

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

*Série Rochas e Minerais
Industriais, nº 18*

Insumos Minerais para a Construção Civil



PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

Fortaleza – 2016

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

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

Programa Geologia do Brasil

**MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL
NA REGIÃO METROPOLITANA DE
FORTALEZA**

Iris Pereira Gomes
Maria Dulcinéa M. Rolim Bessa
José Adilson Dias Cavalcanti
Deoclecio Pereira Vale Filho

INFORME DE RECURSOS MINERAIS
Série Rochas e Minerais Industriais, nº 18



FORTALEZA
2016

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

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

Programa Geologia do Brasil

**MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO
METROPOLITANA DE FORTALEZA**

ESTADO DO CEARÁ

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Rochas e Minerais Industriais, nº 18

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
CPRM – Serviço Geológico do Brasil
DIDOTE – Processamento Técnico

Gomes, Iris Pereira.

Materiais de Construção civil na região metropolitana de Fortaleza / Iris Pereira
Gomes ... [et al.] . – Fortaleza : CPRM,2016.

1 CD-ROM. – (Informe de recursos minerais. Série Rochas e minerais industriais, 18)

Programa Geologia do Brasil.

ISBN 978-85-7499-262-4

1.Minerais industriais – Brasil – Ceará. 2.Geologia econômica – Brasil – Ceará.
3.Materiais de construção – Brasil – Ceará. I. Título. II. Série.

CDD 553.6098131

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

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

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

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

Programa Geologia do Brasil

PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO
METROPOLITANA DE FORTALEZA

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Fernando Coelho Filho
Ministro de Estado

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Carlos Nogueira da Costa Junior
Secretário

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Manoel Barretto da Rocha Neto
Diretor-Presidente

Roberto Ventura Santos

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Stênio Petrovich Pereira

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Nelson Victor Le Cocq D'Oliveira

Diretor de Administração e Finanças

Francisco Valdir Silveira

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Vanildo Almeida Mendes

Chefe da Divisão de Minerais e Rochas Industriais

Reginaldo Alves dos Santos

Chefe do Departamento de Geologia

Edilton José dos Santos

Chefe da Divisão de Geologia Básica

José Márcio Henrique Soares

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação (interino)

José Márcio Henriques Soares

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

RESIDÊNCIA DE FORTALEZA

Darlan Filgueira Maciel

Chefe da Residência

Antônio Maurílio Vasconcelos

Coordenador Executivo – DGM

Edney Smith de M. Palheta

Assistente de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Edson Mendonça Gomes

Assistente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Iris Pereira Gomes

Chefe do Projeto

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 CONTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA
ESTADO DO CEARÁ**

EQUIPE TÉCNICA

ELABORAÇÃO DO INFORME

Coordenação Técnica Nacional - DEREM
Francisco Valdir Silveira

Supervisão Técnica Nacional - DIMINI
Ruben Sardou Filho

Coordenação Técnica Local
Antônio Maurílio Vasconcelos

EXECUÇÃO DA PESQUISA

Chefe do Projeto
Iris Pereira Gomes

Equipe Técnica
Maria Dulcinéa M. Rolim Bessa
José Adilson Dias Cavalcanti
Deoclécio Pereira Vale Filho

Coordenação da Revisão Bibliográfica
Roberta Pereira da Silva de Paula

Organização, Preparo e Controle da Editoração Final
Alan Düssel Schiros

CRÉDITOS DE AUTORIA DO RELATÓRIO

Organização
Iris Pereira Gomes

Execução
Capítulos 1, 2, 4, 7, 8 e 10 – Iris Pereira Gomes
Capítulo 3 – José Adilson Dias Cavalcanti e Deoclécio Pereira Vale Filho
Capítulos 5, 6 e 9 – Maria Dulcinéa M. Rolim Bessa

Análises Petrográficas
Maria Dulcinéa M. Rolim Bessa

Referências Bibliográficas
Francisca Giovânia Freire Bastos

Cartografia Digital
Janolfta Leda Rocha Holanda
Guilherme Marques e Souza

Revisão Final
Antônio Maurílio Vasconcelos
Ruben Sardou Filho
Iris Pereira Gomes
Maria Dulcinéa M. Rolim Bessa
Angela Pacheco Lopes
Teobaldo Rodrigues de Oliveira Junior

Revisão Ortográfica e Gramatical
Homero Coelho Benevides

Editoração para publicação
UNIKA Editora

EDIÇÃO DO PRODUTO

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento
Departamento de Relações Institucionais e Divulgação – DERID - José Márcio Henrique Soares (interino)
Divisão de Marketing e Divulgação – DIMARK - José Márcio Henriques Soares
Divisão de Geoprocessamento – DIGEOP/SA – Reginaldo Leão Neto – SIG/GEOBANK

APRESENTAÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM, através da Residência de Fortaleza – REFO tem a satisfação de disponibilizar à comunidade técnico-científica, aos empresários do setor mineral e à sociedade em geral os resultados obtidos pelo Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Fortaleza – CE.

O projeto se desenvolveu em um momento de crescente procura por matérias-primas minerais de uso na construção civil para suprir a grande demanda devido ao crescimento populacional e às políticas governamentais de investimento na construção e reforma de moradias, imóveis comerciais e obras de infraestrutura. O PAC – Programa de Aceleração do Crescimento a partir de um planejamento estratégico tem contribuído, notavelmente, para o aumento destas obras e do consumo desses bens minerais.

O projeto abrange a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), constituída por 15 municípios: Aquiraz, Caucaia, Cascavel, Chorozinho, Eusébio, Fortaleza (núcleo urbano central e capital do estado), Guaiúba, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacatuba, Pacajus, Pindoretama e São Gonçalo do Amarante, com uma área total de 5.784 km².

Os principais insumos minerais de uso na construção civil objetos deste trabalho são brita, areia e argila e, subordinadamente, saibro e rocha ornamental. O projeto tem como meta principal gerar e disponibilizar informações geológicas atualizadas que permitam caracterizar e avaliar o potencial econômico desses bens minerais na RMF, indicando as fontes geológicas, reservas, qualificação dos recursos, produção, processos produtivos, comercialização e preços.

Ao publicar este trabalho, a CPRM está disponibilizando uma importante contribuição para empresas do setor mineral do estado, órgãos gestores e pesquisadores, já que evidencia a existência de áreas potenciais, que devem ser exploradas por meio de um sistema sustentável, além de fornecer subsídios para um planejamento referente à extração e consumo desses bens minerais tão importantes do ponto de vista social e para a qualidade de vida da sociedade como um todo.

MANOEL BARRETTO DA ROCHA NETO
Diretor-Presidente

ROBERTO VENTURA SANTOS
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM integrado ao Programa de Aceleração do Crescimento – PAC apresenta neste informe o Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Fortaleza. O trabalho descreve e quantifica ocorrências e depósitos de matérias-primas minerais utilizadas no setor da construção civil.

A metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto constou de quatro etapas principais. Na etapa preliminar foram realizados levantamento e análise bibliográfica, elaboração de mapas temáticos e programação para os trabalhos de campo. Na segunda, foram executados os trabalhos de campo, que totalizaram 69 dias, onde foram cadastrados 238 pontos, classificados, de acordo com suas potencialidades, em: ocorrência, depósito, garimpo, mina etc. Também nessa etapa foi feita uma atualização da cartografia geológica de sua área de abrangência. A terceira etapa incluiu a realização das análises laboratoriais, constando de análises químicas, físico-químicas, mineralógicas e ensaios tecnológicos de agregados miúdos. Na etapa final, foram confeccionados os mapas temáticos finais, representados pelos mapas: geológico, de potencialidade mineral, de direitos minerários, de zoneamento institucional e atividade mineira e de áreas de relevante interesse mineral, além da redação do presente relatório.

As informações coligidas constituíram importantes subsídios para uma reavaliação do potencial econômico regional para bens minerais de uso na construção civil, notadamente de argila para cerâmica vermelha, areia e pedra britada. Também merecem destaques os depósitos de rochas para revestimento, de saibro, de diatomita e calcário identificados na Região Metropolitana de Fortaleza.

Do total de bens minerais estudados, mais de 50% é de areia, cujos principais ambientes deposicionais são as dunas e paleodunas, aluviões das drenagens maiores que seccionam a região e áreas cobertas por sedimentos inconsolidados a semiconsolidados, de idades terciária e tércio-quadernária.

Outro bem de significativa importância para a região é a argila, cujos maiores depósitos situam-se nas várzeas dos rios Pacoti, Choró, São Gonçalo e Ceará. Os resultados das análises laboratoriais, realizadas durante o desenvolvimento do projeto, demonstraram que essas argilas são mais apropriadas para a produção de tijolos, uma vez que sua granulometria, ligeiramente arenosa, interfere na plasticidade e conformação das peças voltadas para a fabricação de telhas.

No que se relaciona à produção de brita, o destaque se deve ao grande potencial econômico que representa para a região. No geral, de acordo com as análises petrográficas realizadas em várias amostras desse material, possuem boa integridade física, com baixo grau de alteração e quantidade irrisória de microfraturamentos. O principal uso da brita como agregado graúdo é na fabricação de concreto. Atualmente existem quarenta e cinco áreas requeridas para produção de pedra britada, dentre as quais atuam quatorze unidades de beneficiamento em operação, formando cinco fortes áreas produtoras de brita, que permanecem inalteradas desde 1998, quando da realização do Plano Diretor de Mineração. Os maciços residuais, que representam as principais áreas de extração de pedra britada, são representados pelas serras da Conceição, do Camará e do Juá, no município de Caucaia; serra de Maranguape ou serra da Taquara, no município de Maranguape; serra de Pacatuba ou da Monguba, também conhecida como serra de Aratanha, que inclui parte dos municípios de Pacatuba, Maranguape e Maracanaú; serrote da Itaitinga, em Itaitinga; e serrote Cararu, em Eusébio.

ABSTRACT

In this paper, the Geological Survey of Brazil – CPRM (Mineral Resources Research Company) integrated to PAC (Programme for Accelerated Growth) - presents the Construction Materials Project for the Metropolitan Area of Fortaleza. The work describes and quantifies the occurrences and deposits of mineral raw materials used in civil engineering.

The methodology adopted for the project development consisted of four main stages. The preliminary stage included a bibliographical survey, the preparation of thematic maps and fieldwork scheduling. At the second stage, the fieldwork was done in 69 days, when 238 points were registered and classified, according to their potential for: occurrence, deposit, mine, etc. An update of the geological mapping of the coverage area was also made at this stage. At the third stage, laboratory analyses were conducted, including chemical, physico-chemical, mineralogical analysis and technological tests of fine aggregates. At the last stage, the final thematic maps were made, represented by geological charts, mineral potential, mining rights, institutional zoning and mining activity as well as areas of mineral interest, in addition to the writing of this report.

The collected information was of great value to the reassessment of the regional economic potential for minerals used in civil engineering, notably red clay ceramics, sand and gravel. It is also worth mentioning the deposits of rock for finishes, clay, diatomite and limestone discovered in the Metropolitan Area of Fortaleza.

More than 50% of the mineral resources studied consists of sand, whose main depositional environments are dunes and paleo-dunes, silt of major drains which section the region and areas covered with unconsolidated and unconsolidated sediments of the Tertiary and Tertiary-Quaternary periods.

Another very important resource for the region is clay, whose largest deposits are located in the floodplains of the Pacoti, Choró, São Gonçalo and Ceará rivers. The results of the laboratory tests done during the project development demonstrated that this clay is more appropriate for the production of bricks, as its grain size and slightly sandy consistence interfere in the plasticity and conformity of parts for manufacturing tiles.

Concerning gravel production, its importance is due to the high economical potential it represents in the region. In general, according to the petrographic analysis of several samples of this material, they have great physical integrity with a low degree of alteration and a negligible amount of microfractures. Gravel is mainly used as aggregate in making concrete. Currently, there are forty-five areas required for the production of gravel, among which there are fourteen process units in operation, forming five important producing areas of gravel, which have remained unchanged since 1998, since the development of the Master Plan for Mining. The residual solid, which represent the main areas of gravel extraction, is found in the Conceição, Camará and Juá Mountains in the municipality of Caucaia; in the Maranguape or the Taquara Mountains in the municipality of Maranguape; in the Pacatuba or Monguba Mountains, also known as Ara-tanha Mountains, comprising the municipalities of Pacatuba, Maranguape and Maracanaú; in the Itaitinga Mountains in Itaitinga, and in the Cararu Mountains in Eusébio.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	19
1.1 - HISTÓRICO, OBJETIVOS E METODOLOGIA.....	19
1.2 - REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA	20
1.2.1 - Localização e Acessos.....	20
1.2.2 - Aspectos Socioeconômicos e Infraestrutura.....	20
1.2.2.1 - A Ocupação do Espaço Urbano	20
1.2.2.2 - Crescimento Econômico.....	22
1.2.2.3 - Infraestrutura.....	24
2 – INSUMOS MINERAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	27
2.1 - CONCEITUAÇÕES	27
2.2 - CLASSIFICAÇÃO DOS INSUMOS MINERAIS	27
2.2.1 - Insumos Minerais Estruturais	27
2.2.2 - Insumos Minerais Complementares	27
2.3 - ABORDAGEM DO PROJETO PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA.....	28
3 – CONTEXTO GEOLÓGICO	29
3.1 - EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO	29
3.2 - GEOLOGIA REGIONAL	30
3.3 - GEOLOGIA LOCAL.....	30
3.3.1 - Generalidades	30
3.3.2 - Litoestratigrafia	30
3.3.2.1 - Domínio Pré-Cambriano.....	30
3.3.2.2 - Domínio Cenozoico	31
4 – POTENCIAL MINERAL	33
4.1 - GENERALIDADES	33
4.2 - INSUMOS MINERAIS	33
4.2.1 - Areia.....	34
4.2.1.1 - Conceito, Aplicações e Fontes	34
4.2.1.2 - Caracterização Tecnológica	37
4.2.1.3 - Potencialidade (Recursos Estimados e Fontes Alternativas).....	41
4.2.2 - Argilas.....	43
4.2.2.1 - Conceito, Tipologia, Especificações e Aplicações.....	43
4.2.2.2 - Metodologia de Exploração e Beneficiamento.....	44
4.2.2.3 - Caracterização Tecnológica	45
4.2.2.4 - Potencialidade.....	55
4.2.3 - Pedra Britada	55
4.2.3.1 - Conceito, Tipologia, Especificações e Aplicações.....	55
4.2.3.2 - Metodologias de Exploração e Beneficiamento.....	56
4.2.3.3 - Caracterização Tecnológica	58
4.2.3.4 - Potencialidade.....	61
4.2.3.5 - Aproveitamento Econômico de Rejeito	63
4.2.4 - Rocha Ornamental ou de Revestimento.....	65
4.2.4.1 - Conceito, Tipologia, Especificações e Aplicações.....	65
4.2.4.2 - Metodologia de Exploração e Beneficiamento.....	66
4.2.4.3 - Caracterização Tecnológica	67

4.2.4.4 - Potencialidade	70
4.2.4.5 - Aproveitamento Econômico de Rejeito	72
4.2.5 - Pedra de Talhe	73
4.2.6 - Saibro	73
4.2.6.1 - Conceito, Tipologia, Especificações e Aplicações	73
4.2.6.2 - Metodologia de Exploração e Áreas de Ocorrência	74
4.2.6.3 - Caracterização Tecnológica	75
4.2.6.4 - Potencialidade	76
4.2.7 - Outros Insumos Mineraiis	77
4.2.7.1 - Rochas Carbonáticas	77
4.2.7.2 - Diatomita	78
5 – MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE	81
5.1 - GENERALIDADES	81
5.2 - IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA MINERAÇÃO	81
5.2.1 - Desmatamento	81
5.2.2 - Erosão	82
5.2.3 - Assoreamento	83
5.2.4 - Contaminação das Águas	83
5.2.5 - Poluição Atmosférica	84
5.2.6 - Modificação da Paisagem	85
5.2.7 - Poluição Sonora	85
5.2.8 - Ultralancamento de Fragmentos e Vibrações do Terreno	86
5.3 - IMPACTOS X MUNICÍPIOS	87
5.4 - AÇÕES MITIGADORAS	88
6 – LEGISLAÇÃO E DIREITOS MINERÁRIOS	93
6.1 - LEGISLAÇÃO MINERAL	93
6.2 - NOVO MARCO REGULATÓRIO	94
6.3 - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	94
6.3.1 - Legislação Específica para Áreas de Preservação Permanente (APP)	95
6.3.2 - Legislação Específica para Unidades de Conservação (UC)	96
6.3.3 - Legislação Específica para Áreas Indígenas	97
6.4 - ATIVIDADE MINERAL NA RMF	97
7 – DIAGNÓSTICO TÉCNICO ECONÔMICO	101
7.1 - GENERALIDADES	101
7.2 - MERCADO BRASILEIRO	101
7.3 - BENS MINERAIS PARA A CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO NA RMF	102
7.4 - ARRECADAÇÃO DA CFEM	104
7.5 - PERSPECTIVAS	104
8 – ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL	107
9 – DIRETRIZES E AÇÕES PARA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL	109
9.1 - GENERALIDADES	109
9.2 - DIRETRIZES E AÇÕES DO PODER PÚBLICO	109
9.3 - DIRETRIZES E AÇÕES DAS EMPRESAS DO SETOR MINERAL	110
9.4 - DIRETRIZES E AÇÕES DA SOCIEDADE CIVIL	110
10 – CONCLUSÕES	111

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS	121
ANEXO I – LISTA DE JAZIMENTOS	129
ANEXO II – MAPA GEOLÓGICO	137
ANEXO III – MAPA DE POTENCIAL MINERAL.....	141
ANEXO IV – MAPA DE DIREITOS MINERÁRIOS	145
ANEXO V – MAPA DE ZONEAMENTO INSTITUCIONAL E ATIVIDADE MINERAL.....	149
ANEXO VI – MAPA DE ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL.....	153

SIGLAS E ABREVIATURAS

AA – Absorção de Água

AASHTO – *American Association of State Highway and Transportation Officials*

ABIH – Associação Brasileira da Indústria Hoteleira

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtoras de Agregados para Construção Civil

ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica

ANM – Agência Nacional de Mineração

AP – Autorização de Pesquisa

APA – Área de Preservação Ambiental

APP – Área de Preservação Permanente

ASTM – *American Society for Testing and Materials*

BRT – *Bus Rapid Transit*

BSI – *British Standards Institution*

CFEM – Compensação Financeira pela Exploração Mineral

CL – Concessão de Lavra

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

CNPM – Conselho Nacional de Política Mineral

CNUC – Cadastro Nacional de Unidades de Conservação

COEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONPAM – Conselho de Políticas e Gestão do Meio Ambiente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CTGAS – Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

DOU – Diário Oficial da União

DRX – Difractometria de Raios X

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EPI – Equipamento de Proteção Individual

FIEC – Federação das Indústrias do Estado do Ceará

FUNAI – Fundação Nacional do Índio

IBAMA – Instituto do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

IP – Índice de Plasticidade

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

L – Licenciamento

LI – Licença de Instalação

LO – Licença de Operação
LP – Licença Prévia
MEA – Massa Específica Aparente
METROFOR – Metrô de Fortaleza
MF – Módulo de Finura
NUTEC – Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará
PA – Porosidade Aparente
PAC – Programa de Aceleração do Crescimento
PCA – Plano de Controle Ambiental
PIB – Produto Interno Bruto
PRAD – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
RCA – Relatório de Controle Ambiental
RCD – Resíduos de Construção e Demolição
RESEX – Reserva Extrativista
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental
RL – Requerimento de Lavra
RLn – Retração Linear
RMF – Região Metropolitana de Fortaleza
RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural
SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SIUP – Serviço Industrial de Utilidade Pública
SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TRF – Tensão de Ruptura a Flexão
UBS – Unidade Básica de saúde
UC – Unidade de Conservação
UPA – Unidade de Pronto Atendimento
VLT – Veículo Leve Sobre Trilhos
XRF – Fluorescência de Raios X

MATERIAIS DE CONTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

ESTADO DO CEARÁ

1 – INTRODUÇÃO

1.1 - HISTÓRICO, OBJETIVOS E METODOLOGIA

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM, integrado ao Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), apresenta neste informe o Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Fortaleza. O trabalho descreve e quantifica ocorrências minerais e áreas potenciais, na perspectiva de contribuir com a melhoria do conhecimento regional do setor e possibilitar a descoberta de novos depósitos minerais de interesse econômico.

A crescente procura por recursos naturais fez com que a mineração se tornasse um dos principais fatores econômicos dos estados em vias de desenvolvimento. No Ceará, a principal atividade de mineração é a produção de agregados (areia, argila e brita), fortemente ligada às constantes obras de infraestrutura e habitações.

O projeto foi executado no período de junho de 2012 a junho de 2014, por geólogos da CPRM - Residência de Fortaleza. Teve como meta principal gerar e disponibilizar informações geológicas atualizadas que permitem caracterizar e avaliar o potencial econômico em minerais para uso na construção civil – areia, pedra britada, argila para cerâmica vermelha, rocha de revestimento, calcário, diatomita e material de empréstimo (saibro) – de toda a área que compõe a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF).

A valorização destes insumos minerais está condicionada tanto à competitividade quanto ao mercado consumidor. O crescimento populacional e o aumento do consumo influenciam diretamente a viabilidade de uma reserva mineral, pois à medida que cresce a demanda, eleva-se a procura. Vale lembrar que a atividade mineradora é responsável pela criação de inúmeros empregos diretos e indiretos, e atua como um catalizador do crescimento econômico.

Em função do exposto, este trabalho é uma contribuição para pesquisadores, comunidade científica e empresas do setor mineral do estado, já que evidencia a existência de áreas potenciais, que devem ser exploradas por meio de um sistema sustentável, regularizado por instituições responsáveis pelas suas atividades de mineração.

A sistemática aplicada para a execução do projeto subdividiu-se em quatro etapas:

Etapa I – Realização de um levantamento bibliográfico concomitante à preparação de bases cartográfica e geológica da RMF. Neste período foram compiladas informações de todo o material técnico adquirido, que compreende mapas geológicos

preexistentes, base cartográfica, interpretações aerogeofísicas, trabalhos realizados por outras instituições federais e estaduais, teses e dissertações. A base de dados da CPRM (GEOBANK), o Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Fortaleza (DNPM, 1998) e o sistema *online* do DNPM, que contém os direitos minerários da RMF, foram as fontes principais.

Após analisados e integrados os dados foram introduzidos em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Mapas preliminares foram digitalizados e editados no *software* ARCGIS – versão 10, contendo informações geológicas e estruturais, listagem de jazimentos existentes na RMF e áreas de interesse mineral, adquiridas junto ao DNPM.

Etapa II – Execução de sete períodos de campo, entre setembro de 2012 e novembro de 2013, totalizando 69 dias de campo, ocorridos em fases alternadas. Nesses períodos foram realizadas as seguintes atividades: I) cadastramento e caracterização dos recursos minerais encontrados; II) seleção de áreas potenciais; III) mapeamento geológico da área, onde se procurou identificar e definir as diferentes unidades, estruturas tectônicas e relação de contato entre os litotipos; IV) definição dos controles geológicos dos depósitos; V) coleta de amostras para ensaios tecnológicos e análises petrográficas e químicas; VI) descrição dos impactos ambientais causados pela atividade mineira; e VII) levantamento de informações sobre o mercado produtor e consumidor mineral, mediante entrevistas com mineradores, associações sindicais e órgãos federais e estaduais.

Etapa III – Com o término das viagens a campo a pesquisa voltou-se para a atualização de mapas e a preparação e envio de amostras para análises laboratoriais e caracterização tecnológica. Em laboratório foram realizadas as seguintes atividades: I) análises petrográficas de 96 lâminas delgadas, confeccionadas e descritas pelo laboratório de petrografia da CPRM-REFO; II) análises granulométricas e mineralógicas em 11 amostras de areia e 2 de saibro, realizadas no mesmo laboratório supracitado; III) análises granulométricas, caracterização mineralógica por difração de raios X e caracterização tecnológica de corpo de prova em 22 amostras de argila, realizadas no laboratório do Centro de Tecnologias do Gás-CTGAS/RN-Natal. A Tabela 1.1 mostra a relação de análises e ensaios realizados em amostras de argila.

Etapa IV – Os dados, devidamente integrados e tratados em um banco de dados, possibilitaram a elaboração do presente Informe de Recursos Minerais, produzido por tecnologia digital, disponibilizados em CD ROM e relatório impresso. Este informe constitui

Tabela 1.1 – Relação de análises e ensaios realizados em amostras de brita, areia e argila.

ROCHA	AREIA E SAIBRO	ARGILA
▪ Análise petrográfica	▪ Análise granulométrica	▪ Difração de Raios X
	▪ Análise mineralógica	▪ Determinação dos Índices de Plasticidade
		▪ Determinação de Índices Físicos (Absorção, Porosidade e Massa Específica).
		▪ Resistência Mecânica à Flexão
		▪ Determinação dos Índices de Retração Linear de Queima
		▪ Umidade de Conformação
		▪ Sinterização de Corpos de Prova nas Temperaturas de 850, 900 e 950 °C.

um instrumento de grande valia para a divulgação promocional do setor da construção civil da Região Metropolitana de Fortaleza e está acoplado a cinco mapas – Geológico, Potencial Mineral, Direitos Minerários, Áreas de Relevante Interesse Mineral e Zoneamento Institucional – que podem ser usados como guia à prospecção de novos jazimentos de insumos minerais para a construção civil.

1.2 - REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

1.2.1 - Localização e Acessos

A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), também conhecida como Grande Fortaleza é constituída por 15 municípios: Aquiraz, Caucaia, Cascavel, Chorozinho, Eusébio, Fortaleza (núcleo urbano central e capital do estado), Guaiúba, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacatuba, Pacajus, Pindoretama e São Gonçalo do Amarante (Figura 1.1). Abrange uma área total de 5.784 km², correspondendo a 3,9% da superfície de todo o estado do Ceará.

O acesso às sedes municipais, a partir da capital, pode ser efetuado através de rodovias pavimentadas em boas condições de tráfego.

1.2.2 - Aspectos Socioeconômicos e Infraestrutura

1.2.2.1 - A Ocupação do Espaço Urbano

A origem da cidade de Fortaleza data do começo do século XVII, quando foi criado o forte Fortaleza de Nossa Senhora de Assunção. A capital cearense, nomeada em 1823 como a cidade de Fortaleza, surgiu do pequeno povoado que se ergueu e se desenvolveu em torno desse forte, cujas origens estão ligadas à miscigenação de índios e portugueses. O aumento da população intensificou-se a partir da segunda metade do século XX. O crescimento de Fortaleza a consolidava não só como um grande centro urbano cearense, mas também como uma importante metrópole do Brasil. Em 1973 foi constituída oficialmente a Região Metropolitana de Fortaleza – RMF (Artur Bruno, 2011).

Atualmente, a RMF é formada por 15 municípios, com uma área de 5.783 km² e uma população estimada de 3.700.182 habitantes (IPECE, 2013). Segundo o IBGE (2012), é a sétima região metropolitana do Brasil em termos populacionais. Sua expansão urbana foi impulsionada por processos de adensamento das atividades porto-industriais e eixos litorâneos ligados ao lazer e turismo, gerando um aglomerado demográfico de grande expressão política e econômica.

Grandes conjuntos habitacionais distribuíram-se ao longo da linha férrea que passa por Caucaia e Maracanaú, e que abriga boa parte das indústrias da metrópole. O Complexo Industrial e Portuário do Pecém, que está sendo estruturado no município de São Gonçalo do Amarante, abrigará uma siderúrgica e uma refinaria, prevendo-se um forte crescimento na economia do Ceará e, conseqüentemente, maior desenvolvimento. O litoral cearense, que é extremamente dinâmico e com expressivo volume de capital empregado no setor de entretenimento, lazer, turismo e expansão imobiliária, atualmente também age como uma das fontes que mais incrementam o setor econômico do estado.

Segundo o IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2013) a população da RMF, entre os anos de 2005 a 2012, cresceu em média 1,1%, com destaque para o município de Chorozinho, que teve sua população diminuída, e para o município de Fortaleza, com o menor crescimento relativo, embora seja o maior aglomerado populacional (Tabela 1.2).

Segundo Pereira *et al.* (2013), a década de 1980 foi um marco importante na valorização e incorporação do espaço metropolitano no Ceará, intensificados pela intervenção do poder público estadual em parceria com a iniciativa privada. O autor relata que a complexidade dos desdobramentos urbano-metropolitanos é uma relação da sociedade com o espaço, que no caso da RMF está intrinsecamente ligada ao “simples” desejo social de estar à beira-mar, envolvendo a maritimidade (relação do homem com o mar), o turismo (relação do homem com o lazer) e a metrópole. Neste contexto, o



Figura 1.1 – Localização da área do projeto.

Tabela 1.2 – Estimativa da população, por municípios, da Região Metropolitana de Fortaleza (2005 – 2012). Fonte: IPECE, 2012.

Macroregião de Planejamento	Estimativa da população		Taxa média de crescimento anual da população (%) (2005-2012)
	2005	2012	
Região Metropolitana de Fortaleza	3.430.133	3.700.182	1,1
Aquiraz	69.343	74.465	1,1
Cascavel	63.170	67.503	1,0
Caucaia	303.970	336.091	1,5
Chorozinho	20.721	18.947	-1,2
Eusébio	38.448	47.993	3,5
Fortaleza	2.374.944	2.500.194	0,8
Guaiúba	21.339	24.727	2,3
Horizonte	43.505	58.418	4,9
Itaitinga	33.221	36.814	1,5
Maracanaú	193.879	213.404	1,4
Maranguape	98.429	117.306	2,7
Pacajus	51.757	64.521	3,5
Pacatuba	60.701	75.411	3,5
Pindoretama	17.137	19.247	1,8
São Gonçalo do Amarante	39.569	45.141	2,0

estado cearense se sobressai pela visão empresarial e inovadora consolidada, inserido em um discurso turístico de imagens positivas, em contraste com o antigo cenário negativo de pobreza e seca, tendo a cidade de Fortaleza como o principal portal dessas imagens. Ainda segundo o mesmo autor, no processo de metropolização, além da capital outros quatro municípios litorâneos são também irradiadores dessa dinâmica socioespacial pela vilegiatura marítima na RMF: a oeste, Caucaia e São Gonçalo do Amarante; e a leste, Aquiraz e Cascavel. Somado-se às unidades unifamiliares, as categorias mais representativas no contexto metropolitano são os condomínios, os *apart-hotéis* e os complexos turístico-hoteleiros.

Após o tratamento de imagens de satélite antigas e recentes, respectivamente, datadas de 1980 e 2010 e fazendo-se analogia da mancha urbana, verificou-se um significativo aumento da expansão da área ocupada na RMF (Tabela 1.3). Isto se deve ao adensamento populacional e verticalização de moradias, assim como pelo desenvolvimento do turismo, principalmente a leste, bem como da implantação de indústrias no setor oeste da RMF e a sul da capital (Figura 1.2). No total, a expansão da área urbana em 1980 era de 127,45 km² e, em 2010, era de 404,82 km², o que corresponde a um crescimento de 218 %. Atualmente, uma parcela significativa no setor leste vem passando por processos de terraplenagem para novas ocupações, com expectativas de que seja mantida esta tendência nos próximos anos. Com base nesses dados, nota-se que a alocação constante de recursos públicos

e privados voltados à infraestrutura do espaço metropolitano, aliado ao *marketing* proporcionado por um mercado imobiliário aquecido, é prudente admitir a continuidade do aumento da demanda por espaços urbanos, em especial concentrados no litoral metropolitano.

1.2.2.2 - Crescimento Econômico

A Região Metropolitana de Fortaleza corresponde em área a cerca de 3,9% do estado. A extensão territorial e a distribuição da população e do PIB, por município, podem ser vistas na tabela 1.4, com destaque para a cidade de Fortaleza, que concentra 67% de toda a população do aglomerado metropolitano e 73% do PIB regional (IPECE, 2013).

Segundo dados do IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2013), a economia da RMF demonstra uma forte predominância do setor de comércio e serviços, com participação de 72%, seguido da indústria, com 24% e da agropecuária, com 4%. Considerando a composição do setor industrial, o segmento da transformação responde pela maior parcela do PIB industrial, com 11,4% de participação, os serviços industriais de utilidade pública (SIUP) seguem com 6,2% e o setor de construção civil, somado à indústria extrativa mineral representam 6,1%. Considerando o período de 2007 a 2011, a indústria de transformação registrou um crescimento médio anual de apenas 1,8%. Tal desempenho foi especialmente influenciado pela crise econômica instituída em 2009. Do contrário,

Tabela 1.3 – Área urbana em km² por municípios da RMF nos anos de 1980 e 2010.

MUNICÍPIO	ÁREA MUNICIPAL ¹ (km ²)	ÁREA URBANIZADA ² (km ²) - 2010	ÁREA URBANIZADA ² (km ²) - 1980	CRESCIMENTO (%)
Fortaleza	312,9	210,6	108,7	94
Caucaia	1.226,9	48,8	6,2	687
Maracanaú	105,6	28,5	2,6	996
Eusébio	76,5	16,3	0,36	4428
Aquiraz	480,6	14,5	0,34	4165
São Gonçalo do Amarante	833,7	17,5	0,53	3202
Maranguape	590,3	11,2	1,28	775
Pacatuba	132,3	8,2	0,36	2178
Itaitinga	150,6	8,1	0,61	1228
Guaiúba	266,9	1,2	0,22	445
Horizonte	159,8	11,6	1,32	779
Pacajus	254,2	10,9	0,83	1213
Chorozinho	278,2	2,4	0,46	422
Pindoretama	72,8	3,2	0,16	1900
Cascavel	837,4	11,6	1,24	835
RMF	5.779,2	404,82	127,45	218

Nota 1: Área municipal delimitada de acordo com o IPECE, 2013;

Nota 2: As áreas urbanas foram calculadas de acordo com a interpretação nas imagens dos satélites LANDSAT-5 ano de 2010 e LANDSAT-2 ano de 1980. Levou-se em consideração apenas áreas urbanas consolidadas. Áreas consideradas antropizadas, do tipo solo exposto, agricultura e pastagens não foram incluídas.

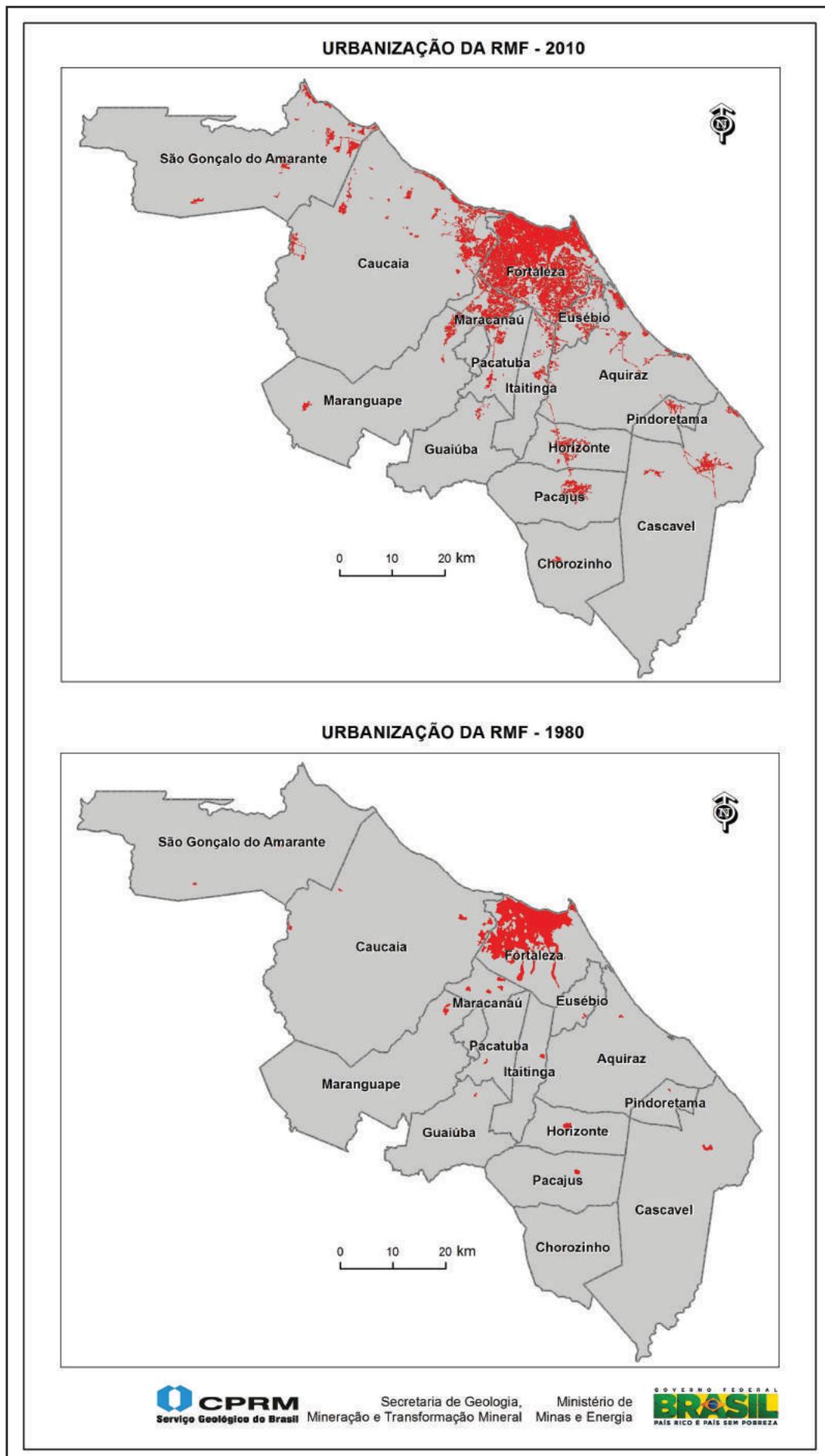


Figura 1.2 – Expansão da mancha urbana nos municípios da RMF de 1980 a 2010.

Tabela 1.4 – Território, população e PIB da RMF, por município (IPECE, 2013).

Município	Área (Km ²)	População	PIB (R\$)	PIB per capita
Ceará	148.826	8.606.005	77.865.415	9.217
RMF	5.783	3.700.182	50.605.704	
Aquiraz	481	74.465	682.571	9 395
Cascavel	838	67.503	447.137	6 762
Caucaia	1.228	336.091	2.597.520	7 999
Chorozinho	278	18.947	90.323	4 774
Eusébio	77	47.993	1.271.649	27 616
Fortaleza	313	2.500.194	37.106.309	15 161
Guaiúba	267	24.727	100.646	4 178
Horizonte	160	58.418	995.679	18 053
Itaitinga	151	36.814	183.012	5 107
Maracanaú	106	213.404	4.100.336	19 549
Maranguape	591	117.306	753.273	6 671
Pacajus	254	64.521	514.524	8 319
Pacatuba	132	75.411	554.878	7 680
Pindoretama	73	19.247	90.237	4 828
S. Gonçalo do Amarante	834	45.141	1.117.611	25 431

a indústria da construção civil foi pouco afetada e registrou taxas positivas de crescimento, que resultaram em uma expansão média anual de 8%, no mesmo período (IPECE, 2013). Essa expansão demonstra um mercado imobiliário aquecido, que além de outros setores, beneficia principalmente a construção civil, em resposta ao aumento da procura por imóveis residenciais, empresariais e industriais. Um dos impulsos ao setor deve-se ao programa “Minha Casa, Minha Vida”, criado pelo governo federal, com objetivo de reduzir o *déficit* habitacional brasileiro.

A capital cearense, com mais de 2,5 milhões de habitantes, é um dos principais polos turísticos do Nordeste. A cidade registra índice de desenvolvimento humano (IDH) de 0,786 e detém o nono maior PIB do Brasil, configurando-se como importante centro industrial e comercial (IBGE, Censo 2010). Com o advento do turismo litorâneo, Fortaleza tornou-se uma importante atração no Ceará, com seu litoral ensolarado e de clima tropical durante todo o ano. Verifica-se uma inclusão cada vez maior do setor turístico como propulsor do desenvolvimento, sobretudo da RMF, inserido nos planos governamentais como atividade econômica essencial frente ao processo de urbanização e metropolização. O turismo emerge como uma das principais estratégias utilizadas para a atração de investimentos, na tentativa de reverter os aspectos negativos da seca, em atributos positivos para a prática do lazer.

Com os preparativos para a realização da Copa do Mundo de 2014, Fortaleza e região metropolitana investiram em diversos empreendimentos, que envolveram obras de mobilidade urbana e infraestrutura esportiva, muitas delas não concluídas

até a realização do evento. Dentre as obras previstas, podem ser citadas a linha de VLT, com 13 km de extensão e estimativa para beneficiar 90 mil passageiros; o complexo do metrô que contará com 20 estações ao todo e 24 km de extensão; o aeroporto, com obras de reforma e ampliação do terminal de passageiros; e a arena Castelão, com aproximadamente 188 mil metros quadrados de empreendimento, além de obras de reforma e alargamento das principais avenidas que dão acesso ao estádio (*site*: portal da Copa do Governo Federal, publicado em 23/05/2012).

Diante do exposto surgem novas demandas para o setor da construção civil, condicionadas à produção de matérias-primas minerais e insumos que perpassam por várias cadeias produtivas da economia regional e do país.

1.2.2.3 - Infraestrutura

O sistema rodoviário que integra os municípios da RMF é constituído por estradas estaduais e federais. As principais estradas estaduais são: CE-040 e CE-025, passando por Eusébio, Aquiraz e litoral; CE-060, passando por Maracanaú e Pacatuba; CE-065 até Maranguape; CE-090 com acesso ao litoral de Caucaia; CE-085 até o município de São Gonçalo do Amarante; CE-350, que liga Pacatuba a Itaitinga; e CE-422 que dá acesso ao porto do Pecém. As rodovias federais são: BR-116, que está sendo duplicada doanel viário de Fortaleza até o município de Horizonte; BR-222, que dá acesso a Caucaia; anel viário ou BR-020 que faz a interligação da CE-040 com a BR-116, CE-060, CE-065, BR-020 e BR-222.

Atualmente está em construção o metrô de Fortaleza (METROFOR), que dará suporte ao

transporte público de passageiros da RMF. O Metrofor foi criado em 1987 com o objetivo de assumir e modernizar a operação de transporte dos trens metropolitanos de Fortaleza, até então realizada pela CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos. O metrô de Fortaleza interligará a capital a quatro cidades da região metropolitana; Caucaia, Maracanaú, Maranguape e Pacatuba, que são também as mais populosas, depois de Fortaleza. Com o término da sua implantação total, o número de passageiros transportados chegará a 485 mil usuários/dia e contará com 43 km de extensão (*site*: Secretaria da Infraestrutura, Governo do Estado do Ceará).

O complexo aeroportuário de Fortaleza, representado pelo aeroporto internacional Pinto Martins, possui terminal de passageiros de 35.660 m², com capacidade para 6,2 milhões de passageiros/ano. Atualmente encontra-se em fase de obras de revitalização e ampliação, esperando-se que sua capacidade total passe a atender a 8,6 milhões passageiros/ano (*site*: Infraero).

O transporte marítimo é realizado através do porto do Mucuripe, um terminal marítimo classificado entre os mais importantes do país. Sua área de influência abrange os estados do Ceará, Piauí, Maranhão, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Paraíba, estendendo-se também às regiões Norte, Centro-Oeste e ao vale do São Francisco. Permite a movimentação de diferentes tipos de mercadorias, divididos em granéis sólidos (grãos, cereais etc), granéis líquidos (derivados de petróleo), carga geral solta e containerizada. Castanha de caju, cera de carnaúba, metal, tecidos, frutas, trigo, malte, lubrificantes, combustíveis e derivados de petróleo estão entre os principais produtos movimentados pelo porto (*site*: Secretaria de Portos). Com intuito de incrementar o transporte de cargas no Ceará, em março de 2002 foi inaugurado o terminal portuário do Pecém, que fica localizado no município de São Gonçalo do Amarante, criado para atender às demandas industriais voltadas para as atividades de siderurgia, refino de petróleo, petroquímica e de geração de energia elétrica (*site*: Secretaria de Infraestrutura do Ceará).

A distribuição de energia elétrica e água na RMF são executadas pelas empresas COELCE e CAGECE. O serviço de telefonia fixa é realizado pela TELEMAR, EMBRATEL, INTELIG e/ou VESPER. De acordo com o Ministério da Saúde a Região Metropolitana de Fortaleza possui 529 estabelecimentos de saúde, entre postos ou unidades básicas e de pronto-atendimento, policlínicas e hospitais.

Os principais produtos agrícolas cultivados na RMF são as hortaliças, como alface, coentro e cebolinha, além do cultivo da mandioca, milho, arroz, feijão, cana-de-açúcar, banana, caju, manga e coco. Na pecuária, a avicultura é o principal setor, seguido

da criação de suínos e bovinos. A pesca constitui um importante segmento produtivo no litoral, onde grande parte da população vive diretamente desta atividade. O Ceará é um dos maiores produtores de pescado do país, com destaque para a lagosta, sendo a RMF responsável pelo processo de industrialização e comercialização.

A mineração constitui atividades de pequeno a médio porte, de grande importância para o desenvolvimento da região e está essencialmente relacionada aos materiais de aplicação direta na construção civil, destacando-se a areia, a argila para cerâmica vermelha e o granito e rochas afins para brita e revestimento.

Segundo a FIEC – Federação das Indústrias do Estado do Ceará (2011), o parque fabril cearense é constituído, basicamente, por indústrias de transformação e por empresas da construção civil, que respondem por 97,90% de todo o setor industrial. Ao todo existem 14.537 empresas, das quais 4.546 são do setor da construção civil, 3.042 do ramo de vestuário e 1.786 do ramo de alimentos, bebidas e álcool etílico. Portanto, somente estes três segmentos respondem por 64,49% do total. Verifica-se ainda que a grande concentração espacial do parque fabril cearense (73%) encontra-se na Região Metropolitana de Fortaleza, sendo esta também responsável por 75% do emprego formal.

Outro setor de infraestrutura é o polo de educação superior. Existem, ao todo, 34 instituições de educação superior reconhecidas pelo Ministério da Educação, localizadas no núcleo metropolitano, que incluem três universidades (Universidade Federal do Ceará, Universidade de Fortaleza e Universidade Estadual do Ceará), 28 faculdades, dois centros universitários e um Instituto de Educação (INEP, 2012).

Considerando os investimentos nos projetos industriais e na infraestrutura, supracitados, especialistas em desenvolvimento econômico destacam que o desempenho da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) entre 2011 e 2012 a colocou na 131ª posição entre as 300 maiores economias metropolitanas do mundo e a 7ª no *ranking* nacional (Brookings, 2012). Este cenário tende a influenciar os interesses do setor imobiliário habitacional e industrial, ressaltando a importância da efetivação de planos de ordenamento territorial, que levem em conta as projeções de crescimento da demanda por materiais de construção civil e, conseqüentemente, da ampliação da atividade extrativa mineral para atender às novas necessidades da RMF.

Portanto, é necessário o conhecimento do potencial mineral da região e a vida útil das reservas minerais de interesse em projetos construtivos de moradia e infraestrutura, o que determinará o surgimento de novas minas e a adaptação daquelas já existentes.

2 – INSUMOS MINERAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1 - CONCEITUAÇÕES

Dentre os insumos minerais de maior interesse para indústria da construção civil estão os agregados (areia, brita e argila). Estes recursos são considerados abundantes na natureza e os mais consumidos no mundo, sendo utilizados tanto em construções simples, como em grandes obras de infraestrutura.

De definição relativamente simples, embora abrangente, o termo "agregado" se aplica a todo material granular encontrado na natureza ou proveniente da fragmentação mecânica das rochas. Pode ser classificado em função de sua origem, dimensão e densidade dos fragmentos. Quanto à origem, Mattos *et al.* (2005) classificam os agregados em naturais e artificiais. São denominados naturais, quando provenientes de jazidas minerais sendo extraídos diretamente na natureza na forma de fragmentos, como areias, pedregulhos e cascalhos, presentes nos sedimentos aluvionares; e artificiais, quando provenientes do processo de britagem das rochas, ou seja, derivados de resíduos industriais, resultantes de processamento fragmentação/cominuição, como a pedra britada, a areia pó de pedra, escórias de autoforno, cinzas voláteis, concreto reciclado, resíduos urbanos e agregados leves.

Quanto à dimensão e densidade dos fragmentos, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com base nas normas NBR 7225 e 7211, os agregados são classificados em: agregado graúdo (pedra britada e pedregulho), com dimensões entre 100 e 4,8 mm; e agregado miúdo (areia natural ou de britagem), com dimensões nominais entre 4,8 e 0,075 mm. Em função da densidade, podem ser classificados em pesados (barita, magnetita, limonita etc.), normais (pedra britada e pedregulho) e leves (argila expandida, vermiculita etc.).

Outros tipos de insumos minerais comuns na construção civil são saibro, pedra de talhe, rocha ornamental e calcário, cuja conceituação será comentada no capítulo 4 do presente relatório.

2.2 - CLASSIFICAÇÃO DOS INSUMOS MINERAIS

Os insumos minerais utilizados na construção civil são essenciais em todas as fases de uma obra, porém os produtos *in situ*, ou agregados naturais, são de baixo valor e isto permite classificá-los em dois grupamentos principais: insumos minerais estruturais – elevados volumes/menores preços; e insumos minerais complementares – menores volumes/elevados preços (Gonçalves *et al.*, 2011).

2.2.1 - Insumos Minerais Estruturais

São considerados insumos estruturais aqueles que demandam grandes volumes, porém preços baixos, tais como (Gonçalves *et al.*, *op. cit.*):

- Agregados (areia e brita) utilizados em obras na construção civil, principalmente na produção de concreto, asfalto e argamassa.
- Calcário, argila e outros bens minerais aplicados na fabricação do cimento Portland.
- Argila para cerâmica estrutural ou vermelha, como tijolos, blocos e telhas.

Esses materiais são essenciais na construção de moradias. A brita, a areia e a argila são consumidos em grandes volumes, mas com preços relativamente baixos. Isto determina que sejam produzidos o mais próximo possível das áreas urbanas consumidoras, para que tenham preços competitivos, o que ocasiona constantes conflitos com o crescimento urbano e o meio ambiente. Por outro lado, para a produção do cimento, o calcário, apesar de abundante e da grande demanda, necessita de qualificação adequada, o que envolve altos investimentos, e isto possibilita sua produção a maiores distâncias do mercado.

2.2.2 - Insumos Minerais Complementares

Os insumos minerais complementares são o inverso dos estruturais, isto é, aqueles que requerem menores volumes e geram preços mais elevados. Os principais bens minerais que compõem este grupo são (Gonçalves *et al.*, *op. cit.*):

- Argila e outros insumos para cerâmica de revestimento e sanitária.
- Areia e outros insumos para argamassa e rejuntas prontos.
- Rochas ornamentais e para revestimento (dimensionadas e/ou polidas).
- Insumos para vidro, plástico, tintas, ferragens etc.

Os produtos gerados a partir destes insumos minerais são utilizados nos complementos das obras. Por se tratar de matéria-prima com menor disponibilidade geológica, comparada aos insumos estruturais, sua produção pode ocorrer mais distante dos centros populacionais e devido a processos de fabricação mais complexos, consequentemente gerando preços mais elevados.

2.3 - ABORDAGEM DO PROJETO PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

A intensidade do crescimento demográfico ocorrido nas últimas décadas trouxe como consequência a geração de quantidades significativas de uma crescente demanda por materiais de construção, haja vista a aquecida indústria deste setor. Com as políticas governamentais de investimento na construção e reforma de moradias, imóveis comerciais e obras de infraestrutura, a tendência é de que este mercado se torne cada vez mais aquecido. Seus diferentes segmentos consomem uma diversidade de substâncias minerais *in natura* ou beneficiadas. Neste setor verifica-se a convivência de diferentes tipos de estabelecimentos, com características distintas quanto aos níveis de produção, qualidade dos produtos, índices de produtividade e grau de mecanização.

Os dados apresentados neste trabalho foram obtidos através de visitas a empresas, associações e sindicatos, com informações conseguidas através de telefonemas e respostas de questionários envolvendo empresários do setor, assim como estudos específicos realizados em campo. Dentre os principais entraves diagnosticados, podemos citar: 1) problemas na locação de novas jazidas; 2) desconhecimento das características físicas, químicas e mineralógicas das matérias-primas; e 3) a falta de critérios técnicos na extração e reaproveitamento de rejeito.

Recentemente, em 2012, o DNPM lançou “A Indústria de Agregados para a Construção Civil na Região Metropolitana de Fortaleza”, que traz uma série de contribuições ao setor público e produtivo da mineração de areia e brita, atualizando todo o conhecimento adquirido anteriormente, através do Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Fortaleza – PDM/RMF, datado de 1998. Entretanto a RMF é um grande consumidor não só de areia e brita, mas de outras matérias-

primas minerais de uso na construção civil, como por exemplo, a argila. Apesar da importância econômica e social da cerâmica vermelha, a grande maioria dos jazimentos de argilas não é devidamente estudada, não havendo, em geral, dados técnico-científicos que orientem sua aplicação industrial da maneira mais racional e otimizada possível. Em função da carência de informações específicas deste bem mineral, o presente estudo dará mais ênfase às argilas, no que se refere a sua caracterização tecnológica, uma vez que os insumos areia e brita já foram devidamente estudados pelo DNPM.

Vale ressaltar que o estudo analisa o segmento produtivo considerando os seguintes fatores: dados do segmento, usos, consumo, produção, reservas minerais, projeção de demanda, projeção de necessidade de tecnologia, capacitação, aspectos legais e ambientais. Este trabalho irá suprir a deficiência de informações que ainda permaneceram, além de servir como auxílio no controle e aproveitamento mais adequados dessas matérias-primas, colaborando assim, para a diversificação e aprimoramento da qualidade dos produtos comercializados no mercado local, bem como projeções de cenários futuros de produção a partir de informações sobre o desempenho de mercado para os próximos anos.

O conhecimento da matéria-prima contribui diretamente para a melhoria das propriedades do produto final e possibilita ao fabricante flexibilidade, redução de custos de produção e aumento no valor do produto. Considera-se importante destacar que existem limitações inerentes às fontes estatísticas, pois a carência de dados disponíveis tem implicações diretas na qualidade das projeções de produção e de reservas, como parte dos resultados deste estudo. Neste contexto, a presente pesquisa procura contribuir, agregando informação aos conhecimentos existentes, para a identificação da potencialidade de materiais para a construção civil.

3 – CONTEXTO GEOLÓGICO

3.1 - EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO

A geologia da Região Metropolitana de Fortaleza foi, pela primeira vez, estudada em detalhe no projeto “Sistema de informação para gestão e administração territorial da região metropolitana de Fortaleza – PROJETO SINFOR”, executado pela CPRM e publicado em 1995. Neste projeto foi realizado o mapeamento geológico na escala 1:100.000, onde foram delineadas as principais unidades litoestratigráficas da área. Nesta época, a principal referência cartográfica disponível era o Mapa Geológico do Ceará (1983), onde, na área da RMF, constavam apenas o pré-cambriano não diferenciado e a cobertura cenozoica composta pelos depósitos sedimentares pertencentes à Província Costeira (Grupo Barreiras, coberturas colúvio-aluvionares, paleodunas, dunas móveis ou recentes, os depósitos flúvio-aluvionares e mangues). Este mapeamento representou um grande avanço no conhecimento geológico dessa porção da Província Borborema. Nas áreas onde predominava o pré-cambriano foram delineados o complexo gnáissico-migmatítico, o complexo granitoide-migmatítico e individualizados sete corpos de rochas graníticas.

Na elaboração do novo mapa geológico da RMF foram utilizados, como referência, os mapas geológicos do SINFOR (Brandão, 1995), do estado do Ceará (Cavalcante *et al.*, 2003) e da folha Baturité (Pineo & Zwirter, 2013). A porção do mapa onde foram delineadas as unidades pertencentes à Província Costeira foi compilada do mapa de Cavalcante *et al.* (2003). Já a porção onde foi definido o pré-cambriano foi mapeada na escala 1:150.000, utilizando dados de campo, bases cartográficas planialtimétricas (folhas São Luiz do Curu, Fortaleza, Baturité, Beberibe e Aquiraz), imagem Geocover 2000 e as cartas imagens geradas a partir dos dados aerogeofísicos do projeto Norte do Ceará (2010).

O resultado da análise e a integração dos dados é o mapa ora apresentado, que é composto por dois grandes domínios geológicos, sendo um de rochas pré-cambrianas pertencentes à Província Borborema Setentrional e o outro de rochas e sedimentos cenozoicos pertencentes principalmente à Província Costeira (Figura 3.1). No Nordeste, a província costeira se estende por toda a faixa litorânea da Província Borborema e, no interior, predominam rochas do embasamento pré-cambriano.

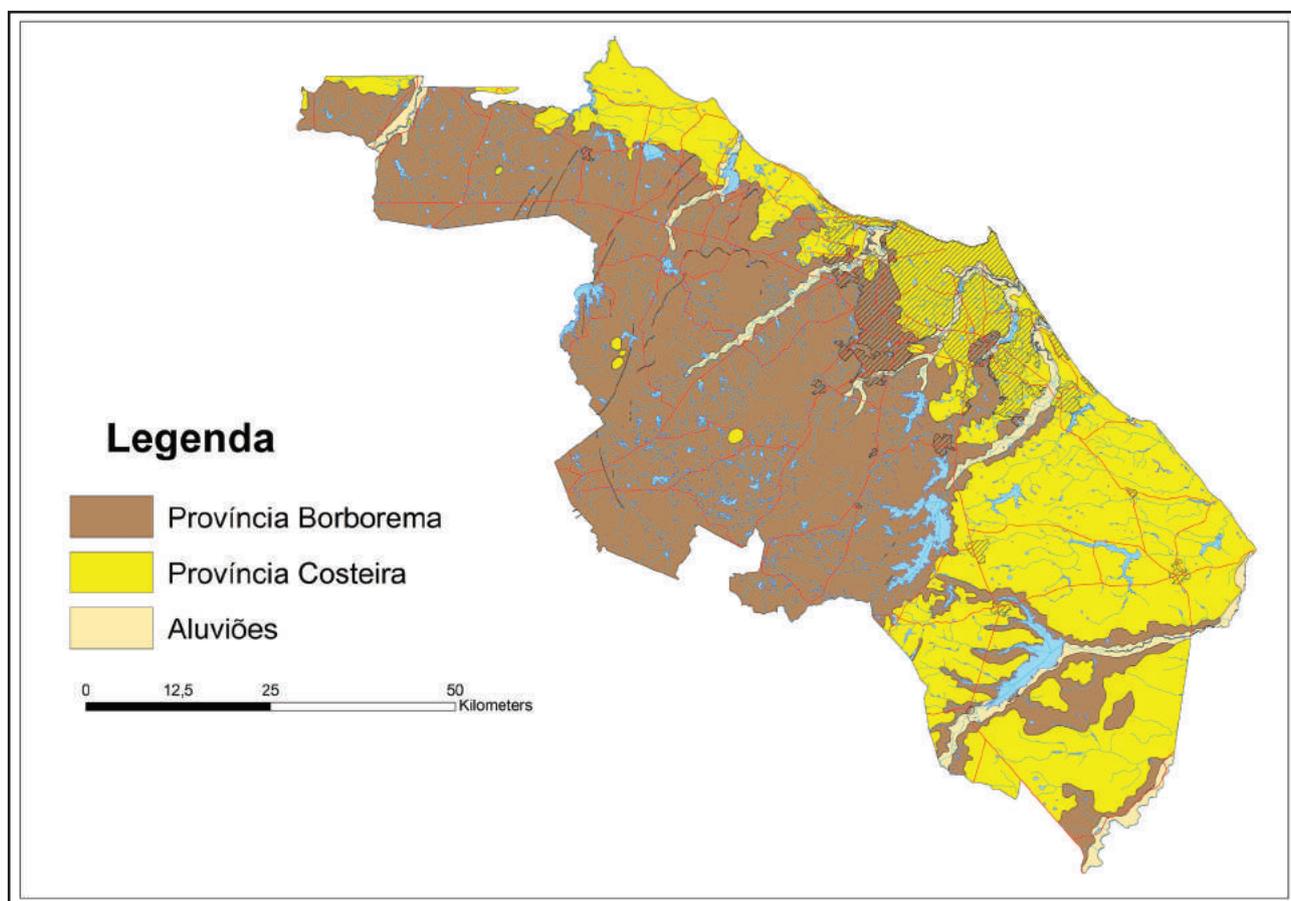


Figura 3.1 – Mapa da Região Metropolitana de Fortaleza com os principais domínios tectono-geológicos.

