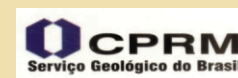


Esta obra é resultado do Projeto Minerais e Rochas Industriais: Políticas e Desenvolvimento Sustentável do Setor Mineral do Ceará, que sob os auspícios do Departamento de Geociências da Universidade Estadual do Ceará (UECE), foi coordenado pelo engenheiro de minas Francisco Wilson Hollanda Vidal (CETEM) que juntamente com os geólogos Fernando Antônio Castelo Branco Sales (UECE), Fernando Antônio da Costa Roberto (DNPM), Irani Clezar Mattos (SENAI) e José Ferreira de Sousa (FUNCAP), são organizadores, editores e autores deste livro (incluso mapa e CD-ROM).

Para reunir o material ora publicado foi indispensável a valiosa colaboração de renomados profissionais atuantes nas áreas da geologia e tecnologia mineral, cujos nomes se encontram nos créditos deste livro. Na oportunidade registra-se a elaboração de capítulos contendo o perfil das espécies de Rochas e Minerais Industriais (RMI) que se mostraram representativos no contexto técnico e sócioeconômico do setor mineral do Estado.

Trata-se de uma das poucas obras sobre o tema, sendo dirigida a profissionais do âmbito da indústria mineral, bem como a professores e estudantes de áreas afins.

JÁDER ONOFRE DE MORAIS
Reitor da UECE



ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS DO ESTADO DO CEARÁ



ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS DO ESTADO DO CEARÁ



Francisco Wilson Hollanda Vidal
Fernando Antônio Castelo Branco Sales
Fernando Antônio da Costa Roberto
José Ferreira de Sousa
Irani Clezar Mattos

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

Lúcio Gonçalo Alcântara, Governador

SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Hélio Guedes de Campos Barros, Secretário

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

Jáder Onofre de Moraes, Reitor

**FUNDAÇÃO CEARENSE DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO
CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO**

José Vitorino de Souza, Presidente

ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS DO ESTADO DO CEARÁ

Organizadores

**FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL
FERNANDO ANTÔNIO CASTELO BRANCO SALES
FERNANDO ANTÔNIO DA COSTA ROBERTO
JOSÉ FERREIRA DE SOUSA
IRANI CLEZAR MATTOS**



Fortaleza
2005

CAPA

Elineide Lima

DIAGRAMAÇÃO

Elineide Lima

APOIO DE SERVIÇOS EDITORIAIS

Wilson Gouveia

EDITORAÇÃO

Realce Editora & Indústria Gráfica Ltda.

APOIO FINANCEIRO

Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico

AGENCIADOR FINANCEIRO

Instituto de Estudos, Pesquisas e Projetos da UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

Rochas e minerais industriais do Estado do Ceará / Francisco Wilson Holanda Vidal, Fernando Antônio Castelo Branco Sales, Fernando Antônio da Costa Roberto, José Ferreira de Sousa, Irani Clezar Mattos. – Fortaleza: CETEM/ UECE/ DNPM/ FUNCAP/ SENAI, 2005.

176p.: il.

1. Minerais Industriais. 2. Rochas Ornamentais. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Universidade Estadual do Ceará. III. Departamento Nacional de Produção Mineral. IV. Serviço Nacional da Aprendizagem Industrial. V. Vidal, Francisco Wilson Holanda.

ISBN 85-7227-205-4

CDD - 553

ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS DO ESTADO DO CEARÁ

Editores/Autores Coordenador

FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL
Engenheiro de Minas. Doutor em Engenharia Mineral. Pesquisador do CETEM/MCT.

FERNANDO ANTÔNIO CASTELO BRANCO SALES
Geólogo. Mestre em Geografia. Professor da UECE.

FERNANDO ANTÔNIO DA COSTA ROBERTO
Geólogo. Mestre em Geologia. Técnico do DNPM/MME.

JOSÉ FERREIRA DE SOUSA
Geólogo. Especialista em Valorização Mineral. Pesquisador da FUNCAP.

IRANI CLEZAR MATTOS
Geóloga. Mestre em Geociências. Técnica do SENAI/FIEC.

Colaboradores/Autores

MARIA ANGÉLICA BATISTA LIMA – FUNCAP
MANOEL WILLIAM MONTENEGRO PADILHA – CODECE
JOSÉ CARVALHO CAVALCANTE – CPRM
JOSÉ DE ARAÚJO NOGUEIRA NETO – UFC
MARCELO DE FREITAS MEDEIROS – CPRM
JÁDER ONOFRE DE MORAIS – UECE
LIDRIANA DE SOUZA PINHEIRO – UECE

AUTORIA

Apresentação – **José Vitorino de Souza (FUNCAP)**

Prefácio – **Francisco Wilson Hollanda Vidal (CETEM)**

Infra-estrutura – **José Ferreira de Sousa (FUNCAP)**
Maria Angélica Batista Lima (FUNCAP)

Fisiologia e Geomorfologia – **José Ferreira de Sousa (FUNCAP)**
Fernando Antônio da Costa Roberto (DNPM)

Geologia e Mineração – **José Carvalho Cavalcante (CPRM)**
Manoel William Montenegro Padilha (CODECE)

Perfil das Principais Rochas e Minerais Industriais – **José Ferreira de Sousa (FUNCAP)**
Francisco Wilson Hollanda Vidal (CETEM)

Rochas Ornamentais e de Revestimento – **Francisco Wilson Hollanda Vidal (CETEM)**
Fernando Antônio Castelo Branco Sales (UECE)
Fernando Antônio da Costa Roberto (DNPM)

Rochas Carbonáticas – **José Ferreira de Sousa (FUNCAP)**
Francisco Wilson Hollanda Vidal (CETEM)

Minerais de Pegmatitos – **Francisco Wilson Hollanda Vidal (CETEM)**
José de Araújo Nogueira Neto (UFC)

Minerais de Argila – **José Ferreira de Sousa (FUNCAP)**
Irani Clezar Mattos (SENAI)
Maria Angélica Batista Lima (FUNCAP)
Marcelo Freitas Medeiros (CPRM)

Agregados – **Irani Clezar Mattos (SENAI)**
Maria Angélica Batista Lima (FUNCAP)
Francisco Wilson Hollanda Vidal (CETEM)
Eduardo Bongioio Zaniboni (Consultor)

Outros Minerais – **Francisco Wilson Hollanda Vidal (CETEM)**
Fernando Antônio Castelo Branco Sales (UECE)
Fernando Antônio da Costa Roberto (DNPM)

Rochas e Minerais Industriais no Mar e em Zonas Costeiras – **Jáder Onofre de Moraes (UECE)**
Lidriana de Souza Pinheiro (UECE)

Conclusões e Recomendações – **Francisco Wilson Hollanda Vidal (CETEM)**
Fernando Antônio Castelo Branco Sales (UECE)
Fernando Antônio da Costa Roberto (DNPM)
José Ferreira de Sousa (FUNCAP)
Irani Clezar Mattos (SENAI)

Cadastro de Depósitos e Jazidas de Rochas e Minerais Industriais – **José Ferreira de Sousa (FUNCAP)**
Fernando A. da Costa Roberto (DNPM)
Francisco W. Hollanda Vidal (CETEM)
Manoel William M. Padilha (CODECE)

APRESENTAÇÃO

Esta publicação vem preencher uma lacuna existente de informações e dados sobre as rochas e minerais industriais, especialmente do Estado do Ceará, de acordo com sua geologia, modo de ocorrência, especificação do minério, tecnologia utilizada, mercado e seus principais usos.

Neste trabalho, **Rochas e Minerais Industriais do Estado do Ceará**, estão reunidas as diversas espécies minerais classificadas como minerais industriais e que se mostram representativas no cenário técnico-econômico cearense.

Num momento em que os minerais industriais começam a merecer mais atenção por parte dos especialistas e responsáveis pelo setor mineral, no Brasil, o presente trabalho poderá contribuir para fortalecer ainda mais a convicção a respeito de sua importância.

Iniciativa de pesquisadores do CETEM, UECE, DNPM e SENAI, esta publicação, que contou com o apoio financeiro da FUNCAP, irá, sem dúvida, consagrar-se como instrumento de referência e consulta para estudantes, profissionais, empresários e todos aqueles que atuam nas áreas de geologia e mineração e outras afins.

Estão de parabéns os organizadores e colaboradores, as empresas públicas e privadas, que, nas pessoas dos seus diretores, pesquisadores e técnicos, buscaram, através desta publicação, registrar o seu conhecimento e valiosa experiência.

Agradecemos às instituições parceiras, cujos nomes se encontram nos créditos deste livro, a cessão dos seus respectivos profissionais que, de alguma forma, apoiaram esta edição.

JOSÉ VITORINO DE SOUZA
Presidente da FUNCAP

PREFÁCIO

A presente publicação tem por objetivo fazer uma apresentação do perfil das principais rochas e minerais industriais do Estado do Ceará, de ocorrência e produção bastante significativas, embora seu potencial seja ainda mal investigado, e ressaltar sua importância como matérias-primas de utilização ampla e crescente numa sociedade desenvolvida.

O enfoque deste trabalho é predominantemente técnico-econômico e envolve o exame de dados inerentes ao modo de ocorrência, especificações do minério, principais jazidas e reservas minerais, dados de mercado, inovações tecnológicas, novas oportunidades de investimentos e fortalecimento da competitividade dos produtos cearenses que se encontram no mercado.

No Estado do Ceará destacam-se como substâncias mais relevantes para a economia mineral: rochas ornamentais e de revestimentos, rochas carbonáticas, minerais de argilas, agregados e minerais de pegmatitos que foram considerados, em especial, para elaboração desta publicação. Foram contemplados também outros minerais, em potencial: minerais-gemas, gipsita, diatomita, fosfato, grafita, vermiculita, barita, talco, e ainda, as rochas e minerais industriais no mar e em zonas costeiras.

Para a elaboração do perfil destes minerais coletaram-se dados dos processos existentes no DNPM, Distrito do Ceará, inerentes aos relatórios de pesquisa e de lavra (plano de aproveitamento econômico). Em linhas gerais, procurou-se levantar informações referentes aos cálculos de reservas, métodos e tecnologias de lavra aplicadas, processos de beneficiamentos, escala de produção, equipamentos utilizados, finalidades dos produtos, análise químico-

mineralógica, caracterização tecnológica realizada, entre outros tópicos. Além das informações do DNPM, foram obtidos dados de empresas públicas, privadas e, principalmente, aquelas provenientes de visitas técnicas às principais jazidas minerais.

Este livro registra as autorias e contribuições dos pesquisadores (organizadores e colaboradores), distribuídas em 13 capítulos, onde nossa satisfação foi amplamente ultrapassada.

Encontra-se anexo, um Mapa de Localização de Depósitos, Jazidas e Minas onde estão plotados cerca de 1.061 pontos de mineralizações, representativos de substâncias e correlacionados com os distritos mineiros do Estado. O cadastro destes pontos com as coordenadas geográficas dos municípios e o *status* de cada substância do mapa está apresentado no último capítulo.

Um CD Rom, anexo, descreve 60 tipos comerciais de rochas ornamentais e de revestimentos produzidos no Estado do Ceará, demonstrando a considerável geodiversidade e o potencial do setor.

Esperando poder contribuir para o aprimoramento técnico dos estudantes e profissionais que atuam na modalidade de geologia e mineração, bem como nos setores afins, agradecemos a todos que colaboraram para a concretização deste projeto e em especial, à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Ceará (FUNCAP), ao apoio financeiro.

FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL
Coordenador

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	III
José Vitorino de Souza	
PREFÁCIO	V
Francisco Wilson Hollanda Vidal	
INFRA-ESTRUTURA	01
José Ferreira de Sousa e Maria Angélica Batista Lima	
FISIOGRAFIA E GEOMORFOLOGIA	05
José Ferreira de Sousa e Fernando Antônio da Costa Roberto	
GEOLOGIA E MINERAÇÃO	09
José Carvalho Cavalcante e Manoel William Montenegro Padilha	
PERFIL DAS PRINCIPAIS ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS	19
José Ferreira de Sousa e Francisco Wilson Hollanda Vidal	
ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTOS	25
Francisco Wilson Hollanda Vidal, Fernando Antônio Castelo Branco Sales e Fernando Antônio da Costa Roberto	
- Modo de Ocorrência.....	26
- Especificações.....	31
- Reservas.....	34
- Mercado.....	35
- Tecnologia.....	36
- Referências Bibliográficas.....	47
ROCHAS CARBONÁTICAS	49
José Ferreira de Sousa e Francisco Wilson Hollanda Vidal	
- Modo de Ocorrência.....	50
- Especificações.....	51
- Reservas.....	53
- Mercado.....	59
- Tecnologia.....	61
- Referências Bibliográficas.....	66
MINERAIS DE PEGMATITOS	67
Francisco Wilson Hollanda Vidal e José de Araújo Nogueira Neto	
- Modo de Ocorrência.....	68
- Reservas.....	74
- Especificações.....	74
- Mercado.....	78
- Tecnologia.....	79
- Referências Bibliográficas.....	81
MINERAIS DE ARGILA	83
José Ferreira de Sousa, Irani Clezar Mattos, Maria Angélica Batista Lima e Marcelo de Freitas Medeiros	
- Modo de Ocorrência.....	84
- Especificações.....	85
- Reservas.....	89
- Mercado.....	91
- Tecnologia.....	93
- Referências Bibliográficas.....	94

AGREGADOS95
Irani Clezar Mattos, Maria Angélica Batista Lima, Francisco Wilson Hollanda Vidal e Eduardo Bongioio Zaniboni

AREIAS

- Modo de Ocorrência.....	98
- Especificações.....	98
- Reservas.....	99
- Mercado e Tecnologia	100

PEDRAS BRITADAS

- Modo de Ocorrência.....	100
- Especificações.....	101
- Reservas.....	103
- Mercado.....	103
- Tecnologia.....	105
- Referências Bibliográficas.....	108

OUTROS MINERAIS 109
Francisco Wilson Hollanda Vidal, Fernando Antônio Castelo Branco Sales e Fernando Antônio da Costa Roberto

- GEMAS.....	109
- GIPSITA.....	115
- DIATOMITA.....	119
- FOSFATO.....	121
- GRAFITA.....	124
- VERMICULITA.....	126
- BARITA.....	127
- TALCO.....	128
- Referências Bibliográficas.....	131

ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS NO MAR E EM ZONAS COSTEIRAS 135
Jáder Onofre de Moraes e Lidriana de Souza Pinheiro

- ÁGUA, UM BEM MINERAL	136
- MINERAÇÃO NA ZONA LITORÂNEA.....	138
- MINERAIS NA MARGEM CONTINENTAL.....	140
- ROCHAS E MINERAIS EM MAR PROFUNDO.....	144
- Referências Bibliográficas.....	146

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 149
Francisco Wilson Hollanda Vidal, Fernando Antônio Castelo Branco Sales, Fernando Antônio da Costa Roberto, José Ferreira de Souza e Irani Clezar Mattos

CADASTRO DE DEPÓSITOS E JAZIDAS DE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS DO ESTADO DO CEARÁ..... 158

ANEXOS

**Mapa de localização de depósitos e jazidas
CD-ROM de rochas ornamentais do Ceará - Brasil**

INFRA-ESTRUTURA

JOSÉ FERREIRA DE SOUSA¹
MARIA ANGÉLICA BATISTA LIMA²

A economia cearense configura-se um cenário favorável para novos e múltiplos negócios. Procedeu-se à viabilização de vários projetos na área de infra-estrutura de transportes com a modernização do sistema portuário e de aeroportos; otimização da malha rodoviária, a partir da modernização das interligações já existentes entre o Ceará e as demais regiões do país, bem como dentro do próprio Estado.

O Ceará possui uma malha de 10.812 km de extensão, dos quais 4.646 km com pavimentação asfáltica (43%), 5.180 km não pavimentados (48%) e 986 km planejados (9%). A Figura 1 apresenta um trecho da malha viária do litoral cearense.



Figura 1 – Trecho da malha viária do litoral cearense.

A malha ferroviária estadual tem 1.431 km de extensão, sendo composta por dois eixos. O da linha-tronco Norte, com

696 km, ligando Fortaleza aos estados do Piauí e Maranhão; e o tronco Sul, com 597 km, ligando Fortaleza aos estados de Pernambuco, Paraíba e Bahia, além do ramal de acesso ao porto do Pecém e do Mucuripe, com 80 km. A Figura 2 mostra um trecho da malha ferroviária de transporte de cargas do Porto de Pecém – Ceará.



Figura 2 – Trecho da malha ferroviária de transporte de cargas do Porto de Pecém.

A rede aeroportuária do Ceará é composta por 4(quatro) aeroportos (Fortaleza, Juazeiro do Norte, Sobral e Limoeiro do Norte) e 70 campos de pouso. O aeroporto Internacional Pinto Martins, localizado a menos de 10 km do centro da cidade, recebe inúmeros vôos que o conectam com as principais cidades do Brasil, Estados Unidos e Europa. A Figura 3 apresenta a vista panorâmica do aeroporto internacional Pinto Martins.

¹ Especialista em Valorização Mineral e Pesquisador da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP

² Doutora em Geologia e Pesquisadora da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP



Figura 3 – Vista panorâmica do aeroporto internacional Pinto Martins.

O complexo portuário industrial do Pecém, situado a 60 km de Fortaleza dotado de terminal de cargas "offshore", calado de 16 m de profundidade, 4 berços de atracação e 360 hectares de área de armazenagem/retroporto, o que suporta navios de até 150 mil toneladas. Atualmente movimenta cerca 35 mil toneladas/mês no sentido de exportação e 15 mil toneladas/mês de mercadorias de importação. Na exportação destacam-se: couro/calçados, amêndoa de castanha de caju, fio de algodão/tecidos, camarão, lagosta, frutos tropicais vergalhão/tarugo, mármore, granito, derivados entre outros. Na importação destaca-se: bobina de aço, algodão, chapas/fio de aço, produtos químicos entre outros. A Figura 4 apresenta a vista panorâmica do terminal portuário do Pecém.



Figura 4 – Vista panorâmica do terminal portuário do Pecém.

O porto do Mucuripe movimenta anualmente cerca de 2 milhões de toneladas, das quais 70% dizem respeito a grãos líquidos. Possui 3(três) berços de atracação, totalizando 630m, com calado de 10m.

No Estado do Ceará está prevista a implantação de um sistema integrado de transporte rodoviário, ferroviário e marítimo, exclusivamente dedicado ao escoamento da produção de rochas e minerais industriais, constituído de 5(cinco) centros concentradores de carga, estrategicamente situados nos municípios de Sobral, Senador Pompeu, Crateús, Crato e Independência.

A política de recursos hídricos do Ceará preconiza como princípio a água, como bem econômico escasso e indispensável a superação dos obstáculos ao desenvolvimento. As Figuras 5 e 6 apresentam fotos do açude castanhão e do canal de integração respectivamente. Este complexo se constitui no sistema de estação de bombeamento, canais, sifões, adutoras de bacias e túneis, que realizam a transposição das águas do açude castanhão, possibilitando a otimização de gestão dos recursos hídricos do estado do Ceará para reforçar o abastecimento da região situada no Jaguaribe, inclusive da região metropolitana de Fortaleza, assim como do complexo portuário do Pecém, com a vazão máxima de 22m³/s.



Figura 5 – Vista da barragem do açude castanhão.



Figura 6 – Vista do canal de integração no Jaguaribe.

Fortaleza a capital do Estado, conta com 2,3 milhões de habitantes, e é atualmente a 5ª cidade do País (IBGE, 2000). Possui uma infra-estrutura moderna de lazer e serviços e uma rede hoteleira de padrão internacional. A Figura 7 apresenta uma vista panorâmica da infra-estrutura hoteleira da Avenida Beira-Mar, em Fortaleza.



Figura 7 – Vista panorâmica da infra-estrutura da Beira-Mar – Fortaleza.

A indústria é composta por 4 segmentos: extrativa mineral, transformação, construção civil e energética. Nos últimos anos, o destaque tem sido a indústria de transformação, que vem ganhando participação na economia cearense, decorrente, em grande parte, da política de atração de investimentos, implantada em meados dos anos 90, que permitiu a instalação de novas empresas industriais de diversos segmentos.

A indústria de transformação respondeu, em 2002, por 97% do total de estabelecimentos industriais do Ceará, com destaque para os segmentos têxteis e de produtos alimentícios. Vale ressaltar o notório crescimento em volume e valor de alguns produtos de rochas e minerais industriais nos anos em evidência, de 1996 a 2004. As melhores performances dos minerais foram para água mineral, granito ornamental, calcário, areia e cascalho. Deve-se observar também que a produção de gás natural vem crescendo, de forma significativa, no Ceará. A Figura 8 mostra uma foto da tecnologia têxtil na preparação de matéria-prima.



Figura 8 – Indústria têxtil na preparação de matéria-prima.

De acordo com os dados do SECEX/MDIC, enquanto o total das exportações brasileiras aumentou de 30% em 2003, o Ceará registrou uma elevação de 40%. O total das exportações do estado somou US\$ 859,77 milhões em 2004, enquanto as importações totalizaram US\$ 573,99 milhões. O saldo da balança comercial estadual foi de US\$ 285,77 milhões em 2004. Em termos econômicos, o Estado do Ceará posiciona-se como a 14º no *ranking* nacional e o 3º no Nordeste, ficando atrás da Bahia e do Maranhão.

Um dos indicadores mais notáveis sobre a economia do Ceará, relaciona-se ao crescimento do Produto Interno Bruto (PIB). O PIB cearense tem aumentado a uma taxa média anual superior a do Brasil. No período de 1985 a 1999 a economia cearense aumentou 62,5% enquanto a do Brasil cresceu 37,5%. Neste período, a participação no produto nacional elevou-se de 1,72% em 1985 para, 2,2% em 1997, permanecendo estável nesse patamar. O PIB do Estado alcançou em 2000 o montante de R\$ 20,8 bilhões, representando 2,05% do PIB nacional. Na formação do PIB, o valor agropecuário tem uma participação de 6,1%, a indústria 38,1% e os serviços 55,9%.

No ano de 2004, as exportações cearenses alcançaram US\$ FOB 859 milhões, 12,9% a mais do que o valor exportado no mesmo período de 2003 (US\$ 760 milhões). Os principais produtos comercializados foram: calçados (24%), amêndoas de castanha de caju (16%), têxteis (15%), couros e peles (14%), camarão (9%). Como se observa, esses cinco produtos representaram 78% da pauta de exportações do Estado, neste ano. A Figura 9 apresenta uma foto da exportação de produtos cearenses.



Figura 9 – Exportação de produtos cearenses.

Em 2004, o Ceará produziu 146.000 toneladas de blocos de mármore e granitos e tem uma capacidade instalada de beneficiamento (serragem) de 1.200.000 m²/ano (cerca de 40 teares e 11 talha-blocos), além de 120 marmorarias que se apresentam com produção estimada em 850.000 m²/ano. A Figura 10 mostra a vista de uma indústria de beneficiamento de rochas ornamentais do Ceará.



Figura 10 – Indústria de beneficiamento de rochas ornamentais.

As exportações cearenses de rochas ornamentais somaram US\$ 2,49 milhões em 2002, US\$ 6,39 milhões em 2003, e de janeiro a dezembro de 2004 exportou US\$ 12,3 milhões de rochas ornamentais brutas e processadas, o que representa um notável incremento. O estado tornou-se assim o quinto maior exportador brasileiro de rochas ornamentais e o maior da região nordeste.

O Ceará possui infra-estrutura física moderna para dar suporte à implantação de projetos industriais nas diversas regiões do Estado. A disponibilidade de água, energia, gás, portos, aeroportos, malha rodoviária e ferroviária, rede hoteleira e áreas industriais permite que investidores façam pronta avaliação das oportunidades de negócios a serem desenvolvidos.

FISIOGRAFIA E GEOMORFOLOGIA

JOSÉ FERREIRA DE SOUSA¹

FERNANDO ANTONIO DA COSTA ROBERTO²

Situado na região Nordeste do Brasil, o Estado do Ceará é delimitado pelas coordenadas de 02°46'30" e 07°52'15" de latitude Sul e 37°14'54" e 41°24'45" de longitude Oeste. Possui 146.348 km² de área, o que representa 1,71% do território brasileiro. Limita-se ao norte com o Oceano

Atlântico, numa extensão litorânea de 573 km (7,73% do litoral brasileiro), ao oeste com o Estado do Piauí, ao leste com os Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba e ao sul com o Estado de Pernambuco. A Figura 1 mostra o mapa geográfico simplificado do Estado do Ceará.



Figura 1 – Mapa geográfico simplificado do estado do Ceará.

Fonte: <http://www.ceara.com.br> (2005).

¹ Especialista em Valorização Mineral e Pesquisador da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP

² Mestre em Geologia e Geólogo do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM

O Ceará posiciona-se geograficamente mais próximo dos grandes mercados consumidores e exportadores de rochas e minerais industriais, como os Estados Unidos e a Europa, e apresenta vantagens consideráveis no comércio internacional. Sua capital, Fortaleza, situa-se numa planície de zona litorânea, tendo assim posição estratégica para as operações de comércio exterior e turismo.

É uma das 9(nove) unidades da região Nordeste do Brasil, o terceiro Estado em população, com 7.430.661 habitantes, representando quase 5% do contingente populacional do Brasil. (IBGE, 2000).

O Estado do Ceará tem um clima semi-árido, com exceção das regiões serrana e litorânea. Seu regime térmico se caracteriza por temperaturas elevadas e baixas amplitudes térmicas anuais (5°C), modificado por fatores geológicos de topografia, altitude, proximidade do mar e dinâmica atmosférica. Nas diversas regiões do Estado têm-se: temperatura média de 22°C nas serras, 26°C no litoral e 27°C no sertão. No Estado, como um todo, a média de temperatura é de 26°C, cujas variações médias oscilam em torno de 7°C, dada a sua proximidade à linha do Equador.

A vegetação que cobre o Estado do Ceará é dividida nos seguintes tipos: Complexo Vegetacional da Zona Litorânea, Floresta Subperenifolia Tropical Plúvio-Nebular matas úmidas – Planalto da Ibiapaba e Chapada do Araripe), Floresta Subcaducifolia Tropical Pluvial (matas secas – ocupam os níveis inferiores dos relevos cristalinos), Floresta Caducifolia Espinhosa (caatinga arbórea – ocorre no domínio semi-árido), Carrasco (reverso do Planalto da Ibiapaba e sul da Chapada do Araripe), Floresta Perenifolia Paludos Marítima (mangues), Floresta Mista Dicótilo-Palmácea (mata ciliar de carnaúba, mulungu, etc.), Floresta Subcaducifolia Tropical Xeromorfa (cerradão – Chapada do Araripe entre as cotas 800 e 900 m) e cerrado em manchas esparsas.

