e representados na figura 7.2. Numa área de 150 km² em torno de Itabaianinha, no domínio dos ortognaisses, chegou-se a um valor de 150 km de drenagens. Considerando que um perfil transversal médio de argila nessas várzeas tenha uma área de 250 m² (50 m de largura x 5 m de espessura) e que 70% das drenagens medidas tenham argila, resultaria numa reserva potencial aproximada de 47 milhões de toneladas

(150.000 m x 250 m² x 70% x 1,8 de densidade aparente, base seca). Desse valor potencial deve ser abatida a argila retirada nestes últimos 15 anos de consumo, avaliada em 9 milhões de t (900.000 t de consumo atual x 15 anos x 0.7 fator de redução pelo menor consumo inicial). Restaria uma reserva remanescente potencial de 38 milhões de t. Dessa reserva, considerando-se que pelo menos 70% das várzeas estejam disponíveis para serem negociadas para extração de argila, haveria uma reserva restante útil da ordem de 27 milhões de t, suficiente para cerca de 30 anos de vida útil, ao nível atual de consumo.

As áreas ainda disponíveis para produção do “selão” de gnaisses são expressivas, com menor ocupação do que as áreas de várzea. Uma área preservada com esta finalidade, com apenas 1 km², aproveitada em 50% da sua totalidade e lavrada até a profundidade de 6 m, daria uma reserva potencial aproximada de 6 milhões de t (1 milhão m² x 50% x 6 m x 2,0 de densidade aparente, base seca), suficiente para 10 anos de produção, ao nível atual de consumo.

Provavelmente, as considerações feitas acima justifiquem a pouca preocupação demonstrada pelos ceramistas de blocos, por ocasião das entrevistas, em relação à disponibilidade futura de reservas de argila na região.

• **Perspectivas futuras**

Com um mercado promissor de blocos, as perspectivas futuras para a cerâmica vermelha na região de Itabaianinha, considerados apenas os aspectos relacionados com a oferta de matérias-primas atualmente em uso, são favoráveis quanto à qualidade das argilas, misturas praticadas e disponibilidade futura de reservas. A usual combinação da argila plástica de várzea com proporções menores de “selão” da alteração dos gnaisses tem proporcionado massas apropriadas, com plasticidades e umidades adequadas para conformação, retrações aceitáveis à secagem e boas resistências a cru; e retrações moderadas, muito boas resistências e baixas absorções d'água após a queima (ver valores médios no **quadro 7.2**).

As estimativas de reservas para os

diversos tipos de argila mostram ampla disponibilidade futura para os “selões”, para os quais seria recomendável a reserva de áreas para sua retirada, em regime cooperado entre as cerâmicas. Esta medida reduziria custos de produção, facilitaria os entendimentos com os proprietários superficiais e a legalização da atividade mineira, com a devolução das áreas gradativamente esgotadas e devidamente recuperadas para outras ocupações.

As argilas recuperáveis de várzea mostram ainda grandes reservas e estariam esgotadas no prazo estimado de 30 anos, ao nível do consumo atual. A adoção de lavras cooperativadas, como sugerido para os “selões”, poderia preservar melhor as reservas de várzea, podendo ainda ser estudada sua possível redução na mistura pré-maromba, como sugerido para a região de Itabaiana.

Em relação à produção de telhas, face às dificuldades que ocorrem já na atualidade com o abastecimento de argilas vindas da Bahia, com seus custos elevados, os ceramistas já estudam a viabilidade econômica de instalar fornos adequados às argilas locais, ou mesmo a transferência de suas unidades produtoras para o território baiano.

7.3.3 Região de Siriri-Muribeca

Terceira maior produtora estadual de cerâmica vermelha, a região de Siriri – Muribeca está localizada no Leste Sergipano (SEPLAN, 2008), distante cerca de 40 a 60 km da RMA. Com 9 cerâmicas operando em 2010, sendo uma de porte grande (produção acima de 24 milhões de peças/ano), 4 de porte médio (produção individual entre 12 e 24 milhões de peças/ano) e 4 de porte pequeno (produção inferior a 12 milhões/ano), fabrica aproximadamente 130 milhões de blocos furados por ano, gerando cerca de 400 empregos diretos. Foram entrevistadas 4 cerâmicas, com coleta de amostra da mistura de argilas pré-maromba.

• **Localização e domínio geológico**

As unidades cerâmicas e os depósitos de argila lavrados situam-se num raio inferior a 8 km da cidade de Siriri (8 mil habitantes) ou de Muribeca (8 mil habitantes),

próximas ao eixo das principais estradas que cruzam a região, BR-101, SE-206, SE-306, SE-412 e SE-422, como ilustra a disposição das 13 amostras de argila coletadas e sua localização, com os tipos de análises realizados, na figura 7.3 e no quadro 7.9.

As argilas de várzea são encontradas em quase todos os drenos naturais, incluindo as drenagens secundárias dos tributários dos rios Siriri, Japarutuba e Japarutuba Mirim, que assentam sobre os sedimentos da Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas e nos entalhes dos tabuleiros de cobertura constituídos por camadas horizontais do Grupo Barreiras. O pequeno gradiente dos drenos e o aporte dominante de sedimentos argilosos (da bacia sedimentar e do Grupo Barreiras) promovem o preenchimento dos vales por depósitos argilosos, em ambientes fluviais, lacustrinos e de inundação, de baixa energia. Os depósitos de várzea apresentam, em média, espessura de 4 m e largura da ordem de 40 m (160 m² de seção transversal), com uma argila cinza escura, relativamente homogênea, muito plástica e macia ao tato quando umedecida, dura e com rachaduras quando seca (**fotos 7.14 e 7.15**).

Os “selões” mais comumente usados são os sedimentos areno-argilosos das camadas do Grupo Barreiras, abundantes e de natureza variada, nos tabuleiros que dominam a região. Subordinadamente, podem ser usados como “selão” produtos da intemperização dos siltitos micáceos da Formação Riachuelo, da Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas (**fotos 7.16 e 7.17**).

• **Produção atual: processo produtivo, destinação e preços**

As misturas de argilas usadas pelas cerâmicas são muito variadas, utilizando desde a composição tradicional de argila cinza escura, plástica, de várzea, com argilas denominadas “selão”, fundentes, avermelhadas e menos plásticas, na proporção 2 para 1 (amostra 102Arg, **quadro 7.9**), na proporção 3 para 1 (amostra 38Arg), em partes iguais, adicionando 10% de siltitos micáceos da Formação Riachuelo (amostra 32Arg), até argilas de um mesmo depósito, cuja parte superficial é mais arenosa (amostra 40Arg). Como “selões” são usados sedimentos do Grupo Barreiras e, eventual-

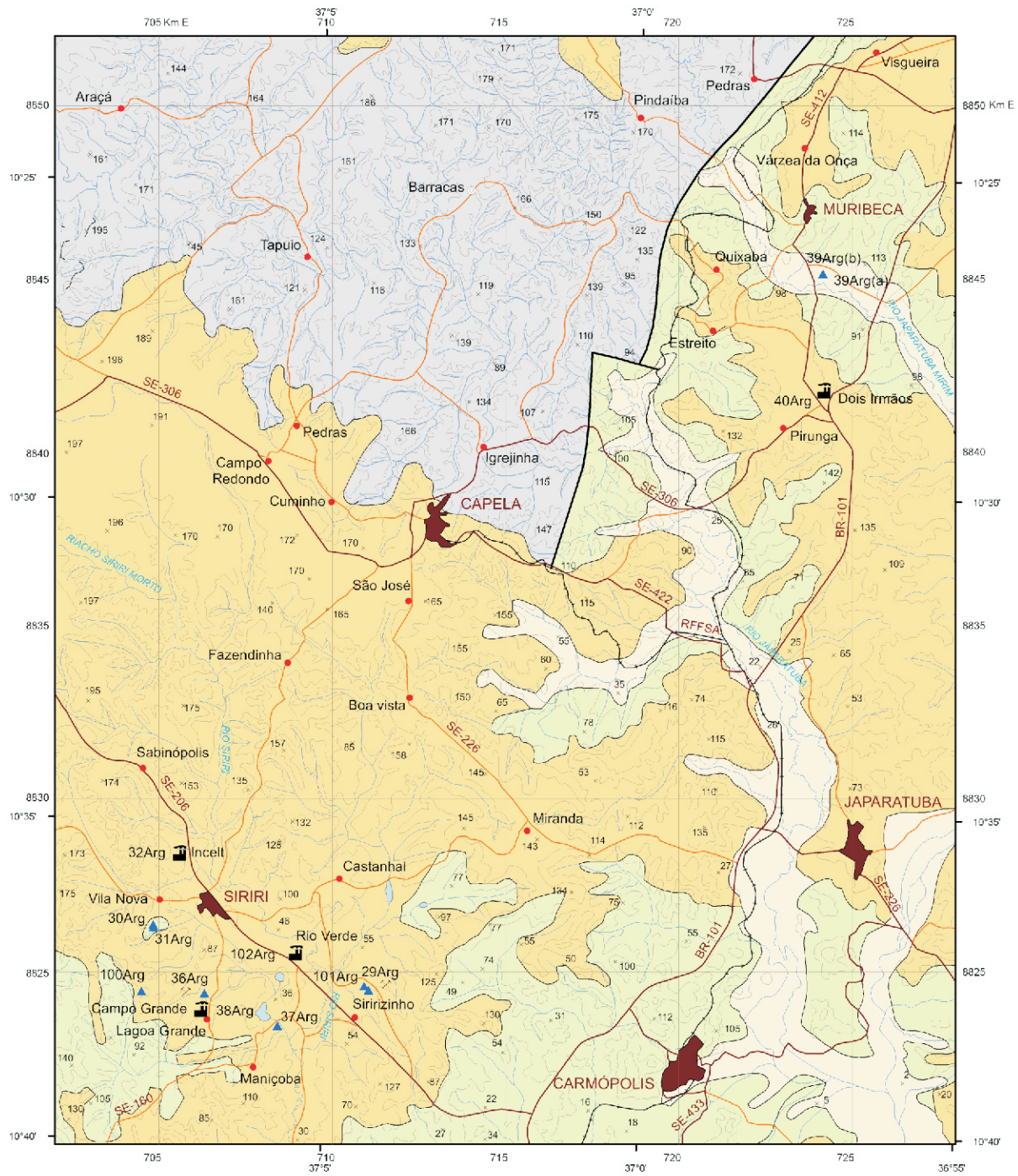
mente, siltitos micáceos da Formação Riachuelo. Nas misturas prontas predominam assim as argilas plásticas de várzea.

Argilas de várzea e “selão” são lavradas de forma similar: procede-se a limpeza superficial com tratores de esteira e o desmonte/carregamento com auxílio de retro e pás carregadeiras ou escavadeiras hidráulicas. O transporte é feito pela própria cerâmica ou é terceirizado. Uma parte dos terrenos lavrados, tanto para argilas de várzea, como para “selão”, é comprada pelas cerâmicas. Quase sempre o proprietário superficial quer vender a propriedade ou comercializar a argila, cobrando R\$ 30,00/caçamba de 12 m³ retirada do depósito (preço de 2010), com o ônus da extração e transporte assumido pela cerâmica.

Estima-se que sejam retiradas cerca de 280.000 t/ano de argila de várzea para as cerâmicas na região de Siriri - Muribeca (130 mil milheiros de produção x 2 t/milheiro x 60% na massa x 1,8 de densidade aparente, base seca) e 210.000 t/ano de selão (130 mil milheiros x 2 t/milheiro x 40% na massa x 2,0 de densidade aparente, a seco).

Em que pese o empenho dos ceramistas da região em legalizar a extração das argilas utilizadas, essas lavras têm sido impedidas de regularizar-se por estarem localizadas dentro da área da Portaria de Lavra nº 78.716, publicada em 12.11.1976, que garante à PETROBRAS o direito sobre os bens minerais existentes dentro de um polígono que abrange terras de 10 municípios sergipanos, para exploração de depósitos de sais de potássio localizados em profundidade, atualmente arrendada à Companhia Vale do Rio Doce. Importante salientar que os depósitos de argila, tanto os de várzea, como os de “selões”, são superficiais, nunca ultrapassando sua extração mais do que 6 m de profundidade, enquanto os depósitos de sais localizam-se a profundidades superiores a 300 m.

Os blocos de 6 furos são produzidos em tamanhos padronizados: grande (9x19x24 cm) e pequeno (9x14x19 cm), conformados por extrusão (marombas) e queimados em fornos intermitentes ou de fogo contínuo, em temperaturas de 800 a 850°C. Como combustível são consumidos principal-



Base Cartográfica baseada na folhas Aracaju (SC.24-Z-B-IV), Japarutuba (SC.24-Z-B-V), Gracho Cardoso (SC.24-Z-B-I) e Propriá (SC.24-Z-B-II), 1:100.000, da SUDENE (1974, 1983, 1973) e do DSG (1994).

Geologia compilada de Souza & Santos (1997) e Delgado et al. (2003).

ESCALA



| CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS | | CONVENÇÕES GEOLÓGICAS | | | | | | | |
|--------------------------|----------|-----------------------|--------------------------|--|---|--|---|--|----------------------------------|
| | Cidade | | Rodovia pavimentada | | Curva em nível (equidistância de 40m) | | Depósitos aluvionares, lagunares e arenosos | | Falha |
| | Vila | | Rodovia sem pavimentação | | Lagoa | | Sedimentos do Grupo Barreiras | | 37 Arg Ponto amostrado de argila |
| | Povoado | | Estrada de Ferro | | Hidrografia | | Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas | | Lavra ativa |
| | Cerâmica | | Ponto cotado (m) | | Metassedimentos da Faixa de Dobramentos Sergipana | | | | |

Figura 7.3 - Cerâmicas e depósitos de argila amostrados da região de Siriri - Muribeca

| Amostra | | Localização (UTM) | | | Descrição | Análises | |
|---|------|-------------------|---------------|----------|---|----------|------|
| Nº | Tipo | Latitude (m) | Longitude (m) | Cota (m) | | Qui | Tecn |
| Região de Siriri/Muribeca | | | | | | | |
| 32Arg | M | 8.828.426 | 705.757 | 85 | Cer. Incelte (45% de 29Arg + 45% de 30Arg + 10% de 31Arg) | x | x |
| 38Arg | M | 8.823.902 | 706.353 | 94 | Cer. Campo Grande (1/4 de 36Arg + 3/4 de 37Arg) | x | x |
| 40Arg | M | 8.841.442 | 724.122 | 141 | Cer. Dois Irmãos (39Arg(a) + 39Arg(b)) | x | x |
| 102Arg | M | 8.825.472 | 708.700 | 59 | Cer. Rio Verde (2/3 de 100Arg + 1/3 101Arg) | x | x |
| 30Arg | V | 8.826.290 | 704.841 | 65 | Faz. Alecrim, várzea larga (3 m) | x | x |
| 37Arg | V | 8.823.456 | 708.413 | 38 | Faz. Maniçoba, várzea profunda (5-7 m) | x | x |
| 39Arg(a) | V | 8.845.140 | 724.164 | 59 | Faz. Feiticeira, camada basal, mais plástica | x | x |
| 39Arg(b) | V | 8.845.140 | 724.164 | 61 | Faz. Feiticeira, camada topo, mais arenosa | x | x |
| 100Arg | V | 8.824.458 | 704.489 | 71 | Faz Alecrim, várzea larga (3 m) | x | x |
| 29Arg | B | 8.824.582 | 711.006 | 72 | Depósito Siririzinho, frente de lavra | x | x |
| 31Arg | S | 8.826.368 | 704.832 | 60 | Faz. Alecrim, Fm. Riachuelo, siltitos micáceos | x | |
| 36Arg | B | 8.824.392 | 706.311 | 77 | Povoado Lagoa Grande, frente de lavra | x | x |
| 101Arg | B | 8.824.556 | 711.016 | 75 | Depósito Siririzinho, frente de lavra | x | x |
| Região de Propriá/Santana do São Francisco | | | | | | | |
| 43Arg | M | 8.866.750 | 736.457 | 85 | Cer. Amorim (3/5 de 42Arg + 1/5 de 41Arg + 1/5 de 44Arg) | x | x |
| 47Arg | M | 8.866.784 | 736.511 | 81 | Cer. Paraíso (2/3 de 46Arg + 1/3 de 45Arg) | x | x |
| 103Arg | M | 8.861.360 | 761.721 | 56 | Cer. Santana do São Francisco (100% de 103Arg) | x | x |
| 106Arg | M | 8.861.200 | 762.748 | 12 | Cer. Fênix (1/2 de 104Arg + 1/2 de 105Arg) | x | x |
| 107Arg | M | 8.861.116 | 762.008 | 27 | Cer. Carrapicho (100% de 107Arg) | x | x |
| 41Arg | V | 8.865.666 | 745.717 | 9 | Rch. Cotinguiba, várzea rasa (2 m) | x | x |
| 42Arg | V | 8.866.658 | 731.950 | 11 | Cedro de São João, tanques para peixes (3-4 m) | x | x |
| 46Arg | V | 8.867.654 | 740.994 | 7 | Povoado São Vicente, tanques para peixes (3 m) | x | x |
| 103Arg | V | 8.861.912 | 762.037 | 5 | Depósito Carrapicho, argila micácea | x | x |
| 104Arg | V | 8.861.148 | 762.655 | 13 | Cer. Fênix, cobertura areno-argilosa (1,5 m) | x | x |
| 105Arg | V | 8.861.148 | 762.655 | 11 | Cer. Fênix, camada basal, argila plástica (2 m) | x | x |
| 107Arg | V | 8.862.864 | 761.427 | 6 | Sítio Valentim, argila plástica arenosa (6 m) | x | x |
| 108Arg | V | 8.861.858 | 762.036 | 11 | Depósito Carrapicho, argila para artesanato | x | |
| 44Arg | S | 8.854.584 | 729.354 | 135 | Fm. Penedo, arenito intemperizado com feldspato e mica | x | x |
| 45Arg | S | 8.868.076 | 738.071 | 12 | Assentamento Padre Cícero, xisto do Gr. Macururé | x | x |
| Região de Simão Dias | | | | | | | |
| 65Arg | M | 8.809.202 | 626.242 | 256 | Cer. Norberto Alves (4/5 de 64Arg + 1/5 de 64Arg(a)) | x | x |
| 66Arg | M | 8.808.518 | 627.379 | 264 | Cer. Santana (4/5 de 67Arg(a) + 1/5 de 67Arg) | x | x |
| 64Arg | S | 8.807.604 | 628.268 | 255 | Mata do Peru, Fm. Frei Paulo, argila arenosa | x | x |
| 64Arg(a) | S | 8.807.604 | 628.268 | 257 | Mata do Peru, Fm. Frei Paulo, saprólito | x | x |
| 67Arg | S | 8.807.212 | 629.090 | 243 | Mata do Peru, Fm. Frei Paulo, saprólito | x | x |
| 67Arg(a) | S | 8.807.212 | 629.090 | 241 | Mata do Peru, Fm. Frei Paulo, argila arenosa | x | x |
| Região de N. Senhora das Dores | | | | | | | |
| 109Arg | V | 8.852.672 | 695.683 | 214 | Mun. Cumbe, Faz. Santa Cruz, várzea rasa (2 m) | x | |

Notas:

- Tipos: M= mistura pronta retirada da entrada da maromba; V= plástica, escura, de várzea; B= argilas do Grupo Barreira ("selão"); S= argilas de alteração ("selão") de rochas diversas (siltitos, xistos, etc.).
- Descrição: 1/4 de 36Arg + 3/4 de 37Arg = 1 porção da argila amostrada 36Arg misturada com 3 porções de 37Arg; (2 m) = espessura média estimada da camada de argila.
- Análises: Qui=química, Tecn=tecnológica

Quadro 7.9 - Identificação, localização, descrição e análises realizadas em amostras de argila das regiões de Siriri-Muribeca, Propriá-Santana do São Francisco Simão Dias e Nossa Senhora das Dores



Foto 7.14 - Início de lavra de argila de várzea. Fazenda Alecrim, município de Siriri (amostra 30Arg).