3.2 - GEOLOGIA REGIONAL

O embasamento pré-cambriano da Província Borborema foi definido como parte da colagem neoproterozoica do Gondwana Ocidental e representa um complexo sistema orogênico situado entre os crátons São Luís-Oeste África e São Francisco-Congo (Van Schmus *et al.*, 1995; Santos, 1996; Brito Neves *et al.*, 2000). No estado do Ceará estas rochas se inserem na porção setentrional da Província Borborema, que foi subdividida em três grandes domínios tectono-estratigráficos, a saber; Médio Coreaú, Ceará Central e Rio Grande do Norte (Brito Neves *et al.*, 2001; Santos *et al.*, 2000; Medeiros, 2004; Oliveira, 2008). A área da RMF está inserida no domínio Ceará Central.

Em termos atuais a compartimentação tectono-estratigráfica do domínio Ceará Central abrange o embasamento arqueano-paleoproterozoico circundado por terrenos acrescionários paleoproterozoicos, uma extensa cobertura metassedimentar, cujos constituintes exibem características de sedimentos de margem passiva, de idade meso a neoproterozoica. Completando este quadro, tem-se o complexo anatético-ígneo, os granitos tardi e pós-colisionais neoproterozoicos/cambrianos, as molassas tardi-brasilanas paleozoicas associadas às mega-transcorrências e um enxame de diques máficos de idade cretácea.

3.3 - GEOLOGIA LOCAL

3.3.1 - Generalidades

Na área da RMF os terrenos acrescionários paleoproterozoicos são representados pelos ortognaisses do Complexo Canindé do Ceará, com idades U-Pb em torno de 2,13Ga (Fetter, 1999). As rochas pertencentes à sequência metassedimentar estão reunidas, parte no Complexo Canindé do Ceará Central e a outra parte na unidade Independência do Complexo Ceará, de idade neoproterozoica, representando uma associação de rochas pelíticas a semipelíticas, com contribuições secundárias de quartzitos, mármore e rochas cálcio-silicáticas e, mais raramente, por rochas metavulcânicas ácidas e básicas. Análises recentes realizadas em zircões detríticos de biotita metatexitos do Complexo Canindé do Ceará Central indicaram idades máximas para a deposição entre 728 Ma e 692 Ma (Naletto, 2013).

O complexo anatético-ígneo é representado por litotipos do Complexo Tamboril– Santa Quitéria (CTSQ), interpretado, por alguns autores, como um arco magmático continental. Caracteristicamente exibe intensa migmatização associada a um grande volume de granitos anatéticos e de restitos de anfibolitos e rochas cálcio-silicáticas. Nos mapeamentos recentes realizados pela CPRM o complexo aparece subdividido em, pelo menos,

três unidades (Metatexitos, Diatexitos, Granitoides Santa Quitéria) ou é mapeado como Indiviso. As idades U-Pb, em zircão, das rochas granitoides do CTSQ variam entre 660 e 614 Ma (Fetter *et al.*, 2003; Brito Neves *et al.*, 2003). Já os granitos tardi e pós-colisionais estão representados por diversos *stocks* graníticos (do tipo Serra da Barriga, São Paulo, Mucambo, Meruoca e outros). Os dados Rb-Sr e U-Pb para estes corpos forneceram idades entre 550 e 460 Ma (Fetter, 1999; Castro *et al.*, 2012).

3.3.2 - Litoestratigrafia

3.3.2.1 - Domínio Pré-Cambriano

O pré-cambriano da área da RMF é representado por dois conjuntos litológicos constituintes do Complexo Canindé do Ceará Central. O primeiro deles, caracterizado pela sigla PRcn1, ocorre principalmente na porção noroeste da área estudada, em contato tectônico com a Unidade Independência e com os granitoides Santa Quitéria. É composto por granada-biotita metatexito estromático, dobrado e falhado, com variável taxa de fusão, podendo ocorrer inclusive biotita gnaiss rico em granada e sillimanita. Outras litologias que ocorrem, mais raramente, são mármore, rochas cálcio-silicáticas, anfibolitos, leucogranitos, *sheets* de ortognaisses e veios de pegmatito. Afloramentos dessa unidade podem ser observados próximo às localidades: Pedra Branca, no município de São Gonçalo do Amarante (DV-58); e em Timbaúba, no município de Horizonte (DV-78).

O segundo conjunto é formado por ortognaisses (PRcn2) delineados na forma de lentes encaixadas nos biotita metatexitos com granada e sillimanita. Estas lentes estão alinhadas NNE nas porções noroeste e norte da área. São ortognaisses cinzentos, com raros neossomas, de composição granodiorítica a tonalítica. Os afloramentos geralmente são lajedos e pequenas elevações com rocha sã. Na porção noroeste da área ocorrem leucognaisses ricos em granada associados aos ortognaisses. Os melhores afloramentos desses ortognaisses podem ser vistos na fazenda São Manoel, no município de São Gonçalo do Amarante (DV-125) e também em uma frente de lavra abandonada, próximo a Monguba (DV-05).

A unidade Independência (NP2ci) ocorre sob a forma de camadas, principalmente na região central da RMF, bordejando os granitoides Santa Quitéria, em contato tectônico com os mesmos e com os biotita metatexitos do Complexo Canindé do Ceará Central. É composta por biotita gnaiss, mármore, muscovita xisto, muscovita-quartzo xisto, sillimanita-granada-muscovita xisto, muscovita quartzito e quartzito. Afloramentos dos litotipos dessa unidade podem ser vistos próximo ao açude Sítios Novos (EP-08, biotita gnaiss), Carnaúbas (DV-51 e DV-52, xistos e quartzitos) e Poço das Pedras (DV-37), todos no município de Caucaia.

Na área de exposição das rochas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria os granitoides Santa Quitéria (NP₃γts) ocorrem na porção central da RMF, em contato tectônico com as rochas do Complexo Ceará. Contêm diversas intrusões de granitos pós-colisionais (tardi-brasilianos). Esta unidade é composta por rochas granitoides porfíricas de cor rosa, geralmente deformadas, com foliação de baixo ângulo, muitas vezes com aspecto de *augen* gnaiss e quando ricas em hornblenda exibem matriz verde-escura em meio aos pórfiros de feldspato de cor rosa. Próximo à localidade de Tucunduba, com acesso pela BR-020, ocorre um corpo de rocha ultramáfica, composto por piroxenitos de granulação média, portador de mineralização do tipo Fe-Ti-V. Afloramentos dessa unidade podem ser vistos na BR-020, próximo a Caiana (EP-71) e próximo à localidade de Várzea do Iveiro (DV-29), no município de Caucaia.

O domínio dos metatexitos do Complexo Tamboril-Santa Quitéria aparece na forma de corpos lenticulares delineados nas bordas dos granitoides Santa Quitéria e em contato tectônico com as rochas do Complexo Canindé do Ceará Central. São constituídos de hornblenda metatexitos derivados de protólitos ígneos, com estrutura estromática dobrada, boudinada e falhada, granulação média a grossa, podendo em certos locais ser porfírica e possuir enclaves máficos deformados. Associadas a estes corpos ocorrem lentes de rochas cálcio-silicáticas e anfibolitos, além de diatexitos não mapeáveis, misturados com os metatexitos. Afloramentos dessa unidade podem ser observados na fazenda Derradeira da Várzea do Meio (DV-32) e próximo ao açude Boqueirão (DV-36), no município de Caucaia.

Os corpos de granitos tardi a pós-colisionais (NP₃εγb) constituem as maiores elevações da área (serras de Pacatuba, Maranguape e Japua) e também pequenas elevações ou morrotes (como os serrotes Jucurutu, Salgadinho, Jatobá e a serra de Itaitinga), que ocorrem na região central da RMF. Estes corpos são de biotita granitos de granulação fina, média e grossa, podendo inclusive ser porfíricos, de cor cinza, às vezes rosados e até mesmo leucocráticos. Comumente são observados enclaves máficos e até mesmo xenólitos de diatexitos do Complexo Tamboril-Santa Quitéria. Afloramentos desses granitos podem ser observados no serrote de Itaitinga (DV-43), serra de Maranguape (EP-26) e na fazenda Furna da Onça (EP-39).

3.3.2.2 - Domínio Cenozoico

Na área da RMF o Cenozoico é representado pelo magmatismo Messejana, com idade em torno de 30 Ma (Thomaz Filho, 1983); pelo Grupo Barreiras, com idade mínima em torno de 17 Ma (Lima, 2008) e pelas coberturas sedimentares recentes (sedimentos colúvio-eluviais, paleodunas, dunas móveis, sedimentos de praia, sedimentos flúvio-aluvionares e mangues). O texto relativo à descrição

dos litotipos constituintes desse domínio representa, praticamente, uma síntese do descrito por Brandão (1995).

A Província Alcalina de Messejana foi estudada por Almeida *et al.* (1988, 1996) que a correlacionou com o magmatismo do arquipélago Fernando de Noronha, interpretando-a como um prolongamento de uma zona de fratura oceânica, no continente. As rochas vulcânicas alcalinas aparecem na forma de *plugs* ou *necks*, na maioria das vezes sobressaindo topograficamente com formas circulares e elípticas. Estes corpos são facilmente mapeados utilizando o mapa ternário (K-Th-U), onde essas intrusões aparecem como manchas em tons muito claros, quase brancos, representando rochas com alto K, Th e U. Em termos petrográficos, foram classificados como fonólitos e traquitos. Ótimos afloramentos podem ser vistos na rodovia BR-020, próximo à fazenda Pão de Açúcar (DV-09), no município de Caucaia e na fazenda Pau d'Arco (DC-126), no município de São Gonçalo do Amarante.

O Grupo Barreiras (ENb) ocupa a extensa faixa litorânea da RMF, recobrando praticamente toda a área dos municípios de Cascavel, Pindoretama, Chorozinho, Pacajus, Horizonte, Aquiraz, grande parte do município de Fortaleza e a porção nordeste e norte dos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante. Em direção ao sertão, está em contato com as rochas do embasamento pré-cambriano e, em direção ao mar, com os sedimentos recentes (paleodunas, dunas móveis e praias). Em termos litológicos, é uma sequência de sedimentos areno-argilosos, pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes com aspecto mosqueado, mal selecionados, de granulação fina a média e com horizontes microconglomeráticos e lateríticos, depositados em ambiente continental (Brandão, 1995). Em certos locais, afloram na linha de praia, onde originam as falésias, como por exemplo, na praia de Iparana. Mas, na maioria das vezes, encontra-se recoberta por uma extensa camada de areia branca de granulação fina.

A cobertura colúvio-eluvionar é pouco espessa e ocorre na forma de manchas irregulares, principalmente sobre as rochas pré-cambrianas. Estes depósitos resultaram do intemperismo das rochas pré-cambrianas subjacentes, com aspecto de tabuleiros planos. Por vezes, guardam aspecto das rochas originais, tais como estruturas gnáissicas e migmatíticas. Litologicamente, estes sedimentos foram descritos por Braga *et al.* (1977) como um material areno-argiloso de granulação fina a média, de cor avermelhada, com horizonte laterítico na base. A matriz é areno-argilosa caulínica, com cimento argiloso e ferruginoso. Essa matriz é composta por grãos de quartzo imaturos pouco desgastados, com pontuações de minerais opacos, palhetas de micas e grãos de feldspato alterados.

As paleodunas (Qd) repousam discordantemente sobre os sedimentos do Grupo

Barreiras e em parte estão recobertas pelos sedimentos das dunas móveis. Estendem-se linearmente por quase toda a faixa litorânea da RMF, com largura variando entre 2 e 4 km, nos litorais leste e oeste. Próximo a Fortaleza chegam a formar uma grande área que se estende até cerca de 13 km da linha de costa. Segundo Brandão (1995), trata-se de dunas onde houve atuação efetiva de processos pedogenéticos, que propiciaram sua fixação. São constituídas por areias de granulação fina a média, com cores amareladas, de composição quartzosa e/ou quartzo-feldspática.

As dunas recentes ou móveis (Q2e) formaram-se a partir da acumulação de sedimentos removidos da fácies de praia, pela ação do vento. Ocorrem de forma linear ao longo de todo o litoral da RMF. Pode atingir até 3 km de largura e espessuras de até 30 m. Geralmente estes sedimentos ocorrem sobre as dunas antigas e também sobre os sedimentos do Grupo Barreiras. De acordo com Brandão (1995), são compostas de areias brancas de quartzo arredondado, bem selecionado e de granulação fina a média. Podem ocorrer níveis de minerais pesados, tais como a ilmenita.

As praias recentes formam um depósito contínuo ao longo de toda a extensão da costa, desde a linha de maré baixa até a base das dunas móveis. São compostas por acumulações de areias de granulação média a grossa, com abundantes restos de conchas, matéria orgânica e minerais pesados. Incluem também neste contexto as *beach rocks* ou arenitos de praia, que ocorrem de forma isolada em vários pontos da RMF, como por exemplo na enseada do Mucuripe, Sabiaguaba e Iparana. Este domínio não foi representado em mapa devido à dificuldade de separá-lo das dunas recentes.

Os depósitos aluvionares (Q2a) e de mangue são representados por areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica, depositados em ambientes fluviais, lacustres e estuarinos recentes. Sobre os terrenos pré-cambrianos formam faixas estreitas de sedimentos grosseiros ao longo dos canais e nas planícies de inundação por sedimentos finos. Podem originar depósitos mais espessos quando provenientes do Grupo Barreiras e das dunas, resultando acumulações de areias finas, siltes e argilas. Nas lagoas, acumulam sedimentos pelíticos e matéria carbonosa, onde também ocorrem camadas de diatomito.

4 – POTENCIAL MINERAL

4.1 - GENERALIDADES

A análise dos aspectos geológicos da RMF permite a identificação de dois domínios principais, um representado por rochas cenozoicas, e outro envolvendo rochas do embasamento cristalino, onde ocorrem desde rochas do Pré-cambriano até litotipos vulcânicos mais recentes.

A região contém bens minerais que tanto são empregados *in natura*, como beneficiados. Areia, pedra britada, pedra de talhe e saibro (material de empréstimo) são exemplos de insumos minerais de processamento simples, enquanto que argila, rocha ornamental, diatomita e calcário necessitam de algum processo de beneficiamento, podendo envolver mistura com outros materiais, queima, cortes e polimentos.

4.2 - INSUMOS MINERAIS

No âmbito deste trabalho acham-se cadastradas 238 ocorrências minerais. Segundo o

DNPM (2014), existem dentro dos limites da RMF 314 requerimentos para materiais de uso na construção civil, envolvendo autorizações de pesquisas, licenciamentos e concessões de lavras.

A partir do cadastro de todos os jazimentos minerais encontrados, com indicação das minas ativas, inativas, paralisadas e ocorrências inéditas, aliado a informações geológicas e dados de reserva e produção, foi feita uma estimativa do potencial mineral da RMF e uma seleção de áreas potenciais para o aproveitamento de insumos minerais de uso na construção civil. Foram consideradas nove classes de insumos minerais potencialmente favoráveis para a extração de areia, argila, pedra britada e de talhe, calcário, saibro, diatomita e rocha ornamental. As áreas estão representadas no mapa temático de áreas potenciais (anexo III) e, de forma sumária, listadas e descritas no Quadro 4.1.

I – Migmatitos e granitoides. Apresenta variação composicional para quartzo diorito/grano-diorito/monzonito e fonólito. Área de forte potencial

Quadro 4.1 – Potencialidade por insumo mineral.

CLASSE	INSUMO MINERAL	TIPO DE DEPÓSITO	CARACTERÍSTICA DA ROCHA	USO
I	Pedra britada	Magmático e migmatítico	Granitos diversos, gnaisses, migmatitos e rochas alcalinas.	-Brita, pedra para revestimento ou de talhe.
II	Areia Aluvionar	Aluvionar	Areias grossas, médias e finas, com variável teor de argila.	-Preparação de concreto e argamassa. -Fabricação de vidros.
III	Argila	Aluvionar de planície de inundação ou várzea	Argila plástica de várzea e planície de inundação, de coloração cinza-clara, cinza-escura e/ou marrom.	-Cerâmica vermelha como tijolos, lajes, lajotas e blocos estruturais.
IV	Rocha Ornamental	Magmático e migmatítico	Granitos diversos, traquitos e fonólitos.	-Esculturas, tampos e pés de mesa, balcões, pias, pisos, paredes e fachadas.
V	Areia Vermelha e Material de Empréstimo	Sedimentar	Areia fina a média, de coloração alaranjada a vermelha, relacionada aos sedimentos do Grupo Barreiras.	- Areia vermelha: preparação de argamassas. -Mat. de empréstimo: terraplenagem de estradas.
VI	Areia eólica	Sedimentar eólico	Areia fina, bem selecionada, de coloração branca.	-Imprópria para a construção civil, devido à presença de sais.
VII	Saibro	Sedimentar	Pedossolos formados a partir de processos intempéricos de rochas constituintes do embasamento cristalino.	-Material de empréstimo para terraplenagem de estradas.
VIII	Calcário	Metamórfico	Calcário calcítico e dolomítico.	-Fabricação de cal, tintas e corretivos de solo na agricultura.
IX	Diatomita	Sedimentar	Argila biogênica, de coloração escura, granulação fina e muito leve.	-Indústria química e farmacêutica, filtros, produtos veterinários, inseticidas, condicionador de solos etc.

e de alta produtividade para pedra britada e de talhe. Ocorrem nos municípios de Caucaia, Itaitinga, Eusébio, Pacatuba e Maranguape.

II – Areia aluvionar. Depósito aluvionar de canais e terraços fluviais. Corresponde a areias de coloração creme, variando de fina a cascalhosa, utilizadas na preparação de argamassas. Áreas com potencial, porém com demanda superior à capacidade de produção, sendo necessária a busca por fontes fora da RMF. Assim como as argilas, as principais fontes produtoras de areia, com exceção do rio Ceará, são os rios Curu, São Gonçalo, Pacoti e Piranji.

III – Argila. Depósito aluvionar de planície de inundação ou várzea de rios. É encontrados nos rios Curu, São Gonçalo, Ceará, Pacoti e Piranji. Áreas com alta produção de argila, consideradas os mais importantes depósitos de argila da RMF, utilizadas exclusivamente para a fabricação de tijolos e blocos estruturais.

IV – Traquitos e granitos. Áreas com potencial para rocha ornamental e de revestimento. Os traquitos são encontrados no município de São Gonçalo do Amarante, de coloração creme variando para cinza-clara, muito fraturados e considerados um tipo exótico, novo no mercado. Os granitos, embora com lavras paralisadas, ocorrem nos municípios de Caucaia, Maracanaú e Chorozinho.

V – Areia vermelha e material de empréstimo. Depósitos de cobertura arenosa assentados sobre arenitos areno-argilosos do Grupo Barreiras. Apresentam importante produção de areia fina, de coloração alaranjada a avermelhada, utilizada na produção de argamassa para reboco; e material de empréstimo a partir da alteração de arenitos intemperizados do Grupo Barreiras, bastante utilizado em terraplenagem. Apresentam forte potencial, mas baixa possibilidade de exploração, pois disputam espaço com zonas industriais e avanço da urbanização.

VI – Areia eólica. Dunas fixas sobrepostas a sedimentos do Grupo Barreiras. Material homogêneo, de coloração esbranquiçada, granulação fina, com extrações geralmente abandonadas ou paralisadas, possivelmente devido a restrições ambientais. Seu uso é impróprio para a construção civil, devido à presença de sais, que aumenta o risco de corrosão.

VII – Saibro. Material síltico-argiloso, solo formado por processos intempéricos ou pedogênese de gnaisses do embasamento cristalino e de lentes de quartzitos. Apresenta bom potencial, porém de baixo valor no mercado, fornece consideráveis volumes de material de empréstimo, muito utilizado na terraplenagem de estradas. São encontrados principalmente em faixas costeiras, desde São Gonçalo do Amarante até as proximidades do município de Eusébio, ocorrendo também em Horizonte, Pacajus e na divisa entre Itaitinga e Aquiraz.

VIII – Calcário. Lentes de calcário cristalino ou mármore. Antiga área produtora de calcário

para fabricação de cal, que atualmente encontra-se com lavra paralisada, porém não exaurida. São encontrados na porção oeste da RMF, principalmente no município de Caucaia e uma pequena parte em Maranguape.

IX – Diatomita. Argila biogênica formada a partir da deposição de restos microscópicos de carapaças de algas diatomáceas, localizada em ambiente lagunar de água doce. Material muito poroso, leve, absorvente, fino e pulverulento, geralmente de coloração cinza-clara a escura. Ocorrência ativa localizada no município de Horizonte. O material bruto vai para fora do estado, com finalidades industriais específicas.

4.2.1 - Areia

4.2.1.1 - Conceito, Aplicações e Fontes

A areia é um sedimento inconsolidado, resultante da desagregação natural das rochas e que abrange um amplo conjunto de materiais granulares, constituídos predominantemente de grãos de quartzo. Granulometricamente, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT-NBR-7211), a areia varia desde muito grossa a muito fina, quando os grãos passam na peneira de malha 4,8 mm e ficam retidos na de 0,075 mm.

De acordo com o DNPM, no Ceará cerca de 93% do consumo de areia natural é aplicado na indústria da construção civil, como agregado para concreto, argamassa, filtros, abrasivos, artefatos de concreto e pré-fabricados, bases de pavimentos de concreto e asfalto, dentre outros. Além desta finalidade, as areias são também largamente empregadas na indústria de vidro, metalurgia, fertilizantes, defensivos agrícolas, refratários e outros.

As aplicações que exigem grande demanda da areia ocorrem, principalmente, no preparo de concreto, em pavimentadoras de usinas de asfalto e no preparo de argamassas de assentamento e revestimento. De um modo geral, as especificações estabelecidas para a areia são definidas conforme suas aplicações, sendo considerados aspectos como a natureza mineralógica, textura, forma e arredondamentos dos grãos, tamanho das partículas, resistência mecânica e desgaste e a presença de substâncias deletérias nocivas, tais como sais solúveis e matéria orgânica. As exigências mais rígidas são atribuídas ao preparo de concreto de cimento Portland (Assunção *et al.*, 2012).

O abastecimento de areia para a RMF tem fontes variadas, podendo ser agrupadas em depósitos litorâneos, fluviais e de terraços arenosos. Os primeiros englobam os cordões de dunas e paleodunas, de idade quaternária, que ocorrem ao longo de toda a costa do estado do Ceará. O segundo grupo envolve os depósitos de onde são retiradas areias do leito ativo dos principais rios que drenam a RMF. Por fim, no terceiro grupo estão os depósitos

onde a extração de areia é feita nos topos aplainados das superfícies expostas, nas áreas de exposição do Grupo Barreiras.

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

Um aspecto a se ressaltar é que as áreas litorâneas potenciais apresentam maior interesse turístico e estão sendo paulatinamente desativadas. São inúmeras as frentes de lavras abandonadas, sendo reativadas quando aumenta a demanda, principalmente em função do crescente número de obras, devido o incremento da especulação imobiliária.

Areia de Dunas

Os depósitos de dunas e paleodunas são de grande porte e repousam sobre os sedimentos do Grupo Barreiras. Caracterizam-se por uma areia fina a média, esbranquiçada, essencialmente quartzosa. Nas paleodunas, as areias são, caracteristicamente, de granulação fina, bem selecionadas, com grãos subarredondados a arredondados, apresentando, constantemente, belos exemplares de estratificações cruzadas, de médio a grande porte.

Constituem importantes fontes, no que se relaciona à quantidade e homogeneidade do material, porém não apresentam boa qualidade como material para construção civil devido à presença de sais, que aumenta o risco de corrosões. No Ceará seus depósitos são submetidos a severas restrições ambientais. Essas areias são muito pouco exploradas, por se situarem em áreas de ecossistemas costeiros, sensíveis a qualquer intervenção antrópica e sob forte vigilância dos órgãos ambientais. No entanto, existem diversos requerimentos sobre estas áreas e

ainda são encontradas cavas de extração de grande porte, algumas inativas, outras apenas paralisadas, com indício de atividade recente (Foto 4.1 A e B).

Esses minérios são considerados de pouca importância econômica e desconsiderados como potencialmente lavráveis, em virtude de impedimentos ambientais. Exemplos típicos desta litologia são observados ao longo de toda a linha costeira da RMF, desde São Gonçalo do Amarante até Cascavel. Foram reconhecidos e cadastrados depósitos dessa natureza com vestígio de extração e áreas requeridas, somente nos municípios de Caucaia e Aquiraz.

Areia Aluvionar

Em contrapartida aos depósitos de dunas, os aluvionares são responsáveis por uma grande produção de areia, cuja exploração é realizada ao longo dos canais ativos e planícies de inundação dos principais rios e afluentes que cortam a RMF.

Os depósitos aluvionares são constituídos de materiais clásticos de granulação média a grossa, coloração creme-clara, mal selecionados, compostos principalmente de quartzo, feldspato e mica.

Os mais importantes depósitos encontram-se nos rios Curu e São Gonçalo, a oeste; e nos rios Pacoti, Choró e Piranji, a leste da RMF. A areia, na maioria das vezes, é extraída por desmonte mecânico, método muito utilizado na região devido aos longos períodos de estiagem, quando as planícies aluviais e o leito dos rios se encontram secos e com boas condições para a sustentação de equipamentos pesados. Nestes casos, a extração é feita com pás carregadeiras, que transportam o material diretamente para caminhões basculantes ou para o estoque (Foto 4.2 A, B). Em outros casos, o material passa apenas por classificação em grelhas fixas que separam as frações mais grossas (cascalho, pelotas, concreções) e eventuais sujeiras (matéria orgânica, folhas, troncos).

Os maiores volumes de areia consistem da extração por meio de dragagem dos sedimentos existentes nos leitos ativos dos rios. A dragagem é feita através de bombas de sucção instaladas sobre barcaças



Foto 4.1 – Cavas de extração de grande porte, inativa (a) e paralisada (b).

flutuantes. Tubos acoplados às bombas servem como condutores da areia na forma de polpa até os silos de classificação e estocagem (Foto 4.2 C, D, E).

O beneficiamento da areia para construção é um processo simples, executado concomitantemente à lavra e constitui-se de lavagem, peneiramento, classificação e secagem. Todo o material é separado e armazenado por classe granulométrica, cujos produtos finais são areia grossa, média e fina, e a sua expedição é feita diretamente nos silos, ou estocados em pilhas, sendo o cascalho um subproduto nas minerações.

Além da areia com uso voltado à construção existe ainda, na área, uma extração de areia com teor de sílica (SiO_2) mais elevado, utilizada para fins industriais, na fabricação de vidro, localizada no município de Horizonte e com unidade de beneficiamento ativa. Em função de suas propriedades físicas e químicas, essas areias são bastante valorizadas no mercado, comparativamente àquelas utilizadas diretamente na construção civil. O seu beneficiamento necessita de um processo mais elaborado de lavagem e classificação feita por hidrociclones, para a remoção de impurezas, que corresponde à fração siltico-argilosa, prejudicial ao processo de produção de vidros especiais (Foto 4.2 F).

Segundo o DNPM, na RMF existem 167 requerimentos para areia (aluvionar e areia vermelha), destes, 27 são para fins industriais. Ao todo, 70 encontram-se em fase de autorização de pesquisa, 82 licenciamentos e 15 concessões ou requerimentos de lavras.

Areia Vermelha

Os depósitos de areia, fina ou vermelha, estendem-se ao longo de toda a faixa litorânea da RMF, geralmente sotopostos por paleodunas e dunas. Estes depósitos estão relacionados aos tabuleiros pré-litorâneos, formados por sedimentos fluviais terciários pertencentes ao Grupo Barreiras, que representa a faixa de transição entre a planície costeira e as rochas do embasamento cristalino, sobre as quais repousa em discordância erosiva angular. Sua forma de relevo é tabular e avança cerca de 50 km para o interior do continente na porção leste da área, com altitude média de 30 a 50 metros (Bezerra, 2012).

Os depósitos arenosos associados ao Grupo Barreiras correspondem a um material sedimentar areno-argiloso, de coloração predominantemente avermelhada a amarelada, com granulação fina, utilizado como agregado miúdo na produção de argamassas. Associado a areia vermelha ocorrem ainda níveis de arenitos finos a conglomeráticos, intemperizados e pouco consolidados, amplamente utilizados como material de empréstimo para terraplenagem em obras de construção civil e pavimentação de estradas.

Quando não abandonados, muitos dos depósitos de areia vermelha são lavrados informalmente. As principais extrações atualmente em produção ocorrem nos municípios de Caucaia,

Fortaleza, Aquiraz e Cascavel. A lavra é a céu aberto, sendo o material retirado com retroescavadeiras ou pás mecânicas, formando bancadas de até 6 m de altura e transportado por caçambas até seu destino final, geralmente obras de grande porte a poucos quilômetros de distância. Nas frentes mais desenvolvidas existe uma subdivisão em três níveis. No topo ocorre a areia vermelha bem selecionada e homogênea e na porção intermediária observa-se um material areno-argiloso de coloração manchada e ferruginosa, que corresponde à transição com o arenito intemperizado presente na base da sequência (Foto 4.3 A, B, C, D).

Atualmente existe uma tendência da diminuição do uso da areia vermelha, ocasionando o abandono de inúmeras frentes de lavras, o que pode estar sendo favorecido por três fatores: um, ligado à preferência pela areia aluvionar, que corresponde a um material de melhor qualidade por ser menos argilosa e mais afastada do domínio de dunas e paleodunas; o segundo fator deve-se às frequentes fiscalizações devido a restrições ambientais, por causa da proximidade desses depósitos com áreas de dunas. Por fim, o terceiro motivo, e talvez o de maior peso, provém do crescimento da ocupação urbana, aliada à alta do mercado imobiliário por áreas litorâneas de interesse turístico ou devido a zonas de ampliação de parques industriais, como por exemplo, o complexo industrial e portuário do Pecém.

Areia Industrial

Existe ainda na área uma extração de areia com teor de sílica (SiO_2) mais elevado, utilizada para fins industriais, na fabricação de vidro. Está localizada no município de Horizonte, com unidade de beneficiamento ativa.

Em função de suas propriedades físicas e químicas estas areias são bastante valorizadas no mercado, comparativamente àquelas utilizadas diretamente na construção civil. Além da fabricação de vidro, seu principal uso, outras finalidades são na indústria de fundição (em moldes); na indústria cerâmica, para a fabricação de refratários e de cimento; na indústria química, para fabricação de ácidos e de fertilizantes; no fraturamento hidráulico para recuperação secundária de petróleo e gás; como carga e extensores em tintas e plásticos, dentre outros fins (Luz e Lins, 2008).

Segundo Almeida Rego (2005), a areia para vidraria deve conter alto teor em sílica, podendo variar de 99 a 99,5% de SiO_2 . No setor industrial, as especificações químicas para as areias são fundamentais. Um fator importante é o teor de ferro, pois concentrações elevadas conferem coloração verde ao vidro. Outros contaminantes são Al_2O_3 , CaO e álcalis que, assim como o óxido de ferro (Fe_2O_3), devem conter níveis extremamente baixos. A Tabela 4.1 relata a especificação química da areia para a produção de vidrarias, de acordo com o autor supracitado.



Foto 4.2 – Desmonte mecânico em planície de inundação (a); transporte do material diretamente da cava com pás carregadeiras e caminhões basculantes (b); extração de areia por dragagem em leito ativo de rio (c); tubo condutor da areia na forma de polpa (d); silos de classificação e estocagem (e); e beneficiamento de areia por hidrociclones para fins industriais (f).

A lavra ocorre de forma simples, com o auxílio de escavadeira hidráulica, pá carregadeira e caminhões basculantes. O material é estocado em pilhas, que alimentam a unidade de processamento. O seu beneficiamento necessita de um processo mais elaborado de lavagem e classificação feita por hidrociclones, para a remoção de impurezas, que corresponde à fração siltico-argilosa, prejudicial ao processo de produção de vidros especiais (Foto 4.4).

4.2.1.2 - Caracterização Tecnológica

Como dito anteriormente, na RMF as areias naturais de uso imediato na construção civil são utilizadas na preparação de concreto e argamassas, enquanto que a areia industrial é utilizada na fabricação de vidros.

A ABNT: NBR 7211.2009, que estabelece as especificações do agregado miúdo para concreto,



Foto 4.3 – Areia de coloração avermelhada e granulação fina (a); nível de arenito fino a conglomerático, intemperizado, abaixo da camada de areia vermelha (b); extração e carregamento com pá mecânica, formando bancadas de até 6 m de altura e transporte com caçambas basculantes (c); extração de grande porte subdividida em três níveis de bancadas (d).

Tabela 4.1 – Especificação química da areia para a indústria vidreira (Almeida Rego, 2005).

Componentes	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
SiO ₂ (min.)	99,55	99,5	99,4	99,0
Al ₂ O ₃ (máx.)	0,20	0,20	0,30	0,50
Fe ₂ O ₃ (máx.)	0,002	0,015	0,03	0,15
TiO ₂ (máx.)	0,02	0,02	0,03	0,05
Ca ₂ O ₃ (máx.)	0,0002	0,0003	0,20	0,0005

Tipo A – vidros especiais (óticos, oftálmicos etc).

Tipo B – vidros brancos de alta qualidade (cristais e artigos de mesa).

Tipo C – vidros brancos comuns (embalagens em geral e vidros planos).

Tipo D – vidros coloridos (frascarias, embalagens em geral e vidros planos).

é a mesma norma também utilizada para a areia destinada ao preparo de argamassa. O agregado deve ser composto por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, bem como livres de substâncias que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade e o aspecto visual externo do concreto. Para tanto o material deve satisfazer algumas características quanto à natureza mineralógica, forma dos grãos, distribuição granulométrica e presença de impurezas.

Para a qualificação da areia voltada a elaboração do vidro foram adotadas as especificações de Almeida Rego (2005). O autor relata que cada fábrica possui suas próprias especificações, onde a principal exigência é a uniformidade do material fornecido.

Para o melhor diagnóstico da área foram coletadas nove amostras localizadas nas principais fontes de abastecimento de areia da RMF e uma em depósito de duna, apenas de cunho informativo, visto que essas areias são protegidas por lei,



Foto 4.4 – Beneficiamento de areia por hidrociclones para fins industriais (a); e após lavagem, carregamento e transporte do minério (b).

sendo proibida a sua extração. As amostras foram analisadas no laboratório da CPRM, Residência de Fortaleza, sendo submetidas aos seguintes ensaios: análise granulométrica por peneiramento, análise mineralógica de grão em lupa, determinação da forma dos grãos e substâncias nocivas (determinação do material fino que passa na peneira 75 μm – material pulverulento). Outros ensaios para a determinação de substâncias nocivas, que não foram realizados pela CPRM, são citados neste trabalho considerando os resultados de Cavalcanti e Parahyba (2012), para amostras cujo local de coleta coincidem.

Análise Granulométrica

Com relação à distribuição granulométrica, a areia deve atender aos limites estabelecidos na Tabela 4.2, segundo ABNT – NBR 7211.2009. A caracterização da areia a partir da composição granulométrica é feita com base no Módulo de Fina (MF), conforme o percentual acumulado retido nas peneiras 2,4; 1,2; 0,6; 0,3 e 0,15 mm. Por definição, o MF é a soma do percentual retido nessas peneiras, dividido por 100. De acordo com o módulo de finura

a areia pode ser classificada em grossa ($\text{MF} > 3$), média ($3 \geq \text{MF} \geq 2$) e fina ($\text{MF} < 2$). Para a areia, o MF é considerado ótimo no intervalo de 2,2 a 2,9; utilizável inferior, entre 1,55 a 2,2; e utilizável superior ou medianamente grossa, entre 2,9 a 3,5. Para o $\text{MF} < 1,55$ e $\text{MF} > 3,5$ a areia é considerada, respectivamente, muito fina ou muito grossa.

Na Tabela 4.3 são apresentados os resultados do ensaio de granulometria realizados em nove amostras colhidas na RMF, com o objetivo de investigar se esse material atende às normas da ABNT.

As areias aluvionares, ou seja, aquelas provenientes dos leitos dos rios, apresentaram os melhores resultados, sendo classificadas na zona ótima do agregado para concreto, à exceção da amostra correspondente ao rio Piranji. Nesta amostra, a areia foi considerada como inadequada, por ser composta de material muito grosso, sendo necessária a técnica de peneiramento para a separação da fração indesejada. As areias finas ou vermelhas também se classificaram como

Tabela 4.2 – Limites da distribuição granulométrica para o agregado miúdo (ABNT NBR: 7211.2009).

Peneira #	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona utilizável	Zona ótima
9.5 mm	0	0	0	0
6.3 mm	0	0	0	7
4.75 mm	0	0	5	10
2.36 mm	0	10	20	25
1.18 mm	5	20	30	50
600 μm	15	35	55	70
300 μm	50	65	85	95
150 μm	85	90	95	100

Notas: - O módulo de finura de zona ótima varia de 2,20 a 2,90.

- O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.

- O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Tabela 4.3 – Resultados da análise granulométrica para o agregado miúdo da RMF.

Tipo de Depósito	Amostra	Retido Acumulado nas Peneiras					MF	Diagnóstico	
		2.36 mm	1.18 mm	600 µm	300 µm	150 µm			
DUNA	MD 108A	0,0	0,33	5,83	67,73	91,49	1,65	Zona Utilizável Inferior	
AREIA VERMELHA	MD-103	0,80	2,91	10,04	53,01	76,10	1,43	Inadequada (Muito fina)	
	MD12	1,72	2,76	4,83	34,49	80,38	1,24	Inadequada (Muito fina)	
AREIA ALUVIONAR	Rio Choró	IG 46	13,33	22,89	46,63	86,02	95,99	2,65	Zona Ótima
		MD 86	6,62	21,86	57,56	88,94	99,24	2,74	Zona Ótima
	Rio S. Gonçalo	IG 86	3,12	15,66	53,10	89,63	96,71	2,58	Zona Ótima
	Rio Curu	MD 62	3,32	12,98	37,97	78,01	97,08	2,29	Zona Ótima
	Rio Pacoti	MD 119	12,73	23,79	43,91	66,43	83,10	2,30	Zona Ótima
	Rio Piranji	MD 123	26,75	56,02	90,59	98,32	99,55	3,70	Inadequada (Muito grossa)

inadequadas, porém aplicando-se um *blending* (mistura) com areias de melhor qualidade, pode-se chegar ao padrão exigido. No entanto, essa prática gera custos, o que torna seu uso inviável. Por fim, as areias litorâneas (dunas) enquadraram-se na zona utilizável inferior, mas apresentam fortes restrições ambientais.

Análise Mineralógica e Forma dos Grãos

Quanto à natureza mineralógica, é conveniente que os grãos sejam constituídos de minerais com boa resistência à degradação química (alteração) e à ação mecânica, além de apresentarem boa aderência. É indesejável a presença significativa de torrões de argila, micas, feldspatos, sulfetos, óxidos e outros minerais frágeis à decomposição. A forma e superfície dos grãos também assumem relativa importância. Grãos arredondados escoam melhor, facilitando a trabalhabilidade da massa com menor proporção de água, conseqüentemente ocasionando maior resistência ao concreto. Grãos

esféricos ou equidimensionais proporcionam melhor compactação fazendo-se menos uso de cimento, o que induz economicidade ao concreto. Por outro lado devem ser evitados grãos tabulares ou muito irregulares, pois dificultam a trabalhabilidade, exigindo mais água, podendo comprometer a qualidade do concreto (Gonçalves *et. al.*, 2012).

A análise mineralógica demonstra que a areia aluvionar é composta basicamente por minerais de quartzo, com percentuais variando de 86 a 98%, somada a uma incipiente presença de muscovita (3 a 5%) e outros minerais (inferior a 2%). A areia vermelha apresenta significativa quantidade de silte/argila (50%), complementada por quartzo (49%) e outros minerais (1%). A elevada presença de minerais argilosos é desfavorável ao uso em concreto. Quanto à areia de duna, é composta essencialmente por grãos de quartzo. No geral, os grãos apresentam alta esfericidade, entretanto o grau de arredondamento difere para cada tipo de areia. A areia de duna possui grãos com arredondamento subanguloso; a areia

Tabela 4.4 – Resultados da análise mineralógica e de determinação da forma dos grãos, para amostras de areia da RMF.

Tipo de depósito	Amostra	Análise mineralógica do grão em lupa	Determinação da forma dos grãos		
			Esfericidade	Arredondamento	
DUNA	MD 108A	Quartzo 99% + ilmenita 1%	Alta	Subanguloso	
AREIA VERMELHA	MD-103	Silte/Argila 50% + Qtz 49% + (Lim/Ilm/Rt) 1%	Alta	Subarredondado	
	MD12	Silte/Argila 50% + Qz 49% + Ilm 1%	Alta	Subarredondado	
AREIA ALUVIONAR	Rio Choró	IG 46	Qtz 95% + Ms 3% + (Anf/Ilm) 2%	Baixa	Subanguloso
		MD 86	Qtz 95% + (Bt/Ilm/Ms/Grd/Rt) 5%	Alta	Anguloso
	Rio S. Gonçalo	IG 86	Qtz 93% + Ms 5% + (Mt/Bt) 1%	Alta	Subanguloso
	Rio Curu	MD 62	Qtz 94% + Ms 5% + Bt 1%	Alta	Subanguloso
	Rio Pacoti	MD 119	Qtz 86% + Silte/Argila 5% + Ms 5% + (Di/Bt/Mt/Fds) 4%	Alta	Subanguloso
	Rio Piranji	MD 123	Qtz 98% + Fds 1% + Mt 1%	Alta	Anguloso
AREIA INDUSTRIAL	IG 58	Quartzo 99% + ilmenita 1%	Alta	Subanguloso	

vermelha, subarredondado; e a areia aluvionar varia de anguloso a subanguloso (Tabela 4.4). A amostra representativa de areia para uso industrial é constituída por 99% de minerais de quartzo, classificando-se, a princípio, sem análise química, como do tipo D, ou seja, satisfatória para vidros coloridos. No entanto a química desta areia seria de suma importância para obtenção de resultados mais precisos.

Substâncias Nocivas

As impurezas que normalmente ocorrem contaminando as areias são: torrões de argila e materiais friáveis, material pulverulento e impurezas orgânicas. A Tabela 4.5 apresenta os resultados obtidos nas amostras e os limites máximos aceitáveis para substâncias nocivas no agregado miúdo, de acordo com a norma ABNT NBR: 7211.2009.

No que se refere à presença de substâncias nocivas, a areia aluvionar também apresenta bons resultados, considerada adequada para quase todas as amostras, com exceção apenas daquela referente ao rio Pacoti, que mostrou percentual acima do limite permitido para material pulverulento e impurezas orgânicas. Nesse caso, sugere-se a lavagem desse material para possível obtenção de resultados satisfatórios. Para a areia vermelha, embora o ensaio de material pulverulento tenha sido adequado para uma das amostras, os demais ensaios apresentados devem ser levados em consideração. Quanto à areia de duna, a amostra obteve resultado insatisfatório (Tabela 4.5).

4.2.1.3 - Potencialidade (Recursos Estimados e Fontes Alternativas)

Na RMF as extrações de areia grossa encontram-se sob regime de licenciamento e são poucos os trabalhos que relatam dados de reserva.

O Plano Diretor de Mineração para a RMF (1998) cita o montante de $1,9 \times 10^6$ toneladas de areia grossa para os rios São Gonçalo, Cauípe e Ceará. Mais tarde, Cavalcanti e Parahyba (2012), através do trabalho “A Indústria de Agregados para a Construção Civil na RMF”, estimam uma reserva de aproximadamente $4,9 \times 10^6$ toneladas.

Neste trabalho, para o cálculo de reserva, tomou-se como base a média das profundidades alcançadas em diversas frentes de lavras encontradas ao longo dos cursos dos rios, sendo considerada uma espessura de minério lavrável de 1,5 m de altura, uma vez que a maioria das cavas em depósitos aluvionares apresenta bancada variando entre 1 a 2 m de profundidade. A área de ocorrência do minério foi definida pela morfologia dos bancos de areia, considerando a média das larguras das calhas dos estuários, de acordo com seções transversais realizadas por nivelamento topográfico. Levando-se em conta a probabilidade de ocorrer descontinuidades nos depósitos ou outros tipos de perdas, foi atribuído um fator de recuperação no beneficiamento da ordem de 95%. A partir desses critérios e atribuindo a densidade da areia como sendo $1,6 \text{ t/m}^3$, chegou-se a uma reserva estimada de aproximadamente 5 milhões de toneladas para os rios Curu, São Gonçalo, Pacoti, Choró e Piranji (Tabela 4.6).

No caso da areia fina ou vermelha foram feitas estimativas de reservas considerando as áreas de relevante interesse mineral, haja vista que as ocorrências desses depósitos disputam o uso do solo com outras atividades ligadas à urbanização, turismo e agricultura, principalmente na porção leste da RMF. Foi considerada uma área de minério lavrável de cerca de $12 \times 10^6 \text{ m}^2$, de acordo com as áreas requeridas no DNPM e áreas potenciais com extrações não regularizadas. Nas frentes de lavra as

Tabela 4.5 – Resultados dos ensaios de substâncias nocivas à contaminação de areias e comparação com os limites máximos aceitáveis, de acordo com a ABNT NBR:7211.2009.

Tipo de depósito	Amostra	Determinação			Diagnóstico	
		Material pulverulento (%)	*Torrões de argila e materiais friáveis (%)	*Impurezas orgânicas		
DUNA	MD 108A	5,88	-	-	Inadequado	
AREIA VERMELHA	MD - 103	16,14	-	-	Inadequado	
	MD12	1,21	-	-	Adequado	
AREIA ALUVIONAR	Rio Choró	IG 46	2,63	-	-	Adequado
		MD 86	4,50	0,20	Satisf.	Adequado
	Rio S. Gonçalo	IG 86	1,68	0,30	Satisf.	Adequado
	Rio Curu	MD 62	1,90	0,03	Satisf.	Adequado
	Rio Pacoti	MD 119	9,94	1,60	Insatisf.	Inadequado
	Rio Piranji	MD 123	0,94	-	-	Adequado
Limite máximo permitido		3,0 a 5,0	3,0	A solução obtida no ensaio deve ser mais clara do que a solução-padrão		

* Resultados de Cavalcanti e Parahyba (2012)

bancadas variam de 2 a 3 m de altura, com média de 2,5 m usada para o cálculo de reserva. Impondo uma recuperação de 95% na extração e estabelecendo a densidade da areia fina como sendo de 1,3 t/m³, chegamos a uma reserva estimada em torno de 37 milhões de toneladas (Tabela 4.6).

Assim como as areias aluvionares as áreas requeridas de areias finas ou vermelhas também estão sob regime de licenciamento e sem dados oficiais de reservas. Segundo o Plano Diretor de Mineração para a RMF (1998) a reserva estimada naquela época era de 74 milhões de toneladas, o que indica uma redução 50% de áreas de relevante interesse mineral. Os motivos para essa redução podem estar ligados às restrições ambientais, devido a proximidade com o domínio de dunas ou pelo aumento de custos, em função da necessidade de adicionar areias quartzosas para adequar a areia vermelha nos padrões de teores de finos exigidos pelo mercado. No entanto, vale ressaltar que estes recursos necessitam de um zoneamento territorial, pois o crescimento desordenado da ocupação urbana nessas áreas é o que mais inibe o desenvolvimento da atividade de mineração. A atividade extrativa mineral deve ser levada em consideração, quando comparada a outros tipos de uso de solo e desta forma garantir que esses recursos possam ser usados no futuro.

Fontes Alternativas de Suprimento

O crescimento do consumo de areia natural, aliado às restrições ambientais, à insuficiência ou, em alguns casos, à exaustão de reservas próximas aos grandes centros consumidores e o incremento dos custos com transportes, são as razões das buscas por outras alternativas que podem atuar como suprimento à grande demanda por agregados miúdos para utilização na construção civil. A areia de britagem ou areia artificial, os agregados marinhos e a reutilização de resíduos de construção e demolição são três possíveis opções para a substituição deste material.

A areia de britagem é o resíduo fino oriundo de pedreiras. Esta merece comentário especial, pois o pó de pedra normalmente é gerado em excesso, havendo a necessidade em dar destinação ao produto, demandando tempo e recursos. O que hoje é um problema para as pedreiras, o uso da areia artificial seria uma solução para as questões ambientais e para inevitável escassez de areia natural. Nas regiões

Sul e Sudeste a ideia já se tornou uma realidade consolidada no mercado, devido a indisponibilidade deste recurso mineral nos grandes centros urbanos, e vem ganhando espaço nas demais regiões do país, mesmo onde existe areia natural em abundância, impulsionada pela redução de custos com os fretes e, conseqüentemente, do preço final do produto.

Embora o uso da areia de britagem esteja se tornando um hábito crescente nos grandes centros consumidores de agregados para construção civil do país, existem fatores determinantes para sua aceitação no mercado, tais como: mineralogia, composição química, granulometria, resistência mecânica, arredondamento, esfericidade e níveis de impurezas. A uniformidade da areia de britagem, quando comparada com a da areia natural, e a maior facilidade de obtenção são suas principais vantagens de utilização. Entretanto, a presença de quantidades elevadas de pó e principalmente a forma angulosa ou lamelar de suas partículas, que depende principalmente do tipo de rocha, podem influenciar nas propriedades do concreto. Pesquisas estão sendo feitas com o objetivo de reduzir a quantidade de material pulverulento, resultando no desenvolvimento de sistemas de lavagem e classificação que permitam a extração do excesso de microfios, resultando no aparecimento da “areia artificial”.

A segunda fonte alternativa para suprir a necessidade da areia natural é o reaproveitamento de resíduos de construção civil, conhecidos como entulhos. Os resíduos de construção e demolição (RCD) muitas vezes são dispostos de forma irregular em locais como ruas, rios, córregos, terrenos baldios e áreas de mananciais, gerando impactos ao meio ambiente e tendo seu reaproveitamento desperdiçado. A disposição inadequada destes materiais também pode trazer riscos à população, atraindo transmissores de doenças, causando o entupimento de bueiros e o assoreamento dos recursos hídricos, o que favorece o aumento de enchentes nas estações chuvosas. Por outro lado, a reciclagem dos entulhos surge como outra importante fonte alternativa de agregado miúdo, pois os entulhos podem ser reciclados e reutilizados na produção de pré-moldados, controle de erosão, recuperação de estradas, entre outras aplicações, além de atuar como um desafio por conciliar a atividade produtiva a um desenvolvimento sustentável.

Tabela 4.6 – Cálculo de reserva estimada para areia aluvionar e areia vermelha.

Areia aluvionar		Areia vermelha	
Espessura (E) = 1,5 m		Espessura (E) = 2,5 m	
Área (A _{Total}) = 2.232.400 m ²	Reserva Estimada (R _E):	Área (A _{Total}) = 12.000.000 m ²	Reserva Estimada (R _E):
- R. Curu: 263.000 m ²		Densidade (D) = 1,3 t/m ³	
- R. S. Gonçalves: 65.700 m ²	$R_E = A_T \times E \times D \times F_A$	Fator de Aprov. (F _A) = 95%	$R_E = A_T \times E \times D \times F_A$
- R. Pacoti: 88.000 m ²	R _E = 5 milhões de		R _E = 37 milhões de
- R. Choró: 1.750.000 m ²	toneladas		toneladas
- R. Piranji: 65.700 m ²			
Densidade (D) = 1,6 t/m ³			
Fator de Aprov. (F _A) = 95%			

Outra opção é o agregado marinho, que hoje é amplamente utilizado na indústria da construção civil em vários países do mundo, como por exemplo, no Reino Unido, onde 25% da areia e do cascalho produzidos provêm do mar. Até no Brasil, empresas de mineração e setor da construção civil têm demonstrado interesse nessa nova fronteira mineral. A Figura 4.1 mostra que além do petróleo, o agregado marinho (areia e cascalho) também é um dos bens minerais submersos que têm despertado o interesse de empresários brasileiros (site CPRM/2013).

Estudos realizados por Cavalcanti (1998) mostram que a areia marinha da plataforma continental de Fortaleza apresenta resultado satisfatório para utilização como agregado miúdo na fabricação do concreto, de acordo com a norma NBR 7211:2009. Além das especificações exigidas nas normas vigentes, devem ser verificados também o teor em sais e em conchas, que comprometem a resistência à compressão e à corrosão no concreto. Ainda segundo o mesmo autor, as areias marinhas da plataforma continental de Fortaleza são classificadas como não salinas, quando submetidas a escorrimento adequado, para a saída da água que contém sais nocivos, e quanto à presença de conchas o material deve passar por um peneiramento, para adquirir características similares àquelas dos materiais explorados no continente.

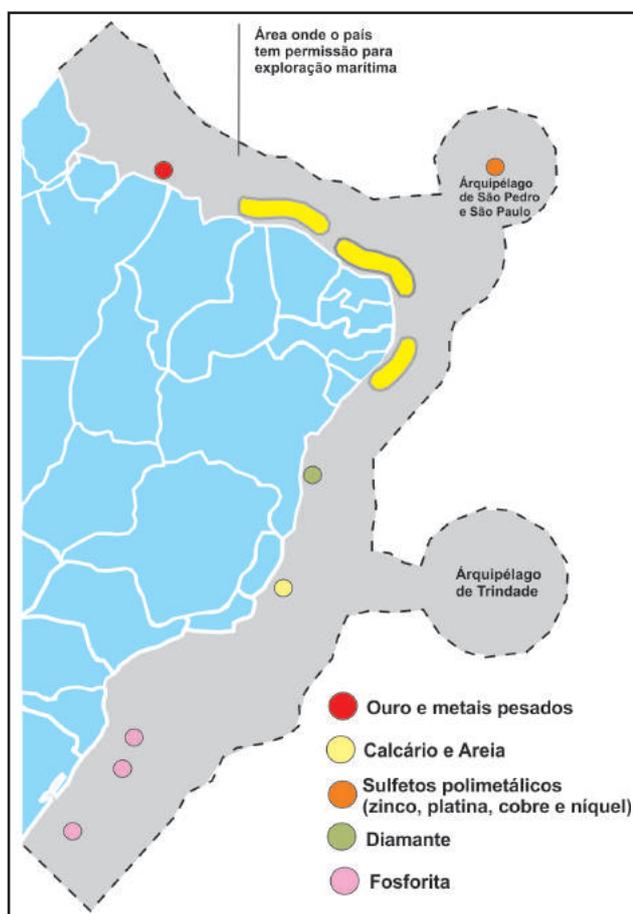


Figura 4.1 – Pesquisa mineral na plataforma continental brasileira (site CPRM/Branco, 2013).

4.2.2 - Argilas

4.2.2.1 - Conceito, Tipologia, Especificações e Aplicações

A argila é um sedimento formado por partículas de dimensões muito pequenas, abaixo de 2 μm de diâmetro, constituído essencialmente por argilominerais. Quimicamente são silicatos hidratados podendo conter alumínio, ferro, elementos alcalinos, como sódio e potássio, e alcalinos terrosos, como cálcio e magnésio. Os argilominerais pertencem à classe mineralógica dos filossilicatos, que possui estrutura cristalina em forma de folhas ou camadas. Sua disposição laminada permite a adsorção de moléculas de água, conferindo plasticidade às argilas quando umedecidas e levando à formação de materiais endurecidos após secagem, ou adquirindo grande dureza, após queima (Gomes, 1988). De acordo com o arranjo de suas camadas, os minerais argilosos são divididos em grupos, sendo os mais comuns constituídos por folhas tetraédricas (T) de silício e octaédricas (O) de alumínio, que pode ser substituído por Fe, Mg e Mn, entre outros, na proporção 2:1 ou conterem apenas folhas tetraédricas de Si (1:1). Cada grupo compreende várias espécies destacando-se os grupos da caulinita, illita e esmectita como os mais importantes ao uso cerâmico (Cabral Junior *et al.*, 2008).

Na natureza, as argilas geralmente ocorrem associadas com outros componentes ou impurezas, como matéria orgânica, sais solúveis e quantidades menores de quartzo, feldspato, micas, óxido e hidróxido de ferro. Estes dois últimos são os responsáveis pela cor avermelhada dos produtos após processos de queima (Gonçalves *et al.*, 2011).

Normalmente a argila de várzea ou aluvionar é o principal depósito utilizado na indústria da cerâmica vermelha para a produção de tijolos e telhas, sendo formada por sedimentação em ambientes fluviais e lacustres, ocorrendo ao longo das margens dos cursos d'água, em suas planícies de inundação. A importância econômica e social deste minério é muito grande, principalmente por estar relacionado com a indústria da construção civil. Além da cerâmica, a argila possui diversas aplicações industriais, como no cimento, abrasivos, isolantes elétricos, térmicos, acústicos, siderurgia, tintas e vernizes, produtos asfálticos, defensivos agrícolas, lubrificantes, cosméticos, sabões, velas e sabonetes, ornamentação e outros.

Na RMF as jazidas de argilas apresentam bom potencial e toda a produção está aplicada ao uso como cerâmica vermelha, principalmente para o fabrico de tijolos, desenvolvidos por micros, pequenos e médios empresários. Outros produtos são: blocos de vedação, blocos estruturais, lajotas para forro, manilhas e ladrilhos (Figura 4.2). Existe ainda uma pequena minoria atribuída à produção de vasos, artefatos ornamentais e utensílios

domésticos, fabricados por pequenos artesãos (Foto 4.5). As olarias situam-se próximo às várzeas dos rios, de onde se extraem aluviões argilosos. Dentre os maiores depósitos de argila de várzea podem ser mencionados os relacionados às planícies de inundação dos rios Pacoti e Choró, na porção leste da RMF, e os rios São Gonçalo e Ceará, a oeste.

4.2.2.2 - Metodologia de Exploração e Beneficiamento

Os materiais são explorados em depósitos aluvionares de topografia plana, com camadas argilosas horizontalizadas, com perfil caracterizado por areia misturada a matéria orgânica, no topo, seguido de argila até uma profundidade variando de 1 a 4 m de altura. A lavra se processa a céu aberto, em faixas estreitas, mas de grandes extensões. Para o desmonte adota-se a extração por bancada única, utilizando-se pás carregadeiras e escavadeiras, sendo o material transportado por caminhões basculantes até a unidade fabril.

No processo industrial o grau de mecanização é variável, grande parte das olarias é rudimentar, com exceção de duas beneficiadoras que possuem sistema de produção totalmente automático, dotadas de processos tecnológicos modernos e com controle de qualidade mais eficiente (Fotos 4.6 A, B, C e D e 4.7 A, B, C e D). Inicialmente faz-se a preparação da massa cerâmica, que consta de umidificação e homogeneização da matéria-prima, com a mistura de uma argila forte de granulometria fina (material mais plástico ou gordo) com outra fraca de granulometria mais grossa (de menor plasticidade ou magro). A dosagem da mistura é na proporção de 2:1 ou 3:1, na qual a maior parte corresponde ao componente plástico (Fotos 4.8 A, B).

O material é colocado no alimentador e conduzido por correia transportadora ao misturador, onde é feita a homogeneização, quebra de torrões e umidificação da massa até adquirir plasticidade. Em seguida, parte-se para a laminação, extrusão e prensagem, para dar forma ao produto desejado, finalizando com o carimbo



Foto 4.5 – Artesanato com argila, produzido no município de Cascavel.

e corte nas dimensões do produto final. Para que a massa seja facilmente moldada, grande quantidade de água é adicionada ao processo, de forma que o tijolo seja levado para secagem natural por alguns dias. Só então as peças são empilhadas em fornos para o processo de queima, atribuindo resistência mecânica, dureza e estabilidade ao material cerâmico.

Normalmente, os tijolos são queimados na faixa de temperatura entre 850 e 950 °C, com um tempo de queima oscilando de 8 a 12 horas. A maioria das empresas não possui equipamento de medição de temperatura interna do forno. Geralmente, por experiência, é o forneiro quem indica o tempo de queima, o que resulta em processos irregulares, em função de cores diferenciadas e posterior classificação para eliminação de peças defeituosas.