Os principais rios do Estado são: Jaguaribe, Banabuiú, Acaraú, Curu, Poti, Coreaú, Pirangi, Choró e Pacoti, que permitem dividir o Estado em 11 regiões hidrográficas: Coreaú, Acaraú, Aracatiaçu, Curu, Metropolitana, Poti, Banabuiú, Baixo Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Alto Jaguaribe e Salgado. A Figura 2 apresenta a vista do Rio Jaguaribe.



Figura 2 – Vista do Rio Jaguaribe.

Os solos que predominam no Estado estão classificados como: podzólicos eutróficos, brunos não-cálcicos, litólitos eutróficos e planossolos solódicos. Em geral, embora férteis, em termos de suas características químicas, os solos cearenses apresentam limitações ora de escassez de recursos hídricos, ora de profundidade devido à pedregosidade e de relevo.

No Ceará foram identificadas cinco unidades morfológicas bem diferenciadas: Planície Litorânea, Glacis Pré-Litorâneos, Planaltos Sedimentares da Ibiapaba, Araripe e Apodi, Maciços Residuais e Depressões Sertanejas.

A Planície Litorânea apresenta direções que acompanham os contornos da orla marítima, com sentido W-E das proximidades do delta do Parnaíba (fronteira CE/PI) até a foz do rio Acaraú. Daí até a praia de Tibau (fronteira CE/RN), o sentido é de ESE-WNW. As feições geomorfológicas desta unidade são as dunas móveis, fixas e paleodunas, planícies flúvio-marinhas e planícies e terraços aluviais.

A unidade Glacis Pré-Litorâneos representa a mais típica superfície de “agradação” do território cearense. As feições geomorfológicas são os tabuleiros pré-litorâneos.

Os Planaltos Sedimentares apresentam como unidades mais representativas a serra da Ibiapaba e as chapadas do Apodi e Araripe.

O planalto da Ibiapaba, também conhecido como Serra Grande, abrange toda a porção ocidental do Ceará nos limites com o Estado do Piauí. Dispõe-se de sul para norte através de escarpamento contínuo, abrupto e bastante festonado. Esta continuidade só é interrompida na área de superimposição do rio Poti. O desnível entre a cimeira do planalto e as depressões é em torno de 600 metros. A Figura 3 mostra uma vista panorâmica da Serra da Ibiapaba.



Figura 3 – Vista da Serra da Ibiapaba.

A Chapada do Araripe se apresenta como uma mesa, cujo eixo maior se dispõe de leste para oeste, com extensão da ordem de 170 - 180 km, constituindo-se de uma superfície de relevo tabuliforme desenvolvida em estruturas concordantes horizontais e/ou subhorizontais, secundada por superfície de erosão. De norte para sul, a largura não ultrapassa a 70 km. Os níveis altimétricos estão em torno de 850 - 900 m. Nesta unidade, ocorre o calcário sedimentar denominado Pedra Cariri. A Figura 4 mostra

uma vista panorâmica da Chapada do Araripe.

A Chapada do Apodi abrange a porção norte-oriental do Ceará, limitando-se com o Estado do Rio Grande do Norte. Apresenta superfície bem conservada até um nível aproximado de 250 m. É capeada por calcários da *Formação Jandaíra*, que forma pequena cornija responsável pelo desnível com o arenito da *Formação Açú*. O topo é levemente rampeado para norte, conferindo ao relevo um aspecto cuestiforme. As áreas que a circundam constituem patamares dissecados de modo incipiente, posicionados pouco acima da planície fluvial do baixo Jaguaribe. Nesta unidade, onde ocorre o calcário sedimentar, existem várias jazidas em atividades nos municípios da região (Limoeiro do Norte, Quixeré e Apodi), para o aproveitamento do calcário, tanto para fabricação da cal, quanto para a rocha ornamental (mármore) e de revestimento (pedra portuguesa).



Figura 4 – Vista da Chapada do Araripe.

Os Maciços Residuais compreendem as serras cristalinas, que apresentam extensões variadas e altitudes que oscilam entre 400 a 600 metros até 700 a 800 metros e, raramente, ultrapassam as cotas de 900 a 1.000 metros. Estas formas de relevo quebram a monotonia das superfícies rebaixadas e embutidas do sertão. As serras de Baturité, Maranguape, Meruoca, Machado, das Matas, entre outras, são exemplos expressivos destes maciços. As

Figuras 5 e 6 mostram fotos de vistas parciais das Serras de Baturité e Meruoca, respectivamente.



Figura 5 – Vista parcial da Serra de Baturité.

As Depressões Sertanejas estão situadas em níveis altimétricos inferiores a 450 m, englobando quase 70% do território cearense. Dispõe-se na periferia dos grandes planaltos sedimentares ou embutidos entre estes e os maciços residuais. São marcadas pela primazia de topografias planas ou levemente onduladas quando os níveis al-



Figura 6 – Vista parcial da Serra da Meruoca.

timétricos têm altitudes médias entre 130 e 150 m. A morfologia das depressões sertanejas se expõe através dos pedimentos que se inclinam desde a base dos maciços residuais, dos planaltos sedimentares e dos “inselbergs”. Nesta unidade, ocorrem vários tipos de “granitos” comercializados como rocha ornamental e de revestimento. Destes se destacam os granitos Vermelho Filomena (Alcântaras), Verde Meruoca, Verde Ventura, Meruoca Clássico e Amarelo Massapê (Massapê).

GEOLOGIA E MINERAÇÃO

GEOLOGIA

JOSÉ CARVALHO CAVALCANTE¹
MANOEL WILLIAM M. PADILHA²

O quadro estratigráfico do Estado do Ceará encontra-se, nos diversos segmentos, em escala de reconhecimento. Isto acontece, com prioridade, em relação aos posicionamentos das unidades metamorfo-migmatíticas pré-cambrianas que, juntamente com as magmáticas, representam cerca de 70% do território. A Figura 1 apresenta o mapa geológico simplificado do Estado do Ceará.

No que se refere à tectônica, os grandes elementos estruturais, realçados por importantes zonas de cisalhamento, se encontram em razoável nível de entendimento, sobretudo no que tange à cartografia regional e aos indicadores cinemáticos. Já as questões relacionadas à evolução geológica tiveram um significativo progresso nos últimos anos (a partir do final da década de 80). Como exceção dessa afirmativa, existem os domínios das bacias sedimentares, onde estudos específicos e multitemáticos sempre foram executados em maior frequência, principalmente visando a prospecção de hidrocarbonetos, calcários, gipsita, etc.

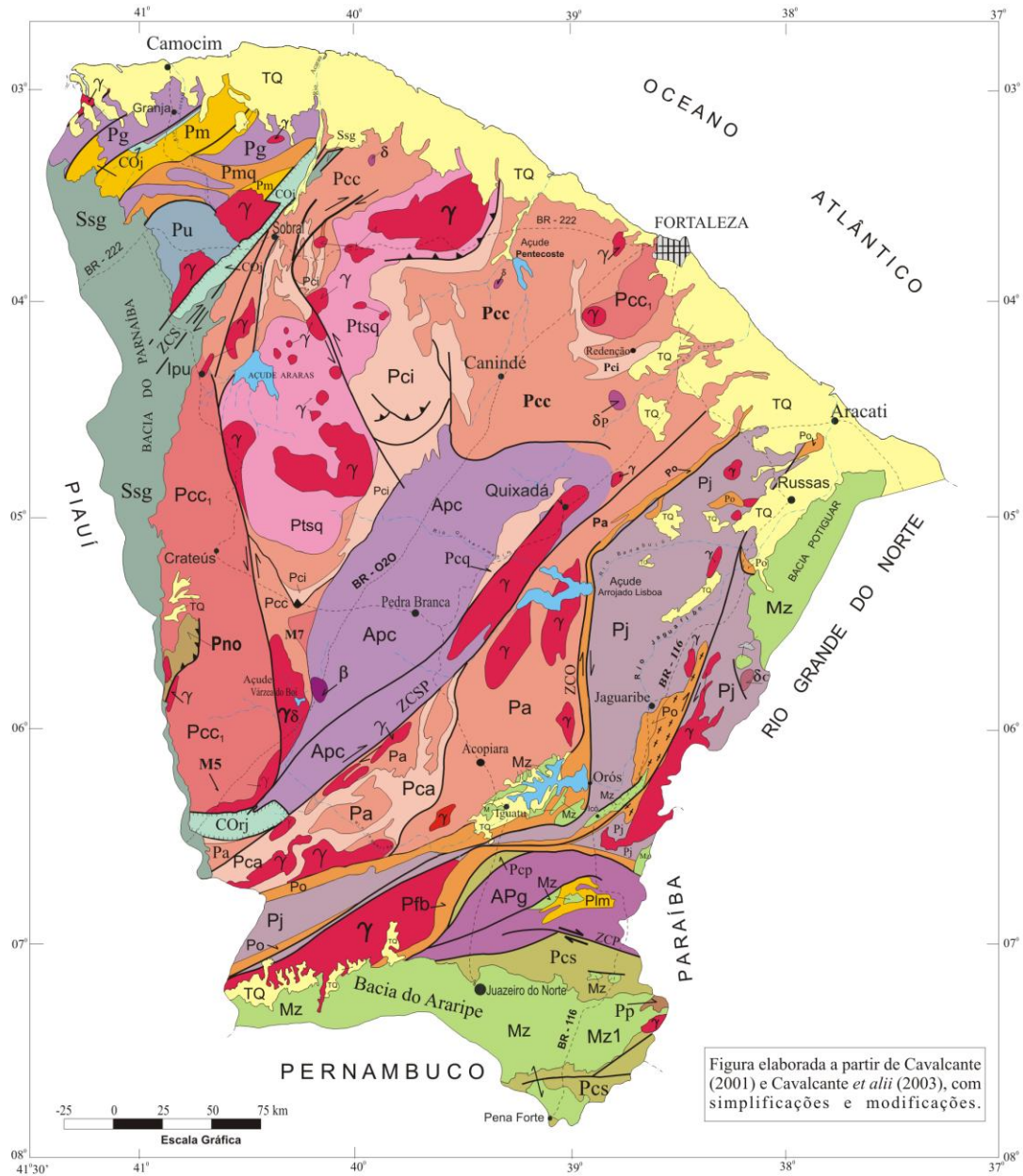
Em conformidade com os elementos exibidos na Figura 1, o sumário cronolitoestratigráfico do território cearense, incluindo seus componentes rochosos, pode ser ditado nos seguintes termos, levando-se em conta que alguns atributos são objeto de apreciação mais detalhada em capítulos subseqüentes.

ARQUEANO-PALEOPROTEROZÓICO (AP)

Como unidades litoestratigráficas arqueanas, incorporando rochas paleoproterozóicas, são descritos o *Complexo Cruzeta* (APc), no “Subdomínio Ceará Central” (segmento entre Madalena, Choró, Pedra Branca, Mombaça e Tauá), e *Complexo Granjeiro* (APg), no Subdomínio homônimo (sul do Estado, ocupando espaços entre os municípios de Ipaumirim, Baixio e Araripe). Os mesmos encerram, como litotipos principais, ortognaisses cinzentos, de composições tonalito-granodioríticas e, secundariamente, graníticas e trondhjemiticas, em parte migmatíticas. Adicionam-se, ainda, gnaisses e xistos aluminosos, com ou sem sillimanita e/ou cianita e/ou granada, além de estreitas faixas de formações metavulcanossedimentares, por vezes incluindo corpos de metagabros e diferenciados metaioríticos (p. ex. *Unidade Tróia*: metabasaltos, metagabros/anfibolitos, meta-ultramáficas, quartzitos ferríferos e não-ferríferos, calcários cristalinos impuros, rochas calcissilicáticas, biotita paragnaisses e gonditos). Na configuração simplificada da Figura 1, a APc inclui as unidades paleoproterozóicas *Algodões* e *Choró*, portadoras, em parte, de secções similares à *Tróia*, de idade absoluta indefinida. Enquanto isto, o APg é expandido até a dimensão que abarca os ortognaisses de cronologia entre 2.2 e 2.0 Ga, entre as zonas de cisalhamentos Patos e Farias Brito.

¹ Mestre em Geodinâmica e Geólogo do Serviço Geológico do Brasil – CPRM

² Especialista em Geologia de Exploração e Geólogo da Companhia de Desenvolvimento do Ceará - CODECE



- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|--|---|-------------------|---|--------------|---|---|---|--|---|--|---|--|---|----------------|---|---------------|---|--|---|-------|---|--|---|--------------------------|---|--|---|--------|
| TQ | Grupo Barreiras e correlatos, depósitos aluviais diversos, dunas fixas e móveis. | Ptsq | Complexo Tamboril-Santa Quitéria | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MESOZÓICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mz | Grupos Araripe, Vale do Cariri (Mz1- área com rochas silurianas da Formação Mauriti, não delimitada), Rio do Peixe, Apodi e correlatos. | Pc Pa | Complexos Ceará (Pci - Unidade Independência; Pcc - Unidade Canindé, em parte - Pcc1 - com importante % de γ), Acopiara (Pa) e Jaguaratama (Pj). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PALEOZÓICO (SILURIANO) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ssg | Grupo Serra Grande | Pg | Complexo Granja | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROTEROZÓICO-EOPALEOZÓICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO | Grupo Jaibaras (COj) e Rio Jucá (COrj). | ARQUEANO-PALEOPROTEROZÓICO (pré-1,8 Ga) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| γ | Corpos/Complexos granitóides (preferencialmente neoproterozóico-cambrianos). | APc | Complexo Cruzeta (Obs.: unidades paleoproterozóicas, tipo Algodões e Choró, não individualizadas). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| δ | Complexos/Suites básico-intermediários ou gabróides neoproterozóicos (δ_p - Pedra Lisa, δ_c - Canindézinho), $\gamma\delta$ - Complexo Tauá (granitóides e dioritos). | APg | Complexo Granjeiro. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P | Grupos Ubajara (Pu), Martinópole (Pm , Pmq - quartzitos dominantes), Novo Oriente (Pno), Cachoeirinha (Pcs) e Orós (Po). \times - zona com unidades ortognáissicas cronocorrelatas; Formações Lavras da Mangabeira (Pm), Caiquí (Pcp) e Farias Brito (Pfb); Complexo Piancó (Pp). | <table border="0"> <tr> <td>—</td> <td>Contato Geológico</td> <td>—</td> <td>Falha Normal</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td>Zonas de cisalhamentos (ZC) direita e esquerda (S - Sobral-Pedro II, SP - Senador Pompeu, O - Orós, P - Patos).</td> <td>—</td> <td></td> </tr> <tr> <td>—</td> <td>Zona de cisalhamento inversa ou de resultante oblíqua.</td> <td>—</td> <td></td> </tr> <tr> <td>—</td> <td>BR-222 Estrada</td> <td>—</td> <td>Cursos d'água</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td></td> <td>—</td> <td>Acúde</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td></td> <td>—</td> <td>Cidade capital de estado</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td></td> <td>—</td> <td>Cidade</td> </tr> </table> | | — | Contato Geológico | — | Falha Normal | — | Zonas de cisalhamentos (ZC) direita e esquerda (S - Sobral-Pedro II, SP - Senador Pompeu, O - Orós, P - Patos). | — | | — | Zona de cisalhamento inversa ou de resultante oblíqua. | — | | — | BR-222 Estrada | — | Cursos d'água | — | | — | Acúde | — | | — | Cidade capital de estado | — | | — | Cidade |
| — | Contato Geológico | — | Falha Normal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| — | Zonas de cisalhamentos (ZC) direita e esquerda (S - Sobral-Pedro II, SP - Senador Pompeu, O - Orós, P - Patos). | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| — | Zona de cisalhamento inversa ou de resultante oblíqua. | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| — | BR-222 Estrada | — | Cursos d'água | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| — | | — | Acúde | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| — | | — | Cidade capital de estado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| — | | — | Cidade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 1 – Mapa geológico simplificado do Estado do Ceará.
 Fonte: Cavalcante *et al.*(2003)

Parte dos granitóides gnaissificados exibe baixo índice de cor, sendo, por vezes, descritos como leptitos (p. ex: alguns jazimentos inclusos no APc são explotados como rochas ornamentais).

PROTEROZÓICO (P)

Em grande parte, os terrenos gnáissico-migmatíticos do Estado do Ceará são considerados como de idades proterozóicas, evoluídos a partir de protólitos paleoproterozóicos (intervalos 2.5 a 2.3 Ga e 2.3 a 2.0 Ga). Dentre estes, encontra-se, no noroeste do Estado (“Subdomínio Médio Coreaú”), o *Complexo Granja* (gnaisses diversos, de derivações sedimentar e magmática, em parte migmatíticos, descritos como biotita gnaisses tonalito-granodioríticos, biotita-granada gnaisses, sillimanita-biotita gnaisses, hiperstênio gnaisse – charnockito e enderbito), cujas idades U-Pb (zircões) situam-se entre 2.3 a 2.5 Ga.

Enquanto isto, os conjuntos gnáissico-migmatíticos situados entre as zonas de cisalhamentos Sobral-Pedro II (ZCSP) e Orós (ZCO) exibem arranjos estratigráficos mais complicados, vinculados ao *Complexo Ceará Pcc - Unidade Canindé*: biotita gnaisses cinzentos, localmente rosados, com ou sem granada e/ou sillimanita, de granulação média a grossa, por vezes fina, com fácies miloníticas e xistosas, leucognaisses, hiperstênio gnaisses (charnockito, charnoenderbito, enderbito e norito) migmatitos de estruturas diversas, além de lentes de quartzitos, rochas calcissilicáticas, calcários cristalinos, metabasitos e, mais raramente, de metaultramáficas e de formações ferríferas e manganíferas; Pcc1 – segmento do Pcc marcado por expressiva participação de granitóides neoproterozóicos cinzentos e rosados, gnaissificados ou não e ao *Complexo Acopiara* (constituição similar ao Pcc). Nesse *Complexo Ceará*, inclui-se, ainda, uma associação de gnaisses (em parte migmatíticos) e xistos aluminosos, do fácies anfibolito (biotita ± granada ± sillimanita ± cianita), calcários cristalinos (mármore) e quartzitos, com ocorrências

locais de rochas calcissilicáticas e anfibolitos/anfibólio gnaisses, que tem sido relacionada tanto ao Paleoproterozóico como ao Neoproterozóico, constituindo as *unidades Independência* (Pci), *Quixeramobim* e *Arneiróz*.

Por sua vez, o *Complexo Jaguaratama* encontra-se constituído, basicamente, de gnaisses e migmatitos diversos, de tonalidades cinzentas, em parte com idades Rb-Sr em torno de 2.6 Ga e Pb-Pb, U-Pb e Sm-Nd, paleoproterozóicas.

Nesse contexto, ressalta-se o *Complexo Tamboril-Santa Quitéria* (Ptsq), com distribuição entre as localidades que lhe emprestam o nome até os municípios de Irauçuba, Itapajé e Itapipoca, diferenciando-se por exibir altíssima porcentagem de corpos graníticos neoproterozóicos, cinzentos e rosados, de granulação média a muito grossa (até fácies ricas em grandes cristais de feldspatos – granitóides porfiríticos), além de alguns *stocks*, *plugs* e diques cambrianos. Encontra-se constituído de migmatitos de estruturas variadas (bandada, *schlieren*, nebulítica, *schöllen*, agmática, com porcentagens diversas de neossomas graníticos), subordinando *augen* gnaisses, rochas calcissilicáticas (geralmente abundantes, desde pequenos enclaves nos corpos graníticos, até lentes de dezenas de metros de comprimento), anfibolitos e quartzitos ferruginosos. O mesmo carece de uma cartografia geológica que contemple uma delimitação mais acurada entre as áreas graníticas (com tipologias e idades) e gnaissicas (relativas às supracrustais).

As demais unidades litoestratigráficas são entendidas como seguem:

➤ *Grupo Orós* (Po) – Tem seus componentes rochosos dispostos segundo faixas (Orós e Jaguaribe), distribuídas desde o quadrante sudoeste até o nordeste do Estado (Fig. 1), tratando-se de uma unidade do intervalo superior do paleoproterozóico (1.8 a 1.6 Ga – Estateriano), representada por uma seqüência metavulcanossedimentar (micaxistos, filitos,

quartzitos, metacarbonatos – calcários cristalinos, metadolomitos, etc.- incluindo importantes depósitos de magnesita; metabasaltos, metandesitos, metariolitos e, localmente, metariodacitos). Ao mesmo, associam-se paragneisses/metagrauvas (seção inferior). Em seus sítios de ocorrências, destacam-se importantes corpos de granitos porfíricos gnaissificados (*augen* gnaisses da *Suite Granitóide Serra do Deserto*). Ainda, como unidades estaterianas e sem espaço cartográfico na Figura 1, encontram-se o *Grupo Serra de São José* (gnaisses, micaxistos, quartzitos, etc), no extremo leste do Ceará (áreas próximas a Icozinho), e as metavulcânicas (*Unidade Vulcânica Saquinho*) embutidas, tectonicamente, nos metassedimentos do *Grupo Ubajara* (v. adiante).

- *Formação Farias Brito (Pfb)* – Situada na porção meridional do Ceará e sendo estratigraficamente relacionada ao *Grupo Orós*, constitui-se de uma seqüência de gnaisses, micaxistos, rochas carbonáticas e lentes de metabásicas, tendo nos corpos de calcários cristalinos o maior realce econômico.
- *Grupo Novo Oriente (Pno)* – Com área de exposições no extremo oeste do Ceará e de cronologia proterozóica ainda não bem estabelecida (certamente mais jovem que 1.8 Ga), encontra-se constituído de xistos e quartzitos, dominantes, filitos, rochas metacarbonáticas (geralmente ricas em Mg), anfibolitos finos, xistos vulcano-vulcanoclásticos e ultrabásicos subordinados.
- *Grupo Cachoeirinha (Pcs) e unidades correlatas* – Este grupo aflora ao sul da Zona de Cisalhamento Patos (ZCP), ocupando amplas áreas da região do Cariri sendo representado por um conjunto metavulcanossedimentar de cronologia neoproterozóica (metassedimentos: micaxistos finos, filitos – dominantes - metassiltitos, metarenitos, metagrauvas e metaconglomerados; metavulcânicas: metakeratófiros, metandesitos, metariolitos). Como unidades cronocorrelatas são reconhecidas as

Formações Lavras da Mangabeira e Caipu, cuja soma exhibe um quadro litológico expresso por micaxistos, filitos, quartzitos, metaconglomerados e, subordinadamente, corpos de anfibolitos (metabasaltos ou metandesitos).

- *Grupo Martinópolis (Pm)* – Considerado de idade neoproterozóica, encontra-se constituído pelas *Formações Goiabeira* (micaxistos com ou sem granada ± estauroilita ± cianita), *São Joaquim* (Pmq - quartzitos dominantes), *Covão* (micaxistos) e *Santa Teresinha* (filitos, metassiltitos, metamargas, metadolomitos, quartzitos, metadiamicititos, metariolitos e finas camadas de formação ferrífera).
- *Grupo Ubajara (Pu)* – Com provável idade neoproterozóica, incluindo capas carbonáticas de clima frio (pós-glaciação registrada na *Formação Santa Teresinha*), encontra-se representado pelas seguintes unidades: *Formação Trapiá* (quartzitos conglomeráticos e arenitos de granulação fina a grossa); *Formação Caiçaras* (ardósias com intercalações de quartzitos); *Formação Frecheirinha* (calcários com subordinadas intercalações de metamargas e metassiltitos); e *Formação Coreau* (arcóseos, subarcóseos e grauvas, em parte conglomeráticas).

NEOPROTEROZÓICO-EOPALEOZÓICO (CAMBRO-ORDOVICIANO)

- *Complexos/Suites Granitóides (γ)* - Os corpos granitóides, geralmente reunidos em complexos ou suites e com idades distribuídas entre 650 e 500 Ma, apresentam-se em jazimentos com dimensões de pequenos diques e plugs a batolíticas, sendo formados, principalmente, por tipos petrográficos de granulação média a grossa (incluindo importantes corpos porfíricos), em parte equigranulares e isotrópicos, de tonalidades cinzentas e rosadas ou avermelhadas, com fácies esbraquiçadas. Petrograficamente, são constituídos de granitos, granodioritos, monzogranitos, monzonitos e sienitos.

Fácies subordinadas são descritas como microgranitos, aplitogranitos e tonalitos. Como enclaves ocorrem dioritos e monzodioritos, além de xenólitos de supracrustais encaixantes (paragneisses, micaxistos, rochas carbonáticas).

- *Suites/Complexos Básico-Intermediários ou Gabróides (δ)* – No Estado do Ceará ocorrem diversos corpos básico-intermediários, geralmente com dimensões não cartografáveis na escala do Mapa Geológico (Fig. 1) e de idades distribuídas entre o neoproterozóico e o cambriano. No caso dos corpos de Canindezinho (δc) e Pedra Aguda (δp), tem-se uma composição essencial a partir de dioritos (dominantes), gabros e granitóides, enquanto no *Complexo Tauá* os dioritos exibem situações onde são dominantes e outras onde estão subordinados a granitóides porfiríticos, na qualidade de enclaves, perfazendo uma associação magmática híbrida.

Também inseridos nesse intervalo neoproterozóico-cambriano, aparecem diques de microgranitos, pegmatitos, sienitos, riolitos, dacitos, riodacitos, quartzo andesito, dioritos, lamprófiros, sendo tratados como magmatitos araqueri (região Frecheirinha-Coreaú) e guaribas (enxame de diques de Independência- Tauá).

- *Grupo Jaibaras (COj)* – Com base em dados cronoradiométricos de granitóides que cortam essa unidade e litocorrelatas, nos Estados do Ceará e Piauí, sua cronologia é vista como do final do neoproterozóico ao ordoviciano. Encontra-se representado pelas *Formações Massapé* (conglomerados), *Pacujá* (arenitos diversos, folhelhos, siltitos e conglomerados), *Parapuí* (basaltos maciços e amigdaloidais, dacitos, riolitos maciços e porfiríticos, andesitos amigdaloidais, brechas vulcânicas, tufos e rochas vulcanoclásticas, arenitos arcoseanos, siltitos e filitos de derivação vulcânica) e *Aprazível* (conglomerados). Ainda com características litológicas e evolutivas similares, excluindo-se a unidade

vulcano-vulcanoclástica, ocorre o Grupo *Riacho Sairi* (região de Granja).

- *Grupo Cococi (COc)* – Cronologicamente correlacionável ao grupo anterior, é representado, da base para o topo, pelas *Formações Angico Torto* (conglomerados, brechas, arenitos diversos, siltitos e argilitos), *Cococi* (ardósias, folhelhos, argilito e siltitos) e *Melancia* (conglomerados, subordinando siltitos, argilitos e arenitos).

PALEOZÓICO (SILURIANO)

- *Grupo Serra Grande (Ssg)* - Tem áreas de exposições no extremo oeste do Estado, segundo uma faixa que se estende desde o sudoeste de Parambu, passando por Carnaubal-Guaraciaba do Norte, até o noroeste de Viçosa. Representa os estratos inferiores da Bacia Parnaíba. São constituídos de conglomerados e arenitos, em parte feldspáticos, com intercalações de siltitos e folhelhos, materializando sedimentos depositados em ambientes fluvial e marinho raso, com prováveis registros glaciais.
- *Formação Mauriti* – De provável idade siluriana, tem sua área de ocorrência na porção oriental da Bacia Araripe (Mz1). É constituída de arenitos e conglomerados.