Foto 7.15 - Lavra de argila de várzea em tanques já delimitados. Fazenda Feiticeira, município de Muribeca - amostras 39Arg (a) e 39Arg(b).



Foto 7.16 - Sedimentos do Grupo Barreiras lavrados para “selão”. Depósito Siririzinho, município de Siriri (amostra 29Arg).



Foto 7.17 - Lavra de siltitos argilosos, micáceos, da Formação Riachuelo, usados como fundente. Fazenda Alecrim, município de Siriri (amostra 31Arg).

mente lenha do sertão baiano de Euclides da Cunha e Canudos (R\$ 45,00/m³), aparas de eucalipto de Rio Real, Bahia (R\$ 50,00/m³) e algaroba de Jeremoabo (Bahia) custando R\$ 60,00/m³.

Interessante observar que, ao contrário do mercado consumidor de Itabaianinha, que prefere blocos grandes, a região de Siriri-Muribeca produz 90% de blocos pequenos e apenas 10% de blocos grandes. Cerca de 80% dessa produção é vendida no Estado de Alagoas, entre Arapiraca e Maceió, e o restante em Sergipe.

Os blocos pequenos são vendidos na faixa de R\$ 135,00 a R\$ 150,00/milheiro nas cerâmicas, enquanto os grandes situam-se entre 230,00 e 270,00 (preços de 2010). O frete pago pelo comprador custa em média R\$ 600,00 para Maceió (220 km), R\$ 450,00 para Arapiraca (120 km) e R\$ 200,00 para Aracaju (70 km), no transporte de 10.000 blocos pequenos.

• **Qualidade**

No quadro 7.9 são identificadas e localizadas as amostras dos depósitos de argila visitados na região de Siriri-Muribeca, classificadas por tipo, com indicação das análises procedidas em cada amostra. No quadro 7.10 são apresentados os resultados das análises químicas, com o cálculo estimativo da composição mineral, e no quadro 7.11 são apresentados os resultados dos testes tecnológicos. As médias dos resultados obtidos, por tipo de argila e por região produtora, são resumidas no quadro 7.2.

No aspecto químico/mineralógico verifica-se certa homogeneidade na composição das argilas de várzea, com pouca variação nas proporções de quartzo, caulinita, hidróxidos de Fe e K- minerais. Comparativamente, as argilas de várzea são relativamente similares aos “selões” do Grupo Barreiras. Já os siltitos da Formação Riachuelo são significativamente mais ricos em K- minerais e pobres em caulinita. Os teores um pouco mais elevados de Ca e Mg em algumas argilas de várzea podem ser devidos à presença de minicarapaças de conchas lacustrinas e/ou alguma quantidade de esmectita, ambos pouco deletérios em

pequenas quantidades. Os teores um pouco mais elevados de Na nas amostras de várzea deve-se a uma provável maior salinidade em ambientes fechados e lacustrinos.

As amostras de maromba com os diversos “selões” usados na mistura refletem resultados intermediários proporcionais, com variações pouco significativas sob o aspecto químico/mineralógico. Os resultados tecnológicos das amostras de maromba exibem, de forma geral, menor retração e maior resistência após secagem, em relação às argilas de várzea, justificando o efeito benéfico da adição do “selão”. O mesmo pode ser dito em relação à retração, resistência e absorção d'água, após a queima em 3 temperaturas.

Acredita-se, diante dos resultados apresentados, que a adição do “selão” às massas cerâmicas tenha efeito benéfico mais pela sua constituição granulométrica (quartzosa, mais grosseira), do que pelas diferenças químicas/mineralógicas para as argilas de várzea. Misturas mais grosseiras têm menor plasticidade, menor retração à secagem e à queima, propiciando moldados a cru e produtos finais com maior resistência mecânica e menor absorção d'água. O “selão” de siltito da Formação Riachuelo, além dos efeitos benéficos da sua granulometria, provavelmente favorecerá a queima pelo seu maior teor de fundentes.

• **Reservas estimadas**

Uma estimativa das reservas de argila de várzea pode ser feita a partir da medição aproximada da extensão linear total dos drenos (várzeas) na região. Avaliados na figura 7.3, em áreas de 100 km² em torno de Siriri e Muribeca, chegou-se a uma extensão linear total estimada de 150 km. Considerando que um perfil transversal médio de argila nestas várzeas tenha uma área de 160 m² (40 m de largura x 4 m de espessura) e que 70% das drenagens medidas tenham argila, resultaria numa reserva potencial aproximada de 30 milhões de toneladas (150 mil m x 160 m² x 70% x 1,8 de densidade aparente, base seca). Desse valor potencial deve ser abatida a argila retirada nestes últimos 12 anos de consumo, avaliada em 2 milhões de t (280 mil t de consumo atual x 12 anos x 0,7 fator de redução pelo menor consumo inicial).

| Amostra Nº | Tipo | Análises químicas (%) | | | | | | | Mineralogia aproximada (%) | | | |
|---------------|------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-------------------|------------------|----------------------------|------|-----|--------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | caul | qtzo | Kmi | Outros |

Região de Siriri - Muribeca

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|------|------|------|------|------|------|------|----|----|----|----|
| 32Arg | M | 66,7 | 15,7 | 6,5 | 1,0 | 0,7 | 0,2 | 1,3 | 24 | 48 | 18 | 10 |
| 38Arg | M | 65,0 | 17,8 | 6,4 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 1,1 | 31 | 44 | 16 | 9 |
| 40Arg | M | 59,0 | 19,3 | 8,7 | 0,3 | 1,3 | 1,0 | 2,0 | 24 | 36 | 28 | 12 |
| 102Arg | M | 74,9 | 12,9 | 5,44 | 0,14 | 0,32 | 0,19 | 0,81 | 23 | 59 | 11 | 7 |
| 30Arg | V | 60,8 | 19,0 | 7,0 | 0,7 | 1,1 | <0,1 | 1,3 | 33 | 38 | 18 | 11 |
| 37Arg | V | 69,4 | 13,8 | 5,0 | 0,0 | 0,4 | 0,2 | 0,8 | 26 | 53 | 11 | 10 |
| 39Arg(a) | V | 53,5 | 21,4 | 9,6 | 0,3 | 1,4 | 1,4 | 2,2 | 27 | 27 | 32 | 14 |
| 39Arg(b) | V | 61,8 | 16,4 | 7,6 | 0,3 | 0,9 | 1,2 | 2,0 | 18 | 41 | 29 | 12 |
| 100Arg | V | 71,8 | 14 | 4,74 | 0,63 | 0,51 | 0,2 | 0,86 | 26 | 55 | 12 | 7 |
| 29Arg | B | 67,1 | 16,3 | 7,6 | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 1,2 | 27 | 46 | 17 | 10 |
| 31Arg | S | 66,5 | 13,8 | 7,4 | 0,0 | 1,7 | 0,3 | 3,4 | 0 | 45 | 47 | 8 |
| 36Arg | B | 76,0 | 11,9 | 6,0 | 0,0 | <0,1 | <0,1 | 0,4 | 26 | 61 | 6 | 7 |
| 101Arg | B | 63,8 | 17,7 | 9,67 | 0,1 | 0,35 | 0,24 | 1,05 | 33 | 41 | 15 | 11 |

Região de Propriá - Santana do São Francisco

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|------|------|------|-------|------|------|------|----|----|----|----|
| 43Arg | M | 76,2 | 10,6 | 5,3 | <0,01 | <0,1 | <0,1 | 0,9 | 25 | 54 | 13 | 8 |
| 47Arg | M | 69,3 | 14,5 | 5,7 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 2,0 | 12 | 51 | 28 | 9 |
| 106Arg | M | 65,6 | 17,5 | 6,34 | 0,32 | 0,85 | 0,39 | 2,2 | 17 | 44 | 30 | 9 |
| 41Arg | V | 65,2 | 16,0 | 6,2 | 0,2 | 0,8 | 0,3 | 2,1 | 15 | 45 | 30 | 10 |
| 42Arg | V | 58,6 | 19,8 | 7,3 | 0,6 | 1,9 | 1,2 | 2,2 | 23 | 34 | 31 | 12 |
| 46Arg | V | 74,3 | 11,6 | 5,8 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 1,6 | 10 | 59 | 23 | 8 |
| 103Arg | V | 60,8 | 21,3 | 5,35 | 0,29 | 1,07 | 0,42 | 2,4 | 24 | 35 | 34 | 7 |
| 104Arg | V | 59,7 | 20,3 | 7,48 | 0,26 | 1 | 0,39 | 1,97 | 27 | 35 | 28 | 10 |
| 105Arg | V | 60,3 | 22 | 3,24 | 0,31 | 1,2 | 0,37 | 2,91 | 20 | 33 | 41 | 6 |
| 107Arg | V | 66 | 17,9 | 4,94 | 0,26 | 0,94 | 0,35 | 2,19 | 18 | 44 | 31 | 7 |
| 108Arg | V | 54,5 | 22,6 | 7,75 | 0,34 | 1,14 | 0,42 | 2,43 | 27 | 28 | 35 | 10 |
| 44Arg | S | 61,2 | 18,4 | 7,2 | 0,4 | 1,1 | 0,4 | 1,9 | 23 | 40 | 27 | 10 |
| 45Arg | S | 58,6 | 21,2 | 5,8 | 0,6 | 1,1 | 1,0 | 2,3 | 25 | 32 | 33 | 10 |

Região de Simão Dias

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|------|------|------|------|------|------|------|----|----|----|---|
| 65Arg | M | 71,6 | 14,8 | 5,63 | 0,22 | 1,06 | 0,31 | 2,26 | 9 | 52 | 32 | 7 |
| 66Arg | M | 71,3 | 14,6 | 4,5 | 0,14 | 1,41 | 0,94 | 3,19 | 2 | 51 | 41 | 7 |
| 64Arg | S | 70,5 | 15,7 | 3,92 | 0,17 | 1,02 | 1,52 | 3,42 | 2 | 48 | 44 | 6 |
| 64Arg(a) | S | 68,3 | 15,6 | 7,88 | 0,08 | 0,82 | 0,11 | 1,41 | 22 | 49 | 20 | 9 |
| 67Arg | S | 67,2 | 16,6 | 5,66 | 0,06 | 1,21 | 0,56 | 2,5 | 10 | 47 | 35 | 8 |
| 67Arg(a) | S | 73,3 | 14,5 | 3,19 | 0,05 | 1,64 | 1,3 | 2,93 | 2 | 52 | 40 | 6 |

Região de Nossa Senhora das Dores

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|------|------|------|------|------|------|-----|----|----|----|---|
| 109Arg | V | 66,6 | 18,8 | 3,94 | 0,24 | 0,83 | 0,87 | 1,5 | 30 | 42 | 21 | 7 |
|--------|---|------|------|------|------|------|------|-----|----|----|----|---|

Notas:

- Tipos: M= mistura pronta retirada da entrada da maromba; V= plástica, escura de várzea; B= argilas do Grupo Barreiras ("selão"); S= argilas de alteração ("selão") de rochas diversas (siltitos, xistos, etc.).
- Mineralogia (% aproximada a partir da análise química): caul= caulinita, qtzo=quartzo, Kmi= minerais de K (ilita/micas/sericita/felspatos), Outros= incluem hidróxidos de Fe, eventuais carbonatos, sais solúveis e matéria orgânica.

Quadro 7.10 - Análises químicas e composição mineralógica aproximada de amostras de argila das regiões de Siriri-Muribeca, Propriá-Santana do São Francisco, Simão Dias e Nossa Senhora das Dores

| Amostra | | Ensaio tecnológicos | | | | | | | | | | | |
|---------|------|---------------------|-------|----|----|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Nº | Tipo | >#200 | <#335 | LP | UC | L110 | R110 | L850 | R850 | L950 | R950 | A850 | Cor850 |

Região de Siriri - Muribeca

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|----|----|------|------|-----|----|-----|-----|-----|-----|------|----------|
| 32Arg | M | 15 | 77 | 27 | 16,4 | 5,0 | 74 | 0,3 | 180 | 1,0 | 220 | 12,1 | vermelho |
| 38Arg | M | 6 | 88 | 29 | 18,8 | 4,6 | 49 | 0,4 | 103 | 1,4 | 160 | 15,6 | laranja |
| 40Arg | M | 14 | 80 | 27 | 19,9 | 5,0 | 71 | 0,1 | 168 | 1,6 | 194 | 13,0 | laranja |
| 102Arg | M | 22 | 67 | 33 | 14,6 | 4,9 | 33 | 0,1 | 56 | 0,0 | 74 | 14,5 | vermelho |
| 30Arg | V | 3 | 95 | 36 | 22,3 | 6,7 | 16 | 1,5 | 47 | ND | ND | 6,0 | vermelho |
| 37Arg | V | 33 | 57 | 31 | 19,0 | 4,5 | 30 | 0,1 | 53 | 0,7 | 71 | 20,6 | laranja |
| 39Arg(a) | V | 5 | 91 | 33 | 19,8 | 4,7 | 52 | 0,3 | 208 | 2,5 | 293 | 14,8 | laranja |
| 39Arg(b) | V | 12 | 82 | 27 | 19,7 | 3,6 | 39 | 0,0 | 86 | 1,0 | 113 | 21,3 | laranja |
| 100Arg | V | 2 | 93 | 26 | 17,8 | 5,2 | 25 | 1,4 | 39 | 1,6 | 16 | 8,9 | laranja |
| 29Arg | B | 22 | 69 | 23 | 16,6 | 4,0 | 30 | 0,0 | 48 | 0,2 | 124 | 16,2 | vermelho |
| 36Arg | B | 38 | 51 | 20 | 13,7 | 2,6 | 7 | 0,1 | 12 | 0,0 | 16 | 17,2 | vermelho |
| 101Arg | B | 14 | 77 | 24,0 | 20,6 | 5,3 | 19 | 0,4 | 52 | 0,4 | 72 | 18,7 | vermelho |

Região de Propriá - Santana do São Francisco

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|----|-----|----|------|-----|----|-----|-----|-----|-----|------|----------|
| 43Arg | M | 12 | 86 | 29 | 18,6 | 5,4 | 85 | ND | ND | ND | ND | ND | vermelho |
| 47Arg | M | 8 | 85 | 25 | 16,1 | 5,1 | 60 | 0,2 | 131 | 1,1 | 183 | 13,4 | laranja |
| 106Arg | M | 6 | 90 | 26 | 18,0 | 5,1 | 57 | 0,2 | 134 | 1,1 | 168 | 13,1 | marrom |
| 41Arg | V | 10 | 87 | 25 | 18,8 | 5,3 | 40 | 0,2 | 67 | 1,5 | 134 | 15,3 | laranja |
| 42Arg | V | 3 | 93 | 32 | 17,9 | 6,0 | 42 | ND | ND | ND | ND | ND | marrom |
| 46Arg | V | 9 | 83 | 22 | 15,6 | 5,8 | 41 | 0,1 | 86 | 0,6 | 110 | 15,5 | vermelho |
| 103Arg | V | 1 | 98 | 23 | 20,3 | 3,3 | 27 | 0,4 | 44 | 1,9 | 132 | 14,7 | laranja |
| 104Arg | V | 0 | 99 | 25 | 19,9 | 5,7 | 74 | 0,3 | 163 | 1,1 | 191 | 14,5 | laranja |
| 105Arg | V | 0 | 100 | 30 | 20,6 | 5,9 | 37 | 1,0 | 149 | 3,1 | 45 | 13,9 | laranja |
| 107Arg | V | 2 | 96 | 24 | 20,2 | 5,5 | 62 | 0,2 | 94 | 1,2 | 109 | 16,0 | laranja |
| 44Arg | S | 59 | 29 | 14 | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| 45Arg | S | 2 | 97 | 36 | 20,9 | 5,2 | 21 | 1,7 | 226 | 3,3 | 97 | 9,9 | laranja |

Região de Simão Dias

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|----|----|----|------|-----|----|------|-----|-----|-----|------|----------|
| 65Arg | M | 18 | 74 | 24 | 16,0 | 5,3 | 59 | 0,4 | 93 | 0,5 | 210 | 11,5 | laranja |
| 66Arg | M | 19 | 69 | 28 | 16,8 | 5,4 | 69 | 0,6 | 123 | 0,3 | 192 | 12,0 | laranja |
| 64Arg | S | 38 | 50 | 25 | 17,0 | 5,7 | 55 | -0,3 | 102 | 0,1 | 134 | 12,6 | laranja |
| 64Arg(a) | S | 24 | 70 | 23 | 16,7 | 3,8 | 41 | 0,1 | 41 | 0,8 | 168 | 14,7 | vermelho |
| 67Arg | S | 4 | 92 | 29 | 20,6 | 6,9 | 68 | 0,5 | 137 | 0,7 | 267 | 13,2 | laranja |
| 67Arg(a) | S | 7 | 83 | 28 | 19,4 | 7,0 | 73 | 0,5 | 146 | 0,4 | 173 | 11,7 | laranja |

Notas:

- Tipos: M= mistura pronta retirada da entrada da maromba; V= plástica, escura de várzea; B= argilas do Grupo Barreiras ("selão"); S= argilas de alteração ("selão") de rochas diversas(siltitos, xistos, etc.).
- Ensaio tecnológicos: >#200 e <#325= % acumulada retida e passante nas respectivas peneiras (ABNT); LP= limite de plasticidade (%); UC= umidade de conformação (%); L110 e R110, L850 e R850, L950 e R950= retração linear (%) e módulo de resistência à flexão (Kgf/cm²), após secagem/queima a 110, 850 e 950°C; A850= absorção d'água após queima a 850°C (%) e Cor850= cor após queima a 850°C.
- Referência de valores para cerâmica vermelha: (a) tijolos de alvenaria: R110>15 Kgf/cm²; R850>20 Kgf/cm²; (b) tijolos furados: R110>25 Kgf/cm²; R850>55 Kgf/cm² e A850<25%; (c) telhas: R110>30 Kgf/cm²; R850>65 Kgf/cm² e A850<20%.