Os depósitos de argila da RMF apresentam cores de tonalidades variadas, predominando cinza-média a escura e marrom. Os depósitos aluvionares dos rios Pacoti e Choró, a leste de Fortaleza, são os maiores e mais importantes, em termos de produção. A oeste, nos rios São Gonçalo e Ceará, os depósitos são mais restritos, abrangendo áreas menores.



Figura 4.2 – Tipos de tijolos e blocos encontrados com maior frequência. Fonte: Grupo Tavares (Tipos de blocos: 1 Vedação, 2 Estrutural, 3 Elétrico e Hidráulico, 4 Bandinhas, 5 Lajota, 6 Combogó, 7 Produto especial).



Foto 4.6 – Processo industrial rudimentar: confecção do tijolo (a); pátio de secagem (b); retirada do tijolo do forno, após queima (c); carregamento de caminhão para expedição (d).

4.2.2.3 - Caracterização Tecnológica

Para determinar o potencial de uma determinada argila ela deve ser submetida a uma série de análises e ensaios em laboratório, para a sua caracterização tecnológica. Como mencionado anteriormente, as unidades produtoras de argila da RMF misturam uma argila mais plástica com outra menos plástica para obtenção de uma massa cerâmica adequada, dentro das especificações técnicas que permitam a elaboração de um produto de aceitação no mercado. Esta mistura é importante, pois além de inserir este produto nas especificações técnicas, propicia um melhor aproveitamento e, conseqüentemente, economia da matéria-prima.

Visando investigar a qualidade das argilas utilizadas para cerâmica vermelha na RMF, 22 amostras foram analisadas, entre elas 14 *in natura* (amostras designadas "B") e 8 misturadas e homogeneizadas, prontas para extrusão (amostras designadas "A") (Tabela 4.7). Além de análises químicas e mineralógicas, os ensaios básicos para a caracterização tecnológica das argilas foram: a) no estado cru - análise granulométrica, umidade e limite de plasticidade; e b) após a queima - ensaios físicos de retração linear (%), tensão de ruptura à flexão (kgf/cm^2), absorção de água (%), porosidade aparente (%), massa específica aparente (g/cm^3) e cor.

As análises e ensaios foram realizados no Laboratório da CTGAS - Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis, em Natal-RN. O procedimento para os ensaios tecnológicos nas 22 amostras constou da seguinte seqüência de processos:

- Determinação do índice de plasticidade, conforme as normas NBR 6459 e 7180;
- Avaliação da granulometria por peneiramento, utilizando-se as peneiras: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm).
- Análise química do material, que após quarteado e moído (200#), foi analisado pela técnica de Fluorescência de Raios X (XRF), com o equipamento EDX-720 da marca *Shimadzu*. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) foram analisados, sendo identificados como principais constituintes os seguintes óxidos: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , K_2O , CaO e TiO_2 . Outros óxidos, como SO_3 , MnO , SrO , ZrO_2 , ZnO , Cr_2O_3 , Nb_2P_5 , BaO , Rb_2O e CuO , também foram encontrados em algumas amostras, porém com participação incipiente. Para a avaliação da perda ao fogo, o material, após seco em estufa por 24h, na temperatura de 110 °C, foi aquecido até 1.000 °C por 60 minutos.



Foto 4.7 – Processo industrial automatizado: observa-se organização de tijolos em “palets” (a) e (b); pátio de estocagem (c); fornos automáticos (d).



Foto 4.8 – Preparação da massa cerâmica, que consta de umidificação e homogeneização da matéria-prima (a); diferença de coloração entre as argilas forte mais escura e fraca mais clara (b).

- Difractometria de Raios X (DRX) realizada em amostra moída a 200#, analisada em equipamento XRD-6000, da marca *Shimadzu*.
- Para confecção de corpos de prova a argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizada, com adição de 10% de água. Em seguida, as amostras foram prensadas, com prensa manual, em matriz

retangular com dimensões de 100x10x10 mm. Para conformação foram confeccionados 8 (oito) corpos de prova utilizando-se uma pressão de 40 Mpa. Posteriormente, os corpos de prova foram secos por 24 horas em estufa a 110 °C. Todos os corpos de prova secos foram medidos no comprimento, utilizando paquímetro com resolução de 0,05

mm. Após a secagem foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850, 900 e 950 °C. A taxa de aquecimento utilizada foi de 10 °C/min até 550 °C, com patamar de 30 minutos. Posteriormente, foi utilizada uma taxa de aquecimento de 20 °C/min, com patamar na temperatura máxima de queima de 120 minutos. O resfriamento no interior do forno foi feito lentamente, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos de prova foram avaliados segundo as propriedades: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Santos (1989), exceto a tensão de ruptura à flexão, que teve como base a norma ASTM C 674.

Difratometria de Raios X (DRX)

Esta técnica fornece informações precisas sobre a qualificação e caracterização dos minerais presentes em uma argila (Gomes, 1988). A composição química dos argilominerais presentes nas argilas, incluindo a natureza e quantidade dos cátions interestatados e o teor de água, é um importante fator controlador das propriedades industriais (Klein e Dutrow, 2012).

Foram detectadas, como principais fases minerais, quartzo, feldspato, laumonita e argilominerais (Figura 4.3). Segundo Macedo (2008) o quartzo e o feldspato agem como redutores de plasticidade, favorecendo a secagem das peças e tornando as argilas mais adequadas para o uso como cerâmica vermelha. O quartzo atua ainda como um componente fundamental para o controle da dilatação e do ajuste da viscosidade da massa na fase líquida, além de contribuir para uma maior resistência mecânica das peças após a queima.

Os argilominerais são indicados, nos difratogramas, por picos de caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), montmorillonita ($\text{Ca}_{0,2}(\text{Al},\text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) e nontronita ($(\text{Fe},\text{Al})(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_5(\text{OH}) \cdot x\text{H}_2\text{O}$), sendo as duas últimas inseridas no grupo da esmectita (Figura 4.3). Com base nesses resultados as argilas da RMF contêm argilominerais do grupo da caulinita (1:1) e esmectita (2:1). O grupo da caulinita possui a menor plasticidade entre os argilominerais e a menor capacidade de troca catiônica, sendo considerado o grupo menos expansivo, com baixo teor de óxido e hidróxido de ferro. As argilas caulínicas apresentam, portanto, menor retração de secagem e queima, as quais são consideradas de melhor controle para os processos industriais. O grupo da esmectita apresenta ligação fraca entre as camadas e maior capacidade de troca catiônica, com moléculas de água e cátions entre as camadas, sendo considerado o grupo mais expansivo, além de permitir a acomodação do ferro em sua estrutura. Apesar desse elemento atribuir

a cor vermelha desejada às peças cerâmicas, as argilas esmectíticas são responsáveis por grandes retrações de secagem e queima, o que dificulta os processos industriais. Podem provocar, por exemplo, o surgimento de trincas no produto final. Portanto, além da mistura com outros minerais na composição de argilas impuras, é importante considerar a natureza dos argilominerais nessa combinação (Klein e Dutrow, 2012).

Fluorescência de Raios X (XRF)

A técnica de XRF utiliza sinais de raios X para excitar uma amostra desconhecida, onde os elementos individuais presentes emitem seus raios X característicos (fluorescentes), que são detectados, determinando quais elementos químicos constituem o material (Shimadzu, 2014).

Os resultados das análises químicas quantitativas realizadas pelo método de espectrometria de fluorescência de raios X estão representados, em % de óxidos, na Tabela 4.7. A composição química das amostras reflete a natureza essencialmente argilosa dos minerais, com predominância de SiO_2 e Al_2O_3 .

De acordo com o método os teores de Al_2O_3 variam de 28,87 a 34,75% e estão possivelmente relacionados à presença dos argilominerais. O SiO_2 , que varia de 45,98 a 65,24%, provavelmente também está associado aos argilominerais, como também ao quartzo e feldspato. O Fe_2O_3 e MgO variam, respectivamente, de 1,98 a 6,79% e de 1,2 a 5,21%, podendo ser observados nos difratogramas como parte da composição química dos argilominerais nontronita e montmorillonita (Figura 4.3D). O K_2O apresenta teores entre 1,19 e 2,66% e pode estar relacionado aos minerais argilosos não detectados na DRX. Segundo Gomes (1988), na análise por FRX há fortes limitações quanto à precisão no que diz respeito ao K, nesse caso é necessário cautela ao considerar a porcentagem do óxido, uma vez que sua presença influencia na temperatura de vitrificação das argilas, agindo como fundente, e quanto maior seu percentual, menor a temperatura de vitrificação. O CaO , na maioria das amostras, encontra-se em valores inferiores a 1%, possivelmente associado ao feldspato e à laumonita. Os valores de TiO_2 são predominantemente inferiores a 1%. Outros óxidos como SO_3 , MnO , SrO , ZrO_2 , ZnO , Cr_2O_3 , Nb_2P_5 , BaO , Rb_2O e CuO ocorrem apenas em algumas amostras e com valores inferiores a 0,17%, com exceção de uma única amostra que apresentou teor de 0,35% para SO_3 . A perda ao fogo corresponde à água e voláteis presentes nos minerais e na matéria orgânica. A maior perda (9,37%) foi observada na amostra IG-121B, de São Gonçalo do Amarante (Tabela 4.7).

Ensaio Tecnológicos

Para a conformação de corpos de prova, as argilas são umedificadas com 8 a 10% de umidade (Tabela 4.9) e, posteriormente, prensadas, secas

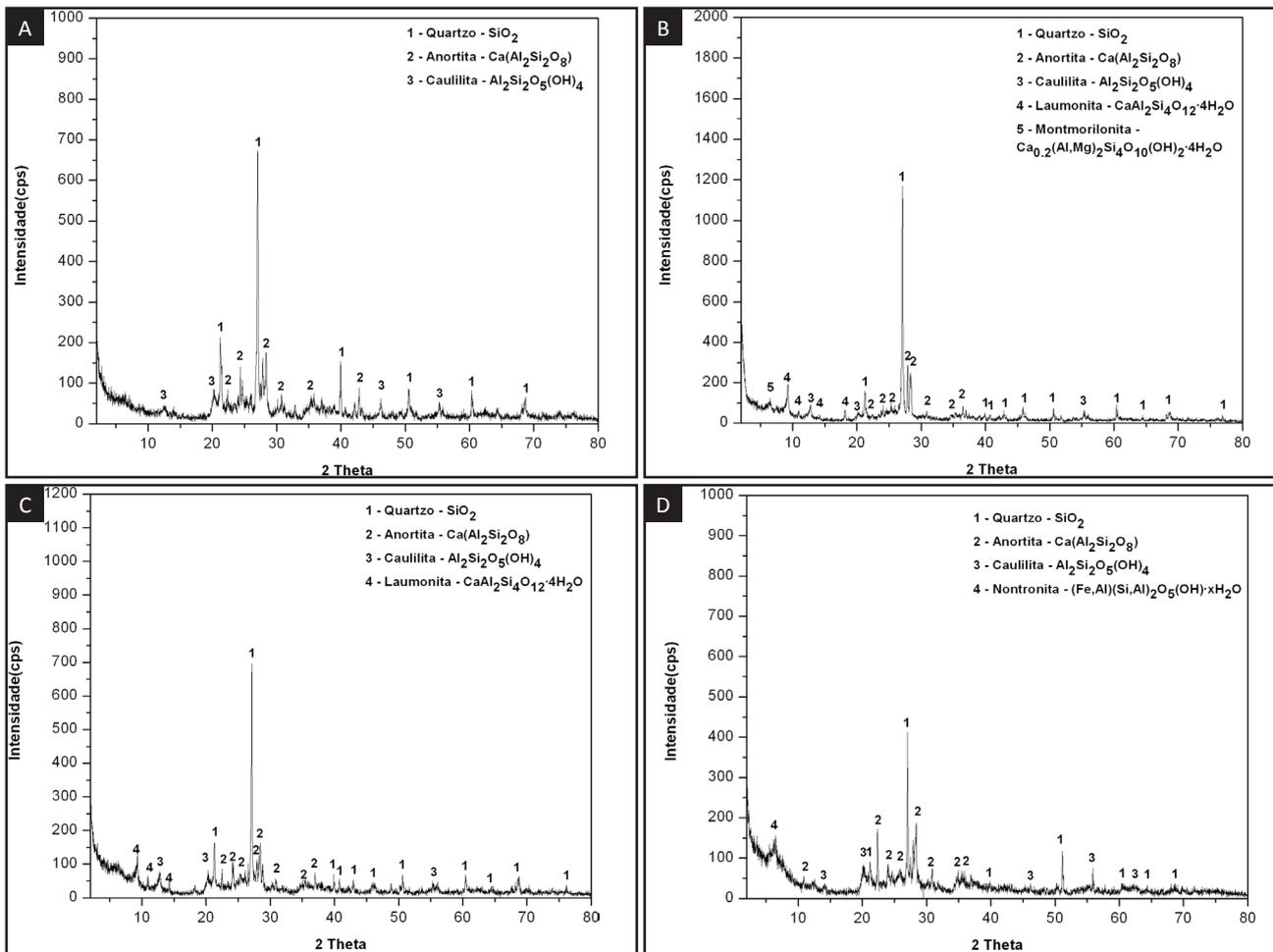


Figura 4.3 – Difratomogramas representativos das fases minerais detectadas nas 22 amostras de argila da RMF. As amostras estão localizadas nos municípios de (a) Guaiúba, (b) S. Gonçalo do Amarante, (c) Cascavel e (d) Caucaia (IG-08A, MD-61B, IG-35A, IG-66B).

e queimadas (Cabral Junior *et al.*, 2008). Uma importante característica para as argilas de uso cerâmico é a cor avermelhada obtida após o processo de queima. Essa propriedade deve-se ao alto conteúdo de óxido de ferro, geralmente superior a 4%. Em sua maioria, o mercado brasileiro opta por cores fortes, desde o alaranjado até o vermelho, mas já existe uma aceitação crescente por tonalidades mais claras, resultantes do baixo teor de ferro, desde que as demais características cerâmicas sejam adequadas. Segundo Cabral Junior *et al.* (2008), para a fabricação de cerâmica vermelha o teor de ferro nas argilas deve ser alto, porém, para Santos (1975), a presença de ferro, quando muito elevada, pode causar excessiva retração e coloração indesejável, tendendo para o marrom. Do total de 22 (vinte e duas) amostras analisadas, 15 (quinze) superaram o percentual exigido, chegando a alcançar até 6,79% de Fe_2O_3 , o que pode indicar uma maior quantidade de argilominerais do grupo da esmectita; 5 (cinco) estão acima de 3%, muito próximas do valor desejável; e apenas 2 (duas) apresentam teores baixos, com 1,98 e 2,62%. No entanto, todas as amostras apresentaram coloração vermelha após sinterização, mesmo aquelas com teores de ferro mais baixos ou mais altos que 4% (Tabela 4.8).

O índice de plasticidade (IP) é uma importante propriedade tecnológica para a utilização de argilas no processo industrial voltado à fabricação de cerâmica vermelha. Este parâmetro é analisado para obtenção de peças nas mais variadas formas geométricas, pois uma argila sem plasticidade adequada não pode ser processada. Segundo a classificação de Lima (2010), que estabelece os níveis de plasticidade, verifica-se que 7 (sete) das amostras estudadas são consideradas altamente plásticas por apresentarem índices de plasticidades superiores a 15%; 8 (oito) possuem índice de plasticidade entre 7 e 15% e são consideradas medianamente plásticas; 6 (seis) possuem fraca plasticidade; e 1 (uma) possui percentual próximo de zero, considerada não plástica (Tabela 4.9). Esta amostra, com índice de plasticidade menor é proveniente da cava de extração (IG-66B), ou seja, *in natura*, sem processamento, considerada como argila “magra”. Por outro lado, a amostra retirada da maromba na própria olaria da mesma empresa, isto é, aquela que já passou pelo processo de mistura, possui índice de plasticidade igual a 5,48 (IG-66A), o que demonstra uma significativa melhora na qualidade do material, porém ainda abaixo do desejado. No geral, para o índice de plasticidade (IP), o mercado exige valores entre 10 e 30% para cerâmica vermelha

Tabela 4.7 – Resultado da composição química em % dos principais óxidos, por Fluorescência de Raios X.

Município	AMOSTRA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Perda ao Fogo
Guaiúba	IG-S-08A	54,33	29,73	3,43	3,21	2,19	0,95	0,66	5,31
	IG-S-08B	52,84	30,83	3,26	3,08	2,31	0,75	0,67	6,06
Caucaia	IG-S-66A	48,02	30,80	6,13	3,88	1,46	1,45	1,18	6,81
	IG-S-66B	45,98	30,48	6,79	5,21	1,71	1,46	1,20	6,99
	MD-S-31A	52,79	29,90	4,27	2,16	1,30	0,49	0,62	8,26
	MD-S-31B	55,96	27,22	3,43	3,53	1,52	0,84	0,68	6,69
	IG-S-85B	50,96	32,03	4,86	2,46	1,19	1,15	0,72	6,43
	IG-S-91B	48,83	33,06	5,17	2,64	1,69	0,96	0,97	6,44
Aquiraz	IG-S-17A	50,74	33,99	3,43	2,29	1,70	0,55	0,69	6,42
	IG-S-17B	56,33	30,10	2,62	1,94	1,78	0,61	0,54	5,89
	MD-S-138A	48,70	33,30	4,48	3,19	2,04	0,68	0,78	6,49
	MD-S-138B	51,65	27,63	5,95	2,57	1,91	1,07	0,60	5,12
Cascavel	IG-S-35A	49,64	32,16	4,76	3,24	1,72	0,91	0,64	6,64
	IG-S-35B	57,84	28,79	3,13	2,51	1,63	0,98	0,44	4,51
	IG-S-44B	47,55	32,88	4,93	2,91	1,72	0,77	0,57	8,31
	MD-S-100B	65,24	23,87	1,98	1,20	1,25	0,27	0,46	5,53
	MD-S-137B	47,71	34,75	4,16	1,87	1,20	0,38	0,60	9,21
Chorozinho	MD-S-88A	50,31	32,45	4,99	3,28	1,89	0,96	0,67	5,17
	MD-S-88B	52,76	31,81	4,30	3,10	1,82	1,03	0,58	4,36
São Gonçalo do Amarante	MD-S-25A	54,15	30,02	4,09	2,71	1,74	0,64	0,69	5,77
	MD-S-61B	46,55	32,82	5,18	3,76	2,66	0,82	0,78	7,22
	IG-S-121B	48,66	31,17	4,47	2,92	1,72	0,66	0,73	9,37

(Macedo *et al.*, 2008). De acordo com este parâmetro, 12 (doze) das 22 (vinte e duas) amostras encontram-se dentro do limite de especificação (Tabela 4.9).

A Retração linear (RLn) é a relação entre o comprimento inicial antes da secagem e o comprimento final após a secagem, cujo valor máximo aceito para argila utilizada na cerâmica vermelha, de acordo com Souto (2009) é de até 8%. Esta propriedade indica o quanto a peça perde de tamanho durante a queima, portanto trata-se de um item importante, que ajuda a evitar problemas futuros com o encaixe ou dimensão. Os valores encontrados para as amostras analisadas na RMF encontram-se abaixo do máximo exigido, como mostra a Tabela 4.9, revelando que não houve retração linear significativa a ponto de comprometer a qualidade do produto.

Para a taxa de absorção de água (AA) é considerado adequado o intervalo entre 8 e 22% em massa, conforme Bastos (2003). Esta propriedade está relacionada à permeabilidade do produto. Baixa taxa de absorção indica alta resistência mecânica, porém valores abaixo de 10% comprometem a adesão entre o bloco e a argamassa, enquanto que valores elevados sugerem um material muito poroso e permeável, prejudicando o desempenho do bloco cerâmico. A absorção de água em blocos cerâmicos deve ser suficiente para absorver capilarmente parte da água da argamassa de assentamento, aumentando a aderência “argamassa/bloco”. Porém, não pode ser excessivamente elevada, pois provocará a retirada excessiva da água da argamassa, prejudicando a hidratação dos compostos

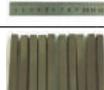
do cimento, reduzindo, assim, sua resistência (Souto, 2009). De acordo com os valores de referência, com exceção de uma amostra (IG-44B), todas estão dentro do limite exigido (Tabela 4.9).

Com relação ao índice de porosidade aparente (PA), Souto (2009), baseado em Santos (1975), considerou como limite máximo o valor de 36,4%, em temperatura de 950 °C, para cerâmica vermelha. Comparando os valores obtidos nas amostras estudadas (Tabela 4.9) com o percentual acima citado, todas as amostras estão abaixo do máximo aceitável.

Em relação ao peso de um bloco ou tijolo, este pode variar em função de suas dimensões, geometria e densidade da massa cerâmica. Embora não existam valores normatizados para o peso da unidade, o mercado pede um componente leve, diminuindo assim custos com o frete, estruturas e fundações, sendo em média de 2,2 kg (Bastos, 2003). Segundo Souto (2009), a massa específica aparente (MEA) máxima ou em conformidade para cerâmica vermelha é de 2,0 g/cm³. Grande parte das amostras da RMF está próxima ao especificado, com valor máximo de 2,1 g/cm³ (Tabela 4.9).

Outra propriedade importante após a queima é a tensão de ruptura a flexão (TRF), que se refere à resistência mecânica da peça após secagem. O valor mínimo recomendado por Santos (1975) é de 20 Kgf/cm² para aplicação da argila na fabricação de tijolos (ou 1,96 MPa). Todos os corpos de provas analisados atingiram valores superiores ao mínimo exigido, o que demonstra boa resistência do material.

Tabela 4.8 – Resultados dos ensaios tecnológicos para avaliação da cor em corpos-de-prova sinterizados nas temperaturas de 850, 900 e 950 °C.

Munic.	Amostra	Cru	850°C	900°C	950°C	Munic.	Amostra	Cru	850°C	900°C	950°C
Caucaia	31A					Cascavel	35A				
	31B						35B				
	66A						44B				
	66B						100B				
	91B						137B				
Aquiraz	17A					S. Gonçalo	25A				
	17B						61B				
	85B						121B				
	138A					Chorozinho	88A				
	138B						88B				
Guaiúba	08A					Nota1: Amostras tipo 'A' correspondem a coletas realizadas na maromba das principais olarias representativas da RMF. Nota 2: Amostra tipo 'B' correspondem a coletas de material <i>in natura</i> , diretamente das frentes de lavra.					
	08B										

A granulometria é uma das características mais importantes dos minerais argilosos, já que rege muitas das propriedades acima descritas. A partir da distribuição granulométrica é possível determinar a aplicação mais adequada das argilas como produto cerâmico (tijolos maciços, blocos ou tijolos furados e telhas), seguindo o diagrama triangular de Winkler (Cabral Junior *et al.*, 2008) (Figura 4.4). Neste diagrama a argila tem seu percentual distribuído nas faixas granulométricas de 2, 2 a 20 μm e $>20 \mu\text{m}$, onde é atribuída a composição granulométrica ideal para os principais tipos de produtos cerâmicos. Na prática, são denominadas “argilas gordas” as que apresentam granulometria menor do que 2 μm . Estas possuem alta plasticidade e sua predominância prejudica o processamento das massas cerâmicas,

devendo-se reduzir a plasticidade com materiais não plásticos, representados essencialmente por areias. A areia, em quantidade moderada, age com eficácia sobre as características das argilas.

A Tabela 4.10 mostra a separação granulométrica para as 22 amostras representativas da RMF. Apesar dos resultados do laboratório não fornecerem a individualização das frações silte e argila, o que impossibilita a utilização do diagrama de Winkler (Figura 4.4), com o percentual retido na peneira #325 (45 μm), temos o correspondente da fração areia, cuja variação é de 11,20 a 38,10%. Segundo Pinheiro (2008), para que uma argila possua propriedade aglomerante, deve o material conter percentual máximo de 34% retido na peneira #325 (45 μm). Com base nessa especificação, 6 (seis)

Tabela 4.9 – Resultados dos ensaios básicos executados para caracterização tecnológica das argilas na RMF.

Amostra	IP (%)	Queima (°C)	Cor	Umidade (%)	RL (%)	AA (%)	PA (%)	MEA (g/cm ³)	TRF (Mpa)
IG-08A	9,24	850	Vermelho	8,82 ± 0,30	(-0,02) ± 0,23	12,20 ± 0,63	24,57 ± 0,90	2,01 ± 0,03	11,37 ± 0,85
		900	Vermelho	8,73 ± 0,68	0,08 ± 0,17	11,97 ± 1,59	24,19 ± 2,83	2,02 ± 0,03	11,47 ± 0,58
		950	Vermelho	8,97 ± 0,21	0,54 ± 0,10	10,86 ± 0,40	22,31 ± 0,64	2,06 ± 0,02	10,60 ± 1,47
IG-08B	6,5	850	Vermelho	10,47 ± 0,13	(-0,17) ± 0,11	12,93 ± 0,10	25,59 ± 0,14	1,98 ± 0,00	8,81 ± 0,56
		900	Vermelho	10,47 ± 0,09	0,01 ± 0,34	12,38 ± 0,77	24,54 ± 1,36	1,98 ± 0,01	8,45 ± 0,76
		950	Vermelho	10,35 ± 0,12	0,08 ± 0,16	12,86 ± 0,64	25,37 ± 0,92	1,97 ± 0,02	7,57 ± 0,43
IG-17A	6,5	850	Vermelho	11,09 ± 1,75	0,04 ± 0,07	13,80 ± 0,19	27,00 ± 0,25	1,96 ± 0,01	8,27 ± 0,59
		900	Verm. Claro	10,35 ± 0,36	0,17 ± 0,11	13,28 ± 0,14	26,15 ± 0,20	1,97 ± 0,00	8,43 ± 0,53
		950	Vermelho	10,52 ± 0,11	0,58 ± 0,10	13,15 ± 0,29	25,97 ± 0,40	1,98 ± 0,01	9,04 ± 0,44
IG-17B	18,52	850	Vermelho	10,16 ± 0,31	(-0,29) ± 0,38	14,87 ± 0,29	28,37 ± 0,38	1,91 ± 0,01	5,51 ± 0,30
		900	Verm. Claro	10,47 ± 0,19	1,01 ± 0,06	14,54 ± 0,14	27,85 ± 0,18	1,92 ± 0,01	5,33 ± 0,29
		950	Verm. Claro	10,42 ± 0,10	0,22 ± 0,20	14,61 ± 0,43	27,99 ± 0,57	1,92 ± 0,02	5,58 ± 0,37
IG-35A	16,13	850	Vermelho	8,04 ± 2,37	(-0,08) ± 0,09	10,32 ± 2,28	21,40 ± 4,49	2,08 ± 0,05	10,03 ± 1,09
		900	Vermelho	9,26 ± 0,27	0,02 ± 0,05	10,78 ± 0,40	22,27 ± 0,68	2,07 ± 0,01	9,73 ± 0,82
		950	Vermelho	8,02 ± 1,80	0,08 ± 0,52	10,71 ± 0,37	22,16 ± 0,59	2,07 ± 0,02	9,63 ± 1,26
IG-35B	25,58	850	Vermelho	9,15 ± 0,39	(-0,19) ± 0,12	11,38 ± 0,07	23,39 ± 0,11	2,05 ± 0,00	7,61 ± 0,47
		900	Vermelho	8,63 ± 1,91	0,09 ± 0,10	10,92 ± 0,23	22,46 ± 0,42	2,06 ± 0,00	7,91 ± 0,49
		950	Vermelho	9,23 ± 0,25	0,00 ± 0,10	11,04 ± 0,10	22,69 ± 0,16	2,05 ± 0,00	7,22 ± 0,49
IG-44B	16,57	850	Verm. Esc.	10,16 ± 0,65	0,84 ± 0,10	7,66 ± 0,22	16,33 ± 0,47	2,13 ± 0,00	17,75 ± 2,69
		900	Vermelho	10,41 ± 0,14	0,88 ± 0,31	7,59 ± 0,35	16,22 ± 0,76	2,14 ± 0,00	16,05 ± 1,28
		950	Vermelho	10,31 ± 0,12	1,70 ± 0,15	5,86 ± 0,24	12,33 ± 0,59	2,10 ± 0,02	16,05 ± 1,28
IG-66A	5,48	850	Verm. Esc.	8,94 ± 0,21	0,33 ± 0,11	10,79 ± 2,13	22,19 ± 3,14	2,07 ± 0,08	12,94 ± 0,87
		900	Vermelho	9,44 ± 0,34	0,50 ± 0,09	9,89 ± 0,16	20,82 ± 0,27	2,10 ± 0,01	12,60 ± 1,04
		950	Vermelho	10,08 ± 0,32	1,05 ± 0,08	8,23 ± 0,46	17,53 ± 0,86	2,13 ± 0,02	12,13 ± 0,62
IG-66B	0,09	850	Verm. Esc.	10,34 ± 0,48	1,09 ± 0,47	10,87 ± 0,39	22,64 ± 0,66	2,08 ± 0,01	21,94 ± 3,13
		900	Verm. Claro	10,55 ± 0,27	1,27 ± 0,46	10,58 ± 0,50	22,17 ± 0,86	2,10 ± 0,02	20,69 ± 2,52
		950	Verm. Claro	10,54 ± 0,47	1,38 ± 0,46	7,77 ± 0,32	16,83 ± 0,60	2,17 ± 0,01	23,44 ± 1,77
IG-85B	22,27	850	Verm. Esc.	9,85 ± 0,11	0,87 ± 0,12	9,73 ± 2,46	20,20 ± 3,78	2,10 ± 0,10	5,82 ± 3,26
		900	Verm. Claro	10,37 ± 0,79	0,61 ± 0,77	7,50 ± 1,16	15,99 ± 2,47	2,13 ± 0,01	9,42 ± 3,22
		950	Verm. Claro	10,27 ± 0,29	1,48 ± 0,15	6,99 ± 0,75	14,63 ± 2,09	2,09 ± 0,08	8,13 ± 4,12
IG-91B	4,32	850	Verm. Esc.	9,12 ± 0,23	0,94 ± 0,08	10,65 ± 0,07	22,34 ± 0,13	2,10 ± 0,00	17,42 ± 0,82
		900	Vermelho	9,43 ± 0,21	0,85 ± 0,08	10,62 ± 0,47	22,25 ± 0,78	2,10 ± 0,02	17,12 ± 1,12
		950	Vermelho	9,52 ± 0,14	1,39 ± 0,21	8,86 ± 0,25	18,86 ± 0,44	2,13 ± 0,01	16,11 ± 1,91
IG-121B	5,17	850	Verm. Esc.	10,22 ± 0,41	1,08 ± 0,19	10,78 ± 0,29	22,83 ± 0,73	2,12 ± 0,11	22,73 ± 1,60
		900	Verm. Claro	9,88 ± 0,48	1,11 ± 0,15	10,24 ± 0,47	21,57 ± 0,88	2,11 ± 0,01	25,45 ± 4,65
		950	Verm. Claro	9,98 ± 0,27	2,04 ± 0,10	8,78 ± 0,10	18,73 ± 0,18	2,13 ± 0,01	22,30 ± 1,37

Tabela 4.9 – Resultados dos ensaios básicos executados para caracterização tecnológica das argilas na RMF. (continuação)

Amostra	IP (%)	Queima (°C)	Cor	Umidade (%)	RL (%)	AA (%)	PA (%)	MEA (g/cm ³)	TRF (Mpa)
MD-25A	10,8	850	Verm. Esc.	9,37 ± 0,68	0,23 ± 0,04	12,33 ± 0,21	24,90 ± 0,31	2,02 ± 0,01	13,31 ± 0,79
		900	Vermelho	9,96 ± 0,22	0,61 ± 0,43	12,09 ± 0,25	24,52 ± 0,39	2,03 ± 0,01	13,10 ± 1,32
		950	Vermelho	10,07 ± 0,73	0,69 ± 0,36	10,96 ± 0,70	22,37 ± 1,14	2,04 ± 0,03	14,07 ± 0,73
MD-31A	13,69	850	Verm. Claro	9,65 ± 0,24	0,88 ± 0,16	11,18 ± 0,49	22,87 ± 0,77	2,05 ± 0,02	20,92 ± 1,15
		900	Verm. Claro	9,45 ± 0,26	1,30 ± 0,09	11,32 ± 0,42	23,24 ± 0,67	2,05 ± 0,02	16,64 ± 3,52
		950	Verm. Claro	9,57 ± 0,26	1,93 ± 0,23	9,76 ± 0,54	20,54 ± 0,92	2,10 ± 0,02	17,88 ± 2,96
MD-31B	10,6	850	Verm. Claro	9,54 ± 0,33	0,89 ± 0,06	8,36 ± 0,58	17,72 ± 0,83	2,08 ± 0,02	14,42 ± 5,11
		900	Verm. Claro	9,79 ± 0,24	1,67 ± 0,81	8,23 ± 0,69	17,37 ± 1,26	2,11 ± 0,03	11,47 ± 3,90
		950	Verm. Claro	10,10 ± 0,14	1,44 ± 0,19	8,47 ± 0,69	17,78 ± 2,36	2,11 ± 0,06	5,39 ± 1,58
MD-61B	12,13	850	Vermelho	9,60 ± 1,91	0,18 ± 0,08	10,97 ± 0,19	21,34 ± 4,12	1,95 ± 0,38	12,20 ± 9,60
		900	Verm. Esc.	10,50 ± 0,06	0,49 ± 0,13	11,22 ± 0,13	23,19 ± 0,24	2,07 ± 0,00	12,33 ± 1,07
		950	Vermelho	10,63 ± 0,15	0,81 ± 0,06	9,88 ± 0,05	20,69 ± 0,10	2,09 ± 0,00	12,53 ± 0,95
MD-88A	26,73	850	Vermelho	9,60 ± 1,91	0,18 ± 0,08	10,96 ± 0,19	21,34 ± 4,12	1,95 ± 0,38	12,00 ± 1,12
		900	Vermelho	10,50 ± 0,06	0,49 ± 0,13	11,22 ± 0,13	23,19 ± 0,24	2,07 ± 0,00	12,33 ± 1,07
		950	Vermelho	10,66 ± 0,15	0,81 ± 0,06	9,88 ± 0,05	20,69 ± 0,10	2,09 ± 0,00	12,53 ± 0,95
MD-88B	7,31	850	Vermelho	8,60 ± 0,61	(-0,03) ± 0,10	11,66 ± 0,19	23,83 ± 0,40	2,04 ± 0,01	10,05 ± 0,86
		900	Vermelho	9,45 ± 0,22	0,23 ± 0,08	11,97 ± 0,08	24,44 ± 0,15	2,04 ± 0,00	9,88 ± 0,59
		950	Vermelho	9,74 ± 0,46	0,41 ± 0,11	11,07 ± 0,39	22,76 ± 0,63	2,06 ± 0,02	9,71 ± 0,46
MD-100B	26,73	850	Vermelho	8,17 ± 0,63	(-0,09) ± 0,06	11,18 ± 0,04	22,54 ± 0,05	2,02 ± 0,00	7,15 ± 0,39
		900	Vermelho	8,40 ± 1,41	(-0,19) ± 0,11	11,22 ± 0,05	22,60 ± 0,07	2,01 ± 0,00	7,26 ± 0,58
		950	Vermelho	9,47 ± 1,53	0,04 ± 0,31	11,49 ± 0,14	23,20 ± 0,23	2,02 ± 0,00	7,22 ± 0,48
MD-137B	8,7	850	Vermelho	10,35 ± 0,21	2,30 ± 0,14	16,54 ± 0,37	23,02 ± 0,09	1,86 ± 0,01	15,87 ± 2,31
		900	Vermelho	10,59 ± 0,09	3,41 ± 0,15	14,03 ± 0,45	22,44 ± 0,35	1,95 ± 0,02	17,41 ± 4,08
		950	Vermelho	10,71 ± 0,08	5,26 ± 0,44	10,37 ± 2,78	21,72 ± 0,29	2,07 ± 0,06	14,58 ± 1,72
MD-138A	10,23	850	Vermelho	9,91 ± 0,26	0,72 ± 0,48	11,18 ± 0,05	23,02 ± 0,09	2,06 ± 0,00	14,71 ± 0,65
		900	Vermelho	9,98 ± 0,43	0,63 ± 0,33	10,87 ± 0,05	22,44 ± 0,35	2,06 ± 0,01	15,72 ± 1,17
		950	Vermelho	9,89 ± 0,13	1,15 ± 0,10	10,35 ± 0,17	21,72 ± 0,29	2,10 ± 0,01	16,33 ± 1,16
MD-138B	5,18	850	Vermelho	8,92 ± 0,56	0,18 ± 0,07	13,71 ± 0,27	27,50 ± 0,38	2,01 ± 0,01	7,84 ± 0,44
		900	Vermelho	9,30 ± 0,23	0,28 ± 0,15	13,60 ± 0,48	27,26 ± 0,67	2,01 ± 0,02	8,66 ± 0,56
		950	Vermelho	9,80 ± 0,21	0,79 ± 0,08	13,33 ± 0,25	27,10 ± 0,37	2,03 ± 0,01	8,66 ± 0,47
Especificação	10 – 30 (Macedo, 2008)	950	Vermelho	8 – 10 (CETEM, 2008)	Máx. de 8 (Souto, 2009)	8 – 22 (Bastos, 2003)	Máx. de 36,4 (Santos, 1975; Souto, 2009)	~2,0 (Bastos, 2003)	Mín de 1,96 (Santos, 1975)

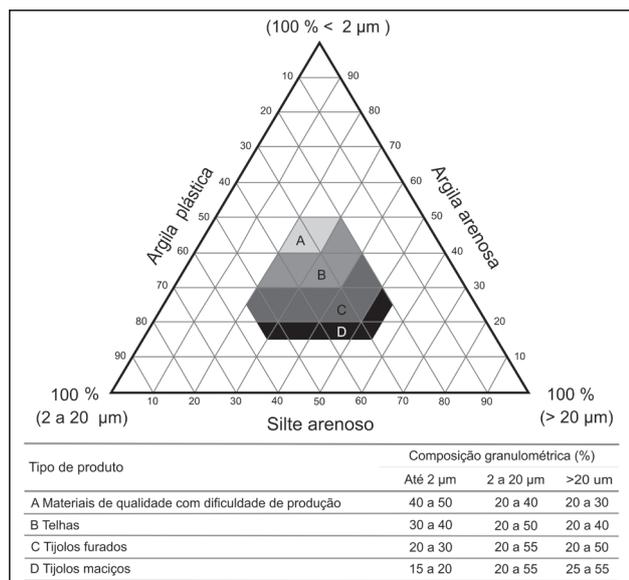


Figura 4.4 – Composição granulométrica ideal das argilas para a produção de cerâmica vermelha, segundo o diagrama de Winkler (Cabral Junior et al., 2008).

amostras estão fora do parâmetro, com percentual de areia acima do desejado. Vale ressaltar que a quantidade de resíduo na massa final depende do controle da mistura de argila “magra” e “gorda”, dosado empiricamente pela indústria cerâmica. Segundo informações fornecidas pelo laboratório de ensaios de materiais da CTGAS, em geral, trabalha-se com resíduo entre 20 e 30% para produção de blocos de vedação (tijolos) e abaixo de 20% para telhas, considerando a abertura de 45 µm. Quando o resíduo é constituído por micas, o percentual pode passar dos 40% para tijolos e 30% para telhas. Dentre as argilas analisadas, onde não foram detectadas micas, 9 amostras apresentaram resíduos superiores a 30% nesta fração, o que sugere que estas amostras não estão dentro da faixa considerada ótima. Dessa forma, para utilização em cerâmica vermelha, estes materiais devem ser misturados com argilas mais plásticas, visando obtenção de uma massa com granulometria mais adequada. Contudo, observa-se que o limite das especificações de argila não é rígido. Além da composição granulométrica, que reflete o conteúdo de argilominerais e quartzo, outras propriedades influenciam o desempenho das argilas. Desta forma, a granulometria isoladamente não é determinante. De fato, a confirmação das propriedades cerâmicas das argilas é dada pela integração dos ensaios cerâmicos.

A partir das análises e ensaios realizados em amostras de diferentes municípios da RMF, verifica-se que as argilas possuem mineralogia e composição química adequadas à fabricação de cerâmica vermelha. Em relação à variação de cores, absorção de água, retração linear, porosidade aparente e tensão de ruptura à flexão, as argilas também possuem boa qualidade para utilização nesse tipo de indústria. Entretanto, 10 (dez) amostras apresentam

percentual da fração areia superiores ao desejado, conseqüentemente também ocasionando um baixo índice de plasticidade para essas amostras. Nestes casos, recomenda-se uma blendagem com material mais plástico, para obtenção de melhores resultados, pois a plasticidade inadequada interfere na conformação das peças. Percebe-se, no entanto, que as amostras coletadas nas marombas, ou seja, aquelas que já passaram pela mistura e homogeneização, quando comparadas com as originalmente retiradas das cavas nas minerações, por vezes não apresentam uma adequação aos valores sugeridos na literatura. Em alguns casos, ocorre justamente o contrário, o material da maromba, apresenta qualidade inferior, considerando os ensaios tecnológicos apresentados. Este problema poderia ser solucionado por meio de estudos prévios das argilas.

Conforme demonstrado, as características das argilas analisadas são apropriadas para a fabricação de materiais cerâmicos, sendo o tijolo o principal produto produzido na RMF. Com relação às características cerâmicas analisadas para o uso da argila na fabricação de telhas, os requisitos analisados são: tensão de ruptura a flexão (70 a 130 kgf/cm² ou 6 a 12 MPa), absorção de água (< 20%), densidade ou massa específica aparente (1,5 a 2,0 g/cm³) e peso (2.750 a 2.650 kg para telhas do tipo canal) (Bastos, 2003). Os resultados demonstram que grande parte dos valores obtidos está de acordo com as especificações. Segundo Santos (1975), a composição mineralógica das argilas apropriadas para a fabricação de telhas é uma mistura de caulinita e montmorillonita (ou illita), e que o produto final não deve apresentar trincas e empenamentos após secagem e queima. De acordo com a composição, as argilas analisadas são adequadas para a fabricação do produto, porém foi notado, em alguns corpos de prova após queima, o aparecimento de trincas e empenamentos, característica esta aceitável em pequena quantidade na fabricação de tijolos, mas inaceitável à produção de telhas (Foto 4.9). Isto também pode ser uma consequência da granulometria inadequada, devido o alto percentual da fração areia, como pode ser observado em 13 (treze) amostras (Tabela 4.10).

Além das propriedades já citadas, para reforçar o uso dessa argila para produção de telhas é necessária a determinação de outros atributos, que não são comumente realizados pelas empresas na RMF, tais como: potencial em sais e resistência à maresia. Sugere-se, então, a realização de ensaios que determinem problemas patológicos que podem ser causados a materiais expostos às intempéries, conhecidos como eflorescência. Tal fenômeno corresponde à deposição de sais, normalmente de coloração branca, sobre a superfície de materiais cerâmicos e outros materiais porosos, que alteram a estética dos acabamentos (Bastos, 2003).

Com isso é importante que sejam realizados ensaios de granulometria, análise química e ensaios

Tabela 4.10 – Distribuição granulométrica para 22 amostras de argilas coletadas na RMF.

Município	AMOSTRA	Retido (# µm)						Passante (# µm)							
		850	425	180	150	75	45	32	850	425	180	150	75	45	32
Guaiúba	IG-S-08A	13,80	19,80	26,10	27,30	34,20	36,30	42,20	86,20	80,20	73,90	72,70	65,80	63,70	57,80
	IG-S-08B	11,70	18,80	24,00	25,00	31,80	33,80	40,90	88,30	81,20	76,00	75,00	68,20	66,20	59,10
	IG-S-66A	7,40	13,00	22,10	24,20	35,40	37,70	44,00	92,60	87,00	77,90	75,80	64,60	62,30	56,00
	IG-S-66B	2,70	5,40	10,20	11,00	16,40	18,00	25,50	97,30	94,60	89,80	89,00	83,60	82,00	74,50
Caucaia	MD-S-31A	2,90	6,40	9,20	9,70	12,40	13,60	17,40	97,10	93,60	90,80	90,30	87,60	86,40	82,60
	MD-S-31B	1,60	3,60	7,70	8,50	14,10	15,40	19,20	98,40	96,40	92,30	91,50	85,90	84,60	80,80
	IG-S-85B	2,80	4,30	7,20	8,00	13,50	15,30	21,60	97,20	95,70	92,80	92,00	86,50	84,70	78,40
	IG-S-91B	2,20	3,30	6,00	7,10	18,60	20,90	30,60	97,80	96,70	94,00	92,90	81,40	79,10	69,40
Aquiraz	IG-S-17A	5,30	9,90	19,20	21,40	34,40	37,20	43,50	94,70	90,10	80,80	78,60	65,60	62,80	56,50
	IG-S-17B	2,90	5,20	11,30	12,40	22,30	24,40	30,30	97,10	94,80	88,70	87,60	77,70	75,60	69,70
	MD-S-138A	1,90	3,40	6,40	7,20	12,90	14,70	21,40	98,10	96,60	93,60	92,80	87,10	85,30	78,60
	MD-S-138B	2,90	5,20	11,30	12,40	22,30	24,40	30,30	97,10	94,80	88,70	87,60	77,70	75,60	69,70
Cascavel	IG-S-35A	0,70	1,40	6,60	9,30	28,30	32,00	40,70	99,30	98,60	93,40	90,70	71,70	68,00	59,30
	IG-S-35B	1,90	5,40	15,60	18,80	35,00	38,10	45,90	98,10	94,60	84,40	81,20	65,00	61,90	54,10
	IG-S-44B	1,00	1,90	5,20	6,40	13,30	14,90	19,90	99,00	98,10	94,80	93,60	86,70	85,10	80,10
	MD-S-100B	3,70	9,10	20,80	23,00	33,20	35,40	41,40	96,30	90,90	79,20	77,00	66,80	64,60	58,60
Chorozinho	MD-S-137B	2,20	4,50	9,10	9,60	12,00	12,30	13,80	97,80	95,50	90,90	90,40	88,00	87,70	86,20
	MD-S-88A	1,30	2,60	11,00	13,30	28,10	30,60	38,10	98,70	97,40	89,00	86,70	71,90	69,40	61,90
	MD-S-88B	1,10	2,20	8,70	11,60	28,40	31,60	38,40	98,90	97,80	91,30	88,40	71,60	68,40	61,60
	MD-S-25A	1,90	5,00	10,80	12,00	20,80	22,80	29,60	98,10	95,00	89,20	88,00	79,20	77,20	70,40
S. Gonçalo do Amarante	MD-S-61B	0,30	0,60	0,90	1,10	8,60	11,20	30,60	99,70	99,40	99,10	98,90	91,40	88,50	69,40
	IG-S-121B	0,50	1,90	4,80	5,30	10,80	12,60	19,50	99,50	98,10	95,20	94,70	89,20	87,40	80,50



Foto 4.9 – Aparência de trincas e empenamentos em amostras de corpo de prova sinterizadas a 950 °C.

experimentais padronizados, com o objetivo de verificar a adequação da matéria-prima ao produto que se pretende obter, porém atualmente são poucas as empresas que realizam estes testes. Geralmente a escolha é feita através da experiência do oleiro, onde a composição das massas é feita de forma empírica, sendo o processo variável de local para local, o que dificulta a padronização de formulações e, conseqüentemente, das especificações das matérias-primas para os diferentes usos industriais.

Percebe-se que a maioria do setor empresarial que compõe a rede ceramista da RMF tem sua competitividade baseada em custos, onde são raras as iniciativas para aprimoramento tecnológico, visando lucro a longo prazo. Apenas dois grupos de empresários do setor, concorrentes entre si, vêm investindo em programas de qualidade, implantação de laboratórios de caracterização tecnológica de matérias-primas, diversificação de produtos e qualificação de mão de obra. O comprometimento com a sustentabilidade também induziu ao desenvolvimento do uso de novos combustíveis. Mas, independente da qualidade do material, as áreas exploradas pelas indústrias oleiras possuem recursos finitos, o que desfavorece a sua expansão e conduz à busca por matérias-primas fora dos limites da RMF.

4.2.2.4 - Potencialidade

Existem ao todo 41 requerimentos de argila protocolados no DNPM (2014), sendo 22 autorizações de pesquisa e 19 licenciamentos. Foram cadastradas 12 ocorrências e 50 depósitos, dentre os quais 29 encontram-se em atividade, distribuídos nos municípios de Aquiraz, Cascavel, Guaiúba, Chorozinho, Caucaia e São Gonçalo do Amarante.

Em alguns casos a matéria-prima é explorada aleatoriamente por pequenos produtores e por extrações informais, com o desconhecimento sobre os depósitos refletindo na vida útil da jazida e ocasionando a possibilidade de esgotamento do minério, pela falta de planejamento de lavra. O que muito se observa é o aproveitamento irracional dos depósitos minerais disponíveis e o abandono precoce da mina, causando, conseqüentemente, danos ao

meio ambiente e ao patrimônio mineral. Além da informalidade, outras dificuldades são apontadas pelos empresários do setor, como a falta de mão de obra qualificada e a crescente concorrência.

Enfim, o grande desafio a ser ultrapassado é a necessidade de maior investimento em pesquisa mineral, além da intensificação de estudos que visem à efetiva caracterização desses depósitos, através de ensaios laboratoriais adequados, que permitam o uso mais apropriado desses insumos. Por outro lado, verifica-se também a necessidade de técnicos legalmente habilitados no planejamento e condução da lavra, com vistas à obtenção de um aproveitamento racional e sustentável destes bens minerais.

Considerando a densidade média da argila como 2,6 t/m³ e um aproveitamento de 95% da área prevista, a partir de uma espessura média da camada lavrável de argila de 2,50 m, observadas em frentes de lavras ativas, foram estimadas as seguintes reservas referentes às planícies de inundações (várzeas) dos rios Pacoti, Choró, São Gonçalo e Ceará:

A área dos depósitos foi definida pela extensão e largura aproximada da ocorrência de minério ao longo das margens dos referidos rios. Na planície de inundação do rio Pacoti foi calculada uma área do depósito em cerca de 3.400.000 m², obtendo uma reserva da ordem de 21 milhões de toneladas de argila. No rio Choró, com uma área média de 1.700.000 m², o recurso estimado é da ordem de 10,5 milhões de toneladas de argila. No rio São Gonçalo, utilizando a área do depósito de 1.600.000 m², chega-se a um recurso estimado de 9,8 milhões de toneladas de argila. E no rio Ceará, com 1.650.000 m² de área, estima-se uma reserva da ordem de 10,2 milhões de toneladas de argila. Considerando o somatório das reservas estimadas, pode-se atribuir para a RMF, como um todo, reservas superiores a 51,5 milhões de toneladas de argila (Tabela 4.11).

4.2.3 - Pedra Britada

4.2.3.1 - Conceito, Tipologia, Especificações e Aplicações

O termo brita aplica-se a todo agregado graúdo produzido a partir da fragmentação mecânica das rochas, em unidades de britagem, de dimensões granulométricas entre 4,8 e 100 mm (Campos *et al.*, 2007). Segundo Maia e Heider (2012), tendo em vista sua elevada resistência e dureza, granitoides e gnaisse são os tipos mais comuns (85%) utilizados na produção de pedras britadas. Porém rochas como calcários (10%) e basaltos (5%) também são explorados para essa finalidade.

Em 2011 foram produzidos 268 milhões de toneladas de pedra britada, cujo consumo é destinado essencialmente a diversos ramos de edificações, como formação de moradias e infraestrutura do país. A Associação Nacional das Entidades Produtoras de

Tabela 4.11 – Cálculo de reserva estimada para a argila dos rios Pacoti, Choró, Ceará e São Gonçalo.

Argila	
Espessura (E) = 2,5 m Área (A _{Total}) = 8.350.000 m ² - R. Pacoti: 3.400.000 m ² - R. Choró: 1.700.000 m ² - R. Ceará: 1.650.000 m ² - R. S. Gonçalo: 1.600.000 m ² Densidade (D) = 2,6 t/m ³ Fator de Aprov. (F _A) = 95%	Reserva Estimada (R _E): $R_E = A_T \times E \times D \times F_A$ $R_E = 51,5 \text{ milhões de toneladas}$

Agregados para Construção Civil (ANEPAC, 2013) indica o percentual de participação da brita nos principais segmentos consumidores do produto no mercado, onde 32% são destinados às concreteiras, 24% às construtoras, 14% para pré-fabricados, 10% para revendedores (lojas), 9% para pavimentadoras/usinas de asfalto, 7% para órgãos públicos e 4% para outros fins. Em âmbito nacional, o estado de São Paulo é o maior produtor/consumidor, respondendo por 29% da produção nacional, estando o Ceará em 12º lugar no *ranking* dos estados produtores. Outros estados com importante participação são: Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Anuário Mineral Brasileiro - DNPM, 2010).

Os produtos gerados nas pedreiras por processos de britagem são: brita, areia de brita, pó de pedra, rachão e gabião. A brita é um material rochoso classificado por peneiramento, em cinco categorias, resultando em uma série de tamanhos de grãos. De acordo com a norma técnica ABNT NBR 7525, os tamanhos de britas compreendem dimensões que variam de brita 1 a brita 5, porém existe uma classificação comercial comumente utilizada pelas pedreiras, que inclui a brita 0 (Tabela 4.12) (Hagemann, 2011).

Além da brita, as pedreiras produzem outros fragmentos rochosos, desde blocos de rocha até frações mais finas. O pó de pedra corresponde à fração de finos de britagem, de dimensões que variam de 0 a 4,8 mm, com alto teor de finos, superior ao das areias padronizadas. Atingem 20% de material passante na malha 200 (0,074 mm), enquanto que a areia de brita é obtida pela lavagem do pó de pedra, para a retirada das partículas abaixo da malha 200 (0,074 mm) (Quaresma, 2009).

Tabela 4.12 – Especificação do agregado graúdo quanto à dimensão, de acordo com a Norma ABNT 7225 e usual classificação comercial (Hagemann, 2011).

Pedra Britada Classificação	NBR-7225		Comercial	
	Malha da Peneira (mm)			
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
brita 0	-	-	4,8	9,5
brita 1	4,8	12,5	9,5	19,0
brita 2	12,5	25,0	19,0	25,0
brita 3	25,0	50,0	25,0	50,0
brita 4	50,0	76,0	50,0	76,0
brita 5	-	-	76,0	100,0

O rachão, também conhecido como pedra de mão, é um produto de britagem sem classificação granulométrica, obtido após desmonte da rocha por explosivo, ou após britagem primária, ficando retido na peneira de 76 mm, e geralmente tem dimensões entre 76 e 250 mm. O gabião é o fragmento de rocha de dimensão entre 100 e 150 mm. Diversos pesquisadores abordam o assunto, tais como, Mattos *et al.* (2005), Quaresma (2009), Cavalcanti e Parahyba (2012), Hagemann (2011), entre outros.

A Figura 4.5 mostra a utilidade de cada produto gerado no processo de britagem, de acordo com a granulometria do fragmento de rocha. Os principais usos da brita como agregado graúdo são na fabricação de concreto, pavimento de estradas, lastro de ferrovias, enrocamento e filtro de barragem (Minermac, 2014).

A brita tem a função de resistir aos esforços mecânicos e desgaste à ação de intempéries, bem como reduzir custos do concreto, comumente utilizado em obras de engenharia. Nos lastros de vias férreas a brita é usada, entre outras funções, para suportar e dar estabilidade aos dormentes, resistir aos movimentos do tráfego e às mudanças de temperatura nos trilhos, drenar a água e retardar ou evitar o crescimento de vegetação. No pavimento de estradas a brita contribui para melhorar as condições de rodagem, dar conforto e segurança aos veículos, suportar e distribuir a carga do tráfego, bem como proteger o subleito da ação dos agentes intempéricos, principalmente da ação mecânica da água. O enrocamento compreende blocos de rochas de dimensões variadas, destinado a proteger aterros ou estruturas dos efeitos da erosão. E como filtro de barragens, a brita tem a função de drenar a fundação, permitindo a passagem da água (Mattos *et al.*, 2005).

4.2.3.2 - Metodologias de Exploração e Beneficiamento

O setor da mineração destinado à produção de brita é destaque na indústria devido ao seu grande potencial econômico. Existem cinco polos produtores de brita na RMF, distribuídos em serras e serrotes de fácil acesso, os quais estão localizados nos municípios de Caucaia, Itaitinga, Eusébio, Pacatuba e Maranguape, distando cerca de 40 km do centro consumidor.



Figura 4.5 – Produtos gerados no processo de britagem e suas principais aplicações em função da granulometria (modificado de MinerMAC, 2014).

De forma geral, a lavra é realizada a céu aberto, por sistema de bancadas altas, que variam de 10 até cerca de 20 m de altura. Nas lavras por bancadas, a jazida é subdividida em praças e patamares horizontais e subparalelos, com configurações geométricas regulares e altura uniforme, sempre obedecendo a uma sequência para abertura de frentes de lavra (Foto 4.10 A, B, C). De modo geral, a lavra conduzida por bancada alta permite um nível de produção elevado, porém este método apresenta algumas desvantagens, principalmente com relação à segurança no trabalho, pois a utilização de paredes íngremes aumenta consideravelmente a instabilidade nas frentes de lavra e, conseqüentemente, o risco de graves acidentes a partir da queda de operários ou equipamentos, ultralancamento de fragmentos, além do maior impacto visual provocado pela modificação da paisagem.

Para o desenvolvimento da lavra nas pedreiras inicialmente é efetuado o desmatamento, a partir da retirada da cobertura vegetal com trator de esteira e o decapeamento, que corresponde à remoção do solo por meio de escavadeiras ou pás carregadeiras. O material é depositado em áreas próprias de botafora, para posterior utilização na recuperação da área minerada.

O desmonte do minério é realizado segundo um plano de fogo, no qual a rocha é perfurada

com perfuratrizes hidráulicas ou pneumáticas, e detonada com explosivos, abrindo-se bancadas. Para a detonação são utilizados explosivos industriais, como emulsão bombeada ou dinamite encartuchada e cordel detonante. Por se tratar de áreas próximas a centros urbanos, algumas pedreiras utilizam acessórios não elétricos, silenciosos, que produzem menos ruído e vibração nas detonações. Quando o material detonado não adquire a dimensão adequada para o transporte (inferior a um metro de diâmetro), efetua-se a fragmentação secundária com rompedor hidráulico, bloco a bloco ou por meio de detonação do tipo fogacho.

O material desmontado é levado para as instalações de beneficiamento ou britagem, utilizando-se caminhões basculantes com capacidade entre 6 e 12 m³, cujo carregamento é feito com pá carregadeira ou escavadeira. Nessa etapa o minério decorrente da frente de lavra é basculado no alimentador vibratório, seguido do britador de mandíbulas e através de correias transportadoras é lançado na pilha de material primário. Posteriormente, esse material passa por uma britagem secundária, resultando em diferentes pilhas de britas separadas por faixas granulométricas, onde os produtos são considerados prontos para serem comercializados (Foto 4.10 D). Finalmente, o processo é encerrado com o carregamento e expedição do minério aos centros consumidores (Figura 4.6).

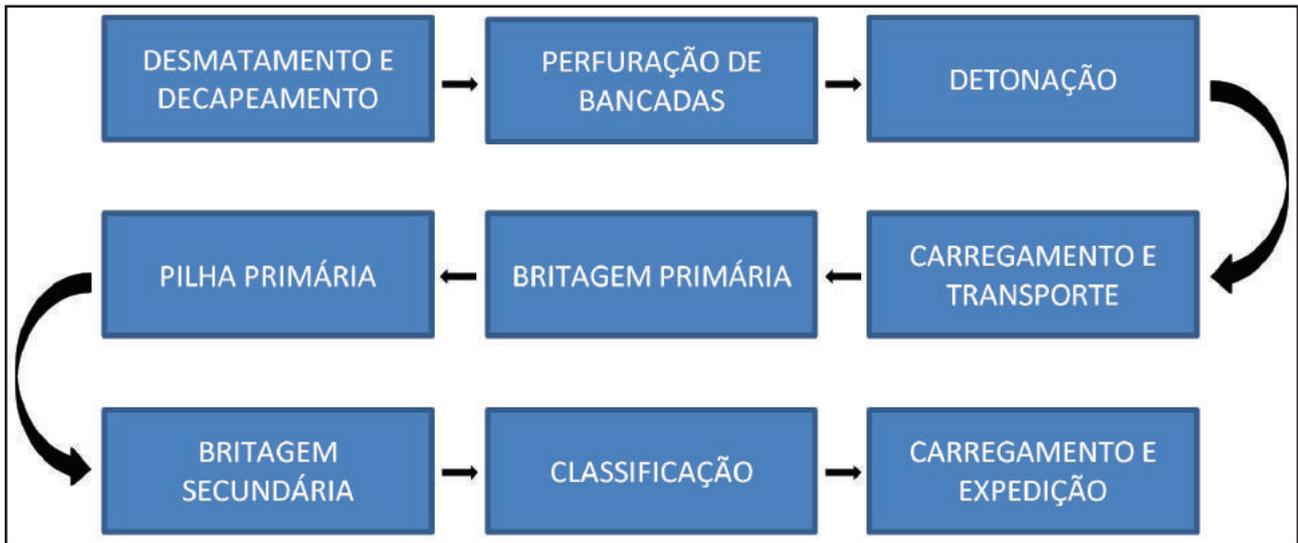


Figura 4.6 – Fluxograma do processo produtivo de britagem.