MESOZÓICO (MZ)

BACIA ARARIPE (Mz, Mz1)

- *Grupo Vale do Cariri* – Encontra-se constituído pelas *Formações Brejo Santo* (folhelhos e siltitos de cores variegadas e com intercalações de arenitos finos argilosos e avermelhados), *Missão Velha* (arenitos brancos e amarelados, grossos, mal selecionados, friáveis, contendo madeira fóssil) e *Abaiara* (arenitos micáceos, argilosos, intercalados com siltitos e folhelhos castanhos, cinzentos e esverdeados, bem estratificados).

➤ *Grupo Araripe* – Como unidade litoestratigráfica de maior distribuição na bacia sedimentar homônima, encontra-se constituído, da base para o topo, pelas seguintes unidades: - *Formação Rio Bata-teiras* (arenitos finos a médios, argilosos, amarelados e cinzentos, siltitos e folhelhos cinzentos, bem estratificados e leitos de folhelhos negros betuminosos); - *Formação Santana* (seção superior: margas e folhelhos cinza-escuros; seção média: calcários, gipsita, folhelhos negros e betuminosos; seção inferior: calcários laminados e margas); - *Formação Arajara* (arenitos finos e siltitos amarelados e arroxeados, finamente estratificados); e - *Formação Exu* (arenitos avermelhados, de granulação média a grossa, mal selecionada, por vezes com fácies conglomeráticas).

BACIA POTIGUAR (Mz)

➤ *Grupo Apodi* – Com afloramentos na parte norte-oriental do Ceará, mostra-se representado, da base para o topo, pela *Formação Açu* (arenitos finos a grossos, localmente conglomeráticos, de tonalidades cinza claro, amarelada e avermelhada, com intercalações de folhelhos e argilitos silticos, principalmente no sentido ao topo) e *Formação Jandaíra* (rochas calcárias, calcioarenitos e calciolutitos bioclásticos, cinza claros a amarelados, com nível evaporítico na base).

Nesse quadro mesozóico (Mz) de bacias interiores, destaca-se, ainda, o *Grupo Iguatu* (*Formação Icó*: arenitos, dominantes folhelhos e margas; *Formação Malhada Vermelha*: siltitos, folhelhos e arenitos, além de delgadas intercalações de margas e calcários; e *Formação Lima Campos*: arenitos de granulometria fina a grossa, siltitos, folhelhos e margas) e o *Grupo Rio do Peixe*, representado pela *Formação Antenor Navarro* (arenitos conglomeráticos, conglomerados e arenitos finos a médios). As sub-bacias são representadas

pelos de Barro e Lavras da Mangabeira, esta última incluindo uma soleira basáltica.

CENOZÓICO (TQ)

➤ *Magmatitos Messejana* – encontram-se representados pelas rochas alcalinas (fonolitos, traquitos, tufos alcalinos e essexito porfirítico), que ocorrem, de preferência, na forma de *necks* e diques, em áreas da Grande Fortaleza e próximas. Seus jazimentos não apresentam dimensões passíveis de representação na escala do Mapa Geológico da Figura 1.

➤ *Grupo Barreiras* – Como apresentado por Cavalcante *et al.* (2003), inclui um domínio indiviso (conglomerados argilosos de tonalidade variegada, matriz argilocalinítica, com cimento argiloso, ferruginoso e, por vezes, silicoso, granulação fina a média, com leitos conglomeráticos e nódulos lateríticos na base), de ampla distribuição na faixa litorânea, e outros dois mapeados como *Formação Camocim* (conglomerados cimentados por material laterítico sílico-ferruginosos, extremamente duro e compacto), no noroeste do Estado, e Faceira (conglomerados, arenitos pouco litificados, siltitos com níveis de argilas e cascalhos, e lateritos na base), na região do Baixo Jaguaribe.

Outros depósitos sedimentares têm sido cartografados como terciário-quadernários (TQ), como a *Formação Moura* (conglomerados, areias de granulação variável e, no topo, siltitos vermelhos), na Bacia Sedimentar Iguatu. Também desse período, porém do intervalo neogeno-quadernário, encontram-se diversas coberturas de espriamento aluvial, incluindo capeamentos de planaltos e coluviões holocênicos; sedimentos arenosos eólicos litorâneos (dunas fixas e móveis), sedimentos fluviomarinhas e marinhas (vasas escuras, areias de praias e recifes areníticos etc.), além dos sedimentos de talus e aluviais recentes (areias, argilas e cascalhos).

MINERAÇÃO

A mineração no Estado do Ceará começou, como em outras regiões do Brasil, nos primórdios da nossa colonização. O volume retirado era sempre muito pequeno, sendo os métodos de extração bastante rudimentares. Na época, a principal demanda voltava-se para argilas, areias e cascalhos utilizados na construção civil.

Por outro lado, em meados do século XIX (à época do Império), as instituições encarregadas pela coroa de explorar o interior do Ceará dispunham, na parte referente à seção geológica e mineralógica, que se coligisse toda espécie mineral que se apresentasse, quer como mineral-minério, quer como componente de rochas. Recomendavam, também, que se procedesse do mesmo modo em relação ao minério de ouro de formação secundária (“...que podem, muitas vezes, ser transportados ao longe não só pelas águas dos ribeirões, mas também pelas correntes passageiras no tempo das grandes chuvas”).

Dessa forma, foram encontrados metais preciosos (ouro e prata) em Itarema e na região do Cariri, onde a exploração de ouro começou a partir de 1750. Ao final de 1758 os exploradores estenderam as pesquisas e descobriram ouro em Lavras da Mangabeira, Ipu e Reriutaba, cuja exploração parou logo depois. Foi retomada em 1978 pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Após 4(quatro) anos de pós-quisa, verificou-se “que o distrito aurífero do Ceará revelou-se de baixo potencial, sendo economicamente inviável seu aproveitamento”.

Por volta de 1880, os franceses iniciaram, em Viçosa, a exploração do minério de cobre oxidado de Pedra Verde que era transportado por meio de animais até o porto de Camocim, onde embarcava com destino à França. Em 1951, foi aprovado o Plano de Aproveitamento Econômico, mas,

passados 30 anos dessa concessão, nenhuma atividade havia sido realizada. Somente em 1983 é que a empresa Guanordeste Comércio e Mineração Ltda se instalou na região com o objetivo de implantar uma unidade para a produção de cimento de cobre com capacidade de 100 t/dia, paralisando suas atividades em 1987. A reserva da jazida de minério oxidado da Guanordeste está estimada em 1.429.000 t, com teor médio de 2,45% de Cu, sendo a malaquita e a azurita os principais minerais de minério de cobre. Na mesma região estão localizadas reservas pertencentes à Mineração Viçosa S.A (MINVISA), estimadas em 11.400.000 t, com teor médio de 0,99% de Cu.

Até o século XIX, a mineração do Estado do Ceará exibiu um quadro de desenvolvimento e de emprego de novas tecnologias bastante tímido. Os diversos materiais de construção eram principalmente retirados de aluviões e, quando de afloramentos rochosos, eram separados por cunhas, acompanhando fraturas e amarrados com ponteiros e marretas e, quando necessário, perfurados e detonados com pólvoras caseiras. Atualmente, essa atividade de mineração utiliza métodos mais modernos e recebe a denominação de lavra, com tecnologias avançadas, como é o caso das rochas ornamentais.

Desde o início do século XIX, destaca-se a exploração dos calcários das regiões do Apodi e de Sobral/Coreaú, além da magnesita de Iguatu e a gipsita da Chapada do Araripe. Nas décadas de 30 e 40, foram estudados diversos depósitos de diatomita nas proximidades de Fortaleza e viabilizados como jazidas. Neste período foi implantada a Diatomita Industrial Ltda, com a finalidade de explorar esses depósitos. A atividade de mineração nos pegmatitos do Ceará foi intensificada, no período de 1942 a 1945, em razão da segunda guerra mundial, como também a exploração do

mineral rútilo, principalmente nos municípios de Independência, Crateús, Quixeramobim, Itapiúna, Quixadá e outros nos arredores. Em 1944 já existiam estudos de 10 pegmatitos na região centro-oeste do Estado, constituída essencialmente por pegmatitos tantalíferos, distribuídos nos municípios de Quixadá, Quixeramobim, Solonópole e Jaguaribe. Este trabalho foi publicado com o título “Pegmatitos Ambligonita – Berilo – Tantalíferos do Ceará, Nordeste do Brasil”, pelo DNPM. Na mesma época, já havia extração de gipsita na região do Araripe e de magnesita em Iguatu, realizada pela Chaves S/A Mineração e Indústria. A partir de 1961, a Companhia Cearense de Cimento Portland foi autorizada a lavrar calcário nas áreas do município de Sobral e Coreaú.

A Carbomil Química S/A, detentora dos direitos minerários para lavra de calcário na região do Apodi, em meados da década de 70, adquiriu, paulatinamente, moinhos de rolos micronizadores para beneficiar este minério, com alto teor de carbonato de cálcio. Na década de 80, essa indústria já dispunha de 12 moinhos, atingindo uma capacidade operacional de 6.000 toneladas/mês.

Um fator de grande importância para a mineração no Estado foi à criação do curso de Geologia pela Universidade Federal do Ceará, no ano de 1969, seguida pela Universidade de Fortaleza em 1973, sendo este o último encerrado em 1990.

As primeiras referências sobre rochas ornamentais no Estado são conhecidas através do “Projeto Pedras Ornamentais das Regiões Norte - Nordeste, Leste e Oeste do Estado do Ceará”, executado pela Companhia Cearense de Mineração (CEMINAS), criada em 1981 em convênio com a SUDENE no período de 1982 a 1987. Neste projeto foram relacionadas áreas promissoras por todo o Estado para pesquisa de rochas ornamentais. Os primeiros requerimentos para pesquisa de granito foram protocolizados pela CEMINAS

no 10º Distrito do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), em 1983.

A partir de 1987, o Governo do Estado promoveu iniciativas com o objetivo de mudar o perfil econômico do Estado, reduzindo a participação das atividades que dependessem dos fatores climáticos e intensificando outras mais ligadas às vocações minerais. Nesse cenário, a Geologia mostrou-se pródiga em ambiência para rochas ornamentais, principalmente as definidas como granitos. Vale salientar, dentro deste contexto, que a CEMINAS foi à detentora da primeira portaria de lavra para rocha ornamental no Ceará, relativa a uma área de granito localizada no município de Alcântara (Vermelho Filomena). Dando continuidade, a CEMINAS implantou em 1989, a mina escola através do convênio entre o MME e a Secretaria de Indústria e Comércio do Estado, no município de Massapé, localidade de Barra, com o objetivo de desenvolvimento de métodos e tecnologias de lavra para treinamento de mão-de-obra. Em decorrência, destaca-se o desenvolvimento deste setor durante o período de 1990 até 1996, como resultado das ações de fomento desenvolvidas pelo poder público estadual, que, de forma geral, centrou suas atividades na pesquisa de áreas com potencial produtivo, na promoção dos materiais, em feiras, bem como na implantação de indústrias e na interiorização de investimentos.

De acordo com o DNPM (2000), foram caracterizados no Ceará, 10 distritos mineiros, nos quais se concentra a produção mineral efetiva do Estado: Sobral–Camocim, Itapipoca–Santa Quitéria, Grande Fortaleza, Canindé–Tamboril, Baixo Jaguaribe–Apodi, Quixadá–Pedra Branca, Novo Oriente–Tauá, Iguatu–Aurora, Campos Sales–Antonina do Norte e Chapada do Araripe, (Figura 2). As mineralizações do distrito mineiro Sobral-Camocim são constituídas de minerais metálicos (minério de cobre e prata) e não-metálicos (rochas ornamentais, diatomito, argila, calcário, calcário dolomítico, filito, areia de fundição e pedras britadas).

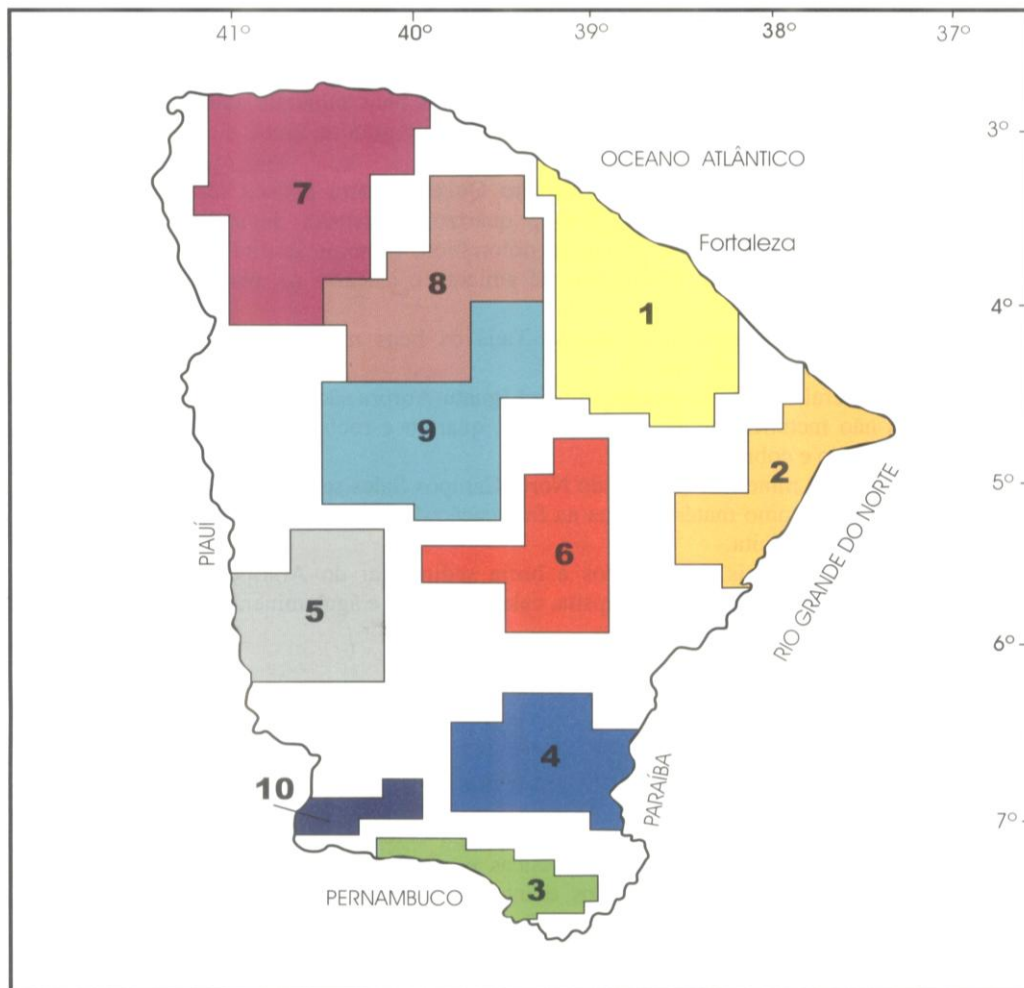


Figura 2 – Mapa de localização dos distritos mineiros do Estado do Ceará.
 Fonte: DNPM (2000)

DISTRITOS MINEIROS DO ESTADO DO CEARÁ: (1) Grande Fortaleza, (2) Baixo Jaguaribe – Apodi, (3) Chapada do Araripe, (4) Iguatu –Aurora, (5) Novo Oriente – Tauá, (6) Quixadá – Pedra Branca, (7) Sobral – Camocim, (8) Itapipoca – Santa Quitéria, (9) Canindé – Tamboril e (10) Campos Sales – Antonina do Norte.

Outras ocorrências de ferro, manganês, cianita, chumbo e ouro com pouca expressividade econômica também ocorrem neste distrito mineiro. As mineralizações do distrito mineiro Itapipoca-Santa Quitéria são constituídas principalmente de rochas ornamentais (granito, diorito, charnoquito e monzonito), calcário, calcário dolomítico, ametista, diatomito e argila. São conhecidas ocorrências de cianita, ferro, urânio e amianto antofilítico. No distrito mineiro Grande Fortaleza são exploradas jazidas de areias (fina, grossa e vermelha), água mineral, argila, calcário,

diatomito, fonolito, granito (pedras britadas e ornamentais), mica, quartzo, feldspato, quartzito e saibro. Os bens minerais mais importantes na Grande Fortaleza são os de emprego imediato na construção civil (areias, pedras britadas e argilas), seguidos de calcário e água mineral. Neste distrito mineiro também merecem destaque às ocorrências de manganês, talco e caulim.

Os recursos minerais que compõem o distrito mineiro Canindé–Tamboril são formados por calcário dolomítico, fosfato, quartzo, urânio e rochas ornamentais. No

distrito mineiro Baixo Jaguaribe – Apodi, os bens minerais mais importantes são calcário e argila, sendo também conhecidos depósitos de granito, areia, diatomito e minerais de pegmatito (mica, ametista e berilo). As mineralizações do distrito mineiro Quixadá-Pedra Branca são constituídas de minerais de pegmatitos (rubelita, berilo, quartzo, feldspato, lepidolita, turmalina e amblygonita), rochas ornamentais, calcário dolomítico, cromita, grafita, scheelita, fluorita, ferro, pedra britada e argila. Ocorrências de amianto e calcário de menor importância são conhecidas. No distrito mineiro Novo Oriente-Tauá, os bens minerais mais importantes são calcário, diorito e minério de ferro. As mineralizações do distrito mineiro Iguatu-Aurora são constituídas principalmente de minerais não-metálicos (calcário, magnesita, quartzo e rochas ornamentais) e metálicos (minério de berílio

e cobre). No distrito mineiro Antonina do Norte-Campos Sales se destacam, principalmente, os minérios utilizados como matéria-prima na fabricação de cimento (laterita ferruginosa e tufo vulcânico), além de calcita. Os bens minerais relacionados à bacia sedimentar do Araripe e que apresentam interesse econômico se restringem à gipsita, calcário, argila e água mineral.

Anexo, encontra-se um Mapa de Localização de Depósitos e Jazidas, onde estão plotados cerca de 1.061 pontos representativos de substâncias minerais, correlacionadas com os distritos mineiros do Estado do Ceará. Insere-se, também no último capítulo, um cadastro com as coordenadas geográficas, municípios e o *status* de cada ponto do mapa com a respectiva substância.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Mapa geológico do Estado do Ceará**. escala 1:500.000.

Brasília: SUDENE/CPRM/CEMINAS, 1973. Mapa color.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. **Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará**. Fortaleza: CPRM/MME/Governo do Estado do Ceará, 2003. CD-ROM.

CAVALCANTE, J.C.; VASCONCELOS, A.M.; GOMES, F.E.M. **Mapa geológico do Estado do Ceará**. escala 1:500.000.

Fortaleza: MME/CPRM/Governo do Estado do Ceará/ Secretaria de Recursos Hídricos, 2003. Mapa color.

ROBERTO, F.A. COSTA. *et al.* **Distritos mineiros do Estado do Ceará**. Fortaleza: DNPM 10° Distrito, 2000, 54p. il. Mapa color.

PERFIL DAS PRINCIPAIS ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

JOSÉ FERREIRA DE SOUSA¹
FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL²

O conceito de rochas e minerais industriais varia de autor para autor. No entanto, a maioria dos estudiosos agrupa nestas espécies as rochas e os minerais não-metálicos, como matérias-primas básicas, insumos ou aditivos, de uma grande variedade de produtos industriais.

Denominam-se rochas e minerais industriais (RMI) os materiais naturais (e, ocasionalmente, resíduos das diversas indústrias) que são empregados na atividade humana, não para obter metais ou energia, mas pelas suas propriedades físicas, químicas ou ornamentais, manifestas no mineral ou rocha tais quais são extraídas ou após uma transformação não metalúrgica.

Os bens “rochas e minerais industriais”, às vezes denominadas genericamente de “não-metálicos”, decorrem, em parte, do próprio uso desses materiais, complementando as duas outras categorias consagradas de minérios: a dos “metálicos” e a dos “energéticos”. São representados por uma grande variedade de matérias-primas naturais, de usos diversificados e específicos. Muitos dos não-metálicos são usados *in natura* ou com pequena transformação. Em muitos casos é difícil enquadrar os minerais em uma dessas categorias porque vários deles são polivalentes, podendo ter usos classificados tanto como “metálicos”, como “não-metálicos”. A magnesita, por exemplo, apresenta uso tanto “metálico” produção de magnésio metálico, como “não-metálico” refratário.

Normalmente distingue-se entre minerais metálicos ou minérios, recursos energéticos, rochas e minerais industriais. Os primeiros foram a base do desenvolvimento industrial no século XIX, tendo prolongado sua importância no século XX, visto que, mediante sua exploração e tratamento metalúrgico, é obtida (exceto os metais reciclados, de importância crescente) a totalidade dos metais usados na indústria e na construção civil. Os recursos energéticos são e continuam sendo os grandes protagonistas do século XX, porque o desenvolvimento dos países exige enormes quantidades de energia.

Apesar do menor significado econômico em relação aos metálicos e energéticos, as rochas e minerais industriais (RMI) são importantíssimos do ponto de vista econômico e social. Bastaria citar o enxofre, os fertilizantes, os corretivos de solo e o sal para ressaltar imediatamente esta tese. Sem o primeiro, não há indústria química; sem o segundo, a produtividade agrícola baixa a níveis incompatíveis; sem o último, quase não pode viver o homem, nem há saúde nos rebanhos. Na falta do calcário, não há cal e cimento e, praticamente, desapareceria a moderna construção civil.

A participação dos minerais industriais no Brasil está muito abaixo da média mundial e, principalmente, da média dos países mais desenvolvidos. De acordo com a literatura, um país atinge sua maturidade

¹ Especialista em Valorização Mineral e Pesquisador da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP

² Doutor em Engenharia Mineral e Pesquisador do Centro de Tecnologia Mineral - CETEM

industrial quando o valor da produção de não-metálicos supera a produção de metálicos. Isto aconteceu nos EUA no início do século XX, na Espanha no começo dos anos 70 e na Austrália no final dos anos 80. A modernização econômica industrial do Brasil, na década de 90, mudou o perfil da demanda de minerais industriais, e introduziu grandes ameaças e oportunidades para as minerações brasileiras, com as aparências de novos depósitos e novos empreendedores.

Nos livros especializados, as rochas e minerais industriais (RMI) são freqüentemente agrupados por aplicação industrial (minerais para cerâmica, para vidros, etc.). Outras vezes são apresentados individualmente, em listagem alfabética, por produto comercial (*Commodity*). Alguns autores preferem agrupá-los em produtos de baixo preço/alto volume (como areia e brita para construção, argila, etc.) e produto de alto preço/alto volume (como talco, fluorita, zirconita, etc.).

É evidente, no entanto, que vários deles têm múltiplas aplicações industriais decorrentes das especificações, volumes produzidos/consumidos, dos preços no mercado, etc. Exemplos: areia para construção e para fundição; argilas para cerâmica vermelha e cerâmica branca, o que dificulta o rígido enquadramento, por categoria.

Inúmeros pesquisadores e especialistas em rochas e minerais industriais procuraram definir, classificar e conceituar as principais propriedades físicas e químicas e características tecnológicas destes bens minerais sem, contudo, estabelecer parâmetros físicos, químicos e mineralógicos. A seguir, são apresentadas algumas definições de Rochas e Minerais Industriais (RMI).

São chamados minerais industriais as rochas e minerais não-metálicos aplicados em produtos e processos como matérias-primas básicas, insumos ou aditivos de uma grande variedade de segmentos industriais, tais como cerâmica, tinta, fertilizante, papel,

farmacêutico, vidro, abrasivo, refratário, plástico e borracha, entre vários outros.

As rochas e minerais industriais serão, segundo Kuzvart (1984), “as matérias-primas típicas da segunda revolução industrial, as matérias-primas do terceiro milênio”. Esta afirmação, que pode parecer exagerada, tem sentido. Considerando que os minerais industriais são imprescindíveis na obtenção de diversos produtos de alta demanda pela sociedade pós-industrial: plásticos, fibras ópticas, colas adesivas, isolantes, produtos químicos e farmacêuticos, fertilizantes, abrasivos, lubrificantes, componentes eletrônicos, materiais de alta pureza, etc. E tudo isso sem considerar os enormes volumes de matérias-primas que demanda a indústria da construção e que, devido ao aumento de população e ao desenvolvimento do nível de vida previsíveis, haverão de multiplicar-se nas próximas décadas.

Não existem limites definidos para a classificação das rochas e minerais industriais pelo fato de muitos minerais (berilo, cromita, rutilo, ilmenita, hematita e, zircão) terem aplicação, ou não, na metalurgia, pela inclusão, ou não, dos materiais de construção e do grupo das gemas, etc. Existe uma enorme polêmica quanto à terminologia rochas e minerais industriais ser análoga, ou não, à de minerais não-metálicos. Uma classificação possível, atribuída a Kuzvart (1984), é a que considera rochas e minerais industriais:

- As matérias-primas que se empregam na indústria na sua forma mineral, após diversos tratamentos (por exemplo, talco, asbesto, diamante) ou na forma de rocha (diatomita, bentonita, ocre).
- As matérias-primas que são fontes de elementos não-metálicos (pirita como fonte de enxofre, fluorita como fonte de flúor, apatita como fonte de fósforo, etc.) ou que servem para a fabricação de compostos simples (boratos para a fabricação de ácido bórico).

- As matérias-primas de aspecto não-metálico de onde são obtidos metais ou seus compostos (berilo como fonte de berílio, magnesita como fonte de magnésio, espodumênio como fonte de lítio).
- Os materiais de construção (argila, areia, brita, calcário, rochas ornamentais e de revestimentos).

Segundo Moreira (1994), são considerados minerais industriais todos aqueles utilizados pela indústria, excluindo os minerais metálicos (usados por seu conteúdo em metal) e os combustíveis fósseis. As gemas (diamante, córindon, etc.), alguns minerais também metálicos (bauxita, ilmenita, cromita, etc.), alguns resíduos industriais (escórias, fosfogesso, etc.) e alguns produtos transformados (cal, barrilha, sílica “carbide”, etc.) são, usualmente, incluídos entre os minerais e rochas industriais.

Segundo Ciminelli (1996), a revista inglesa *Industrial Minerals* inclui todas as rochas e minerais, inclusive os sintéticos,

predominantemente não-metálicos que, por suas propriedades físicas ou químicas, e não pela energia gerada ou pelos metais extraídos podem ser utilizados em processos industriais, de modo geral com múltiplas funções tais como matéria-prima, componente especial de formulação ou aditivo, diretamente “*as mined*” ou após beneficiamento. Constam no *index* desta revista mais de 50 espécies ou grupos minerais, incluídos os minerais metálicos com aplicações não-metalúrgicas, conforme pode ser observado na lista que se segue. Esta, por sua vez, pode ser ampliada com outras espécies como: rochas ornamentais; minerais produzidos artificialmente (sílicas especiais pós-cerâmicas); minerais modificados: argilas ativadas, caulim calcinado; resíduos inorgânicos e subprodutos tais como: fosfogesso e minerais de rochas de ocorrência regional restrita (agalmatolito).