Quadro 7.11 - Ensaio tecnológicos de amostras de argila das regiões de Siriri-Muribeca, Propriá-Santana do São Francisco e Simão Dias

Restaria uma reserva remanescente potencial de 28 milhões de t. Dessa reserva, considera-se que pelo menos 60% das várzeas pertençam às cerâmicas ou ainda possam ser negociadas para extração, resultando numa reserva restante útil da ordem de 17 milhões de t, suficiente para cerca de 60 anos de vida útil, ao nível atual de consumo.

As áreas disponíveis para produção do “selão” nos tabuleiros do Grupo Barreiras são muito extensas e não oferecem limitações de reservas. Constitui preocupação para os ceramistas e para os órgãos governamentais o fato da maioria das várzeas da região de Siriri estar em áreas de concessão da PETROBRAS para exploração de sais de potássio, dificultando a legalização das extrações superficiais de argila.

• *Perspectivas futuras*

Com um mercado consumidor de blocos em expansão, as perspectivas futuras para a cerâmica vermelha na região de Siriri-Muribeca, consideradas apenas em relação às matérias-primas atualmente em uso, são favoráveis quanto à qualidade das argilas, misturas praticadas e disponibilidade futura de reservas. A combinação das argilas plásticas de várzea, em proporções variadas com “selão” do Grupo Barreiras e outros, tem proporcionado massas apropriadas com plasticidade e umidade adequadas para conformação, retrações aceitáveis à secagem e boas resistências a cru; e retrações moderadas, muito boas resistências e baixas absorções d’água após a queima (ver valores médios no **quadro 7.2**).

As estimativas de reservas para os diversos tipos de argila mostram ampla disponibilidade futura para os “selões” do Grupo Barreiras, para os quais seria recomendável a reserva de áreas para sua lavra, em regime cooperado entre as cerâmicas. Esta medida reduziria os custos de produção, facilitaria os entendimentos com os proprietários superficiários e a legalização da atividade mineira, diminuindo a clandestinidade e o descompromisso com a recomposição ambiental, possibilitando outros usos futuros das terras lavradas.

As argilas recuperáveis de várzea mostram ainda boas reservas e estariam esgotadas no prazo estimado de 60 anos, ao nível do consumo atual. A adoção de lavras cooperativadas, como sugerido para os “selões”, poderia preservar melhor as reservas de várzea, podendo ainda ser estudada sua possível redução na massa, como sugerido para a região de Itabaiana.

7.3.4 Região de Propriá - Santana do São Francisco

A região de Propriá-Santana do São Francisco, localizada no Baixo São Francisco Sergipano (SEPLAN, 2008), concentra sete cerâmicas operando nas proximidades do rio São Francisco, sendo quatro nos arredores de Propriá e três em Santana do São Francisco, distantes cerca de 90 km e 110 km, respectivamente, da RMA. Dessas unidades, uma é de porte grande, uma de porte médio e cinco são de porte pequeno, produzindo no conjunto cerca de 70 milhões de blocos/ano em 2010, sendo 80% no município de Propriá, e gerando 250 empregos diretos. Foram entrevistadas 5 cerâmicas, com coleta da mistura de argilas pré-maromba em 3 delas, enquanto duas estavam operando com um único tipo de argila.

• *Localização e domínio geológico*

As unidades cerâmicas de Propriá (28.000 habitantes) estão localizadas no seu centro industrial, às margens da BR-101, enquanto as unidades de Santana do São Francisco (7 mil habitantes), estão nos arredores e no centro da cidade, com acesso pela rodovia SE-304, por Neópolis, ou pela estrada asfaltada SE-200, a partir de Propriá, como mostra o mapa geológico 1:300.000, anexo. As 13 amostras de argila coletadas, com os tipos de análises realizados, estão relacionadas no quadro 7.9.

As argilas utilizadas pelas cerâmicas são retiradas das várzeas localizadas na margem direita do rio São Francisco e compõem os depósitos formados por sedimentos argilosos, argilo-arenosos e arenosos, com presença de matéria orgânica, que formam os terraços aluvionares. Esses materiais foram depositados nas planícies de inundação que margeiam o rio e sua compo-

sição argila/silte/areia depende da natureza da carga transportada e da variação da competência do rio no momento da sedimentação. O pequeno gradiente dos afluentes, localmente, favorece a deposição em ambientes fluviais, lacustrinos e de inundação, de baixa energia, assentados sobre micaxistos granatíferos, metarenitos, metassiltitos e filitos do Subdomínio Macururé, da Faixa de Dobramentos Sergipana, e sedimentos da Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas.

• **Produção atual: processo produtivo, destinação e preços**

As cerâmicas utilizam geralmente a tradicional mistura de argila cinza escura, plástica, de várzea (**foto 7.18**), com argilas denominadas “selão”, fundentes e menos plásticas. Como “selões” são usados, entre outros, os arenitos intemperizados da Formação Penedo, da Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas (amostra 44Arg, **foto 7.19**), argilas de várzea de composição mais síltico-arenosa (amostra 46Arg), e os xistos decompostos do Subdomínio Macururé (amostra 45Arg, **foto 7.20**). Outras unidades misturam argilas de um único depósito, em virtude da presença de camadas com diferentes composições (amostras 104Arg + 105Arg, **foto 7.21**) ou da presença da fração síltico-arenosa na seqüência sedimentar do jazimento (amostras 103Arg e 107Arg).

Argilas de várzea e os diversos tipos de “selão” são lavrados de forma similar: procede-se a limpeza da superfície do terreno com tratores de esteira e o desmonte/carregamento com auxílio de retro e pás carregadeiras ou mesmo carregamento manual. O transporte é feito pela própria cerâmica ou é terceirizado. Os terrenos lavrados, tanto para argilas de várzea como para “selão”, são de propriedade das cerâmicas ou arrendados por elas aos proprietários superficiários. Em geral, a permissão para a retirada das argilas é obtida sem grande dificuldade, algumas vezes em troca do preparo de tanques para criação de peixe nas cavas esgotadas. Em alguns casos, a CODEVASF permite a retirada das argilas depositadas nos canais de irrigação, visando preservar os seus perímetros irrigados.

Estima-se que sejam retiradas cerca de 150.000 t/ano de argila de várzea para as

cerâmicas na região de Propriá-Santana do São Francisco (70 mil milheiros de produção x 2 t/milheiro x 60% na massa x 1.8 de densidade aparente, base seca) e 110.000 t/ano de “selão” (70 mil milheiros x 2 t/milheiro x 40% na massa x 2,0 de densidade aparente, a seco).

Os blocos de seis furos fabricados são de tamanho pequeno, padronizados (9x14x19 cm), com produção menor de lajotas (6x19x35 cm), conformados por extrusão (marombas) e queimados em fornos intermitentes ou de fogo contínuo, em temperaturas próximas de 800 a 850°C. Como combustíveis são empregados aparas de eucalipto da região de Esplanada-Alagoinhas, Bahia (R\$ 60,00/m³, preços de 2010), poda de fruteiras do Platô de Neópolis (R\$ 25,00/m³) e, em menor quantidade, algaroba de Jeremoabo, Bahia (R\$ 40,00/m³). Em escala experimental, são queimados casca de arroz, bagaço de cana, casca de coco e pó de serra.

Cerca de 90% dessa produção é comercializada no Estado de Alagoas, entre Arapiraca e Maceió, e o restante no entorno de Propriá. Os blocos são vendidos nas cerâmicas entre R\$ 150,00 e R\$ 160,00/milheiro e as lajotas na faixa de R\$ 220,00 a R\$ 260,00/milheiro (preços de 2010). O frete pago pelo comprador custa em média R\$ 400,00 para Arapiraca (Alagoas), distante cerca de 70 km, para o transporte de 10.000 blocos, enquanto para Maceió o custo sobe para R\$ 550,00, num percurso em torno de 180 km.

• **Qualidade**

No quadro 7.9 são identificadas e localizadas as amostras dos depósitos de argila visitados na região de Propriá-Santana do São Francisco, classificadas por tipo, com indicação das análises procedidas em cada amostra. No quadro 7.10 são apresentados os resultados das análises químicas, com o cálculo estimativo da composição mineral, e no quadro 7.11 são apresentados os resultados dos testes tecnológicos. As médias dos resultados obtidos, por tipo de argila, foram resumidas no quadro 7.2.

No aspecto químico/mineralógico verifica-se uma certa heterogeneidade na



Foto 7.18 - Escavação de um depósito de várzea para ampliação de um tanque, para criação de peixe. Argila usada em cerâmicas. Área conhecida como Lagoinhas, na periferia da cidade de Cedro de São João (amostra 42Arg).



Foto 7.19 - Lavra de arenitos intemperizados da Formação Penedo (“selão”). Município de São Francisco (amostra 44 Arg).



Foto 7.20 - Lavra de xistos intemperizados do Grupo Macururé, usados como "selão". Município de Propriá (amostra 45Arg).



Foto 7.21 - Cobertura areno-argilosa sobre camada de argila plástica de várzea, lavradas conjuntamente. Terreno da Cerâmica Fênix, município de Santana do São Francisco (amostras 104Arg e 105Arg).

composição das argilas de várzea, com relativa variação nas proporções de quartzo, caulinita, hidróxidos de Fe e K- minerais. Essas variações composicionais refletem os diferentes ambientes de deposição das planícies de inundação, que variam desde depósitos de argila plástica, escura, relativamente homogênea, rica em caulim, com pouco quartzo, de ambientes mais fechados, lacustrinos (amostra 42Arg), até jazimentos argilo-arenosos, com maior presença de quartzo, característicos dos terraços aluvionares de maior energia (amostra 46Arg).

Os “selões” empregados, desde argilas de várzea mais arenosas (amostra 46Arg), até os sedimentos originados da decomposição dos xistos Macururé (amostra 45Arg) e dos arenitos intemperizados da formação Penedo, ricos em felpspato e mica (amostra 44Arg), apresentam teores de fundentes próximos das argilas plásticas. As amostras de maromba com os diversos selões usados refletem resultados intermediários proporcionais, com variações pouco significativas sob o aspecto químico/mineralógico.

Os resultados tecnológicos das amostras de maromba exibem, de forma geral, menor retração e maior resistência após secagem, em relação às argilas de várzea, justificando o efeito benéfico da adição do “selão”. O mesmo pode ser dito em relação à retração, resistência e absorção d'água, após a queima em três temperaturas.

Acredita-se, diante dos resultados apresentados, que a adição do “selão” às massas cerâmicas tenha efeito benéfico mais pela sua constituição granulométrica (mais grosseira), que pelas diferenças químicas/mineralógicas para as argilas plásticas. Misturas mais grosseiras têm menor plasticidade, menor retração à secagem e à queima, propiciando moldados a cru e produtos finais com maior resistência mecânica e menor absorção d'água.

• **Reservas estimadas**

Os depósitos aluvionares arenosos e argilo-arenosos da margem direita do rio São Francisco, existentes próximos da cidade de Propriá, e as várzeas ricas em argila dos seus afluentes mais expressivos constituem reser-

vas abundantes de matéria-prima mineral para as cerâmicas locais. Uma estimativa desse potencial pode ser calculada considerando o perfil transversal médio de argila na várzea do riacho Jacaré, afluente que se estende para sul por mais de 10 km do rio São Francisco, de 400 m² (100 m de largura x 4 m de espessura) e que 50% do seu percurso possua argilas lavráveis, resultaria numa reserva potencial aproximada de 3,6 milhões de toneladas (10.000 m x 400 m² x 50% x 1,8 de densidade aparente, base seca).

Dessa reserva, considerando que 60% dessas várzeas estejam ocupadas por outras atividades econômicas, restariam 1,4 milhão de toneladas de argilas plásticas, suficientes para abastecer as cerâmicas de Propriá por cerca de 12 anos, ao nível de consumo atual. Nas imediações da cidade de Cedro de São João (7.000 hab.), foram observadas extrações de argila plástica, escura, de boa qualidade (amostra 42Arg, **foto 7.18**), para construção de tanques para criação de peixes. Medindo cerca de 150 m x 150 m, esses reservatórios localizados nas várzeas do riacho Jacaré, apresentam espessuras de 3 a 4 m de argila, a cerca de 7 km ao sul do rio São Francisco.

De amplitude semelhante, os depósitos flúvio-lagunares constituídos por argilas cinza escura, areias e siltes argilosos ricos em matéria orgânica, abundantes em torno de Santana do São Francisco até o povoado de Saúde, cerca de 5 km a montante do rio São Francisco, não constituem problema para o abastecimento futuro de argila para as suas três unidades cerâmicas.

As áreas de várzea para fornecimento de argila para o ainda pequeno número de cerâmicas da região de Propriá-Santana do São Francisco são muito grandes e não oferecem limitações de reservas. Constitui preocupação para os ceramistas de Propriá o fato da maioria das várzeas do rio São Francisco estar dentro dos perímetros irrigados da CODEVASF. Em virtude da extensão dessas áreas, um mapeamento do uso e ocupação dos solos poderia estabelecer um zoneamento que viabilizasse as diversas atividades econômicas existentes, agrícola, piscicultura e mineração (lavra de argilas), possibilitando o crescimento da indústria cerâmica.

Em relação aos “selões”, as argilas de várzea de composição mais arenosa e os xistos alterados do Grupo Macururé são mais promissores do que os arenitos da Formação Penedo, via de regra com menor grau de intemperismo do que o aceitável pelas cerâmicas e em menor quantidade. A diversidade litológica no entorno da cidade de Propriá, a exemplo dos corpos granitóides e rochas metassedimentares, constitui ainda excelente potencial de rochas cujo intemperismo forneceria “selões” de qualidade. Em Santana do São Francisco, a ampla distribuição dos sedimentos do Grupo Barreiras nas proximidades das cerâmicas poderia acrescentar potencial de argila aos já abundantes depósitos flúvio-lagunares existentes.

• **Perspectivas futuras**

As perspectivas futuras para a cerâmica vermelha na região de Propriá-Santana do São Francisco, consideradas apenas em relação às matérias-primas minerais atualmente em uso, são favoráveis quanto à qualidade das argilas, misturas praticadas e disponibilidade futura de reservas. A combinação das argilas plásticas com os “selões” resultantes do intemperismo de rochas mais siltosas, a exemplo daquelas da Formação Penedo e dos xistos do Subdomínio Macururé, além das argilas de várzea de composição mais arenosa, tem proporcionado massas apropriadas com plasticidade e umidade adequadas para conformação, retrações aceitáveis à secagem e boas resistências a cru; e retrações moderadas, muito boas resistências e baixas absorções d'água após a queima (ver valores médios no **quadro 7.2**).

As amplas reservas existentes dos diversos tipos de argila plástica e de “selões”, e o número pequeno de cerâmicas existentes em Propriá e Santana do São Francisco recomendariam a reserva de áreas para lavra em regime cooperado entre as unidades produtoras. Esta medida reduziria os custos de extração, facilitaria os entendimentos com os proprietários superficiários e com a CODE-VASF, e a legalização da atividade mineira, reduzindo a clandestinidade e o descompromisso com a recomposição ambiental, possibilitando outros usos futuros das terras lavradas.

Com um mercado consumidor em expansão, o crescimento da indústria cerâmica regional está relacionado a algumas estratégias que visem: a) maior integração entre os produtores, de modo a possibilitar uma melhor defesa dos interesses comuns, a exemplo do Sindicato dos Ceramistas do Estado de Sergipe – SINDICER; b) melhoria do nível de escolaridade da mão-de-obra, possibilitando avanços nos processos produtivos, com melhor racionalização dos seus custos; c) maior preocupação com a qualidade dos produtos fabricados, face aos avanços verificados nas regiões cerâmicas concorrentes; o Instituto Pró-Cerâmica – IPC pode dar uma importante contribuição nesse processo; d) implantação de projetos de reflorestamento, tendo em vista os custos crescentes com o fornecimento de lenha, dando-se continuidade aos testes experimentais de queima de outros resíduos agrícolas; e) ações governamentais destinadas à realização de um mapeamento de uso e ocupação dos solos, com a finalidade de melhor racionalizar o emprego dos recursos naturais existentes; a presença de pedreiras e a ocupação urbana desordenada conflitam com a indústria cerâmica; f) apoio institucional para análises laboratoriais, em face da diversidade de argilas existentes; g) acesso a linhas específicas de crédito para ampliação/modernização dos empreendimentos cerâmicos.

7.3.5 Região de Simão Dias

A região de Simão Dias, localizada no Centro Sul Sergipano (SEPLAN, 2008), próxima da divisa com o estado da Bahia, distante cerca de 100 km da RM de Aracaju, apresenta uma produção de cerâmica vermelha equivalente à do polo de Propriá-Santana do São Francisco. Com cinco cerâmicas operando em 2010, sendo três de porte médio (produção individual entre 12 e 24 milhões de peças/ano) e duas de porte pequeno (produção menor que 12 milhões de peças/ano), fabrica aproximadamente 70 milhões de blocos furados por ano e gera cerca de 200 empregos diretos. Foram entrevistadas 2 cerâmicas, com coleta de amostra da mistura de argilas pré-maromba.

• **Localização e domínio geológico**

As unidades cerâmicas e os depósi-

tos de argila lavrados situam-se num raio inferior a 8 km da cidade de Simão Dias (39.000 habitantes), no entorno do povoado Mata do Peru e próximas das principais estradas que cruzam a região, SE-216, SE-110 e SE-302. As seis amostras de argila coletadas, com a localização e os tipos de análises realizados, estão relacionadas no quadro 7.9 e no mapa geológico 1:300.000, anexo.