Foto 4.10 – Frentes de lavra para produção brita (a); frente de lavra de gnaise com bancadas de até 15 m de altura (b); frente de lavra de fonólito com bancadas de aproximadamente 20 m de altura (c); sistema de britagem com material separado por granulometria (d).

4.2.3.3 - Caracterização Tecnológica

A textura e a mineralogia da rocha britada, a forma dos fragmentos minerais e a natureza da sua superfície são fatores determinantes na qualidade da brita. É aconselhável evitar o uso de rochas, em cuja constituição predominem minerais deletérios

e substâncias nocivas, como micas, óxidos, sulfetos, carbonatos, argila e matéria orgânica, pois funcionam como impurezas que podem interferir na qualidade do concreto. A forma e superfície do grão exercem influência na compactidade e trabalhabilidade. Aqueles de formas arredondadas e superfícies lisas reduzem a porosidade entre os grãos e facilitam

a fluidez do concreto, enquanto que as formas angulosas e superfícies rugosas facilitam a aderência do cimento. Para atender às especificações dos agregados graúdos para uso na construção civil, os materiais rochosos passam por um processo de caracterização tecnológica, em geral, normatizados pela ABNT. As principais normas adotadas para a caracterização das britas de acordo com suas funções estão na Tabela 4.13.

As normas específicas que relatam os requisitos exigidos para a aceitação da brita

destinada à produção de concreto são a ABNT-NBR 7211 e a DNER-EM 037/97, cujo agregado graúdo resultante da britagem de rocha deve atender às seguintes especificações: abrasão Los Angeles – máximo 50%; índice de forma dos grãos – máximo 3; material pulverulento – máximo 1%; torrões de argila – máximo 3%; materiais carbonosos – máximo 1%. ; esmagamento – máximo 65%; e durabilidade – perda inferior a 12%. Para a análise granulométrica o agregado graúdo deve estar de acordo com os parâmetros constantes na tabela 4.14.

Tabela 4.13 – Normas brasileiras em vigor utilizadas na avaliação das propriedades dos agregados (Campos et al., 2007).

PROPRIEDADES	CONCRETO HIDRÁULICO	PAVIMENTO BETUMINOSO	LASTRO FERROVIÁRIO
Amostragem	NBR 7216/ 9941	nn	NBR 11541
Terminologia	NBR 7225/ 9935/ 9942	NBR 6502	nn
Petrografia	NBR 7389	IE 06	nn
Granulometria	NBR 7217	NBR 7217	nn
Material pulverulento	NBR 7219	np	NBR 7219
Impurezas orgânicas	NBR 7220	np	np
Argila em torrões e materiais friáveis	NBR 7218	np	NBR 7218
Massa específica, porosidade e absorção	NBR 6458	NBR 6458	NBR 6458
Forma	NBR 7809	ME 86	NBR 6954
Massa unitária	NBR 7251/ 7810	np	nn
Adesividade	np	NBR 12583/ 12584	np
Reatividade	NBR 9771/ 9773/ 10340	np	np
Sais solúveis	NBR 9917	np	np
Alterabilidade	NBR 12696/ 12697	ME 89	NBR 7702
Abrasão	NBR 6465	NBR 6465	NBR 6465
Impacto	nn	nn	NBR 8938
Esmagamento	NBR 9938	ME 42	nn
Compressão	nn	nn	NBR 6953
Especificações	NBR 7211/ DNER-EM 037/97	NBR 7174/ 11803/ 11804/ 11806/ 12559/ 12564/ 12948	NBR 7914

*NBR – Norma ABNT; ME e IE – Norma DNER; nn – não normatizado; np – não pertinente.

Tabela 4.14 – Limites da composição granulométrica do agregado graúdo (NBR 7211: 2009).

Abertura da peneira (mm)	Porcentagem, em massa, retida acumulada Zona Granulométrica				
	4,75 / 12,5	9,5 / 25	19 / 31,5	25 / 50	37,5 / 75
75	-	-	-	-	0 – 5
63	-	-	-	-	5 – 30
50	-	-	-	0 – 5	75 – 100
37,6	-	-	-	5 – 30	90 – 100
31,5	-	-	0 – 5	75 – 100	95 – 100
25	-	0 – 5	5 – 30	87 – 100	-
19	-	2 – 15	75 – 100	95 – 100	-
12,5	0 – 5	40 – 65	87 – 100	-	-
9,5	2 – 15	80 – 100	95 – 100	-	-
6,3	40 – 65	92 – 100	-	-	-
4,75	80 – 100	95 – 100	-	-	-
2,36	95 – 100	-	-	-	-

Um ensaio recomendado para melhor caracterização da brita, como um todo, é a análise petrográfica, pois fornece subsídios para prever a qualidade da rocha, a partir da composição mineralógica, do grau de alteração e do seu estado microfissural. Essas características podem influenciar na durabilidade e propriedades físicas e mecânicas do agregado. A presença de minerais deletérios ou nocivos, que podem interagir e provocar reações indesejáveis ao concreto pode comprometer a qualidade do produto.

As análises petrográficas realizadas para algumas amostras de rochas da região estudada permitiu concluir que a brita produzida na serra do Juá, área de domínio dos Granitoides Santa Quitéria, provém de rochas classificadas como biotita monzogranitos e biotita granodioritos, deformados ou não, de coloração variando de cinza a rosada e granulação fina a média. Possuem textura granular xenomórfica e são compostos essencialmente por plagioclásio (30-48%), feldspato potássico (7-32%), quartzo (25-28%) e biotita (8-15%), além de acessórios como minerais opacos, titanita, apatita, zircão e allanita. Argilominerais e clorita são as fases secundárias presentes.

Na serra de Pacatuba extraem-se rochas de composição monzogranítica e tonalítica. Os monzogranitos são isotrópicos, por vezes porfiríticos. Possuem coloração cinza e rosada e granulação média a grossa. São compostos por plagioclásio (35-37%), feldspato potássico (24-26%) quartzo (23%) e biotita (8-9%), tendo como acessórios cristais de opacos, titanita, apatita, zircão e allanita. Argilominerais, clorita e carbonato estão presentes como produtos de alteração. O tonalito apresenta coloração cinza, granulação média e é constituído essencialmente por plagioclásio (54%), biotita (25%) e quartzo (12%). Feldspato potássico ocorre em quantidade subordinada (5%) e os acessórios presentes são opacos, titanita, apatita, zircão, monazita e allanita. Secundariamente são observados argilominerais, clorita, muscovita e carbonato.

Em Maranguape foram analisadas amostras de monzogranitos, sienogranitos e granodiorito. Estas rochas são normalmente isotrópicas, com coloração variando de cinza a rosada e granulação média a grossa. Os monzogranitos e sienogranitos predominam e são compostos por feldspato potássico (26-43%), plagioclásio (18-33%), quartzo (21-33%) e biotita (2-12%), com ou sem anfibólio. Os acessórios encontrados são opacos, apatita, titanita, zircão, monazita e allanita, enquanto argilominerais, clorita, carbonato e muscovita são os produtos de alteração mais frequentes. O granodiorito apresenta textura porfirítica e é composto por plagioclásio (41%), feldspato potássico (17%), quartzo (16%), biotita (14%) e anfibólio (8%), além de opacos, titanita, apatita e zircão como acessórios.

No serrote de Itaitinga as amostras analisadas correspondem a um monzogranito e um ortognaisse.

O monzogranito exibe coloração cinza-clara, granulação média, isotrópico e, ao microscópio, apresenta textura granular xenomórfica, sendo constituído essencialmente por plagioclásio (39%), feldspato potássico (27%), quartzo (23%) e biotita (5%). Como acessórios estão presentes apatita, opacos e zircão e os minerais secundários observados são argilominerais, carbonato e muscovita. O ortognaisse apresenta-se foliado, com coloração cinza-clara a branca e granulação média a grossa. Possui textura granoblástica, sendo composto por plagioclásio (35%), feldspato potássico (29%), quartzo (25%) e biotita (6%), além de opacos, zircão, apatita e allanita como minerais acessórios e argilominerais, carbonato, muscovita e clorita como produtos de alteração.

Na serra de Jacurutu a amostra estudada corresponde a um granito milonitizado, com nuances rosadas, granulação fina a média e estiramento de quartzo, feldspato e máficos. Microscopicamente, a rocha mostra textura granoblástica a milonítica, com deformação e recristalização em subgrãos, sendo constituída por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e biotita. Como acessórios tem-se opacos, zircão, epidoto e allanita, além de argilominerais, muscovita e clorita como produtos de alteração.

A única pedreira que utiliza rocha vulcânica para a produção de brita situa-se no município de Eusébio. Corresponde a um fonólito de coloração cinza-esverdeada, com textura porfirítica, formado por uma matriz fina constituída predominantemente por micrólitos de feldspato potássico (sanidina), nefelina e minerais do grupo dos "piroxênios-anfibólios" (na faixa da aegirina-anfibólio sódico). Como acessórios ocorrem cristais de opacos. Os fenocristais são representados predominantemente por sanidina e por nefelina, além de clinopiroxênio. Os fenocristais de sanidina ocorrem fraturados, comumente tabulares, com extinção ondulante e alteração ao longo das linhas de fraturas e, algumas vezes, processos de substituição para sericita.

A análise petrográfica é o primeiro passo na investigação das potencialidades reativas do agregado, pois fornece informações sobre a composição mineralógica, ou seja, a presença ou não de constituintes do agregado suscetíveis a reações com os álcalis do cimento e seu percentual. Conhecer as características básicas dos principais minerais de formação das rochas se torna imprescindível para se prevenir as patologias causadas pela reação álcali-agregado, que se trata de uma reação lenta, que ocorre com o concreto, proveniente de diversas fontes, como do cimento, do agregado, da água de amassamento e de aditivos. Tal reação ocorre quando o concreto é mantido em contato com a água, podendo promover fissurações generalizadas, com comprometimento da qualidade da estrutura. Alguns agregados possuem minerais caracterizados como reativos. Dentre os principais destacam-se, segundo Frazão (2002), os minerais do grupo da sílica (opala, calcedônia, cristobalita e tridimita);

do grupo dos silicatos, tais como os filossilicatos dos tipos vermiculita, illita, esmectita; e do grupo dos carbonatos, tendo como principal mineral a dolomita. De acordo com a NBR 15577, cristais de quartzo que foram submetidos a esforços ou estão intensivamente fraturados, vidro vulcânico, matéria orgânica, óxidos de ferro e sais solúveis também podem ser considerados deletérios, ou seja, reativos com os álcalis do cimento.

De uma maneira geral, de acordo com a Norma ABNT (NBR 7389) a maioria das amostras analisadas situa-se dentro dos padrões de rochas pouco alteradas, com integridade física preservada (Foto 4.11 A, B), embora sejam observados, em seções delgadas, aspectos incipientes a moderados de alteração dos feldspatos para argilominerais (caulinização), carbonato (carbonatação) e mica branca/muscovita-sericita, e das biotitas para clorita e muscovita (Foto 4.11 C, D). Análises em amostras de mão realizadas por Cavalcanti e Parahyba (2012) detectaram a presença de sulfetos de ferro em amostras do serrote de Itaitinga, o que, dependendo da concentração local, pode vir a ser prejudicial na utilização dessas amostras como agregado para concreto. Através da análise microscópica do fonólito do Eusébio também foi observada a presença de zeólitas, o que de acordo com a norma ASTM C 294 – 86 pode produzir efeitos deletérios em concretos e por se tratar de uma composição alcalina, reações significativas dos álcalis com o cimento podem ocorrer (Foto 4.12 A, B).

A maioria das amostras descritas contém registros de efeitos tectônicos, como quartzo com extinção ondulante (até 20%) e bandas de deformação, principalmente em cristais de quartzo, bem como recristalização com recuperação em subgrãos de cristais de quartzo e feldspato. Também são observados argilominerais, microfraturamentos incipientes a moderados em cristais de quartzo e feldspato, deformação de maclas (microclina) e encurvamento de cristais de biotita e plagioclásio (Foto 4.11 E, F). De maneira geral, de acordo com a norma ABNT NBR 7389, a análise petrográfica sugere boa integridade física para as amostras. No entanto, devido à ocorrência de possíveis materiais reativos com os álcalis do concreto, recomenda-se a realização de ensaio de reatividade álcali-agregado, conforme a NBR 15577, visando a prevenção de reações prejudiciais à argamassa e/ou concreto.

4.2.3.4 - Potencialidade

Baseado em dados do DNPM (Cavalcanti e Parahyba, 2012) as reservas medidas para rochas utilizadas na produção de pedra britada na RMF, a partir de relatórios finais de pesquisa aprovados, são da ordem de 140 milhões de toneladas. É possível estimar uma reserva superior visto que a brita é extraída a partir de grandes elevações rochosas, sendo considerados recursos minerais abundantes. Analisando apenas as cinco regiões produtoras na

RMF, caracterizadas por granitoides, ortognaisses, paragnaisses e rochas vulcânicas alcalinas, com áreas regularizadas sob regime de licenciamento e concessões de lavra, tem-se uma área aproximada de 11.000.000 de m² de rocha. A espessura média de minério visualizada em frentes de lavra é de 15 m de altura e levando-se em conta a probabilidade de ocorrer algum tipo de perda no processo de extração ou conflitos com a ocupação do meio físico, foi atribuído um fator de recuperação do depósito da ordem de 70%. A partir desses critérios e admitindo a densidade da rocha como sendo 2,6 t/m³, chega-se a uma reserva estimada de aproximadamente 300 milhões de toneladas (Tabela 4.15).

A pedra britada é um produto abundante no país, porém de baixo valor no mercado. O transporte responde por cerca de 2/3 do preço final do produto, impulsionando as indústrias de beneficiamento a se instalarem em locais estratégicos, próximos aos grandes centros consumidores (La Serna e Rezende, 2009). A RMF, por ser dotada de extensos afloramentos rochosos, entre serras e serrotes, apresenta relevante potencialidade geológica no setor de agregado graúdo para uso em construção civil. Atualmente possui 17 (dezessete) concessões e requerimentos de lavra, 11 (onze) licenciamentos e 17 (dezessete) autorizações de pesquisa, totalizando 45 (quarenta e cinco) áreas regularizadas para produção de pedra britada (Figura 4.7), dentre as quais atuam 14 (quatorze) unidades de beneficiamento em operação. Existem cinco fortes áreas produtoras de brita, entre serras e serrotes isolados, que permanecem inalteradas desde o Plano Diretor de Mineração (1998). A Figura 4.8 retrata o mapa hipsométrico, destacando os maciços residuais de grande porte, que representam as principais áreas de extração, podendo ser citadas: (i) serras do Camará e Juá e serrote Jacurutu no município de Caucaia; (ii) serra de Maranguape, no município de Maranguape; (iii) serra de Pacatuba, também conhecida como serra de Aratanha, que inclui parte de três municípios, Pacatuba/Maranguape/Maracanaú; (iv) serrote de Itaitinga; e (v) serrote Cararu, no município de Eusébio.

O presente estudo propõe, como áreas de relevante interesse para produção de brita, a localidade conhecida como serra do Juá, inserida, geologicamente, na unidade Granitoides Santa Quitéria, do Complexo Tamboril-Santa-Quitéria, localizada na porção central da RMF. Nesta área o arcabouço geológico é composto por rochas granitoides porfiríticas de cor rosa, geralmente deformadas, com foliação de baixo ângulo, algumas vezes com aspecto de augengnaisse. Contém diversas intrusões de granitos pós-colisionais, constituintes das serras de Maranguape e Pacatuba (setores morfológicamente mais elevados da região, com cerca de 700 a 800 m de altitude), serra do Camará e pelos serrotes de Itaitinga e Jacurutu. Estas rochas correspondem à biotita granitos, monzogranitos,

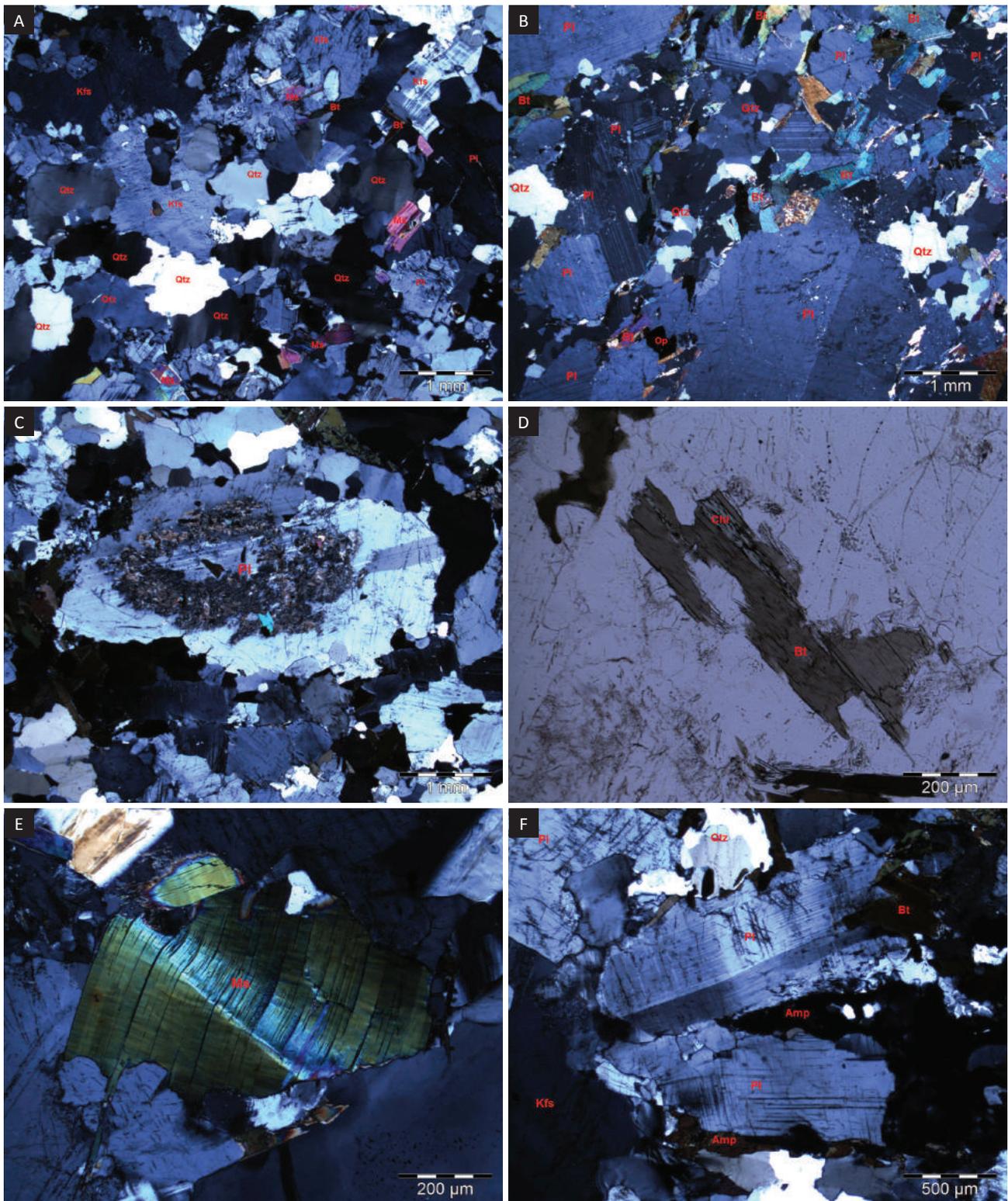


Foto 4.11 – Rocha pouco alterada, com integridade física preservada, porém contendo quartzo com extinção ondulante (a), e com outros aspectos incipientes a moderados de alteração (b); alteração dos feldspatos (sericitização) (c) e das biotitas para clorita (d); deformação em cristais de biotita (e) e plagioclásio (f).

sienitos, quartzomonzonitos e granitos porfíricos, de coloração cinza a rosada e granulação variando de fina a grossa.

O serrote Cararu comporta a única pedra na RMF para produção de brita, que utiliza rocha vulcânica alcalina, classificada petrograficamente como fonólito. Tal litologia corresponde à Suíte Magmática Messejana, de Cavalcante (2003),

correlacionada por Almeida *et al.* (1988, 1996) à Província de vulcanismos terciários do arquipélago de Fernando de Noronha, representada por fonólitos e traquitos.

Considerando toda a área de exposição de rochas com características favoráveis à produção de brita, na RMF, facilmente se chegará a uma reserva superior a 3 bilhões de toneladas.

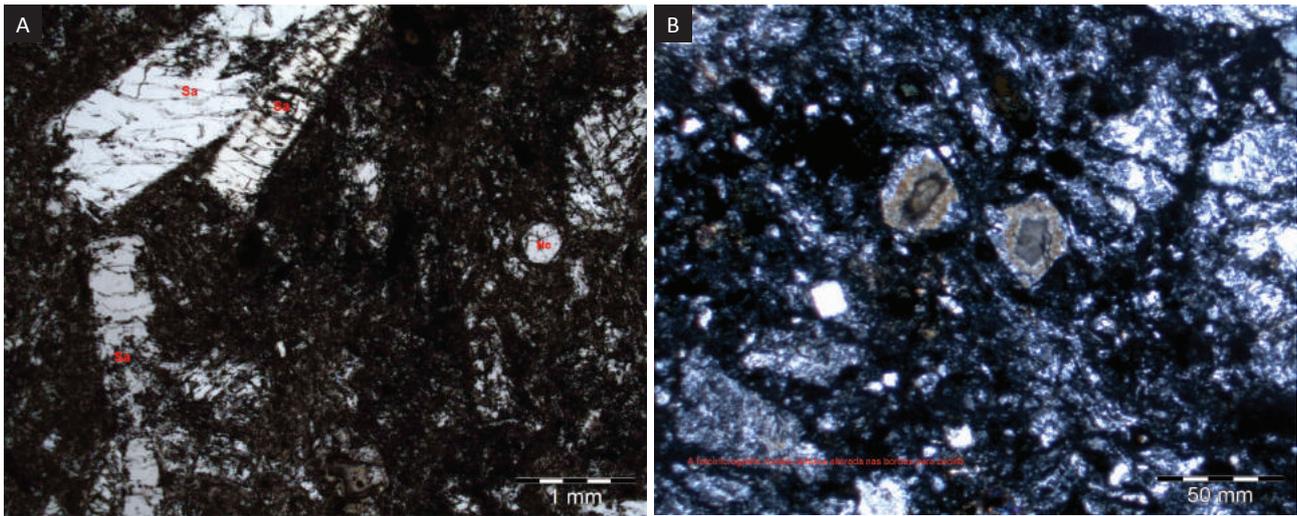


Foto 4.12 – Fonoilite utilizado para brita com fenocristais de sanidina fraturados e alteração ao longo das linhas de fraturas (a), bem como presença de zeólita, mineral indicativo de efeitos deletérios em concreto (b).

Tabela 4.15 – Cálculo de reserva estimada para a produção de brita.

Brita	
Espessura (E) = 15 m	Reserva Estimada (R_E):
Área (A_{Total}) = 11.000.000 m ²	$R_E = A_T \times E \times D \times F_A$
Densidade (D) = 2,6 t/m ³	$R_E = 300$ milhões de toneladas
Fator de Aprov. (F_A) = 70%	

entrada no mercado de um tipo de areia, resultante do processo de britagem, denominada de areia artificial ou areia de brita, sugerindo-se utilizá-la em substituição à natural, como uma fonte alternativa de suprimento, tendo em vista a comum escassez da areia natural nos grandes centros urbanos. Na RMF a demanda por esses materiais supera a capacidade de produção, forçando a busca por fontes de maior potencial fora da região metropolitana.

4.2.3.5 - Aproveitamento Econômico de Rejeito

Em toda unidade de britagem são gerados resíduos finos em excesso. Atualmente, observa-se a

Vários fatores estão impulsionando a produção da areia de brita, mesmo nas regiões onde existe areia natural em abundância. De um lado a questão ambiental impõe cada vez mais restrições à extração de areia natural, com o aumento do preço final do produto,

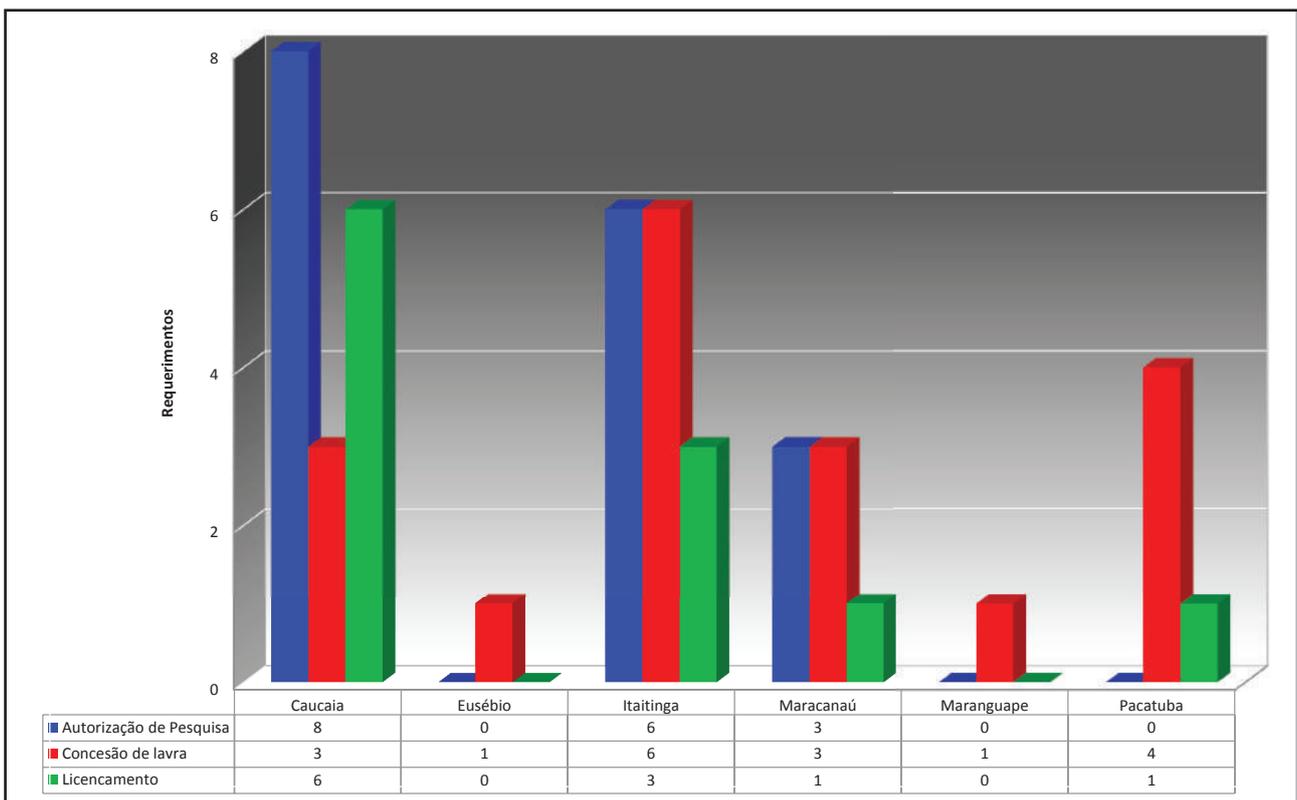


Figura 4.7 – Distribuição por município, de áreas regularizadas junto ao DNPM, para a produção de pedra britada.

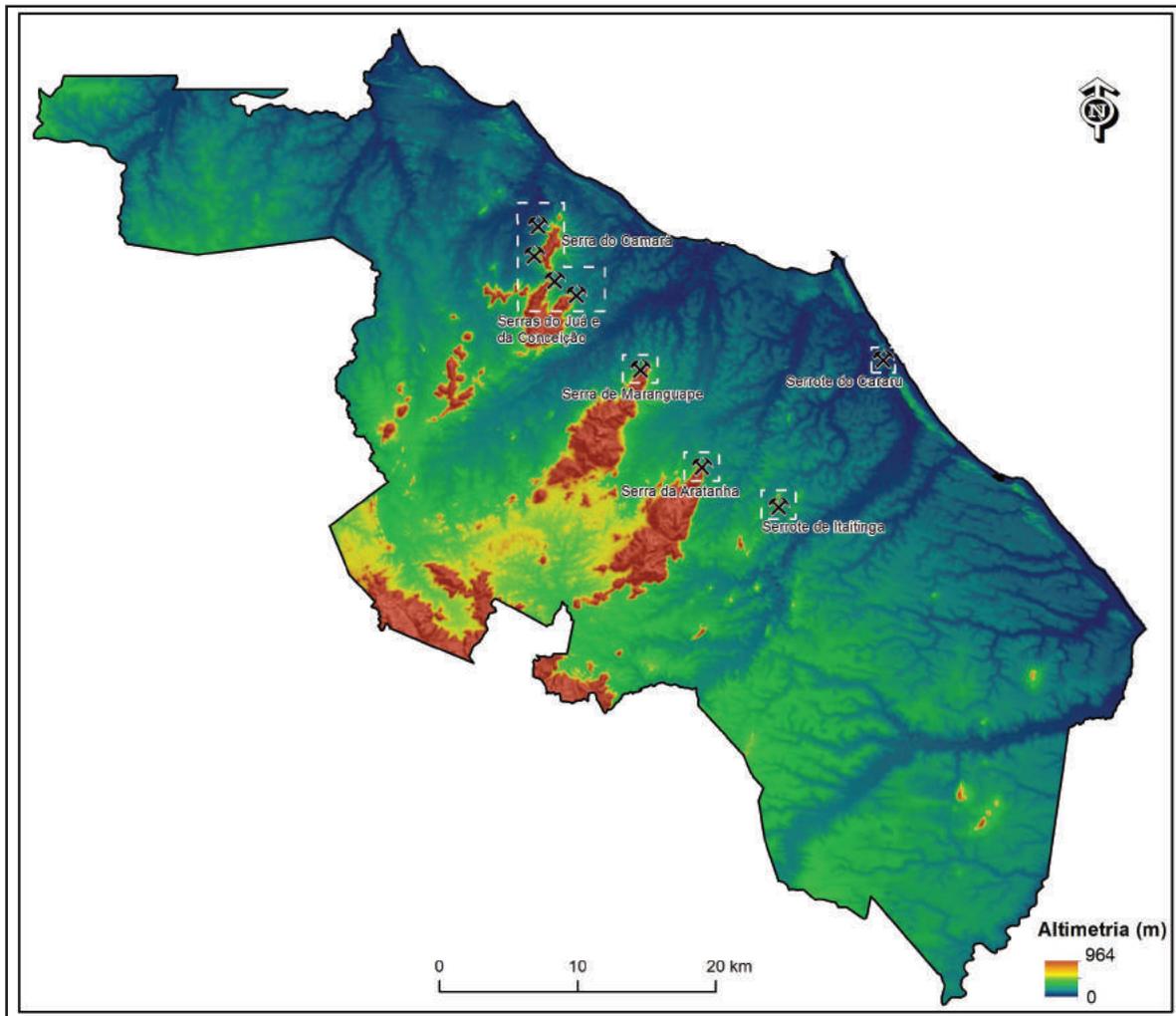


Figura 4.8 – Mapa hipsométrico da RMF, com destaque para as cinco principais áreas de extração de pedra britada.

pressionado pelo custo crescente do frete. De outro lado o nível de qualidade da areia de brita, alcançada com o desenvolvimento tecnológico em sua produção. Somado a esses fatores tem-se ainda a necessidade das pedreiras em dar destinação ao pó de pedra, normalmente gerado em excesso (Revista M&T, 2010).

Pode-se afirmar que a tecnologia da areia de brita já está amplamente difundida e dominada, salvo algumas questões pendentes, como por exemplo a extração do excesso de microfios. Em muitas regiões os produtores a comercializam após lavagem para a retirada do pó de pedra, mas há a necessidade de se adicionar areia natural ao produto para adequar suas características a uma das principais utilizações da areia: a produção de concreto. Ainda de acordo com a Revista M&T (2010), nos grandes centros produtores e consumidores do país a prática comum é o uso de novas tecnologias para a obtenção de areia de brita dentro de rigorosos padrões de graduação e de formato das partículas, sendo a escolha do britador e seu bom dimensionamento a peça chave na produção, pois é ele que determina tais características.

Com intuito de investigar a qualidade da areia de brita produzida nas mineradoras da RMF foram coletadas cinco amostras em unidades de britagem representativas da região. Com relação à forma dos

grãos são geralmente angulosos, com esfericidade variando de baixa a alta. A mineralogia, de acordo com a análise em lupa, é composta basicamente por quartzo (30 a 70%), biotita (20 a 50%) e feldspato (10%).

Os tipos petrográficos que deram origem às amostras de areia analisadas correspondem a três monzogranitos (IG 22, IG 97 e MD 38), um quartzo diorito (IG 01) e um fonólito (MD 101). Nos monzogranitos e quartzo diorito observa-se em lâmina leve alteração do plagioclásio para argilominerais, carbonato e muscovita/sericita, enquanto que a biotita apresenta frequente alteração para muscovita e discreta alteração para clorita. No fonólito fenocristais de sanidina exibem fraturamento irregular e, algumas vezes, processos de substituição-alteração para sericita.

A análise granulométrica demonstra que todas as amostras estão fora do padrão desejado. Apenas uma amostra apresentou MF na zona utilizável, três possuem granulometria muito grossa e uma muito fina (Tabela 4.16).

É importante ressaltar que especial atenção deve ser dada à areia de brita produzida a partir de granito e gnaiss, pois nessas rochas a biotita pulverizada se concentra nos microfios e, quando em excesso, compromete as propriedades do concreto (Revista M&T, 2010). Outro ponto a ser analisado com

Tabela 4.16 – Resultado da análise granulométrica para a areia de brita na RMF.

Tipo de Depósito		Amostra	Retido Acumulado nas Peneiras					MF	Diagnóstico
			2.36 mm	1.18 mm	600 µm	300 µm	150 µm		
AREIA DE BRITA	Serra de Pacatuba	IG 01	14,00	15,00	15,50	15,75	15,88	0,76	Areia muito fina
	Serrote de Itaitinga	IG 22	34,00	49,00	64,50	80,25	96,13	3,24	Zona utilizável superior
	Serra de Maranguape	IG 97	62,00	111,00	175,50	255,75	351,88	9,56	Areia muito grossa
	S. da Conceição/Caucaia	MD 38	98,00	209,00	384,50	640,25	992,13	23,24	Areia muito grossa
	Serrote Cararu/Eusébio	MD 101	142,00	351,00	735,50	1375,75	2367,88	49,72	Areia muito grossa

- Notas: - O módulo de finura de zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
 - O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
 - O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.
 - MF < 1,55 areia muito fina.
 - MF > 3,5 areia muito grossa.

cuidado, mesmo com a quantidade de microfins dentro dos limites, é a composição e granulometria do material. Naturalmente a presença de minerais argilosos é nociva ao concreto e seu percentual deve ser mínimo. As partículas em sua maioria apresentam forma inadequada e alto módulo de finura.

4.2.4 - Rocha Ornamental ou de Revestimento

4.2.4.1 - Conceito, Tipologia, Especificações e Aplicações

Rochas ornamentais e de revestimentos, segundo Vidal *et al.* (2005), são aquelas designadas como pedras naturais, rochas lapídeas, dimensionadas e de cantaria que podem ser extraídas em blocos ou placas, cortados e beneficiados em formas variadas. Seus principais campos de aplicação incluem tanto a confecção de placas para revestimentos internos e externos de pisos, paredes e fachadas em obras de construção civil, como também peças para decoração na forma de esculturas, tampos, balcões e pés de mesa, dentre outros objetos.

Além de rochas com aproveitamento econômico para brita, existem ainda na RMF aquelas suscetíveis ao uso como rocha ornamental. De modo geral não se sobressaem no contexto geomorfológico local quando comparadas às serras. Ocorrem na forma de pequenos maciços residuais, como serrotes, *necks*, morros e *plugs*, que não ultrapassam a cota de 100 m de altitude topográfica (Foto 4.13 A).

De acordo com o DNPM existem 44 requerimentos de rocha com uso destinado a revestimento, sendo 10 (dez) concessões e requerimentos de lavra, 33 (trinta e três) autorizações de pesquisa e 1 (um) licenciamento. Foram cadastrados 1 (uma) ocorrência e 13 (treze) depósitos, dos quais 6 (seis) se encontram em atividade. Estes últimos correspondem a corpos de rochas vulcânicas alcalinas, denominados petrograficamente como traquitos, que ocorrem concentrados na porção

oeste da RMF, no município de São Gonçalo do Amarante (Foto 4.13 B). Estes litotipos são pouco explorados no setor de rochas ornamentais e revestimento e merecem destaque por se tratar de um material já comercializado no mercado externo. Apresentam características especiais, como cor, textura e padrões movimentados, que hoje o mercado denomina como "granitos exóticos", considerados de alto valor econômico e restritos à produção em pequena escala por meio de lavra seletiva, voltado apenas a peças mais nobres como mesas, bancadas, lavabos e ambientes de decoração. As chapas polidas recebem diferentes denominações, sendo a mais conhecida chamada de Woodstone, conforme catálogo das empresas produtoras. Segundo Gomes *et al.* (2012) existem outros materiais denominados de Woodstone, Tartaruga, Palomino, Saint-Laurent, Wasabi e Blue Mare, cada um com aspectos estéticos característicos, embora corresponda ao mesmo tipo de rocha (Foto 4.14 A, B, C, D, E e F).

Nas frentes de lavra esta rocha apresenta coloração forte creme-amarelada, variando pra tons levemente esverdeados a cinza-claros, de textura afanítica a olho nu, com alguns fenocristais visíveis de feldspato. Sua característica marcante é a formação de uma intensa rede de fraturas, com indicio de percolação de fluidos tardios de coloração marrom terrosa, provavelmente ricos em ferro, compondo estruturas hexagonais a concêntricas, que lembram o casco de uma tartaruga (Foto 4.13 C, D). Quanto aos demais pontos, 6 (seis) são lavras inativas ou paralisadas, com sinais de extração abandonada e outros 2 (dois) foram considerados como indicação de ocorrência. Em sua maioria são granitos de granulação fina a média e coloração que varia desde cinza a rosada (Foto 4.13 E, F), além de um fonólito afanítico e esverdeado. É muito importante que sejam intensificadas pesquisas, de modo a permitir uma avaliação da viabilidade técnica e econômica destes depósitos, para o enquadramento nos padrões mínimos de extração de blocos e que visem a qualificação da rocha para uso neste importante segmento da mineração.



Foto 4.13 – Exemplo de elevação de pequena altitude de granito para rocha ornamental (a); lavra de traquito em atividade (b); rede de fraturas em traquito (c); aspecto do traquito que lembra o casco de uma tartaruga (d); frente de lavra paralisada de monzogranito cinza (e); frente de lavra abandonada de leucogranito com granada (f).

4.2.4.2 - Metodologia de Exploração e Beneficiamento

As lavras ativas no município de São Gonçalo do Amarante ocorrem a céu aberto, através de bancadas na altura de aproximadamente 2,5 m, sendo utilizada a tecnologia de corte com fio diamantado, a qual permite elevar os níveis de produção e aproveitamento das jazidas, principalmente quando se trata de litotipos mais suscetíveis a ocorrências de descontinuidades, trincas e fraturas, como pode ser observado nas frentes de lavra dos traquitos.

O ciclo de operação da lavra inicia com o desmatamento e limpeza da área. Em seguida é feita a remoção e estocagem da camada de solo, para posterior reabilitação do espaço degradado. Após o nivelamento topográfico e marcação da linha de corte, inicia-se o desenvolvimento dos cortes com fio diamantado. O equipamento é posicionado de forma a executar o corte frontal do monobloco, posteriormente o corte da base e finalmente a liberação das laterais. Para o esquadreamento

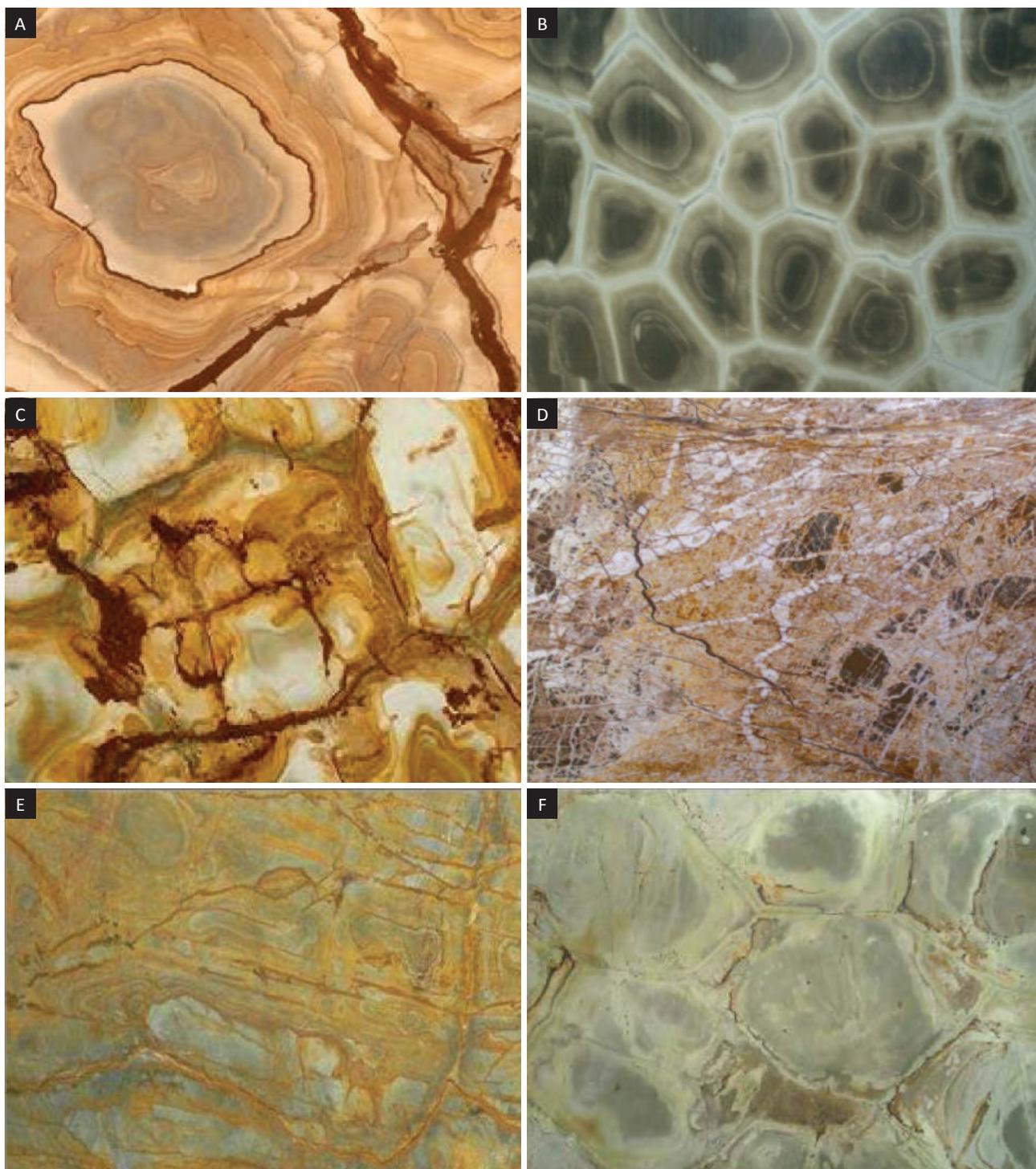


Foto 4.14 – Nome das chapas polidas conforme catálogo das empresas produtoras e/ou que comercializam o produto: Woodstone (a); Tartaruga (b); Palomino (c); Saint-Laurent (d); Blue Mare (e); Wasabi (f) (Gomes et al., 2012).

das pastilhas são feitos furos com martelos pneumáticos, de aproximadamente 15 cm de espaçamento na linha de corte, com o intuito de obter blocos no formato de um paralelogramo, respeitando as medidas preestabelecidas. Os blocos prontos são organizados no pátio de estocagem, devidamente identificados por número e dimensões. Quando vendidos, os blocos são transportados na carroceria de caminhões, cujo carregamento é realizado utilizando-se um pau de carga, auxiliado por uma pá carregadeira de pneus (Figura 4.9).

4.2.4.3 - Caracterização Tecnológica

Independente do tipo de rocha as propriedades de resistência dos materiais são de fundamental importância para sua aplicação como rocha ornamental, as quais são submetidas a uma série de ensaios de caracterização tecnológica e devem atender a diversas especificações conforme o campo de aplicação. A Tabela 4.17 relaciona os ensaios rotineiros, de acordo com as normas nacionais e internacionais geralmente adotadas para a caracterização tecnológica de rochas ornamentais (Frasca, 2002).

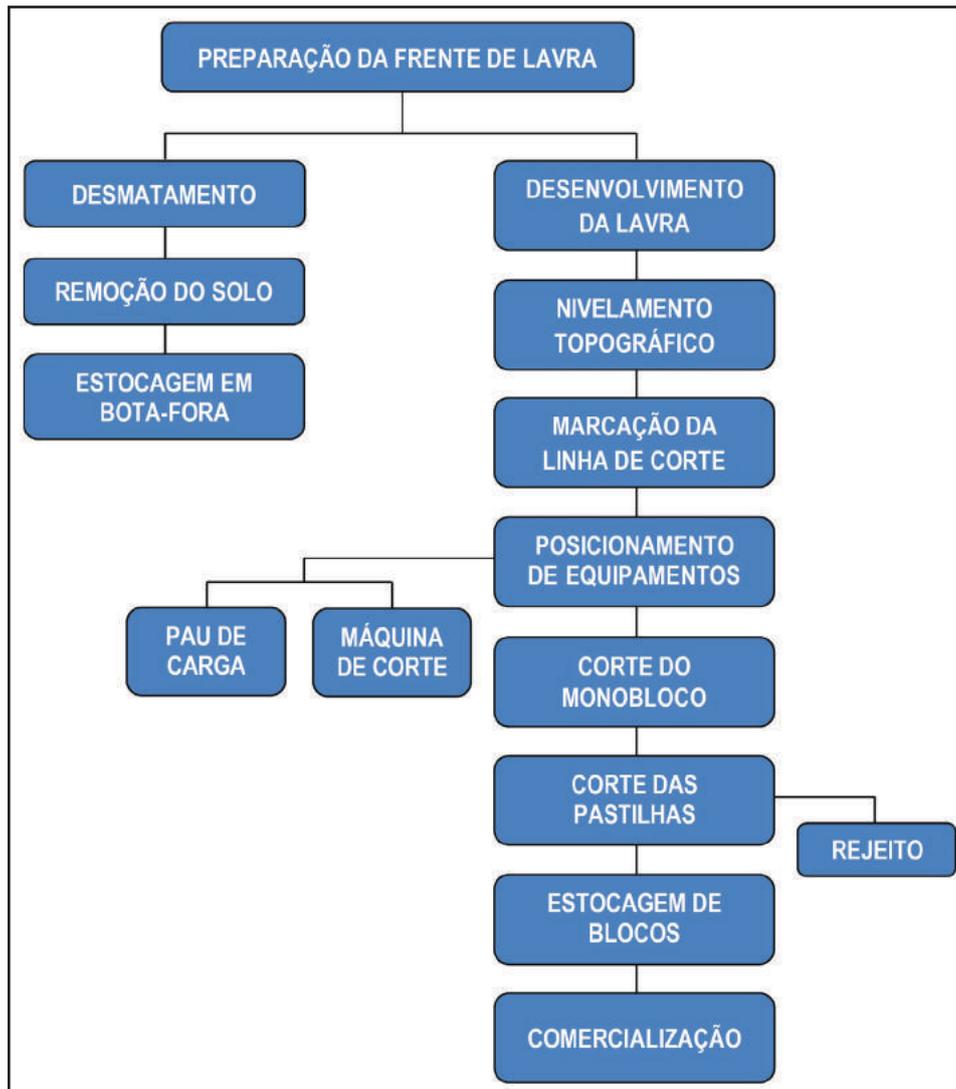


Figura 4.9 – Fluxograma das etapas de operações que envolvem a extração de rocha ornamental.

Tabela 4.17 – Principais ensaios e normas adotadas para a caracterização tecnológica de rochas ornamentais (Frasca, 2002).

ENSAIOS	NORMA ABNT	NORMA INTERNACIONAL
Análise Petrográfica	NBR 12.768	BS EM 12407
Índices Físicos	NBR 12.766	ASTM C97, BS EM 1936, ASTM C121 (ardósias)
Compressão Uniaxial	NBR 12.767	ASTM C170 BS EM 1926
Congelamento e Degelo	NBR 12.769	BS EM 12371
Dilatação Térmica Linear	NBR 12.765	-
Resist. ao Desgaste Amsler	NBR 12.042	ASTM C 241 ASTM C 1352
Resistência à Flexão	-	ASTM C 880 ASTM C 120 (ardósias)
Resist. ao Impacto de Corpo Duro	NBR 12.764	-
Deformabilidade	-	ASTM D 3148
Alterabilidade	-	

A análise petrográfica permite identificar a composição mineralógica, a textura, o grau de alteração e o estado microfissural da rocha que são fatores importantes para verificar a durabilidade das rochas mediante situações de atrito ou na presença de líquidos.

Foram coletadas amostras com finalidade de uso ornamental em diferentes unidades geológicas da RMF. Na unidade Canindé do Ceará Central, principalmente representada na porção noroeste da RMF, foram analisadas amostras de um protomilonito de coloração clara, granulação grossa, onde se destacam cristais arredondados de granada de coloração avermelhada; e um metatexito, foliado, de coloração clara e granulação fina a média. O protomilonito, em lâmina, apresenta textura granoblástica grosseira, formada por grandes cristais de feldspato potássico e granada envolvidos por uma matriz quartzo-feldspática totalmente recristalizada em subgrãos, associada a cristais de quartzo maiores, escassas lamelas de biotita e muscovita, além de minerais opacos e zircão como acessórios. O metatexito exibe textura granoblástica, com recristalização em subgrãos dos principais constituintes. É composto por plagioclásio, quartzo, feldspato potássico, biotita, granada, sillimanita e ainda minerais opacos, zircão e rutilo como acessórios. Na unidade Granitoides Santa Quitéria, do Complexo Tamboril-Santa Quitéria, a amostra analisada corresponde a um sienogranito, foliado, de granulação fina a média e coloração creme, que ao microscópio apresenta textura granular xenomórfica, sendo constituído essencialmente por feldspato potássico (45%), quartzo (26%), plagioclásio (24%) e biotita (4%), além de minerais opacos como acessórios. Os minerais secundários observados são argilominerais e clorita, respectivamente, resultantes da alteração do plagioclásio e da biotita. A deformação é principalmente evidenciada pela extinção ondulante nos cristais de quartzo.

As amostras analisadas para rocha ornamental pertencentes às intrusões graníticas pós-colisionais (tardi-brasilianas), coletadas nos municípios de Caucaia, Maracanaú e Maranguape, correspondem a monzogranitos e biotita monzogranito, de coloração cinza a rosada, granulação média a grossa e raramente fina. São isotrópicos com textura granular hipi a xenomórfica e compostos essencialmente por feldspato potássico (21-39%), plagioclásio (25-35%), quartzo (22-26%) e biotita (5-15%). Como acessórios podem ser observados cristais de apatita, opacos, zircão, titanita e allanita, assim como argilominerais, carbonato e sericita resultantes da transformação/alteração incipiente a moderada dos feldspatos e clorita e muscovita da alteração da biotita. Extinção ondulante em cristais de quartzo é frequentemente observada.

Representando a Suíte Magmática Messejana foram analisadas amostras de fonólito do município de Caucaia e de traquitos de São Gonçalo do

Amarante, estes últimos amplamente utilizados como rocha ornamental. Macroscopicamente, os traquitos são rochas afaníticas, por vezes porfiríticas, com uma gama variada de cores (cinza, creme, verde, amarela e esbranquiçada). Em lâmina, apresentam texturas porfirítico-traquíticas e são constituídas essencialmente por feldspato potássico (sanidina), além de nefelina, plagioclásio, anfibólio e aegirina em quantidades subordinadas, tendo como acessórios minerais opacos. É possível identificar em várias amostras foliação magmática primária, caracterizada essencialmente pela orientação de cristais ripiformes de sanidina. O fonólito apresenta coloração cinza-esverdeada, afanítico-porfirítico, onde se observam pontuações esbranquiçadas e rosadas de feldspato. Em seção delgada, a amostra analisada exibe uma textura porfirítica, com orientação por fluxo e padrão dendrítico, composta por fenocristais prismáticos de feldspato potássico (sanidina), nefelina e minerais dos grupos dos anfibólios e piroxênios sódicos em uma matriz constituída predominantemente por micrólitos de sanidina e nefelina, além de zeólitas e opacos.

A maior dificuldade de controle dos processos de produção de rochas ornamentais encontra-se na característica intrínseca de variabilidade de composição e estado de alteração que esses materiais apresentam. A interação entre a composição, texturas e estruturas que as rochas podem apresentar é o fator que define a resistência aos agentes químicos, físicos e mecânicos de toda rocha, ou seja, é o resultado da combinação das características petrofísicas do material. Assim, investigando as propriedades petrográficas como, composição mineral, textura e estrutura, e suas relações com as propriedades mecânicas, pode-se tentar prever o comportamento das rochas. A composição mineral é o principal fator que controla a resistência mecânica das rochas, em especial o conteúdo em quartzo e feldspatos. Quanto maior o conteúdo de quartzo e feldspato potássico, maior é a resistência à serragem das rochas no processo de beneficiamento. No entanto, a estrutura e textura são fatores que também influenciam na resistência. O aspecto estrutural de microfissuramento observado em microscópio petrográfico mostra a relação com os valores de resistência à compressão uniaxial, sendo aqueles materiais menos microfissurados os mais resistentes (Silva e Castro, 2011).

De acordo com a norma NBR 7389, o protomilonito, o metatexito e os granitos foram classificados como rochas pouco alteradas, com integridade física praticamente preservada e com quantidade irrisória de microfraturamentos. Porém são observados aspectos incipientes de alteração em alguns constituintes mineralógicos (Foto 4.15 A, B). Por vezes, alguns minerais, principalmente os feldspatos, ocorrem microfraturados e/ou levemente alterados para argilominerais, carbonatos e sericita, assim como recristalização quartzo-feldspática e alteração da biotita para

clorita e muscovita (Foto 4.15 C, D). No entanto, o grau de alteração é considerado incipiente, o que, a princípio, não compromete a qualidade do produto final. Por outro lado, como é o caso dos traquitos e do fonólito, que possuem mais alto grau de microfissuramento e alteração, pode resultar em uma resistência à compressão uniaxial menor do que a das outras rochas estudadas (Foto 4.16 A, B). O intenso faturamento observado, especialmente nos traquitos, favorece a percolação de fluidos, ocasionando forte alteração dos minerais (Foto 4.16 C). Nestes casos, de acordo com a norma supracitada, a rocha é classificada como alterada, onde os minerais essenciais não mais conservam suas características de cor e brilho. São expressivos os aspectos relativos à fragilidade, porosidade e fissuração, principalmente nos feldspatos argilizados e matriz impregnada por óxido de ferro (Foto 4.16 D).

Um aspecto positivo é que os traquitos apresentam características estéticas diferentes dos granitos convencionais, destacando-se no mercado como materiais exóticos, hoje muito visados no setor de rochas ornamentais, pois são peças de alto

valor, com vendas concentradas para exportação. E apesar de sua fragilidade, atualmente com o desenvolvimento da tecnologia de resinagem, a baixa resistência dos materiais, devida a elevada porosidade e faturamento, é hoje questão passível de solução, quando o produto desperta grande interesse comercial.

4.2.4.4 - Potencialidade

De acordo com ensaios tecnológicos realizados por Gomes *et al.* (2012), os traquitos não possuem qualidade em relação à maioria dos parâmetros analisados (Tabela 4.18). Quanto aos índices físicos, os materiais apresentam massa específica baixa, alta porosidade (<1,0) e alto índice de absorção de água. A análise geral dos resultados demonstra que os índices físicos estão acima dos sugeridos pela ASTM (1992) e Frazão e Farjallat (1995), o que determina, portanto, que esses materiais não são indicados para ambientes exteriores. O comportamento dos traquitos para o ensaio de resistência à compressão também não obteve resultados satisfatórios quando comparados aos valores sugeridos na literatura. Este fato pode estar

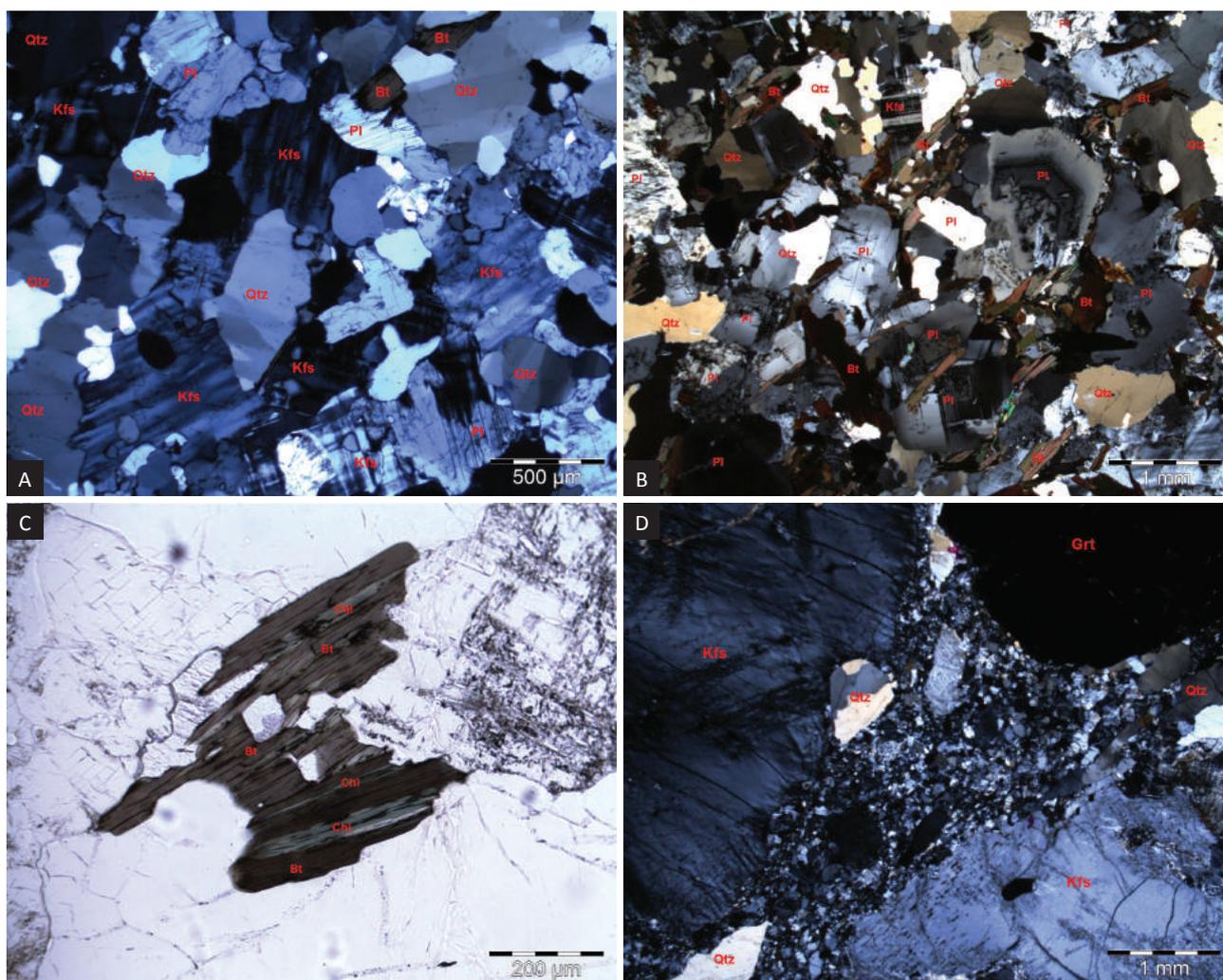


Foto 4.15 – Granitos pouco alterados, com integridade física preservada, porém com quartzo de extinção ondulante e microfaturamentos incipientes (a, b); alteração da biotita para clorita (c); recristalização de quartzo e feldspato e microfaturamento em protomilonito (d).