A lista convencional (alfabética) dos minerais e rochas industriais mais usados na indústria é a seguinte:

LISTA DE MINERAIS INDUSTRIAIS NO INDEX DA REVISTA *INDUSTRIAL MINERALS*

Agregados	Manganês
Alumina/Bauxita	Micas
Antimônio	Minerais Abrasivos
Ardósia	Minerais de Berílio
Argilas Plásticas/“Ball Clay”	Minerais de Estrôncio
Barita	Minerais de Lítio
Bentonita/Atapulgita/Sepiolita	Minerais de Sillimanita
Boratos	Minerais de Titânio
Bromo/Iodo	Nitratos
Calcário/Cal	Olivina
Carbonato de Cálcio	Óxido de Ferro
Carbonato de Sódio	Pedra-Pomes
Caulim/Haloisita	Perlita
Cimento	Pirita
Cromita	Pirofilita
Diamante	Potássio
Diatomita	Sal
Dolomita	Sílica/Quartzo
Enxofre	Sulfato de Sódio
Feldspato/Nefelina-Sienito	Talco
Fluorita	Terras-Raras
Fosfatos/Apatita	Vermiculita
Grafita	Wollastonita
Gesso	Zeólitas
Magnesita	Zircônio

➤ **minerais industriais:** Andaluzita (+ sillimanita + cianita), Asbestos (anfíbolios, crisotila), Apatita, Barita, Boratos, Caulim, Celestina (e estroncianita), Coríndon (e esmeril), Diamante, Enxofre, Espodumênio (e outros minerais de Lítio), Feldspatos, Fluorita, Gemas, Grafita, Granadas, Magnesita, Mica e Vermiculita, Monazita (e outros minerais de terras-raras), Nitratos, Olivina, Pirita, Pirolusita (e outros de manganês), Quartzo, Rutilo (e outros minerais de Titânio), Talco, Thenardita (e Glauberita), Wollastonita, Zeólitas, e Zircão.

➤ **rochas industriais:** Ardósia, Argilas cerâmicas, Argilas especiais (sepiolita, atapulgita, bentonita), Bauxita e laterita alumínica, Basalto, Calcário, Diatomita, Dolomita, Fosfatos (fosforita), Gesso, Granito, Margas, Mármore, Perlita, Pórfiro, Pedrapomes, Sal gema, Sais potássicos e Quartzito.

Segundo Fernandes (1997), minerais industriais são rochas ou outros materiais de natureza mineral, quando consumidos em todas as suas aplicações não metalúrgicas e não energéticas pela própria indústria extrativa mineral e por um amplo espectro de segmentos da indústria de transformação, ou utilizados diretamente em outras atividades como: construção civil, agricultura, saneamento básico, etc.

Segundo os autores oportunamente citados, os bens minerais de rochas e minerais industriais apresentam diversas peculiaridades:

- Transferem suas propriedades aos produtos industriais. Parte dos minerais industriais são utilizados por suas propriedades físicas e outros pelos atributos químicos.
- Apresentam grande diversidade de aplicações, produtos, preços (as diferentes variedades de diatomita ou os produtos à base de grafita) e tipologias de depósitos, mesmo para um único mineral.

➤ Algumas rochas e minerais industriais são bastante valiosos no mercado (rochas ornamentais, diatomita, caulim para cobertura), enquanto outros são obtidos a baixo custo (areia para construção, argilas para cerâmica vermelha).

➤ Alguns se caracterizam pelo uso local ou regional (areia, argila, brita, etc.) e outros são objeto de comércio internacional (rochas ornamentais, fluorita, barita, diatomita, etc.).

➤ Geram empreendimentos mineiros geralmente de pequeno a médio porte.

➤ Suas aplicações são crescentes e diversificadas, incluindo produtos obtidos por meio de tecnologia avançada (super condutores, fibra ótica, motores de cerâmica, etc.).

➤ São muito competitivos entre si podendo em alguns casos, ser substituídos uns por outros em várias aplicações industriais, resultando em baixos valores unitários.

Necessitam de pesquisa e desenvolvimento tecnológicos diferenciados dos minerais metálicos. Em geral, a pesquisa dos minerais industriais é iniciada por uma provocação de mercado, enquanto que a dos minerais metálicos é iniciada por uma perspectiva tecnológica científica.

➤ Apresentam recursos potenciais relativamente diversificados e o seu aproveitamento é, em geral, racionalizado por situarem-se próximos dos centros consumidores.

Segundo o Sumário Mineral do Departamento Nacional da Produção Mineral-DNPM (2005), a indústria extrativa mineral brasileira, incluindo petróleo e gás natural, alcançou, no ano de 2004, um montante da ordem de US\$ 28 bilhões, que correspondeu a 4,29% do Produto Interno Bruto (PIB). Contudo, a real contribuição desse setor à economia brasileira pode ser amplamente mensurada considerando-se o efeito multiplicador obtido pela agregação de valor

às matérias-primas minerais decorrentes dos processos industriais. Nesse contexto, o produto da indústria de transformação mineral alcançou US\$ 41,6 bilhões, correspondendo a 8,4% do PIB, empregando direta e indiretamente 3 milhões de pessoas e movimentando em torno de US\$ 10 bilhões por ano em exportações. O Brasil produziu, em 2003, uma cesta com aproximadamente 70 substâncias minerais, sendo cerca de 20 do grupo dos metálicos, 45 do grupo dos minerais não-metálicos e 4 (quatro) do grupo dos minerais energéticos.

O Brasil detém uma posição privilegiada na produção mundial de matérias-primas de origem mineral, destacando-se como primeiro produtor mundial de nióbio com (95%), o segundo de minério de ferro com (19%) e o terceiro de tantalita com (16%). No que se refere às rochas e minerais industriais, destaca-se também como terceiro produtor mundial de caulim e grafita, quarto de magnesita e vermiculita e quinto de rochas ornamentais, crisotila e talco.

Ao observar as 100 maiores empresas do setor mineral brasileiro constata-se que 50% são de minerais não-metálicos. Os bens de rochas e minerais industriais no Brasil foram responsáveis por 25% do valor da produção mineral em 2002. Os principais são rochas ornamentais e carbonáticas, caulim, amianto, magnesita, grafita, talco, vermiculita, fluorita e rochas fosfáticas. Alguns minerais industriais e rochas são explotados em larga escala, em relação aos demais, (pedra britada, argilas, areia), produzindo volumes totais inferiores apenas aos minérios de ferro. Contudo, a participação dos minerais industriais no Brasil ainda está muito abaixo da média mundial e, principalmente, da média dos países mais desenvolvidos.

Segundo a última publicação oficial do Anuário Mineral Brasileiro – DNPM (2001), o valor de produção mineral do Cear

rá, em 2000, atingiu cerca de 393 milhões de reais (215 milhões de dólares), sendo 174 milhões de reais de rochas e minerais industriais e 219 milhões de reais resultantes da produção de energéticos (petróleo e gás). A produção de rochas e minerais industriais do Ceará representa 15% da produção do Nordeste, onde o Ceará ocupa a segunda posição ficando atrás apenas da Bahia.

Foi adotada, neste trabalho, uma definição de rochas e minerais industriais-(RMI) baseada no critério de seu uso final, segundo Noetstaller (1988): “*A categoria de minerais industriais é definida como compreendendo todos os não-metálicos, metálicos, energéticos, gemas e diamantes extraídos e processados para usos finais industriais*”. Portanto, inclui-se, nesta categoria, a parte dos minerais metálicos consumidos em aplicações não-metalúrgicas.

Com o intuito de preencher a lacuna literária sobre informações pertinentes a este segmento mineral do Estado do Ceará, procurou-se com esta publicação visualizar as potencialidades reais dos depósitos e jazidas de rochas e minerais industriais, bem como mostrar a situação tecnológica atual das indústrias de extração e beneficiamento, representativas do setor mineral desse Estado, procurando definir parâmetros econômicos capazes de exibir fielmente o panorama desse segmento.

Neste contexto, o universo da presente publicação foi composto por grupos e/ou espécies minerais que se mostraram representativos no âmbito técnico-econômico do Estado do Ceará, assim distribuídos, por capítulos: rochas ornamentais e de revestimentos, rochas carbonáticas, minerais de pegmatitos, minerais de argila, agregados (areias e pedras britadas), outros minerais (gemas, gipsita, diatomita, fosfato, grafita, vermiculita, barita e talco), e rochas e minerais industriais no mar e em zonas costeiras.

O resultado dessa pesquisa reforça a convicção generalizada da posição privilegiada não só do Ceará, mas do Brasil como um todo, em relação ao número de ocorrências e volumes de reservas de minerais industriais em seus territórios, apesar da quantidade reduzida de investimentos em prospecção e pesquisas geológicas aplicadas especificamente aos minerais desta classe, quando relacionada à sua importância e potencialidade de mercado.

De fato, as políticas públicas minerais e os grandes investimentos privados estiveram, num passado recente, direcionados para os minerais metálicos ou energéticos, e para os não-metálicos, somente para o caso de suprimento de matérias-primas às indústrias verticalizadas, como as de cerâmicas e de cimento.

O sucesso dos negócios neste setor depende, em grande parte, do conhecimento do mercado pelos produtores. Conhecer as peculiaridades das rochas e minerais industriais, diferenciando-os dos

metálicos, e contemplar as escalas mais adequadas e típicas para cada um são pré-requisitos para a viabilização dos empreendimentos neste setor mineral. O foco no mercado deve ser assegurado em todas as fases da produção deste grupo de minerais, já no início dos trabalhos de pesquisa e exploração geológica de um novo depósito.

Ainda há um grande desconhecimento da importância e impacto das rochas e minerais industriais na rotina do homem moderno. Se este desconhecimento ocorrer entre os profissionais da mineração, pode ser desastroso para o negócio. As nuances de cada mercado para um determinado mineral devem ser conhecidas em todas as fases desde a pesquisa geológica. Recomenda-se prudência na valorização da análise química como parâmetro de avaliação de um depósito mineral, em detrimento de análises petrográfica/mineralógica e ensaios tecnológicos que podem ser mais importantes, e, eventualmente, até mais baratos, rápidos e decisivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília, 2001.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário mineral**, Brasília, 2005.

CIMINELLI, R.; CIMINELLI, V. S. T. **Curso de desenvolvimento e gestão dos minerais industriais (não metálicos)**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996. 244p. Apostila.

FERNANDES, F. R. C. **Os minerais industriais: conceituação, importância e inserção na economia**. 1997. 188p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

KUZVART, M. *Industrial minerals and rocks*. [s. l. : s.n], 1984.

MOREIRA, M. D. **Aplicação dos minerais e rochas industriais**. Salvador: SBG/SGRM/ABG, 1991. 87p.

NOETSTALLER, R. **Industrial Minerals: a technical review**, Washington, The World Bank, 1988 (World Bank Technical Papers, 76. Industry and Finances Series, 24).

REVISTA "INDUSTRIAL MINERALS", mensal (com índices remissivos por assunto).

SAMPAIO, J. A.; LUZ, A.B.; LINS, F.F. **Usinas de beneficiamento de minérios do Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/ MCT, 2001. 398p.

ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTOS

FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL¹
FERNANDO ANTONIO C. BRANCO SALES²
FERNANDO ANTONIO DA COSTA ROBERTO³

As rochas ornamentais e de revestimentos, também designadas como pedras naturais, rochas lapídeas, rochas dimensionadas e materiais de cantaria, abrangem os tipos litológicos que podem ser extraídos em blocos ou placas, cortados e beneficiados em formas variadas. Seus principais campos de aplicação incluem tanto a confecção de peças isoladas para decoração como esculturas, tampos, balcões e pés de mesa, quanto à confecção de lápides para arte funerária, em geral, e revestimentos internos e externos para construção civil.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define rochas ornamentais como material rochoso natural submetido a diferentes tipos de beneficiamento em sua superfície (polimento, apicoamento, flameamento, aparelhamento, etc.), utilizadas para exercer uma função estética em diversas áreas de aplicação (construção civil, arte funerária e outras).

O termo rocha para revestimentos é definido pela ABNT como rocha natural que não foi submetida a processos de beneficiamento em sua superfície. Seus principais campos de aplicação incluem especialmente pisos, paredes e fachadas, em obras de construção civil.

As rochas ornamentais, de um

modo geral, são divididas em 2 grandes grupos que representam 90% da produção mundial: “mármore” e “granito”. Estes não são os termos geológicos corretos. Comercialmente, são mármore todas as rochas carbonáticas; são granito todas as rochas silicáticas; os travertinos são também rochas carbonáticas; existem ainda os conglomerados que, atualmente, estão sendo bastante procurados e utilizados como rochas ornamentais. Outros materiais usados como rochas ornamentais e de revestimentos são: ardósias, quartzitos, arenitos, etc., utilizados em placas ou lajotas na forma beneficiada e/ou *in natura*.

Como materiais dimensionais, aproveitados em volume, as rochas ornamentais e de revestimentos têm valor comercial muito significativo diante de outras matérias-primas minerais.

Conforme levantamentos realizados, ilustra-se o quadro setorial brasileiro pela produção de cerca de 500 tipos comerciais de rochas, entre granitos, mármore, ardósias, quartzitos, conglomerados, serpentinitos e pedra-sabão, entre outras, e em torno de 1.300 jazidas em atividade. Encontram-se registradas cerca de 600 empresas de mineração e de beneficiamento de blocos, com quase 1.600 teares instalados. Para trabalhos de acabamento final

¹ Doutor em Engenharia de Minas e Pesquisador do Centro de tecnologia Mineral – CETEM

² Mestre em Geografia do Departamento de Geociência da Universidade Estadual do Ceará – UECE

³ Mestre em Geologia e Geólogo do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM

operam aproximadamente 7.000 marmorarias (Peiter *et al.*, 2001).

Foi comprovada a existência de um grande potencial geológico em rochas ornamentais e de revestimentos no Estado do Ceará, através de trabalhos realizados por órgãos governamentais em parceria com empresas privadas e sindicato deste segmento. Esse potencial extrativo vem sendo convenientemente aproveitado em benefício da população, através da utilização de mão-de-obra local, minimizando, dessa forma, o êxodo rural.

O Ceará, desde 1994, tem se destacado no mercado por sua diversidade de litotipos, contando, atualmente, com cerca de 60 tipos diferentes de rochas ornamentais e de revestimentos. Destes, atualmente, os mais produzidos como granitos são: Branco Ceará, Casablanca, Giallo Falésia, Verde Meruoca, Red Dragon, Green Galaxy, Juparaná Montiel, Meruoca Clássico, Rosa Iracema e Verde Ventura; Como mármore são: bege capri, bege san marino e nero marquina; E como pedra natural: Pedra Cariri e Pedra Quixadá. Verifica-se uma expressiva concentração de jazidas no NNW do Estado, respondendo por quase toda a extração de granitos, aproximadamente 85%. A região Central e Sul do Estado respondem por toda a extração de pedra natural, por volta de 15%.

Anexo, encontra-se um CD-ROM que teve como base o Catálogo de Rochas Ornamentais do Ceará (Morais *et al.*, 2004), onde estão apresentados e descritos 60 tipos comerciais de rochas ornamentais e de revestimentos produzidos, demonstrando a considerável geodiversidade e potencial deste setor no Ceará.

MODO DE OCORRÊNCIA

O embasamento cristalino ocupa cerca de 75% da área do Estado do Ceará, oferecendo condicionamento favorável à ocorrência de granitos, mármore, quartzitos, calcários, vulcânicas alcalinas e

conglomerados, com características ornamentais e de revestimentos.

As rochas ornamentais e de revestimentos ocorrem em toda a coluna estratigráfica, excluindo as coberturas terciário-quaternárias e quaternárias. O quadro estratigráfico do Estado do Ceará encontra-se, em diversos segmentos, em escala de reconhecimento, sobretudo no que tange ao posicionamento das unidades pré-cambrianas. Tectonicamente, os grandes traços estruturais, realçados por importantes zonas de cisalhamentos, se encontram em bom nível de entendimento. (Cavalcante *et al.*, 2003).

- Como unidades litoestratigráficas arqueanas, incorporando rochas paleoproterozóicas, são marcados os *Complexos Cruzeta e Granjeiro*, que encerram, principalmente, ortognaisses cinzas, de composições tonalito-granodioríticas e, secundariamente, graníticas e trondhjemiticas, gnaisses e xistos aluminosos, com ou sem sillimanita e/ou cianita, além de estreitas faixas de formações metavulcanossedimentares, por vezes incluindo corpos de metagabros e diferenciados metadioritos. Parte dos granitóides gnaissificados exibe baixo índice de cor.
- O Proterozóico está representado pelas seguintes unidades: a) *Complexo Granja* (gnaisses diversos, de derivações sedimentar e magmática, em parte migmatíticos, descritos como biotita gnaisses), tonalito-granodioríticos, biotita-granada gnaisses, sillimanita-biotita gnaisses, hiperstênio gnaiss, charnockito e enderbito; b) *Complexo Ceará Unidade Canindé*: biotita-gnaisses cinzentos e rosados, com ou sem granada, leucognaisses, hiperstênio gnaisses (charnockito, charnoenderbito, enderbito e norito), gnaisses aluminosos, migmatitos de estruturas diversas, lentes de quartzitos, rochas calcissilicáticas, calcários cristalinos e, mais raramente, rochas metabásico-ultrabásicas e formações ferríferas e manganêsíferas; *Unidades Inde-*

pendência, *Quixeramobim* e *Arneiroz*: gnaisses (em parte migmatíticos) e xistos aluminosos, de fácies anfibolito (biotita ± granada ± sillimanita ± cianita), calcários cristalinos (mármore) e quartzitos, com ocorrências locais de rochas calcissilicáticas e anfibolitos/anfibólio gnaisses; c) *Complexo Aco-piara*, de constituição similar aquela da *Unidade Canindé*, do *Complexo Ceará*, onde dominam os segmentos gnáissico-migmatitos; d) *Complexo Ja-guaretama*, também representando por um predomínio de gnaisses e migmatitos diversos; e) *Complexo Tamboril-Santa Quitéria*, constituído de migmatitos de estruturas variadas (bandada, *schlieren*, nebulítica, *schöllen* e agmática, com percentagens diversas de neossomas graníticos) subordinando *augen* gnaisses, rochas calcissilicáticas, anfibolitos e quartzitos ferruginosos; f) *Grupo Orós*, representado por uma seqüência metavulcanossedimentar (metabasaltos, meta-andesitos, metariolitos, micaxistos, filitos, quartzitos, metacarbonatos– calcários cristalinos, metadolomitos, incluindo importantes depósitos de magnesita e paragnaisses), com a inclusão provável da *Formação Farias Brito* (гнаisses, micaxistos, rochas carbonáticas e lentes de metabásicas, tendo nos corpos de calcário cristalino o maior realce econômico); g) *Grupo Novo Oriente*, constituído de xistos e quartzitos dominantes, filitos, rochas carbonáticas, anfibolitos finos, xistos vulcano-vulcanoclásticos e ultrabásicos subordinados; h) *Grupo Cachoeirinha*, reconhecido como um conjunto metavulcanossedimentar (metassedimentos: micaxistos finos e filitos dominantes, metassiltitos, metarenitos, metagrauvacas e metaconglomerados; metavulcânicas: metakeratófiros, metandesitos, metariolitos); i) *Grupo Martinópolis*, constituído pelas *Formações São Joaquim* (quartzitos dominantes), *Covão* (xistos diversos) e *Santa Terezinha* (filitos, metassiltitos, metamargas, metadiamicititos, metadolomitos, quartzitos, metariolitos e finas camadas de formação ferrífera).

- Do Neoproterozóico ao Cambro-Ordoviciano, encontram-se: a) *Grupo Ubarajara*, constituído das *Formações Trapiá* (quartzitos conglomeráticos e arenitos), *Caçaras* (ardósias com intercalações de quartzitos), *Frecheirinha* (calcários com raras intercalações de metamargas e metassiltitos) e *Coreaú* (arcóseos, subarcóseos e grauvacas, em parte conglomeráticas); b) *Complexos/Suites Granitóides*, compostos de granitos, granodioritos, monzogranitos, monzonitos e sienitos com fácies subordinadas de microgranitos, aplitogranitos e tonalitos; c) *Complexos/Suites Básico-Intermediários ou Gabróides*, tendo como litotipos essenciais os dioritos, secundados por gabros e granitóides; d) *Grupo Jaibaras*, representado pelas *Formações Massapé* (conglomerados), *Pacujá* (arenitos diversos, folhelhos, siltitos e conglomerados), *Parapuí* (basaltos maciços e amigdalóides, dacitos, riolitos maciços e porfiríticos, andesitos amigdaloidais, brechas vulcânicas, tufos, andesitos, arenitos arcoseanos, siltitos e filitos de derivação vulcânica - cinzas e tufos) e *Aprazível* (conglomerados); e) *Grupo Cococi*, representado pelas *Formações Angico Torto* (conglomerados, brechas, arenitos diversos, siltitos e argilitos), *Cococi* (ardósias, folhelhos, argilitos e siltitos) e *Melancia* (conglomerados, subordinado siltitos, argilitos e arenitos).
- O Mesozóico está representado pelos *Grupos Apodi e Araripe*. O *Grupo Apodi* está representado pelas *Formações Açú* (arenitos localmente conglomeráticos com intercalações de folhelhos e argilitos sílticos) e *Jandaíra* (rochas calcárias, calcarenitos, calcilutitos biolásticos com nível evaporítico na base). O *Grupo Araripe* é constituído pelas *Formações Cariri* (conglomerados e arenitos em parte silicificados), *Missão Velha* (arenitos com gradações locais para arcóseos, conglomerados, siltitos, folhelhos e argilitos), *Santana* (arenitos, siltitos, folhelhos, calcários laminados, margas, calcarenitos, calcários brechóides

e gipsita) e *Exu* (arenitos com fácies conglomeráticas). Outras *Unidades* conhecidas são os *Grupos Rio do Peixe e Iguatu*, dominados por arenitos, em parte conglomeráticos, conglomerados, siltitos, folhelhos, calcários e margas.

- O Cenozóico encontra-se assim representado: a) *Magmatitos Messejana* (fonolitos, traquitos, tufos alcalinos e esse-xito porfirítico); b) *Formação Barreiras* (arenitos, conglomerados, argilitos e siltitos); c) *Formação Faceira* (conglomerados, arenitos pouco litificados, siltitos com níveis de argila e cascalhos); d) *Formação Moura* (conglomerados, areias de granulação variáveis e siltitos); e) *Sedimentos eólicos litorâneos* (dunas fixas e móveis); f) *Sedimentos flúvio-marinhos e marinhos* (vasas escuras, areias de praias e recifes areníticos); g) *Sedimentos aluviais recentes* (areais, argilas, areias conglomeráticas e cascalhos).

Segundo Roberto (1998), tomando-se como referência o mapa geológico do Estado do Ceará e trabalhos de outros autores, algumas vocações específicas são enumeradas a seguir.

• Granitos e Rochas Afins

- *Complexo Tamboril-Santa Quitéria* – Ocorre na região metropolitana de Fortaleza. Abrange parte dos municípios de Fortaleza, Maranguape, Pacatuba e Guaiúba. Região Norte compreende os municípios de Uruburetama, Itapipoca e Irauçuba. Região Centro-Oeste ocupa parte dos municípios de Santa Quitéria, Varjota, Cariré, Hidrolândia, Monsenhor Tabosa e Tamboril. É constituído de migmatitos diversos e exhibe estruturas flebítica, estromática, oftálmica, *schlieren* e envolvem granitóides, geralmente porfiroblásticos. Destaca-se a ocorrência do “granito” Vermelho Fuji, Juparaná Montiel, Brown Paradise e Cinza Nova Russas.
- *Complexo Granja* - Ocorre no extremo NW do Estado, ocupando boa parte do município de Granja. É constituído de

migmatitos granitóides (diatexitos) a ortoclásio e/ou microclina, biotita e hornblenda, associados à granada-biotita-granoblastitos e piroxênio-granulitos, secundados por migmatitos estromáticos, diadistíticos, agmáticos e de dilatação. Quartzitos ferríferos ocorrem localmente com intercalações de hematita compacta e itabirito. Destaca-se o “granito” Kinawa Rosa (migmatito).

- *Dioritos de Tauá e Leptinitos Tróia* - Os dioritos são rochas parcialmente transformadas em granodioritos porfiróides e, em parte, como paleossomas de migmatitos agmáticos com neossoma de granito grosseiro equigranular ou porfiróide, com núcleos de olivina-gabro. Os leptinitos de Tróia são constituídos por uma seqüência de ortognaisses leucocráticos e anortositos interestratificados com rochas máfico-ultramáficas que ocupam a parte central do maciço de Tróia. Ocorrem na região sudoeste do Estado, nos municípios de Tauá e Pedra Branca, respectivamente, os seguintes litotipos: Casablanca, Giallo Falésia, Juparaná Delicato, Branco Ártico e Golden Ártico.
- *Granitóides Mocambo, Meruoca, Serra da Barriga e Taperuaba* - Ocorrem na região noroeste do Estado e são compostos de granitos avermelhados e acinzentados, esverdeados, verdes, amarelados ou esbranquiçados, equigranulares, de médios a grosseiros com variações composicionais para monzonitos, granodioritos e sienitos. Registra-se a ocorrência dos “granitos”: Vermelho Filomena (Alcântaras), Vermelho Alcântaras, Vermelho Meruoca, Verde Meruoca, Amarelo Massapê, Meruoca Clássico, Verde Ventura e Verde Ceará (Massapê), Rosa Iracema, Branco Savana, Branco Cristal Quartzo e Rosa Olinda (Sobral-Forquilha).
- *Sienito Tucunduba* - Trata-se de um *stock* de forma elíptica, com uma área de, aproximadamente, 30 quilômetros quadrados, implantado ao longo da

zona de cisalhamento de Água Branca. É um quartzo-sienito milonitizado que ocorre na região noroeste do Estado, mais precisamente no município de Marco. É comercializado com as denominações de Green Galaxy e Verde Pantanal.