As argilas utilizadas são provenientes do intemperismo dos filitos siltosos, metassiltitos, metarenitos impuros e metarritmitos (marga, calcário, folhelho e siltito) da Formação Frei Paulo, pertencente ao Grupo Simão Dias, constituído por rochas muito antigas de idade neoproterozoica. Essa formação faz parte de um pacote de rochas tectonizadas e intemperizadas localizado ao sul do Domo de Simão Dias. A existência de diferentes litótipos em áreas relativamente próximas favorece as cerâmicas lavrarem argilas mais plásticas e “selões” de composições variadas no mesmo jazimento, reduzindo os custos de produção.

Em virtude da ampla exposição das rochas do Grupo Simão Dias, as argilas são abundantes, apresentando pacotes de argilas muito plásticas, coloração avermelhada, relativamente homogêneas, com espessura média de 2 a 3 m, em contato com filitos siltosos, metassiltitos micáceos, metarenitos finos, alterados, de coloração creme clara a esbranquiçada, mais abundantes, com espessura média em torno de 5 m, empregados como “selões”.

• **Produção atual: processo produtivo, destinação e preços**

As cerâmicas utilizam geralmente uma mistura de argilas de cores claras, oriundas da decomposição de metassiltitos e metarenitos finos interestratificados com metargilitos, consideradas “mais fracas” – amostras 64Arg e 67Arg(a), com argilas de cores avermelhadas, mais plásticas, componentes de coberturas de saprólitos, com vestígios de feldspatos alterados, chamadas “mais fortes” – amostras 64Arg(a) e 67Arg, na proporção de 4 para 1 (foto 7.22).

As argilas de diferentes composições são lavradas de forma similar: procede-se a limpeza da superfície do terreno com tratores

de esteira e o desmonte/carregamento com auxílio de pás carregadeiras ou mesmo carregamento manual. O transporte é feito pela própria cerâmica ou é terceirizado. Os terrenos lavrados são de propriedade das cerâmicas ou arrendados por elas aos proprietários superficiários. Em geral, a permissão para a retirada das argilas é obtida sem grande dificuldade.

Estima-se que são retiradas cerca de 50.000 t/ano de argilas mais plásticas (saprólitos) para as cerâmicas na região de Simão Dias (70 mil milheiros de produção x 2 t/milheiro x 20% na massa x 1.8 de densidade aparente, base seca) e 220.000 t/ano de argilas “mais fracas” (70 mil milheiros x 2 t/milheiro x 80% na massa x 2,0 de densidade aparente, a seco).

Os blocos de seis furos fabricados nos tamanhos pequeno, médio e grande, padronizados (9x14x19 cm, 9x14x24 cm e 9x19x24 cm), com produção menor de lajotas de 7 e 5 furos, são conformados por extrusão (marombas) e queimados em fornos intermitentes ou de fogo contínuo, em temperaturas próximas de 800 a 850°C. Como combustíveis são empregados aparas de eucalipto da região de Entre Rios - Esplanada, Bahia (R\$ 55,00/m³, preços de 2010) e algaroba de Canudos, Bahia (R\$ 50,00/m³).

A produção é comercializada na região, cerca de 70% no sertão da Bahia e 30% no interior de Sergipe. Os blocos pequenos são vendidos nas cerâmicas entre R\$ 130,00 e R\$ 170,00/milheiro, os médios por R\$ 200,00 e os grandes entre R\$ 250,00 e R\$ 270,00. As lajotas de 5 furos são comercializadas por R\$ 180,00/milheiro e as de 7 furos por R\$ 250,00/milheiro (preços de 2010). O transporte é próprio das cerâmicas, sendo o frete pago pelo comprador, custando em média R\$ 250,00 para as cidades do interior baiano próximas da divisa (Heliópolis, Cícero Dantas, Paripiranga, Canudos, etc.), enquanto para Sergipe, o custo sobe para R\$ 270,00, para as cidades mais distantes.

• **Qualidade**

No quadro 7.9 são identificadas e localizadas as amostras dos depósitos de argila visitados na região de Simão Dias, classificadas por tipo, com indicação das



Foto 7.22 - Cobertura de argilas plásticas de cores avermelhadas (saprólitos), sobre metassiltitos e metarenitos interestratificados com metargilitos intemperizados da Formação Frei Paulo. Município de Simão Dias - amostras 67Arg e 67Arg(a).

análises procedidas em cada amostra. No quadro 7.10 são apresentados os resultados das análises químicas, com o cálculo estimativo da composição mineral, e no quadro 7.11 são apresentados os resultados dos testes tecnológicos. As médias dos resultados obtidos, por tipo de argila, foram resumidas no quadro 7.2.

Em que pese o reduzido número de amostras coletadas, no aspecto químico-mineralógico verifica-se uma relativa heterogeneidade na composição das argilas mais plásticas (amostras 64Arg(a) e 67Arg), na participação do caulim e K- minerais, provavelmente resultado de diferentes estágios de desagregação dos saprólitos. Refletindo na sua plasticidade, os teores de caulim são maiores do que nas amostras de “selão”- 64Arg e 67Arg(a)- sendo inferiores os teores de K₂O (K- minerais). Nestas amostras verificam-se pequenas variações químicas nas

suas composições, quando se esperava valores mais discrepantes em função da grande variedade de litótipos disponíveis na área. As amostras de maromba com as misturas empregadas (amostras 65Arg e 66Arg) refletem resultados intermediários proporcionais, com variações pouco significativas sob o aspecto químico/mineralógico.

Os resultados tecnológicos das amostras de maromba exibem, de forma geral, menor retração e maior resistência após secagem, em relação às argilas mais plásticas, avermelhadas, justificando o efeito benéfico da adição do “selão”. O mesmo pode ser dito em relação à retração, resistência e absorção d'água, após a queima em três temperaturas.

Diante dos resultados apresentados, acredita-se que a adição do “selão” às massas cerâmicas tenha efeito benéfico mais

pela sua constituição granulométrica (mais grosseira), em que pesem os teores maiores dos óxidos fundentes Na₂O e K₂O, em relação às argilas plásticas. Misturas mais grosseiras têm menor plasticidade, menor retração à secagem e à queima, propiciando moldados a cru e produtos finais com maior resistência mecânica e menor absorção d'água.

• **Reservas estimadas**

O contexto geológico da região de Simão Dias favorece a existência de abundantes reservas de argilas plásticas e “selões” de natureza variada, fazendo com que o abastecimento desses insumos não constitua preocupação para as cerâmicas. O Domo de Simão Dias, domínio geológico sobre o qual está implantada a cidade que lhe deu o nome, é formado por um conjunto de rochas granitoides muito antigas, de idade arqueana, rodeado de formações metassedimentares cuja decomposição argilosa e siltosa gera depósitos passíveis de serem utilizados como fonte de matéria-prima.

Os metassedimentos intemperizados da Formação Frei Paulo, atualmente explorados pelas cerâmicas, constituem apenas parte desse potencial. As rochas do Domo de Simão Dias, de composição geológica similar à do Domo de Itabaiana, cuja alteração dos seus granitoides gera os “selões” lavrados pelas cerâmicas locais, poderiam vir a ser avaliadas.

As amplas áreas de exposição de rochas argilosas e siltosas apresentam baixa ocupação antrópica, podendo ser selecionadas áreas para fins de extração mineral. Apenas para visualização desse potencial, uma área com 1 km², aproveitada em 50% e lavrada até a profundidade de 2 m, daria uma reserva estimada de 1,8 milhão de toneladas de argilas plásticas (1 milhão de m² x 50% x 2 m x 1,8 de densidade aparente, a seco), suficiente para 36 anos de produção, ao nível do consumo atual. Considerações semelhantes podem ser feitas para os recursos potenciais de “selões” oriundos de metassiltitos e metaarenitos finos interestratificados com metargilitos, com exposições de rochas alteradas ainda maiores, em áreas com baixa ocupação

e menores restrições ambientais.

• **Perspectivas futuras**

As perspectivas futuras para a cerâmica vermelha na região de Simão Dias, consideradas apenas em relação às matérias-primas minerais atualmente em uso, são favoráveis quanto à qualidade das argilas, misturas praticadas e disponibilidade futura de reservas. A combinação das argilas plásticas com os “selões” resultantes do intemperismo de rochas mais siltosas tem proporcionado massas apropriadas com plasticidade e umidade adequadas para conformação, retrações aceitáveis à secagem e boas resistências a cru; e retrações moderadas, muito boas resistências e baixas absorções d'água após a queima (ver valores médios no **quadro 7.2**).

As amplas reservas existentes dos diversos tipos de argila e o número pequeno de cerâmicas recomendariam a reserva de áreas para lavra em regime cooperado entre as unidades produtoras. Esta medida reduziria os custos de extração, facilitaria os entendimentos com os proprietários superficiais e a legalização da atividade mineira, reduzindo a clandestinidade e o descompromisso com a recomposição ambiental, possibilitando outros usos futuros das terras lavradas.

Com um mercado consumidor em expansão, o crescimento da indústria cerâmica regional está relacionado a algumas estratégias que visem: a) maior integração entre os produtores, de modo a possibilitar uma melhor defesa dos interesses comuns, através de uma associação; b) melhoria do nível de escolaridade da mão-de-obra, possibilitando avanços nos processos produtivos com melhor racionalização dos seus custos; c) maior preocupação com a qualidade dos produtos fabricados, face aos avanços verificados nas regiões cerâmicas concorrentes; d) implantação de projetos de reflorestamento, tendo em vista as dificuldades crescentes com o fornecimento de lenha; e) ação conjunta dos ceramistas visando melhorar a distribuição de energia elétrica às indústrias, em virtude dos constantes prejuízos causados pelas quedas de eletricidade.

7.3.6 Região de Nossa Senhora das Dores

O município de Nossa Senhora das Dores (24.000 habitantes), localizado no Médio Sertão Sergipano (SEPLAN, 2008), concentra 12 olarias de pequeno porte, produzindo um total aproximado de 15 milhões de telhas por ano e gerando cerca de 150 empregos diretos. Em virtude delas terem se desenvolvido inicialmente próximas da Lagoa do Erel, passaram a ser conhecidas como o Polo Oleiro do Erel (**foto 7.23**).

• **Localização e domínio geológico**

As olarias estão situadas a cerca de 10 km a norte da cidade de Nossa Senhora das Dores, próximas do povoado de Sapé, na rodovia SE-003. Duas olarias foram entrevistadas e amostrado um jazimento fornecedor de argila plástica (**quadro 7.9, mapa geológico 1:300.000, anexo**).

As argilas utilizadas pelas olarias são encontradas nas várzeas dos afluentes dos

rios Pintor e Japaratuba, em alguns casos em ambientes lacustrinos e de inundação de baixa energia, situadas sobre a cobertura formada pelos sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras, que se estende de Nossa Senhora das Dores para noroeste, até a cidade de Feira Nova (6.000 habitantes). Esses sedimentos cenozoicos estão depositados predominantemente sobre os micaxistos granatíferos, metarenitos, metassiltitos e filitos do Subdomínio Macururé, de idade neoproterozoica, cortados por granitoides neoproterozoicos.

Os depósitos de várzea apresentam uma argila cinza escura, relativamente homogênea, muito plástica e macia ao tato quando umedecida, e dura e com rachaduras quando seca, com uma espessura média de 1,5 a 2 m.

• **Produção atual: processo produtivo, destinação e preços**

As olarias utilizam geralmente uma única argila cinza escura, plástica, extraída



Foto 7.23 - Vista da Lagoa do Erel, no município de Nossa Senhora das Dores.

na época desse levantamento de um depósito próximo do povoado de Sucupira, a sudoeste da cidade de Cumbe (4.000 habitantes), cerca de 8 a 10 km de distância das olarias. Localizado na várzea de um afluente do rio Japarutuba, a lavra ocorria numa cava recente medindo cerca de 50 m x 40 m, com aproximadamente 2 m de espessura de argila (amostra 109Arg), explorada por fornecedores que vendem argila às diversas olarias, cobrando R\$145,00 por caçamba (12 m³, preço de 2010). O depósito era lavrado com pás carregadeiras, após a limpeza do terreno, sendo o transporte da argila feito pelos fornecedores da matéria-prima.

Algumas olarias ainda possuem pequenas propriedades na Lagoa do Erel. Entretanto, as argilas das suas margens já estão esgotadas, restando reservas nas partes mais profundas, retiradas manualmente com pás em áreas com lâmina d'água de até 1,50 m, nos períodos mais secos. Essa argila é transportada em carroças até as olarias.

Estima-se que sejam extraídas cerca de 54.000 t por ano de argila de várzea para as olarias da região de Nossa Senhora das Dores (15 mil milheiros x 2 t/milheiro x 1,8 de densidade aparente, base seca).

O processo de produção é muito rudimentar, sendo empregados familiares do proprietário e moradores das proximidades, remunerados de acordo com o número de peças fabricado (**foto 7.24**). Conhecidas como telhas de encaixe, são peças lisas, conformadas por extrusão (marombas) e transportadas manualmente para secar. Após a secagem, são queimadas em fornos de tijolos com capacidade para 13.000 telhas que queimam durante 4 dias e levam 3 dias para o resfriamento e a estocagem das peças (**foto 7.25**). Como combustível são empregadas lenha agreste da região de Glória-Gracho Cardoso, Sergipe (R\$ 40,00/m³, preço de 2010) e, na sua falta, algaroba de Canudos, Bahia (R\$50,00/m³), considerada muito cara para o porte das olarias. As telhas são comercializadas na própria região, nos municípios vizinhos, vendidas nas olarias entre R\$ 190,00 a R\$220,00/milheiro (preços de 2010).

• **Qualidade**

No quadro 7.9 é identificada e localizada a amostra do depósito de argila visitado na região de Nossa Senhora das Dores, classificada por tipo, com indicação das análises procedidas. No quadro 7.10 são apresentados os resultados das análises químicas, com o cálculo estimativo da composição mineral.

No aspecto químico/mineralógico verifica-se na amostra coletada (109Arg), uma composição típica das argilas de várzea observadas na região: elevada participação de caulim (30%), quartzo (42%) e K- minerais (21%), resultando numa argila plástica de boa qualidade.

• **Reservas estimadas**

As baixadas existentes ao longo das nascentes do rio Pintor, a exemplo da Lagoa do Erel, e dos afluentes meridionais do rio Japarutuba, entre o povoado de Barra e a cidade do Cumbe, favorecem a acumulação de argilas plásticas em quantidade suficiente para o abastecimento futuro das olarias.

Apenas para estimativa desse potencial, uma única baixada de 10 hectares, medindo 500 m de comprimento por 200 m de largura, aproveitada em 50% e lavrada até a profundidade de 2 m, daria uma reserva estimada de 180.000 t de argilas plásticas (100.000 m² x 50% x 2 m x 1,8 de densidade aparente, base seca), suficiente para 3 anos de produção, ao nível de consumo atual.

• **Perspectivas futuras**

A natureza das olarias instaladas no entorno da Lagoa do Erel – processo de produção rudimentar operado por empreendedores de baixa renda e escolaridade precária, lenha local escassa ou muito dispendiosa quando transportada da Bahia, e fornecimento de argila por fornecedores independentes - não permite visualizar perspectivas futuras favoráveis para esses pequenos empreendimentos, sem apoio governamental.

Em que pese operar no limite da sua



Foto 7.24 - Produção rudimentar de telha, com carregamento de barro da extrusora e transporte manual das peças. Polo Oleiro do Erel.



Foto 7.25 - Forno de tijolos a lenha empregado no Polo Oleiro do Erel. Povoadado de Sapé, município de Nossa Senhora das Dores.

capacidade instalada, com um mercado consumidor garantido, a ampliação ou mesmo a permanência desse polo oleiro depende de algumas ações estratégicas que visem: a) melhoria do nível de escolaridade da mão-de-obra e dos empreendedores, possibilitando avanços nos processos produtivos; b) maior integração entre os produtores, de modo a possibilitar reivindicações de interesse comum junto aos órgãos públicos, através de uma associação; c) reserva de áreas para lavra de argila em regime cooperado entre as unidades produtoras (centrais de massa), reduzindo os custos de fornecimento dessa matéria-prima, facilitando a legalização da atividade mineira, reduzindo a clandestinidade e o descompromisso com a recuperação ambiental; d) implantação de projetos de reflorestamento incentivados, tendo em vista as dificuldades crescentes com o fornecimento de lenha; e) ação conjunta dos empreendedores visando melhorar o acesso da energia elétrica às olarias.

7.4 Polo artesanal de Carrapicho

Ainda conhecida pelo antigo nome de Carrapicho, a cidade de Santana do São Francisco (7.000 habitantes), sede do município criado em 06 de abril de 1964, está localizada na região do Baixo São Francisco Sergipano (SEPLAN, 2008), às margens do rio São Francisco, sendo também conhecida como a Capital Sergipana do Artesanato.

Com cerca de 500 trabalhadores na produção artesanal do barro, incluindo artesãos, polidores, pintores, preparadores de barro, lenheiros e ajudantes, trabalhando em aproximadamente 80 olarias, o artesanato cerâmico é a principal fonte de renda do município, sendo interessante observar a intensa atividade dos artesãos espalhados pela cidade, cujas oficinas muitas vezes são prolongamentos das suas residências e as peças produzidas são espalhadas pelas calçadas para secagem ao sol.

As argilas empregadas são retiradas de uma área conhecida como Depósito Carrapicho, nos arredores da cidade, nas várzeas localizadas na margem direita do rio São Francisco (amostra 108Arg), com permissão dos proprietários superficiais, sem ônus. O processo de extração é manual com pás, enxadas e picaretas, e a argila

selecionada é plástica, cinza escura, sendo pisoteada, amassada e envolvida em plástico para não secar e endurecer (**foto 7.26**). Em seguida são formados os bolos de barro (argila), com aproximadamente 3 kg cada, que reunidos em número de 6 recebe a denominação de “pisa”. O barro é então transportado por carroças até as olarias, com o custo de R\$ 15,00 por viagem (preços de 2010), carregando 10 “pisas”. Cada olaria consome em média 120 “pisas” de barro por mês, estimando-se um consumo de cerca de 180 t de argila por mês para esse polo artesanal (80 olarias x 2,2 t/olaria/mês).

Após o processo de preparo da argila e moldagem das peças em tornos girados com os pés, ocorrem o polimento (acabamento), a secagem e a queima em fornos de lenha, que queimam entre 450 e 500°C (**foto 7.27**). Dispersos na área urbana, fornos rudimentares queimam lenha nativa e poda de árvores a um custo de R\$ 40,00 a carroça, que transporta 2 m³ de madeira.