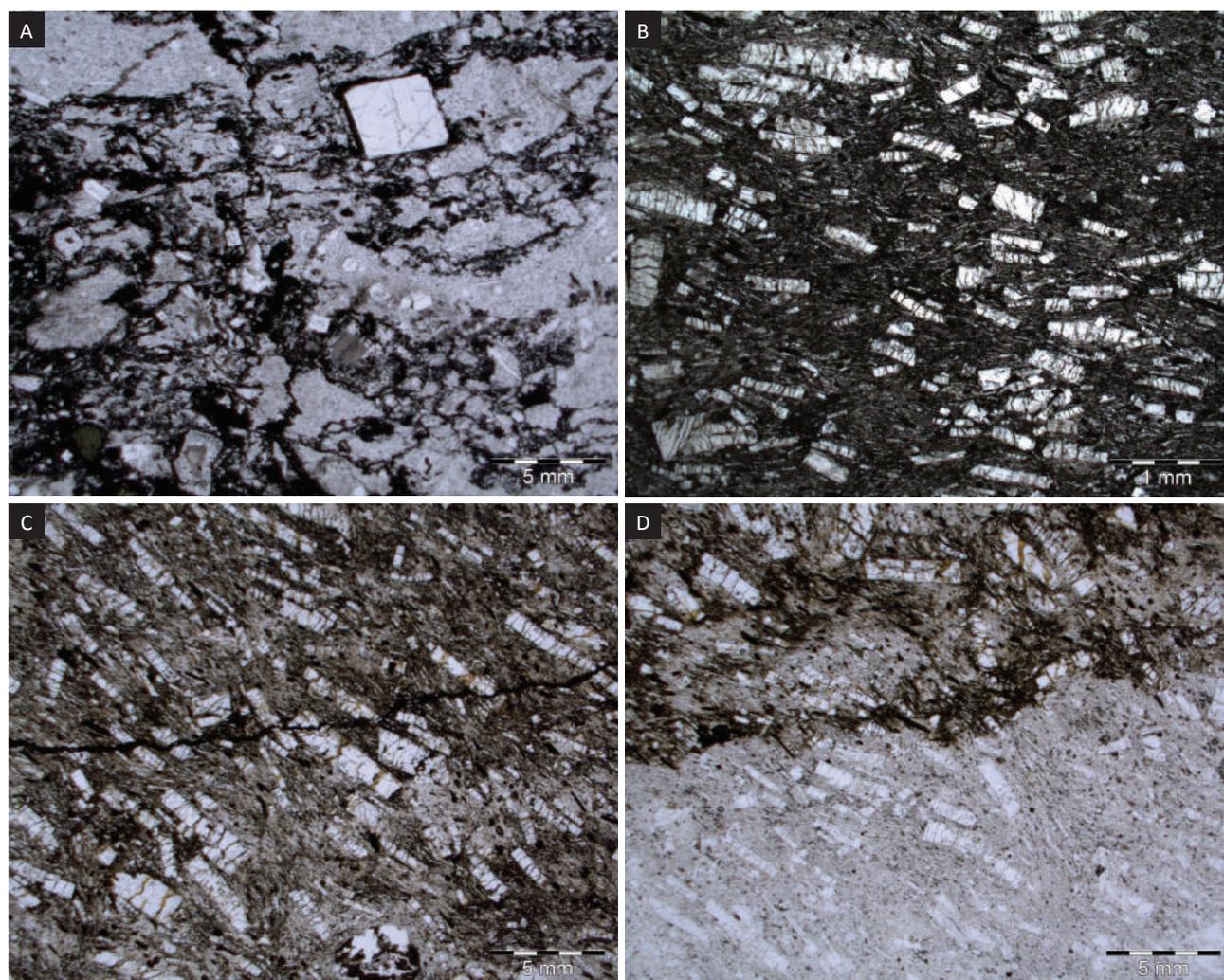


Foto 4.16 – Fonólito com moderado grau de alteração (a); traquito com alto grau de alteração e intenso microfissuramento em cristais de feldspato (b); fratura cortando a rocha (c); porção oxidada devido à percolação de fluidos através da rede de fraturamentos (d).

Tabela 4.18 – Resultado de ensaios tecnológicos realizados em traquitos, de acordo com Gomes et al. (DNPM, 2012).

	Massa esp. seca	Massa esp. saturada	Porosidade (%)	Absorção d'água (%)	Impacto	Flexão (Mpa)	Abrasão	Compressão (Mpa)
Tartaruga	2,57	2,58	1,59	0,62	50,0	18,7	1,52	105,3
Woodstone	2,28	2,34	5,75	2,52	48,7	17,9	4,47	65,2
Palomino	2,44	2,46	1,93	0,79	37,5	16,4	4,05	35,6
Saint-Laurent	2,49	2,52	2,99	1,22	48,7	11,2	1,17	72,9
Wasabi	2,48	2,51	3,50	1,42	50,0	9,80	6,50	66,90
Blue Mare	2,42	2,48	6,08	2,52	63,8	9,90	4,51	37,1
ASTM	> 2,55	-	< 1,0	< 0,4	> 40,0	> 10,3	-	> 131,0
Frazão e Farjallat	> 2,55	-	< 1,0	< 0,4	> 40,0	> 10,0	< 1,0	> 100,0

ligado à presença de fraturas, ao estado de alteração e à porosidade da rocha. Quanto mais fraturado o material rochoso menor será a sua resistência mecânica e, conseqüentemente, rochas alteradas tendem a ser desfavoráveis a esforços compressivos. Além disso, a porosidade é uma propriedade inversamente relacionada à resistência à compressão, isto é, quanto maior for o valor da porosidade menor será a sua resistência a esforços. O coeficiente de desgaste dessas rochas também se encontra fora dos valores máximos

sugeridos como padrão. A especificação exigida é que esse valor seja igual ou inferior a 1,0 mm e as rochas estudadas apresentaram valores entre 1,52 e 6,5 mm, o que indica que se deve evitar sua utilização em pisos de ambientes de alto tráfego. Os melhores resultados foram obtidos nos ensaios de impacto de corpo duro e resistência à flexão, estando dentro ou muito próximo do padrão exigido pela literatura, caracterizando o material com qualidade satisfatória para o uso em fachadas e paredes.

Vale salientar que o setor de rochas ornamentais vem apresentando desenvolvimento ao longo dos últimos anos, e isto se deve a diversos fatores como avanços tecnológicos e conseqüente redução de custos, promovendo a abertura do mercado e estimulando o produtor. Com isso o Ceará vem mostrando sinais de crescimento no setor, pois é dotado de um notável potencial geológico para materiais diversificados. Segundo Gomes *et al.* (2012) a RMF, frente às ocorrências de traquitos, é apontada como uma das mais promissoras para a produção de rochas ornamentais de padrão exótico no estado do Ceará, além da logística favorável, uma vez que as áreas se encontram a menos de 100 km da capital, possibilitando redução de custos e facilidade de deslocamento via porto. Entretanto, o mercado pode ser instável, face às tendências que supervalorizam certos produtos em determinados momentos, interferindo no preço e na viabilidade econômica da lavra.

Considerando as ocorrências com requerimento de lavra para rocha ornamental de traquito, tem-se uma área aproximada de 2.300 ha ou 23.000.000 de m². Com exceção da elevação residual, no município de São Gonçalo do Amarante, conhecida como "serrote", que possui altitude topográfica de cerca de 60 m, as demais ocorrências formam terrenos planos a levemente ondulados. As frentes de lavra variam de 2 a 4 m de altura (média de 3 m). Admitindo a densidade do traquito como sendo de 2,5 t/m² e um aproveitamento de 40%, em se tratando de lavra de rocha ornamental, onde as taxas de recuperação normalmente são inferiores a 50%, chega-se a uma reserva estimada da ordem de 70 milhões de toneladas. Ao acrescentar as outras ocorrências que apresentam potencial para o mercado de rocha ornamental, representadas por áreas requeridas e constituídas por granitos comuns na RMF, esse valor pode chegar a um total de cerca de 550.000.000 de toneladas de reserva estimada (Tabela 4.19).

4.2.4.5 - Aproveitamento Econômico de Rejeito

A partir da premissa em minimizar impactos ambientais e aumentar a taxa de recuperação das jazidas em atividade, ou mesmo reutilizar minas abandonadas ou paralisadas, são indicadas algumas alternativas para o aproveitamento de rejeito: (i) produção de ladrilhos a partir do rejeito de jazidas de rocha ornamental, que normalmente são descartados por apresentarem trincas ou outro

defeito que inviabilizam o padrão estético dos blocos convencionais; (ii) produção de anticatos, mosaicos e pequenos artefatos para decoração, visando tendências arquitetônicas e paisagísticas; e (iii) utilização da técnica de rochagem para a produção do pó de rocha como fertilizante de solo.

Produção de Ladrilhos

Atualmente, a principal forma de se maximizar o aproveitamento em jazidas de rochas ornamentais é através da utilização do maquinário denominado talhablocos. Tal equipamento apresenta-se como a principal medida a ser tomada pelo setor, para se diminuir os rejeitos, produzindo ladrilhos padronizados. Os blocos maiores, fora das medidas padrões, são desdobrados em bloquetes, que podem assumir formas cúbicas e paralelepípedas, geralmente de 40x40 cm, podendo ser utilizados em pisos e revestimentos (Foto 4.17 A, B). A exploração de bloquetes para a fabricação de ladrilhos a partir de rejeitos é uma das opções de reaproveitamento mais atrativas economicamente, por ser simples, barata e capaz de gerar novos produtos com maior agregação de valor, sem a necessidade de maquinaria pesada ou mão de obra especializada, podendo-se alcançar uma recuperação de até 70% do rejeito produzido (Tassis, 2009).

Produção de Anticatos

Outra alternativa promissora é a produção de peças ornamentais denominadas anticatos, que é uma superfície ligeiramente rugosa obtida através do tratamento da superfície de pequenos pedaços de rocha, de modo a gerar uma aparência gasta e antiga. Utilizam-se para isso diferentes processos abrasivos, como escovação por atrito ou equipamentos de jateamento de água ou areia, que ao contrário do caso anterior, requer grande habilidade e treinamento. Trata-se de um produto com preço final bastante elevado e aplicação em obras com alto padrão arquitetônico. Assim como a arte do anticato, podem ser citadas ainda outras utilidades econômica e ecologicamente atrativas, como a produção de peças para mosaicos, esferas, pirâmides, maçanetas de porta e outros artigos decorativos de fabricação artesanal e singular.

Rochagem

Além das sugestões citadas, surge ainda a técnica de rochagem, que também pode ser uma forte aliada no aproveitamento econômico de

Tabela 4.19 – Cálculo de reserva estimada para a produção de rocha ornamental.

ROCHA ORNAMENTAL			
Traquitos		Granitos e rochas afins	
Espessura (E) = 3 m	Reserva Estimada (R _E):	Espessura (E) = 3 m	Reserva Estimada (R _E):
Área (A _{Total}) = 23.000.000 m ²	$R_E = A_T \times E \times D \times F_A$	Área (A _{Total}) = 160.000.000 m ²	$R_E = A_T \times E \times D \times F_A$
Densidade (D) = 2,5 t/m ³		Densidade (D) = 2,5 t/m ³	
Fator de Aprov. (F _A) = 40%	R _E = 70 milhões de ton.	Fator de Aprov. (F _A) = 40%	R _E = 480 milhões de ton.
TOTAL 550 milhões de toneladas			

rejeito. A prática nada mais é do que a incorporação de rochas moídas ao solo, como forma de torná-lo menos ácido e mais fértil. Quando aplicados, os diferentes minerais existentes nas rochas ajudam a recuperar solos pobres e a renovar a fertilização das áreas de exploração agrícola.

Em resposta a questionamentos sobre impactos ambientais, a rochagem é também uma alternativa para o aproveitamento econômico dos resíduos e rejeitos da mineração, com o propósito de reduzir os índices de desperdício do setor, além de fornecer vantagens ambientais a partir da utilização destes materiais até então indesejados. Enquanto o problema da mineração é armazenar seus rejeitos, a agricultura tem carência por fertilizantes. A utilização do pó de rocha como fertilizante e corretivo do solo pode ser uma saída para tal problema. Com a rochagem, o aproveitamento de rejeitos se torna a solução tanto para reduzir custos com insumos importados para correção de solos, como também contribui para minimizar os efeitos danosos ao meio ambiente gerados pela disposição de rejeitos e ainda tem-se um aumento na taxa de recuperação de minério, otimizando a produtividade das jazidas.

Pesquisas apontam que mais de 70% da adubação agrícola predominante no país corresponde a fertilizantes químicos importados. Existe uma dependência em especial de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK). Outro ponto a favor da rochagem está na grande diversidade geológica do país, com a presença em todas as regiões de rochas que se prestam à utilização como fonte de nutrientes para a produção agrícola e isto inclui a RMF. Segundo a geóloga Magda Bergmann, em entrevista à revista do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul (2012), as rochas graníticas apesar de conterem K e serem de ocorrência bastante comum em terrenos antigos em todo o mundo, liberam muito lentamente o nutriente em ciclos curtos ou médios, pelo fato do K se encontrar em um mineral de estrutura muito resistente, o feldspato potássico, o que as tornam inviáveis para esta finalidade. Por outro lado, estudos comprovam que rochas vulcânicas, em especial aquelas com teores elevados de potássio, apresentam bom potencial para rochagem (Santucci, 2012). De acordo com Cortes *et al.* (2009), o uso do fonólito como pó de rocha é uma importante fonte de potássio com potencial para remineralização de solos e sua aplicação na agricultura traz benefícios às plantas, tais como micronutrientes e melhor estruturação dos solos. Sugere-se que as diversas ocorrências de fonólitos distribuídas na RMF, bem como os resíduos de britagem da única beneficiadora que usa esse tipo de rocha como matéria-prima sejam testados (Foto 4.17 C). Os rejeitos deixados pelas lavras de rochas ornamentais que utilizam traquitos são províncias que também merecem ser investigadas, pois assim como os fonólitos, são também rochas vulcânicas constituídas por minerais de potássio. Vale ressaltar

que as jazidas de rochas ornamentais, no processo de extração e beneficiamento, geram grandes quantidades de rejeitos, em alguns casos chegando a atingir cerca de 60% do extraído, com pouco ou nenhum aproveitamento posterior (Foto 4.17 D). Desta forma a rochagem pode contribuir para uma exploração mineral sustentável, atuando como um destino para o acúmulo de rejeito, em resposta aos impactos ambientais gerados pelas atividades de mineração.

4.2.5 - Pedra de Talhe

Durante os trabalhos de campo foram observadas lavras artesanais de pedra de talhe, também conhecidas como pedra de cantaria, ou ainda pedra marroada. Esta atividade é desenvolvida por pedreiras de pequeno porte, semimecanizadas ou artesanais, caracterizadas por trabalhos rudimentares, que consistem na separação de blocos de pedra após desmonte com fogacho, submetendo-os a acabamento simples com auxílio de equipamentos manuais, onde geralmente se aproveita a foliação e fraturas das rochas. O mesmo acontece em algumas pedreiras, que sem utilização de explosivos, apenas aproveitando fraturamento da rocha com equipamentos manuais, blocos são marroados e utilizados como alicerces de residências e calçamentos de ruas, como o que ocorre em depósitos de traquitos, no município de São Gonçalo do Amarante e quartzitos, em Cascavel. É comum encontrar também atividades informais em antigas pedreiras abandonadas (Foto 4.18 A, B, C, D).

As rochas com potencial para produção de pedra de talhe são as mesmas da pedra britada. No entanto, afloramentos de menor porte, comuns e disponíveis em toda a RMF, são também favoráveis a este tipo de atividade, pois o baixo volume de material extraído não requer amplas áreas de distribuição. Foram cadastradas 10 (dez) lavras ativas, distribuídas nos municípios de Caucaia, Maracanaú, São Gonçalo do Amarante e Cascavel. As rochas mais utilizadas são gnaisse, pela facilidade do corte e esquadreamento, pois os planos de foliações favorecem a separação da rocha em blocos. Outros tipos de rochas como granitos e migmatitos fraturados, traquitos e quartzitos também são explorados.

4.2.6 - Saibro

4.2.6.1 - Conceito, Tipologia, Especificações e Aplicações

O saibro, popularmente conhecido como material de empréstimo ou piçarra, é um produto de alteração intempérica residual de rochas sedimentares e metamórficas, com estrutura pouco consolidada, facilmente desagregável, onde ocorre decomposição de seus minerais, preservando vestígios da rocha original.



Foto 4.17 – Bloquetes de granito (a); rejeitos gerados pela extração de granito como rocha ornamental (b); produção de finos a partir da britagem de fonólito (c); rejeitos gerados pela extração de traquito como rocha ornamental (d).

Na RMF o capeamento de alteração apresenta cerca de 1 a 3 m de espessura, em terrenos metamórficos, e até 6 m, em terrenos sedimentares. O saibro ocorre tanto sobre rochas do embasamento cristalino, constituído por gnaisses e migmatitos diversos, fortemente intemperizados, como sobre arenitos do Grupo Barreiras, oriundo de processos erosivos (Foto 4.19 A, B).

Nos domínios do embasamento cristalino o saibro apresenta coloração avermelhada, granulação média a grossa, estrutura foliada e é composto essencialmente por quartzo, muscovita e biotita. Quando em domínios de rochas sedimentares, ele assume coloração creme a alaranjada, sendo formado por sedimentos arenosos, sílticos e argilosos, mal selecionados, dispostos em camadas horizontalizadas, alternadas por faixas conglomeráticas, com predomínio de grãos angulosos a subangulosos de quartzo.

4.2.6.2 - Metodologia de Exploração e Áreas de Ocorrência

Devido às frequentes obras governamentais e de empresas do setor privado, envolvendo a abertura de novas estradas e alargamentos da malha viária da RMF, além de outras obras resultantes do crescimento urbano, são muitas as frentes de lavras em exploração.

Neste estudo foram identificadas 4 (quatro) ocorrências e 28 (vinte e oito) depósitos de saibro, dos quais 11 (onze) são minas ativas e as demais, abandonadas ou apenas paralisadas, atuando informalmente. De acordo com o Cadastro Mineral do DNPM (2014) existem 7 requerimentos para saibro, dos quais 6 (seis) encontram-se sob regime de licenciamento e 1 (um) em fase de autorização de pesquisa.

A extração desse tipo de minério é extremamente simples, ocorrendo com a retirada de todo o material friável, até o limite da cobertura com a rocha sã. São utilizadas máquinas escavadeiras, sendo o material transportado em caminhões basculantes diretamente para as obras, que via de regra, estão localizadas a pouca distância da área de extração (Foto 4.19 C). O saibro é utilizado na sua forma *in natura*, sem necessidade de qualquer processo de preparação. Seu emprego se aplica à pavimentação de ruas e rodovias e no nivelamento de terrenos para obras diversas de edificações (Foto 4.19 D). O agregado areno-argiloso proveniente dos sedimentos do Grupo Barreiras, quando preparado com adição de areia, para diminuir o percentual de argila, também pode ser utilizado no preparo de argamassas para revestimento de paredes, tetos e pisos.

As principais áreas de ocorrência de saibro na RMF provêm das faixas costeiras, desde São Gonçalo



Foto 4.18 – Extração de pedra de talhe em migmatitos a partir de desmonte por fogacho, onde blocos da ordem de 1 m são marroados e retrabalhados manualmente (a); extração de pedra de talhe em traquito, sem utilização de explosivos, apenas aproveitando faturamento da rocha (b); lavra rudimentar de quartzito utilizado como alicerce (c); lavra abandonada com atividade clandestina para a retirada de fragmentos de gnaiss (d).

do Amarante até proximidades do município de Eusébio. Outras áreas de menor importância, mas que também oferecem potencial, situam-se a sul de Itaitinga, passando por Horizonte e Pacajus. O acelerado e desordenado desenvolvimento urbano, as criações de áreas destinadas a loteamentos, ao turismo e à agropecuária, têm comprometido as atividades de exploração deste bem mineral. Considerando que a demanda por material de empréstimo não para de crescer, em virtude do atual investimento em obras de grande porte na RMF, existe a probabilidade de, futuramente, a demanda por estes materiais ser superior às áreas potenciais, portanto sugere-se que seja realizado um planejamento territorial, visando preservar estes depósitos, de modo a não inviabilizar este importante segmento da construção civil.

4.2.6.3 - Caracterização Tecnológica

Habitualmente, não existem especificações rígidas para o saibro. O melhor material a ser usado para cada aplicação específica leva em consideração a forma, a textura e o grau de angulosidade do grão, além da presença de argila e outros materiais

deletérios, como sais solúveis e matéria orgânica. Sabe-se que revestimentos de tetos requerem materiais mais argilosos para uma melhor pega, enquanto que em assentamentos pode-se utilizar material mais arenoso (Gonçalves *et al.*, 2011). No geral, o percentual de argila não deve ultrapassar 30% e o de areia deve ser de no mínimo 20% (Rêgo, 2008). A presença de argila e silte em excesso compromete a argamassa, ocasionando fissuras de retração no estado endurecido e, conseqüentemente, sua fragmentação. Quanto à forma dos grãos, partículas lamelares ou alongadas afetam danosamente a fluidez do concreto, do contrário, ou seja, aquelas com mais alto grau de esfericidade, propiciam resistências mais elevadas, além de promover menor índice de vazios e aumentar a compactação em rodovias e outros fins (Silva, 2000; Vidal *et al.*, 2005; Luz e Lins, 2005).

A partir de ensaios de peneiramento e características dos grãos em lupa, foram estimadas composições das amostras de saibro analisadas. O saibro na RMF, originado de rochas do cristalino, apresenta módulo de finura variando entre 1,6 e 2,0, enquadrando-se na zona utilizável inferior, segundo a norma ABNT NBR 7211:2009, que especifica os limites da distribuição granulométrica do agregado



Figura 4.19 – Extração de material de empréstimo resultante da intemperização *in situ* de gnaisses do embasamento cristalino (a); extensa área de exploração de material de empréstimo, resultante da alteração *in situ* de sedimentos do Grupo Barreiras (b); desmonte do minério com máquina escavadeira e transporte de material em caminhões basculantes (c); saibro utilizado em pavimentação de estradas (d).

miúdo. Na análise mineralógica, o percentual de silte e argila é de 60%, enquanto que quartzo e minerais micáceos variam de 10 a 30%. A grande maioria dos grãos possui alta esfericidade e varia de anguloso a sub-anguloso (Tabela 4.20).

De acordo com os valores alcançados, percebe-se que a elevada presença de finos é inadequada a sua aplicação em argamassa. Por outro lado, o alto grau de esfericidade e a forma subangulosa dos grãos

são aspectos favoráveis para o uso como sub-base de estradas e material de aterro em geral.

4.2.6.4 - Potencialidade

Considerando as 7 (sete) áreas requeridas para saibro junto ao DNPM, tem-se uma área aproximada de 183 ha ou 1,8 milhão de metros quadrados, que somada às áreas com potencial, mas não requeridas,

Tabela 4.20 – Resultado da análise granulométrica para o saibro na RMF.

Amostra	Retido Acumulado nas Peneiras					MF	Diagnóstico	Mineralogia	Esfer.	Arredond.
	2.36 mm	1.18 mm	600 µm	300 µm	150 µm					
MD 83	21,67	31,77	41,29	49,89	58,38	2,03	Z. utilizável inferior	Silte+Arg 60%, Qz 30%, Mica 10%	alta esfericidade	subangulosos
MD 139	8,07	16,25	29,27	46,45	61,69	1,62	Z. utilizável inferior	Silte+Arg 60%, Qz 10%, Mica 30%	alta esfericidade	angulosos

- Notas: - O módulo de finura de zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
 - O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
 - O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.
 - MF < 1,55 areia muito fina
 - MF > 3,5 a areia muito grossa.

pode chegar a cerca de 1.400 ha ou 14 milhões de metros quadrados. Estabelecendo uma profundidade média de minério lavrável de 3 m de altura, a densidade para o material sendo 2,2 t/m³ e admitindo 50% de aproveitamento, considerando conflitos com a ocupação urbana, estima-se uma reserva de ordem de 46 milhões de toneladas (Tabela 4.21).

As reservas de saibro ou material de empréstimo na RMF são abundantes, tal material é de fácil extração e ocorre a pouca distância do mercado consumidor, no entanto vale salientar que aspectos relacionados principalmente ao desenvolvimento urbano e áreas voltadas a outras atividades socioeconômicas, geram conflitos e dificultam a extração desse bem mineral. O abastecimento futuro da RMF não apresentará problemas se estas áreas forem preservadas para esta finalidade, não competindo com outros tipos de uso e ocupação do solo.

4.2.7 - Outros Insumos Minerais

4.2.7.1 - Rochas Carbonáticas

Para ser classificada como calcário, a rocha deve conter pelo menos 50% de minerais de carbonato de cálcio – CaCO₃ (Williams *et al.*, 1970). Como constituintes essenciais podem ser citados os minerais calcita e dolomita, em diferentes proporções. As rochas carbonáticas são de grande representatividade no território brasileiro, principalmente no Nordeste, onde ocorrem importantes depósitos de calcário sedimentar e metamórfico, com destaque para os estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia, que representam 80% das reservas da região (Sousa e Vidal, 2005). Dados do último Anuário Mineral Brasileiro (DNPM, 2010) revelam que as reservas medidas brasileiras, para calcário e dolomito, somam 60 bilhões de toneladas, estando o Ceará em sexto lugar na coluna nacional, com 2,7 bilhões de toneladas e parte dessa reserva ocorre em Caucaia, Região Metropolitana de Fortaleza, que abriga cerca de 9,5 milhões de toneladas.

De modo geral, este minério possui ampla aplicação na indústria e tem um importante significado econômico, pela multiplicidade de seu uso. É largamente empregado como matéria-prima nas indústrias cerâmicas, química, de refratários, vidros, tintas, papel, borracha, esmaltes, vernizes, produtos farmacêuticos e veterinários, sabões, detergentes, plásticos, fertilizantes, siderurgia, ração animal e

corretivo de solos. Merecem destaque os produtos da indústria de cimento, pedra britada ou agregados destinados a vários propósitos da construção civil, que detêm cerca de 70% da produção nacional (DNPM, 2010). Os produtos derivados dessas rochas são utilizados com base nas suas características físicas e químicas. As propriedades físicas são mais exigidas para os agregados a serem utilizados na construção civil, enquanto que as químicas são mais importantes quando a rocha passa por algum processo de transformação, como na indústria do cimento e da cal (Brandão e Schobbenhaus, 1997).

As ocorrências da RMF concentram-se principalmente no município de Caucaia e, subordinadamente, em Maranguape e Itaitinga. Constituem corpos lenticulares, descontínuos e irregulares, de pequeno a médio porte, apresentando granulação grossa e textura sacaroide, com estrutura bandada e planos bem marcados, de direção nordeste e coloração variando da branca à cinza-clara. Petrograficamente são denominados como mármores ou calcários metamórficos. Ao todo, foram cadastradas 8 (oito) ocorrências, no entanto o Mapa Geológico do Ceará (Cavalcante, 2003) exhibe 14 lentes de metacalcários intercaladas às unidades Independência e Canindé do Complexo Ceará, este caracterizado por terrenos metamórficos de idade pré-cambriana, formados por gnaisses orto e paraderivados em diferentes níveis de metamorfismo e migmatização.

Na localidade de Sítios Novos, município de Caucaia, ocorre uma grande exposição desse tipo de rocha, onde existe uma cava de extração abandonada, com cerca de 7 m de espessura de mármore, com planos de foliação bem marcados, de direção 120°Az/40°. A partir de amostra coletada em campo, verificou-se, por análise petrográfica, que essa rocha exhibe textura granoblástica e composição simples, sendo formada essencialmente por calcita e/ou dolomita (97%), com algumas lamelas de muscovita (3%), podendo conter traços de anfibólio, tremolita, grafita, hornblenda e opacos (Foto 4.20 A, B, C, D).

Na região, este bem mineral é pouco explorado. Existem poucas exposições dessas rochas em superfície e os depósitos não são economicamente importantes. As lavras são do tipo garimpeiras, de pequeno porte, a céu aberto, todas paralisadas, com aspecto de abandono, mas não exauridas. Segundo o Plano Diretor de Mineração para a RMF (1998) os jazimentos podem alcançar até 17 m de espessura, com largura aproximada de 250 m e cerca de 2,5 km de extensão. Análises laboratoriais revelaram que

Tabela 4.21 – Cálculo de reserva estimada para a produção de saibro.

Saibro	
Espessura (E) = 3 m Área (A _{Total}) = 14.000.000 m ² Densidade (D) = 2,2 t/m ³ Fator de Aprov. (F _A) = 50%	Reserva Estimada (R _E): $R_E = A_T \times E \times D \times F_A$ R _E = 46 milhões de toneladas



Foto 4.20 – Lente de metacalcário parcialmente coberta por vegetação e solo (a); lente de metacalcário na localidade Sítios Novos, cava de extração abandonada, com cerca de 7 m de espessura de mármore e planos de foliação bem marcados de direção $120^{\circ}\text{Az}/40^{\circ}$ (b); lavra garimpeira abandonada, com forno para produção de cal (c); seção delgada do mármore mostrando textura granoblástica e composição formada por calcita/dolomita e raros cristais de muscovita (d).

essas rochas atendem às especificações exigidas pela indústria da cal, pela indústria cimenteira, como corretivo de solo, na agricultura e na produção de tintas.

Na região de Caucaia, segundo informações fornecidas por relatórios de pesquisas aprovados, são conhecidas reservas medidas da ordem de 9.504.744 de t, reserva indicada de 6.352.935 e reserva lavrável de 9.173.664 de t (DNPM, 2010). Estudos realizados por pesquisadores do Plano Diretor de Mineração (1998) indicam reservas da ordem de 14 milhões de toneladas para a RMF. No município de Maranguape a reserva foi calculada em torno de 4,6 milhões de toneladas. Nesta região os corpos são descontínuos, de pequeno porte e não foram encontradas atividades de exploração.

4.2.7.2 - Diatomita

Também chamada de terra de diatomáceas, é uma rocha sedimentar biogênica, que se forma pela deposição de restos microscópicos das carapaças de algas diatomáceas, em ambientes fechados, de água doce ou salgada, especialmente em terrenos

lagunares. Apresenta-se como um material muito poroso, leve, absorvente, fino e pulverulento, geralmente de coloração cinza-clara quando seco, e escuro quando úmido. Apresenta ponto de fusão alto, da ordem de 1400 a 1650 °C, e possui a capacidade de absorver até quatro vezes o seu peso em água. Quando pura, sua cor é branca, mas devido à presença de impurezas pode variar entre creme, cinza e marrom-esverdeada, até a preta. Essas impurezas geralmente são matéria orgânica e argilas, mas também pode ocorrer areia, óxido de ferro, carbonato de cálcio e magnésio, cinzas vulcânicas e espículas de esponjas (Oliveira *et al.*, 1975).

As propriedades físicas e químicas da diatomita a tornam muito útil em variados campos de aplicações sendo, por isso, um bem mineral de largo emprego e elevado valor comercial. Um uso importante para a diatomita é na remoção de contaminantes em sistemas de água e em derramamentos de produtos tóxicos, ou ainda como inseticida e fungicida. Além disso, também pode ser usada em produtos químicos, farmacêuticos e veterinários, isolante térmico, condicionador de solos, produção de solda,

catalisador, abrasivos, refino de petróleo, fabricação de tintas, esmaltes, vernizes, papel, cimento, plásticos, sabões, sabonetes, material odontológico, adesivos e selantes.

Em épocas passadas, este minério chegou a constituir importante fator para economia da região. Hoje constitui depósitos praticamente exauridos, com produção irrisória e intermitente, funcionando apenas em função de demanda. Sua extração é feita sob regime de garimpagem, com cava submersa em lagoa de água doce, estando o minério coberto por água a aproximadamente 3 m de profundidade. A diatomita é extraída manualmente, através de mergulho e levada à superfície com o auxílio de pás. O material removido é moldado e organizado em barras de 20 x 35 cm, sendo submetido ao sol para secagem natural. Em seguida é queimado em fornos feitos do próprio minério empilhado e finalmente transportado em caminhões (Foto 4.21 A, B, C, D). Mesmo em atividade as extrações não são contínuas,

ocorrendo apenas em períodos curtos quando há demanda. Segundo informações obtidas no campo, o material é enviado para São Paulo, com finalidades industriais.

A produção mundial de diatomita em 2012 foi de aproximadamente 2,1 mil toneladas, sendo os Estados Unidos os maiores produtores e consumidores mundiais deste minério. Sua produção corresponde a 39% da produção mundial, seguida da China, com cerca de 21%. Ambos são também os países com as maiores reservas deste minério, que somadas, chegam a 360 milhões de toneladas (Klein, 2013).

De acordo com o Anuário Mineral Brasileiro (DNPM, 2010) avalia-se que as reservas medidas brasileiras são da ordem de 1,9 milhão de toneladas e que este minério é conhecido em todos os estados brasileiros, porém as reservas mais importantes estão no Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo, com finalidades industriais.



Foto 4.21 – Mina ativa de diatomita às margens de uma lagoa próximo à localidade de Dourado (a); minério retirado do fundo da lagoa (b); minério organizado em barras e exposto ao sol, para secagem natural (c); minério empilhado e submetido à queima em forno (d).

5 – MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE

5.1 - GENERALIDADES

A extração mineral é uma atividade que, além de gerar empregos e renda, causa diversos impactos ambientais. Tais impactos também estão presentes na mineração de agregados propiciando danos e incômodos, principalmente às populações que vivem no entorno das minas.

Neste capítulo estão identificados e descritos os principais impactos ambientais gerados pela ação das diferentes técnicas de lavras utilizadas na extração dos insumos para uso na construção civil, explorados na RMF, entre eles areia, argila, saibro, brita, rocha ornamental, calcário e diatomita, bem como as ações preventivas e mitigadoras que deverão ser adotadas para cada tipo de impacto resultante das diferentes atividades de mineração.

O trabalho foi executado em duas etapas, uma de escritório e outra de campo. Na primeira, foi efetuada uma seleção de todas as áreas requeridas para materiais de uso na construção civil na RMF, junto ao cadastro mineiro do DNPM, bem como um levantamento de todas as ocorrências minerais cadastradas em projetos antigos realizados pela CPRM na RMF.

Posteriormente, foi efetuada uma pesquisa bibliográfica junto ao órgão ambiental do estado (SEMACE) para maior interação sobre os impactos ambientais mais recorrentes, os impedimentos legais à mineração destes insumos e as técnicas mais comuns de recuperação de áreas degradadas.

Com base na pesquisa realizada a etapa de campo foi planejada abrangendo todas as áreas previamente selecionadas, tendo sido obtidos os dados importantes sobre os empreendimentos, através de entrevistas formuladas com auxílio de questionários, além de registro fotográfico dos impactos ambientais observados e do georreferenciamento desses pontos.

As entrevistas propiciaram a obtenção de informações importantes sobre a questão ambiental, consistindo em uma preocupação real entre alguns empresários do setor de agregados, principalmente dos produtores de areia, argila e saibro. A grande maioria dos entrevistados deste setor está consciente acerca dos problemas ambientais advindos destas atividades.

É importante salientar que algumas empresas do setor tentam trabalhar de forma sustentável, desenvolvendo ações voltadas à preservação ambiental, que minimizam os impactos negativos. Entre os impactos mais citados pelos produtores de areia e brita, estão o abandono de cavas, desmatamento, poeira e ruído de máquinas e caminhões. No caso do setor de brita estão sendo postas em prática ações para

preveni-los e minimizá-los. Outros impactos, além dos já comentados, foram citados e visualizados a partir de entrevistas neste setor, como a vibração causada por detonações e a inevitável alteração da paisagem.

O Quadro 5.1 mostra a relação dos principais impactos ambientais causados pela atividade de mineração na RMF.

Quadro 5.1 – Principais impactos ambientais identificados na RMF.

PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS IDENTIFICADOS NA RMF
Desmatamento
Erosão
Assoreamento
Contaminação das águas
Poluição atmosférica
Modificação da paisagem
Poluição sonora
Ultralancamento de fragmentos e vibrações nos terrenos

5.2 - IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA MINERAÇÃO

5.2.1 - Desmatamento

O desmatamento, com conseqüente remoção do solo, é a forma de impacto mais observado em áreas de extração mineral nos municípios da RMF. Tal impacto tem início na fase de desenvolvimento da lavra, quando o decapeamento da cobertura é feito para se ter acesso ao material a ser lavrado. A remoção do solo e da vegetação, além de prejudicar a fauna (fuga de animais, diminuição de procriação, desequilíbrio com as espécies e redução dos *habitats*) e a flora (redução das espécies e empobrecimento da vegetação), ainda provoca danos no meio físico, podendo causar erosão, assoreamento, empobrecimento e alterações físicas e químicas dos solos, modificação do perfil topográfico do terreno, aumento de compactação, diminuição de permeabilidade etc.

O desmatamento é observado praticamente em todas as atividades de extração de agregados da RMF, tanto nas lavras localizadas longe dos rios (Foto 5.1 A, B) como também na extração de areia grossa, que ocorre nos canais ativos ou nas planícies de inundação fluvial (Foto 5.1 C). A extração desses depósitos de areia provoca, como impactos mais frequentes, a remoção da mata ciliar, a erosão acelerada, o assoreamento, a alteração na dinâmica fluvial, entre outros (Batista, 2010).

De acordo com Cavalcanti e Parahyba (2012) a abertura de praças e de vias de acesso, que normalmente são construídas paralelas ou muito próximas ao canal fluvial, pode provocar a supressão da vegetação, inclusive em áreas de preservação permanente (APP), considerado como um importante impacto observado nas extrações de areia grossa em planícies de inundação.

Na extração de areia fina, o principal impacto observado, por exemplo, é a remoção da vegetação fixadora das dunas, causando mudanças na paisagem, morfologia do terreno, assoreamento e poluição de aquíferos, entre outros (Cavalcanti e Parahyba, *op. cit.*). Em depósitos que não são recobertos por dunas a principal consequência do desmatamento é a erosão, que contribui para o assoreamento e poluição das drenagens pelo material em suspensão.

Com relação às extrações de argila, o desmatamento e a remoção do solo também são impactos recorrentes. Eventualmente observam-se algumas lavras onde se mantém a vegetação nativa preservada, principalmente quando esta possui algum valor comercial, como é o caso da carnaúba (Foto 5.1 D), cujas folhas são utilizadas na fabricação de cera, constituindo uma fonte de renda alternativa para o produtor.

5.2.2 - Erosão

A erosão ocorre normalmente pela ação de fenômenos naturais, podendo citar as chuvas como sua principal causadora, embora o vento e as variações de temperatura também sejam agentes importantes. Ao atingir o solo, em grande quantidade, a chuva provoca infiltrações, deslizamentos e mudanças na consistência do terreno, causando também o deslocamento de terra.

Por sua vez, o ser humano pode ser um relevante agente facilitador deste processo, pois ao retirar a cobertura vegetal do solo, para dar início à atividade de mineração, acarreta a sua inconsistência e a água, que antes era absorvida pelas raízes das plantas, passa a infiltrar, ocasionando a instabilidade do solo e consequente erosão do terreno.

Os processos erosivos começam com o desmatamento das áreas, mas se tornam mais críticos, dependendo do tipo de material que está sendo erodido e da maior ou menor declividade do terreno, podendo formar aberturas na superfície que vão desde pequenos sulcos até grandes voçorocas.

Como consequência destes fatores, o solo é submetido à perda do potencial agrícola, além da interferência direta na fauna e flora da região.



Foto 5.1 – Desmatamento e remoção do solo observado em extração de argila (a); extração de areia vermelha e saibro no município de Cascavel (b); abertura de praça próximo a canal fluvial, causando supressão da vegetação (c) e cava abandonada de extração de argila, com vegetação de carnaubeiras e cajueiros preservados (d).

Na RMF esta forma de impacto pode ser observada em diferentes tipos de atividades minerais. Na extração dos depósitos de areia grossa nos leitos ativos dos rios ou nas planícies de inundação, o desmatamento da mata ciliar acelera o processo erosivo, podendo ocasionar o assoreamento dos recursos hídricos. Nas extrações de areia vermelha, saibro, argila, pedra britada e rocha ornamental os efeitos da erosão são facilmente observados devido às modificações da paisagem, instabilidade de taludes e ao assoreamento das drenagens e vales (Foto 5.2 A, B).

Outro fator importante é com relação ao abandono da vegetação retirada, que pode impedir o bom funcionamento do sistema de drenagem, deixando os taludes mais suscetíveis à erosão e assoreamento.



Foto 5.2 – Lavra de argila mostrando vegetação afetada pela perda de resistência do solo (a); instabilidade de talude, causada por erosão (b).

5.2.3 - Assoreamento

Conforme abordado anteriormente o processo de assoreamento encontra-se intimamente relacionado ao processo erosivo, uma vez que este fornece os materiais transportados e depositados, dando origem ao assoreamento. Desta forma, em todas as atividades de mineração de agregados da RMF o assoreamento e a erosão são consequências diretas do desmatamento, amplamente praticado.

Nas empresas produtoras de brita, segundo Cavalcanti e Parahyba (2012), o assoreamento das drenagens decorre pelo fato do material erodido ser carregado dos taludes, devido a disposição inadequada do estéril e dos finos resultantes da britagem.

As extrações de areia, quando praticadas de forma inadequada nos leitos dos rios, principalmente nos períodos de estiagem podem provocar erosão das margens e consequente assoreamento dos canais, nos períodos chuvosos (Cavalcanti e Parahyba, *op. cit.*). O método por dragagem também contribui para o assoreamento dos rios, devido à geração de finos que ficam em suspensão e que são posteriormente depositados (Foto 5.3).

5.2.4 - Contaminação das Águas

A contaminação das águas, tanto superficiais como subterrâneas, apresenta-se como mais um dos impactos provocados pela mineração de agregados na RMF. Nas indústrias de brita a contaminação das águas superficiais é normalmente causada pela emissão de material, resultante tanto da erosão de superfícies desprotegidas (rejeito, material do decapeamento etc.) como dos processos de lavagem do minério. No leito dos rios a extração de areia causa intensa turbidez aos recursos hídricos, impactando a fauna e a flora desses ambientes. Além disso, de acordo com Batista (2010), a presença de sedimentos excedentes, em suspensão, pode prejudicar o abastecimento de água potável, alterar a temperatura e a transparência da água e diminuir a capacidade de vazão da água dos canais, aumentando, conseqüentemente, o potencial de inundações.



Foto 5.3 – Finos em suspensão observados em extração de areia no rio Choró, nas proximidades do município de Chorozinho.

A contaminação dos solos e das águas subterrâneas é consequência direta do lançamento de efluentes líquidos e da deposição inadequada de resíduos sólidos. Como os bens minerais de emprego imediato na construção civil são de caráter

não metálico, que apresentam baixo potencial gerador de cargas contaminantes, uma vez que compreendem substâncias não perigosas, o efeito da contaminação por estas substâncias, usualmente, não é tão significativo para as águas subterrâneas. A maior vulnerabilidade do aquífero à poluição se dá devido a maior exposição do lençol freático (Foto 5.4 A, B), relacionada principalmente à remoção do solo e da camada não saturada.

No entanto, a falta de controle com relação ao armazenamento de resíduos provenientes de oficinas, sucatas e resíduos domésticos, tanto sólidos como líquidos, bem como de óleos e graxas resultantes do uso e manutenção de máquinas e equipamentos nas atividades de mineração, pode vir a causar contaminação do solo e, conseqüentemente, das águas subterrâneas.

Na RMF é comum a presença de cavas, algumas abandonadas, muitas vezes transformadas em depósitos de entulho e lixo (Foto 5.4 C), bem como o abandono em locais inadequados de equipamentos e maquinários sucateados (Foto 5.4 D), tornando-se assim fontes de contaminação em potencial dos recursos hídricos e também de transmissão de doenças.

5.2.5 - Poluição Atmosférica

Na RMF este impacto é observado principalmente nas empresas mineradoras de brita e olarias. Consiste na emissão de partículas e gases, que são lançados diretamente na atmosfera, acarretando problemas de saúde para os moradores das localidades próximas e para os próprios funcionários, em alguns casos desprovidos de equipamentos de proteção individual – EPI(s), além de incômodos causados pela diminuição de visibilidade e liberação de odores.

Várias etapas da produção de agregados são responsáveis por este tipo de impacto, entre elas estão, em maior ou menor grau, as atividades de perfuração, desmonte, carregamento, descarga, estocagem, tráfego em estradas e acessos não pavimentados, britagem, moagem, peneiramento, classificação, manuseio, transporte e secagem (Foto 5.5 A, B, D). Os gases são resultantes, principalmente, dos motores de combustão das máquinas, detonação de explosivos em pedreiras e do lançamento de fumaças a partir do funcionamento dos fornos para a queima de tijolos nas olarias (Foto 5.5 C).

O segmento de cerâmica vermelha utiliza, como principal fonte de calor, a lenha (de



Foto 5.4 – Exposição do lençol freático em extração de argila (a) e areia (b) no município de Aquiraz, apresentando intensa turbidez da água; presença de lixo e entulho em cava de extração de areia no município de Caucaia (c); abandono de sucata em pedreira do município de Maracanaú (d).

reflorestamento e nativa), complementada por resíduos de madeira (cavacos, serragem, casca da castanha do caju e casca de coco, entre outros). As principais emissões do processo de queima referem-se aos efluentes gasosos (CO_2 , H_2O) e aos particulados (fuligem/cinzas). É importante salientar que quando a biomassa é utilizada como combustível, a absorção de CO_2 pelas plantas pode neutralizar ou mesmo superar a emissão *in situ*.

Na RMF ocorre emissão de poeira em extrações de saibro e de areia, principalmente areia vermelha, por conter maior quantidade de partículas finas (silte e argila) quando comparada à quantidade de areia branca. Esta emissão se deve à constante movimentação de máquinas no desmonte e no transporte destes materiais (Foto 5.5 D).

5.2.6 - Modificação da Paisagem

A modificação da paisagem natural é um impacto comumente identificado nas áreas de extração mineral em toda a RMF. Pode ser resultado de uma série de fatores, tais como desmatamento, erosão, assoreamento, entre outros. Esses fatores são decorrentes, essencialmente, da falta de comprometimento e/ou conhecimento de alguns empreendedores da mineração.

Por serem, geralmente, empreendimentos de médio e grande porte, as atividades em pedreiras constituem modificações visivelmente impactantes (Foto 5.6 A), porém a extração dos demais insumos também provoca alterações profundas na paisagem.

Em áreas de extração de areia vermelha, argila, saibro e rocha ornamental, por exemplo, ocorre a alteração da paisagem, seja pela própria atividade de mineração ou devido ao abandono das cavas, abertas sem nenhum trabalho de recuperação ambiental (Foto 5.6 B, C, D).

Convém ressaltar que grande parte dos municípios que compõe a RMF tem como principal vocação a questão turística, principalmente os municípios litorâneos, como Cascavel, Aquiraz e Caucaia, podendo gerar um impacto visual depreciativo sobre a estética das paisagens e contribuir para a perda ou diminuição desse potencial.

5.2.7 - Poluição Sonora

Entre as empresas produtoras de insumos para a construção civil da RMF os impactos negativos dos ruídos têm maior intensidade naquelas produtoras de brita. São resultantes principalmente de atividades inerentes ao processo produtivo,



Foto 5.5 – Emissão de poeira devido ao tráfego de caminhões (a), britagem (b), emissão de fumaça resultante da queima de tijolos em fornos de olarias (c) e extração de saibro (d).



Foto 5.6 – Modificação da paisagem causada pela atividade de pedreira no município de Caucaia (a), extração de rocha ornamental em São Gonçalo do Amarante (b), extração de argila em Aquiraz (c) e remoção de duna para extração de areia vermelha próximo à região turística do Pecém (d).

como detonação, vibração, perfuração do material rochoso e uso de equipamentos instalados na área de mineração (compressores, perfuratrizes, tratores, caminhões etc.). Além disso o ruído provocado pelo intenso tráfego de caminhões incomoda os moradores das proximidades das pedreiras. Quanto maior a proximidade da pedreira com as áreas urbanas, mais intenso é o impacto, fato este observado notadamente nas pedreiras instaladas nos municípios de Itaitinga e Eusébio. O ruído pode prejudicar o sistema auditivo e nervoso da população e de funcionários que não utilizam o equipamento de proteção adequado.

Nas extrações de areia vermelha, saibro e rocha ornamental a movimentação de equipamentos no desmonte e o transporte do material também gera poluição sonora, afetando a população vizinha e a fauna da região, que é afugentada do seu *habitat*. Nas extrações de areia grossa, principalmente as que utilizam dragas, tem-se igualmente a geração de ruídos.

5.2.8 - Ultralancamento de Fragmentos e Vibrações do Terreno

Estes impactos são típicos das atividades em empresas produtoras de brita, devido ao uso de

explosivos. Durante o processo de desmonte, além de impactos como ruídos e emissão de poeiras, conforme citado anteriormente, pode ocorrer o ultralancamento de fragmentos de rocha devido às detonações com explosivos, que podem causar riscos de natureza material e física à população próxima e aos próprios trabalhadores da mina, dependendo da distância em que se encontram. Mais uma vez, a proximidade das empresas com os centros urbanos agrava o problema. No entanto, a maioria das pedreiras da RMF, principalmente as de grande porte, dispõe de plano de fogo e de tecnologias modernas, diminuindo sensivelmente tais riscos. Porém em pedreiras de menor porte, desprovidas de orientação técnica, estes problemas ainda podem ocorrer.

Outro impacto identificado em pedreiras causado pelas detonações durante o desmonte é o relativo às vibrações do terreno, que provocam desconforto na população e danos em suas residências, tais como abalos e fissuras. Estas vibrações também podem ser causadas pelo intenso tráfego de caminhões no entorno das pedreiras. Este impacto é principalmente sentido naquelas áreas muito próximas às extrações, como por exemplo

no serrote de Itaitinga, onde se observa um grande desenvolvimento populacional nas imediações de unidades de britagem que ali atuam.

Verificou-se em algumas pedreiras, principalmente nas de menor porte, queda de fragmentos, devido a métodos de lavra inadequados, bem como funcionários trabalhando sem nenhum equipamento de proteção individual nas atividades de extração e nas operações de britagem.

As lavras tanto se desenvolvem em bancadas únicas, constituindo verdadeiros paredões com mais de 40 m de altura (Foto 5.7), como em múltiplas bancadas, que certamente otimiza o racional aproveitamento destas pedreiras.

5.3 - IMPACTOS X MUNICÍPIOS

Segue, de forma sucinta, no Quadro 5.2, a caracterização ambiental dos municípios que compõem a Região Metropolitana de Fortaleza, relacionando os tipos de degradação mais visualizados com base em observações de campo, causados por intervenções antrópicas decorrentes das atividades de mineração.

Verifica-se que no município de Caucaia se desenvolvem diversos tipos de atividades de mineração, estando nas extrações de brita e argila os principais impactos observados. Este município abriga 20 olarias e 9 pedreiras em atividade, dentre as quais 6 contêm unidade de britagem.

Outros municípios afetados pela atuação principalmente de pedreiras são Itaitinga, Maracanaú e Eusébio. Itaitinga concentra 6 grandes pedreiras em pleno centro urbano.

Embora o município de São Gonçalo do Amarante não possua extrações de brita, existem atividades de mineração relacionadas à produção de rocha ornamental, sendo o único município com lavra ativa deste recurso mineral na RMF.

De acordo com pesquisa realizada pela FIEC (2013) a RMF possui 68 olarias, dentre as quais 62 estão distribuídas nos municípios de Aquiraz, Cascavel, Caucaia, Chorozinho, Guaiúba e São Gonçalo do Amarante, que têm nas lavras de argila um importante agente de degradação ambiental.

Com relação às extrações de areia na RMF, a maioria está localizada ao longo dos rios Choró, Pacoti, São Gonçalo e Curu, sendo o desmatamento, erosão e assoreamento os efeitos nocivos mais notados.

O impacto da vibração foi também observado em Aquiraz e Chorozinho, em face da extração de areia através de dragagem.

Com relação a Pacajus e Pacatuba, o principal causador de impactos relacionados a desmatamento, erosão, poluição atmosférica, modificação na paisagem e poluição sonora se refere à extração de saibro.

Em Maranguape e Pindoretama não foram visualizados impactos relevantes relacionados a qualquer atividade de mineração.



Foto 5.7 – Lavras com paredões em pedreiras do município de Caucaia.

A exploração inadequada das dunas provoca o desequilíbrio da dinâmica litorânea, favorecendo a mobilização dos sedimentos sobre as áreas urbanizadas e comprometimento do potencial turístico devido à perda das belas paisagens naturais. A retirada da vegetação para exploração mineral em dunas fixas e semifixas intensifica a erosão, transformando essas dunas fixas em móveis. Em Fortaleza, a praia da Sabiaguaba conta com duas Unidades de Conservação Ambiental criadas em fevereiro de 2006 e administradas pela prefeitura de Fortaleza: o Parque Natural Municipal das Dunas de Sabiaguaba e a Área de Proteção Ambiental de Sabiaguaba. O parque de dunas e a APA de Sabiaguaba se complementam e foram criados com o objetivo de assegurar a preservação ambiental, o turismo ecológico e o desenvolvimento de atividades que não comprometam o equilíbrio do meio ambiente, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do município de Fortaleza.

5.4 - AÇÕES MITIGADORAS

As ações mitigadoras visam à minimização dos impactos ambientais gerados pelas atividades minerárias. Algumas empresas de mineração de agregados da RMF, em seus diferentes setores, procuram adotar medidas que consideram importantes na prevenção e/ou suavização dos impactos produzidos durante as atividades de lavra. Tais medidas se encontram expostas no Quadro 5.3. No entanto, visitas realizadas a várias destas empresas e áreas de extração na RMF apontaram a ocorrência de diversos impactos ambientais, mostrando que muito ainda tem que ser feito para que esses impactos não ocorram ou que pelo menos sejam amenizados durante o desenvolvimento das atividades de mineração. Outro fator que pode ser notado é o índice de informalidade, ainda muito significativo, principalmente nos setores de extração de areia e argila, provocando impactos ambientais descontrolados e de grande porte.

Desmatamento/Erosão/Assoreamento

Com relação ao desmatamento, indispensável para o desenvolvimento da mineração, recomenda-se restringi-lo ao necessário, avançando apenas de forma a garantir a implantação e a operação de extração do bem mineral.

Nas extrações de areia em leitos ativos deve-se elaborar um planejamento da lavra que vise a preservação do canal fluvial, a fim de evitar extrações próximas às margens e, com isso, minimizar os impactos na mata ciliar.

Nas extrações de areia em planícies de inundação deve-se, igualmente, manter a integridade das áreas de preservação permanente.

Nas lavras de argila deve-se proceder ao desmatamento de forma seletiva. Inicialmente retirando-se a camada de solo rica em matéria orgânica,

a qual deverá ficar reservada para que seja reutilizada posteriormente. Desta forma tem-se a preservação das espécies vegetais nativas e a fertilidade da área no futuro quando a lavra for encerrada.

Conforme relatado anteriormente, a extração de areia em planícies de inundação tem o desmatamento em áreas de preservação permanente como o principal fator de impacto ambiental, o que favorece o aumento da erosão e o consequente assoreamento dos rios, além de intensa turbidez da água. Dessa forma recomendam-se, como medidas de controle ambiental, a manutenção de uma faixa de proteção, sem interferência nas APPs, além de desenvolvimento da extração em cavas fechadas, sem comunicação direta com o rio, para evitar a contaminação das águas com material em suspensão (Assunção *et al.*, 2012).

Contaminação das Águas

Quanto à contaminação química das águas superficiais e subterrâneas, o ideal é a prevenção. Recomenda-se cuidado nas operações com efluentes químicos, como óleos e graxas, no armazenamento e transporte dos resíduos e líquidos e na manutenção dos equipamentos para evitar vazamentos. Deverão ser definidas e dimensionadas fossas sépticas para os efluentes sanitários e estabelecidas trincheiras para o lixo orgânico (Bezerra, 2006).

As medidas de controle para que a qualidade da água não seja alterada devem atentar ainda sobre a contenção dos materiais em suspensão (estéreis, sedimentos, finos resultantes da britagem, pilhas de estoque etc.). Desta forma sugere-se que as empresas possuam sistemas de drenagem que permitam o escoamento das águas até a bacia de decantação, descartando-as somente após a decantação das partículas sólidas em suspensão.

Poluição Atmosférica

Visando minimizar os níveis de poeira e gases e amenizar os seus efeitos, grande parte das empresas da RMF tem instalado nas unidades de cominuição, sistemas de aspersão nos britadores e no alimentador vibratório (Foto 5.8 A). Aliado a esta ação há carros pipa umectando as vias de acesso (Foto 5.8 B) além do dimensionamento de cortinas vegetais, instaladas para reter ou minimizar a passagem de poeiras e gases para ambientes fora da área de mineração. Estão sendo cultivadas mudas para implantação destas cortinas e preservação de espécies nativas (Foto 5.8 C). A instalação de barreiras vegetais também torna as alterações na paisagem menos visíveis e ameniza os efeitos negativos do ruído (Foto 5.8 D).

Deve-se orientar a exploração das frentes de lavra, considerando a direção preferencial dos ventos, de forma que a geração de poeiras e gases não se disperse na direção de áreas urbanizadas (Assunção *et al.*, 2012).

Quadro 5.2 – Relação dos impactos ambientais por municípios da Região Metropolitana de Fortaleza, decorrentes das atividades de mineração.

		Aquiraz	Cascavel	Caucaia	Chorozinho	Eusébio	Fortaleza	Guaiúba	Horizonte	Itaitinga	Maracanaú	Maranguape	Pacajus	Pacatuba	Pindoretama	S. Gonçalo do Amarante
BRITA / PEDRA DE TALHE	Desmatamento															
	Erosão															
	Assoreamento															
	Contaminação de Aquíferos															
	Poluição Atmosférica															
	Modificação na Paisagem															
	Poluição Sonora															
	Lançamento de Fragmentos															
	Vibração															
ROCHA ORNAMENTAL	Desmatamento															
	Erosão															
	Assoreamento															
	Contaminação de Aquíferos															
	Poluição Atmosférica															
	Modificação na Paisagem															
	Poluição Sonora															
	Lançamento de Fragmentos															
	Vibração															
ARGILA	Desmatamento															
	Erosão															
	Assoreamento															
	Contaminação de Aquíferos															
	Poluição Atmosférica															
	Modificação na Paisagem															
	Poluição Sonora															
	Lançamento de Fragmentos															
	Vibração															
AREIA	Desmatamento															
	Erosão															
	Assoreamento															
	Contaminação de Aquífero															
	Poluição Atmosférica															
	Modificação na Paisagem															
	Poluição Sonora															
	Lançamento de Fragmentos															
	Vibração															
SAIBRO	Desmatamento															
	Erosão															
	Assoreamento															
	Contaminação de Aquífero															
	Poluição Atmosférica															
	Modificação na Paisagem															
	Poluição Sonora															
	Lançamento de Fragmentos															
	Vibração															

Quadro 5.3 – Medidas mitigadoras apontadas por empresas de agregados para amenizar os efeitos dos impactos ambientais na RMF.