- *Granitóides Pereiro, São Domingos, Manoel Dias, dentre outros* - Ocorrem nas regiões de Irauçuba (Serra de São Domingos e Serrote Manoel Dias), Ibareta (Serra do Azul), Tamboril (serras do Encanto e das Matas), Pereiro (serras do Maia, Vermelha, do Cajá e do Aimoré); além de outros *stocks*. Registra-se a ocorrência dos “granitos”: Rosa Missi, Amêndoa Missi, Amarelo Santa angélica, Clássico Dunas, Icarai (Coral), todos na região de Irauçuba. As pedreiras encontram-se paralisadas.
- *Granitóides Quixadá-Quixeramobim* - Ocorrem na região central do Estado, abrangendo os municípios de Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu. Englobam granodioritos, monzonitos, granitos e dioritos, em parte gnaissificados e coexistindo em tramas migmatíticas ou intimamente associados. A grande maioria das pedreiras existentes na região é rudimentar, extraído esses materiais para utilização como pedras *in natura* nos revestimentos de muros, jardins etc. (exemplos pedreira Várzea da Onça, município de Quixadá). Registra-se, no entanto, a ocorrência do “granito” Branco Astro e/ou Branco Banabuiú como rochas ornamentais no município de Banabuiú.
- *Gnaisses* - Ocorrem principalmente nos municípios de Pentecoste, Senador Pompeu, Morada Nova, Quixadá e Quixeramobim. São utilizados como pedras de revestimento de muros, *halls*, passarelas etc., conhecidos comercialmente como Pedra Quixadá, Pedra Morada Nova, etc.
- *Diques Cambrianos* - Ocorrem nos municípios de Sobral, Tauá e Inde-

pendência. Formam enxames localizados com os diques mais extensos e descontínuos aflorando por 10 a 15 km.

- *Dioritos de Amontada, Pedra Lisa, Aiuaba, Aracoiaba e Apuiarés* – Ocorrem nas proximidades da cidade de Amontada (norte do Estado), Fazenda Pedra Lisa, município de Independência, norte de Aiuaba, no serrote Pedra Aguda (SE de Aracoiaba) e leste de Apuiarés. São dioritos em parte gnaissificados e/ou que encerram corpos de granitos gnáissicos, aplitos e gabros. Registram-se ocorrências dos “granitos” Preto Ceará e Preto Redenção, cujas pedreiras se encontram paralisadas.
- *Gabros de Pedraria, Santa Teresa, Pinhões e Pedra d’Água* - Ocorrem nas localidades de Pedraria (entre Jaguaratama e Jaguaribara), Santa Teresa (entre Trici e Santa Teresa na estrada Tauá - Novo Oriente), Pinhões e Pedra d’Água (SE de Novo Oriente). São constituídos por hornblenda-gabro e olivina-gabro com faixas anfibolitizadas.
- *Basaltos, diabásios, riolitos, dacitos e riolacitos da Formação Parapuí* - Ocorrem na região NW do Estado, ocupando uma faixa descontínua de direção NE-SW, entre as falhas café-ípuieiras e a zona de cisalhamento Sobral-Pedro II, com faixas bem determinadas no município de Massapê e distrito de Parapuí.
- *Granitos Leucocráticos da Fazenda Memória, Morrinhos, Serrote São Paulo, Boa Viagem e Fazenda Boa Vista* - Ocorrem nas localidades de Fazenda Memória (Pedreira Asa Branca) e serrote São Paulo, município de Santa Quitéria; zona urbana de Boa Viagem e Fazenda Boa Vista, no município de Irauçuba. Os “granitos” da Fazenda Memória (granito Branco Ceará) e serrote São Paulo (granito White Bee e granito São Paulo) apresentam coloração bem esbranquiçada, classificados petrograficamente como

albita-granito. Ocorrem sob a forma de *stocks* denominados de Morrinhos e São Paulo. O “granito” do município de Boa Viagem ocorre também na forma de *stock*, tratando-se de microclina-granito orientado tectonicamente (granito Branco Tropical) com fácies branca e rosa (Rosa Tropical). O “granito” da Fazenda Boa Vista (Branco Nevasca) ocorre sob a forma de um *stock*, com cota máxima de 350 metros e uma área aflorante de 350 hectares. Apresenta coloração esbranquiçada com pontuações escuras (em certas porções do maciço e alguns matacões), granulação que varia de fina a média e de textura granular.

• Mármore e Quartzitos

- *Grupo Ceará* - Ocorre nas regiões de Apuiarés-General Sampaio, Ibuçu-Independência, Aracoíaba, Arneiroz-Catarina-Cangati, Piquet Carneiro-Flamengo e Quixeramobim. É constituído de micaxistos e gnaisses granadíferos com ou sem sillimanita ou estauroilita com intercalações de quartzitos, leptinitos e lentes de metacalcários (mármore). Ocorrências: Mármore Branco do município de Boa Viagem, com área de afloramento de 0,12 km². Principais alvos promissores são os metacalcários das regiões de General Sampaio e Independência.
- *Complexo Lavras da Mangabeira* - Ocorre nas regiões de Lavras da Mangabeira, Cariús-Jucás e Iguatu-Orós e Umari – Umarizinho. Constitui-se de filitos, micaxistos, preferencialmente de baixo grau metamórfico (granadacianita) com intercalações de metacalcários dolomíticos ou não. Ocorrências: Mármore Bege de Cariús e Mármore Nuvem Verde (Umarizinho). A magnesita de Iguatu e Jucás, que não é aproveitada como minério, poderia ser explorada como rocha ornamental.
- *Complexo Independência* - Ocorre limitado pelas zonas de cisalhamento de Tauá e Sabonete-Inharé, abrangendo

parte dos municípios de Pedra Branca, Independência, Boa Viagem, Quixadá e Quixeramobim. É formado por gnaisses bandados, gnaisses leucocráticos, biotita e/ou hornblenda-gnaisses, em menor proporção leptinitos e gnaisses facoidais. Incluem intercalações de metarcóseos, metagrauvacas, anfíbolitos, biotita e anfibólio-xistos, metabasitos e mármore.

- *Complexo Itatira* - Ocorre nas regiões de Itatira e Santa Quitéria, ocupando parte dos municípios de Itatira, Santa Quitéria, Madalena e Canindé. É constituído por uma seqüência essencialmente metassedimentar composta de migmatitos ricos em granadas, gnaisses anfibolíticos, leptinitos, quartzitos, biotita-gnaisses a biotita-sillimanita-gnaisses com porfiroblastos de granada; e no topo, metacalcário cristalino puro, de textura sacaróide com variações para tipos mais impuros ricos em piroxênio, anfibólio e flogopita. O pacote de “mármore” apresenta coloração predominantemente cinza com variações para tonalidades mais claras até branca. Ocorrências: Mármore Branco de Itataia (ou Itatira). Na fazenda Itataia, ocorrem mármore calcíticos, mármore dobrados, travertinos (mármore calcíticos formados por processos de dissolução e reprecipitação) e mármore dolomíticos.

• Calciossilicáticas

- Encontram-se intercaladas nos mármore do Complexo Itatira, na Fazenda Itataia. Ocorrem em dois tipos:
 - a) rochas calciossilicáticas esbranquiçadas a esverdeadas constituídas de 62% de carbonato (dolomita aragonita – calcita), piroxênio (18%), feldspato, epidoto, anfibolito e acessórios.
 - b) rochas calciossilicáticas verdes caracterizadas por estrutura planar onde está evidenciado o arranjo subparalelo das lamelas de flogopitas, palhetas de grafita e tremolita. São compactas e equigranulares, constituídas de diopsídio, escapolita e feldspato.

• Calcários

- *Formação Santana* - Ocorre na bacia sedimentar do Araripe, nos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri. Compõe-se de calcário laminado em níveis descontínuos e fossilíferos, de baixa dureza, cor creme, exibindo finos bandamentos (em torno de 2 cm) com a presença também de óxido de manganês dendrítico, de tom marrom escuro. Ocorre na forma de camadas espessas com destaque na topografia. É utilizado *in natura* com o nome de Pedra Cariri, para revestimento de pisos, paredes e também na confecção de mesas, birôs, etc.
- *Formação Jandaíra* - Ocorre na Chapada do Apodi, abrangendo os municípios de Jaguaruana, Quixeré, Limoeiro do Norte e Tabuleiro do Norte, no extremo NE do Estado. É composta de calcário sedimentar com camadas praticamente horizontalizadas e contínuas. Este calcário tem-se revelado como de boa qualidade para fins ornamentais, assemelhando-se ao travertino Bege Bahia. No município de Limoeiro do Norte, precisamente na localidade de Cuvico, foi aberta uma frente de lavra experimental para extração de blocos que foram beneficiados pela Fujita Granitos S/A, cuja denominação comercial era Pietra Dourada. Atualmente a pedreira está paralisada. Nas localidades de Sucupira no município de Limoeiro do Norte/CE e Espinheiro em Tabuleiro do Norte/ CE foram abertas pela Mont Granitos S/A duas pedreiras que exploram, atualmente, o calcário do Apodi, com as denominações comerciais de mármore Bege Capri, San Marino e Mont Charmont.
- *Formação Frecheirinha* - Ocorre na bacia do Jaibas, na região noroeste do Ceará, abrangendo os municípios de Sobral, Coreaú e Frecheirinha. É composta de calcários de granulação fina, coloração preta à cinza azulada, impuros, com intercalações de delgados leitos de margas, metassiltitos e

quartzitos escuros. Na localidade de Pedra de Fogo, município de Coreaú, foi aberta uma pedreira para a produção de blocos, cujo material foi denominado comercialmente de New Nero Marquina.

• Vulcânicas Alcalinas

As rochas vulcânicas alcalinas ocorrem na região metropolitana de Fortaleza, mais precisamente nos municípios de Euzébio, Caucaia, Maranguape e Fortaleza. Petrograficamente, são classificadas como fonolitos, fonolitos traquitóides e traquitos (Guimarães, 1982). São conhecidos os seguintes corpos alcalinos: Morro Cararu, Serrote Japarara, Serrote Preto, Serrote Salgadinho, Serrote Pão de Açúcar e Serrote Poção. Apenas o Morro do Cararu foi pesquisado com possibilidade de utilização como rocha ornamental. Neste local é produzido brita.

• Conglomerados

Os conglomerados polimíticos pertencem as formações Aprazível, Maspê (NW do Estado), Formação Iara (Bacia de Iara-sul do Estado) e Formação Angico Torto (Bacia do Cococi-SW do Estado). Existem vários requerimentos, alvarás de pesquisa, relatório aprovado para este tipo petrográfico. Na localidade denominada Fazenda Ferrolândia, município de Parambu, a empresa Mont Granitos S/A está explorando o conglomerado Bordeaux Parambu.

ESPECIFICAÇÕES

Segundo Vidal (2002), a especificação das rochas ornamentais e de revestimentos baseia-se no padrão estético e nas características tecnológicas constituídas pela tipologia do jazimento e propriedades físico-químicas e mineralógicas. Estas características são influenciadas pelas técnicas de extração e beneficiamento. As especificações são obtidas através de análises e ensaios, que permitem a qualificação do material rochoso e sua indicação para uso e

aplicação. Os ensaios procuram representar as diversas solicitações às quais a rocha estará submetida durante todo o processo industrial e, principalmente, àqueles de uso final. O conjunto básico de ensaios para a caracterização tecnológica de rochas está relacionado a seguir, juntamente com a sua finalidade.

• **Análise Petrográfica**

A petrografia microscópica permite analisar a composição mineralógica, o grau de alteração e o estado microfissural da rocha. Fatores importantes para se prever a durabilidade de rochas em solicitações de atrito, esforços flexores e compressores e na presença de líquidos.

A textura é um parâmetro muito importante na previsão do desempenho e durabilidade das rochas. Corresponde ao aspecto microscópico geral da rocha, no qual se incluem a forma dos minerais, sua granulometria e o modo como se acham unidos. Assim, diferenças na composição e no grau de entrelaçamento ou imbricação entre os minerais podem ser diretamente responsáveis pela resistência físico-mecânica da rocha. Diferenças granulométricas podem corresponder a diferenças na alteração potencial diante de líquidos agressivos.

A norma NBR 12768 da ABNT sugere um roteiro para a realização de uma análise petrográfica.

• **Índices Físicos**

Os índices físicos são as propriedades de massa específica aparente seca e saturada, porosidade aparente e absorção d'água da rocha. Estes índices permitem avaliar, indiretamente, o estado de alteração e de coesão da rocha, segundo as diretrizes da norma NBR 12766, da ABNT.

Os valores de absorção d'água e porosidade estão diretamente correlacionados com os de resistência mecânica, visto que fornecem uma idéia da incidência de microdescontinuidades nas rochas.

O coeficiente de absorção d'água constitui, por sua vez, elemento de avaliação preliminar da compactação, resistência e durabilidade da rocha, sendo um fator decisivo na escolha do material para usos que envolvam prolongados contatos com águas.

• **Resistência à Compressão Uniaxial**

Determina a tensão capaz de provocar a ruptura da rocha quando submetida a esforços compressivos. Sua finalidade é avaliar a resistência da rocha quando utilizada como elemento estrutural e obter um parâmetro indicativo de sua integridade física.

A resistência à compressão é também muito dependente da estrutura e da granulação para um mesmo tipo petrográfico. A resistência na direção perpendicular à estrutura da rocha é, em geral, maior do que na direção paralela e sensivelmente maior do que na direção inclinada.

Este ensaio é executado de acordo com as diretrizes da norma ABNT-NBR 12767.

• **Resistência à Compressão Uniaxial após Gelo e Degelo**

Consiste em submeter a amostra a 25 ciclos de congelamento e degelo, e verificar a eventual queda de resistência por meio da execução de ensaios de compressão uniaxial ao natural e ao término da exposição ao congelamento e degelo.

Considera-se que a rocha não é afetada pelo efeito de congelamento/degelo se a relação entre o valor médio da carga de ruptura à compressão simples, antes e após o ensaio de congelamento/degelo, não diferir em mais de 20%.

O ensaio de congelamento/degelo, conjugado ao ensaio de compressão, é executado de acordo com a norma ABNT-NBR 12769.

• **Desgaste Amsler**

Visa verificar a redução de espessura em placas de rocha. É executado de acordo com as diretrizes da norma ABNT-NBR 12042. Este ensaio procura simular, em laboratório, a solicitação, por atrito, devido ao tráfego de pessoas ou veículos.

A resistência ao desgaste ou abrasão é um reflexo da granulação, dureza e estado de agregação dos minerais que compõem a rocha. Os materiais de baixo índice de desgaste podem ser empregados em locais de alto tráfego como *shoppings* e aeroportos, hotéis e locais de acesso público em geral.

• **Coefficiente de Dilatação Térmica Linear**

Este ensaio visa determinar o coeficiente de dilatação térmica linear de rochas em um intervalo de temperatura entre 0°C e 50°C. Os ensaios são executados de acordo com a norma ABNT-NBR 12765.

As rochas, como todos os materiais naturais ou artificiais, apresentam variação de volume quando submetidas às mudanças de temperatura, podendo dilatar ou contrair, dentro de intervalos próprios, conforme a temperatura aumente ou diminua.

A dilatação e contração têm influência tanto no comportamento das placas de revestimento quanto na sua durabilidade, sendo imprescindível para o dimensionamento do espaçamento das juntas em revestimentos.

Rochas com alto coeficiente de dilatação podem vir a ter durabilidade reduzida pelo progressivo afrouxamento das ligações inter cristalinas, com a conseqüente diminuição de sua resistência me-

cânica, quando submetidas a grandes variações de temperatura. No clima brasileiro, podem alcançar 50° - 60°C.

• **Resistência ao Impacto**

Fornece a resistência da rocha ao impacto, através da determinação da altura de queda de uma esfera de aço que provoca o fraturamento e a quebra de placas de rocha. Este ensaio é executado de acordo com as diretrizes da norma ABNT-NBR 12764.

É um indicativo da tenacidade da rocha. Quanto maior o resultado encontrado, mais resistente ao choque é o material, sugerindo cuidados redobrados no transporte e na sua colocação.

• **Resistência à Flexão**

O ensaio de flexão visa determinar a tensão que provoca a ruptura da rocha, quando submetida a esforços flexores. Este ensaio é executado de acordo com as diretrizes da norma ABNT-NBR 12763.

Os valores determinados indicam a tensão máxima de flexão que a rocha suporta e influenciam diretamente no dimensionamento das placas externas (painéis). Para granitos, valores abaixo de 10,34 MPa são considerados restritivos, de acordo com a norma americana ASTM C 615, exigindo placas de espessuras maiores e áreas menores, para suportarem as solicitações de flexão causadas pela carga de vento.

A granulação grosseira influencia na resistência à flexão da rocha, ocasionando problemas na fixação das placas.

• **Módulo de Deformabilidade Estática**

As rochas, como outros materiais, podem-se deformar quando submetidas a altos esforços compressivos estáticos.

Sua deformabilidade é, entretanto, pequena em razão da sua alta rigidez. Sob certa faixa de carregamento, a rocha pode recuperar facilmente seu formato original, quando o carregamento deixa de agir.

Carregamento estático não é, contudo, uma sollicitação comum em revestimento de pedras. Somente ocorre quando a pedra assume função estrutural do tipo coluna ou pilar.

O valor do módulo de “deformabilidade” estática é, entretanto, muito útil para avaliar a qualidade de uma pedra de revestimento, pois valores elevados de módulos (baixa deformidade) sugerem baixa porosidade, alta resistência mecânica e baixo grau de alteração.

Este ensaio é executado de acordo com as recomendações da Sociedade Internacional de Mecânica de Rochas (ISRM), cujo procedimento é compatível com a norma ASTM D 3148.

• **Microdureza Knoop**

Os ensaios de microdureza pelo método Knoop são utilizados em diferentes materiais e podem ser adaptados ao uso em rochas ornamentais. O teste é baseado na medida de impressão (20 a 40 micras), produzida pela penetração de um diamante que possui forma piramidal, tendo por base um losango, cujas diagonais estão entre si na relação 1:7. A marca apresenta-se romboidal e a microdureza Knoop é expressa em Mpa, sendo tanto maior a dureza quanto menor for a impressão produzida.

• **Parâmetros de Qualidade**

Melhor será a qualidade da rocha ou seu desempenho, quanto menor for:

- a presença e os teores de minerais alterados ou alteráveis, friáveis ou solúveis que possam comprometer seu uso, durabilidade e seu lustro;
- a absorção d'água;
- a porosidade;
- o desgaste Amsler;
- o coeficiente de dilatação térmica.

Por outro lado, melhor será a qualidade, quanto maior for:

- a resistência à compressão uniaxial;
- o módulo de elasticidade;
- a resistência ao impacto;
- a resistência à flexão (módulo de ruptura);
- a resistência ao congelamento e degelo.

RESERVAS

Segundo Vidal e Roberto (2001), as principais jazidas de rochas ornamentais estão localizadas na região norte e noroeste do Estado, compreendendo os municípios de Sobral, Meruoca, Massapê, Alcântaras, Forquilha e Santa Quitéria. Existem ainda na região centro e sul do Estado nos municípios de Pedra Branca, Banabuiu, Limoeiro do Norte, Nova Olinda e Santana do Cariri. O mapa anexo e o CD mostram as principais jazidas por município. A Tabela 1 apresenta as reservas de granitos, mármore e calcários ornamentais aprovados pelo DNPM/CE.

Tabela 1 - Reservas de rochas ornamentais e de revestimentos aprovadas pelo DNPM/CE

SUBSTÂNCIA	RESERVA (m ³)	
	MEDIDA	INDICADA
GRANITO	899.104.723	395.050.611
MÁRMORE	24.881.536	940.238
CALCÁRIO TRAVERTINO	252.269.980	30.305.200
CALCÁRIO LAMINADO	156.886.451	22.619.015
TOTAL	1.333.142.690	448.915.064

Fonte: DNPM/CE - Dados atualizados até 31/03/2004.

As reservas de granito estão localizadas nos municípios de Alcântaras, Amontada, Aracoiaba, Boa Viagem, Cariré, Eusébio, Forquilha, Irauçuba, Independência, Itapajé, Itaitinga, Itapipoca, Itapiuna, Limoeiro do Norte, Marco, Massapê, Meruoca, Miraima, Monsenhor Tabosa, Santa Quitéria, São Luís do Curu, Sobral, Tamboril e Várzea Alegre. As reservas de mármore se localizam nos municípios de Boa Viagem, Cariús e Santa Quitéria. As reservas de calcários sedimentares (tipo “travertino”) estão localizadas no município de Limoeiro do Norte, enquanto as de calcários sedimentares/laminados (Pedra Cariri) situam-se em Nova Olinda e Santana do Cariri (Vidal e Roberto, 2001).

MERCADO

Segundo Peiter *et al.* (2001), a produção brasileira de granitos e mármore totaliza 4 milhões de toneladas, sendo 3 milhões de granitos e 1 milhão de toneladas de mármore. Considerando a produção de outras rochas (ardósias, quartzitos, pedra cariri, paduana e miracema, etc.) a produção total brasileira de rochas ornamentais e de revestimentos estima-se em torno de 6 milhões de toneladas. No Brasil, observa-se que o Estado do Espírito Santo responde por 56% da produção de granitos e 75% de mármore, seguido por Minas Gerais que inclui, além de granitos, ardósias e quartzitos foliados. No Estado do Rio de Janeiro destaca-se a extração de pedra paduana e miracema,

enquanto a de quartzito maciço e travertino é exclusividade da Bahia. O Estado do Ceará é o sexto maior produtor de rochas ornamentais e de revestimentos em bruto, destacando-se os granitos (146.000 t/ano) e a pedra Cariri (70.000 t/ano).

De acordo com os dados apresentados no Sumário Mineral-DNPM (2005), a produção mundial de rochas ornamentais atingiu cerca de 78 milhões de toneladas, apresentando, nos últimos cinco, anos um crescimento médio de 6% a.a. O Brasil participou com aproximadamente 8% dessa produção (6,4 milhões de toneladas). Esse desempenho foi função tanto do aumento do consumo interno, quanto das exportações de rochas brutas e beneficiadas.

No Brasil as principais jazidas de rochas ornamentais estão localizadas na região sudeste e parte do nordeste. A região sudeste responde por 80% da produção nacional, sendo grande parte concentrada no Estado do Espírito Santo, que detém 50% dos teares instalados no Brasil. O Estado do Ceará tem um potencial geológico promissor de granito, além de possuir um moderno parque industrial na área de beneficiamento, colocando-o como um importante produtor de rochas ornamentais no Brasil, especialmente no que tange a produtos acabados, como chapas e ladrilhos. O País se posiciona como o 4º maior produtor (Peiter *et al.*, 2001).

Segundo Chiodi (2005) as exportações brasileiras de rochas ornamentais somaram, no primeiro semestre de 2004, US\$ 223 milhões, tendo alcançado no final do ano, cerca de US\$ 600 milhões e registrado uma variação positiva de 40% frente a 2003. Os principais estados brasileiros exportadores são: Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Ceará, Paraná e Bahia.

De acordo Chiodi (2004), as exportações cearenses de rochas ornamentais somaram US\$ 2,5 milhões em 2002, US\$ 6,4 milhões em 2003, e atingiu cerca de US\$ 12,2 milhões em 2004. Registrou-se, portanto, variação da ordem de 160% no faturamento, de 2002 para 2003 e 40% a mais no ano de 2004.

No faturamento das exportações brasileiras de rochas ornamentais, o Ceará representou 0,73% em 2002, 1,5% em 2003, e atingiu em 2004, 2% do total nacional. A participação percentual de rochas ornamentais, no valor das exportações cearenses, recuou de 66,6%, em 2002, para 38,6%, em 2003, e aumentou cerca de 60% no ano de 2004. Não obstante, o faturamento dessas exportações de rochas processadas evoluiu de US\$ 1,7 milhão em 2002 para US\$ 2,5 milhões em 2003, e atingiu cerca de US\$ 4 milhões em 2004.

As exportações cearenses de rochas ornamentais ultrapassaram as da Bahia no primeiro semestre de 2004, tanto em faturamento quanto em volume físico. O Ceará tornou-se, assim, o 5º (quinto) maior estado exportador brasileiro de rochas ornamentais, atrás do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, transformando-se no maior estado exportador fora da região sudeste.

No ano de 2004, o Ceará exportou US\$ 12,2 milhões, correspondentes a 52.080,12 toneladas de rochas ornamentais, o que representou um notável incremento de 200% aproximadamente, diante do mesmo período de 2002. As rochas processadas compuseram 26,59% (US\$

3,1 milhões) do faturamento e 9,9% do volume físico exportado, enquanto as rochas brutas compuseram 73,4% (US\$ 9,1 milhões) do faturamento e 90,1% em volume físico exportado.

As rochas processadas tiveram incremento de 86,4% em valor e 39,3% em peso, refletindo um aumento significativo do preço médio de todos os produtos beneficiados. As rochas silicáticas brutas mostraram, por sua vez, variação positiva de 193,6% em faturamento e de 179,9% em volume físico, traduzindo, da mesma forma, um aumento do preço médio dos produtos exportados.

Mais importante mostrou-se o crescimento das exportações de chapas beneficiadas, com uma variação de 128,6% no faturamento e de 112,2% no volume físico, além de incremento de 7,7% no preço médio dos produtos comercializados. Essas exportações de chapas atingiram, assim, US\$ 3 milhões e 4.898,42 toneladas, no ano de 2004.

TECNOLOGIA

As rochas ornamentais são submetidas às mais variadas solicitações. Estas surgem desde a etapa de extração, no decorrer do beneficiamento (serragem, corte, polimento) até a aplicação final nas obras e, posteriormente, ao longo do uso.

As solicitações são causadas pelo impacto com outros corpos, pelo desgaste e atrito provocados pelo uso, pelas ações intempéricas (ventos, chuvas e sol), pelo ataque químico gerado por produtos de limpeza e outros líquidos corrosivos e, até mesmo, pela poluição ambiental.

As aplicações das rochas ornamentais podem ser consideradas abrangentes pela infinidade de usos e utilizações, principalmente através da combinação de suas qualidades estruturais e estéticas. Estas aplicações podem ser reunidas em 4 grupos: arquitetura e construção, construção e revestimento de

elementos urbanos, arte funerária e arte e decoração.

Em qualquer das principais aplicações, este ciclo produtivo pode ser divi-

dido em 4(quatro) etapas bem definidas, desde a atividade mineral até a conformação dos produtos finais: pesquisa, exploração, beneficiamento primário e final, conforme esboçado na Figura 1.