Após resfriadas, as peças, parte delas pintadas, são vendidas principalmente para os estados da Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas. A produção é muito diferenciada entre os artesãos, indo de pequenos jarros, peças utilitárias e decorativas, até obras mais sofisticadas feitas por encomenda.

As perspectivas futuras para o polo artesanal de Carrapicho são excelentes, considerados o talento dos seus artesãos, a diversidade e a disponibilidade das argilas nas proximidades, e a sua posição geográfica favorável, que permite o escoamento ágil da produção para os estados nordestinos, principal mercado consumidor.

A permanência dessa atividade econômico-cultural está, entretanto, relacionada a algumas estratégias que possibilitem: a) maior integração entre os artesãos, de modo a possibilitar a defesa dos seus interesses comuns junto aos órgãos públicos. A existência de várias associações e sindicatos divididos pela política partidária enfraquece as reivindicações do setor artesanal; b) melhoria do nível de escolaridade dos artesãos e auxiliares, possibilitando avanços no processo produtivo e o repasse da tradição cerâmica às gerações futuras; c) intercâmbio



Foto 7.26 - Extração manual de argila selecionada de várzea, para artesanato. Depósito de Carrapicho, na periferia da cidade de Santana do São Francisco (amostra 108Arg).



Foto 7.27 - Carregamento de peças de barro para queima em forno de barro. Cidade de Santana do São Francisco.

de experiências com artesãos e artistas plásticos de outros centros, ampliando a criatividade e o conhecimento das técnicas da produção artesanal do barro; d) reserva de áreas para lavra de argila em regime cooperado entre os artesãos (centrais de massa), reduzindo os riscos futuros de fornecimento dessa matéria-prima, facilitando a legalização da atividade mineira e reduzindo os danos ambientais; e) implantação de projetos de reflorestamento incentivados, tendo em vista as dificuldades crescentes com o fornecimento de lenha; f) implantação de um polo ceramista que concentre a atividade cerâmica, eliminando a dispersão das olarias na área urbana, com reclamações decorrentes da queima de lenha pelos fornos (idéia já em análise pelos poderes públicos). Um exemplo a ser estudado é o arraial do Alto do Moura, em Caruaru, Pernambuco, criado para reunir a produção artesanal do município; g) estabelecimento de uma política de

comercialização dos produtos, evitando que a concorrência predatória desestime a continuidade da atividade; h) incentivos governamentais para a implantação de fornos elétricos que queimam de forma homogênea, a temperaturas entre 950–1.000°C, possibilitando a esmaltação das peças; e apoio tecnológico que possibilite a seleção de argilas mais apropriadas à atividade artesanal.

Além do Centro de Comercialização de Artesanato de Santana do São Francisco, localizado na entrada da cidade (**foto 7.28**), exímios artesãos como Edilson Paturi (**foto 7.29**), Wilson Capilé (**foto 7.30**), Juquinha, Cassoba e Zé Molinho, apenas para citar alguns, têm grande satisfação em mostrar a sua arte, em suas oficinas de trabalho, aos visitantes que apreciam a boa cerâmica artesanal.



Foto 7.28 - Centro de Comercialização de Artesanato de Santana do São Francisco, localizado na entrada da cidade.



Foto 7.29 - Artesão Edilson Paturi na produção de peças de barro, em sua oficina na cidade de Santana do São Francisco.



Foto 7.30 - Artesão Wilson Capilé na elaboração de uma obra de barro feita por encomenda. Cidade de Santana do São Francisco.

8.1 Conceito, especificações e aplicações

• **Conceito**

Entre os agregados graúdos de densidade normal (granulometria entre 4,8 e 75mm), utilizados na construção civil, encontram-se as pedras britadas ou britas, obtidas através da fragmentação de rochas compactas, geralmente granitoides, gnais, basaltos e calcários microcristalinos. Além das britas, são incluídos entre os agregados graúdos os cascalhos naturais, classificados no mesmo intervalo granulométrico, em geral obtidos em leitos de rios, de depósitos residuais ou conglomerados inconsolidados. Algumas escórias metalúrgicas são também utilizadas como agregado graúdo na construção civil.

• **Especificações**

Os agregados graúdos que abastecem a Região Metropolitana de Aracaju-RMA são obtidos de rochas granitoides com alta resistência à compressão, ao impacto e à abrasão, o que confere ao concreto e às bases de pavimentação elevada resistência mecânica. Subordinadamente, também são utilizados alguns metarenitos.

Espera-se de um agregado graúdo resistência mecânica adequada ao uso, durabilidade e preços competitivos, atributos que dependem da natureza do material utilizado e sua localização em relação aos pontos de consumo. No caso das britas é fundamental a natureza da rocha britada, especialmente quanto à sua mineralogia, textura, estrutura e presença de impurezas. São preferíveis as rochas granitoides isotrópicas, ou rochas de textura bem fina (como os basaltos), com poucos planos de fraqueza (foliação, fraturamentos ou clivagens), preferencialmente duras (sendo exceção os calcários microcristalinos).

As britas, especialmente as usadas em concreto e asfalto, devem apresentar uma granulometria e formato de grãos adequados (conforme o uso), alta resistência mecânica à compressão (para concreto), ao impacto (para asfalto) e à abrasão (capeamento de asfalto), o que implica em rochas de composição mineralógica favorável, textura coesa e baixa porosidade. As rochas devem ser constituí-

das, essencialmente, por minerais resistentes, evitando-se a presença daqueles de fácil decomposição (pirita, micas, etc.), além de baixo teor de sais solúveis (cloretos e sulfatos).

Além da pedra britada, as pedreiras geram no seu processo produtivo fragmentos de rochas com dimensões acima e abaixo da granulometria especificada para as britas, de acordo com as exigências estabelecidas para cada aplicação na construção civil, variando dos blocos de rocha até as frações mais finas, denominadas pó de pedra.

De acordo com as suas dimensões, no Estado de Sergipe os produtos gerados pela fragmentação das rochas são classificados em blocos de rocha, medindo de 40 cm a 1,5 m; pedra marroada (pedra de alvenaria), de 20 a 40 cm; matacão, de 10 a 25 cm; as britas comercializadas como brita 3 (2"), com granulometria entre 38 e 75 mm; brita 2 (1,5"), entre 25 e 38 mm; brita 1 (1"), entre 19 e 25 mm; brita 0 (5/8"), entre 9,5 e 19 mm; e brita 00 (3/8"), entre 4,8 e 9,5 mm. Abaixo de 4,8 mm existe a areia de brita, de 0,15 a 4,8 mm. O pó de pedra é o resíduo da britagem, com granulometria menor que 6,3 mm. Os dados de produção referentes a esses produtos, inclusive para comercialização, são expressos em m³ no estado.

Os exames tecnológicos das britas para concreto, base e sub-base para estradas e lastro passam por caracterização petrográfica (ao microscópio), presença de impurezas (análises físicas e químicas) e testes de resistência mecânica (compressão, impacto e abrasão), entre outros. Algumas das normas técnicas consideradas são: NBR 7211 – especificações de agregados para concreto, NBR 7389 – apreciação petrográfica, NBR 7216 – amostragem, NBR 9938 - esmagamento para concreto, NBR 6465 – abrasão "Los Angeles", NBR 8938 – impacto para lastro, entre outras.

• **Aplicações**

As diversas aplicações das rochas fragmentadas são definidas pelas suas dimensões e propriedades: os blocos de rocha são empregados em enrocamentos, como em aterros para proteção contra erosão ou enrocamentos de portos marítimos; pedra

marroada em contenções, alvenarias e gabiões; matacão em concreto para fundações e tubulações e em obras de drenagem; brita 3 em lastro de ferrovias, obras de drenagem e concreto para fundações; brita 2 em concreto para pisos e obras de drenagem; brita 1 em concreto estrutural e não estrutural e em peças pré-moldadas; brita 0 em concreto bombeado (estrutural e não estrutural), concreto para peças pré-moldadas, massa asfáltica e estacionamento; brita 00 em concretos pré-moldados, blocos de concreto, concreto bombeado e massa asfáltica; areia de brita em concreto estrutural e não estrutural, pré-moldados (blocos de cimento, bloquetes para pisos, etc.), argamassas e massas asfálticas; e pó de pedra em massa asfáltica.

8.2 Metodologia

Para atender os objetivos do projeto foram desenvolvidas as seguintes atividades:

a) diagnóstico do abastecimento de brita na RM de Aracaju, através de discussões técnicas com profissionais da CODISE, consultas bibliográficas, entrevistas com os produtores e visita às frentes de lavra. Durante as entrevistas foi preenchido o formulário Projeto Materiais de Construção Civil para a Região Metropolitana de Aracaju – Questionário para Coleta de Dados, Idéias e Sugestões (Apêndice);

b) avaliação do contexto geológico das pedreiras, com estimativa do seu potencial de abastecimento da RMA;

c) amostras de rochas de uso corrente ou potencial como agregado graúdo (brita) na RMA foram submetidas a testes laboratoriais de qualidade. Com essa finalidade foram selecionadas uma amostra de rocha granitóide do Domo de Itabaiana (usada em concreto armado), uma amostra de metarenito da região de Itaporanga d'Ajuda (empregada como sub-base e cobertura de pavimentação asfáltica para estradas) e uma amostra de rocha calcária usada para fabricação de cimento.

Os ensaios foram realizados nos laboratórios da Associação Brasileira de Cimento Portland, em São Paulo, e da Concreta-Tecnologia em Engenharia Ltda.,

em Salvador, complementados por análises petrográficas pelo Laboratório de Petrologia e Separação Mineral, da Superintendência Regional de Salvador, da CPRM. Em que pese a escolha das amostras, os resultados apresentados têm significação restrita e se aplicam tão somente às amostras analisadas;

d) avaliação do parque produtor e da vida útil estimada dos jazimentos;

e) sugestões e recomendações para a preservação das reservas legais e de fontes alternativas, visando uma produção sustentável para o futuro.

8.3 Principais regiões produtoras

Os agregados graúdos que abastecem a RMA são oriundos principalmente da região de Itabaiana, onde são exploradas rochas granitoides da estrutura geológica conhecida como Domo de Itabaiana, e secundariamente da região de Itaporanga d'Ajuda, onde metarenitos da Formação Lagarto (Grupo Estância) são lavrados.

8.3.1 Região de Itabaiana

A região de Itabaiana, localizada no Agreste Central Sergipano (SEPLAN, 2008), concentra três pedreiras – Anhanguera, Dinâmica e Rio das Pedras – produzindo mensalmente um total aproximado de 35.000 m³ de brita e gerando cerca de 90 empregos diretos, em 2009.

• *Localização e domínio geológico*

As pedreiras estão situadas a sul da cidade de Itabaiana (85 mil habitantes), relativamente próximas da BR-235, principal rodovia que cruza a região (**figura 7.1 e mapa geológico 1:300.000, anexo**). Localizadas dentro do Domo de Itabaiana, são lavradas principalmente rochas granitoides muito antigas (Arqueano-Paleoproterozoico), constituídas por ortognaisses e gnaisses bandados granítico-grandodioríticos e migmatitos (SOUZA & SANTOS, 1997).

O interior do domo, de forma semi-circular e com eixos da ordem de 20 a 30 km, apresenta um relevo arrasado e suave, com morros arredondados e drenagem dendrítica, circundado por uma zona serrana formada

por quartzitos (serras de Itabaiana e Comprida, dentre outras).

• **Produção atual: processo produtivo, destinação e preços**

Nas três pedreiras são lavrados maciços granitoides com coberturas de sedimentos areno-argilosos decorrentes da alteração dessas rochas. O aproveitamento dos complexos rochosos é iniciado pelo decapeamento, ou seja, a retirada da cobertura vegetal e do capeamento areno-argiloso com tratores, escavadeiras e/ou pás carregadeiras, realizando o desmonte e o carregamento em caminhões basculantes. Esse arenoso não é comercializado, sendo depositado em áreas próprias de bota-fora.

Na segunda etapa, a rocha é perfurada de cima para baixo, segundo um plano de perfuração, e detonada para fragmentar trechos do complexo, abrindo bancadas. A lavra é realizada a céu aberto, pelo método tradicional de bancadas descendentes, com alturas variando de 9 a 20 m. Usualmente, a perfuração é realizada por perfuratrizes hidráulicas ou pneumáticas, acopladas a um compressor móvel. A detonação é realizada por explosivos industriais tipo emulsão bombeada ou dinamite encartuchada e acessórios não elétricos silenciosos ou cordel detonante, visando obter a máxima fragmentação da rocha, facilitada no Domo de Itabaiana por serem os maciços muito dobrados e fraturados (**fotos 8.1 e 8.2**).

A rocha detonada é carregada com escavadeira hidráulica ou pás carregadeiras em caminhões basculantes próprios para minério, até a unidade de britagem, descarregando no silo/alimentador do britador primário. Caso o material detonado não esteja em dimensões adequadas para transporte (blocos acima de 1m de diâmetro), efetua-se a sua fragmentação com uma detonação secundária ou manualmente com marretas.

A fase seguinte consiste no processo de beneficiamento, com a britagem e classificação do material. Após as britagens primária e secundária, podem ocorrer outras sucessivas (britagens terciária e quaternária), normalmente realizadas a seco e intercaladas com operação de classificação por peneiramento. A pedra britada chega às

peneiras classificatórias por correias transportadoras que separam os produtos por faixas granulométricas, especificadas conforme requeridas pelo mercado.

Para reduzir o pó em suspensão gerado pela atividade da britagem são usados sistemas de aspersores de água instalados junto aos britadores e correias transportadoras. Os materiais finos gerados pelas pedreiras (pó de pedra e areia de brita) são aproveitados como agregado miúdo. Os resíduos desse processo, material pulverulento, são dispostos em bacias de decantação, merecendo cuidados especiais devidos aos problemas ambientais que acarretam.

As britas ou os produtos acabados são empilhados automaticamente, separados em pilhas de estocagem, devidamente classificados, prontos para serem comercializados. Cerca de 90% da produção de brita é vendida diretamente para empresas concretistas e de construção civil da RMA e o restante para casas de material de construção, incluindo as da região de Itabaiana e cidades vizinhas.

A areia de brita não é competitiva com as areias de depósitos fluviais ou de terraços arenosos devido ao alto custo de manutenção dos equipamentos para sua fabricação, sendo geralmente vendida sem tratamento para base de estrada. O pó de brita é vendido para as usinas de asfalto.

Os preços praticados nas jazidas em 2009 para matacão situavam-se em torno de R\$ 30,00/m³, a pedra de alvenaria variando de R\$ 32,00 a R\$ 35,00/m³, enquanto as britas eram vendidas entre R\$ 45,00 e R\$ 50,00/m³, os finos da britagem (areia) por R\$ 30,00/m³ e o pó de brita entre R\$ 30,00 e R\$ 32,00/m³. Em geral as empresas utilizam frete terceirizado que cobrava R\$ 16,00/m³ até a RMA, distante cerca de 50 km.

• **Qualidade**

No quadro 8.1 são identificadas e localizadas as três amostras de brita submetidas a testes laboratoriais pelo projeto, enquanto o quadro 8.2 apresenta um sumário dos resultados dos ensaios tecnológicos realizados, com as respectivas NBRs, o labo-



Foto 8.1 - Aspecto geral da cava da Pedreira Rio das Pedras, mostrando bancada com 18 m de altura. Município de Itabaiana.



Figura 8.2 - Rochas granitoides falhadas e dobradas do Domo de Itabaiana. Pedreira Rio das Pedras, município de Itabaiana.

| Amostra | | Localização (UTM) | | | Descrição |
|---------|------------|-------------------|---------------|----------|---|
| Nº | Tipo | Latitude (m) | Longitude (m) | Cota (m) | |
| 01Gr | Granitoide | 8.807.330 | 673.451 | 170 | Pedreira Dinâmica, município de Itabaiana |
| 01Ma | Metarenito | 8.784.718 | 683.906 | 44 | Pedreira MM Material de Construção, município de Itaporanga d'Ajuda |
| 01Ca | Calcário | 8.799.412 | 702.653 | 7 | Fábrica de cimento Nassau, município de N. Sra. das Dores |

Quadro 8.1 - Identificação, localização e descrição de amostras de brita

ratório responsável pelos testes, bem como uma apreciação dos resultados.

No Domo de Itabaiana foi selecionada uma amostra de brita na Pedreira Dinâmica, coletada na pilha de estocagem com granulometria de 1" (tamanho entre 19 e 25 mm), pesando cerca de 120 kg (amostra 01Gr). A descrição petrográfica (NBR 15557-3/08) caracterizou a rocha como um gnaisse cinza, muito coerente, pouco alterado, com estrutura maciça bandada e textura granoblástica de granulação média, constituída essencialmente de feldspato e quartzo (com extinção ondulante) e, subordinadamente, biotita, epidoto, opacos, clorita e titanita, sendo considerada potencialmente inócua para reação alcalina em concreto.

Com relação a possíveis reações alcalinas deletérias em concreto comum devidas à presença de sais solúveis, os resultados apresentados no quadro 8.2 para a amostra 01Gr são favoráveis. Os teores de sais solúveis estão abaixo da norma para a amostra testada. Entretanto, o teste de reatividade álcali concreto pela variação dimensional em barras de argamassa pelo método acelerado, mostrou uma expansão um pouco acima da norma (<0,19%, após 28 dias) para o granitoide, valor de 0,23, o que indica reatividade potencial para essa rocha.

A granulometria da amostra analisada mostra presença de materiais pulverulentos baixa (0,3%), massa específica e densidade aparente normais, e baixa absorção d'água. Entre os testes de resistência

mecânica, o resultado do ensaio realizado para abrasão "Los Angeles" está abaixo de 50%, como recomendado.

Mesmo sem dispor de alguns testes de resistência mecânica (compressão e impacto) e medição do índice de forma dos fragmentos, os testes efetuados, conjugados com a apreciação petrográfica, foram suficientes para indicar que esse material tem tido aplicação e destinação adequadas. Os granitoides do Domo de Itabaiana, mesmo com eventual restrição à reatividade alcalina em concreto, têm sido utilizados como brita para concreto armado na RMA, inclusive em obras de grande porte.

• Reservas potenciais e vida útil

As pedreiras consultadas não demonstraram preocupação com as reservas de rochas para produção de agregados graúdos, estimando uma vida útil acima de 30 anos para os complexos rochosos existentes em suas propriedades.