MEDIDAS MITIGADORAS APONTADAS PELAS EMPRESAS DE EXTRAÇÃO DE AREIA, ARGILA E SAIBRO	MEDIDAS MITIGADORAS APONTADAS PELAS EMPRESAS PRODUTORAS DE BRITA
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nivelamento do terreno após o encerramento das atividades de extração. ➤ Utilização das cavas exauridas para reservatórios de água para animais e para loteamentos. ➤ Reflorestamento e preservação de mata nativa. ➤ Reaproveitamento de resíduos. ➤ Plano de manejo e substituição de lenha nativa por biomassa na queima da cerâmica. ➤ Extração seletiva preservando culturas como carnaúbas. ➤ Educação de colaboradores sobre preservação ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Uso de aspersores e carros-pipa para amenizar a poeira. ➤ Instalação de cortinas vegetais, cultivo de mudas, manutenção de árvores nativas e reflorestamento. ➤ Verificação periódica dos níveis de vibração. ➤ Compra de terrenos no entorno das empresas, pelos proprietários, para evitar a aproximação da população. ➤ Distribuição de cestas básicas aos moradores do entorno das pedreiras. ➤ Uso de equipamentos de proteção pelos funcionários. ➤ Exames periódicos de saúde para os funcionários.



Foto 5.8 – Controle de poeira observado em pedreira do município de Itaitinga (a); presença de carro pipa umectando as vias de acesso para minimizar os efeitos da poeira em pedreira do município de Itaitinga (b); estufa para cultivo de mudas para reabilitação da vegetação nativa (c); cortina vegetal instalada em pedreira do município de Maracanaú (d).

Com relação à areia e ao saibro sugere-se, além da utilização de carros-pipa nas vias de acesso, o uso de lonas para cobrir a carga durante o transporte nas caçambas. Monitoramento através de medições dos níveis de poeira deve ser realizado sistematicamente, a fim de verificar a concentração de particulados. Medidas de proteção e combate devem ser executadas, caso sejam necessárias.

A poluição por gases é pouco significativa e, em geral, restringe-se à emissão dos motores das máquinas e veículos usados na lavra e beneficiamento. Indica-se a regulagem periódica dos veículos e maquinários para minimizar tanto os efeitos desse impacto, como os da propagação de ruídos.

Modificação da Paisagem

As cavas abandonadas também são responsáveis por modificações na paisagem, devendo ser devidamente recuperadas depois de exauridas. A topografia da área deve ser suavizada, para reduzir os efeitos do clima. Posteriormente, recomenda-se o recobrimento da área com a camada de solo orgânico outrora reservado. Desta forma o replantio ocorrerá naturalmente, aliado a um sistema de drenagem para proteger o material ainda inconsolidado. Em taludes deve-se realizar o plantio de espécies adaptadas às condições climáticas da região e desta forma promover sua estabilidade e ainda mitigar a agressão da paisagem.

Além de contribuir para o meio ambiente ações que atenuem os efeitos da lavra, após a retirada de todo o material de interesse, são também

responsáveis por tornar a área minerada viável para uso futuro. Por se tratar de áreas próximas a centros urbanos em constante crescimento, é possível atribuir, com a reabilitação do terreno, outras formas de usos, tais como: construção de residências, loteamentos, indústrias, pastagens, áreas de lazer, reservatórios de água para animais e criação de peixes etc.

Poluição Sonora

Para todos os funcionários que trabalham em atividades diversas na mina, tanto na lavra quanto na britagem, indica-se a utilização de protetores auriculares. A instalação de barreiras vegetais também ameniza os efeitos negativos do ruído no entorno das pedreiras.

Ultrançamento de Fragmentos e Vibração

Estes efeitos notadamente são perceptíveis em atividades de pedreiras. A lavra deverá ter um técnico legalmente habilitado, que propicie o perfeito dimensionamento do plano de fogo, de modo à exequibilidade do plano de aproveitamento econômico da jazida, propiciando uma fragmentação perfeita do material detonado, nas especificações definidas na britagem primária, além de evitar excessiva vibração, com a utilização de cordel detonante e espoletas de retardo.

A implantação de cortinas de proteção, com a vegetação nativa, de modo a permitir que estes fragmentos fiquem retidos, é uma medida normalmente utilizada nesta atividade.

6 – LEGISLAÇÃO E DIREITOS MINERÁRIOS

6.1 - LEGISLAÇÃO MINERAL

O Código de Mineração, criado pelo Decreto Lei nº 227 e publicado no Diário Oficial da União em 28 de Fevereiro de 1967, regula os regimes de aproveitamento dos bens minerais, conferindo ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) a competência para sua execução e dos diplomas legais complementares. Nele os recursos minerais são definidos como massas individualizadas de substâncias minerais ou fósseis encontradas tanto na superfície como no interior da Terra.

No que diz respeito à produção de agregados encontram-se previstos no Código de Mineração três regimes de aproveitamento: a autorização, a concessão e o licenciamento.

A autorização de pesquisa depende da expedição de alvará de autorização do Diretor-Geral do DNPM. Este regime autoriza o requerente a realizar a pesquisa mineral, ou seja, a executar trabalhos necessários à definição da jazida, à sua avaliação e à determinação da exequibilidade de seu aproveitamento econômico. Essa autorização é outorgada pelo DNPM a brasileiros, pessoa natural ou empresa legalmente habilitada, mediante requerimento em formulário padrão do DNPM, documentação e pagamento de taxas.

A concessão de lavra tem por objeto a outorga do direito de lavra pelo Poder Público a quem satisfaça as condições legais, entendendo-se por lavra o conjunto de operações coordenadas que objetiva o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração das substâncias minerais úteis até o seu beneficiamento. A lavra de um minério depende da outorga de concessão do Ministro de Minas e Energia, por meio de portaria de lavra. Após a realização da pesquisa a apresentação do Relatório Final de Pesquisa e a sua aprovação pelo DNPM, o titular disporá de 1 (um) ano para requerer a concessão de lavra, o que deverá ser feito por Pessoa Jurídica via requerimento acompanhado de diversos documentos, entre os quais o Plano de Aproveitamento Econômico da Jazida, contendo um conjunto de operações coordenadas para a lavra e o beneficiamento do minério que, aprovado, habilita a outorga da Portaria de Lavra. A partir deste momento obriga-se o minerador a iniciar os trabalhos dentro dos parâmetros propostos, recolhimento da CFEM (Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais) e a apresentar, ao DNPM, o Relatório Anual de Lavra com a descrição das operações realizadas e a produção. Quanto à validade da concessão de lavra, ela é outorgada por prazo indeterminado, até o esgotamento da jazida, de acordo com a estimativa apresentada no

Plano de Aproveitamento Econômico, aprovado pelo DNPM, tendo a baixa definitiva após a recuperação ambiental da área explorada.

O aproveitamento mineral por licenciamento, destinado a substâncias de emprego imediato na construção civil, além de argila vermelha e calcário para corretivos de solo, é facultado exclusivamente ao proprietário do solo ou a quem dele tiver expressa autorização, salvo se a jazida situar-se em imóveis pertencentes à pessoa jurídica de direito público. Este regime depende da obtenção, pelo interessado, de licença específica, expedida pela autoridade administrativa local, no município de localização da jazida e da efetivação do registro no DNPM. O requerente deverá entregar ao DNPM um requerimento padronizado, acompanhado da documentação exigida, ressaltando que o limite máximo permitido por área é de 50 hectares. Neste regime não há prazo mínimo e nem máximo para uma licença municipal, ficando o empreendedor sujeito ao prazo estabelecido pelo proprietário do imóvel, onde se situarem os trabalhos de extração. São consideradas de emprego imediato na construção civil, para fins de aplicação do disposto no Decreto nº 3.358, de 02 de fevereiro de 2000, as seguintes substâncias minerais:

- Areia, cascalho e saibro, quando utilizados *in natura* na construção civil e no preparo de agregado e argamassas;
- Material sílico-argiloso, cascalho e saibro empregados como material de empréstimo;
- Rochas, quando aparelhadas para paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões ou lajes para calçamento;
- Rochas, quando britadas para uso imediato na construção civil.

Quando se compara o Regime de Licenciamento com o de Autorização e Concessão, verifica-se que no primeiro, na maior parte dos casos, a obtenção do título tem uma tramitação mais rápida e menos onerosa para o minerador que no segundo, pois não exige a realização de trabalhos de pesquisa, com todos os trâmites ocorrendo localmente. Entretanto, o Licenciamento depende da disponibilidade das prefeituras e dos proprietários da área, o que pode complicar o processo.

Com relação à mudança de Regime, é facultada a transformação do Regime de Autorização e Concessão para o Regime de Licenciamento e vice-versa, sendo que na mudança do Regime de Licenciamento para o de Autorização e Concessão, após a outorga de Autorização de Pesquisa, o título de Licenciamento continuará em vigor, respeitando-

se sua validade e das renovações, até a obtenção da Portaria de Lavra, quando o título de Licenciamento perderá automaticamente seu efeito.

Além destes existe o registro de extração de lavra, regime destinado exclusivamente aos órgãos da administração direta e autárquica da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios, pelo qual se permite a extração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, para uso exclusivo em obras públicas por eles executadas diretamente, respeitados os direitos minerários em vigor nas áreas onde devem ser executadas as obras e vetada à comercialização. Esta modalidade terá prazo determinado pelo DNPM, de acordo com as necessidades da obra e a extensão da área objetivada (5 ha) no requerimento, sendo possível uma única renovação.

Também é importante salientar que os trabalhos de movimentação de terras e de desmonte de materiais *in natura*, que se fizerem necessários à abertura de vias de transporte, obras gerais de terraplenagem e de edificações, não estão sujeitos aos preceitos do Código de Mineração, desde que não haja comercialização das terras e dos materiais resultantes dos referidos trabalhos, ficando o seu aproveitamento restrito à utilização da própria obra.

6.2 - NOVO MARCO REGULATÓRIO

O novo Código de Mineração (Projeto de Lei 5807/2013), que se encontra em análise na Câmara dos Deputados, promete proporcionar maior planejamento do setor, permitindo ao Estado garantir o uso racional dos recursos minerais para o desenvolvimento sustentável do País. Duas mudanças merecem destaque neste projeto, são elas:

- Criação do Conselho Nacional de Política Mineral (CNPM) - órgão de assessoramento da Presidência da República na formulação de políticas para o setor mineral.
- Criação da Agência Nacional de Mineração (ANM) - órgão responsável pela regulação, gestão das informações e fiscalização do setor mineral, tratando-se de uma Autarquia Especial dotada de autonomia administrativa e financeira, vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Esta agência substituirá as funções exercidas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Com relação ao aproveitamento dos recursos minerais, o novo Código estabelece a celebração de contrato de concessão, precedido de licitação ou de chamada pública, ou o regime de autorização. Os direitos minerários somente poderão ser concedidos ou autorizados a sociedades constituídas segundo as leis brasileiras, organizadas na forma empresarial ou em cooperativas, com sede e administração no País.

Ato do Poder Executivo Federal definirá, a partir de proposta elaborada pelo CNPM, as áreas

nas quais a concessão será precedida de licitação. O prazo de vigência do contrato de concessão será de até 40 anos, prorrogáveis por períodos sucessivos de até 20 anos. O contrato de concessão disporá sobre as fases de pesquisa e de lavra e conterá cláusulas como o prazo máximo de duração da fase de pesquisa e o programa exploratório mínimo, critérios de habilitação técnicos e econômico-financeiros, exigência de conteúdo local, entre outras.

A lavra dos minérios para emprego imediato na construção civil, das argilas destinadas à fabricação de tijolos, telhas e afins, das rochas ornamentais, da água mineral e dos minérios empregados como corretivos de solo na agricultura será objeto de autorização, na forma de regulamento. O poder concedente poderá autorizar, mediante requerimento do interessado, o aproveitamento desses bens minerais por meio de celebração de termo de adesão, o qual conterá as regras aplicáveis ao aproveitamento mineral, os direitos e obrigações do seu titular e o prazo, que será de 10 anos renovável por igual período.

Compensação Financeira pela Exploração (CFEM)

O art. 36 estabelece que a alíquota da CFEM poderá ser de até 4% e incidirá sobre a receita bruta da venda, deduzidos os tributos efetivamente pagos incidentes sobre a comercialização do bem mineral. Com relação ao critério de distribuição do montante recolhido a título de CFEM a regra permanece a mesma, ou seja:

- I. 12% para a União;
- II. 23% para o Distrito Federal e os estados, no caso de a produção ocorrer nos seus territórios;
- III. 65% para o Distrito Federal e municípios, no caso de a produção ocorrer em seus territórios.

6.3 - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Por serem consideradas modificadoras do meio ambiente, as atividades voltadas à extração mineral requerem o Licenciamento Ambiental, na forma da Lei nº 6.938/1981, com regulamentação pelas Resoluções CONAMA 09/1990, 10/1990, 237/1997, 303/2002 e 369/2006. As sanções às atividades lesivas ao meio ambiente são tratadas na lei nº 9.605/1998.

Tanto a outorga do registro de Licenciamento da Prefeitura como a Portaria de Lavra ficam condicionadas à apresentação da licença ambiental. O processo de licenciamento ambiental, de acordo com a lei Complementar 140 de 8 de dezembro de 2011, poderá ser conduzido nas três esferas de governo - municipal, estadual ou federal - em função da amplitude do impacto ambiental da atividade mineradora, independente de haver ou não supressão vegetal.

Excluindo-se as atividades de competência exclusiva da união, como por exemplo:

- As localizadas ou desenvolvidas no mar territorial, na plataforma continental ou na zona econômica exclusiva;
- As localizadas ou desenvolvidas em terras indígenas;
- As destinadas a pesquisar, lavar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) etc.

A regra geral de amplitude do impacto adotada na LC-140 estabelece que se o impacto da atividade mineradora ficar restrito ao âmbito de um único município, este tem plena competência legal para licenciar a atividade; no caso da amplitude do impacto abranger dois ou mais municípios dentro do mesmo estado da federação, a competência será do órgão estadual, no caso do Ceará a SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente e, por fim, quando a amplitude do impacto ambiental da atividade envolve dois ou mais estados, a competência legal de licenciar a atividade cabe à federação através do IBAMA – Instituto do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis.

Os procedimentos referentes ao Licenciamento Ambiental são especificados na Resolução CONAMA nº 237/1997 e nas resoluções dos conselhos estaduais de meio ambiente (COEMA). O Artigo 8º desta resolução estabelece que o Poder Público, no exercício de sua competência de controle, expedirá as seguintes licenças:

- I. Licença Prévia (LP): concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade. Aprova sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação.
- II. Licença de Instalação (LI): autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual contribuem motivo determinante.
- III. Licença de Operação (LO): autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

Estas licenças poderão ser expedidas isolada ou sucessivamente, de acordo com a natureza, características e fase do empreendimento ou atividade e só serão liberadas depois de análise e aprovação da proposta apresentada pelo minerador, em função da natureza, do porte e da localização do empreendimento, embasada em documentos

técnicos, a critério do órgão ambiental, os quais são: EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Controle Ambiental) e PCA/RCA/PRAD (Plano de Controle Ambiental e Plano de Recuperação de Áreas Degradadas). O órgão ambiental competente estabelecerá os prazos de validade de cada tipo de licença, especificando-os no respectivo documento.

A Resolução CONAMA nº 09/1990 trata do licenciamento ambiental da extração mineral feita pelos regimes de Autorização e Concessão, tanto na fase de pesquisa, quanto na fase de Concessão de Lavra. Para as substâncias exploradas pelo Regime de Licenciamento o assunto é tratado pela Resolução 10/1990. No caso específico do Registro de Extração, a Licença de Operação, por força do Decreto 3.358/2000, deve ser apresentada no ato da protocolização do requerimento junto ao DNPM.

6.3.1 - Legislação Específica para Áreas de Preservação Permanente (APP)

A intervenção ou supressão de vegetação em Áreas de Preservação Permanente poderá, excepcionalmente, ser autorizada pelos órgãos ambientais competentes, quando for de utilidade pública, interesse social ou causar baixo impacto ambiental, desde que devidamente caracterizada e motivada mediante procedimento administrativo autônomo e prévio, e atendidos os requisitos previstos na Resolução CONAMA Nº 369/2006 e em outras normas federais, estaduais e municipais aplicáveis, bem como no Plano Diretor, Zoneamento Ecológico-Econômico e Plano de Manejo das Unidades de Conservação, quando existentes. As áreas de preservação permanente estão estabelecidas no Código Florestal, Lei 12.651 de 25 de maio de 2012. Consideram-se Áreas de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

- I. As faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:
 - a) 30 m, para os cursos d'água de menos de 10 m de largura;
 - b) 50 m, para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 m de largura;
 - c) 100 m, para os cursos d'água que tenham de 50 a 200 m de largura;
 - d) 200 m, para os cursos d'água que tenham de 200 a 600 m de largura;
 - e) 500 m, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 m de largura;
- II. As áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:
 - a) 100 m, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 m;

- b) 30 m, em zonas urbanas;
- III. As áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;
- IV. As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 m;
- V. As encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- VI. As restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- VII. Os manguezais, em toda a sua extensão;
- VIII. As bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 m em projeções horizontais;
- IX. No topo de morros, montes, montanhas e serras com altura mínima de 100 m e inclinação média maior do que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;
- X. As áreas em altitude superior a 1.800 m, qualquer que seja a vegetação;
- XI. Em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 m, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

6.3.2 - Legislação Específica para Unidades de Conservação (UC)

De acordo com o SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação, Lei 9.985 de 18 de julho de 2000, unidade de conservação é espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

O SNUC é constituído pelo conjunto das unidades de conservação federais, estaduais e municipais, de acordo com o disposto nesta Lei. As unidades de conservação integrantes do SNUC dividem-se em dois grupos, com características específicas:

- I. Unidades de Proteção Integral:

O objetivo básico das unidades de proteção integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas

o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos em Lei (uso amplamente restritivo).

- II. Unidades de Uso Sustentável:

O objetivo básico das unidades de uso sustentável é compartilhar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais (uso menos restrito).

O grupo das unidades de proteção integral é composto pelas seguintes categorias de unidade de conservação:

- I. Estação Ecológica
- II. Reserva Biológica
- III. Parque Nacional – ou Parque Estadual ou Municipal em função do ente federativo que o criou.
- IV. Monumento Natural
- V. Refúgio de Vida Silvestre

Deste grupo tem-se na RMF, a Estação Ecológica do Pecém, o Parque Botânico do Ceará e o Parque Estadual do Rio Cocó, administrados pelo CONPAM.

O grupo das unidades de Uso Sustentável é composto pelas seguintes categorias de unidade de conservação:

- VI. Área de Proteção Ambiental
- VII. Área de Relevante Interesse Ecológico
- VIII. Floresta Nacional - ou Estadual ou Municipal em função do ente federativo que a criou.
- IX. Reserva Extrativista
- X. Reserva de Fauna
- XI. Reserva de Desenvolvimento Sustentável
- XII. Reserva Particular do Patrimônio Natural

Destas categorias são observadas na RMF as APAS da serra da Aratanha, do rio Pacoti, do estuário do Rio Ceará, do lagamar do Cauípe, do Pecém e a ARIE do Sítio Curió, todas administradas pelo CONPAM, além da RESEX do Batoque, administrada pelo ICMBIO. Por se tratar da única Unidade de Conservação criada e gerida por particular a RPPN segue um trâmite de criação mais simplificado, o que propicia seu maior número no estado. Como exemplo na RMF tem-se a RPPN da Lagoa da Sapiranga.

Ainda se carece de agilidade na informação precisa quanto às unidades de conservação no Ceará, fato análogo ocorre como regra no Brasil como um todo. Isso ocorre pois cabe ao ente criador fazer chegar ao Cadastro Nacional de Unidades de Conservação – CNUC todas as informações acerca de novas unidades criadas. A falta dessas informações causa certa desatualização nos dados oficiais sobre as unidades criadas no Brasil.

Vale salientar também as unidades de conservação criadas pelos municípios cearenses, alguns delas em municípios da RMF:

- APA do Balbino localizada em Cascavel;
- APA de Maranguape localizada em Maranguape;
- APA e Parque da Sabiaguaba localizada em Fortaleza.

Em regra, cabe ao ente criador/gestor da unidade de conservação o licenciamento de atividades degradadoras ou potencialmente degradadoras nas suas respectivas unidades, ou seja, se a UC é federal, licencia o IBAMA, se é estadual licencia o estado (SEMACE no caso do Ceará) e se é municipal licencia o município.

A exceção fica para as unidades de conservação de uso sustentável tipo APA, na qual se aplica o princípio da amplitude do impacto da atividade, uma vez que, em geral, as APAS envolvem grandes áreas e muitos municípios, veja-se o exemplo da APA da serra de Baturité no estado do Ceará que envolve 9 municípios. Caso fosse delegado ao estado o licenciamento nessa unidade de conservação, o que seria natural por se tratar de uma UC criada pelo próprio estado, estaria suprimindo o direito legal de todos esses municípios de licenciarem de forma individualizada em seus territórios.

6.3.3 - Legislação Específica para Áreas Indígenas

Atualmente existem na Região Metropolitana de Fortaleza três terras indígenas, totalizando uma superfície de 8.233 ha, em dois diferentes estágios de oficialização (Cavalcanti e Paraíba, 2012):

I. SITUAÇÃO OFICIAL DECLARADA

Terra Indígena Pitaguary – localizada nos municípios de Maracanaú e Pacatuba, com uma área de 1.735ha e uma população de 2.740 habitantes (2011). Abriga os povos Pitaguary, Tapeba e Anacé e atualmente está em situação DECLARADA pela Portaria do Ministro da Justiça nº 2.366, DOU de 18/12/2006, Seção I, pag. 55/56.

Terra Indígena Lagoa Encantada – localizada no município de Aquiraz, possui uma área de 1.731 ha e uma população de 304 habitantes (2011), abrigando os povos da etnia Jenipapo-Kanindé. Encontra-se com situação atual DECLARADA pela Portaria do Ministério da Justiça nº 184, DOU de 24/03/2011.

II. SITUAÇÃO OFICIAL DE IDENTIFICAÇÃO

Terra Indígena Tapeba – situa-se no município de Caucaia e ocupa uma extensão territorial de 4.767 ha. Possui uma população de 6.542 (2011) habitantes das etnias Jenipapo-Kanindé, Tapeba e Anacé. Sua situação jurídica atual é de IDENTIFICAÇÃO.

O Decreto nº 1.775 de 1996, dispõe sobre o procedimento administrativo de demarcação das terras indígenas. O Art. 2º deste decreto estabelece que a demarcação das terras indígenas seja fundamentada em trabalhos desenvolvidos por antropólogo de qualificação reconhecida, que elaborará, em prazo fixado pelo órgão federal de

assistência ao índio (FUNAI), estudo antropológico de identificação.

Para tanto, a FUNAI designará grupo técnico especializado, coordenado por antropólogo, com a finalidade de realizar estudos complementares de natureza etno-histórica, sociológica, jurídica, cartográfica, ambiental e o levantamento fundiário, necessários à delimitação. Após a conclusão dos trabalhos de identificação e delimitação, o grupo técnico apresentará relatório circunstanciado à FUNAI, caracterizando a terra indígena a ser demarcada. Após o recebimento do procedimento e estando o processo devidamente instruído, o Ministro de Estado da Justiça declara, mediante portaria, os limites da terra indígena, determinando a sua demarcação. Por fim, a Terra Indígena é homologada por Decreto Presidencial.

6.4 - ATIVIDADE MINERAL NA RMF

Os dados das Tabelas 6.1, 6.2 e 6.3 foram obtidos no cadastro mineral do DNPM e dizem respeito às áreas requeridas para autorização de pesquisa, concessão e requerimento de lavra e licenciamento na RMF até janeiro de 2014. Estes dados permitiram um levantamento da atividade mineral desenvolvida na RMF neste período, principalmente dos materiais de uso na construção civil, que são os objetos desse trabalho.

As pesquisas de novos depósitos estão voltadas principalmente para areia, argila e rocha, esta tanto para uso como brita, como para fins ornamentais, com destaque para os municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante, na porção oeste da RMF, que juntos totalizam 85 autorizações (Tabela 6.1). Na porção sul-sudeste destacam-se os municípios de Cascavel e Chorozinho, com um total de 36 autorizações (Tabela 6.1). O número crescente de novas pesquisas no setor oeste da RMF, principalmente em Caucaia, deve-se a várias obras de infraestrutura observadas na região, inclusive as obras do Complexo Industrial e Portuário do Pecém.

Das 14 concessões de lavra para brita na RMF, apenas 2 ocorreram nos últimos 5 anos, sendo uma no município de Maracanaú e outra em Caucaia. A maioria das demais concessões já foi concedida há mais de 15 anos, sendo principalmente para brita e areia. Com relação aos requerimentos de lavra, somente o município de São Gonçalo do Amarante detêm 7 dos 17 concedidos, sendo a grande maioria para rocha ornamental (Tabela 6.2).

Os municípios de Caucaia, Aquiraz, Cascavel e São Gonçalo do Amarante respondem por aproximadamente 82% das áreas de licenciamentos da RMF, predominando areia e argila, com destaque para Caucaia na zona oeste e Aquiraz na porção leste, respectivamente com 38 e 35 licenciamentos cada (Tabela 6.3). Com relação à brita destacam-se os municípios de Caucaia e Itaitinga, somando juntos 9 do total de 11 licenciamentos.

Tabela 6.1 – Autorizações de Pesquisa na RMF.

MUNIC./SUBST.	AREIA	ARGILA	SAIBRO	BRITA	ROCHA ORNAM.	CALCÁRIO	TOTAL
Aquiraz	01	-	-	-	-	-	01
Cascavel	18	-	-	-	-	-	18
Caucaia	16	14	01	08	12	04	55
Chorozinho	13	04	-	-	01	-	18
Eusébio	01	-	-	-	-	-	01
Fortaleza	03	-	-	-	-	-	03
Guaiuba	-	-	-	-	-	-	-
Horizonte	05	01	-	-	-	-	06
Itaitinga	-	-	-	06	-	-	06
Maracanaú	-	-	-	03	01	-	04
Maranguape	-	02	-	-	03	02	07
Pacajus	-	-	-	-	01	-	01
Pacatuba	-	-	-	-	01	-	01
Pindoretama	-	-	-	-	-	-	-
São Gonçalo	13	01	-	-	14	02	30
TOTAL	70	22	01	17	33	08	151

FONTE: Cadastro Mineral DNPM – Janeiro/2014

Tabela 6.2 – Concessões e Requerimentos de Lavra na RMF.

MUNIC./SUBST.	AREIA		BRITA		ROCHA ORNAM.		CALCÁRIO		TOTAL	
	CL	RL	CL	RL	CL	RL	CL	RL	CL	RL
Aquiraz	-	01	-	-	-	-	-	-	-	01
Cascavel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caucaia	-	-	02	01	-	02	02	-	04	03
Chorozinho	07	01	-	-	-	-	-	-	07	01
Eusébio	-	-	01	-	-	-	-	-	01	-
Fortaleza	01	-	-	-	-	-	-	-	01	-
Guaiuba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Horizonte	01	-	-	-	-	-	-	-	01	-
Itaitinga	-	-	04	02	-	-	-	-	04	02
Maracanaú	-	-	03	-	01	-	-	-	04	-
Maranguape	-	-	01	-	-	-	-	-	01	-
Pacajus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pacatuba	-	-	03	-	-	-	-	-	03	-
Pindoretama	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
São Gonçalo	01	03	-	-	-	07	-	-	01	10
TOTAL	10	05	14	03	01	09	02	-	27	17

FONTE: Cadastro Mineral do DNPM – Janeiro/2014

CL – Concessão de Lavra e RL – Requerimento de Lavra

A Tabela 6.4 apresenta um comparativo entre o número de requerimentos para brita, rocha ornamental, pedra de talhe, areia, calcário, argila e saibro no estado do Ceará e na RMF. Ao todo foram protocolados 1.903 requerimentos no estado para estas substâncias, até janeiro de 2014. Desse total, aproximadamente 16,5%, ou seja, 314 foram para a RMF. De acordo com a tabela verifica-se que no Ceará os granitos e rochas afins, utilizados tanto para produção de brita e pedra de talhe, como para rochas

ornamentais lideram o número de requerimentos (576), seguidos da areia (458), calcário (447) e argila (382). Esta ordem difere na RMF, onde a areia aparece com o maior número de requerimentos (167), enquanto brita e rochas ornamentais aparecem em segundo lugar (89). Observa-se que o calcário, embora apresente uma boa participação no estado, com 447 requerimentos, na RMF é menos representativo, sendo contabilizados apenas 10 requerimentos.

Tabela 6.3 – Licenciamentos na RMF.

MUNIC./SUBST.	AREIA	ARGILA	SAIBRO	BRITA	ROCHA ORNAM.	TOTAL
Aquiraz	33	01	01	-	-	35
Cascavel	09	04	01	-	-	14
Caucaia	22	08	01	06	01	38
Chorozinho	01	03	01	-	-	05
Eusébio	-	-	-	-	-	-
Fortaleza	02	-	01	-	-	03
Guaiuba	02	-	-	-	-	02
Horizonte	-	-	-	-	-	-
Itaitinga	01	-	01	03	-	05
Maracanau	-	-	-	01	-	01
Maranguape	02	-	-	-	-	02
Pacajus	-	-	-	-	-	-
Pacatuba	01	-	-	01	-	02
Pindoretama	01	-	-	-	-	01
São Gonçalo	08	03	-	-	-	11
TOTAL	82	19	06	11	01	119

FONTE: Cadastro Mineral do DNPM – Janeiro/2014

Tabela 6.4 – Número de requerimentos no Ceará e na RMF até janeiro de 2014 para as principais substâncias de uso na construção civil.

SUBSTÂNCIAS	CEARÁ				TOTAL CEARÁ	RMF				TOTAL RMF
	AP	CL	RL	L		AP	CL	RL	L	
GRANITOS E ROCHAS AFINS*	339	53	131	53	576	50	15	12	12	89
AREIA	145	24	12	277	458	70	10	05	82	167
CALCÁRIO	323	53	56	15	447	08	02	-	-	10
ARGILA	183	08	24	167	382	22	-	-	19	41
SAIBRO	04	-	-	36	40	01	-	-	06	07
TOTAL	994	138	223	548	1903	151	27	17	119	314

*Brita, rocha ornamental e pedra de talhe.

AP – Autorização de pesquisa, CL – Concessão de Lavra, RL – Requerimento de Lavra e L – Licenciamento.

7 – DIAGNÓSTICO TÉCNICO ECONÔMICO

7.1 - GENERALIDADES

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

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

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

Diante da importância econômica e social dos recursos minerais de uso na construção civil da RMF, faz-se necessário uma avaliação do atual cenário produtivo destes insumos, bem como o traçado de projeções futuras para a atividade minero-industrial. Aliando demanda e sustentabilidade, fatores como fontes de suprimento, restrições à extração e ordenamento territorial, são de extrema importância no sentido de preservar áreas para atividade mineral e compatibilizá-las com o desenvolvimento urbano.

7.2 - MERCADO BRASILEIRO

De acordo com a ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil (2013), a indústria de agregados (areia e brita) envolve cerca de 3.100 empresas, das quais 600 produzem brita e 2.500 areia, gerando em conjunto um total de 75.000 empregos diretos e 250.000 indiretos.

A Tabela 7.1 indica os principais segmentos consumidores de brita e areia, e seu percentual de participação no mercado, segundo a ANEPAC (2013).

De acordo com Luz e Almeida (2012), 60% dessas empresas produzem menos de 240.000 toneladas por ano e os 40% restantes produzem valores entre 240.000 e 480.000 toneladas/ano. Segundo os mesmos autores, a brita representa em média 2% do custo total de uma edificação e

Tabela 7.1 – Distribuição em percentual dos principais segmentos consumidores de brita e areia (ANEPAC, 2013).

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

60% do seu volume, enquanto que em obras de pavimentação sua participação pode chegar a 30%.

A produção de agregados no ano de 2010 foi da ordem de 623 milhões de toneladas, com um faturamento de 12 bilhões de reais, colocando a areia e a brita em primeiro e segundo lugares, respectivamente, no *ranking* da Produção Mineral Brasileira, excetuando-se os minerais energéticos (ANEPAC, 2013).

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

Com relação ao setor de rochas ornamentais, consta no Sumário Mineral Brasileiro (Maia e Heider, 2012), que a cadeia produtiva de rochas no Brasil compreende cerca de 7.000 marmorarias, 2.200 empresas de beneficiamento, 1.600 teares, 1.000 empresas dedicadas à lavra, com aproximadamente 1.800 frentes ativas e legalizadas, em cerca de 400 municípios, gerando em torno de 135.000 empregos diretos, com transações comerciais estimadas em valores da ordem de 4,4 bilhões de dólares. A pesquisa relata ainda que o Brasil produziu em 2011 um total de 9 milhões de toneladas de pedra para revestimento, o que equivale a um aumento de 1,1% em relação a 2010, cuja produção foi de 8,9 milhões de toneladas. Aumento este, mais uma vez impulsionado pela manutenção do crescimento da construção civil e das obras de infraestrutura. A participação dos granitos e similares correspondeu praticamente a 50% da produção nacional, seguidos dos outros tipos de rochas.

Segundo o IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração (2012) o aumento dos investimentos nacionais em infraestrutura para que o Brasil sedie os eventos esportivos mundiais é garantia para que a demanda por agregados (areia, brita, cascalho, argila) continue em alta até 2022. A pesquisa aborda a importância desses insumos, onde: para cada km de uma linha do metrô são consumidos 50.000 toneladas de agregados; para a estrada pavimentada são cerca de 9.800 toneladas; em casas populares de 50 m² são utilizadas 68 t; enquanto que em edifícios são consumidos 1.360 t para cada 1.000 m² construídos. O gráfico (Figura 7.1) apresenta a evolução das curvas de agregados, areia e brita desde 1997, com projeção estimada até 2022, com base na correlação da demanda por cimento e do Produto Interno Bruto (PIB) nacional (IBRAM, 2012).

7.3 - BENS MINERAIS PARA A CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO NA RMF

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

Em revista publicada pela FIEC – Federação das Indústrias do Estado do Ceará (2013) consta que a construção civil responde por 24,1% da indústria cearense e o produto interno bruto (PIB) do setor corresponde a 5,7% do PIB do estado. A mesma pesquisa aborda que 80% da concentração espacial do parque fabril cearense se encontra na Região Metropolitana de Fortaleza, dentre as

quais, as empresas do setor da construção civil representam 30%. A nota relata ainda que no Ceará há 5.690 estabelecimentos relacionados com a cadeia produtiva da construção civil e que estes são responsáveis por cerca de 90 mil empregos formais e uma massa salarial de 99,9 milhões de reais.

A Indústria de cerâmica vermelha da RMF destaca-se pela produção de tijolos e conta atualmente com 68 olarias legalizadas no Departamento Nacional de Produção Mineral, variando entre micros, pequenas e médias empresas. A Figura 7.2 mostra o número de empresas ceramistas no estado, distribuídas por regiões, segundo dados cedidos pela FIEC (2013). Observa-se que o maior polo cerâmico é o da região de Jaguaribe, representado pelo município de Russas e, em segundo lugar, está a RMF e municípios vizinhos, que corresponde a 26% do total do estado. De acordo com entrevistas realizadas em 17 empresas e considerando 2,3 kg de argila por cada peça, o consumo médio de argila é de 2.000 toneladas/mês, com uma produção média aproximada de 900 milheiros/mês, podendo chegar a 3.000 milheiros/mês no caso de olarias automatizadas. Entre as empresas pesquisadas, tendo como destino final o município de Fortaleza, o milheiro é vendido em média por R\$ 250,00, com fretes entre R\$ 50,00 a R\$ 60,00, podendo chegar a R\$ 80,00 para os municípios mais distantes como Cascavel, Chorozinho e São Gonçalo do Amarante. Entregas para municípios fora da RMF e para outros estados são mais raras, embora possam ocorrer e tem no frete valores diferenciados. Municípios como Trairi, Paraipaba, Guaraciaba do Norte e Viçosa do Ceará, além dos estados do Piauí e Rio Grande do Norte foram citados por algumas empresas do setor entrevistadas. São poucas as empresas que admitiram participar de programas de reflorestamento. A maioria dos produtores estoca argila por até 4 meses e a vida útil das jazidas está avaliada em aproximadamente 33 anos.

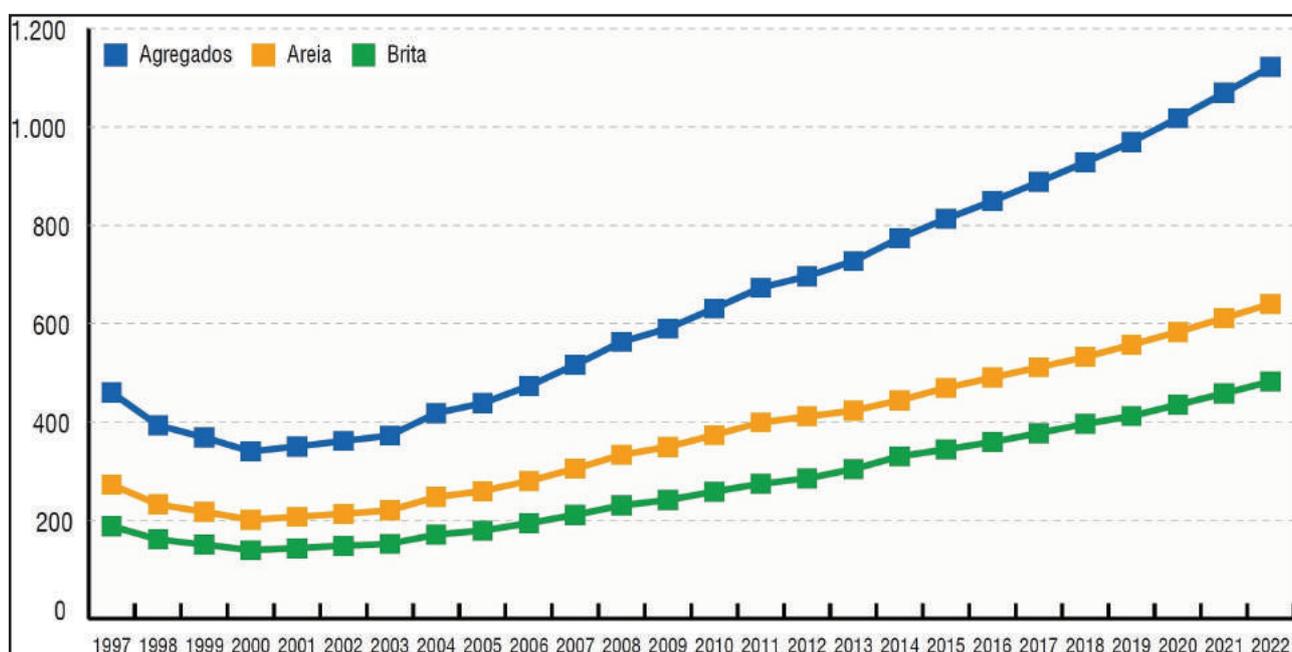


Figura 7.1 – Consumo de agregados no Brasil (em milhões de toneladas), com projeção até 2022 (IBRAM, 2012).

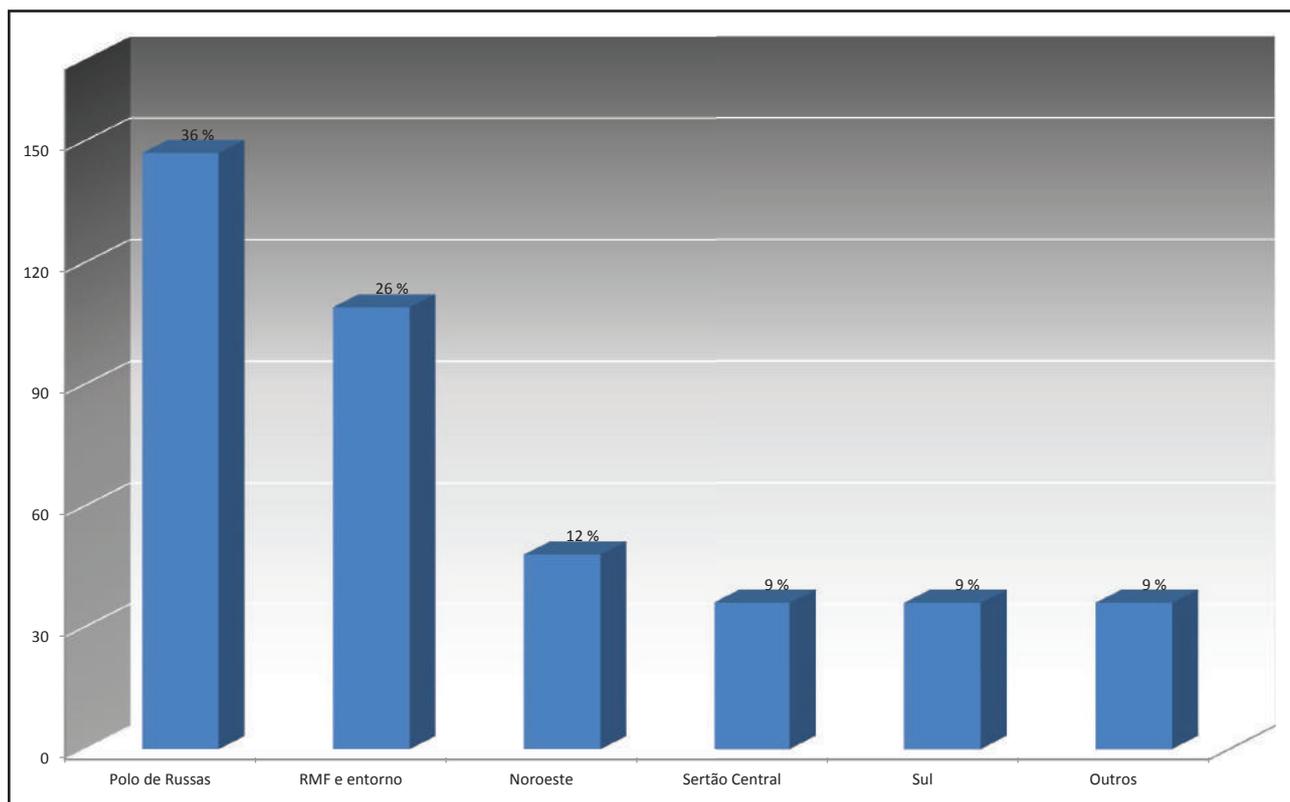


Figura 7.2 – Número de empresas dos polos cerâmicos do Ceará (FIEC, 2013).

Estimativa apontada por Cavalcanti e Parahyba (2012), relata que a Região Metropolitana de Fortaleza é responsável pelo consumo de pouco mais da metade do total de agregados produzidos no estado, sendo que a brita corresponde a 84% e a areia 36%. Ainda segundo a mesma fonte, nos últimos trinta anos, a RMF consumiu cerca de 50 milhões de metros cúbicos de areia e brita.

Na RMF os empreendimentos que abrangem a produção de brita são bem estruturados e reconhecidos tradicionalmente no mercado. São poucas as empresas envolvidas e atuam a preços competitivos. Foram reconhecidas quatorze, ao todo, formando cinco importantes polos produtores, localizados nos municípios de Caucaia, Maracanaú, Pacatuba, Itaitinga e Eusébio.

A partir de entrevistas realizadas com os produtores, constatou-se que o valor da brita atualmente oscila entre R\$ 44,00 e R\$ 60,00/m³, com uma média de R\$ 49,00/m³, incluso o frete, considerando Fortaleza, a capital do estado, como sendo o grande mercado consumidor. A produção média mensal, entre as 14 beneficiadoras é de 36.000 t, o que corresponde a uma produção anual de aproximadamente 6.000.000 de t. De acordo com Cavalcanti e Parahyba (2012), a produção em 2001 e 2010 foi, respectivamente, de 1.000.000 t e 3.000.000 t, caracterizando um aumento de 200% neste período. Comparando esses valores com a situação atual de 6.000.000 t, verifica-se que houve aumento de 100% em relação a 2010 e de 500% em relação a 2001. Apesar da produção já ser suficiente para atender à atual demanda, as empresas funcionam com cerca

de 34% abaixo da sua capacidade instalada, o que lhes permite suprir demandas futuras e como a RMF é dotada de grandes elevações rochosas, a vida útil para estes depósitos ultrapassa a cem anos.

Ao contrário do que acontece no setor de brita, o índice de informalidade na extração de areia é grande, o que torna difícil atribuir valores precisos de produção/consumo. As atividades de lavra regularizadas são realizadas por micros e pequenas empresas, distribuídas na faixa costeira em se tratando de areia vermelha, ou ao longo das principais drenagens que banham a RMF, no caso de areia aluvionar. No geral, entre lavras em produção ou paralisadas, regularizadas ou não, os municípios envolvidos são Aquiraz, Guaiúba, Cascavel, Chorozinho, Horizonte, Caucaia, São Gonçalo do Amarante, Fortaleza, Pacatuba e Pacajus.

De acordo com informações obtidas junto ao setor produtor, mediante entrevistas, o preço da areia, incluindo o frete, aponta uma média de R\$ 20,00/m³ para entrega em Fortaleza. A produção é de aproximadamente 5.000 m³/mês, considerando a média de sete produtores entrevistados.

Segundo Cavalcanti e Parahyba (2012), dados da produção formal de areia na RMF mostram que houve um declínio em 2009, para quase todos os municípios, quando comparado a 2008, porém considerando a produção total anual entre o período de 2006 até 2009, os números apontam para um crescimento constante deste bem mineral. Ainda de acordo com os mesmos autores, o consumo de areia na RMF para o ano de 2010 foi de 2.500.000

t. Este consumo corresponde a cerca de 208.000t/mês, ou seja, o que se consome é superior ao que se produz. Em outras palavras, a produção de 5.000 m³/mês representa apenas 2% da demanda. Com isso, conclui-se que para suprir este déficit, os outros 98% provêm de fontes localizadas fora da RMF. Em virtude da preferência do mercado pela areia aluvionar e considerando a produção atual, bem como a estimativa de reserva calculada para estes depósitos, supõe-se que a vida útil deste bem mineral encontra-se comprometida. Com reservas praticamente esgotadas, é inevitável a formação de polos de extração para além do entorno da RMF, encarecendo o produto e onerando o consumidor.

7.4 - ARRECADAÇÃO DA CFEM

A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM foi estabelecida pela Constituição Federal de 1988, sendo devida aos estados, Distrito Federal, municípios e órgãos da administração da União, como contraprestação pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios, competindo ao DNPM baixar normas e exercer fiscalização sobre sua arrecadação. Os recursos arrecadados são distribuídos da seguinte forma: 12% para a União; 23% para o estado onde for extraída a substância; e 65% para o município produtor. Os recursos oriundos da CFEM devem ser aplicados em projetos, que direta ou indiretamente revertam em prol da comunidade local, na forma de melhoria da infraestrutura, da qualidade ambiental, da saúde e educação. Não podem ser aplicados em pagamento de dívida ou no quadro permanente de pessoal da União, dos estados, Distrito Federal e dos municípios. A CFEM deve ser paga por todos que exercem atividade de mineração em decorrência da exploração ou extração de recursos minerais, ou seja, que retiram substâncias minerais para fins de aproveitamento econômico. Constitui fato gerador da CFEM a saída por venda do produto mineral das áreas da jazida, mina, salina ou outros depósitos minerais e, ainda, a utilização, a transformação industrial do produto mineral ou mesmo o seu consumo por parte do minerador. As alíquotas aplicadas sobre o faturamento líquido para obtenção do valor da CFEM variam de acordo com a substância mineral, tais como (DNPM, 2014):

- 3% para minério de alumínio, manganês, sal-gema e potássio.
- 2% para ferro, fertilizante, carvão e demais substâncias.
- 1% para ouro.
- 0,2% para pedras preciosas, pedras coradas lapidáveis, carbonados e metais nobres.

De acordo com o DNPM (2014), no estado do Ceará foram recolhidos através da CFEM R\$ 3.914.921,65, no ano de 2013. Deste total, a RMF é responsável

por R\$ 739.559,36, valores estes arrecadados apenas com os produtores de areia, argila, saibro e rochas para usos diversos em obras de construção civil (brita, pedra de talhe e ornamental). Mesmo considerando um número bem restrito de bens minerais, a CFEM na RMF corresponde a aproximadamente 19% do total arrecadado no estado, o que enfatiza a importância das substâncias minerais de uso na construção civil para a economia do Ceará. A substância com maior arrecadação entre as analisadas foi a brita, apresentando crescimento constante nos últimos quatro anos, sendo acompanhado pela areia (Figura 7.3). O município com o maior recolhimento, considerando apenas as mesmas substâncias acima citadas foi Caucaia, com R\$ 387.145,37 arrecadados, representando 52% da RMF (Tabela 7.2).

7.5 - PERSPECTIVAS

Cerca de 50% da população cearense reside na Região Metropolitana de Fortaleza e é por este motivo que cada vez mais construtoras vêm investindo nessas áreas. Atualmente, o mercado imobiliário no Ceará é favorável, mas o déficit habitacional no estado ainda é grande, o que abre espaço para maiores investimentos.

O PAC – Programa de Aceleração do Crescimento a partir de um planejamento estratégico tem contribuído notavelmente, desde 2007, para o aumento em obras fundamentais, além de gerar empregos e renda. Recursos e parcerias colaboraram para o avanço de obras estruturantes, que contribuíram para melhorar a qualidade de vida nas cidades brasileiras. A parceria com o Serviço Geológico do Brasil permite a obtenção de informações geológicas, ampliando o conhecimento sobre os recursos minerais, que estimulam investimentos na pesquisa e produção de bens minerais.

Na RMF merecem destaque diversas obras do PAC, que delas demandam uma importante procura por materiais de construção civil, tais como:

- Construção de unidades habitacionais, através do programa MINHA CASA, MINHA VIDA, tendo como meta reduzir o déficit habitacional brasileiro, um dos problemas mais crônicos do país;
- Expansão do sistema rodoviário envolvendo a duplicação, pavimentação, acesso a portos, contornos e travessias urbanas, para a eliminação de pontos de estrangulamento em eixos estratégicos, como por exemplo, melhorias na BR-020/CE, BR-116/CE, e BR-222/CE;
- Expansão da malha ferroviária para criar um ambiente mais competitivo no transporte de cargas, incentivar a utilização da capacidade da infraestrutura ferroviária e estimular novos investimentos;

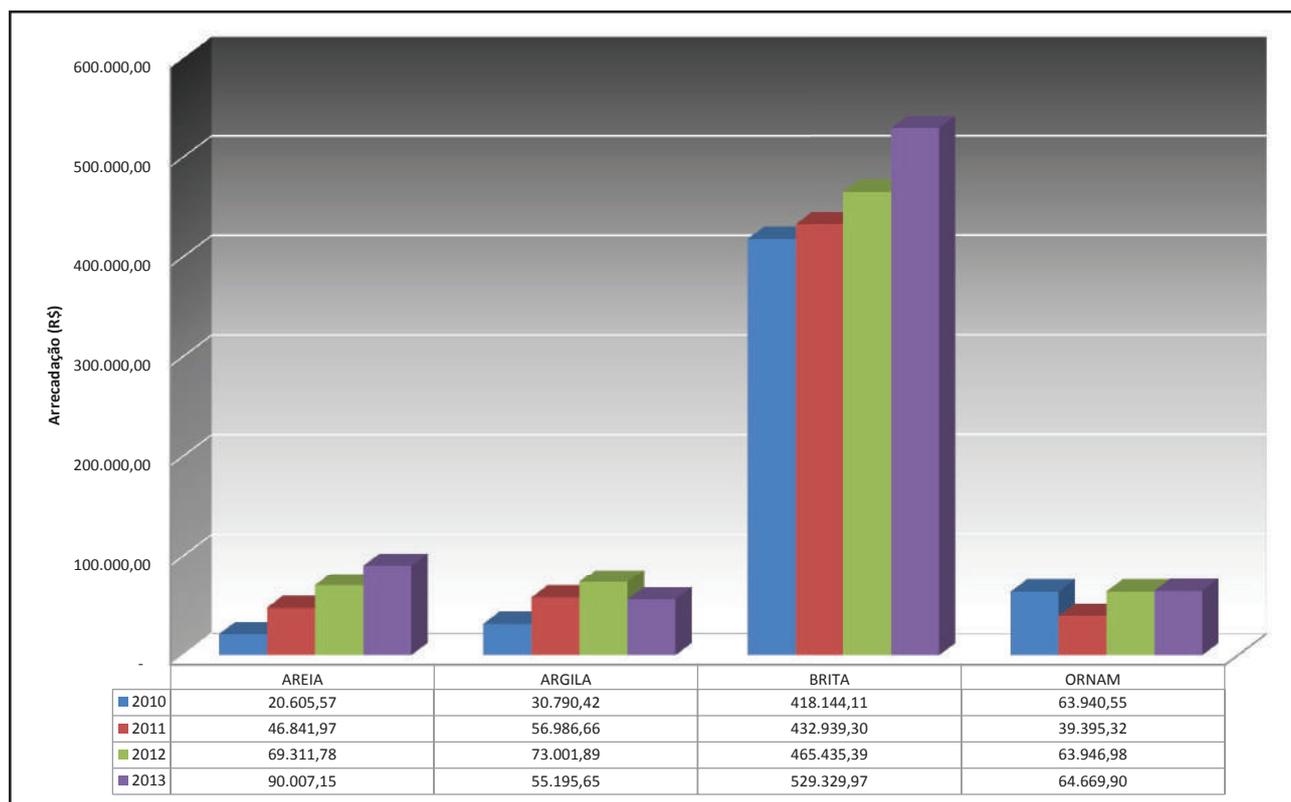


Figura 7.3 – Arrecadação da CFEM, por substância, na RMF, entre o período de 2010 a 2013.

Tabela 7.2 – Arrecadação da CFEM por substância, nos municípios da RMF, em 2013 (DNPM, 2014).

SUBST./ MUNIC.	AREIA	ARGILA	SAIBRO	BRITA*	ORNAM.**	TOTAL POR MUNIC.
Aquiraz	15.042,19	15.591,39	183,07	-	-	30.816,64
Cascavel	472,18	21.473,52	-	-	-	21.945,70
Caucaia	2.815,47	12.763,37	-	371.566,52	-	387.145,37
Chorozinho	50.586,76	1.044,44	-	-	-	51.631,20
Eusébio	-	-	-	10.402,66	-	10.402,66
Fortaleza	-	-	173,62	-	-	173,62
Guaiúba	4.526,90	413,03	-	-	-	4.939,93
Horizonte	7.749,80	-	-	-	-	7.749,80
Itaitinga	-	-	-	54.331,06	-	54.331,06
Maracanaú	-	-	-	67.072,17	10.613,53	77.685,70
Maranguape	537,56	-	-	-	-	537,56
Pacajus	-	-	-	-	-	-
Pacatuba	-	-	-	22.077,99	21.505,25	43.583,24
Pindoretama	-	-	-	-	-	-
São Gonçalo do Amarante	8.276,29	3.909,90	-	3.879,57	32.551,12	48.616,88
TOTAL POR SUBST.	90.007,15	55.195,65	356,69	529.329,97	64.669,90	739.559,36

* granito, gnaisse e fonólito para uso como brita e pedra de talhe.

** granito e traquito para uso como rocha ornamental.

- Investimento em ampliação, recuperação e modernização de portos, visando uma redução nos custos logísticos, melhora da eficiência operacional, aumento da competitividade das exportações e incentivo ao investimento privado;
- Expansão da capacidade aeroportuária, por meio da ampliação e reforma do terminal de passageiros, pátio de aeronaves e adequação do sistema viário;
- Ações de ampliação na cobertura de serviços comunitários nas áreas de saúde, educação e cultura. Fazem parte desse eixo a ampliação da oferta de Unidades de Pronto Atendimento (UPAs), as Unidades Básicas de Saúde (UBS), creches e pré-escolas, quadras esportivas nas escolas e praças de esportes e da cultura;
- Investimento em obras de prevenção em áreas de risco, como por exemplo: contenção

de encostas em áreas de risco, controle de enchentes e inundações com obras de drenagem, além da redução de áreas vulneráveis a deslizamentos. Obras realizadas: ampliação do sistema de drenagem urbana na bacia do rio Maranguapinho, execução de barragem, serviços de dragagem do rio Cocó e remanejamento de famílias, drenagem urbana na sede municipal de Maracanaú;

- Projetos de melhoria, ampliação e implantação de sistemas de transporte público coletivo em execução, onde estão sendo investidos recursos em metrô, *bus rapid transit* (BRTs), corredores de ônibus, veículos leves sobre trilhos, aeromóvel, entre outros.

A execução dessas obras tem resultado em crescimento para o setor, aquecendo o mercado nos últimos anos, principalmente no que diz respeito ao consumo de matérias-primas minerais de uso na construção civil. Entretanto, apesar de existirem significativos depósitos dessas matérias-primas voltados ao setor da construção civil na RMF, o seu aproveitamento econômico está condicionado

a certos fatores, principalmente no que diz respeito a formas de uso e ocupação do solo, que vêm reduzindo o número de áreas disponíveis e promissoras, colocando em risco o abastecimento futuro da região.

O atual crescimento favorece grandes demandas de materiais para construção civil e isso conduz empresas a investirem não só na melhor qualidade de seus produtos, inovando em tecnologia, como também no aproveitamento racional dos seus insumos minerais. Este cenário alerta sobre a importância da efetivação de planos de ordenamento territorial em função do crescimento da atividade extrativa mineral de forma a atender às necessidades da RMF.

É nesse contexto que a CPRM – Serviço Geológico do Brasil pode contribuir de forma decisiva, fornecendo informações sobre a geologia da RMF. Este trabalho, subsidiado pelo PAC, permitiu a definição de áreas potenciais para produção de insumos de uso na construção civil, bem como uma avaliação da qualidade e da quantidade desses insumos, imprescindíveis para a realização das atuais e futuras obras da RMF.

8 – ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL

Para delinear as áreas que atualmente possuem relevante interesse mineral na RMF foram considerados os principais condicionantes dos depósitos, tais como: dados econômicos atuais, arcabouço geológico, minas em produção e minas temporariamente paralisadas. A partir do estudo executado verificou-se que, dos minerais para uso na construção civil, os insumos de maior relevância na RMF são: brita (granitos, gnaisses, migmatitos e fonólitos), areia aluvionar, argila para cerâmica vermelha e rocha ornamental (principalmente traquito), com menor importância atribuída ao saibro, calcário e diatomita. Os principais insumos foram respectivamente classificados em quatro classes, denominadas I, II, III e IV, as quais constam no Mapa de Áreas de Relevante Interesse para Mineração (anexo VI).

A classe I, representada pelos granitos, gnaisses, migmatitos e fonólitos, utilizados principalmente para pedra britada, é a de maior relevância atualmente na região, assim considerada devido à organização das empresas, com minas oficialmente regularizadas, lavras mecanizadas, eficiência produtiva e maior número de mão de obra empregada. As principais pedreiras concentram-se nos granitos, que abrangem as serras de Maranguape e Pacatuba e serrote de Itaitinga, de municípios homônimos e serras do Camará e Jacurutu, em Caucaia; no granitoide Santa Quitéria, representado pela serra do Juá, no município de Caucaia; e no fonólito do serrote Cararu, em Eusébio. O volume de recursos disponíveis pode ser considerado abundante e suficiente para atender à demanda ainda por algumas décadas. Porém é necessário ordenamento do espaço territorial, a fim de garantir a manutenção da vida útil das pedreiras em atividade e a preservação de áreas potenciais, evitando conflitos com a ocupação do meio físico, em virtude do avanço progressivo da urbanização.

A classe II, que corresponde às areias aluvionares, é outra importante fonte de suprimento à indústria da construção civil, cujas principais

aplicações exigem grande demanda para o preparo de concreto e de argamassas de assentamento e revestimento. Os principais depósitos explorados são nos leitos ativos dos principais rios, onde a atividade extrativa é, muitas vezes, realizada de forma clandestina, o que demonstra a falta de ordenamento e fiscalização. Em virtude, principalmente, do grande desenvolvimento urbano, os recursos estimados desses depósitos não são suficientes para atender à demanda da RMF, respondendo apenas por 2%, sendo o déficit suprido por fontes de municípios do entorno.