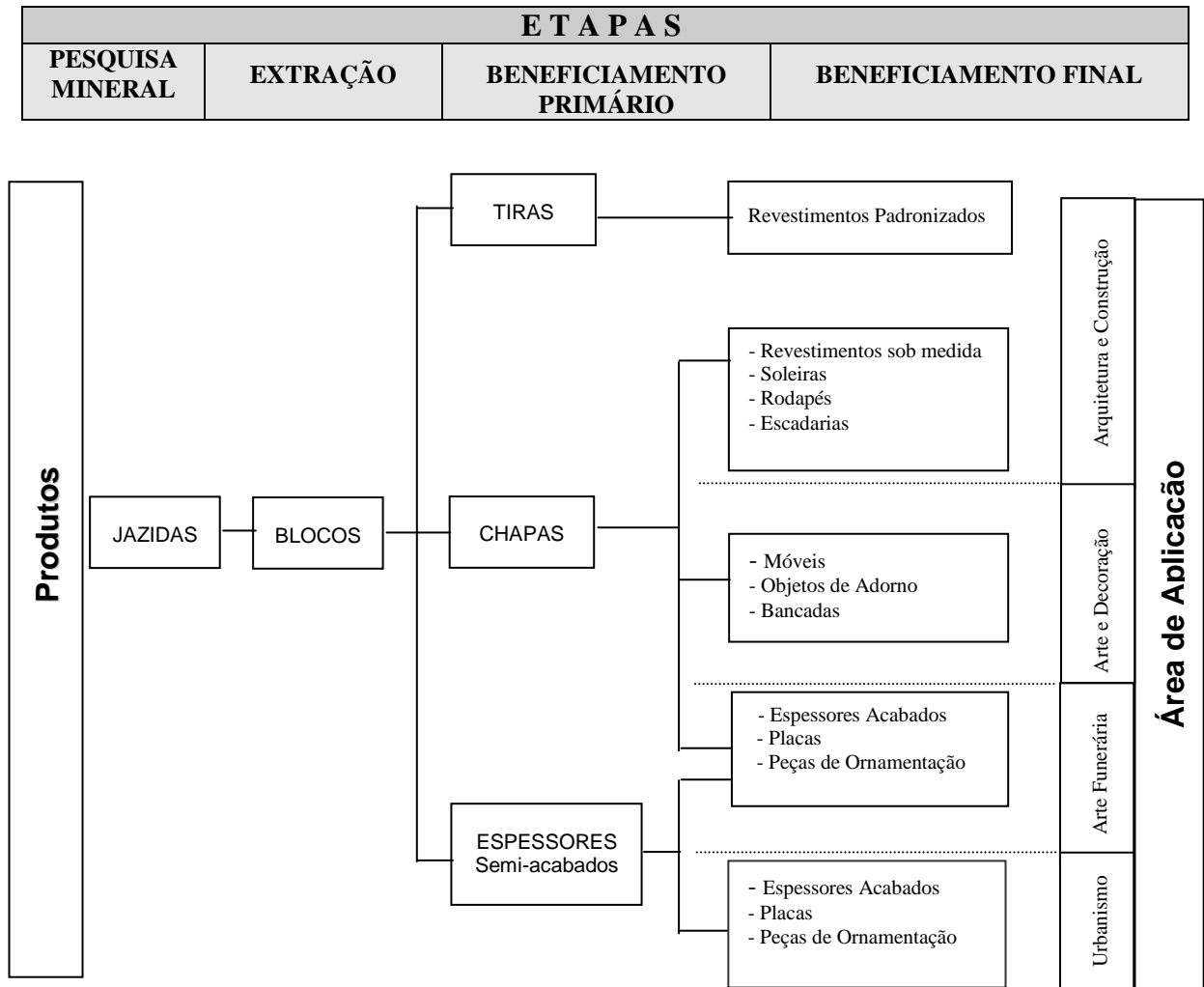


Figura 1 – Fluxograma esquemático do setor, com os principais produtos dos segmentos do ciclo de produção de rochas ornamentais.

Fonte: Peiter *et al.* (2001).

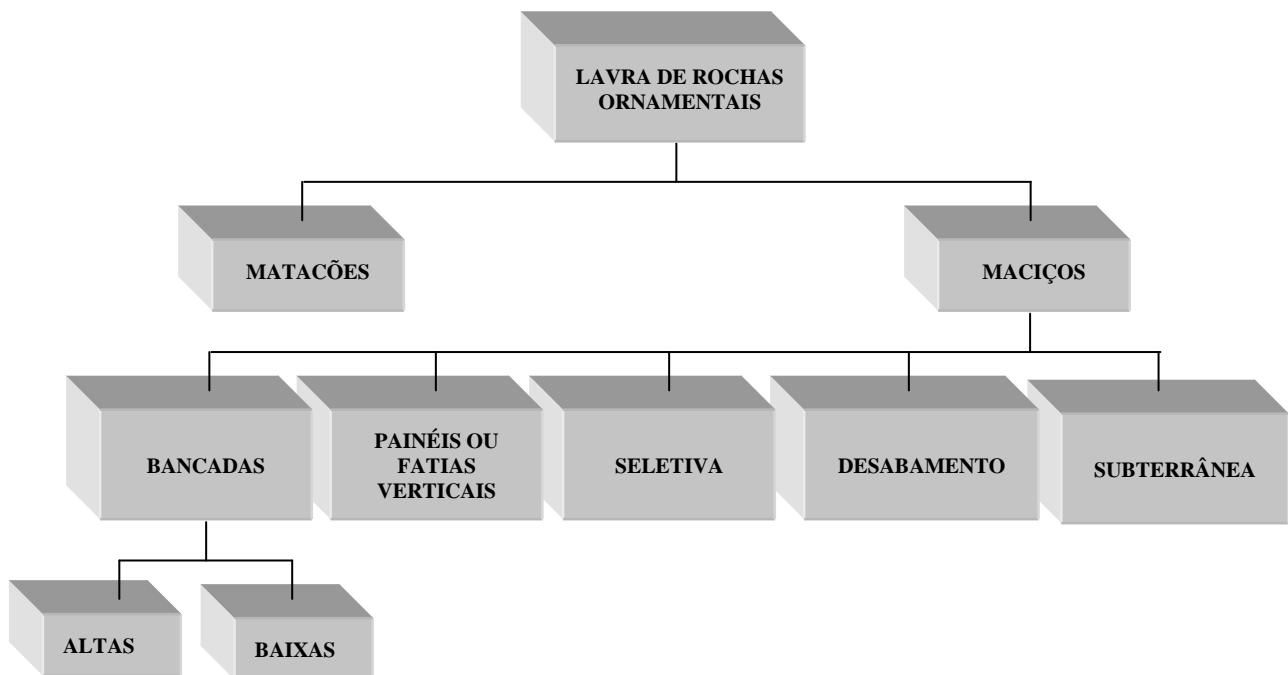
• Métodos de lavra

Segundo Vidal (1995), os métodos de lavra das rochas apresentam, muitas vezes, diferenciações de rendimento e eficiência em virtude de aplicação de tecnologias inadequadas às condições geológicas e estruturais, acarretando, com isso, variações acentuadas nos custos operacionais da extração. A Figura 2 apresenta os diferentes métodos de lavra para desmonte de blocos de rochas ornamentais.

Segundo Roberto (1998), as rochas ornamentais ocorrem sob a forma de matacões e maciços rochosos. Os matacões são originados a partir de maciços rochosos devido a fraturamentos de origem tectônica, do alívio de pressão ou, ainda, devido à alternância de dias quentes e noites frias ao longo de milhões de anos. Essa alternância vai provocando dilatações e contrações nos minerais existentes na rocha, levando-a a se partirem em blocos com tamanhos e formas variadas. A ação dos agentes intempéricos e a erosão terminam por rolar estes blocos encostas abaixo, aglutinando-os nas encostas e no sopé das serras.

De acordo com Vidal e Coelho (2003), a lavra de rochas ornamentais, a partir de matacões, tem custo inicial mais barato. Porém, a médio e longo prazo, torna-se mais onerosa. Isso se deve à baixa produtividade, alto índice de rejeito gerado, falta de homogeneidade, grau de alterabilidade em virtude de ação maior dos agentes intempéricos na rocha e aos constantes trabalhos de limpeza e adequação do local para as etapas de exploração dos blocos, tendo em vista que cada matacão corresponde a uma frente de lavra. Outro fator que, muitas vezes interfere na produção e qualidade da exploração de matacões é que não se pode utilizar tecnologias modernas, as quais se adequariam melhor às condições geológicas estruturais das áreas.

Já a extração em maciços rochosos possibilita a obtenção de um material de melhor qualidade, os blocos podem ser mais bem esquadrejados, a produção é mais elevada, o índice de recuperação da área é maior e a frente de lavra geralmente é fixa, possibilitando um avanço planejado e o uso de tecnologias avançadas, reduzindo custos de produção.



• Tecnologias de lavra

Segundo Vidal (1999), a melhor escolha para a execução baseada nas operações que integram os ciclos operacionais da tecnologia de lavra é em função do tipo de morfologia da jazida, de suas reservas, das características mineralógicas, petrográficas e estruturais da rocha, da infra-estrutura local existente e do valor do mercado do bem mineral.

De acordo com Ciccu e Vidal (1999), as tecnologias denominadas como tradicionais podem ser divididas em dois grupos principais: tecnologias cíclicas e tecnologias de corte contínuo, incluindo as tecnologias avançadas de corte. As Figuras 3 e 4 apresentam as tecnologias de lavra utilizadas (tecnologias cíclicas e de corte contínuo).

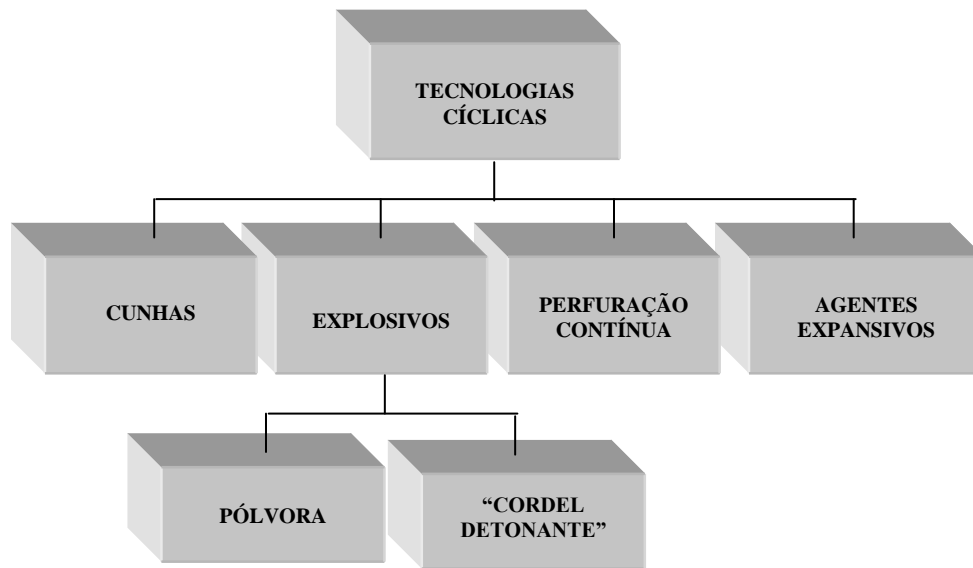


Figura 3 – Tecnologias cíclicas de lavra para rochas ornamentais.

Fonte: Roberto (1998)

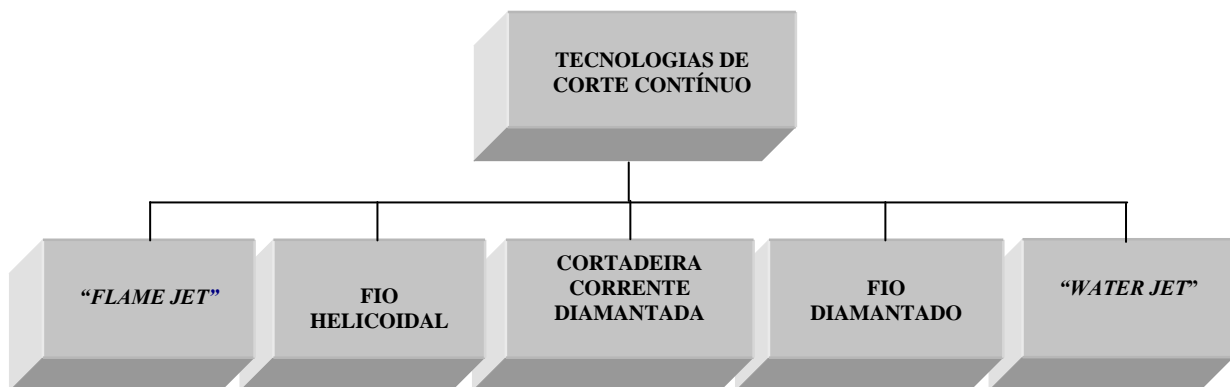


Figura 4 – Tecnologias em corte contínuo de lavra para rochas ornamentais.

Fonte: Roberto (1998)

Segundo Vidal (1995), no período compreendido entre 1991-1994, o método adotado na extração dos granitos do Ceará baseava-se predominantemente, na lavra de matacões, praticamente soltos com dimensões que variavam entre 10m³ e 100m³, sem estudo técnico mais detalhado. Utilizavam-se explosivos (pólvora negra ou cordel), sem controle na carga e grande espaçamento entre furos. Trata-se de um método aparentemente econômico, mas a recuperação da lavra é extremamente baixa (menor que 30%), além de necessitar de grandes áreas “bota-fora”.

De acordo com Vidal (1999), no caso da lavra dos maciços, iniciada a partir de 1994, a situação era idêntica e não havia uma escolha adequada do método/ tecnologia de lavra a ser empregado. A partir de 1995 foi intensificada a extração em maciços rochosos, utilizando as técnicas de cortes laterais com *flame-jet* para abertura da frente de lavra e, a seguir, o desmonte do painel através de técnica de perfuração e explosivo (cordel detonante).



Figura 5 - (A) Pedreira do granito Branco Ceará.

Segundo Vidal (2001), com a exigência e crescimento da demanda de granito, em difusão na década de 90, com emprego de tecnologias avançadas de corte, foram colocadas em evidência as vantagens da recuperação de lavra e da preservação do meio ambiente. O empresário da mineração no Ceará, principalmente aqueles ávidos de conhecimentos de novas tecnologias, começou a empregar, em alguns casos, o fio diamantado como a solução alternativa para as jazidas de granito.

De acordo com Vidal (2001), a tecnologia do fio diamantado, em comparação com as tecnologias tradicionais utilizadas no Estado do Ceará, especialmente nos granitos, apresenta vantagens indiscutíveis, tais como: aumento na recuperação e melhor qualidade do produto pela regularidade geométrica do corte, da redução dos danos no material e diminuição dos efeitos causados pelo uso de explosivos nas rochas sensíveis às detonações. As Figuras 5A e 5B mostram fotos das frentes de lavra das pedreiras dos granitos Branco Ceará e Rosa Iracema da região NNW do Estado.



Figura 5 - (B) Pedreira do granito Rosa Iracema.

Segundo Vidal e Padilha (2003), o método de lavra usado na região de Nova Olinda e Santana do Cariri para exploração do calcário laminado é desenvolvido a céu aberto de forma seletiva. A geometria de cada frente fica condicionada (empiricamente) a zonas de capeamento, segundo as unidades estratigráficas de classificação das rochas. A técnica de lavra utilizada, em sua grande maioria, é conduzida sem nenhuma mecanização, de forma manual, para a produção de placas e posterior esquadreamento do ladrilho



Figura 6 - (A) Método de lavra manual.

visando seu uso *in natura* como piso e revestimento, na construção civil com o nome de Pedra Cariri (Figura 6 A.)

Existe, ainda, um tipo de lavra semimecanizada, onde talhadeira manual é substituída por máquina de corte móvel, geralmente elétrica, com disco diamantado. A profundidade de corte aumenta em função do diâmetro do disco, que varia de 350mm a 500mm. No entanto, a placa obtida não ultrapassa a espessura de 18cm (Figura 6B).



(B) Método de lavra semimecanizado.

A operação posterior à etapa de lavra é o beneficiamento (esquadreamento das placas de rochas), executado nas serrarias, por máquina de corte do tipo bandeira (Figura 7).

Os tipos de produtos obtidos e comercializados são: a laje almofada (sem esquadreamento), a própria laje com tamanho e espessura variada, a laje rachada (várias espessuras e tamanhos), o ladrilho bruto esquadrejado nos tamanhos 50x50cm, 40x40cm, 30x30cm, 20x20cm, 15x30cm, etc.



Figura 7 - Máquina de Corte.

• Tecnologias de beneficiamento

Existem, basicamente, três tecnologias de beneficiamento primário para a serragem ou desdobramento de bloco em peças de dimensões mais aproximadas daquelas que terão os produtos finais: serragem ou desdobramento com tear de lâminas, talha-blocos de discos diamantados e com tear de fios diamantados (multifios). Cada uma dessas tecnologias apresenta variedade própria de equipamentos, seguindo diversos princípios de funcionamento e variações construtivas que o identificam individualmente.

O processo de serragem com tear de lâminas é o mais utilizado no Ceará e no resto do país, devido à predominância de rochas graníticas se comparadas ao número de rochas carbonáticas. As Figuras 8A e 8B apresentam as fotos de um tear com a estrutura de sustentação e um fluxograma esquemático das operações de serragem (Vidal 2003).

Segundo Sampaio *et al.*(2001), o setor de beneficiamento de rochas ornamentais do Ceará dispõe de um parque industrial moderno, considerado o de maior capacidade instalado no Nordeste. É composto, na sua maioria, por indústrias de grande porte, destacando-se a GRANOS e IMARF como responsáveis por, aproximadamente, 60% da produção cearense de chapas e ladrilhos. Estas empresas dispõem de equipamentos de tecnologias compatíveis com as concorrentes, estabelecidas em outros estados brasileiros.

O segmento industrial do Estado é constituído de 40 teares convencionais (SIMEF, MGM, BM e BRETON) e 13 talha-blocos de tecnologia avançada (BERNART SAULIERE, HENSEL e FIRENZE), atualmente todos em funcionamento.

A Tabela 2 apresenta a distribuição por empresas de teares e talha-blocos, bem como suas respectivas produções.

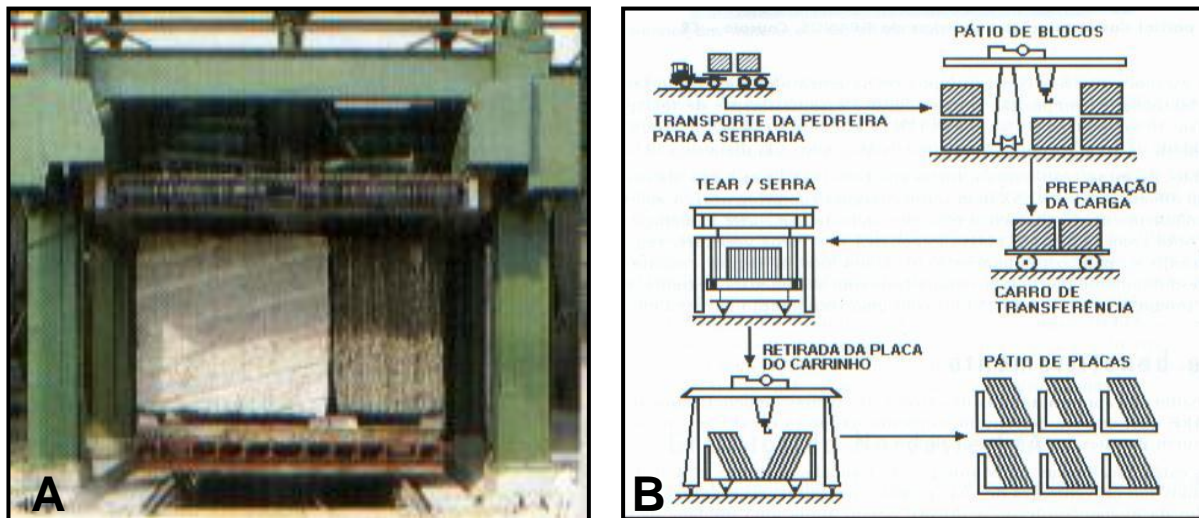


Figura 8 – (A) Tear com a estrutura de sustentação.

Figura 8 – (B) Fluxograma esquemático das operações de serragem.

Fonte: Vidal (2003)

Tabela 2 - Distribuição de teares e talha-blocos em operação e produção mensal – 2003.

Empresa	Município	Teares **	Talha-Blocos **	Origem		Produção mensal (m ²) *
				Nacional	Importado	
Imarf	Caucaia	02			02	18.000
Granos	Caucaia	10		09	01	25.000
Multigran	Caucaia	02		02		4.000
Capivara	Horizonte		03		03	5.000
Litominas	Horizonte		03	03		5.000
Granistone	Horizonte		05	05		4.000
Monte	Horizonte		01	01		4.000
Cigrama	Maracanaú	06	01	06	01	11.000
Imarf	Maracanaú	02		02		4.000
Inbrasma	Sobral	10		10		10.000
Rochetec	Aquiraz	04		04		6.000
St Rochas	Aquiraz	02		02		4.000
Grantec	Fortaleza	02		02		4.000
Total	-	40	13	46	07	104.000

* estimada

** dados referentes a teares e talha-blocos de médio e grande porte

Fonte: Pesquisa de campo atualizada até 31/03/04.

De acordo com Vidal (2003), normalmente as grandes indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais produzem ladrilhos de tamanhos-padrões de 47,5 x 47,5 cm e 40 x 40 cm com espessura que varia de 15 a 20 mm, para atender o mercado externo e interno. Estas indústrias são constituídas, na grande maioria, de teares que requerem blocos em tamanhos-padrões para melhor produtividade e rendimento na etapa de serragem. Resulta, então, um acúmulo excessivo de blocos de tamanhos variados, a princípio rejeitados e empilhados nos pátios das pedreiras. No entanto, apresenta-se como alternativa a utilização de talha-blocos para a produção de pisos e revestimentos, a partir destes blocos fora de padrão. Como exemplo deste tipo de indústria, destaca-se, no Ceará, a CAPIVARA, localizada no município de Horizonte, distante 40 km de Fortaleza. Esta indústria possui 3 talha-blocos de fabricação BERNART SAULIERE, com capacidade instalada de 5.000 m²/mês de ladrilhos. Os talha-blocos estão preparados para receber pequenos blocos de tamanhos

variados, em forma de prisma, podendo serrar blocos de até 2,90 m de comprimento, com largura mínima de 0,45 m e altura máxima de 1,20 m. Assim, são produzidas tiras de 2,90 m de comprimento com espessura de 10 mm. Posteriormente, passam pelo processo de polimento e corte para a obtenção dos ladrilhos.

• Serragem

Os blocos provenientes das pedreiras são selecionados e enviados para a indústria de beneficiamento, onde é realizado o desdobramento em chapas semi-acabadas. A serragem é efetuada por equipamento denominado tear mecânico, conforme mostram as Figuras 8A e 8B. O tear é constituído por uma estrutura de sustentação formada por quatro colunas que suportam um conjunto de lâminas, dispostas no sentido longitudinal do bloco, que realiza um movimento pendular. As lâminas são tensionadas durante toda a operação, para manter o nivelamento,

alinhamento e paralelismo entre si. O processo de corte ocorre pela movimentação das lâminas pressionadas contra a rocha, promovendo, assim, o atrito com a mistura abrasiva no bloco rochoso e, por conseguinte, o seu desgaste. Nos teares de lâminas de aço, o principal elemento abrasivo é a granalha metálica que, junto à água, cal hidratada e partículas minerais provenientes da própria rocha, formam uma polpa ou lama abrasiva. Essa polpa abrasiva é bombeada do poço de coleta de lama, situado abaixo do tear, para um hidrociclone com diâmetro de 54 mm (operando com $d_{50} = 425 \mu\text{m}$). A fração grossa retorna continuamente, na forma de lama, através de um distribuidor de polpa (chuveiro) sobre o bloco a ser serrado. A fração fina do hidrociclone constitui o rejeito final do processo de serragem, depositado na barragem de rejeito.

O processo de serragem pode ser dividido nas seguintes etapas: preparação da carga, carregamento do tear, laminação, composição dos insumos (granalha e cal) e finos de serragem (pó de pedra), descarregamento do tear.

A preparação da carga consiste numa série de operações necessárias para a seleção, colocação e fixação do bloco a ser desdobrado em chapas sobre o carro porta-bloco. Estas operações são:

- Interpretação da ordem de produção.
- Escolha e seleção dos blocos:
 - medidas do bloco;
 - verificação do padrão do material; verificação do esquadrejamento do bloco;
 - verificação de defeitos no bloco.
- Preparação do carro porta-bloco:
 - limpeza e lubrificação.
- Colocação do bloco no carro porta-bloco.
- Inspeção e cimentação.

O carregamento do tear consiste na transferência do carro porta-bloco da

posição externa para o interior do tear e sua fixação.

A laminação é constituída de um grupo de operações relacionadas com a colocação de lâminas de aço utilizadas nos teares (quadro de lâminas) para a serragem dos blocos.

A composição dos insumos (granalha e cal) que se misturam com a água e os resíduos finos de serragem (pó de pedra) compõe uma mistura abrasiva (polpa ou lama abrasiva).

O descarregamento do tear consiste em várias operações das quais se destacam: levantamento do quadro porta-lâminas, lavagem e escoramento das chapas, retirada do carrinho e lavagem/limpeza do tear.

As chapas, após serem serradas, seguem para a etapa de acabamento superficial onde se apresentam com rugosidade na superfície proveniente do processo de desdobramento. Os principais tipos de acabamento superficiais estão relacionados a seguir, com suas finalidades.

• Levigamento

Parte do processo destinada a eliminar irregularidades e rugosidades da superfície das chapas geradas ao longo do processo de serragem. Nesta etapa são utilizados elementos abrasivos de grãos grossos com dureza maior que a rocha e de grande poder de desbaste, resultando, assim, em superfície plana e de espessura regular. O processo é a úmido e a água tem a função de refrigerar os equipamentos e remover os resíduos gerados no levigamento.

• Polimento

O processo de polimento confere o brilho à superfície da rocha e consiste na abrasão da superfície, por meio do atrito de constituintes abrasivos de dureza superior aos minerais presentes na rocha.

Dessa forma, o polimento é obtido através do fechamento dos poros deixados durante o levigamento, produzindo uma superfície espelhada que irá exibir, de forma mais intensa, o brilho desejado da rocha. O abrasivo, mais utilizado no polimento, é o carbetto de silício, usado em diferentes granulometrias (fina a extrafina) e formas cristalográficas, aglomerados de tipos e geometrias distintas. No processo de polimento também é utilizada bastante água para auxiliar no brilho e refrigerar os equipamentos.

• Flameamento

O flameamento é resultado do processo de acabamento da superfície da chapa bruta, utilizando água e maçarico de chama com alta pressão e temperatura da ordem de 1.500°C sobre a superfície, obtida com a mistura de oxigênio e acetileno. O choque térmico dos grãos minerais provoca uma descamação da superfície que confere bons resultados quando o material contém sílica (quartzo), a exemplo de granitos em geral.

• Apicoamento

Esse processo consiste em criar uma superfície com aparência encrespada, através da operação básica de “martelamento” regular e repetido sobre a superfície da chapa com a ferramenta especial, fazendo com que o impacto da ferramenta sobre a chapa retire pequenos fragmentos, obtendo-se, assim, uma superfície áspera.

• Corte Longitudinal/Transversal

O processo de corte é constituído basicamente de máquinas que cortam as chapas polidas, primeiro em tiras longitudinais e, em seguida, transversalmente, dando origem, assim, ao produto acabado, o ladrilho. As grandes empresas possuem ainda unidades automáticas que calibram os ladrilhos, deixando-os com espessuras uniformes e bem acabados.