Tomando por exemplo a Pedreira Anhanguera (**foto 8.3**), com uma área de 237 ha e cerca de 130 ha de ocorrência de rochas granitoides exploráveis, para uma bancada de 10 m de altura ter-se-ia uma reserva de 13 milhões de m³ (130 x 10.000 m² x 10 m). Desse total, considerando-se que pelo menos 50% seja economicamente lavrável, resultaria uma reserva de 6,5 milhões de m³, suficiente para mais de 35 anos de vida útil, ao nível atual de extração (cerca de 180.000 m³/ano). Considerações semelhantes podem

| Ensaio | Lab | NBR | Unidade | 01Gr | 01Ma | 01Ca | Apreciação dos resultados |
|---|------|------------|--------------------|--------|---------|--------|------------------------------|
| Sais solúveis | ABCP | 9917/87 | % | 0,83 | 0,85 | 0,8 | Bom |
| Sulfatos solúveis | ABCP | 9917/87 | % | 0,02 | 0,03 | 0,004 | Bom: <0,1% |
| Cloretos solúveis | ABCP | 9917/87 | % | 0,055 | 0,067 | 0,065 | Bom: <0,2% |
| Cloroto total | ABCP | 9917/87 | % | 0,07 | 0,092 | 0,093 | Bom: <0,1% (concreto armado) |
| Varição barra argamassa em solução alcalina | ABCP | 15577-4/08 | % | 0,23 | 0,59 | 0,17 | Bom: <0,19% aos 28 dias |
| Reatividade potencial pela petrografia | ABCP | 15577-3/08 | % | inócuo | reativo | inócuo | Ver descrição petrográfica |
| Granulometria >25mm | CTE | NM 248 | % | 0 | 0 | 3 | Britada abaixo 25mm |
| Granulometria >12,5mm | CTE | NM 248 | % | 97 | 99 | 87 | Mais finos em 01Ca |
| Teor materiais pulverulentos | CTE | NM 46 | % | 0,3 | 1,5 | 3 | Bom: <1% |
| Massa específica | CTE | NM 53 | Kg/dm ³ | 2,72 | 2,63 | 2,59 | Normal |
| Densidade aparente | CTE | 7251 | Kg/dm ³ | 1,42 | 1,37 | 1,24 | Normal |
| Absorção d'água | CTE | NM 53 | % | 0,92 | 0,71 | 6,3 | 01Ca mais porosa |
| Abrassão "Los Angeles" | ABCP | NM 51/01 | % | 14,2 | 21,2 | 12,8 | Bom: <50%; 01CaΔ |

Notas:

1. Lab - laboratório onde os ensaios foram realizados: ABCP = Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo, e CTE = Concreta Tecnologia em Engenharia, Salvador.
2. NBR - Norma técnica considerada
3. A apreciação dos resultados baseia-se na NBR 7211/05 - Especificações de Agregado Graúdo para Concreto.

Quadro 8.2 - Sumário dos resultados dos ensaios tecnológicos para brita em amostras de rocha granitoide (01Gr), metarenito (01Ma) e rocha calcária (01Ca)



Foto 8.3 - Vista parcial da cava da Pedreira Anhanguera, com bancadas de 9 a 10 m de altura. Município de Itabaiana.

ser feitas para as reservas potenciais das demais pedreiras ou de outros complexos granitoides existentes no Domo de Itabaiana.

- **Perspectivas futuras**

As perspectivas futuras para a produção de agregados graúdos na região do Domo de Itabaiana, consideradas apenas em relação às matérias primas minerais, são favoráveis quanto a disponibilidade dos complexos granitoides e a qualidade do material.

As pedreiras Dinâmica (**foto 8.4**) e Rio das Pedras trabalhavam em 2009 com uma capacidade ociosa em torno de 30%, enquanto a Anhanguera operava a plena carga. Com um mercado consumidor em expansão, principalmente com a duplicação da rodovia federal BR-101, verifica-se uma excelente perspectiva futura para o setor.

Em que pese a existência de pequenos povoados próximos das pedreiras, não se

observou um crescimento desordenado no entorno das minerações, o que possibilita a lavra de forma relativamente harmoniosa com a ocupação urbana existente.

Em virtude da relativa proximidade da cava da Pedreira Rio das Pedras com a represa Construtor João Alves, a empresa realizou testes sismológicos que garantiram que as explosões para o desmonte dos complexos rochosos não afetavam a segurança do barramento. Por medida de segurança, a pedreira abriu uma nova frente de lavra mais distante da barragem.

A análise geológica do Domo de Itabaiana revela a possibilidade de existirem outros altos do embasamento com coberturas areno-argilosas de pequena espessura, capazes de revelar complexos granitoides economicamente lavráveis.

A continuidade do aproveitamento das reservas contidas nos maciços rochosos das pedreiras atualmente em operação no



Foto 8.4 - Cava principal da Pedreira Dinâmica, com bancada de 16 a 20 m de altura. Município de Itabaiana.

Domo de Itabaiana, cuja vida útil ultrapassa 30 anos, depende da adoção de medidas preventivas pelos órgãos gestores e fiscalizadores dessa atividade industrial e pelos mineiros, incluindo:

a) garantia de extração das reservas legais existentes, bem como a preservação das áreas no entorno das pedreiras, evitando que o crescimento urbano desordenado possa inviabilizar o aproveitamento integral dos depósitos. Esse processo acarreta o distanciamento das fontes produtoras e a elevação dos riscos dos empreendimentos mineiros, provocando, conseqüentemente, o encarecimento dessa matéria prima de fundamental interesse social;

b) realização de campanhas conscientizadoras junto às comunidades próximas das pedreiras e à sociedade em geral, sobre a importância da mineração de agregados. A percepção atual é a de uma atividade que causa sérios prejuízos à população, com danos expressivos ao meio ambiente;

c) maior fiscalização na construção civil, inclusive das obras públicas, de modo a evitar o uso de materiais inadequados ou de baixa qualidade na construção de moradias e de obras de interesse coletivo;

d) recuperação adequada das áreas lavradas, com nova configuração topográfica e ambiental, possibilitando o seu aproveitamento futuro e ampliando o apoio social à mineração.

8.3.2 Região de Itaporanga d'Ajuda

Na região de Itaporanga d'Ajuda, localizada na Grande Aracaju (SEPLAN, 2008), está situada a única pedreira em operação em 2009, a MM Material de Construção, produzindo mensalmente um total de 6.000 m³ de brita e gerando cerca de 30 empregos diretos.

• Localização e domínio geológico

A Pedreira MM Material de Construção

ção está localizada nas vizinhanças do bairro Santo Antônio, na periferia da cidade de Itaporanga d'Ajuda (28.000 habitantes), situada às margens da rodovia federal BR-101 (**figura 5.1** e **mapa geológico 1:300.000, anexo**). Nela são lavrados metarenitos finos e metassiltitos da Formação Lagarto, do Grupo Estância, que, com a Formação Palmares, constituem o domínio das bacias Estância e Palmares.

Os metassedimentos da Formação Lagarto afloram a sul de uma expressiva falha de cisalhamento de direção aproximadamente NW-SE, com inflexão para sul nas proximidades da cidade de Itaporanga d'Ajuda, onde estão em contato com as rochas da Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas, ambos em grande parte recobertos por sedimentos do Grupo Barreiras.

• **Produção atual: processo produtivo, destinação e preços**

A lavra dos metarenitos na Pedreira MM Material de Construção é iniciada pela retirada da cobertura vegetal e do capeamento areno-argiloso originado da alteração dos metassedimentos e, em parte, dos sedimentos do Grupo Barreiras, com tratores, escavadeiras e/ou pás carregadeiras.

Na segunda etapa, o procedimento de desmonte da rocha é semelhante ao descrito para as pedreiras do Domo de Itaiana, tendo sido abertas três frentes de lavra, com bancadas com 6 m, 8 m e 12 m de altura (**foto 8.5**).

A rocha detonada é carregada com escavadeira hidráulica ou pás carregadeiras em caminhões basculantes próprios para minério, até a unidade de britagem, descarregando no silo/alimentador do britador primário. Caso o material detonado não esteja em dimensões adequadas para transporte (blocos acima de 1m de diâmetro), efetua-se a sua fragmentação com rompedores hidráulicos ou mecânicos chamados regionalmente de "picão" ou "apontador", evitando-se uma detonação secundária que envolve maiores riscos de lançamento de detritos.

A fase seguinte consiste no processo de beneficiamento, com a britagem e classi-

ficação do material. Após as britagens primária e secundária, podem ocorrer outras sucessivas (britagens terciária e quaternária), normalmente realizadas a seco e intercaladas com operação de classificação por peneiramento. A pedra britada chega às peneiras classificatórias por correias transportadoras que separam os produtos por faixas granulométricas, especificadas conforme requeridas pelo mercado.

Para reduzir o pó em suspensão gerado pela atividade da britagem são usados sistemas de aspersores de água instalados junto aos britadores e correias transportadoras. Os materiais finos gerados pelas pedreiras (pó de pedra e areia de brita) são aproveitados como agregado miúdo. Os resíduos desse processo, material pulverulento, são dispostos em bacias de decantação, merecendo cuidados especiais devidos aos problemas ambientais que acarretam. As britas ou os produtos acabados são empilhados automaticamente, separados em pilhas de estocagem, devidamente classificados, prontos para serem comercializados. A produção de brita é vendida principalmente para empresas concreteiras e de construção civil da RMA e para recuperação de estradas, e o restante para casas de material de construção, incluindo as da região de Itaporanga d'Ajuda e cidades vizinhas.

Os preços de venda na jazida em 2009 eram os seguintes: matacão e pedra de alvenaria (R\$ 25,00/m³), britas (R\$ 28,00 a R\$ 30,00/m³) e pó de brita (R\$ 18,00/m³). Cerca de 30% da distribuição do material britado é realizado através de frete próprio da empresa e o restante é terceirizado. O transporte cobrado varia de R\$ 100,00 (caçambas com 7 m³) a R\$ 130,00 (caçambas com capacidade para 12 m³), até Aracaju, distante cerca de 30 km.

• **Qualidade**

No quadro 8.1 são identificadas e localizadas as três amostras de brita submetidas a testes laboratoriais pelo projeto, enquanto o quadro 8.2 apresenta um sumário dos resultados dos ensaios tecnológicos realizados, com as respectivas NBRs, o laboratório responsável pelos testes, bem como uma apreciação dos resultados.



Foto 8.5 - Frente de lavra de uma cava da Pedreira MM Material de Construção, com bancadas com 6 a 12 m de altura. Município de Itaporanga d'Ajuda.

Na região de Itaporanga d'Ajuda foi selecionada uma amostra de brita na Pedreira MM Material de Construção, coletada na pilha de estocagem com granulometria de 1" (tamanho entre 19 e 25 mm), pesando cerca de 120 kg (amostra 01Ma). A descrição petrográfica (NBR 15557-3/08) definiu a rocha como um quartzito cinza, pouco alterado (feldspato sericitizado), deformado, recristalizado, muito coerente, com estrutura maciça e textura granoblástica de granulação média, constituído essencialmente por quartzo e feldspato (microclínio e plagioclásio), e, subordinadamente, por opacos, clorita, zircão, carbonato e sericita, sendo considerado potencialmente álcali reativo para concreto.

Com relação a possíveis reações alcalinas deletérias em concreto comum devido a presença de sais solúveis, os resultados apresentados no quadro 8.2 para a amostra 01Ma são favoráveis. Os teores de sais solúveis estão abaixo da norma para a amostra testada. Entretanto, o teste de

reatividade álcali concreto pela variação dimensional em barras de argamassa pelo método acelerado, mostrou uma expansão acima da norma (<0,19%, após 28 dias) para o metarenito, valor de 0,59, o que indica reatividade potencial para essa rocha.

A granulometria da amostra analisada mostra presença de materiais pulverulentos (1,5%), pouco acima do limite da norma (1%), massa específica e densidade aparente normais, e baixa absorção d'água. Entre os testes de resistência mecânica, o resultado do ensaio realizado para abrasão "Los Angeles" está abaixo de 50%, como recomendado.

Os metarenitos de Itaporanga d'Ajuda têm sido utilizados em sub-base de estradas, pavimentação e cobertura asfáltica (incluindo o recente recapeamento da BR101), com bom teste de abrasão "Los Angeles" e prováveis índices de resistência ao impacto adequados (mesmo sem ter sido

realizados os testes de resistência mecânica – compressão e impacto). Os metarenitos apresentam restrições para uso em concreto armado, pela provável reatividade alcalina (exame petrográfico e teste de variação em barra de argamassa pelo método acelerado) e pela sua visível forma tabular (índice de forma).

• **Reservas potenciais e vida útil**

A Pedreira MM Material de Construção estimou um período de 8 a 10 anos de vida útil para suas reservas minerais, para produção de agregados graúdos. Essa avaliação decorre não apenas das limitações geológicas devidas à faixa de afloramentos de metarenitos, como da proximidade da área urbana da cidade de Itaporanga d'Ajuda (**foto 8.6**).

Em que pesem as medidas já adotadas pela mineradora, que opera de forma relativamente harmoniosa com a ocupação urbana, o entorno da cidade inviabilizou áreas que poderiam ser aproveitadas pela mineração. Alguns procedimentos importantes foram observados para minimizar os impactos decorrentes da lavra e do beneficiamento das rochas:

a) redução do tamanho das bancadas para 10 m de altura, objetivando reduzir a intensidade das explosões de desmonte do complexo;

b) uso de rompedores hidráulicos e/ou mecânicos para fragmentação de blocos com mais de 1m de diâmetro, evitando detonação secundária;

c) construção de circuitos fechados para circulação da água nos limites da pedreira, com barragens de acumulação dos finos da britagem; e

d) uso de sistemas de aspersores de água junto aos britadores e correias transportadoras, visando reduzir o pó em suspensão.

Algumas outras medidas poderiam ser implementadas, objetivando ampliar a vida útil do jazimento:

a) adoção de explosivos industriais

tipo emulsão bombeada, por empresas especializadas, com fogos em horas determinadas, evitando a existência de depósitos de explosivos (paióis) no perímetro da empresa;

b) aquisição de propriedades localizadas no entorno da pedreira, na medida do possível criando um cinturão de proteção do empreendimento mineiro.

A ampla distribuição de metarenitos e metassiltitos da Formação Lagarto expostos nos arredores da cidade de Lagarto (89.000 habitantes), cerca de 45 km a oeste de Itaporanga d'Ajuda (**mapa geológico 1:300.000, anexo**), poderia vir a ser objeto de exploração mineral para fins de produção de agregados graúdos, a exemplo da Pedreira Serra Azul, de pequeno porte (800 m³ de brita/mês), que abastece as cidades vizinhas.

• **Perspectivas futuras**

As perspectivas futuras para a produção de agregados graúdos a partir dos metarenitos e metassiltitos da Formação Lagarto, nas proximidades de Itaporanga d'Ajuda, não são favoráveis a médio prazo quanto a disponibilidade das reservas minerais, em virtude das limitações geológicas da faixa de ocorrência dessas rochas e da proximidade da área urbana vizinha.

Em relação à qualidade da brita de metarenito analisada, os ensaios tecnológicos realizados (NBR 15577-4) indicam ser esse agregado potencialmente reativo para uso em concretos. Essa limitação não restringe porém o seu emprego nas demais destinações: bases de estrada, pavimentação asfáltica, fundações, pedras de alvenaria, etc.

A continuidade do aproveitamento das reservas existentes depende da adoção de medidas preventivas pelos órgãos gestores e fiscalizadores da mineração e pelos mineradores, incluindo:

a) garantia de extração das reservas legais existentes, bem como a preservação das áreas no entorno da pedreira, evitando que o crescimento urbano desordenado inviabilize o aproveitamento dos depósitos existentes;



Foto 8.6 - Pedreira MM Material de Construção localizada na periferia da cidade de Itaporanga d'Ajuda.

b) realização de campanhas conscientizadoras junto à comunidade próxima da mineração e à sociedade em geral, sobre a importância da mineração de agregados para a população;

c) maior fiscalização na construção civil, inclusive das obras públicas, de modo a evitar o uso de materiais inadequados ou de baixa qualidade na construção de moradias e de obras de interesse coletivo;

d) recuperação adequada das áreas lavradas, com nova configuração topográfica e ambiental, possibilitando o seu aproveitamento futuro e ampliando o apoio social à mineração.

8.4 Fontes alternativas

Em que pese existirem outras fontes geológicas de materiais passíveis de ser empregados como brita, a exemplo dos cascalhos aluviais e os níveis cascalhosos do Grupo Barreiras, não foram realizados estu-

dos quantitativos para esses bens minerais.

Os calcários, fartamente utilizados na RMA para fabricação de cimento, foram cogitados como fonte alternativa na produção de brita para concreto armado, como se observa em muitas áreas metropolitanas do país (Brasília, Belo Horizonte e outras). Os calcários calcínicos microcristalinos têm geralmente boa resistência mecânica à compressão, comparável à dos granitoides, e menor resistência ao impacto e abrasão, limitante para uso em cobertura asfáltica.

Com esse objetivo foi coletada uma amostra na frente de lavra da fábrica de cimento Nassau (amostra 01Ca), formada por rochas calcárias da Formação Cotinguiba, Membro Sapucari, na fazenda Itaguassu, município de Nossa Senhora do Socorro (**mapa geológico 1:300.000, anexo**). Com cerca de 150 kg, o material foi britado no Laboratório de Preparação de Amostras da CPRM, em Feira de Santana, na granulometria de 1" (tamanho entre 19 e 25 mm). No

quadro 8.1 é identificada e localizada a amostra de calcário, enquanto o quadro 8.2 apresenta um sumário dos resultados dos ensaios tecnológicos realizados, com as respectivas NBRs, o laboratório responsável pelos testes, bem como uma apreciação dos resultados.

A descrição petrográfica realizada pela Concreta (NBR 15557-3/08) caracterizou a rocha como um mármore calcítico cinza, coerente, sã, com estrutura maciça e textura granoblástica de granulação fina, constituída essencialmente de carbonato (calcita) e opacos. Os testes realizados mostraram reatividade alcalina favorável para concreto e um duvidoso resultado de abrasão "Los Angeles", valor de 12,8%, muito baixo para uma amostra calcária, rocha menos abrasiva e normalmente com índice de abrasão acima de 50%.

A análise realizada pela CPRM considerou a rocha um micrito, derivada da litificação de uma lama calcária finíssima, constituído essencialmente por calcita muito fina (4 a 31 micra). Contudo, a geração de muitos finos da britagem no preparo da amostra analisada e a relativamente alta porosidade (e absorção d'água), fazem esperar um resultado desfavorável quanto à resistência à compressão e ao impacto, com restrições, portanto, para concreto e asfalto.