Os insumos minerais da classe III, as argilas, apresentam um cenário econômico atual relativamente favorável. Toda a produção é voltada ao uso como cerâmica vermelha, essencialmente à fabricação de tijolos. Grande parte da atividade extrativa é desenvolvida por olarias rudimentares, semimecanizadas, no entanto existem beneficiadoras de grande porte, com sistema de produção automático. Nestes casos os processos tecnológicos possuem maior controle de qualidade. Os depósitos explorados são os aluvionares de planícies de inundação, com recursos estimados ainda considerados suficientes para atender à demanda atual. Porém a necessidade de conhecimento das propriedades tecnológicas para maior aproveitamento das jazidas é nítida.

A classe IV, representada pelas rochas alcalinas utilizadas como rocha ornamental, é atualmente a menos relevante. O principal desenvolvimento de atividade extrativa ocorre no município de São Gonçalo do Amarante. O depósito é do tipo vulcânico alcalino, formado por pequenos maciços residuais, de pouca altitude (inferior a 100 m). Hoje o mercado denomina essas rochas como “granitos exóticos”, por apresentarem características estéticas especiais, de alto valor econômico, com produção em pequena escala, utilizados principalmente em ambientes de decoração. Os recursos estimados são considerados de pequeno porte, sendo as lavras realizadas de forma intermitente.

9 – DIRETRIZES E AÇÕES PARA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL

9.1 - GENERALIDADES

O setor de mineração constitui a base de muitas cadeias produtivas, o que demonstra a importância do aproveitamento das reservas minerais, a fim de assegurar o suprimento das necessidades e propiciar uma melhor qualidade de vida às gerações atuais e futuras, baseado nos princípios da sustentabilidade.

Proceder dessa forma é um grande desafio para a atividade extrativa mineral, que é reconhecidamente geradora de grande impacto ambiental, porém de suma importância, por atender à demanda da sociedade e por gerar emprego, renda, além de arrecadar tributos.

A sociedade atual necessita de minerais utilizados na construção civil para garantir o progresso, com obras de infraestrutura, habitação e desenvolvimento industrial. O baixo valor unitário destes insumos exige que a extração ocorra próxima aos centros urbanos. No entanto, esta proximidade complica a relação da população com as jazidas, além de aumentar as restrições ambientais.

A RMF, como a maioria das outras regiões metropolitanas do país, caracteriza-se como um espaço territorial de grande concentração demográfica e crescente desenvolvimento industrial, que somado às restrições ambientais existentes, passa por diversos conflitos entre a atividade de mineração, o uso e ocupação do solo e a devida proteção ao meio ambiente. Atualmente o que se observa é a exaustão de várias jazidas, principalmente de areia e argila, e a necessidade de se buscar estes materiais, cada vez mais distantes, para suprir as necessidades de consumo. Outro problema comum, principalmente nos municípios de Itaitinga e Eusébio, é a ocupação pela população no entorno das pedreiras, muitas destas há várias décadas existentes nestes municípios, antes mesmo da chegada da população. A necessidade de ordenamento territorial para proteção destas jazidas é nítida, considerando que a localização natural das mesmas é um fator imutável.

Para que se possa usufruir ordenadamente e de forma sustentável do que ainda resta dos recursos minerais existentes nas redondezas da RMF é necessário um comprometimento conjunto do poder público, dos empresários do setor mineral e da sociedade civil.

9.2 - DIRETRIZES E AÇÕES DO PODER PÚBLICO

Ao poder público cabe valorizar o setor mineral através de programas que contemplem o planejamento, ordenamento e aprimoramento tecnológico da mineração. A falta de planejamento

urbano favorece o crescimento desordenado e a ocupação inadequada das áreas próximas às jazidas. Os municípios devem dispor de instrumentos legais que considerem a coexistência da mineração com o desenvolvimento urbano, com a agricultura e com a preservação ambiental. Para tanto, faz-se necessário que a mineração esteja inserida nos programas de desenvolvimento socioeconômico e planejamentos urbanos e regionais, de modo a assegurar o suprimento contínuo, estável e harmônico dos bens minerais para a melhoria da qualidade de vida das populações (IPT, 2003, *in* Batista, 2010).

Os Planos Diretores e as Leis de Uso e Ocupação do Solo são instrumentos municipais de gestão territorial importantes para realização da organização territorial. No entanto, de acordo com Batista (2010), os planos diretores dos municípios da RMF não abordam de forma adequada a questão da mineração e, em particular, a de agregados. Além disso, as empresas de mineração da região não têm suporte do poder público para amenizar ou reverter os conflitos de uso e ocupação do solo em suas atividades (Batista, *op. cit.*).

Na RMF predominam formas de uso e ocupação do solo voltadas para os setores do comércio, serviços e ocupação urbana que é mais intensa no seu setor central, onde está inserida a capital do estado. A ocupação industrial ocorre principalmente a oeste e em parte da porção central, enquanto que as principais áreas turísticas perfazem o seu litoral. Completando o quadro de ocupação da região as áreas de preservação ambiental e as terras indígenas são áreas caracteristicamente restritivas à mineração.

Os conflitos da mineração com outras formas de uso e ocupação do solo, bem como os impactos ambientais gerados por esta atividade, têm levado a uma redução significativa no número de jazidas disponíveis. A demanda crescente destes insumos na RMF demonstra a necessidade do poder público garantir a atividade de mineração de forma sustentável.

Cabe ainda ao poder público, por meio dos órgãos competentes, cobrar das empresas mineradoras a realização de trabalhos de dimensionamento e aproveitamento adequado de suas reservas, além de eliminar a atividade de mineração informal e clandestina, para que sejam diminuídos ou pelo menos amenizados os danos ambientais e a exploração predatória das jazidas.

Torna-se necessário, também, o apoio à pesquisa mineral, com investimentos em estudos geológicos, para que sejam identificadas possíveis áreas potenciais para novas jazidas de materiais para construção civil, visando suprir a necessidade da população e as crescentes obras de infraestrutura e habitação da RMF.

9.3 - DIRETRIZES E AÇÕES DAS EMPRESAS DO SETOR MINERAL

As empresas do setor mineral devem procurar elaborar projetos de mineração tecnicamente estruturados, objetivando o uso racional de suas reservas e o menor dano possível ao meio ambiente. Necessitam ainda aplicar as medidas mitigadoras cabíveis aos impactos ambientais, que porventura venham a causar, além de buscar melhorar a qualidade de seus produtos. Portanto o investimento em novas tecnologias, em materiais alternativos, no *design* de seus produtos, entre outras coisas, visa o uso racional dos insumos, com menor quantidade de materiais por unidade de produto e melhor aproveitamento dos seus rejeitos.

Algumas empresas da RMF, principalmente do segmento cerâmico, já investem em novas matrizes energéticas, substituindo a lenha nativa por biomassa, e em ações de reflorestamento, preservação de mata nativa, criação conservacionista, reaproveitamento de resíduos e também na educação dos colaboradores sobre a preservação ambiental. Além disso empresas do setor cerâmico e de brita atuam de forma integrada com as comunidades do entorno de suas jazidas, absorvendo mão de obra local e por meio de ações sociais.

9.4 - DIRETRIZES E AÇÕES DA SOCIEDADE CIVIL

Quando tratamos de educação em nosso ambiente natural e construído, devemos considerá-la como um instrumento de socialização, visando mudanças de atitudes, com ênfase às práticas corretas de conservação e respeito à natureza (SEMACE, 2005).

Mudanças de valores na sociedade também são necessárias e devem resultar em práticas mais avançadas em termos de consumo sustentável, como por exemplo a intensificação da reciclagem e

a substituição de materiais, que terá como resultado a menor demanda por recursos minerais. Torna-se importante que a sociedade cobre dos órgãos competentes e das empresas do setor mineral ações pautadas na sustentabilidade.

A Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE, dentro das suas atribuições em desenvolver programas educativos, propõe um curso de capacitação para multiplicadores em educação ambiental. O programa visa implantar conhecimento e aprendizagem no cotidiano da sociedade, fazendo com que esta siga caminhos eficazes quanto à prática de atitudes que melhorem a qualidade do ambiente. O agente multiplicador pode ser um representante da empresa ou membro da comunidade que pretenda contribuir para a melhoria da qualidade de vida da coletividade, divulgando o conteúdo através de palestras, seminários, reuniões, campanhas educativas, mutirões etc. Deve, entre outras atividades, utilizar o material educativo incorporando a educação ambiental às atividades habituais, através de reuniões, cartazes, quadros de avisos e outros meios de comunicação; elaborar um planejamento, junto à direção, identificando as ações a serem realizadas; realizar a interligação da SEMACE com a empresa ou comunidade que representa; participar de encontros e demais eventos realizados pela SEMACE; e manter a equipe do órgão informada sobre o seu desenvolvimento na comunidade ou empresa, por meio de relatórios ou contatos diversos.

Só uma população consciente de seus direitos e deveres é capaz de pressionar as autoridades para que o quadro de irregularidades ambientais seja revertido. Por isso a educação ambiental tem um papel essencial na construção da chamada “consciência sustentável”, especialmente junto aos menos favorecidos e penalizados pela falta de informação.

10 – CONCLUSÕES

A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) possui grande potencial mineral, porém o crescimento acelerado tem exigido demanda excessiva de insumos minerais, o que tem provocado sérios danos ao meio ambiente pela falta de planejamento e controle da exploração. Com as informações levantadas no presente projeto, aliadas às análises mineralógicas, físicas e químicas dos insumos, é possível tecer algumas considerações sobre a situação atual e futura do setor mineral na região.

Os principais insumos minerais de uso na construção civil são areia, pedra britada, rocha ornamental, argila e, subordinadamente, saibro, calcário e diatomita. Ao todo, foram protocolados 314 requerimentos na RMF, o que representa 16,5% do estado, referente a bens minerais de uso na construção civil, onde a areia contém o maior número de requerimentos. Os municípios de Caucaia, Aquiraz, Cascavel e São Gonçalo do Amarante respondem por aproximadamente 82% dos licenciamentos da RMF.

Os principais depósitos de areias são encontrados nas dunas e paleodunas do Quaternário, sedimentos terciário-quaternários do Grupo Barreiras e ao longo das aluviões dos principais rios e afluentes da região.

Os depósitos de dunas compõem áreas de ecossistemas protegidos pelos órgãos ambientais, além disso seu uso é impróprio para a construção civil, devido à presença de sais, que aumenta o risco de corrosão.

As areias vermelhas, associadas, principalmente aos sedimentos do Grupo Barreiras, também foram consideradas inadequadas, com resultados insatisfatórios nos ensaios, ficando fora das especificações exigidas pelo mercado. Por serem muito finas, com elevado teor de minerais argilosos, são desfavoráveis ao uso em concreto. Sua principal utilização na RMF está voltada para terraplenagem de estradas, onde apresenta forte potencial, mas baixa possibilidade de exploração, pois disputa espaço com zonas industriais e de interesse turístico e com o avanço da urbanização.

As características da areia aluvionar demonstram tratar-se da fonte mais adequada para utilização na indústria. Foram classificadas como ótimas para agregado miúdo em concreto, com módulo de finura entre 2,2 e 2,9. São compostas basicamente por minerais de quartzo, com percentuais variando de 86 a 98%, que apresentam boa resistência mecânica e forte aderência. A soma destes fatores explica a preferência pela areia aluvionar, porém devido à alta demanda e restrições das reservas, estas fontes não são suficientes para

suprir a demanda, conduzindo a busca por fontes mais distantes, o que eleva o preço final do produto. A utilização da areia artificial ou areia de brita surge como uma importante alternativa de suprimento, tendo em vista a inevitável escassez da areia natural.

A brita destaca-se pelos volumes de produção, pela organização e porte das empresas e pelo número de mão de obra empregada. O principal uso da brita é na fabricação de concreto, porém aplicações em pavimentação de estradas, lastro de ferrovias, enrocamento e filtro de barragem são verificadas. As minerações ocorrem concentradas formando cinco polos produtores, onde atuam quatorze unidades de beneficiamento em operação, distribuídas nos seguintes municípios: Caucaia, Itaitinga, Pacatuba, Maranguape-Maracanaú e Eusébio. O material apresenta qualidade tecnológica reconhecida e aceita no mercado. As áreas fontes estão próximas à cidade de Fortaleza, principal centro consumidor, e os recursos estimados são abundantes, o que permite inferir vida útil por várias décadas. A lavra é realizada a céu aberto, com bancadas de 10 a 20 m de altura. Os maciços residuais explorados são formados por granitos diversos, gnaisses e fonólito. Os estudos petrográficos revelaram uma incipiente alteração dos feldspatos para argilominerais (caulinização), carbonato (carbonatação) e mica branca/muscovita-sericita, e das biotitas para clorita e muscovita; também foram notados efeitos tectônicos caracterizados por extinção ondulante e bandas de deformação, principalmente em cristais de quartzo; recristalização quartzo-feldspática com recuperação em subgrãos; microfraturamentos incipientes a moderados destes mesmos minerais; além de deformação de maclas de feldspato e encurvamento de cristais de biotita e plagioclásio. No fonólito do Eusébio também foi observada a presença de zeólitas, o que pode produzir efeitos deletérios em concretos, e por se tratar de uma composição alcalina, reações dos álcalis com o cimento podem ocorrer. No geral, a análise petrográfica indica baixo grau de alteração nas amostras, com integridade física preservada. São rochas apropriadas para brita, porém há características indicativas de material reativo com os álcalis do concreto. Por este motivo, é recomendável a realização de ensaio especializado, visando a melhor qualidade da brita como agregado graúdo em obras de construção civil.

O mercado de rochas ornamentais e de revestimento é determinado pelas características estéticas e texturais de cada tipo de material. A cor, a homogeneidade, a movimentação e a beleza da rocha são os fatores determinantes. Na RMF foram detectadas algumas unidades litológicas com rochas exibindo padrões e cores bastante

sugestivos e especiais para seu uso como rochas ornamentais. Litologicamente, são representadas por granitos isotrópicos, metatexitos, fonólitos e traquitos diversos. Embora os traquitos apresentem ocorrências localizadas e jazimentos menores, suas características, consideradas nobres, os tornam únicos e de alto valor mercadológico.

Em lâmina delgada os granitos são classificados como rochas pouco alteradas, apresentando boa integridade física e quantidade irrisória de microfraturamentos. Porém são observados aspectos incipientes de alteração em feldspatos e biotitas, assim como recristalização quartzo-feldspática. O mesmo não ocorre com os traquitos e fonólitos, estes possuem mais alto grau de microfissuramento e alteração dos minerais, principalmente feldspatos, além de impregnação da matriz por óxido de ferro. No caso dos traquitos, um aspecto positivo é que estas rochas apresentam características estéticas diferentes dos granitos convencionais, destacando-se por serem materiais exóticos. Hoje, com o domínio de novas tecnologias, como por exemplo, a resinagem, sua fragilidade pode ser contida, permitindo a utilização desses materiais, principalmente na confecção de peças mais nobres como mesas, bancadas, lavabos e ambientes de decoração.

As jazidas de argilas apresentam potencial relevante e toda produção está voltada ao uso como cerâmica vermelha. O principal produto é o tijolo, além de blocos de vedação, blocos estruturais, lajotas para forro, manilhas e ladrilhos. Os maiores depósitos localizam-se nas planícies de inundação dos rios Pacoti, Choró, São Gonçalo e Ceará. Grande parte do processo industrial é realizado por olarias rudimentares. Apenas duas beneficiadoras possuem sistema de produção automático. Foram cadastradas 12 ocorrências e 50 depósitos, dentre os quais 29 encontram-se em atividade, distribuídos nos municípios de Aquiraz, Cascavel, Guaiúba, Chorozinho, Caucaia e São Gonçalo do Amarante. A composição química das amostras reflete a natureza essencialmente argilosa dos minerais, predominando SiO_2 e Al_2O_3 . Os argilominerais detectados foram a caulinita, a montmorillonita e a nontronita. Em relação a propriedades como: variação de cores, absorção de água, retração linear, porosidade aparente e tensão de ruptura a flexão, as argilas apresentam boa qualidade, com resultados de acordo com as especificações exigidas para a fabricação de cerâmica vermelha, em especial para a produção de tijolos. Alguns corpos de prova, após queima, apresentaram trincas e empenamentos, características inaceitáveis na produção de telhas. Tais problemas podem estar relacionados à granulometria inadequada observada em algumas amostras, onde o percentual da fração areia é superior ao desejado. A alta porcentagem da fração areia influencia diretamente nas propriedades das argilas, principalmente no índice de plasticidade, o que restringe o uso deste insumo. Para a obtenção

de melhores rendimentos e aumento da qualidade dos produtos cerâmicos, é necessário controle na preparação da massa, a fim de se obter plasticidade adequada, em função da dosagem de argila "gorda" e "magra". São poucas as empresas que realizam ensaios experimentais. A falta de padronização dificulta as formulações e especificações das matérias-primas para os diferentes usos industriais. Percebe-se que não há estudos suficientes, por parte das mineradoras, para o conhecimento científico das argilas, e conseqüentemente, melhor aproveitamento do produto. A carência de informações sobre a geologia dos depósitos de argila resulta em desperdícios dos recursos. Outros problemas apontados são o descumprimento da legislação, no caso das extrações clandestinas, e a possibilidade de esgotamento da jazida pela falta de planejamento de lavra.

O saibro, embora abundante, não possui controle de qualidade. Trata-se do produto da alteração intempérica residual de rochas sedimentares do Grupo Barreiras e rochas ígneas e metamórficas do embasamento cristalino. Na RMF é aplicado exclusivamente a terraplenagem de estradas e em aterros para obras de edificações. De acordo com a distribuição granulométrica, o saibro enquadra-se na zona utilizável inferior como agregado miúdo. Na análise mineralógica, o percentual da fração silte e argila representa 60%. A elevada presença de finos é inadequada para sua aplicação em argamassa, mas quando preparado com adição de areia pode ser utilizado para este fim, em revestimento de paredes, tetos e pisos. São muitas as frentes de lavras em exploração, entretanto nota-se que as cavas de extração destas matérias primas estão sendo paulatinamente desativadas, principalmente por tratar-se de áreas litorâneas com interesse turístico. Foram identificadas 4 (quatro) ocorrências e 28 (vinte e oito) depósitos de saibro, dos quais 11 (onze) são minas ativas, as demais estão abandonadas. As principais áreas em extração provêm das faixas costeiras, desde São Gonçalo do Amarante até Eusébio. Outras áreas ocorrem nos municípios de Itaitinga, Horizonte e Pacajus.

De modo geral, são poucas as empresas de mineração dedicadas a abrandar impactos ambientais oriundos das atividades de extração. Muitas vezes, os danos à natureza são explícitos e sem qualquer mitigação. É comum encontrar extrações clandestinas e áreas degradadas sem projeto de recuperação. O abandono precoce das minas é frequente, onde é notável a poluição do solo pelo acúmulo de lixo e a exaustão da jazida pela falta de planejamento. Entre os impactos mais frequentes estão o desmatamento, a poeira, o ruído de máquinas e caminhões, a vibração causada por detonações e a alteração da paisagem. Algumas empresas do segmento cerâmico já investem em novas tecnologias, matrizes energéticas, ações de reflorestamento, preservação de mata nativa, criação

conservacionista, reaproveitamento de resíduos e também na educação dos colaboradores sobre a preservação ambiental. Além disso, empresas do setor de brita atuam de forma integrada com as comunidades do entorno de suas jazidas, absorvendo mão de obra local e por meio de ações sociais. São as que mais investem em materiais alternativos, visando o uso racional dos insumos e o melhor aproveitamento dos seus rejeitos.

O trabalho demonstra a possibilidade de reduzir os rejeitos no beneficiamento de rochas, utilizando soluções capazes de agregar valor comercial aos rejeitos gerados, diminuindo o problema ambiental e aumentando a taxa de recuperação das jazidas. A partir do redimensionamento dos rejeitos grossos é possível chegar a peças de diferentes dimensões e formatos para a produção de ladrilhos, anticatos, mosaicos e pequenos artefatos para decoração, de acordo com tendências arquitetônicas e paisagísticas. A rochagem, que é caracterizada pela utilização do pó de rocha como fertilizante, também é uma prática a ser adotada, devido à grande diversidade de litologias e de rejeitos. Porém, é necessário estudo detalhado para verificação de sua adequação à técnica.

É notória a tendência de crescimento no consumo das rochas e minerais industriais, que

passam a desempenhar importante papel na balança comercial dos municípios produtores desses bens minerais. Contudo, ainda se faz necessário um trabalho voltado à capacitação tecnológica e gestão organizacional em toda a cadeia produtiva do setor. A grande barreira para o desenvolvimento da mineração na RMF é de ordem institucional, uma vez que a região carece de ordenamento territorial em seus municípios. A exploração desordenada, o manuseio, o beneficiamento e a comercialização irregulares são problemas reais, que exauram os depósitos e geram uma série de conflitos. A acelerada exaustão das jazidas e dos depósitos mais próximos aos núcleos urbanos decorre das atividades exploratórias não controladas e da demanda por materiais, que é proporcional à velocidade de expansão dos centros urbanos. A carência por pesquisa geológica de detalhe e a falta de fiscalização são problemas constantes. Todos estes fatores delegam à sociedade e ao poder público o papel de organizar e refinar o conhecimento acerca dos recursos naturais ainda existentes. Exploração com base nos princípios de sustentabilidade, mão de obra qualificada e investimento em novas tecnologias é o melhor caminho para o desenvolvimento da Região Metropolitana de Fortaleza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. F. M. *et al.* Magmatismo pós-paleozóico no Nordeste Oriental Brasileiro. **Revista Brasileira de Geociências** v. 4, n. 18, p. 451- 462, 1988.
- ALMEIDA, R. F. M.; CARNEIRO, C. D. R.; MIZUSAKI, A. M. P. Correlação do magmatismo das bacias da margem continental brasileira com o das áreas emersas adjacentes. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 3, n. 20, p. 125-138, 1996.
- ALMEIDA, S. L. M.; LUZ, A. B. (Ed.). **Manual de agregados para construção civil**. Rio de Janeiro: CETEM; MCT, 2009. 228 p.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. Disponível em: <<http://www.anicer.com.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2013.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL. Disponível em: < <http://anepac.org.br/wp/ agregados/>>. Acesso em: 02 dez. 2013.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL. Disponível em: < <http://www.anepac.org.br/wp/>>. Acesso em: 12 dez. 2013.
- ASSUNÇÃO, P. R. S. (Org.). **Projeto insumos minerais para a construção civil na região metropolitana do Recife**: Estado de Pernambuco. Recife: CPRM, 2012. 144 p. il. (Informe de Recursos Minerais. Série Rochas e Minerais Industriais, n. 9). Programa Geologia do Brasil - PGB.
- BASTOS, F. A. **Avaliação do processo de fabricação de telhas e blocos cerâmicos visando a certificação do produto**. 2003. 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- BATISTA, C. T. **A mineração de agregados na Região Metropolitana de Fortaleza**: impactos ambientais e conflitos de uso e ocupação do solo. 2010. 147f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- BEZERRA, L. J. C.; MAIA, L. P. Caracterização sedimentológica dos tabuleiros pré-litorâneos do estado do Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 45, n. 1, p. 47 – 55, 2012.
- BEZERRA, R. G. **EIA - Estudo de Impacto Ambiental**: Projeto de extração de rocha ornamental no stock granítico Serra do Barriga, Sobral (CE). [Fortaleza]: GeoAmbiental, 2006.
- BITAR, O. Y. (Coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE; IPT, 1995. 247 p. il. (Série Meio Ambiente).
- BRAGA, A. P. G. de *et al.* **Projeto Fortaleza**: relatório final. Geologia. Recife: CPRM, 1977. v. 1.
- BRANCO, P. de M. **Recursos minerais do fundo do mar**. 2013. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=2560&sid=129>>. Acesso em: 2 fev. 2014.
- BRANDÃO, R. de L. **Mapa geológico da região metropolitana de Fortaleza - texto explicativo**: Projeto SINFOR. Fortaleza: CPRM, 1995. 34 p. il. (Série Cartas Temáticas, v. 1).
- BRANDÃO, R. de L. **Projeto SINFOR**: diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da região metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: CPRM, 1995. 88 p. il. (Série Ordenamento Territorial, v. 1).
- BRASIL. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 5.807/2013. Dispõe sobre atividade de Mineração, cria o Conselho Nacional de Política Mineral e a Agência Nacional de Mineração – ANM, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1101841&filename=PL+5807/2013>. Acesso em: 12 dez. 2013.
- BRASIL. Decreto nº 1.775/1996, de 08 de janeiro de 1996. Dispõe sobre o procedimento administrativo de demarcação das terras indígenas e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D1775.htm>. Acesso em: 12 dez. 2013.
- BRASIL. Decreto nº 3.358, de 02 de fevereiro de 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3358.htm>. Acesso em: 16 dez. 2013.
- BRASIL. Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Dá nova redação ao Decreto-Lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940 (Código de Minas) e institui o Código de Mineração. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0227.htm>. Acesso em: 16 dez. 2013.
- BRASIL. Lei 140, de 08 de dezembro de 2011. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm>. Acesso em: 16 dez. 2013.
- BRASIL. Lei nº 12.462, de 04 de agosto de 2011. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2011/Lei/L12462.htm>. Acesso em: 16 dez. 2013.

- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/civil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 16 dez. 2013.
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil03/Leis/L6938.htm>>. Acesso em: 16 dez. 2013.
- BRASIL. Lei nº 9.605/98, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm>. Acesso em: 16 dez. 2013.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm>. Acesso em: 16 dez. 2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 009, de 6 de dezembro de 1990. Dispõe sobre normas específicas para a obtenção da licença ambiental para a extração de minerais, exceto as de emprego imediato na construção civil. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=106>>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 010, de 06 de dezembro de 1990. Dispõe sobre o estabelecimento de critérios específicos para a extração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=107>>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- BRASIL. Secretaria de Portos. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/>>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- BRITO NEVES, B. B. de *et al.* Idades U-Pb em zircão de alguns granitos clássicos da Província Borborema. **Geologia USP**, v. 3, p. 25-38, 2003.
- BRITO NEVES, B. B. de *et al.* O Sistema Pajeú-Paraíba e o maciço São José do Campestre no leste da Borborema. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 31, n. 2, p. 1-15, 2001.
- BRITO NEVES, B. B. de; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS W. R. Tectonic history of the Borborema province. In: CORDANI, U. G. *et al.* **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, 2000. p. 151-182.
- BROOKINGS. **Perfil da região metropolitana**. 2012. Disponível em: <<http://www.brookings.edu/about/programs/metro/~media/Research/Files/Papers/2012/11/30%20metro%20brazil%20economy/30%20brazil%20profiles%20br/fortaleza%20br.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- BRUNO, A.; FARIAS, A. **Fortaleza**: 285 anos. 2011. Disponível em: <<http://www.arturbruno.com.br/images/conteudo/file/cartilhaHFortaleza.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- CABRAL JUNIOR, M. *et al.* Argila Para Cerâmica Vermelha. In: LUZ, A. B. da; LINS, F. A. F. (Ed.). **Rochas e minerais industriais**: usos e especificações. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CETEM, 2008. Cap. 3, p. 747 – 770.
- CAMPOS, E. E. *et al.* **Agregados para a construção civil no Brasil**: contribuições para formulação de políticas públicas. Belo Horizonte: CETEC, 2007.
- CASTRO, N. A. *et al.* Ordovician A-type granitoid magmatism in the Ceará Central Domain, Borborema Province, NE-Brazil. **Journal of South American Earth Science**, v. 36, p. 18-31, 2012.
- CAVALCANTE, J. C. *et al.* **Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2003. 1 CD Rom. Escala 1:500.000.
- CAVALCANTI, V. M. M. **Qualidade das areias marinhas para utilização como agregado na construção civil, na região metropolitana de Fortaleza, estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1998. 87f. il. Dissertação (Mestrado em Geologia Aplicada)-Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.
- CAVALCANTI, V. M. M.; PARAHYBA, R. E. R. **A indústria de agregados para a construção civil na região metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza. DNPM, 2012. 109p.

- CEARÁ (Estado). Secretaria da infraestrutura. Disponível em < <http://www.seinfra.ce.gov.br/>>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- CEARÁ (Estado). Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Apostila do curso de capacitação para multiplicadores em educação ambiental**. 4. ed. Fortaleza: SEMACE, 2005. 143p.
- CORTES, G. P. *et al.* Fonólito como substituto do cloreto de potássio e/ou outras fontes de potássio na agricultura e pecuária no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 1., 2009, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 2009.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Recuperação de rodovias na região metropolitana de Fortaleza começa nos próximos dias**. 2011. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/noticias/recuperacao-de-rodovias-na-regiao-metropolitana-de-fortaleza-comeca-nos-proximos-dias>>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília: DNPM, 2010.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Disponível em: <www.dnpm.gov.br>. Acesso em: 02 fev. 2014.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. [S.l.]: DNPM, 1983. 1 mapa, color. Escala 1:500.000.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Plano diretor de mineração para a região metropolitana de Fortaleza**. Brasília: DNPM, 1998. 191 p.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ. Disponível em: < <http://www.sfiec.org.br>>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- FETTER, A. H. **U/Pb and Sm/Nd geochronological constraints on the crustal framework and geologic history of Ceará state, NW Borborema province, NE Brazil**: implications for the Assembly of Gondwana. Kansas: University of Kansas, 1999. 164f. il. Tese (Doutorado em Geologia) - Department of Geology, University of Kansas, Kansas.
- FETTER, A. H.; DANTAS, E. L.; BABINSKI, M. The Seridó Group of NE Brazil, a late pre- to syn-collisional basin in West Gondwana: insights from SHRIMP U-Pb detrital zircon ages and Sm-Nd crustal residence (TDM) ages. **Precambrian Research**, v. 127, p. 287-327, 2003.
- FRASCÁ, M. H. B. Caracterização tecnológica de rochas ornamentais e de revestimento: estudo por meio de ensaios e análises e das patologias associadas ao uso. In: SIMPÓSIO SOBRE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 3., 2002, Recife. **Anais...** Recife: CETEM, 2002.
- FRAZÃO, E. B.; FARJALLAT, J. E. S. Caracterização das principais rochas silicatadas brasileiras usadas como pedras de revestimento. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PEDRA NATURAL, 1., 1995, Lisboa. **Anais...** Lisboa: [s.n.], 1995. p. 47-58.
- GOMES, C. F. **Argilas: o que são e para que servem**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, [19- -]. 457 p. il.
- GOMES, S. A.; ROBERTO, F. A. C.; SILVA, C. A. Rochas vulcânicas alcalinas ocorrentes na Região Metropolitana de Fortaleza, estado do Ceará, e o seu potencial para uso no setor de rochas ornamentais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46., 2012, Santos, SP. **Anais...** São Paulo: SBG Núcleo São Paulo, 2012.
- GONÇALVES, J. C. V. *et al.* **Materiais de construção civil para a região metropolitana de Aracaju**. Salvador: CPRM, 2011. 117 p. il. (Informe de Recursos Minerais. Série Rochas e Minerais Industriais, n. 7). 1 mapa anexo. Programa Geologia do Brasil - PGB.
- HAGEMANN, S. E. **Apostila de materiais de construção básicos**. [S.l.]: UAB, 2011.
- INFRAERO. Secretaria de Aviação Civil. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br>>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE divulga as estimativas populacionais dos municípios em 2012**. Disponível em: <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2204>>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira**. 6. edição. Disponível em: <www.ibram.org.br>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGICA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Ceará em números 2011**. Fortaleza: IPECE, 2012. 245 p
- KLEIN, C.; DUTROW, B. **Manual de ciência dos minerais**. Tradução e revisão técnica Rualdo Menegat. 23. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 716 p.
- KLEIN, S. L. Diatomita. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Sumário Mineral 2013**. Brasília: DNPM, 2013. p. 64 – 65.
- KULAI, Y. Brita e cascalho. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Sumário Mineral 2012**. Brasília: DNPM, 2012. p. 39 – 40.
- LA SERNA, H. Agregados para a Construção Civil. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Sumário mineral 2010**. Disponível em: < https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=5451>. Acesso em: 02 dez. 2013.

- LIMA, M. G. **A história do intemperismo na Província Borborema Oriental, nordeste do Brasil:** implicações paleoclimáticas e tectônicas. Natal, 2008. 251f. Tese (Doutorado em Geodinâmica)-Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
- LIMA, R. H. C. **Preparação e controle de massas para o APL de cerâmica vermelha de Russas – Ceará.** Fortaleza: BNB, 2010.137p.
- LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. (Ed.). **Rochas e minerais industriais:** usos e especificações. Rio de Janeiro: CETEM; MCT, 2005. 720 p.
- MACEDO, R. S. et al. Estudo de argilas usadas em cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v. 54, n. 332, p. 411 – 417, 2008.
- MAIA, C. M.; HEIDER, M. Rochas ornamentais e de revestimentos. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Sumário Mineral 2012.** Brasília: DNPM, 2012. p. 105 – 108.
- MATTOS, I. C. et al. Agregados. In: VIDAL, F. W. H. (Org.) et al. **Rochas e minerais industriais do estado do Ceará.** Fortaleza: CETEM; UECE; DNPM; FUNCAP; SENAI, 2005. p. 95 – 108.
- MEDEIROS, V. C. **Evolução geodinâmica e condicionamento estrutural dos terrenos Piancó-Alto Brígida e Alto Pajeú, domínio da zona transversal, NE do Brasil.** Natal, 2004. 199f. Tese (Doutorado em Geodinâmica) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- MINERMAC: mineração e britagem. Disponível em: <<http://www.minermac.com.br/ produtos/>>. Acesso em: 02 fev. 2014.
- NALETTO, J. L. C. **Mapa Geológico da Folha Irauçuba - SA.24-Y-D-V.** CPRM. Escala 1:100.000. No prelo.
- OLIVEIRA, J. C. de; MEDEIROS, M. de F. **Projeto Diatomito/Argila:** relatório final. Recife: CPRM, 1975. v. 1.
- OLIVEIRA, R. G. **Arcabouço geofísico, isostasia e causas do magmatismo cenozóico da província Borborema e de sua margem continental.** Natal, 2008. 415f. Escala 1:1.000.000 e 1:2.000.000. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- PEREIRA, A. Q. **Maritimidade na metrópole:** estudos sobre Fortaleza-CE. Porto Alegre: Liro, 2013. 165p.
- PINEO, T. R. G.; ZWIRTES, S. **Mapa geológico da Folha Baturité – SB.24-X-A-I.** Fortaleza: CPRM, 2013. Escala 1:100.000.
- PINHEIRO, I. S. **Beneficiamento e caracterização de resíduos gerados na produção de blocos cerâmicos visando à aplicação como adição pozolânica.** 2008. 152f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- QUARESMA, L. F. (Consult.). **Produtos 22: Agregados para construção civil.** Relatório técnico 31: perfil da areia para construção civil. [Brasília]: J. Mendo Consultoria : MME : BIRD, 2009. Disponível em: <<http://simineral.org.br/arquivos/Perfildeareiaparaconstrucao civilPlanoNacionaldeMinerao2030MME.pdf>>. 18 dez. 2013.
- REGO, F. C. A. **Sistema de Beneficiamento de areia para fins industriais.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2005. 58p. Trabalho de Conclusão de Curso.
- RÊGO, W. A. **Caracterização física dos saibros da Região Metropolitana de Recife utilizados em argamassas.** 2008. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife.
- REVISTA M & T: manutenção e tecnologia. 2010. Disponível em: <<http://www.revistamt.com.br>>. Acesso em: 02 dez. 2013.
- SANTOS, E. J. Ensaio preliminar sobre terrenos e tectônica acrescionária na Província Borborema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39. 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 1996. v. 6, p. 47-50.
- SANTOS, P. S. **Ciência e tecnologia de argilas.** 2.ed. São Paulo: Edgar Blucher, [1989]. v.1. 499 p.
- SANTOS, P. S. **Tecnologia de argilas:** aplicada as argilas brasileiras. São Paulo: Edgard Blucher, 1975. v. 2. 802 p.
- SANTUCCI, J. Rochagem: alternativa sustentável aos fertilizantes convencionais. **Conselho em Revista.** Rio Grande do Sul, ano 8, mar/abr. 2012.
- SHIMADZU: excellence in Science. Disponível em: <<http://www.shimadzu.com.br/>>. Acesso em: 2 fev. 2014.
- SHOBBENHAUS, C.; BRANDÃO, W. Geologia dos calcários e dolomitos. In: SHOBBENHAUS, C.; QUEIROZ, E. T. de; COELHO, C. E. S. **Principais depósitos minerais do Brasil:** rochas e minerais industriais. Brasília: DNPM, 1997. v.4, parte C, cap. 30, p. 373.
- SILVA, I. J. **Contribuição ao estudo dos concretos de elevado desempenho: propriedade mecânicas, durabilidades e microestrutura.** 2000. 279f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- SOUSA, J. F.; VIDAL, F. W. H. Rochas carbonáticas. In: VIDAL, F. W. H. (Org.) et al. **Rochas e minerais industriais do estado do Ceará.** Fortaleza: CETEM; UECE; DNPM; FUNCAP; SENAI, 2005. 174 p.

- SOUTO, F. A. F. **Avaliação das características físicas, químicas e mineralógicas da matéria-prima utilizada na indústria de cerâmica vermelha nos municípios de Macapá e Santana-AP.** 2009. 103f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- TASSIS, D. T. **O Ciclo produtivo do extrativismo mineral e seus rejeitos: uma análise ecológica sobre o aproveitamento econômico dos resíduos e rejeitos de rochas ornamentais.** Vitória: UFES, 2009. Trabalho de conclusão de curso.
- THOMAZ FILHO, A. **Datação radiométrica de rochas ígneas básicas da bacia do Ceará.** Rio de Janeiro: PETROBRÁS/CENPES, 1983. Rel. int. CENPES 673-4462.
- VAN SCHMUS, W. R. *et al.* U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of Eastern Borborema Province, Northeastern Brazil: initial conclusions. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 8, p. 267-288, 1995.
- VIANNA, P. J. R. *et al.* Perfil da indústria cearense. **Indicadores setoriais**, Fortaleza: INDI; FIEC, ano 1, v. 1, jul. 2011. Disponível em: < http://www.fiec.org.br/portalv2/sites/indi/home.php?st=indicadores_setoriais > . Acesso em: 18 dez. 2013.
- VIDAL, F. W. H. (Org.) *et al.* **Rochas e minerais industriais do estado do Ceará.** Fortaleza: CETEM; UECE; DNPM; FUNCAP; SENAI, 2005. 174 p.
- WILLIAMS, H.; TURNER, F. J.; GILBERT, C. M. **Petrografia** : uma introdução ao estudo das rochas em seções delgadas. São Paulo: USP, 1970. 424p.

LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS

LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE METAIS DO GRUPO DA PLATINA E ASSOCIADOS

- Nº 01 – Mapa de Caracterização das Áreas de Trabalho (Escala 1:7.000.000), 1996.
- Nº 02 – Mapa Geológico Preliminar da Serra do Colorado - Rondônia e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
- Nº 03 – Mapa Geológico Preliminar da Serra Céu Azul - Rondônia, Prospecção Geoquímica e Síntese Geológico- Metalogenética, 1997.
- Nº 04 – Síntese Geológica e Prospecção por Concentrados de Bateia nos Complexos Canabrava e Barro Alto - Goiás, 1997.
- Nº 05 – Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Migrantinópolis - Rondônia, 2000.
- Nº 06 – Geologia e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Corumbiara/Chupinguaia - Rondônia, 2000.
- Nº 07 – Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Serra Azul - Rondônia, 2000.
- Nº 08 – Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Branco/Alta Floresta - Rondônia, 2000.
- Nº 09 – Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Luzia - Rondônia, 2000.
- Nº 10 – Geologia e Resultados Prospectivos da Área Nova Brasilândia - Rondônia, 2000.
- Nº 11 – Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Rio Madeirinha - Mato Grosso, 2000.
- Nº 12 – Síntese Geológica e Prospectiva das Áreas Pedra Preta e Cotingo - Roraima, 2000.
- Nº 13 – Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Bárbara - Goiás, 2000.
- Nº 14 – Geologia e Resultados Prospectivos da Área Barra da Gameleira - Tocantins, 2000.
- Nº 15 – Geologia e Resultados Prospectivos da Área Córrego Seco - Goiás, 2000.
- Nº 16 – Síntese Geológica e Resultados Prospectivos da Área São Miguel do Guaporé - Rondônia, 2000.
- Nº 17 – Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cana Brava - Goiás, 2000.
- Nº 18 – Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cacoal - Rondônia, 2000.
- Nº 19 – Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Morro do Leme e Morro Sem Boné - Mato Grosso, 2000.
- Nº 20 – Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Serra dos Pacaás Novos e Rio Cautário - Rondônia, 2000.
- Nº 21 – Aspectos Geológicos, Geoquímicos e Potencialidade em Depósitos de Ni-Cu-EGP do Magmatismo da 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/Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 1995.
- Nº 03 – Área RO-01 Presidente Médici - Rondônia, 1996.
- Nº 04 – Área SP-01 Vale do Ribeira - São Paulo, 1996.
- Nº 05 – Área PA-15 Inajá - Pará, 1996.
- Nº 06 – Área GO-05 Luziânia - Goiás, 1997.
- Nº 07 – Área PA-01 Paru - Pará, 1997.
- Nº 08 – Área AP-05 Serra do Navio/Cupixi - Amapá, 1997.

- Nº 09 – Área BA-15 Cariparé - Bahia, 1997.
- Nº 10 – Área GO-01 Crixás/Pilar - Goiás, 1997.
- Nº 11 – Área GO-02 Porangatu/Mara Rosa - Goiás, 1997
- Nº 12 – Área GO-03 Niquelândia - Goiás, 1997.
- Nº 13 – Área MT-01 Peixoto de Azevedo/Vila Guarita - Mato Grosso, 1997.
- Nº 14 – Área MT-06 Ilha 24 de Maio - Mato Grosso, 1997.
- Nº 15 – Área MT-08 São João da Barra - Mato Grosso/Pará, 1997.
- Nº 16 – Área RO-02 Jenipapo/Serra Sem Calça - Rondônia, 1997.
- Nº 17 – Área RO-06 Guaporé/Madeira - Rondônia, 1997.
- Nº 18 – Área RO-07 Rio Madeira - Rondônia, 1997.
- Nº 19 – Área RR-01 Uraricaá - Roraima, 1997.
- Nº 20 – Área AP-03 Alto Jari - Amapá/Pará, 1997.
- Nº 21 – Área CE-02 Várzea Alegre/Lavras da Mangabeira/Encanto - Ceará, 1997.
- Nº 22 – Área GO-08 Arenópolis/Amorinópolis - Goiás, 1997.
- Nº 23 – Área PA-07 Serra Pelada - Pará, 1997.
- Nº 24 – Área SC-01 Botuverá/Brusque/Gaspar - Santa Catarina, 1997.
- Nº 25 – Área AP-01 Cassiporé - Amapá, 1997.
- Nº 26 – Área BA-04 Jacobina Sul - Bahia, 1997.
- Nº 27 – Área PA-03 Cuiapucu/Carará - Pará/Amapá, 1997.
- Nº 28 – Área PA-10 Serra dos Carajás - Pará, 1997.
- Nº 29 – Área AP-04 Tumucumaque - Pará, 1997.
- Nº 30 – Área PA-11 Xinguara - Pará, 1997.
- Nº 31 – Área PB-01 Cachoeira de Minas/Itajubatiba/Itapetim - Paraíba/Pernambuco, 1997.
- Nº 32 – Área AP-02 Tartarugalzinho - Amapá, 1997.
- Nº 33 – Área AP-06 Vila Nova/Iratapuru - Amapá, 1997.
- Nº 34 – Área PA-02 Ipitinga - Pará/Amapá, 1997.
- Nº 35 – Área PA-17 Caracol - Pará, 1997.
- Nº 36 – Área PA-18 Vila Riozinho - Pará, 1997.
- Nº 37 – Área PA-19 Rio Novo - Pará, 1997.
- Nº 38 – Área PA-08 São Félix - Pará, 1997.
- Nº 39 – Área PA-21 Marupá - Pará, 1998.
- Nº 40 – Área PA-04 Três Palmeiras/Volta Grande - Pará, 1998.
- Nº 41 – Área TO-01 Almas/Natividade - Tocantins, 1998.
- Nº 42 – Área RN-01 São Fernando/Ponta da Serra/São Francisco - Rio Grande do Norte/Paraíba, 1998.
- Nº 43 – Área GO-06 Cavalcante - Goiás/Tocantins, 1998.
- Nº 44 – Área MT-02 Alta Floresta - Mato Grosso/Pará, 1998.
- Nº 45 – Área MT-03 Serra de São Vicente - Mato Grosso, 1998.
- Nº 46 – Área AM-04 Rio Traíra - Amazonas, 1998.
- Nº 47 – Área GO-10 Pirenópolis/Jaraguá - Goiás, 1998.
- Nº 48 – Área CE-01 Reriutaba/Ipu - Ceará, 1998.
- Nº 49 – Área PA-06 Manelão - Pará, 1998.
- Nº 50 – Área PA-20 Jacareacanga - Pará/Amazonas, 1998.
- Nº 51 – Área MG-07 Paracatu - Minas Gerais, 1998.
- Nº 52 – Área RO-05 Colorado - Rondônia/Mato Grosso, 1998.
- Nº 53 – Área TO-02 Brejinho de Nazaré - Tocantins, 1998.
- Nº 54 – Área RO-04 Porto Esperança - Rondônia, 1998.
- Nº 55 – Área RO-03 Parecis - Rondônia, 1998.
- Nº 56 – Área RR-03 Uraricoera - Roraima, 1998.
- Nº 57 – Área GO-04 Goiás - Goiás, 1998.
- Nº 58 – Área MA-01 Belt do Gurupi - Maranhão/Pará, 1998.
- Nº 59 – Área MA-02 Aurizona/Carutapera - Maranhão/Pará, 1998.
- Nº 60 – Área PE-01 Serrita - Pernambuco, 1998.
- Nº 61 – Área PR-01 Curitiba/Morretes - Paraná, 1998.
- Nº 62 – Área MG-01 Pitangui - Minas Gerais, 1998.
- Nº 63 – Área PA-12 Rio Fresco - Pará, 1998.
- Nº 64 – Área PA-13 Madalena - Pará, 1998.

- Nº 65 – Área AM-01 Parauari - Amazonas/Pará, 1999.
- Nº 66 – Área BA-01 Itapicuru Norte - Bahia, 1999.
- Nº 67 – Área RR-04 Quino Maú - Roraima, 1999.
- Nº 68 – Área RR-05 Apiaú - Roraima, 1999.
- Nº 69 – Área AM 05 Gavião/Dez Dias - Amazonas, 1999.
- Nº 70 – Área MT-07 Araés/Nova Xavantina - Mato Grosso, 2000.
- Nº 71 – Área AM-02 Cauaburi - Amazonas, 2000.
- Nº 72 – Área RR-02 Mucajaí - Roraima, 2000.
- Nº 73 – Área RR-06 Rio Amajari - Roraima, 2000.
- Nº 74 – Área BA-03 Jacobina Norte - Bahia, 2000.
- Nº 75 – Área MG-04 Serro - Minas Gerais, 2000.
- Nº 76 – Área BA-02 Itapicuru Sul - Bahia, 2000.
- Nº 77 – Área MG-03 Conselheiro Lafaiete - Minas Gerais, 2000.
- Nº 78 – Área MG-05 Itabira - Minas Gerais, 2000.
- Nº 79 – Área MG-09 Riacho dos Machados - Minas Gerais, 2000.
- Nº 80 – Área BA-14 Correntina - Bahia, 2000.
- Nº 81 – Área BA-12 Boquira Sul - Bahia, 2000
- Nº 82 – Área BA-13 Gentio do Ouro - Bahia, 2000.
- Nº 83 – Área BA-08 Rio de Contas/Ibitiara Sul - Bahia, 2000.
- Nº 84 – Área MT-05 Cuiabá/Poconé - Mato Grosso, 2000.
- Nº 85 – Área MT-04 Jauru/Barra dos Bugres - Mato Grosso, 2000.

SÉRIE OURO - INFORMES GERAIS

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

SÉRIE INSUMOS MINERAIS PARA AGRICULTURA

- Nº 01 – Mapa Síntese do Setor de Fertilizantes Minerais (NPK) no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1997.
- Nº 02 – Fosfato da Serra da Bodoquena - Mato Grosso do Sul, 2000.
- Nº 03 – Estudo do Mercado de Calcário para Fins Agrícolas no Estado de Pernambuco, 2000.

- Nº 04 – Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 05 – Estudo dos Níveis de Necessidade de Calcário nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 06 – Síntese das Necessidades de Calcário para os Solos dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 07 – Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais de Rondônia, 2001.
- Nº 08 – Mapas de Insumos Minerais para Agricultura nos Estados de Amazonas e Roraima, 2001.
- Nº 09 – Mapa-Síntese de Jazimentos Minerais Carbonatados dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 10 – Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados do Pará e Amapá, 2001.
- Nº 11 – Síntese dos Jazimentos, Áreas Potenciais e Mercado de Insumos Minerais para Agricultura no Estado da Bahia, 2001.
- Nº 12 – Avaliação de Rochas Calcárias e Fosfatadas para Insumos Agrícolas do Estado de Mato Grosso, 2008.
- Nº 13 – Projeto Fosfato Brasil - Parte I, Salvador, 2011.
- Nº 14 – Projeto Fosfato Brasil - Estado de Mato Grosso - Áreas Araras/Serra do Caeté e Planalto da Serra, 2011.
- Nº 15 – Projeto Mineralizações Associadas à Plataforma Bambuí no Sudeste do Estado do Tocantins (TO) - Goiânia, 2012.
- Nº 16 – Rochas Carbonáticas do Estado de Rondônia, Porto Velho, 2015.
- Nº 17 – Projeto Fosfato Brasil - Parte II, Salvador, 2016.
- Nº 18 – Geoquímica Orientativa para Pesquisa de Fosfato no Brasil, Salvador, 2016.

SÉRIE PEDRAS PRECIOSAS

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

SÉRIE OPORTUNIDADES MINERAIS – EXAME ATUALIZADO DE PROJETO

- Nº 01 – Níquel de Santa Fé - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 02 – Níquel do Morro do Engenho - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 03 – Cobre de Bom Jardim - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 04 – Ouro no Vale do Ribeira - Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 05 – Chumbo de Nova Redenção - Estado da Bahia, 2001.
- Nº 06 – Turfa de Caçapava - Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 08 – Ouro de Natividade - Estado do Tocantins, 2000.
- Nº 09 – Gipsita do Rio Cupari - Estado do Pará, 2001.
- Nº 10 – Zinco, Chumbo e Cobre de Palmeirópolis - Estado de Tocantins, 2000.
- Nº 11 – Fosfato de Miriri - Estados de Pernambuco e Paraíba, 2001.
- Nº 12 – Turfa da Região de Itapuã - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 13 – Turfa de Águas Claras - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 14 – Turfa nos Estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 15 – Nióbio de Uaupés - Estado do Amazonas, 1997.
- Nº 16 – Diamante do Rio Maú - Estado da Roraima, 1997.
- Nº 18 – Turfa de Santo Amaro das Brotas - Estado de Sergipe, 1997.
- Nº 19 – Diamante de Santo Inácio - Estado da Bahia, 2001.
- Nº 21 – Carvão nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1997.

- Nº 22 – Coal in the States of Rio Grande do Sul and Santa Catarina, 2000.
- Nº 23 – Kaolin Exploration in the Capim River Region - State of Pará - Executive Summary, 2000.
- Nº 24 – Turfa de São José dos Campos - Estado de São Paulo, 2002.
- Nº 25 – Lead in Nova Redenção - Bahia State, Brazil, 2001.