Após a etapa de acabamento superficial, as chapas são transportadas de duas maneiras: em posição vertical, com auxílio de cavaletes, ou horizontalmente, intercaladas com massa de gesso. Em ambos os casos, as chapas são devidamente presas ao veículo transportador.

Os ladrilhos são acondicionados em caixas de madeira ou papelão, com proteção às suas extremidades. Caminhões comuns transportam o produto final até o mercado consumidor.

• Dados Operacionais

A capacidade nominal da serraria da GRANOS é cerca de 25.000 m²/mês. A capacidade da IMARF é superior, somando-se 18.000 m²/mês da unidade de Sobral (Inbrasma), com 10.000 m²/mês da unidade de Caucaia e mais 4.000m²/mês da unidade de Maracanaú. (Tabela 2). As politrizes possuem capacidade nominal de 45 a 60 m²/h, com produção também de 25.000 m²/mês por empresa. A linha de corte automático, com capacidade de 75 m²/h, atende a necessidade da empresa, considerando uma demanda de 45% de ladrilhos e 55% de chapas. A linha de flameamento, por sua vez, tem capacidade de até 20 m²/h por unidade.

A água constitui um dos insumos de elevada importância no processo de beneficiamento, por ser um produto escasso na região. Por esse motivo, a empresa recupera cerca de 85% da água utilizada no processo. A captação d'água é feita de poços profundos e açude. O sistema de abastecimento d'água é realizado por meio de bombas com capacidade de 100 m³/h. O consumo de água nova no processo atinge cerca de 180 m³/dia. A serragem é a etapa do processo com maior consumo energético, sendo responsável por 60% do consumo mensal de energia elétrica da fábrica. Em cada unidade se consome até 180.000 kWh/mês. O consumo por metro quadrado de chapas serradas atinge 8,7 kWh/m².

O controle de qualidade está presente no processo produtivo, desde a extração do bloco, ao acondicionamento dos ladrilhos e das chapas, para expedição. Na extração verifica-se a incidência de fraturas, trincas e imperfeições estéticas e geométricas do bloco. Na etapa de serragem, atenta-se para a qualidade da superfície serrada, fator essencial para um bom polimento. Um medidor automático de brilho permite o controle de chapas polidas. No final da linha de corte, separam-se os ladrilhos fora das especificações, ou seja, aqueles que apresentem extremidades quebradas, riscos, trincas e manchas.

• Marmoraria

Segundo Sales (2003), apesar de apresentar um relativo grau de diversificação em sua linha produtiva, as marmorarias tendem a se especializar no atendimento a demanda por rocha ornamental em produtos específicos, para unidades residenciais individuais ou trabalhos que requeiram acabamentos mais elaborados. No Estado do Ceará existem cerca de 120 marmorarias, com sua produção em sua maioria, voltada para o mercado interno, produzindo, em geral, peças sob medida, como:

- Ladrilhos para revestimento, pavimentação e escadas;
- Tiras (peitoril, soleira, rodapé, rodameio, filetes, contramarco etc.);

- Bancadas (tampos de pia e mesa, balcões); e
- Outros: lápides, divisórias, móveis, etc.

Atualmente, a realidade do setor de marmoraria é bastante distinta, já que o processo produtivo (beneficiamento final) está restrito a serviços de pequena monta, normalmente para obras de pequeno e médio porte, onde os serviços ainda são de menor complexidade e volume.

A Figura 9 apresenta um fluxograma esquemático dos processos operacionais na marmoraria.

Ressalva-se que nem sempre se reproduz nas empresas que realizam o beneficiamento final exatamente o fluxograma-modelo apresentado na Figura 9. Podem ocorrer variações em função da disponibilidade de recursos tecnológicos que permitam a supressão de etapas ou fusão de outras, sobretudo nas de acabamento superficial e borda. Na produção de padronizados (ladrilhos e revestimento interno e externo), o processo apresenta algumas diferenças em relação ao modelo citado.

De um modo geral, as etapas do processo produtivo na marmoraria podem ser realizadas conforme apresentadas na Figura 9.

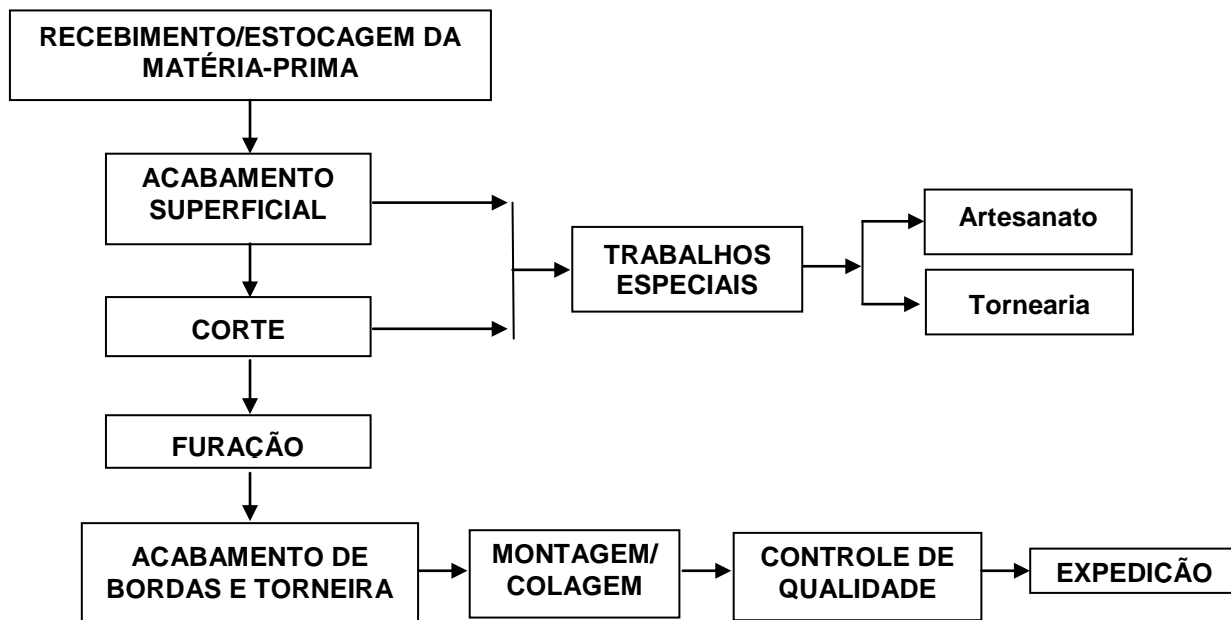


Figura 9 – Fluxograma esquemático dos processos operacionais na marmoraria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, C.R.A.; CARANASSIOS, A.; CARVALHO, D. **Tecnologias de lavra e beneficiamento: estudo econômico sobre rochas ornamentais**. Fortaleza: Instituto Euvaldo Lodi, 1996. v.3, 225p.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário mineral**. Brasília, 2005.

BRAZ PEREIRA, E.; AMARAL, M. **Situação atual do setor de rochas ornamentais do nordeste**. Fortaleza: Instituto Euvaldo Lodi, 1997. v.5, 149p.

CAVALCANTE, J.C.; VASCONCELOS, A.M.; GOMES, F.E.M. **Mapa geológico do Estado do Ceará**, escala 1.500.000. Fortaleza: CPRM/MME/ Governo do Estado do Ceará, 2003. Mapa color.

CEARÁ. Governo do Estado do Ceará. **Catálogo de rochas ornamentais do Ceará**. Fortaleza: SECITECE/ UNCAP, 2002. CD-ROM.

CHIODI FILHO, C. Balanço das exportações 2004: Novo recorde histórico de crescimento. **Pedras do Brasil**, Espírito Santo, n. 35, p. 56-58, fev. 2005.

CHIODI FILHO, C. Balanço das exportações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento no primeiro semestre de 2004. **Pedras do Brasil**, Espírito Santo, n. 29, p. 50-61, ago. 2004.

CICCU, R.; VIDAL, F.W.H. **Curso de especialização em tecnologia de extração e beneficiamento de rochas ornamentais**. Fortaleza: [s. n.], 1999. 71p. Apostila.

MELO, K, E V.; CASTRO, L, M. **Avaliação econômica dos granitos do Estado do Ceará**. Fortaleza: CEMINAS/SIC, 1989.114p.

MORAIS, J.O. *et al.* **Rochas industriais: pesquisa geológica, exploração, beneficiamento e impactos ambientais**, Fortaleza: SECITECE/ FUNCAP, 2003. 514p.

MORAIS, J.O. *et al.* **Rochas ornamentais do Estado do Ceará – Brasil**. Fortaleza: UECE/ FUNCAP, 2004. 127p.

PEITER, C.C. *et al.* **Rochas Ornamentais no Século XXI: bases para uma**

política de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras. Rio de Janeiro: CETEM/ ABIROCHAS, 2001. 160p.

ROBERTO, Fernando Antônio da Costa. **Rochas ornamentais do Ceará.** Geologia, lavra, beneficiamento e mercado. 1998. 225 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará. Departamento de Geologia, Fortaleza. 1998.

SALES, F.A.C.B. Marmorarias do Ceará: dificuldades e limitações do setor. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 4., 2003, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: CETEM/MCT, 2003. p.307-323.

SAMPAIO, J. A. *et al.* **Usinas de beneficiamento de minérios do Brasil: Granitos Granstone/ Imarf/ Granos.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. p.163-172.

VIDAL, F.W.H. **A indústria extrativa de rochas ornamentais no Ceará.** 1995. 178p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas. São Paulo. 1995,

VIDAL, F.W.H. **Estudo do elemento abrasivo do fio diamantado na lavra de granito do Ceará.** 1999. 173p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas. São Paulo. 1999.

_____. Avaliação de granitos ornamentais do nordeste através de suas características tecnológicas. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 3., 2002. Recife. **Anais...** Recife: CETEM/MCT, 2003. p.67-74.

VIDAL, F.W.H. Aproveitamento de rejeitos de rochas ornamentais e de revestimentos. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 4, 2003, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza: CETEM/MCT, 2003, p.221-229.

_____. Estudo do elemento abrasivo do fio diamantado na lavra de granito do Ceará. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 2., 2001, Salvador. **Anais...** Salvador: CETEM/MCT, 2001. p. 65-71.

VIDAL, F.W.H; BESSA, M. F., LIMA, M. A. B. Caracterização tecnológica de rochas ornamentais do Ceará. In: CONGRESSO ITALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE MINAS, 4., 1996. Canela, RS. **Anais...** Canela, RS: Revista da Escola de Engenharia, UFRGS, 1996. p.174-183.

_____. **Avaliação de rochas ornamentais do Ceará através de suas características Tecnológicas.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 1999. 30p. (Série Tecnologia Mineral nº 74)

VIDAL, F.W.H.; COELHO, A. A. M. Métodos e tecnologias de lavra para melhoria da qualidade e produtividade dos blocos de granitos no Ceará. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 4., 2003, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: CETEM/ MCT, 2003. p.180-188.

VIDAL, F.W.H; PADILHA, M.W.M. A indústria extrativa da pedra Cariri no Estado do Ceará: problemas x soluções. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 4., 2003, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: CETEM/ MCT, 2003. p.199-210.

VIDAL, F.W,H; ROBERTO, F.A. COSTA. Rochas ornamentais do Ceará: geologia e caracterização tecnológica. In: SEMINÁRIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 1., 1998, Olinda, PE. **Anais...** Olinda, PE: CPRM, 1998. p.101-109.

VIDAL, F.W,H; ROBERTO, F.A. COSTA. **Avanços e transferência tecnológica em rocha ornamental: Rochas Ornamentais do Estado do Ceará.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. p.93-106. (Série Rochas e Minerais Industriais, nº 4).

ROCHAS CARBONÁTICAS

JOSÉ FERREIRA DE SOUSA¹
FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL²

As rochas carbonáticas ocupam, numa visão global, um expressivo volume da crosta terrestre. De maneira geral, pode-se dizer que essas rochas estão presentes nas diversas unidades litoestratigráficas que compõem a história geológica da Terra, registrando episódios de sedimentação (litogênese) química e bioquímica acontecidos desde os tempos mais antigos (Arqueano > 2.5 Ga) até os mais novos (Quaternário < 1.75 Ma). Sua representatividade nos espaços ocupados por rochas sedimentares e metamórficas (metassedimentares) aflorantes, chega a oscilar entre 10 a 15%. Tal fato geológico pode ser constatado em território brasileiro, onde acontecem extensas áreas marcadas por importantes reservas cubadas de rochas carbonáticas, especialmente metamorizadas e de idades proterozóicas (540 Ma a 2.5 Ga).

De tipologia estratiforme, os seus depósitos oscilam de extensas e espessas camadas até lentes de dimensões métricas a quilométricas, encaixadas em formações sedimentares e metamórficas, revestindo-se de um grande significado estratégico e econômico por serem importantes reservatórios de água e petróleo, além de hospedarem mineralizações de chumbo (Pb), de zinco (Zn) e fosfatos uraníferos.

Apresentam como componentes mineralógicos essenciais a calcita e a dolomita, ocorrendo em diferentes proporções e promovendo a classificação de calcários (carbonatos > 50%), onde há predomínio da calcita (CaCO_3), e dolomitos, onde há predomínio da dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]. Também, associados e em nível acessório (baixa a muito baixa porcentagem), podem

ocorrer outros carbonatos tais como a siderita (FeCO_3), ankerita [$\text{Ca}(\text{Mg,Fe,Mn})(\text{CO}_3)_2$]; ankerita normal – [$\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)_4$] e magnesita (MgCO_3). A magnesita é geralmente encontrada associada a dolomitos ou a calcários com zona de dolomitização, como é o caso no Brasil. A aragonita, com formulação química igual a da calcita, ocorre apenas em sedimentos carbonatados recentes, junto com a calcita e com a dolomita subordinada. Sendo metaestável, a aragonita altera-se com o tempo para calcita, que é sua polimorfa.

Em termos da distribuição das rochas carbonáticas no Brasil, todos os estados nordestinos ostentam importantes ocorrências, depósitos e jazidas. Nesse cenário, merecem realce os estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia, em virtude de, sozinhos, deterem 80% das reservas da região. Alguns dispõem de imensas jazidas de calcário sedimentar e outros de calcário cristalino (metamórfico), além daqueles que encerram ambas as tipologias.

No Estado do Ceará, essas rochas (representadas por calcários, dolomitos, margas, mármore e magnesita, etc.) estão presentes, por vezes intensa e extensivamente, nas diversas unidades estratigráficas, desde terrenos metamórficos pré-cambrianos (arqueano-proterozóicos) até sedimentos recentes. No geral, exibem perfis variados, tanto no que tange aos arranjos geométricos dos depósitos quanto aos indicadores composicionais, texturais, colorimétricos e granulométricos, constituindo-se uma matéria-prima mineral com destacada utilização na indústria de transformação e de cargas.

¹ Especialista em Valorização Mineral e Pesquisador da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP

² Doutor em Engenharia de Minas e Pesquisador do Centro de Tecnologia Mineral - CETEM

MODO DE OCORRÊNCIA

O Estado do Ceará é constituído predominantemente de rochas cristalinas, ígneas e metamórficas, de idades pré-cambrianas (arqueano-proterozóicas), cujas unidades litoestratigráficas portadoras de rochas carbonáticas (corpos/depósitos lenticulares e/ou estratiformes), são inseridas em quatro associações litológicas fundamentais, em ordem decrescente de expressividade real:

➤ *Associação Gnáissico-Migmatítica* (gnaiesses orto e paraderivados e migmatitos de estruturas diversas), com intercalações de anfíbolitos, xistos, calcários cristalinos, quartzitos ferríferos, ou não, e em baixa porcentagem, metaultrabasitas (xistos magnesianos, pró-parte).

➤ *Associação Gnáissico-Xisto-Quartzítica* (gnaiesses de derivação sedimentar dominantes, xistos quartzitos e calcários cristalinos subordinados), com raras lentes anfíbolíticas e rochas calcissilicáticas próximas ou ligadas aos corpos de metacalcários, rochas incluídas na *Unidade Independência* ou *Itataia do Complexo Ceará*. Seus principais depósitos encontram-se, principalmente, entre os municípios de Independência, Itatira, Santa Quitéria e Canindé, representados predominantemente por (meta) calcários dolomíticos e (meta) dolomitos, de tonalidades cinzentas e esbranquiçadas, por vezes associados a rochas calcissilicáticas, sendo encaixados em paragnaisses (relação dominante), micaxistos ou quartzitos, com indicadores de metamorfismo na fácies anfíbolito e fusão parcial (lentes e veios graníticos). Na região Itatira-Santa Quitéria, a formação carbonática encerra depósitos/ jazidas uranofosfáticas (Itataia). Os carbonatos da região de Redenção-Acarape-Aracoiaba estão sendo lavrados para fins diversos, tais como: cargas industriais, tintas, corretivos de solo, aditivos de asfalto, etc. Importantes depósitos são encon-

trados no sudoeste de Arneiroz e Antonina do Norte. (Figura 1- M3, M4, M7, M8, M9 e M10.).

➤ *Associação Xisto-Quartzito-Carbonática* (fácies xisto verde a anfíbolito), representada por micaxistos variados, filitos, metassiltitos, quartzitos, rochas carbonáticas (calcários, dolomitos e magnesitas), metavulcânicas ácidas a básicas e metaconglomerados, merecendo destaque os corpos de rochas carbonáticas do *Grupo Orós* entre as localidades de Alencar e Jucás, constituídos de importantes jazimentos de magnesita, encaixados em metassedimentos ou num conjunto metavulcanossedimentar. Somam-se, ainda, os depósitos lentiformes extensos de calcários da região de Farias Brito, intercalados em paragnaisses e micaxistos; (Figura 1- M1, M6, M11 e M12.).

➤ *Associação Filito/Ardósia-Quartzito/Metarenito-Carbonática* (rochas metamórficas oscilando do anquimetamorfismo ao fácies xisto verde), incluindo ardósias, filitos, metargilitos, metassiltitos, metarenitos ou quartzitos (em parte conglomeráticos), metamargas, calcários metamórficos/epimetamórficos da *Formação Frecheirinha*, aflorando em parte dos municípios de Sobral, Coreaú, Frecheirinha e Mocambo. Ocorrem em camadas compactas, suavemente dobradas e, localmente cisalhadas, exibindo intercalações eventuais de metamargas, metassiltitos e quartzitos escuros. Seu reconhecimento é feito tanto em afloramentos ao nível do solo como em escavações logo abaixo de um solo raso, em sítios de relevo quase plano ou em forma de chapadas. Corriqueiramente, são calcários de coloração escura, marcada por tonalidades preta, cinza-escuro e cinza-azulado; raramente creme e rosado (Figura 1 – M1). Com realce, nesse cenário, ocorrem inúmeros corpos ígneos plutônicos, de dimensões variadas. São constituídos, basicamente, de granitóides (secundados por gabróides, dioritos e gabros).

Ainda, no Estado do Ceará, em sobreposição ou limitados por falhas com essas rochas cristalinas, encontram-se os estratos não metamorfizados das bacias sedimentares Potiguar (extremo nordeste) e Araripe (extremo sul), onde as rochas carbonáticas se encontram amplamente representadas na constituição das *Formações Jandaíra e Santana*, respectivamente. A *Formação Jandaíra* (Grupo Apodi) é constituída de rochas carbonáticas, de idade cretácica, com afloramentos nos municípios de Jaguaruana, Quixeré, Russas, Limoeiro do Norte e Tabuleiro do Norte. As ocorrências de maior interesse, na Chapada do Apodi, são as camadas homogêneas e compactas, praticamente horizontais e contínuas, de grande potencial à exploração. Apresentam colorações claras, variando nas tonalidades creme, bege e amareladas (Figura 1 – S1). A *Formação Santana* (*Grupo Araripe*), de origem marinha/lacustre apresenta uma sequência sedimentar estratificada, quase horizontal, com siltitos argilosos, margas com concreções calcárias e bancos calcários, gipsita, calcários laminados, siltitos e folhelhos betuminosos, ocorre por quase toda a totalidade dos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri.

Nessas áreas, os calcários exibem estrutura acamadada ou laminada, intercalados/associados a margas e folhelhos, com estratificação horizontal a baixo ângulo e, geralmente, fossilíferos. Exibem tonalidades claras, incluindo a creme, bege, amarela e cinza (Figura 1 – S2). As formas e o modo de afloramento, isto é, a geometria dos depósitos das rochas carbonáticas encontram-se condicionados a fatores de ambientes sedimentares (petrogênese), tectônico-metamórfica e geomorfológico dos terrenos.

Numa visão geológica multitemática, sobretudo de cunho estratigráfico-sedimentológico, o território cearense exhibe indicadores positivos para que a iniciativa privada realize pesquisa mineral de detalhe, envolvendo trabalhos necessários e suficientes à definição de jazidas, sua avaliação e a determinação da exequibilidade do seu aproveitamento econômico (Figura 1 – Mapa das feições e estruturas geológicas).

ESPECIFICAÇÕES

Os minerais formadores das rochas carbonáticas são muitos. Mas no contexto geológico do Estado do Ceará, somente alguns deles são considerados estratégicos para a economia do Estado: a calcita - CaCO_3 , a dolomita - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, a magnesita- MgCO_3 e a aragonita - CaCO_3 . Esta última em menor quantidade. Também podem ocorrer, associados com outros carbonatos, a siderita (FeCO_3) e a ankerita [$\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)_4$].

A magnesita (MgCO_3) não foi contemplada na classificação porque não participa da série isomórfica Ca/Mg. É um mineral constituído de carbonato de magnésio anidro que, quando puro, contém 47,8% de MgO e 52,2% de CO_3 . Geralmente é explorada como fonte de óxido de magnésio. Em geral, contém quantidades variáveis de carbonatos, óxidos e silicatos de ferro, cálcio, manganês e alumínio e apresenta-se tanto sob a forma cristalina quanto criptocristalina. Na forma cristalina, possui dureza de 3,5 a 4,0 (escala Mohs), densidade 3,0, enquanto a magnesita criptocristalina possui dureza que varia de 3,5 a 5,0 (escala Mohs), densidade entre 2,9 e 3,0. Apresentam cores que variam do branco ao preto, com tonalidades diversas.

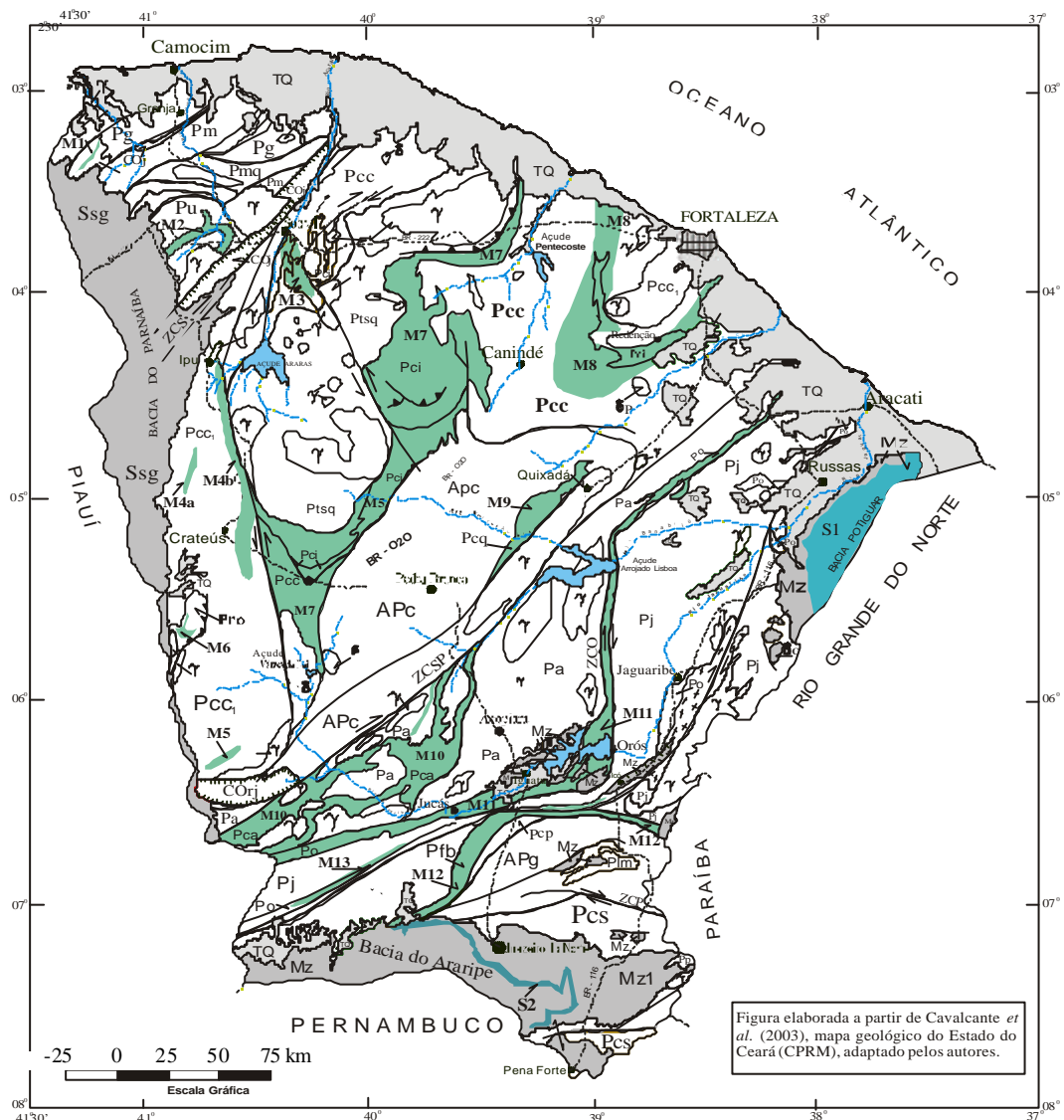


Figura elaborada a partir de Cavalcante *et al.* (2003), mapa geológico do Estado do Ceará (CPRM), adaptado pelos autores.