Teste efetuado pela NassauMix, em-

presa coligada com a fábrica de cimento Nassau, comparou o desempenho da brita calcária usada para cimento com a brita de granitoide (32 mm) do Domo de Itabaiana (tomada como padrão). Foram feitas medições de resistência à compressão em dois corpos de prova de concreto (NBR 5738 e 5739), usando proporções equivalentes de cimento, areia, água e os dois tipos de brita. O corpo calcário apresentou boa resistência inicial (42% maior que a do corpo granitoide), porém, após sete dias de cura, a resistência do corpo calcário caiu para apenas 58% daquela do corpo padrão, sugerindo ser essa brita calcária em teste inadequada para aplicação em concreto armado na construção civil. Esse resultado, entretanto, não invalida a possibilidade da existência de outros calcários da Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas, menos porosos e com menor absorção d'água, poderem vir a ser utilizados como brita para concreto.

Não são conhecidos dados sobre o uso ou a qualificação de escórias empregadas como brita na construção civil na RMA. Da mesma forma, não existe processamento comercial de entulhos. O maior obstáculo que se verifica no reaproveitamento do entulho para fabricação de britas reside na falta de homogeneidade do produto final, além dos locais para deposição desses rejeitos serem raros e distantes. Também contribui negativamente a ausência de uma cultura regional de reaproveitamento desses materiais.

9 - Conclusões e Recomendações

O contexto geológico regional favorável ao abastecimento de bens minerais para construção civil da Região Metropolitana de Aracaju-RMA, não tem propiciado um fornecimento sustentável desses insumos, quer do ponto de vista ambiental, quer do aproveitamento racional dos recursos minerais.

As principais fontes de abastecimento de areia para a RMA foram agrupadas em depósitos fluviais, de terraços arenosos e os litorâneos. Entre os depósitos aluviais, as areias do rio Vaza-Barris foram consideradas de muito boa qualidade para concreto, considerando-se principalmente a sua granulometria, forma dos grãos, composição mineralógica e ausência de componentes deletérios. Uma avaliação de campo estimou uma extração aproximada de 500 mil t de areia em 2009, nos 25 km de leito ativo do rio, a partir da cidade de Itaporanga d'Ajuda para montante, para uma capacidade de reposição mínima da ordem de 850 mil t/ano.

Os areais do rio Vaza-Barris, por serem a principal fonte de areia de qualidade para concreto para a RMA nos próximos anos, deverão merecer uma recuperação ambiental adequada das suas áreas de extração, devendo a lavra ser dirigida para o leito ativo do rio, preservando-se as suas margens e a qualidade das suas águas.

Os principais jazimentos de terraços arenosos localizam-se nos domínios Areia Branca – Aldeia e Poxim. O primeiro concentra uma reserva estimada de 124 milhões de t, sendo 70% de areia e o restante de cascalho. Em que pesem suas reservas acusarem boas características químicas e mineralógicas, suas areias apresentam restrições para uso como agregado para concreto por serem medianamente finas, sendo usadas em argamassas, em misturas com areias mais grossas para concreto pronto, sub-bases para estrada, carga asfáltica, etc.

A produção anual de Areia Branca – Aldeia varia muito em função de demandas ocasionais para aterro e asfalto, estimando-se uma extração da ordem de 350 mil t de areia e 150 mil t de cascalho em 2009, lavrados em muitos casos sem um planejamento adequado. Essas reservas poderão ainda ser aproveitadas por muitos anos, desde que devidamente mapeadas e extraídas através

de corretas técnicas de lavra.

As frentes de extração de areia e cascalho do domínio Poxim, com acesso pela estrada SE-304, que liga a BR-101 a Neópolis, são muito dispersas, operadas sem planejamento, resultando numa lavra predatória dos depósitos. Apesar das oscilações da demanda, estimou-se uma produção de 200 mil t de agregados em 2009, com várias destinações de uso, inclusive para concreto, em função da sua granulometria ser em geral média a grossa.

As reservas de Poxim foram estimadas em 68 milhões de t, sendo 60% de areia e o restante de cascalho, consideradas de muito boa qualidade. Um mapeamento detalhado desses depósitos, que permitisse um planejamento da sua lavra, ampliaria a vida útil dessas reservas, reduzindo os impactos ambientais decorrentes.

As areias dos depósitos litorâneos (cordões e paleodunas), por comporem a paisagem do litoral sergipano, de forte vocação turística e de lazer, devem ser preservadas.

A ampla distribuição dos sedimentos do Grupo Barreiras margeando o litoral de Sergipe, constituídos por camadas argilosas, areno-argilosas e de cascalho, de granulometria e composição variadas, supre o mercado de arenoso da RMA em todas as suas necessidades. Os depósitos em produção a sudoeste de Aracaju, área de Terra Dura, e a oeste, na área de Cajueiro, junto à BR-101, são lavrados em terrenos com baixa ocupação antrópica, em muitos casos informalmente. Estima-se uma produção anual aproximada de 600 mil t de arenoso em 2009, nas frentes de lavra próximas da RMA. Uma seleção de áreas para garantir o fornecimento futuro de arenoso para a RMA, extensão das atuais áreas de produção, preservando-as do crescimento urbano, a serem lavradas com técnicas adequadas e recuperação ambiental, seria recomendável.

As regiões de Itabaiana, Itabaianinha, Siriri – Muribeca, Propriá – Santana do São Francisco e Simão Dias concentram a produção de cerâmica vermelha do Estado de Sergipe. Com uma diversificada linha de produtos, produzem acima de 900 milhões de

blocos furados por ano, gerando aproximadamente 3.500 empregos diretos. As telhas são fabricadas em muito menor escala, em torno de 70 milhões de unidades anualmente, principalmente no município de Itabaianinha, empregando cerca de 1.200 pessoas.

Com 28 unidades cerâmicas operando em 2010, produzindo anualmente aproximadamente 200 milhões de peças, a região de Itabaiana é responsável por 1.500 empregos diretos nesse segmento industrial. Uma avaliação dos depósitos de argila de várzea estimou uma reserva residual útil da ordem de 7 milhões de t, suficiente para cerca de 16 anos de vida útil, ao nível atual de consumo, e grandes reservas de “selão” de granitoides e de filitos intemperizados.

Para ampliar esse horizonte de vida, sugere-se estudar uma possível redução na proporção de argila de várzea para os “selões”, nas misturas empregadas na fabricação de blocos, com adoção de lavras cooperativadas entre as cerâmicas para reduzir os custos de produção, facilitar os entendimentos com os proprietários superficiais dos jazimentos de argila e a legalização da atividade mineira.

Maior produtora estadual de cerâmica vermelha, a região de Itabaianinha produz aproximadamente 360 milhões de blocos por ano, com 34 cerâmicas operando em 2010. A região concentra ainda 14 cerâmicas e cerca de 100 olarias que fabricam anualmente 65 milhões de telhas coloniais. A produção cerâmica regional viabiliza aproximadamente 2.600 empregos diretos.

As argilas recuperáveis de várzea mostram ainda grandes reservas, estimadas em 27 milhões de t, suficientes para cerca de 30 anos de vida útil. Os depósitos disponíveis para lavra de “selão” de gnaisses decompostos, além de expressivos, apresentam menor ocupação humana do que as áreas de várzea. A adoção de lavras cooperativadas poderia aproveitar melhor os jazimentos, facilitando a legalização da atividade mineira.

Terceira maior produtora estadual de cerâmica vermelha, a região de Siriri – Muri-beca fabrica aproximadamente 130 milhões de blocos furados por ano, com 9 cerâmicas operando em 2010, empregando cerca de

400 pessoas. A reserva estimada de argila de várzea, da ordem de 17 milhões de t, é suficiente para cerca de 60 anos de vida útil, enquanto as áreas disponíveis para lavra de “selão” nos tabuleiros formados por sedimentos do Grupo Barreiras são muito extensas. Viabilizar a legalização da extração das argilas empregadas pelas cerâmicas é de fundamental importância para a sustentabilidade dessa atividade industrial.

A região de Propriá – Santana do São Francisco concentra 7 cerâmicas produzindo cerca de 70 milhões de blocos, gerando 250 empregos diretos, em 2010. Os depósitos argilo-arenosos da margem direita do rio São Francisco e as várzeas ricas em argila dos seus afluentes, além dos arenitos intemperizados da Formação Penedo e dos xistos decompostos do Grupo Macururé, constituem reservas abundantes de matéria-prima para as cerâmicas.

O fato da maioria das várzeas estar dentro do perímetro irrigado da CODEVASF constitui preocupação para as cerâmicas próximas da cidade de Propriá. Em virtude da extensão dessas áreas, um mapeamento de uso e ocupação dos solos poderia estabelecer um zoneamento que viabilizasse as diversas atividades econômicas existente, incluindo a mineração de argila.

Com 5 cerâmicas operando em 2010, a região de Simão Dias fabrica aproximadamente 70 milhões de blocos furados por ano, sendo responsável por 200 empregos diretos. O contexto geológico regional favorece a existência de abundantes reservas de argila, de composições variadas, oriundas dos metassedimentos intemperizados da Formação Frei Paulo. Uma ação conjunta dos ceramistas viabilizaria uma melhoria na distribuição de energia elétrica às indústrias, evitando os prejuízos causados pela interrupção no fornecimento.

Com um mercado consumidor em expansão, o crescimento da indústria cerâmica estadual está relacionado a algumas estratégias que visem: a) maior integração entre os produtores, de modo a possibilitar uma melhor defesa dos interesses comuns, inclusive para lavra de argila em regime cooperado (centrais de massa). Esse espírito associativo foi melhor observado nas regiões

de Itabaianinha e Itabaiana; b) melhoria do nível de escolaridade da mão-de-obra, possibilitando avanços nos processos produtivos, com melhor racionalização dos seus custos; c) acesso a linhas específicas de crédito para ampliação/modernização dos empreendimentos cerâmicos; d) maior preocupação com a qualidade da cerâmica, face os avanços tecnológicos dos produtos concorrentes. Por exemplo, a climatização (descanso) das argilas no campo possibilita a desagregação e homogeneização adequada da massa; e) incentivos para implantação de projetos de reflorestamento, tendo em vista os custos crescentes com o fornecimento de lenha; f) ações governamentais para a realização do mapeamento de uso e ocupação dos solos, visando o zoneamento territorial que equacione o emprego dos recursos minerais com a ocupação urbana e as demais atividades econômicas; g) apoio institucional para análises laboratoriais, em face da diversidade de argilas existentes, como base para melhoria das misturas, processos e produtos.

Na região de Nossa Senhora das Dores, onde se localiza uma concentração de 12 olarias de pequeno porte conhecida como Polo Oleiro do Erel, aproximadamente 15 milhões de telhas são fabricadas por ano, empregando 150 pessoas. O processo de produção rudimentar, operado por empreendedores de baixa renda e escolaridade precária, não permite visualizar perspectivas favoráveis para esses pequenos empreendimentos, sem apoio governamental.

O polo artesanal de Carrapicho, localizado na cidade de Santana do São Francisco, reúne cerca de 500 trabalhadores na produção artesanal de barro, incluindo artesãos, polidores, pintores, preparadores de barro, etc., trabalhando em aproximadamente 80 olarias, sendo o artesanato cerâmico a principal fonte de renda do município. Com boa disponibilidade de argila nas proximidades, verifica-se a necessidade de se selecionar uma área para lavra de argila em regime cooperado entre os artesãos, garantindo o acesso futuro a essa matéria-prima.

Os agregados graúdos que abastecem a RMA são obtidos principalmente a partir da lavra de maciços granitoides do

Domo de Itabaiana, na região de Itabaiana, e secundariamente de metarenitos da Formação Lagarto, da região de Itaporanga d'Ajuda.

No Domo de Itabaiana, três pedreiras produzem anualmente aproximadamente 420 mil m³ de brita, gerando cerca de 90 empregos diretos em 2009, sem preocupação com as reservas de rochas para produção de agregados graúdos. Os ensaios tecnológicos, conjugados com a apreciação petrográfica, indicaram ser as britas de granitoide adequadas para uso em concreto.

Na periferia da cidade de Itaporanga d'Ajuda, uma única pedreira em operação produz cerca de 70 mil m³ de brita por ano, com reservas estimadas para um período de 8 a 10 anos de vida útil. Os ensaios realizados indicam ser esse agregado de metarenito potencialmente reativo para uso em concreto. Essa limitação, entretanto, não restringe o seu emprego nas destinações para as quais tem sido usado, como base de estrada, pavimentação asfáltica, fundações, pedras de alvenaria, etc.

Essas mineradoras de agregados graúdos operam dentro das técnicas de lavra e de recuperação ambiental, tendo como preocupação, em maior ou menor grau, o crescimento urbano que pode comprometer o pleno aproveitamento das suas reservas. A não proteção desses recursos minerais constitui o principal obstáculo ao abastecimento futuro de pedra britada da RMA, nas distâncias jazimento-mercado consumidor atuais. A inviabilidade do aproveitamento dos maciços rochosos ensejará a expulsão das mineradoras para áreas mais distantes, com o consequente encarecimento dessa matéria-prima de fundamental interesse social.

Como fonte alternativa para produção de agregado graúdo, foi testada uma amostra de rocha calcária da Formação Cotinguiba, coletada no município de Nossa Senhora do Socorro. Os ensaios foram desfavoráveis para uso em concreto e pavimentação asfáltica. Esse resultado, entretanto, não invalida a possibilidade da existência de outros calcários da Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas, menos porosos e com menor absorção d'água, poderem a ser utilizados como brita para concreto.

A esterilização de depósitos minerais pela expansão urbana, principalmente daqueles voltados para a construção civil, difundiu um novo conceito de reservas minerais, mais efetivo do que as reservas definidas no Código de Mineração (reservas Medida, Indicada e Inferida), que são as reservas Sociais, conhecidas como aquelas que a realidade social do entorno dos depósitos permite lavrar.

Essa situação pode ser minimizada não apenas com um zoneamento de proteção das áreas mineiras produtoras de bens minerais de interesse social, através de legislação específica e de uma efetiva fiscalização dos órgãos gestores dos setores mineral e ambiental, como também com campanhas de conscientização da população, em caráter permanente, sobre a importância da mineração de agregados para a sociedade. A percepção média atual da população urbana sobre essa atividade mineira reflete uma visão associada à degradação do meio físico, que causa sérios prejuízos não apenas às populações envolvidas, como ao meio ambiente.

A lavra legalizada de bens minerais, no caso específico de agregados para construção civil, de natureza mais complexa por envolver mineração em áreas urbanas ou próxima a elas, envolve aspectos legais nas esferas federal, estadual e municipal, exigindo conseqüentemente ações de natureza multilateral. A falta de consolidação das leis existentes, com o seu entrelaçamento com as legislações específicas (Códigos de Mineração, Florestal e de Recursos Hídricos), acarreta multiplicidade de ações nas três esferas de governo. Nos países desenvolvidos, os levantamentos geológicos governamentais precedem a exploração mineral e os zoneamentos territoriais resguardam os jazimentos, possibilitando o planejamento do abastecimento futuro desses insumos.

A existência de abundantes bens minerais para a construção civil também não tem privilegiado o emprego desses insumos na melhoria da moradia de amplas parcelas da população da RMA, caracterizada por precárias condições de habitabilidade, verificadas nas chamadas "invasões" e nas áreas de ocupação informal. Nessas situações, as

habitações são mal construídas, com elevado grau de deficiência urbanística, localizadas principalmente nas periferias urbanas.

Como os agregados areia e pedra britada empregados na construção civil são insumos de interesse social, o seu consumo costuma ser usado para avaliação da qualidade de vida das populações. O consumo anual *per capita* norte-americano, na média dos últimos 25 anos, foi acima de 8 t, enquanto na Europa tem se mantido acima de 7 t há vários anos. O consumo anual *per capita* brasileiro é da ordem de 3 t, situando-se em torno de 4 t na RM de São Paulo, por ser ela mais desenvolvida economicamente, com melhores índices de qualidade de vida. Na RMA esse consumo anual *per capita* situa-se próximo de 1,8 t, refletindo uma demanda reprimida representada pelo elevado déficit habitacional e pela deficiência das condições de infraestrutura.

Esses índices melhorarão com o Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, criado pelo Governo Federal no início de 2007, focado em infraestrutura e habitação. As obras desse plano, a exemplo da duplicação da BR-101 no Estado de Sergipe, ensejarão um desempenho superior à média histórica do setor de construção civil, aumentando a necessidade de bens minerais, como os agregados areia, arenoso, argila e brita. Na área de construção de moradias, o programa federal Minha Casa, Minha Vida, e o estadual Casa Nova, Vida Nova, contribuem para a redução do déficit habitacional sergipano.

Ao finalizar este trabalho, deve-se registrar que as conclusões e recomendações listadas neste relatório se devem não apenas aos levantamentos de campo e aos dados coletados junto aos órgãos federais, estaduais e municipais, como às entrevistas com os produtores e suas associações e entidades sindicais, às discussões vivenciadas no âmbito da comissão criada para acompanhamento do Plano Nacional de Agregados Minerais para Construção Civil, por iniciativa da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, do Ministério de Minas e Energia, e com os técnicos da CODISE, conhecedores da realidade mineira do Estado de Sergipe.

10 - Referências Bibliográficas

AGREGADOS. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Informações e Análises da Economia Brasileira**. 5.ed. Brasília: IBRAM, 2010. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00001142.pdf>>. Acesso em: 5 maio. 2011.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. **Dados oficiais: Número de Cerâmicas e Olarias no Brasil**: aproximadamente 7431 empresas (Fonte: IBGE). Rio de Janeiro: ANICER, 2011. Disponível em: <<http://www.anicer.com.br/index.asp?pg=institucional.asp&secao=3&categoria=60&subcategoria=0>>. Acesso em: 6 maio. 2011.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **Agregados minerais para obras de construção civil e infraestrutura nas principais regiões metropolitanas do Brasil**: cenários da cadeia produtiva, desafios e oportunidades. Projeto Básico. [Brasília]: MME, 2010. 13p.

BRASIL. Ministério do Exército. Diretoria de Serviço Geográfico. **Propriá**: folha SC.24-Z-B-II. [Brasília, DF]: DSG, 1994. 1 mapa. Escala 1:100.000.

CAMPOS, E. E. et al. **Agregados para a construção civil no Brasil**: contribuições para formulação de políticas públicas. Belo Horizonte: CETEC, 2007. 233 p.