SÉRIE DIVERSOS

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

SÉRIE RECURSOS MINERAIS MARINHOS

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

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

- Nº 01 – Projeto Materiais de Construção na Área Manacapuru-Iranduba-Manaus-Careiro (Domínio Baixo Solimões) - Manaus, 2007.
- Nº 02 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Salvador - Salvador, 2008.
- Nº 03 – Projeto Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas - Manaus, 2008.
- Nº 04 – Projeto Rochas Ornamentais de Roraima - Manaus, 2009.
- Nº 05 – Projeto Argilas da Bacia Pimenta Bueno - Porto Velho, 2010.
- Nº 06 – Projeto Quartzo Industrial Dueré-Cristalândia - Goiânia, 2010.
- Nº 07 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Aracaju - Salvador, 2011.
- Nº 08 – Rochas Ornamentais no Noroeste do Estado do Espírito Santo - Rio de Janeiro, 2012.
- Nº 09 – Projeto Insumos Minerais para a Construção Civil na Região Metropolitana do Recife - Recife, 2012.
- Nº 10 – Materiais de Construção Civil da Folha Porto Velho - Porto Velho, 2013.
- Nº 11 – Polo Cerâmico de Santa Gertrudes - São Paulo, 2014.
- Nº 12 – Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Natal – Recife, 2015.
- Nº 13 – Materiais de Construção Civil para Vitória da Conquista, Itabuna-Ilhéus e Feira de Santana - Salvador, 2015.
- Nº 14 – Projeto Materiais de Construção da Região de Marabá e Eldorado dos Carajás – Belém, 2015.
- Nº 15 – Panorama do Setor de Rochas Ornamentais do Estado de Rondônia - Porto Velho, 2015
- Nº 16 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Goiânia - Goiânia, 2015
- Nº 17 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre – Porto Alegre, 2016
- Nº 18 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Fortaleza - Fortaleza, 2016

SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS

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

SÉRIE PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL

- Nº 01 – Áreas de Relevante Interesse Mineral - ARIM, Brasília, 2015
- Nº 02 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Tróia-Pedra Branca, Estado do Ceará, Fortaleza, 2015

SÉRIE MINERAIS ESTRATÉGICOS

Nº 01 – Diretrizes para Avaliação do Potencial do Potássio, Fosfato, Terras Raras e Lítio no Brasil, Brasília, 2015

ANEXO I

LISTA DE JAZIMENTOS

ABREVIATURAS UTILIZADAS

Areia - are

Areia vermelha - av

Argila - arg

Calcário - cc

Diatomita - dt

Pedra britada - bt

Pedra de talhe - pta

Rocha ornamental - ro

Saibro - sai

Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Fortaleza

Sequência	Ponto	Latitude	Longitude	Altitude	Localidade	Substância	Município	Status Econômico	Classe Genética
1	Ig 001	9565758	542533	180	Serra da Monguba	bt	Maracanau	mina ativa	Magmática Plutônica
2	Ig 002	9556774	540220	167	Próx a Parque Cuandu	bt	Pacatuba	ocorrência	Magmática Plutônica
3	Ig 003	9545222	536207	77	Baú	are	Guaiuba	mina ativa	Sedimentar Clástico
4	Ig 004	9545107	534906	97	Baú	are	Guaiuba	mina paralisada	Sedimentar Clástico
5	Ig 005	9545453	536630	91	Baú	are	Guaiuba	mina paralisada	Sedimentar Clástico
6	Ig 006	9545131	536937	91	Baú	are	Guaiuba	mina ativa	Sedimentar Clástico
7	Ig 007	9544501	535374	91	Baú	are	Guaiuba	mina ativa	Sedimentar Clástico
8	Ig 008	9545147	537845	72	Baú	are	Guaiuba	mina ativa	Sedimentar Clástico
9	Ig 009	9568224	564687	11	Tabuleiro Redondo	are	Aquiraz	mina ativa	Sedimentar Clástico
10	Ig 010	9568239	564682	17	Tabuleiro Redondo	are	Aquiraz	mina ativa	Sedimentar Clástico
11	Ig 011	9567496	566383	32	Sítio Milagres	arg	Aquiraz	mina ativa	Sedimentar Clástico
12	Ig 012	9566750	564929	13	Cachoeira	are	Aquiraz	mina ativa	Sedimentar Clástico
13	Ig 013	9566748	564935	28	Cachoeira	arg	Aquiraz	mina ativa	Sedimentar Clástico
14	Ig 014	9560665	559727	30	Ind. Assunção	arg	Aquiraz	mina ativa	Sedimentar Clástico
15	Ig 015	9560231	557869	29	Telha	are	Aquiraz	mina ativa	Sedimentar Clástico
16	Ig 016	9558876	556428	27	Boa Vista	are	Aquiraz	mina ativa	Sedimentar Clástico
17	Ig 017	9562313	561336	22	Passagem de Pedra	arg	Aquiraz	mina ativa	Sedimentar Clástico
18	Ig 018	9561080	551475	48	Serra de Itaitinga	bt	Itaitinga	mina ativa	Magmática Plutônica
19	Ig 019	9561607	550865	65	Serra de Itaitinga	bt	Itaitinga	mina ativa	Magmática Plutônica
20	Ig 020	9561946	550895	70	Serra de Itaitinga	bt	Itaitinga	mina ativa	Magmática Plutônica
21	Ig 021	9562525	551446	72	Serra de Itaitinga	bt	Itaitinga	mina ativa	Magmática Plutônica
22	Ig 022	9561909	551839	71	Serra de Itaitinga	bt	Itaitinga	mina ativa	Magmática Plutônica
23	Ig 023	9569699	568969	34	Prainha	are	Aquiraz	ocorrência	Sedimentar Clástico
24	Ig 024	9579395	563263	24	Cofeco	are	Fortaleza	mina inativa	Sedimentar Clástico
25	Ig 025	9578218	564009	21	Cofeco	are	Eusebio	ocorrência	Sedimentar Clástico
26	Ig 026	9561050	567413	22	Buriti Auto	are	Aquiraz	mina paralisada	Sedimentar Clástico
27	Ig 027	9562698	572266	39	Tapera	are	Aquiraz	garimpo inativo	Sedimentar Clástico
28	Ig 028	9561560	573823	36	Pau Pomba	are	Aquiraz	mina paralisada	Sedimentar Clástico
29	Ig 029	9566206	568491	41	Castelo	are	Aquiraz	mina paralisada	Sedimentar Clástico
30	Ig 030	9560760	571526	42	Gabriel	are	Aquiraz	mina inativa	Sedimentar Clástico
31	Ig 031	9544546	579351	47	Mataquiri	av	Cascavel	mina paralisada	Sedimentar Clástico
32	Ig 032	9541928	576753	42	Neves	are	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
33	Ig 033	9541676	582192	84	Tanques	av	Cascavel	mina inativa	Sedimentar Clástico
34	Ig 034	9540077	584933	45	Córrego do Rego	av	Cascavel	garimpo inativo	Sedimentar Clástico
35	Ig 035	9537065	585346	46	Choró das Cajazeiras	arg	Cascavel	mina ativa	Sedimentar Clástico
36	Ig 036	9536317	586600	30	Choró	arg	Cascavel	mina ativa	Sedimentar Clástico
37	Ig 037	9535914	586186	30	Choró	arg	Cascavel	mina ativa	Sedimentar Clástico
38	Ig 038	9545603	581433	44	Moita Redonda	av	Cascavel	mina paralisada	Sedimentar Clástico
39	Ig 039	9554556	563852	50	Miguel Dias	are	Aquiraz	mina ativa	Sedimentar Clástico
40	Ig 040	9535476	583860	34	Choró/Pedra Redonda	arg	Cascavel	mina paralisada	Sedimentar Clástico
41	Ig 041	9534791	582598	37	Choró/Caraúbas	are	Cascavel	mina paralisada	Sedimentar Clástico
42	Ig 044	9534084	578964	21	Choró/Mutembo	arg	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
43	Ig 045	9533696	578363	23	Choró/Mutembo	are	Cascavel	mina ativa	Sedimentar Clástico
44	Ig 046	9532976	576930	26	Choró/Pau Branco	are	Cascavel	mina ativa	Sedimentar Clástico
45	Ig 048	9570454	553004	55	Walter Filho	bt	Itaitinga	mina inativa	Magmática Plutônica
46	Ig 049	9570981	554173	47	Bujati	sai	Fortaleza	mina ativa	Intempérico Residual
47	Ig 050	9565185	551831	62	Vila Nova	are	Itaitinga	mina inativa	Sedimentar Clástico
48	Ig 052	9571327	551354	57	Ancuri	sai	Itaitinga	mina ativa	Intempérico Residual
49	Ig 053	9572436	552672	50	Serrote do Ancuri	av/sai	Fortaleza	ocorrência	Intempérico Residual
50	Ig 054	9573617	552943	52	Anel Viário	av	Fortaleza	mina ativa	Sedimentar Clástico
51	Ig 055	9574100	547053	44	Pajuçara	sai	Maracanau	mina ativa	Intempérico Residual
52	Ig 056	9553780	554059	49	Croatá	are	Aquiraz	mina inativa	Sedimentar Clástico
53	Ig 057	9545106	555865	57	Bueno Aires	are	Horizonte	mina paralisada	Sedimentar Clástico

Informe de Recursos Minerais

Sequência	Ponto	Latitude	Longitude	Altitude	Localidade	Substância	Município	Status Econômico	Classe Genética
53	Ig 057	9545106	555865	57	Bueno Aires	are	Horizonte	mina paralisada	Sedimentar Clástico
54	Ig 058	9543989	557060	73	Estrela	are	Horizonte	mina ativa	Sedimentar Clástico
55	Ig 059	9546283	563722	60	Córrego da Canaveira	dt	Horizonte	mina ativa	Sedimentar Biogênico
56	Ig 060	9547783	562945	66	Canaveira	are	Horizonte	mina paralisada	Sedimentar Clástico
57	Ig 062	9552559	556552	65	Justiniano de Serra	are	Aquiraz	ocorrência	Sedimentar Clástico
58	Ig 063	9587791	515419	70	Riacho da Barriga	arg	Caucaia	mina paralisada	Sedimentar Clástico
59	Ig 064	9582554	506923	74	Serrote	sai	Caucaia	garimpo inativo	Intempérico Residual
60	Ig 065	9585800	506180	73	Sítios Novos	cc	Caucaia	mina inativa	Calcário Metamórfico
61	Ig 066	9570773	518997	52	Riacho Pão de Açúcar	arg	Caucaia	mina ativa	Sedimentar Clástico
62	Ig 067	9570941	518097	45	Riacho Pão de Açúcar	arg	Caucaia	mina ativa	Sedimentar Clástico
63	Ig 068	9569384	516162	51	Faz. Pão de Açúcar	arg	Caucaia	ocorrência	Sedimentar Clástico
64	Ig 069	9569179	517059	42	Faz. Pão de Açúcar	arg	Caucaia	ocorrência	Sedimentar Clástico
65	Ig 070	9567128	513179	61	Várzea do Meio	cc	Caucaia	indício	Calcário Metamórfico
66	Ig 071	9566210	511104	76	Várzea do Meio	arg	Caucaia	ocorrência	Sedimentar Clástico
67	Ig 072	9563739	512651	87	Monte Alegre	arg	Caucaia	garimpo inativo	Sedimentar Clástico
68	Ig 073	9563786	507261	89	Santa Luzia	cc	Caucaia	indício	Calcário Metamórfico
69	Ig 074	9564712	508612	100	Várzea do Meio	cc	Caucaia	indício	Calcário Metamórfico
70	Ig 075	9565913	509370	109	Faz. Derradeira	cc	Caucaia	ocorrência	Calcário Metamórfico
71	Ig 076	9569839	519292	49	Pão de açúcar	ro	Caucaia	ocorrência	Magmática Vulcânica
72	Ig 077	9569341	521146	79	Alto do Bode	ro	Caucaia	ocorrência	Magmática Plutônica
73	Ig 078	9567696	516881	64	Faz. Pão de Açúcar	arg	Caucaia	mina inativa	Sedimentar Clástico
74	Ig 079	9566259	515936	77	Várzea do Meio	arg	Caucaia	mina ativa	Sedimentar Clástico
75	Ig 080	9560229	508059	118	Faz. Boticária	cc	Maranguape	ocorrência	Calcário Metamórfico
76	Ig 081	9563775	506323	101	Santa Luzia	are	Maranguape	ocorrência	Sedimentar Clástico
77	Ig 082	9564910	505667	96	Umari	are	Caucaia	ocorrência	Sedimentar Clástico
78	Ig 083	9567470	504592	74	Umari	are	Caucaia	ocorrência	Sedimentar Clástico
79	Ig 084	9571163	502278	70	Próx a Três Lagoas	arg	Caucaia	mina ativa	Sedimentar Clástico
80	Ig 085	9571879	501209	65	Próx a Três Lagoas	arg	Caucaia	mina paralisada	Sedimentar Clástico
81	Ig 086	9573264	501423	58	Próx a Três Lagoas	are	Caucaia	mina paralisada	Sedimentar Clástico
82	Ig 087	9560322	502610	126	Faz. Taubaté	cc	Maranguape	ocorrência	Calcário Metamórfico
83	Ig 088	9574386	524205	85	Muquém	arg	Caucaia	mina inativa	Sedimentar Clástico
84	Ig 089	9575424	524308	50	Muquém	are/arg	Caucaia	ocorrência	Sedimentar Clástico
85	Ig 090	9579719	530973	77	Jardim Fortaleza	ro/pta	Caucaia	mina inativa	Magmática Plutônica
86	Ig 091	9582608	533751	16	Riacho Nambi	arg	Caucaia	mina paralisada	Sedimentar Clástico
87	Ig 092	9582160	532801	20	Riacho Nambi	arg	Caucaia	mina ativa	Sedimentar Clástico
88	Ig 093	9580166	537933	46	Uruguatuba	av	Caucaia	mina ativa	Sedimentar Clástico
89	Ig 096	9584678	536787	24	Caucaia	are	Caucaia	mina ativa	Sedimentar Clástico
90	Ig 097	9575638	536883	96	Serra da Taquara	bt	Caucaia	mina ativa	Magmática Plutônica
91	Ig 098	9577920	536792	66	Mirambé	bt	Caucaia	mina inativa	Magmática Plutônica
92	Ig 099	9577157	535355	77	Serra da Taquara	bt	Caucaia	mina ativa	Magmática Plutônica
93	Ig 104	9568516	539723	61	Furna da Onça	ro/pta	Maracanau	mina inativa	Magmática Plutônica
94	Ig 105	9569056	538078	61	Furna da Onça	arg	Maranguape	mina ativa	Sedimentar Clástico
95	Ig 106	9570863	538990	65	Colônia Antonio Justa	are	Maranguape	mina ativa	Sedimentar Clástico
96	Ig 107	9573235	537689	96	Pau Serrado	ro/pta	Maracanau	mina ativa	Magmática Plutônica
97	Ig 108	9575365	542100	39	Parque Alto Alegre	arg	Maracanau	mina inativa	Sedimentar Clástico
98	Ig 109	9544749	539529	66	Baú	are	Guaiuba	mina ativa	Sedimentar Clástico
99	Ig 110	9540587	537018	82	Poços	arg	Guaiuba	mina ativa	Sedimentar Clástico
100	Ig 111	9540690	538234	70	Poços	arg	Guaiuba	mina inativa	Sedimentar Clástico
101	Ig 112	9542510	545258	56	Açude Riachão	arg	Guaiuba	mina ativa	Sedimentar Clástico
102	Ig 114	9541566	543260	58	Batatão	are	Guaiuba	ocorrência	Sedimentar Clástico
103	Ig 115	9546066	530268	94	Jatobá	are	Guaiuba	ocorrência	Sedimentar Clástico
104	Ig 116	9547461	523899	157	Tanques	are	Maranguape	garimpo inativo	Sedimentar Clástico
105	Ig 117	9548801	523595	144	Tanques	ro	Maranguape	mina paralisada	Magmática Plutônica

Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Fortaleza

Sequência	Ponto	Latitude	Longitude	Altitude	Localidade	Substância	Município	Status Econômico	Classe Genética
106	Ig 118	9601261	515647	27	Boião	are	Sao Goncalo	mina ativa	Sedimentar Clástico
107	Ig 120	9599952	506793	39	São Gonçalo	sai	Sao Goncalo	mina paralisada	Intempérico Residual
108	Ig 121	9603260	504211	4	Pau Branco	arg	Sao Goncalo	mina ativa	Sedimentar Clástico
109	Ig 122	9592794	502219	9	Umaributá	arg	Sao Goncalo	mina inativa	Sedimentar Clástico
110	Ig 123	9590074	507594	33	Catuana	cc	Caucaia	mina inativa	Calcário Metamórfico
111	Ig 124	9592564	513891	37	Catuana	sai	Caucaia	mina ativa	Intempérico Residual
112	Ig 125	9594991	517315	48	Serrote do Olho D'água	sai/pta	Caucaia	ocorrência	Intempérico Residual
113	Ig 127	9579217	511878	65	Riacho dos Brandões	arg	Caucaia	ocorrência	Sedimentar Clástico
114	Ig 128	9583340	507148	80	Serrote	sai	Caucaia	mina paralisada	Intempérico Residual
115	Ig 129	9592368	507392	45	Catuana	ro	Caucaia	mina paralisada	Magmática Plutônica
116	Md 001	9596126	528123	44	CE-085/Monguba	du	Caucaia	mina paralisada	Sedimentar Clástico
117	Md 002	9592171	536540	27	Veraneio Icarai	are	Caucaia	ocorrência	Sedimentar Clástico
118	Md 003	9592739	535775	23	Veraneio Icarai	sai	Caucaia	mina ativa	Intempérico Residual
119	Md 005	9591527	532935	26	Faz. Grande	arg	Caucaia	mina ativa	Sedimentar Clástico
120	Md 006	9595735	533434	32	Icarai	du	Caucaia	ocorrência	Sedimentar Clástico
121	Md 007	9596435	525779	71	Monguba	av/pta	Caucaia	mina ativa	Intempérico Residual/Magmática Metamórfica
122	Md 008	9594120	522080	63	Riacho do Juá	arg	Caucaia	ocorrência	Sedimentar Clástico
123	Md 010	9597442	518651	59	CE-085/Itapará	sai	Caucaia	mina ativa	Intempérico Residual
124	Md 011	9599246	517125	62	CE-085/Tapuio	av	Caucaia	mina paralisada	Sedimentar Clástico
125	Md 012	9602637	513193	42	CE-085/Parede	av	Sao Goncalo	mina paralisada	Sedimentar Clástico
126	Md 013	9602296	505362	34	São Gonçalo	sai	Sao Goncalo	mina ativa	Intempérico Residual
127	Md 014	9605465	501726	22	Campestre	sai	Sao Goncalo	mina inativa	Intempérico Residual
128	Md 015	9606251	501389	22	Campestre	ro	Sao Goncalo	mina ativa	Magmática Vulcânica
129	Md 016	9606981	494711	36	Angélica	sai	Sao Goncalo	mina inativa	Intempérico Residual
130	Md 017	9608484	491032	36	Faz. Bonança	sai	Sao Goncalo	mina inativa	Intempérico Residual
131	Md 018	9607875	490955	36	Faz. Bonança	sai	Sao Goncalo	mina inativa	Intempérico Residual
132	Md 020	9600721	489110	56	Faz. Grossos	ro	Sao Goncalo	mina ativa	Magmática Vulcânica
133	Md 021	9597830	492141	65	Faz. Pau Darco	ro	Sao Goncalo	mina ativa	Magmática Vulcânica
134	Md 024	9605063	487701	47	Nova Betânea	ro	Sao Goncalo	mina ativa	Magmática Vulcânica
135	Md 025	9600604	502934	17	São Gonçalo	arg	Sao Goncalo	mina ativa	Sedimentar Clástico
136	Md 026	9598135	502943	35	São Gonçalo	arg	Sao Goncalo	mina ativa	Sedimentar Clástico
137	Md 027	9597282	502295	39	São Gonçalo	are	Sao Goncalo	mina inativa	Sedimentar Clástico
138	Md 029	9589143	505091	55	Faz. Buque	av	Caucaia	mina paralisada	Sedimentar Clástico
139	Md 030	9587800	508215	58	Poços das Pedras	arg	Caucaia	mina inativa	Sedimentar Clástico
140	Md 031	9585346	505364	66	Sítios Novos	arg	Caucaia	mina ativa	Sedimentar Clástico
141	Md 033	9594061	523410	42	Serrote Jacurutu	bt	Caucaia	mina ativa	Magmática Plutônica
142	Md 034	9593008	523119	38	Serrote Jacurutu	bt	Caucaia	mina ativa	Magmática Plutônica
143	Md 035	9594788	524804	48	Monguba	are	Caucaia	mina inativa	Sedimentar Clástico
144	Md 036	9591808	523957	43	Santa Rosa	bt	Caucaia	ocorrência	Magmática Plutônica
145	Md 037	9590532	522952	49	Bom Tempo	bt	Caucaia	mina ativa	Magmática Plutônica
146	Md 038	9587600	525346	76	Boqueirão	bt	Caucaia	mina ativa	Magmática Metamórfica
147	Md 039	9586455	527906	57	Serra do Juá	sai	Caucaia	mina ativa	Intempérico Residual
148	Md 040	9585924	527870	80	Serra do Juá	bt	Caucaia	mina ativa	Magmática Metamórfica
149	Md 041	9588890	522584	69	Boqueirão	bt	Caucaia	mina ativa	Magmática Metamórfica
150	Md 042	9588591	517970	65	Serrote do Tigre	bt	Caucaia	ocorrência	Magmática Metamórfica
151	Md 043	9587109	517454	56	Serrote das Ipueiras	bt	Caucaia	ocorrência	Magmática Metamórfica
152	Md 045	9581127	517282	47	Salgadinho	arg	Caucaia	mina paralisada	Sedimentar Clástico
153	Md 048	9605556	479923	31	Serrote	ro	Sao Goncalo	mina ativa	Magmática Vulcânica
154	Md 049	482200	9603983	58	Arquinhão	sai	Sao Goncalo	mina paralisada	Intempérico Residual
155	Md 050	9603420	485454	55	Tamanduá	are	Sao Goncalo	ocorrência	Sedimentar Clástico
156	Md 051	485878	9603177	71	Tamanduá	sai	Sao Goncalo	mina paralisada	Intempérico Residual
157	Md 053	9601997	479021	37	Escócio	ro/pta	Sao Goncalo	mina inativa	Magmática Plutônica
158	Md 057	9602423	509111	37	Parada	are	Sao Goncalo	garimpo inativo	Sedimentar Clástico

Informe de Recursos Minerais

Sequência	Ponto	Latitude	Longitude	Altitude	Localidade	Substância	Município	Status Econômico	Classe Genética
159	Md 059	9594722	478266	74	Faz. N.S. da Conceição	are	Sao Goncalo	mina ativa	Sedimentar Clástico
160	Md 060	9602791	476759	57	Escócio	are	Sao Goncalo	mina ativa	Sedimentar Clástico
161	Md 061	9603001	475939	34	Escócio	arg	Sao Goncalo	mina ativa	Sedimentar Clástico
162	Md 062	9604450	477987	13	Vereda Funda	are	Sao Goncalo	mina ativa	Sedimentar Clástico
163	Md 068	9588885	534181	40	Caucaia	are	Caucaia	mina inativa	Sedimentar Clástico
164	Md 069	9591999	530362	46	Faz. Garrote	are	Caucaia	ocorrência	Sedimentar Clástico
165	Md 070	9592337	529433	42	Faz. Garrote	are	Caucaia	mina ativa	Sedimentar Clástico
166	Md 071	9589617	527838	61	Serra do Camará	are	Caucaia	mina paralisada	Sedimentar Clástico
167	Md 072	9587557	528043	59	Capuã	are	Caucaia	mina inativa	Sedimentar Clástico
168	Md 073	9588773	530923	59	Capuã	are	Caucaia	mina inativa	Sedimentar Clástico
169	Md 074	9600615	522247	60	Faz. Coité	du	Caucaia	mina inativa	Sedimentar Clástico
170	Md 075	9600053	520006	75	Lagoas	av	Caucaia	mina ativa	Sedimentar Clástico
171	Md 076	9604301	520303	72	Morro do Urubu	av	Caucaia	mina ativa	Sedimentar Clástico
172	Md 077	9603292	519149	47	Matões	du	Caucaia	mina paralisada	Sedimentar Clástico
173	Md 078	9606948	509033	43	Guaribas	av	Sao Goncalo	mina paralisada	Sedimentar Clástico
174	Md 081	9597208	528135	23	Guagiru	are	Caucaia	mina ativa	Sedimentar Clástico
175	Md 082	9598811	525906	25	Guagiru	are	Caucaia	ocorrência	Sedimentar Clástico
176	Md 083	9595807	515042	42	Faz. Olho D'água	sai	Caucaia	mina ativa	Intempérico Residual
177	Md 084	9528827	556859	91	Faz. Chaves	are/sai	Chorozinho	mina paralisada	Sedimentar Clástico/Intempérico Residual
178	Md 085	9526883	553851	127	Baixa da Abelha	ro	Chorozinho	mina inativa	Magmática Plutônica
179	Md 086	9524410	556424	49	Chorozinho	are	Chorozinho	mina paralisada	Sedimentar Clástico
180	Md 087	9525250	557359	49	Chorozinho	are	Chorozinho	ocorrência	Sedimentar Clástico
181	Md 088	9522650	554026	52	Chorozinho/Uruê	arg	Chorozinho	mina ativa	Sedimentar Clástico
182	Md 089	9523009	554864	50	Chorozinho	are	Chorozinho	mina ativa	Sedimentar Clástico
183	Md 090	9522474	554585	57	Chorozinho/Uruê	are	Chorozinho	mina ativa	Sedimentar Clástico
184	Md 091	9522558	554130	60	Chorozinho/Uruê	arg	Chorozinho	mina paralisada	Sedimentar Clástico
185	Md 092	9522246	553367	60	Fiúza	arg	Chorozinho	mina paralisada	Sedimentar Clástico
186	Md 093	9521548	553352	62	Morros	are/arg	Chorozinho	mina paralisada	Sedimentar Clástico
187	Md 094	9520731	552618	58	Vila Rosa	arg	Chorozinho	mina paralisada	Sedimentar Clástico
188	Md 095	9516432	549698	57	Canapum	are	Chorozinho	mina ativa	Sedimentar Clástico
189	Md 096	9523398	554289	46	Chorozinho	arg	Chorozinho	mina paralisada	Sedimentar Clástico
190	Md 097	9522317	556512	64	Chorozinho	are	Chorozinho	mina inativa	Sedimentar Clástico
191	Md 098	9503504	571716	65	Cristais	are	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
192	Md 099	9503506	573055	42	Cristais	are	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
193	Md 100	9505709	572600	43	Lagoa da Maracajá	are/arg	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
194	Md 101	9578349	563683	36	Cofeco/Serrote do Cararu	bt	Eusebio	mina ativa	Magmática Vulcânica
195	Md 102	9568096	570153	41	Aquiraz	av/sai	Aquiraz	mina ativa	Intempérico Residual
196	Md 103	9542120	582287	80	Tanques	av/sai	Cascavel	mina ativa	Intempérico Residual
197	Md 104	9544458	588086	37	Cana Seca	av	Cascavel	mina inativa	Sedimentar Clástico
198	Md 105	9546695	582050	39	Buritizal	av	Cascavel	mina inativa	Sedimentar Clástico
199	Md 107	9553809	577144	25	Pindoretama	are	Cascavel	mina inativa	Sedimentar Clástico
200	Md 108	9561960	576212	30	Mãe D'água	are	Aquiraz	mina paralisada	Sedimentar Clástico
201	Md 109	9564727	572009	25	Catu	av	Aquiraz	mina paralisada	Sedimentar Clástico
202	Md 111	9557112	554845	34	Riachão	are/arg	Aquiraz	mina ativa	Sedimentar Clástico
203	Md 112	9557123	554826	53	Riachão	sai	Aquiraz	mina paralisada	Intempérico Residual
204	Md 113	9555969	558663	55	Lagoa do Mato	arg	Aquiraz	mina inativa	Sedimentar Clástico
205	Md 114	9555509	561621	53	Lagoa do Ramo	sai	Aquiraz	ocorrência	Intempérico Residual
206	Md 115	9555369	562727	36	Miguel Dias	are	Aquiraz	mina ativa	Sedimentar Clástico
207	Md 116	9559769	561650	37	Urubu	are	Aquiraz	mina paralisada	Sedimentar Clástico
208	Md 117	9560975	561249	26	Ribeira	are/arg	Aquiraz	mina paralisada	Sedimentar Clástico
209	Md 118	9563263	564757	22	Junco	sai	Aquiraz	mina inativa	Intempérico Residual
210	Md 119	9565564	564490	20	Angelim	are/arg	Aquiraz	mina ativa	Sedimentar Clástico
211	Md 120	9571413	548068	51	Genipabu	av	Pacatuba	mina paralisada	Sedimentar Clástico

Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Fortaleza

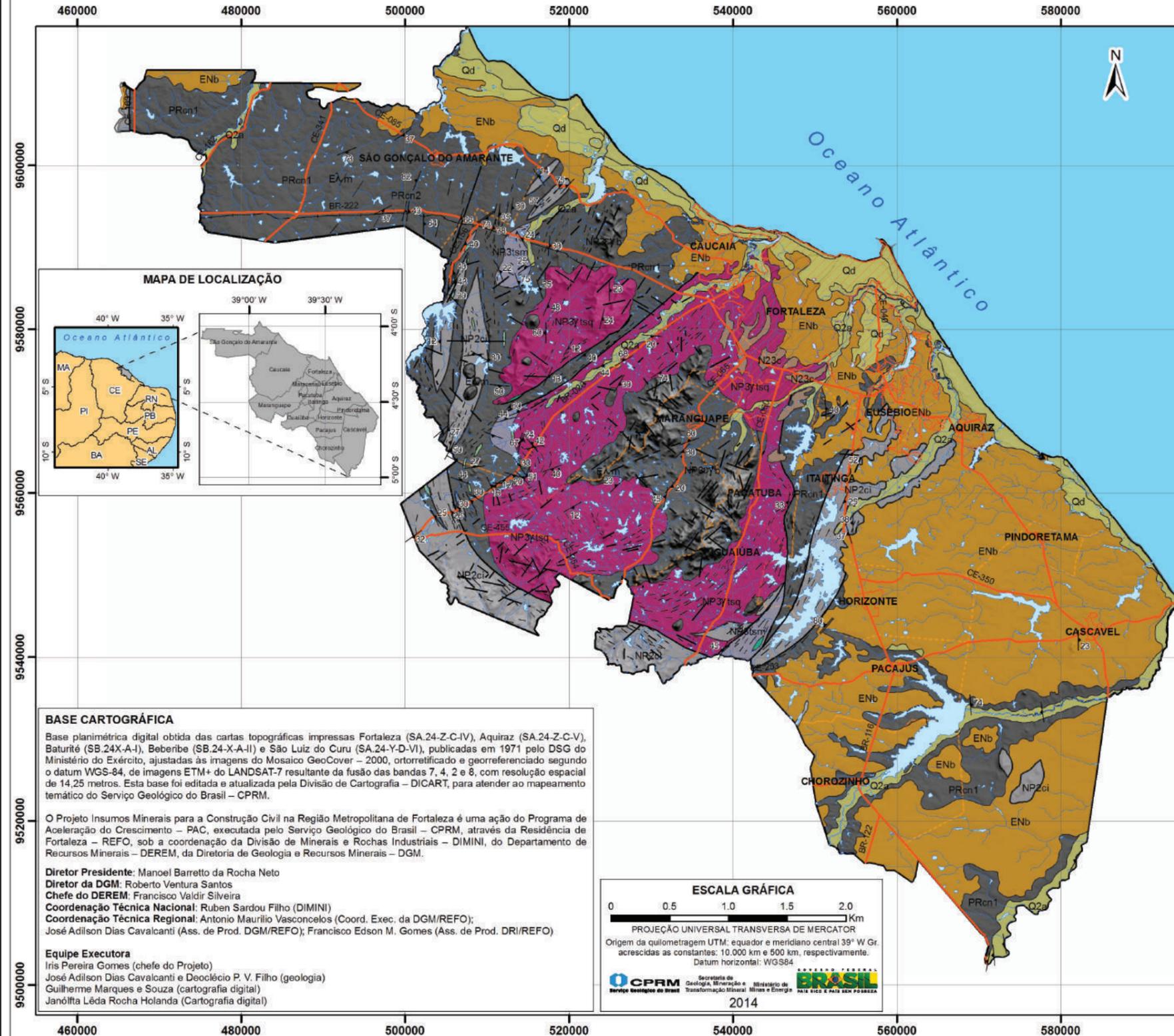
Sequência	Ponto	Latitude	Longitude	Altitude	Localidade	Substância	Município	Status Econômico	Classe Genética
212	Md 121	9570880	546554	43	Genipabu	sai	Pacatuba	mina paralisada	Intempérico Residual
213	Md 122	9565632	555648	51	Jaboti	sai	Eusebio	mina inativa	Intempérico Residual
214	Md 123	9507693	573573	25	Alto do Juazeiro	are	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
215	Md 124	9508593	574259	8	Alto do Juazeiro	are	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
216	Md 125	9509752	574568	35	Isabel	are	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
217	Md 126	9508933	576997	42	Isabel	are	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
218	Md 127	9509975	578356	45	Salgadinho	are	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
219	Md 128	9512157	579787	28	Cruz	are	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
220	Md 129	9513697	580867	22	Faz Boa Esperança	are	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
221	Md 130	9515636	581811	24	Faz Boa Esperança	are	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
222	Md 131	9518455	583351	24	Cedro	are	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
223	Md 132	9536895	590464	30	Choró	are/arg	Cascavel	mina ativa	Sedimentar Clástico
224	Md 133	9539887	591753	13	Choró das Pedrinhas	arg	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
225	Md 134	9539642	571502	55	Lagoa do Sousa	av	Cascavel	mina inativa	Sedimentar Clástico
226	Md 135	9533213	573762	9	Angico	are	Cascavel	ocorrência	Sedimentar Clástico
227	Md 136	9539771	563050	70	Pacajus/Cogerh	av	Pacajus	mina inativa	Sedimentar Clástico
228	Md 137	9524123	571770	66	Brito	arg	Cascavel	mina paralisada	Sedimentar Clástico
229	Md 139	9558617	553648	61	Riachão	sai	Itaitinga	mina paralisada	Intempérico Residual
230	Md 140	9540383	556108	72	Pacajus	sai	Pacajus	mina paralisada	Intempérico Residual
231	Md 141	9537563	553208	88	Lagoa Seca	are	Pacajus	mina paralisada	Sedimentar Clástico
232	Md 142	9536868	557816	103	Pacajus	av	Pacajus	mina inativa	Sedimentar Clástico
233	Md 143	9536483	550314	98	Curimatã	are	Pacajus	mina paralisada	Sedimentar Clástico
234	Md 144	9536472	549649	96	Curimatã	sai	Pacajus	mina paralisada	Intempérico Residual
235	Md 145	9536933	547273	97	Itaipaba	sai	Pacajus	mina paralisada	Intempérico Residual
236	Md 146	9538123	545045	95	Itaipaba	are	Pacajus	mina paralisada	Sedimentar Clástico
237	Md 147	9545480	552947	77	Buenos Aires	are	Horizonte	mina paralisada	Sedimentar Clástico
238	Md 148	9522602	558215	71	Triângulo	av	Chorozinho	mina paralisada	Sedimentar Clástico

ANEXO II

MAPA GEOLÓGICO

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

MAPA GEOLÓGICO
PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL
NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA



RELAÇÕES TECTONO-ESTRATIGRÁFICAS

CENOZOICO			
PROVÍNCIA COSTEIRA			
ERA	PERÍODO	IDADE (Ma)	LITOESTRATIGRAFIA
CENOZOICO	QUATERNÁRIO (Q)	2,6	Q2a, Q2e, Qd, N23c
	NEOGÊNIO (N)	23	ENb
	PALEOGÊNIO (E)	65	E.m

PRECAMBRIANO - PALEOZOICO			
PROVÍNCIA BORBOREMA			
ERA	PERÍODO	IDADE (Ma)	LITOESTRATIGRAFIA
PALEOZOICO	ORDOVICIANO (O)	425	
	CAMBIANO (c)	541	NP3tsq, NP3tsm
	EDIACARIANO (NP)	635	NP2ci, PRcn1, PRcn2
NEOPROTEROZOICO (NP)	CROGÊNIO	850	
	TONIANO	1000	
MP	ESTATERIANO	1800	
	DROSIRIANO	2000	
	RIACIANO	2300	
	SIDERIANO	2500	

Escala de tempo baseada na International Commission on Stratigraphy (2012)

- CONVENÇÕES GEOLÓGICAS**
- Eixo de dobra
 - Folição
 - Lineação
 - Folição milonítica
 - Zona de cisalhamento indiscriminada
 - Dique
 - Falha indiscriminada
 - Fratura
 - Lineamento estrutural

- CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS**
- Cidades
 - Limite municipal
 - Rodovia pavimentada
 - Ferrovia
 - Açude, lagoa
 - Rio de margem dupla
 - Rio/riacho de curso perene/intermitente

- UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS**
- DEPÓSITOS CENOZOICOS**
- Q2a** Depósitos aluvionares: argilas, areias (argilosas, quartzosas e quartzofeldspáticas) e cascalhos / fluvial, em parte com influência marinha.
 - Q2e** Depósitos Eólicos Litorâneos 2 (praias atuais/dunas móveis; inclui, localmente, sedimentos fluviomarinhos): areias esbranquiçadas, quartzosas, bem classificadas, em corpos maciços ou exibindo arranjos estratiformes, com leitos mais escuros ricos em minerais pesados. Presença marcante de estratificação cruzada / eólico marinho e fluviomarinho.
 - Qd** Depósitos Eólicos Litorâneos 1 (dunas fixas/paleodunas): areias de granulação fina a média, raramente siltosas, quartzosas ou quartzofeldspáticas, bem selecionadas, de tonalidades cinza-clara e alaranjada no topo, e avermelhada na base (inconsolidadas ou consolidadas) / eólico litorâneo.
 - N23c** Depósitos colúvio-aluviais: sedimento argilo-arenoso e areno-argiloso pouco consolidado, avermelhado/fluvial.
 - ENb** Grupo Barreiras: sedimento areno-argiloso pouco consolidado, com cimento argilo-ferruginoso, tonalidade variando de creme a vermelha, mal selecionado e granulometria variando de fina a média. Desenvolve uma cobertura arenosa de cor branca.
 - E.m** Suite Magnética Messejana: fonólitos, traquitos, tufo alcalinos e essexitos porfíricos, ocorrendo associados ou isoladamente.
- GRANITOIDES TARDI A PÓS-TECTÔNICOS**
- NP3tsq, d** Granitos: biotita-granito porfírico, monzogranitos, granodioritos e quartzo diorito.
- COMPLEXO TAMBORIL-SANTA QUITÉRIA**
- NP3tsq** Granitoide Santa Quitéria: monzogranitos foliados e miloníticos e sienogranitos foliados de cor rósea a cinza, textura porfírica com fenocristais de K-feldspato, trama de augen gnaisse a tectonito-L. Presença de enclaves e diques sin-plutônicos máficos.
 - NP3tsm** Metatexitos: hornblenda metatexitos com estruturas bandadas e dobradas, com mesosomas de protólitos predominantemente ígneos; localmente aparecem diatexitos com enclaves máficos dioríticos deformados e também resístatos de rochas cálcio-silicáticas.
- COMPLEXO CEARÁ**
- NP2ci** Unidade Independência: paragneisses com granada e sillimanita de derivação pelítica a semipelítica, muscovita-quartzo xistos, sillimanita-muscovita-quartzo xistos com granada e quartzitos ímpuros. Ocorrem também corpos lenticulares, de dimensões variadas cartografados de quartzitos micáceos (NP2ciq), e mármores calcíticos e dolomíticos (NP2cica).
- COMPLEXO CANINDE DO CEARÁ CENTRAL**
- PRcn1** Metatexitos para derivados diversos, com granada, sillimanita e muscovita, taxas distintas de fusão e geração de migmatitos mais evoluídos, com estrutura fibulítica e schlieren. Presença de lentes de rochas cálcio-silicáticas (PRcca) e ultramáficas.
 - PRcn2** Ortogneisse cinza (hornblenda-biotita gnaisse) de composição granodiorítica a tonalítica, por vezes migmatítico com leucossoma de composição sienogranítica e formato irregular. Contém enclaves máficos dioríticos; leucogranitoides ricos em granada.

BASE CARTOGRÁFICA

Base planimétrica digital obtida das cartas topográficas impressas Fortaleza (SA.24-Z-C-IV), Aquiraz (SA.24-Z-C-V), Baturité (SB.24X-A-I), Beberibe (SB.24-X-A-II) e São Luiz do Curu (SA.24-Y-D-VI), publicadas em 1971 pelo DSG do Ministério do Exército, ajustadas às imagens do Mosaico GeoCover - 2000, ortorectificado e georreferenciado segundo o datum WGS-84, de imagens ETM+ do LANDSAT-7 resultante da fusão das bandas 7, 4, 2 e 8, com resolução espacial de 14,25 metros. Esta base foi editada e atualizada pela Divisão de Cartografia - DICART, para atender ao mapeamento temático do Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

O Projeto Insumos Minerais para a Construção Civil na Região Metropolitana de Fortaleza é uma ação do Programa de Aceleração do Crescimento - PAC, executada pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, através da Residência de Fortaleza - REFO, sob a coordenação da Divisão de Minerais e Rochas Industriais - DIMINI, do Departamento de Recursos Minerais - DEREM, da Diretoria de Geologia e Recursos Minerais - DGM.

Diretor Presidente: Manoel Barreto da Rocha Neto
Diretor da DGM: Roberto Ventura Santos
Chefe do DEREM: Francisco Valdir Silveira
Coordenação Técnica Nacional: Ruben Sardou Filho (DIMINI)
Coordenação Técnica Regional: Antonio Maurílio Vasconcelos (Coord. Exec. da DGM/REFO); José Adilson Dias Cavalcanti (Ass. de Prod. DGM/REFO); Francisco Edson M. Gomes (Ass. de Prod. DRI/REFO)

Equipe Executora
 Iris Pereira Gomes (chefe do Projeto)
 José Adilson Dias Cavalcanti e Deoclécio P. V. Filho (geologia)
 Guilherme Marques e Souza (cartografia digital)
 Janófilta Lêda Rocha Holanda (Cartografia digital)

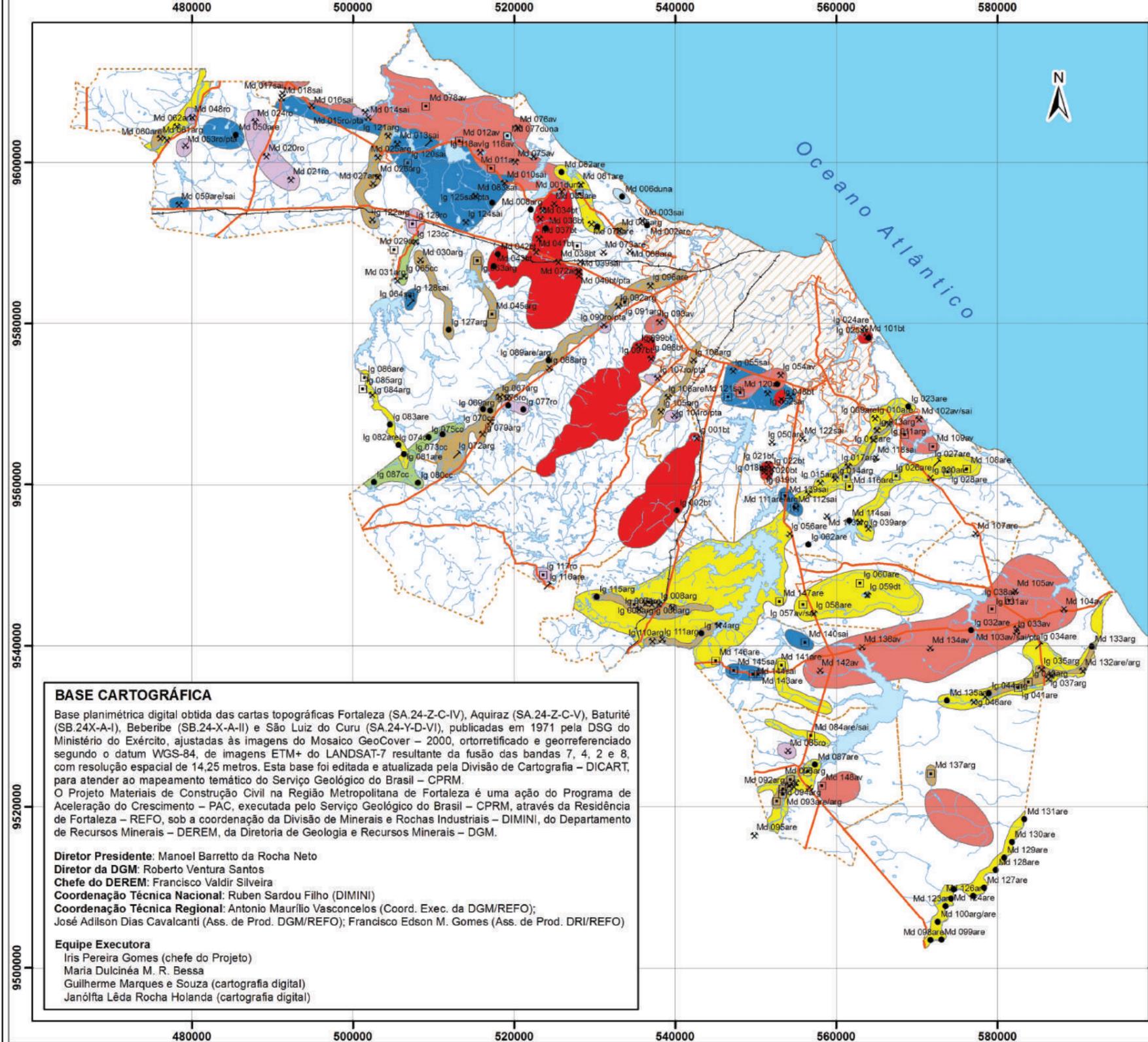


ANEXO III

MAPA DE POTENCIAL MINERAL

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

MAPA DE POTENCIAL MINERAL
PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA
REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA



POTENCIALIDADE POR INSUMO MINERAL				
ÁREA	INSUMOS MINERAIS	TIPO DE DEPÓSITO	CARACTERÍSTICAS DA ROCHA	USO
I	Pedra britada	Magmático e metamórfico	Granitos diversos, gnaisses, migmatitos e fonólitos	Brita, pedra para revestimento ou de talhe
II	Areia aluvionar	Aluvionar	Areia média a grossa a cascalhosa de coloração creme a branco-acinzentada. Localizada em leito de rio e terraços fluviais	Preparação de argamassa e concreto e fabricação de vidro
III	Argila	Planície de inundação ou várzea	Argila plástica de várzea e planície de inundação; apresenta coloração cinza-clara, cinza-escura e marrom	Cerâmica vermelha como: tijolos, lajes, lajotas e blocos estruturais
IV	Rocha ornamental	Igneo plutônico e vulcânico	Granitos diversos, traquitos e fonólitos	Esculturas, pisos, balcões, fachadas, paredes, pia, tampos e pés de mesa
V	Areia vermelha e mat. de empréstimo	Sedimentação fluvial	Areia fina, bem selecionada, de coloração branca	Areia vermelha: preparação de argamassa Material de empréstimo: na terraplanagem de estradas
VI	Areia eólica	Eólico	Areia fina a média e arenito fino a conglomerático, de coloração alaranjada a avermelhada, relacionados aos sedimentos do Grupo Barreiras	Restrição ambiental, imprópria para construção civil
VII	Saibro	Metamórfico	Pedossolos formados a partir de processos intempéricos <i>in situ</i> de gnaisses do embasamento cristalino e lentes de quartzitos	Material de empréstimo na terraplanagem de estradas
VIII	Calcário	Metamórfico	Calcário calcítico e dolomítico	Fabricação de cal, tintas, corretivos de solo para uso agrícola
IX	Diatomita	Sedimentar	Argila biogénica, de coloração escura, granulação fina e muito leve	Indústria química e farmacêutica, filtros, produtos veterinários, inseticidas

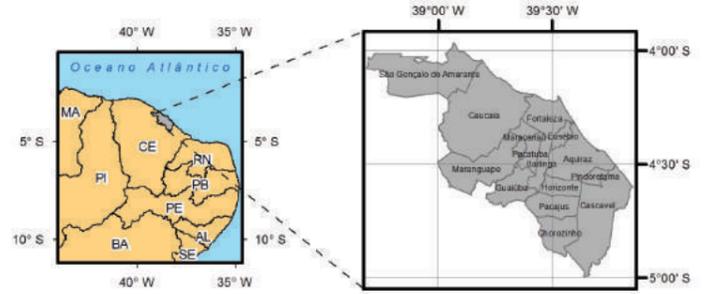
CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Garimpo
- Ocorrência
- ✱ Mina ativa
- ✱ Mina inativa
- Mina paralisada
- Indício
- are - areia
- are/arg - areia/argila
- are/sai - areia/saibro
- arg - argila
- av - areia vermelha
- av/pta - areia vermelha/pedra de talhe
- av/sai - areia vermelha/saibro
- sai/pta - saibro/pedra de talhe
- bt - brita
- cc - calcário
- dt - diatomita
- du - duna
- ro - rocha ornamental
- ro/pta - rocha ornamental/pedra de talhe
- sai - saibro

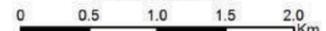
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- ⊕ Sede municipal
- - - Limite municipal
- Rodovia pavimentada
- Ferrovia
- Corpos d'água
- Rio de margem dupla
- Curso d'água; rio/riacho

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



ESCALA GRÁFICA



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Origem da quilometragem UTM: equador e meridiano central 39° W Gr.
acrescidas as constantes: 10.000 Km e 500 Km, respectivamente.
Datum horizontal: WGS84



2014

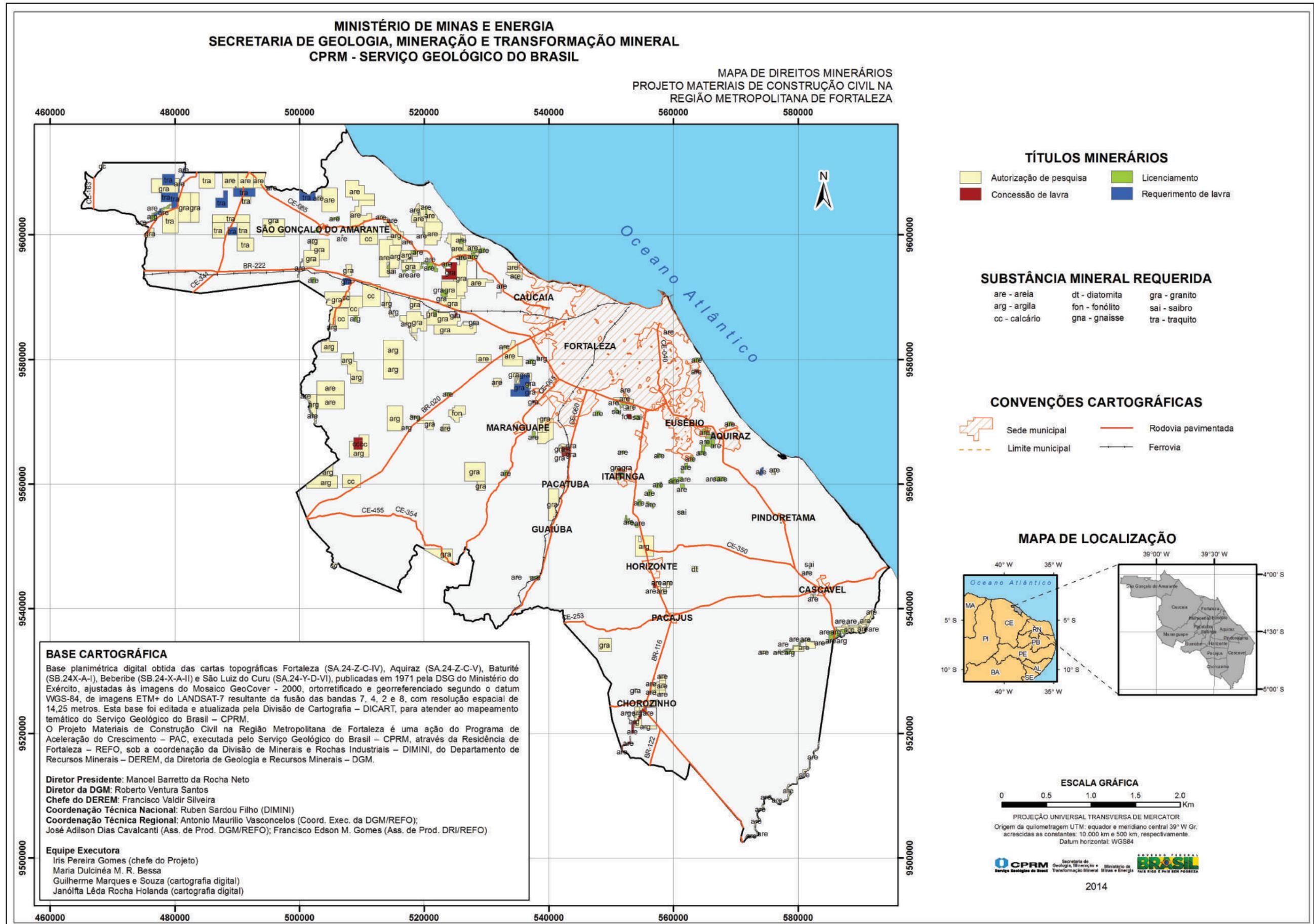
BASE CARTOGRÁFICA
Base planimétrica digital obtida das cartas topográficas Fortaleza (SA.24-Z-C-IV), Aquiraz (SA.24-Z-C-V), Baturité (SB.24X-A-I), Beberibe (SB.24-X-A-II) e São Luiz do Curu (SA.24-Y-D-VI), publicadas em 1971 pela DSG do Ministério do Exército, ajustadas às imagens do Mosaico GeoCover - 2000, ortorretificado e georreferenciado segundo o datum WGS-84, de imagens ETM+ do LANDSAT-7 resultante da fusão das bandas 7, 4, 2 e 8, com resolução espacial de 14,25 metros. Esta base foi editada e atualizada pela Divisão de Cartografia - DICART, para atender ao mapeamento temático do Serviço Geológico do Brasil - CPRM.
O Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Fortaleza é uma ação do Programa de Aceleração do Crescimento - PAC, executada pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, através da Residência de Fortaleza - REFO, sob a coordenação da Divisão de Minerais e Rochas Industriais - DIMINI, do Departamento de Recursos Minerais - DERM, da Diretoria de Geologia e Recursos Minerais - DGM.

Diretor Presidente: Manoel Barretto da Rocha Neto
Diretor da DGM: Roberto Ventura Santos
Chefe do DERM: Francisco Valdir Silveira
Coordenação Técnica Nacional: Ruben Sardou Filho (DIMINI)
Coordenação Técnica Regional: Antonio Maurílio Vasconcelos (Coord. Exec. da DGM/REFO); José Adilson Dias Cavalcanti (Ass. de Prod. DGM/REFO); Francisco Edson M. Gomes (Ass. de Prod. DRI/REFO)

Equipe Executora
Iris Pereira Gomes (chefe do Projeto)
Mária Dulcinea M. R. Bessa
Guilherme Marques e Souza (cartografia digital)
Janólfia Lêda Rocha Holanda (cartografia digital)

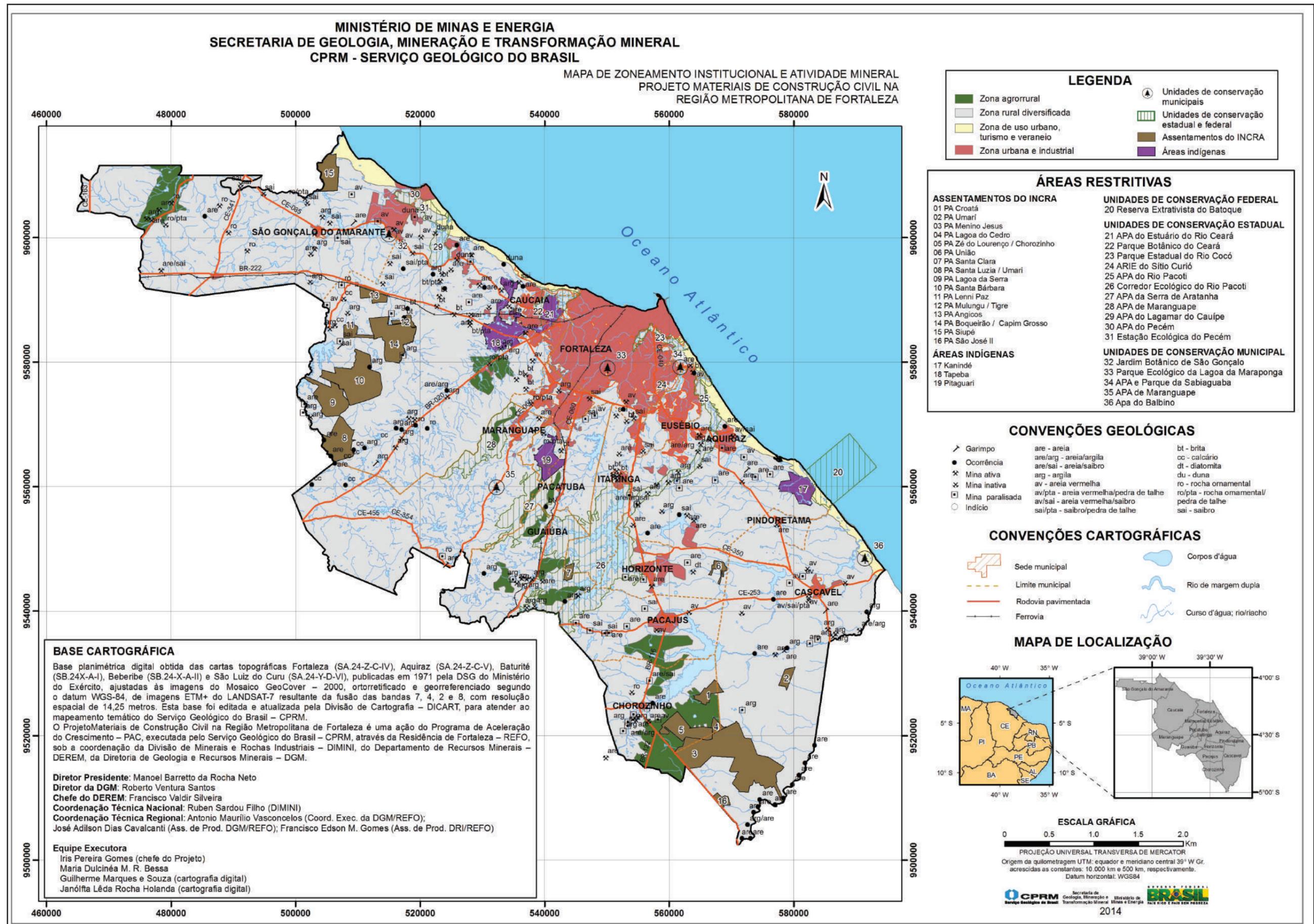
ANEXO IV

MAPA DE DIREITOS MINERÁRIOS



ANEXO V

MAPA DE ZONEAMENTO INSTITUCIONAL E ATIVIDADE MINERAL

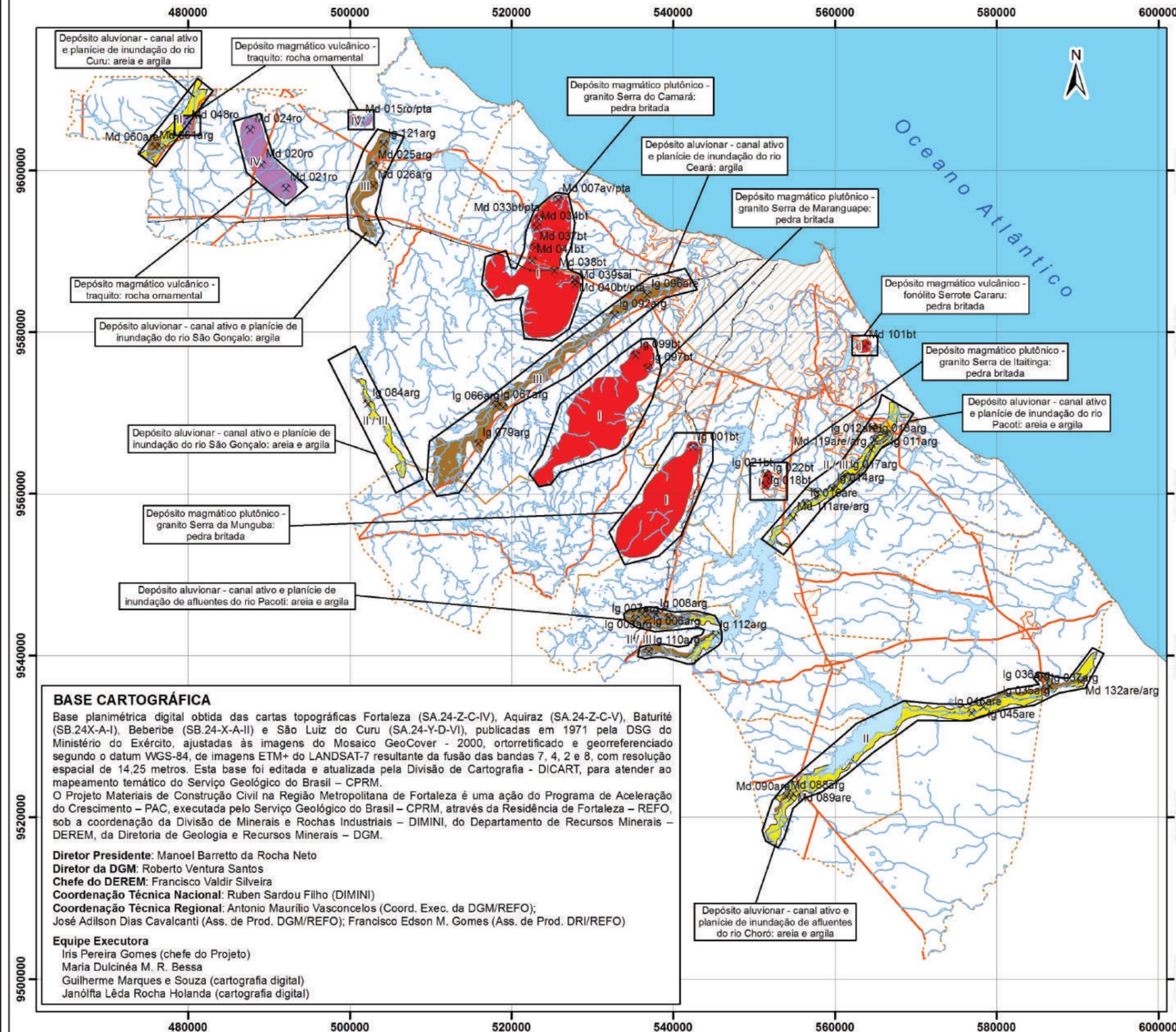


ANEXO VI

MAPA DE ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL

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

MAPA DE ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL
PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA
REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA



INSUMOS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL				
ÁREA	INSUMOS MINERAIS	TIPO DE DEPOSITO	CARACTERÍSTICAS DA ROCHA	USO
I	Pedra britada	Magmático	Granitos diversos, gnaisses, migmatitos e fonólitos	Brita, pedra para revestimento, pedra de rachão e paralelepípedo
II	Areia aluvionar	Aluvionar	Depósito aluvionar de canais e terraços fluviais	Preparação de argamassa, produção de concreto e fabricação de vidro
III	Argila	Planície de inundação ou várzea	Argila plástica de várzea e planície de inundação; apresenta coloração cinza-clara, cinza-escura e marrom	Cerâmica vermelha como: tijolos, lajes, lajotas e blocos estruturais
IV	Rocha ornamental	Magmático, plutônico e vulcânico	Granitos diversos, traquitos e fonólitos	Esculturas, pisos, balcões, fachadas, paredes, pias, tampos e pés de mesa

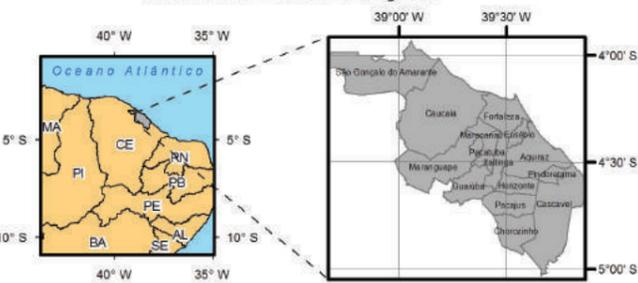
CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- ✱ Mina ativa
- are - areia
- are/arg - areia/argila
- arg - argila
- av/pta - areia vermelha/pedra de talhe
- bt - brita
- ro - rocha ornamental
- sal - saibro

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Sede municipal
- Limite municipal
- Rodovia pavimentada
- Ferrovia
- Corpos d'água
- Rio de margem dupla
- Curso d'água; rio/riacho

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



ESCALA GRÁFICA



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Origem da quilometragem UTM: equador e meridiano central 39° W Gr.
acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente.
Datum horizontal: WGS84

BASE CARTOGRÁFICA
Base planimétrica digital obtida das cartas topográficas Fortaleza (SA.24-Z-C-IV), Aquiraz (SA.24-Z-C-V), Baturité (SB.24X-A-I), Beberibe (SB.24-X-A-II) e São Luiz do Curu (SA.24-Y-D-VI), publicadas em 1971 pela DSG do Ministério do Exército, ajustadas às imagens do Mosaico GeoCover - 2000, ortorretificado e georreferenciado segundo o datum WGS-84, de imagens ETM+ do LANDSAT-7 resultante da fusão das bandas 7, 4, 2 e 8, com resolução espacial de 14,25 metros. Esta base foi editada e atualizada pela Divisão de Cartografia - DICART, para atender ao mapeamento temático do Serviço Geológico do Brasil - CPRM.
O Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Fortaleza é uma ação do Programa de Aceleração do Crescimento - PAC, executada pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, através da Residência de Fortaleza - REFO, sob a coordenação da Divisão de Minerais e Rochas Industriais - DIMINI, do Departamento de Recursos Minerais - DEREM, da Diretoria de Geologia e Recursos Minerais - DGM.

Diretor Presidente: Manoel Barretto da Rocha Neto
Diretor da DGM: Roberto Ventura Santos
Chefe do DEREM: Francisco Valdir Silveira
Coordenação Técnica Nacional: Ruben Sardou Filho (DIMINI)
Coordenação Técnica Regional: Antonio Maurílio Vasconcelos (Coord. Exec. da DGM/REFO); José Adilson Dias Cavalcanti (Ass. de Prod. DGM/REFO); Francisco Edson M. Gomes (Ass. de Prod. DRI/REFO)

Equipe Executora
Iris Pereira Gomes (chefe do Projeto)
Maria Dulcinea M. R. Bessa
Guilherme Marques e Souza (cartografia digital)
Janólfia Lêda Rocha Holanda (cartografia digital)



INFORME DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

Série Rochas e Minerais Industriais, nº 18

Insumos Minerais para a Construção Civil

PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

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

O projeto se desenvolveu em um momento de crescente procura por matérias-primas minerais de uso na construção civil para suprir a grande demanda devido ao crescimento populacional e às políticas governamentais de investimento na construção e reforma de moradias, imóveis comerciais e obras de infraestrutura. O Programa de Aceleração do Crescimento – PAC a partir de um planejamento estratégico tem contribuído, notavelmente, para o aumento destas obras e do consumo desses bens minerais.

O projeto abrange a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), constituída por 15 municípios: Aquiraz, Caucaia, Cascavel, Chorozinho, Eusébio, Fortaleza (núcleo urbano central e capital do estado), Guaiúba, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacatuba, Pacajus, Pindoretama e São Gonçalo do Amarante, com uma área total de 5.784 km².

Os principais insumos minerais de uso na construção civil objetos deste trabalho são brita, areia e argila e, subordinadamente, saibro e rocha ornamental. O projeto tem como meta principal gerar e disponibilizar informações geológicas atualizadas que permitam caracterizar e avaliar o potencial econômico desses bens minerais na RMF, indicando as fontes geológicas, reservas, qualificação dos recursos, produção, processos produtivos, comercialização e preços.

Sede

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

Escritório Rio de Janeiro

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

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166

Departamento de Recursos Minerais

Tel: 61 3223-7925

Divisão de Minerais e Rochas Industriais

Tel: 81 3316-1407

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059

Residência de Fortaleza

Avenida Antônio Sales, 1418
Joaquim Távora - Fortaleza - CE - CEP: 60135-101
Tel.: 85 3878-0200

Assessoria de Comunicação

Tel: 61 3321-2949 - Fax: 61 3321-2949
E-mail: asscomdf@cprm.gov.br

Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372
E-mail: marketing@cprm.gov.br

Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897
E-mail: seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br