COELHO, J. M. **Perfil de argilas para Cerâmica Vermelha**: Perfil da Argila. [Brasília]: MME, 2009. Relatório Técnico 32. Relatório executado pela J. Mendo Consultoria. Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P23_RT32_Perfil_da_Argila.pdf>. Acesso em: 6 maio. 2011.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Ficha descritiva de estação no curso da água**: Estação Fazenda Belém, código 50191000. Salvador: CPRM, 2008. Projeto Instalação e Operação de Estações Convencionais e Telemétricas da Rede Hidrometeorológica Nacional. Termo de Cooperação Técnica entre a CPRM e a Agência Nacional de Águas – ANA.

DELGADO, I. M. et al. Geotectônica do escu-

do atlântico. In: BIZZI, Luiz Augusto et al. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003. p. 227-334.

EMBRATEL. **[Região Sergipe-Alagoas]**: voo 0-212. [Rio de Janeiro]: SACS, 1973. Fotografias aéreas, papel fotográfico. Escala 1:70.000.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SERGIPE. **Sergipe**: Dinâmica recente e perspectivas do Setor Industrial. Aracaju: FIES, 2007. 217p.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SERGIPE. **Perfil da mão-de-obra na indústria de cerâmica vermelha do Estado de Sergipe**. Aracaju: FIES, 2009. 47p.

FRAZÃO, E. B. **Tecnologia de rochas na construção civil**. São Paulo: ABGE, 2002. 132 p.

GONÇALVES, J. C. V.; MOREIRA, M. D.; BORGES, V. P. **Materiais de construção civil na Região Metropolitana de Salvador**. Salvador: CPRM, 2008. 53 p. 1 mapa, color., Escala 1.150.000. (Informe de Recursos Minerais. Série Rochas e Minerais Industriais, 2). Programa Geologia do Brasil.

IBGE. **Primeiros dados do Censo 2010**: Sergipe. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/primeiros_dados_divulgados/index.php?uf=28>. Acesso em: 5 maio. 2011.

La SERNA, H. A. Agregados para Construção Civil. **Sumário Mineral 2009**, v. 29, 2010. Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=4544>. Acesso em: 2 maio. 2011.

LYRASOBRINHO, A. C. P.; DANTAS, J. O. C.; AMORIM NETO, A. A. Cimento. **Sumário Mineral 2009**, v. 29, 2010. Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=4544>. Acesso em: 2 maio. 2011.

PROJETO ARTE DO FOGO. **Arte do fogo em Santana do São Francisco**: Carrapicho, Sergipe, Brasil. Santana do São Francisco: Banco do Nordeste, 2009. 1 folheto.

SANTOS, R. A.; MARTINS, A. A. M.; NEVES, J. P.; LEAL, R. A. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Sergipe**: texto explicativo do Mapa Geológico do Estado de Sergipe. Brasília: CPRM; CODISE, 1998. 107 p. il. 1 mapa anexo. Convênio CPRM/ CODISE. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.

SERGIPE. Departamento Estadual de Infra-Estrutura Rodoviária. **Mapa rodoviário**: Estado de Sergipe. [Aracaju]: DER-SE, 2007. 1 mapa, color. Escala 1:450.000.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia. **Sergipe - Atlas digital sobre recursos hídricos**. Aracaju: SEPLANTEC, 2004. 1 CD-ROM.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Planejamento, Habitação e do Desenvolvimento Urbano. Superintendência de Estudos e Pesquisas. **Sergipe em dados 2009**. Aracaju: SEPLAN/SUPES, 2009. v. 10. 1 CD-ROM.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Planejamento. **Territórios Sergipanos**. [Aracaju]: SUPES-SEPLAN, 2008. 1 mapa, color. Escala gráfica.

SINDICATO em ação: Setor ceramista enfrenta dificuldades. **Jornal da Cidade**, 9 abr. 2010. Disponível em: <<http://www.sindindustria.com.br/main.jsp?lumPagelId=4028E4861DDA8636011DDE18C2955469&lumItemId=4028E48627F48B5C0127F7C620A266A>>. Acesso em: 23 set. 2010.

SOUZA, J. D.; SANTOS, R. A. (Coord.) **Mapa Geológico do Estado de Sergipe**. Brasília: CPRM, 1997. 1 mapa color. Escala 1:250.000. Convênio CPRM/CODISE. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.

SUDENE. **Aracaju**: folha SC.24-Z-B-IV. [Recife], 1974. 1 mapa. Escala 1:100.000.

SUDENE. **Buquim**: folha SC.24-Z-C-III. [S. I.], 1973. 1 mapa. Escala 1:100.000.

SUDENE. **Estância**: folha SC.24-Z-D-I. [S. I.], 1974. 1 mapa. Escala 1:100.000.

SUDENE. **Gracho Cardoso**: folha SC.24-Z-B-I. [S. I.], 1973. 1 mapa. Escala 1:100.000.

SUDENE. **Japaratuba**: folha SC.24-Z-B-V. [S. I.], 1983. 1 mapa. Escala 1:100.000.

SUDENE. **Simão Dias**: folha SC.24-Z-A-VI. [S. I.], 1973. 1 mapa. Escala 1:100.000.

VALVERDE, F. M. Agregados para Construção Civil. **Sumário Mineral 2007**, v. 27, p. 25-27, 2008. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=1063>>. Acesso em: 2 maio. 2011.

WIKIPÉDIA. **Região Metropolitana de Aracaju**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_Metropolitana_de_Aracaju>. Acesso em: 5 maio. 2011.

APÊNDICE

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
Serviço Geológico do Brasil - CPRM
Superintendência Regional de Salvador

**PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL PARA A
REGIÃO METROPOLITANA DE ARACAJU**

Questionário para Coleta de Dados, Idéias e Sugestões

Março/2009

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM, dentro das diretrizes traçadas pelo Ministério de Minas e Energia, através da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, está realizando o projeto Materiais de Construção Civil para a Região Metropolitana de Aracaju. Esse projeto tem os seguintes objetivos:

- a) realizar o levantamento dos insumos minerais voltados à construção civil na Região Metropolitana de Aracaju e adjacências, seu potencial, disponibilidade e aproveitamento, com destaque para os agregados areia, arenoso, argila e brita, no sentido de dotar a sociedade de informações para um planejamento referente à extração e consumo desses bens minerais;
- b) analisar a situação atual do abastecimento desses agregados minerais para a Região Metropolitana de Aracaju, com projeções futuras, as técnicas de lavra atualmente praticadas e os impactos decorrentes sobre o meio ambiente, com sugestões para redução dos danos ambientais; e
- c) fazer um diagnóstico do setor produtivo, grau de mecanização, formas associativas de organização, carências tecnológicas, acesso ao crédito e outras informações pertinentes.

Em agosto de 2008, a CPRM entregou à comunidade baiana o projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador, com o diagnóstico do fornecimento de areia, arenoso e brita, contendo a indicação das fontes geológicas de suprimento, qualificação dos produtos, produção, processos produtivos, comercialização e preços, além das reservas, incluindo alternativas para o abastecimento futuro. O trabalho ressaltou a importância do ordenamento territorial como forma de garantir o futuro abastecimento das cidades, as preocupações do setor produtor com a carga tributária e com a questão ambiental, com suas múltiplas exigências em diversas esferas da administração pública.

Entendendo que para atingir os objetivos propostos pelo projeto Materiais de Construção Civil para a Região Metropolitana de Aracaju, gerando um documento que seja de utilidade para os órgãos públicos (DNPM, IBAMA, Secretaria do Planejamento do Estado de Sergipe, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico, da Ciência e Tecnologia, CODISE, ADEMA, SRH, Ministério Público, Prefeituras Municipais, etc.), empreendedores e as comunidades envolvidas, torna-se necessário consultar os interessados do setor, a CPRM solicita a V.Sa. preencher este questionário, contribuindo com dados, idéias e sugestões.

1. Empresa :

Endereço :

Tel :

E-mail:

Fax :

2. Nome (contato):

Cargo :

Entrevistador :

Data :

3. Potencialidade Mineral

Na sua área de atuação existem problemas de reservas minerais para o abastecimento satisfatório de agregados para construção civil?

3a. Quantifique suas reservas (mesmo de forma aproximada):

Reservas medidas:

Reservas indicadas:

Reservas inferidas:

Reservas não avaliadas (estimadas):

4. Produção (lavra e processamento)

4a. Capacidade instalada/ociosa:

4b. Métodos de lavra e equipamentos empregados:

4c. Descrição do processamento e produtos gerados:

4d. Impactos ambientais detectados nos processos de lavra e processamento, e medidas mitigadoras:

5. Mercado (formal e informal)

Comente aspectos do mercado regional de agregados para construção civil, quanto à produção e consumo na RMA (expansão/redução do mercado nos últimos anos), custos x preços praticados, perspectivas futuras, projetos de ampliação, impactos decorrentes da lavra clandestina ou da concorrência predatória, etc.

5a. Destinação dos produtos (tipos mais consumidos) e preços praticados na jazida:

5b. Forma de distribuição / frete:

6. Tecnologia (pesquisa, lavra, beneficiamento, reaproveitamento e novos materiais)

Na área de tecnologia, que sugestões apresentaria para a otimização do setor, nas suas várias fases Δ

6a. Pesquisa :

6b. Lavra :

6c. Beneficiamento (Processamento) :

6d. Reaproveitamento (agregados a partir de reprocessamento de entulhos, por exemplo; ou areia de brita, melhorando o módulo de finura e o aproveitamento das jazidas):

6e. Possibilidade de novos materiais ou fontes (agregados a partir do reprocessamento de escórias metalúrgicas/siderúrgicas, por exemplo). Comente.

7. Políticas Públicas

No Brasil existem legislações específicas, a nível federal, estadual e municipal, que abrangem diversos aspectos referentes à pesquisa, à produção e à comercialização dos agregados minerais. Que condicionamentos, na sua opinião, dificultam a mineração de agregados na sua região, nas áreas de:

7a. Desenvolvimento Urbano

7b. Ambiental (legislação, Unidades de Conservação, multiplicidade de órgãos de fiscalização, etc.)

7c. Tributária

7d. Creditícia/Financeira

7e. Minerária (instabilidade na outorga do Regime de Licenciamento, por exemplo)

7f. Ordenamento Territorial (Planos Diretores, Z.E.E., ou inexistência de programas de zoneamento que preservem áreas para a produção de agregados, conflitos locacionais, etc.). Sugestões de uso e ocupação do solo das áreas mineiras.

8. Recursos Humanos

8a. Número de empregados nas diversas atividades (lavra, processamento, administração, etc.):

8b. Nível de escolaridade:

8c. Cursos de capacitação (inclusive de segurança no trabalho):

9. Sugestões

Suas sugestões ao Projeto Materiais de Construção Civil para a Região Metropolitana de Aracaju, como participante interessado desse importante segmento do setor mineral brasileiro, enriquecerão as propostas a serem formuladas. Fique totalmente à vontade para fazer críticas ou propor novos enfoques não abordados neste questionário. As informações prestadas serão consideradas sigilosas, sendo tratadas em conjunto, no universo de todas as respostas recolhidas.

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 Bacia do 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/Çapava 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 Urucacá - Roraima, 1997.
Nº 20 - Área AP-03 Alto Jari - Amapá/Pará, 1997.
Nº 21 - Área CE-02 Várzea Alegre/Lavras da Mangabeira/Encanto - Ceará, 1997.
Nº 22 - Área GO-08 Arenópolis/Amorinópolis - Goiás, 1997.
Nº 23 - Área PA-07 Serra Pelada - Pará, 1997.
Nº 24 - Área SC-01 Botuverá/Brusque/Gaspar - Santa Catarina, 1997.
Nº 25 - Área AP-01 Cassiporé - Amapá, 1997.
Nº 26 - Área BA-04 Jacobina Sul - Bahia, 1997.
Nº 27 - Área PA-03 Cuiapucu/Carará - Pará/Amapá, 1997.
Nº 28 - Área PA-10 Serra dos Carajás - Pará, 1997.
Nº 29 - Área AP-04 Tumucumaque - Pará, 1997.
Nº 30 - Área PA-11 Xinguara - Pará, 1997.
Nº 31 - Área PB-01 Cachoeira de Minas/Itajubatiba/Itapetim - Paraíba/Pernambuco, 1997.

Nº 32 - Área AP-02 Tartarugalzinho - Amapá, 1997.
 Nº 33 - Área AP-06 Vila Nova/Iratapuru - Amapá, 1997.
 Nº 34 - Área PA-02 Ipitinga - Pará/Amapá, 1997.
 Nº 35 - Área PA-17 Caracol - Pará, 1997.
 Nº 36 - Área PA-18 Vila Riozinho - Pará, 1997.
 Nº 37 - Área PA-19 Rio Novo - Pará, 1997.
 Nº 38 - Área PA-08 São Félix - Pará, 1997.
 Nº 39 - Área PA-21 Marupá - Pará, 1998.
 Nº 40 - Área PA-04 Três Palmeiras/Volta Grande - Pará, 1998.
 Nº 41 - Área TO-01 Almas/Natividade - Tocantins, 1998.
 Nº 42 - Área RN-01 São Fernando/Ponta da Serra/São Francisco - Rio Grande do Norte/Paraíba, 1998.
 Nº 43 - Área GO-06 Cavalcante - Goiás/Tocantins, 1998.
 Nº 44 - Área MT-02 Alta Floresta - Mato Grosso/Pará, 1998.
 Nº 45 - Área MT-03 Serra de São Vicente - Mato Grosso, 1998.
 Nº 46 - Área AM-04 Rio Traíra - Amazonas, 1998.
 Nº 47 - Área GO-10 Pirenópolis/Jaraguá - Goiás, 1998.
 Nº 48 - Área CE-01 Reriutaba/Ipu - Ceará, 1998.
 Nº 49 - Área PA-06 Manelão - Pará, 1998.
 Nº 50 - Área PA-20 Jacareacanga - Pará/Amazonas, 1998.
 Nº 51 - Área MG-07 Paracatu - Minas Gerais, 1998.
 Nº 52 - Área RO-05 Colorado - Rondônia/Mato Grosso, 1998.
 Nº 53 - Área TO-02 Brejinho de Nazaré - Tocantins, 1998.
 Nº 54 - Área RO-04 Porto Esperança - Rondônia, 1998.
 Nº 55 - Área RO-03 Parecis - Rondônia, 1998.
 Nº 56 - Área RR-03 Uraricoera - Roraima, 1998.
 Nº 57 - Área GO-04 Goiás - Goiás, 1998.
 Nº 58 - Área MA-01 Belt do Gurupi - Maranhão/Pará, 1998.
 Nº 59 - Área MA-02 Aurizona/Carutapera - Maranhão/Pará, 1998.
 Nº 60 - Área PE-01 Serrita - Pernambuco, 1998.
 Nº 61 - Área PR-01 Curitiba/Morretes - Paraná, 1998.
 Nº 62 - Área MG-01 Pitangui - Minas Gerais, 1998.
 Nº 63 - Área PA-12 Rio Fresco - Pará, 1998.
 Nº 64 - Área PA-13 Madalena - Pará, 1998.
 Nº 65 - Área AM-01 Parauari - Amazonas/Pará, 1999.
 Nº 66 - Área BA-01 Itapicuru Norte - Bahia, 1999.
 Nº 67 - Área RR-04 Quino Maú - Roraima, 1999.
 Nº 68 - Área RR-05 Apiaú - Roraima, 1999.
 Nº 69 - Área AM-05 Gavião/Dez Dias - Amazonas, 1999.
 Nº 70 - Área MT-07 Araés/Nova Xavantina - Mato Grosso, 2000.
 Nº 71 - Área AM-02 Cauaburi - Amazonas, 2000.
 Nº 72 - Área RR-02 Mucajá - Roraima, 2000.
 Nº 73 - Área RR-06 Rio Amajari - Roraima, 2000.
 Nº 74 - Área BA-03 Jacobina Norte - Bahia, 2000.
 Nº 75 - Área MG-04 Serro - Minas Gerais, 2000.
 Nº 76 - Área BA-02 Itapicuru Sul - Bahia, 2000.
 Nº 77 - Área MG-03 Conselheiro Lafaiete - Minas Gerais, 2000.
 Nº 78 - Área MG-05 Itabira - Minas Gerais, 2000.
 Nº 79 - Área MG-09 Riacho dos Machados - Minas Gerais, 2000.
 Nº 80 - Área BA-14 Correntina - Bahia, 2000.
 Nº 81 - Área BA-12 Boquira Sul - Bahia, 2000.
 Nº 82 - Área BA-13 Gentio do Ouro - Bahia, 2000.
 Nº 83 - Área BA-08 Rio de Contas/Ibitiara Sul - Bahia, 2000.
 Nº 84 - Área MT-05 Cuiabá/Poconé - Mato Grosso, 2000.
 Nº 85 - Área MT-04 Jauru/Barra dos Bugres - Mato Grosso, 2000.

SÉRIE OURO - INFORMES GERAIS

Nº 01 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1996.
 Nº 02 - Programa Nacional de Prospecção de Ouro - Natureza e Métodos, 1998.
 Nº 03 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1998.
 Nº 04 - Gold Prospecting National Program - Subject and Methodology, 1998.
 Nº 05 - Mineralizações Auríferas da Região de Cachoeira de Minas – Municípios de Manairá 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/Caçapava 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/Caçapava 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/Caçapava do Sul, Subárea Cambaizinho - Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 14 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava 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/Caçapava 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

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.

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 Zeolitas na Bacia do Parnaíba - Belém, 1997.
Nº 03 - Rochas Ornamentais de Pernambuco - Folha Belém do São Francisco - Escala 1:250.000 - Recife, 2000.
Nº 04 - Substâncias Minerais para Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador e Adjacências - Salvador, 2001.

SÉRIE RECURSOS MINERAIS MARINHOS

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

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

- Nº 01 - Projeto Materiais de Construção na Área Manacapuru-Iranduba-Manaus-Careiro (Domínio Baixo Solimões)-
Manaus, 2007.
Nº 02 - Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador - Salvador, 2008.
Nº 03 - Projeto Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas - Manaus, 2008.
Nº 04 - Projeto Rochas Ornamentais de Roraima - Manaus, 2009.
Nº 05 - Projeto Argilas da Bacia Pimenta Bueno - Porto Velho, 2010.
Nº 06 - Projeto Quartzo Industrial Dueré-Cristalândia - Goiânia, 2010.
Nº 07 - Materiais de Construção Civil para a Região Metropolitana de Aracaju - Salvador, 2011.

SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS

- Nº 01 - Projeto BANEIO - Bacia do Camaquã - Metalogenia das bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do sul do Brasil,
2008

ANEXO

**MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO E DE
ÁREAS SELECIONADAS DE AREIA, ARENOSO,
ARGILA E BRITA PARA A REGIÃO
METROPOLITANA DE ARACAJU.
ESCALA: 1:300.000.**