- | | | | |
|----------------------------------|--|---|--|
| CENOZÓICO | | Ptsq | Complexo Tamboril- Santa Quitéria |
| TQ | Grupo Barreiras e correlatos, depósitos aluviais diversos, dunas fixas e móveis. | Pc/Pa | Complexo Ceará (Pd - Unidade Independência, Pcc Unidade de Canindé em parte - Pcc1 - com importante % de γ Acopiara(Pa) e Jaguaratama (gnaisses e migmatitos dominantes). |
| MESOZÓICO | | Pj | Complexo Granja |
| Mz | Grupos Araripe, Vale do Cariri (Mz1 - área com rochas silurianas. Formação Mauriti não delimitada), Rio do Peixe, Apodí e correlatos. | ARQUEANO-PALEOPROTEROZÓICO (pré- 1,8 Ga) | |
| PALEOZÓICO (SILURIANO) | | ApC | Complexo Cruzeta (Pedra Branca) Apc |
| Ssg | Grupo Serra Grande. | ApG | Complexo Cruzeta Apc |
| PROTEROZÓICO-EOPALEOZÓICO | | Complexo Cruzeta Apc | |
| CO | Grupo Jaibaras (COj) e Rio Jucá (Corj). | Complexo Cruzeta Apc | |
| γ | Corpos/Complexos/Suites granitóides (preferencialmente neoproterozóico-cambriano). | Complexo Cruzeta Apc | |
| δ | Complexos/Suites básico-intermediários ou gabróides δ p - C. Pedra Lisa δ c - Canindezinho δ - Complexo Tauá granitóides e dioritos). | Complexo Cruzeta Apc | |
| P | Grupos Ubajara(Pu), Matinópolis(Pm, Pmq - quartzito dominante), Novo Oriente(Pno), Cachoeirinha (Pcs), Orós(Po); \times - zona com unidades ortognaissicas cronocorrelatas). Formações Lavras da Mangabeira(Plm), Caiquí(Pcp) e Farias Brito(Pfb). Pp - Complexo Piancó. | Complexo Cruzeta Apc | |
-
- | | | | |
|--|--|--|--|
| | Contato Geológico | | Falha Normal |
| | Zonas de cisalhamentos (ZC) direita e esquerda (S - Sobral - Pedro II, SP - Senador Pompeu, O - Orós, P - Patos) | | Zona de cisalhamento inversa ou de resultante oblíqua. |

M Área de rochas carbonáticas metassedimentares: M1 - Serra do Purgatório, M2 - Frecheirinha-Aprazível; M3 - Forquilha; M4a,b - Cratêus-Ipú; M5 - Miranda; M6 - Novo Oriente; M7 - Independência-Itaiaia-Umirim; M8 - Redenção-Aratuba-Catuaia; M9 - Quixeramobim; M10 - Arneiroz-Zorra; M11 - Orós; M12 - Farias Brito-Umari; M13 - Antonina do Norte. **S** Áreas de rochas carbonáticas sedimentares: S1 - Quixerê-Limoeiro; S2 - Nova Olinda-Barbalha.

Figura 1 – Principais Áreas Potenciais de Rochas Carbonáticas do Estado do Ceará.

Estudos realizados por Pettijohn (1957) e Bigarella (1956) subdividiram os calcários em função do conteúdo de MgO

(em %) em cinco grandes classes, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação das rochas carbonáticas em função do teor de MgO.

DENOMINAÇÃO DOS CALCÁRIOS	PETTIJOHN % MgO	BIGARELLA % MgO
Calcário calcítico	0,0 a 1,1	0,0 a 1,1
Calcário magnesiano	1,1 a 2,1	1,1 a 4,3.
Calcário dolomítico	2,1 a 10,8	4,3 a 10,5
Dolomito calcítico	10,8 a 19,5	10,5 a 19,1
Dolomito	19,5 a 21,7	19,1 a 22,0

Fonte: Pettijohn (1957) e Bigarella (1956)

Os calcários calcíticos e dolomíticos têm composição química bastante variada, nas proporções de CaCO_3 , MgCO_3 e

resíduo insolúvel, indo dos muito puros a impuros, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química de rochas carbonáticas do Ceará

PROCEDÊNCIA	CaCO_3 (%)	MgCO_3 (%)	R_2O_3 (%)	Insolúvel em HCl (%)
Chapada do Apodi	98,0	0,8	0,4	0,6
Formação Frecheirinha	69,1	1,8	9,2	19,8
Dolomito de Quixeramobim	74,2	19,4	0,7	5,6

Fonte: Carbomil S/A e Cia Cearense de Cimento Portland.

As propriedades físicas dos minerais carbonáticos são de difícil distinção entre si, por serem bastante semelhantes. No campo, um bom critério para diferenciar os calcários calcíticos dos dolomíticos, em nível de afloramentos, é pela reação da rocha com o ácido hidrocloreto. Os calcários calcíticos reagem ao ácido, enquanto os dolomíticos só vão reagir se forem moídos antes da adição do ácido.

A cor da rocha é uma importante propriedade e pode ser um bom guia para avaliar a sua pureza. Entretanto, esta propriedade deve ser utilizada com cautela, pois apenas pequenas porcentagens de impurezas podem produzir alterações significativas nas tonalidades.

As impurezas existentes nos calcários calcíticos ou dolomíticos adquirem

importância quando estes são destinados a certas aplicações industriais, por interferirem nas características físicas e químicas dos produtos fabricados. Estas rochas podem ter colorações variadas, desde branca até preta, podendo apresentar tonalidades cinza, verde, amarela e azulada.

RESERVAS

As reservas brasileiras de rochas carbonáticas, calcíticas e dolomíticas, disponíveis, ocorrem nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro além do litoral da região nordeste, onde merecem destaque os estados da Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará.

As jazidas cearenses mais significativas estão localizadas, principalmente, nos municípios de Quixeré, Limoeiro do Norte,

Redenção, Acarape, Sobral, Coreaú, Frecheirinha, Canindé, Farias Brito, Itataia, Boa Viagem, Iguatu, Jucás, Icó, Barbalha, Nova Olinda e Santana do Cariri, dentre outros.

Os principais depósitos/jazimentos ocorrem tanto em bacias sedimentares mesozóicas como em terrenos de rochas metamórficas (segmentos de derivação sedimentar), tais como:

- *Os calcários da Bacia Potiguar* (extremo nordeste do Ceará), relacionados à *Formação Jandaíra* de idade cretácica e com afloramentos nos municípios de Aracati (lagoa do Gurgel), Jaguaruana (Lajeiro e Fazenda Tocas), Quixeré (Lajedo do Mel), Limoeiro do Norte (km 60 da BR-404, Sucupira e Fazenda Santa Bernadete). Na região, os calcários apresentam-se em camadas praticamente horizontais contínuas com mergulho suave de 23° para oeste, coloração variando de branca à amarelada, dependendo da quantidade de argila no calcário, granulometria fina a média, com grãos de calcita recristalizada, e conteúdo de fósseis de lamelibrânquios, gastrópodes e eqüinóides. Atualmente, além das microempresas que lavram esses calcários e produzem a cal e a pedra de revestimento destaca-se a Carbomil Química S/A (Figura 2A), que produz matérias-primas para as indústrias de tintas, corretivos agrícolas e cargas industriais bem como a Mont Granito S/A, que explora o calcário como rocha ornamental e de revestimento.
- *Os calcários da Bacia do Araripe* (sul do Ceará), materializados na *Formação Santana*, de cronologia cretácea, têm

ocorrências exibindo intercalações de folhelhos, siltitos, margas e calcarenitos. Enquanto isto, a fácies argilo-síltica-evaporítica é composto de siltitos, folhelhos com concreções calcárias, com ou sem fósseis, margas e gipsitas. No município de Barbalha são conhecidos vários depósitos de calcários utilizados na fabricação de cimento Portland pela IBACIP – Indústria Barbalhense de Cimento Portland, do Grupo João Santos. A rocha explotada ocorre em camadas de espessuras variáveis, intercaladas por sedimentos argilosos e calcíferos, coloração cinza-clara e creme, sendo consistente e laminada. Já nos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri, os jazimentos carbonático são realçados por um relevo cárstico, formado por zonas escarpadas e pequenos vales. Nessa região, o calcário ocorre em pacotes espessos, com coloração creme, finamente laminado, granulação fina e fóssilífero. Apresentam-se em camadas subhorizontais, com mergulhos de valores baixos no sentido norte e mostrando continuidade lateral em cotas que oscilam entre 510 a 560 metros. São cortados por um pequeno vale que forma a bacia hidrográfica do rio Cariús na área do jazimento. A rocha é lavrada, por microempresas, na forma de lajes de calcário para a produção de ladrilhos de nome comercial Pedra Cariri, usados como revestimentos de pisos e paredes, bancadas, mesas e artesanato mineral. Atualmente, os rejeitos da lavra do calcário da Pedra Cariri são usados pela IBACIP para fabricação de cimento (Figura 2B)



Figura 2 – (A) Calcário da *Formação Jandaíra*.



(B) Calcário da *Formação Santana*.

- Os calcários epimetamórficos da *Formação Frecheirinha* (*Grupo Ubajara*, noroeste do Estado do Ceará) são geralmente acinzentados, escuros ou pretos, de granulação fina, podendo ser mais ou menos silicosos. Possuem vênulas de calcita, limonita e sílica. Por vezes, o calcário exibe intercalações de metamargas cinza-escuras calcíferas. Os mesmos, por suas enormes reservas, constituem o recurso mineral mais importante da região de Sobral. Grande parte desses calcários vêm sendo explorada pela Companhia Cearense de Cimento Portland (CCCP), em Sobral, para fabricação de cimento a partir da jazida localizada a 6 km a noroeste do povoado de Aprazível, em terras da Fazenda Chega e Volta, distante 30 km da fábrica.
- Os calcários cristalinos (*metamórficos*) do sítio *São Romão* localizam-se ao sul da cidade de Farias Brito e ocorrem em forma de duas megalentes, com direção/mergulho N50°E/60°SE. A primeira forma uma crista paralela à serra do Quincuncá, por uma extensão de, aproximadamente, 10 km e largura de 400 m, enquanto a segunda aflora numa extensão de 16 km e espessura de 300 m, que, provavelmente, se prolonga até o sul da cidade de Cariús, onde existem outros pequenos corpos de calcário cristalino (segundo o mesmo alinhamento estrutural).
- Os calcários cristalinos de *Redenção e Acarape* (proximidades meridionais da Região Metropolitana de Fortaleza) localizam-se ao longo das encostas da Serra do Frade e da Serra de Cantagalo, numa extensão superior a 10 km e largura média de 400 m. A geometria dos jazimentos é lentiforme e o tipo rochoso apresenta cor branca com matizes bege a amarronzadas, onde são mais intensas as concentrações ferruginosas. Várias empresas de mineração lavram estes calcários para aplicação nas indústrias de tintas, corretivos agrícolas, cargas industriais e *filler*, destacando-se a Empresa Midol e o Grupo J. Macedo com reservas localizadas na região dos municípios de Redenção e Acarape.
- Os calcários cristalinos *Canindé – Itatira – Santa Quitéria - Boa Viagem* são representados, preferencialmente, por composições químicas de calcários calcíticos, magnesianos e dolomíticos, localmente silicosos. Na região de Canindé-Tamboril, o calcário dolomítico ocorre sob a forma de lentes descontínuas, normalmente com espessura em torno de 80 m, encaixadas em gnaisses paraderivados, segundo um *trend* regional NE, com variações para NW e EW, decorrentes de dobramentos. Na região de Boa Viagem, localidade da Fazenda Sonemar, ocorre grande lente de calcário

intercalada concordantemente em granada-moscovita-biotita gnaisse, com direção ESE-WNW extensão de 300 m e espessura aparente máxima de 44 m, com mergulho subvertical para NNE. Vale salientar, ainda, a existência de calcário cristalino no município de Itatira, nas localidades de Lagoa do Mato e Serra dos Machados, sob a forma de lentes encaixadas nos gnaisses do embasamento cristalino, apresentando direção preferencial NNE.

Os sedimentos bioclásticos ocupam quase toda a plataforma continental do nordeste brasileiro, numa faixa paralela à costa, limitando-se ao norte e ao sul com a sedimentação terrígena. (Freire, 1985.).

Na plataforma continental do Ceará, a sedimentação bioclástica está distribuída numa faixa quase contínua, limitando-se, principalmente, à plataforma externa e às porções mais profundas da plataforma interna, interrompida pela sedimentação terrígena defronte à ponta do Guape e por algumas ocorrências em áreas pequenas de siliciclásticos na plataforma externa. Estes sedimentos são compostos, na sua maioria, por biodetritos resultantes da destruição de algas calcárias dos tipos *Halimeda* e algas coralíneas. Os sedimentos carbonáticos da plataforma continental do Ceará são compostos somente por componentes esqueletais, não sendo observados oóides, peletóides, psolitos e litoclásticos. (Freire e Cavalcanti, 1997).

Freire (1985) caracterizou, na plataforma continental do Ceará, considerando os componentes bióticos na fração grosseira, as seguintes associações: *maerl* (devido à semelhança de composição com os depósitos da Bretanha-França), areia e/ou cascalho de *Halimeda*, moluscos, foraminíferos plantônicos e vermetídeos.

Os sedimentos bioclásticos predominantes são as associações de *Halimeda* e de algas coralíneas. Estas duas associações carbonáticas foram definidas como depósitos

com potencialidade para exploração econômica, tendo sido definidas dois fácies sedimentares: areias e/ou cascalhos de *Halimeda* e areias e/ou cascalhos biodetríticos (semelhante ao *maerl*).

Na plataforma continental de Fortaleza predominam, entre os sedimentos bioclásticos, os depósitos de areias e/ou cascalhos biodetríticos, podendo ocorrer subordinados os depósitos de areias e/ou cascalhos de *Halimeda*. Em alguns locais, o *maerl* ocorre como areia e/ou cascalho de algas coralíneas. Ao contrário do que ocorre com as areias e/ou cascalhos de *Halimeda* da plataforma leste, os depósitos de areias e/ou cascalhos biodetríticos na plataforma oeste, também estão distribuídos de 0 a 20 metros de profundidade. No entanto, somente próximo ao limite com a plataforma externa tornam-se predominantes em relação aos depósitos terrígenos. (Cavalcanti e Freire, 2004).

Os resultados de análises químicas apresentados na Tabela 2 referem-se aos dois tipos de depósitos definidos como potencialmente econômicos, ou seja, areias e/ou cascalhos de *Halimeda* e areias e/ou cascalhos biodetríticos. Somente estão sendo considerados os depósitos em profundidades inferiores a 20 metros, ou seja, aqueles que, no momento, podem vir a ter sua exploração viabilizada. (Freire, 1985).

Na Tabela 2, observa-se que os depósitos de areias e/ou cascalhos de *Halimeda* apresentam teores mais elevados de cálcio que os de areias e/ou cascalhos biodetríticos, sendo o inverso para o magnésio. Os maiores teores de P_2O_5 estão relacionados aos depósitos de areias e/ou cascalhos biodetríticos.

Tanto os depósitos de areias e/ou cascalhos de *Halimeda* quanto os de areias e/ou cascalhos biodetríticos apresentaram teores de carbonato de cálcio superiores a 50 %, caracterizando um calcário de uso nobre. Os teores variaram de 60 a 98 % nos primeiros e de 57 a 97,50 % nos últimos.

Tabela 2 - Composição química dos fácies de areias e/ou cascalhos de *Halimeda* e areias e/ou cascalhos biodetríticos.

	Areias e/ou cascalhos de <i>Halimeda</i> %	Areias e/ou cascalhos Biodetríticos %
CaCO ₃	59,50 - 98,00	56,70 - 97,40
Cálcio	23,80 - 37,60	18,50 - 33,60
Magnésio	0,32 - 2,16	1,66 - 2,99
Sódio	1,76 - 4,49	0,97 - 3,24
Potássio	0,07 - 0,39	0,09 - 0,53
Lítio	0,23 - 0,35	0,15 - 0,20
Ferro	0,01 - 0,09	0,03 - 0,14

Fonte: Freire, (1985)

Os valores de matéria orgânica encontrados nas amostras de bioclastos dos tipos dominantes variam de 0,162 a 0,677% nos depósitos de areias e/ou cascalhos de *Halimeda* e 0,185 a 0,571 % nos depósitos de areias e/ou cascalhos biodetríticos, enquanto os teores de carbono variam de 0,84 a 3,52 % nos primeiros e 0,96 a 2,97 % nos últimos.

Segundo Cavalcanti e Freire (2004), o desenvolvimento de fundo carbonático na plataforma continental do Ceará somente é predominante a profundidades superiores a 15 metros, onde a razão de sedimentação terrígena tem sido muito pequena, pois os sedimentos erodidos do continente apresentam uma taxa de sedimentação inferior à taxa de crescimento dos organismos, ocasionando, conseqüentemente, um ambiente susceptível ao desenvolvimento de algas calcárias. Devido a essa fraca sedimentação, o substrato torna-se favorável ao desenvolvimento de organismos epifaunais, produtores de carbonatos, o que não ocorre nas profundidades inferiores a 15 metros, onde a energia das ondas e correntes, juntamente com o aporte de sedimentos terrígenos, dificultam o crescimento das algas, ocasionando o predomínio da sedimentação terrígena.

As areias e cascalhos bioclásticos marinhos, formados de fragmentos de algas calcárias, possuem inúmeras aplicações. Entre as mais comuns tem-se: na agricultura, como fertilizante; no tratamento de

água; como complemento alimentar e agente antiácido; como implante em cirurgia óssea; na nutrição animal e na indústria de cosméticos.

No Brasil, estão sendo desenvolvidas pesquisas para a utilização de calcário marinho algálico na agricultura e pecuária, as quais têm mostrado excelentes resultados. Na agricultura, podemos citar resultados de um trabalho experimental realizado no cultivo de soja, em que houve a redução em até 40 % no uso de NPK, substituindo-o por farinha de algas (bioclástico marinho algálico moído), tendo sido alcançado um aumento de 20 % na produtividade final. A redução do uso de NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) traduz-se por uma expressiva economia nos volumes de adubos e fertilizantes importados, além do expressivo ganho em produtividade. Na pecuária, foram realizados experimentos com o uso de farinha de algas (bioclástico marinho algálico moído) na suplementação mineral de bovinos de corte nos municípios de Turvânia (GO) e Canarana (MT), que mostraram significativo ganho de peso, da ordem de 23%, além de tratar-se de produto natural, sem qualquer adição química.

A França, há mais de 50 anos, se destaca como o principal produtor e distribuidor mundial de produtos oriundos de bioclásticos marinhos, com uma produção, em 2002, somente na região da Bretanha, da ordem de 470.000m³ (*maerl*, principalmente, e areias calcárias).

No Estado do Ceará, apesar do potencial existente, ainda não ocorreram requerimentos para exploração desses bens minerais. No Brasil, existem áreas em fase de autorização de pesquisa e requerimento de lavra nos estados do Espírito Santo e Maranhão, e áreas em fase de autorização de pesquisa nos estados da Bahia e Rio de Janeiro. Os depósitos já pesquisados no Espírito Santo e Maranhão são constituídos de areias finas a grossas e cascalhos biodestríticos formados, predominantemente, por fragmentos de algas, além de conchas de moluscos, briozoários e fragmentos diversos, material muito semelhante à fácies de areias e/ou cascalhos biodestríticos que ocorrem na plataforma continental cearense.

As principais jazidas e minas de magnesita do Estado situam-se ao longo do vale do alto Jaguaribe, abrangendo duas faixas mineralizadas, ao sul e ao sudoeste do Açude de Orós, alinhando-se segundo uma direção EW e depois SW/NE, abrangendo os municípios de Jucás, Iguatu e Icó. A produção de magnesita dessas minas é direcionada a diferentes aplicações, destacando-se as empresas Refratários do Nordeste S/A-REFRANOR (Grupo Chaves S/A Mineração e Indústria), Magnesita S/A e Indústria Brasileira de Artigos Refratários S/A-IBAR (Grupo Votorantim), que, recentemente, repassou seus direitos minerários para um grupo português.

Segundo o Anuário Mineral Brasileiro – DNPM (2001), última publicação oficial, as reservas brasileiras de rochas

carbonáticas (calcário, calcita, conchas calcárias, rochas calcárias, dolomita, magnesita, magnesita ornamental e mármore ornamental) totalizam cerca de 98 bilhões de toneladas. Deste total, o Estado do Ceará possui, aproximadamente, 6 bilhões de toneladas, perfazendo 6% da reserva nacional.

De acordo com o Sumário Mineral – DNPM (2005), as reservas mundiais de magnesita totalizam cerca de 3,9 bilhões de toneladas. O Brasil ocupa a quarta posição em reserva, com a expressiva participação de 8,7%, sendo suplantado somente pela Rússia, Coreia do Norte e China. Os últimos dados oficiais brasileiros referenciam que as maiores reservas deste bem mineral estão localizadas na Serra das Éguas, município de Brumado, no Estado da Bahia (79%), e nos municípios de Iguatu, Jucás e Orós, no Estado do Ceará (21%). As principais jazidas de magnesita do Estado do Ceará situam-se ao longo do vale do Alto Jaguaribe, onde são conhecidas pelo menos dez minas de magnesita, todas inseridas num mesmo contexto geológico particular. Das minas em atividade destacam-se: Riacho Fundo e Torto (município de Jucás); Riacho do Caldeirão, Riacho do Casquilho, Grossos, Gangorra e Pitombeiras (município de Iguatu) e Malhada Vermelha, Cabeça de Negro e Cruz de Pedra (município de Orós).

A Tabela 3 apresenta as reservas de calcário, calcítico-dolomítico, dolomito, mármore e de magnesita aprovadas pelo DNPM/CE.

Tabela 3 - Reservas de rochas carbonáticas no Ceará.

REGIÃO	SUBSTÂNCIA	RESERVA (t)			
MUNICÍPIO		MEDIDA	INDICADA	INFERIDA	TOTAIS
Quixeré-Limoeiro	Calcário	2.271.019.656	1.715.681.609	1.357.655.449	5.344.356.714
Sobral-Coreaú	Calcário-dolomítico	6.703.849	4.301.056	6.610.000	17.614.905
Canindé-Farias Brito	Dolomito	44.367.372	17.597.772	84.583.200	146.548.344
Itaia-Boa Viagem	Mármore	11.003.440	940.238		11.943.688
Iguatu-Jucás-Icó	Magnesita	129.349.484	133.085.100	2.204.560	264.639.144
Total		2.462.443.801	1.871.605.775	1.451.053.209	5.785.102.785

Fonte: DNPM/CE – Dados atualizados até 31/03/04.

Dentro do contexto geológico, verifica-se que o Estado do Ceará possui grandes feições e estruturas favoráveis a mineralizações de cálcio e magnésio, possibilitando, por parte da iniciativa privada, a realização de pesquisa mineral aplicada, a execução de mapeamento de detalhe necessário à definição e avaliação do depósito, bem como a determinação do seu aproveitamento econômico.

Em face da importância deste bem mineral, tanto do ponto de vista da potencialidade dos seus jazimentos como de suas inúmeras aplicações e usos, é mister e preponderante a atenção especial dos órgãos governamentais.

MERCADO

A indústria de rochas carbonáticas assume um importante papel na avaliação do desenvolvimento econômico e sustentável das nações, não só pela multiplicidade de seu uso, mas também pelo volume de matéria-prima mineral e pelos significativos valores sociais envolvidos.

No Brasil a indústria de rochas carbonáticas alcançou um desenvolvimento jamais visto em face das especificações dos seus minérios, da ampliação do mercado e preços competitivos. Dentro dessa realidade, o Estado do Ceará tem posição de destaque no Nordeste por possuir enormes reservas de diferentes tipos de calcários, dolomítico e calcítico, que poderão servir de insumos básicos para instalações de novas indústrias e de novos pólos de desenvolvimento regional.

Segundo o Sumário Mineral-DNPM (2005), a produção mundial de rochas carbonáticas (magnesita, dolomitos, calcários, calcita e conchas calcárias) atingiu a cifra da ordem de 2,1 bilhões de toneladas. O Brasil teve participação destacada com 1,9% deste total produzido. Levando em consideração somente a cal, a produção mundial atingiu em 2004, cerca de 121 milhões de toneladas. O Brasil é respon-

sável por 6,9 milhões de toneladas, equivalendo a 5,7% do total produzido. Já a produção nacional de rochas carbonáticas, calcíticas e dolomíticas, incluindo a fabricação de cimento, em 2004, foi cerca de 35 milhões de toneladas e a do Ceará totalizou 2,5 milhões de toneladas, correspondendo a 7,1% do total da produção brasileira. A produção nacional de magnesita bruta atingiu 1,3 milhão de toneladas, no mesmo ano. O Estado da Bahia foi responsável por cerca de 98% desta produção e o Ceará pelo restante.

Em 2003, o mercado brasileiro de cal contabilizou uma produção próxima a 6,6 milhões de toneladas, o que coloca o Brasil na disputa pela quinta posição mundial entre os países produtores. Essa produção representa um crescimento pouco superior a 2% em relação ao ano anterior. No entanto, o crescimento concentrou-se na produção de cal virgem industrial, que somou 4,7 milhões de toneladas, volume quase superior ao de 2002. A produção de cal hidratada manteve-se praticamente estável no período. A Figura 3A mostra um gráfico da demanda pelo produto em 2003, distribuída entre produtores não associados e o chamado mercado cativo, representado por setores de consumo que suprem suas necessidades com produção própria, basicamente formado pelas grandes siderúrgicas, que têm a cal como insumo estratégico de vital importância. A Figura 3B mostra o gráfico da distribuição do produto por setores de consumo.

Eliminando-se a produção cativa do total geral, temos o chamado mercado livre, que movimentou, em 2003, um volume de 5 milhões de toneladas de cal. As empresas associadas à Associação Brasileira dos Produtores de Cal (ABPC), foram responsáveis pelo suprimento de 61% do mercado livre brasileiro em 2003, com um volume pouco acima de 3 milhões de toneladas. O setor gerou um faturamento próximo a R\$ 700 milhões e sustenta, hoje, 5 mil empregos diretos no País.

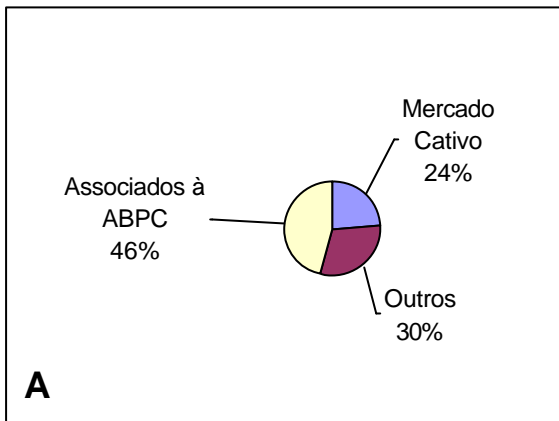


Figura 3 – (A) Gráfico segmentação do mercado.
Fonte: ABRACAL (2004).

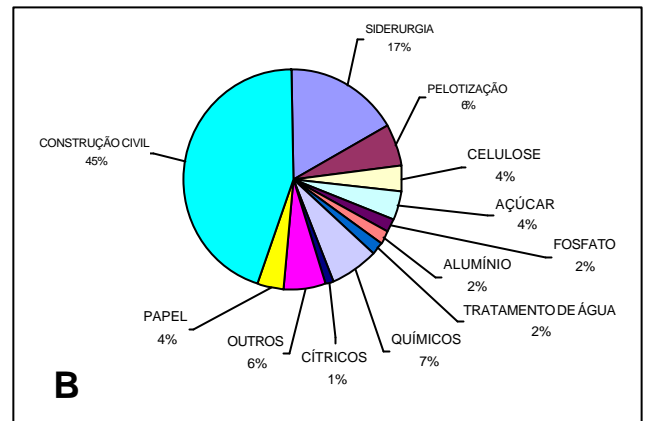


Figura 3 – (B) Gráfico aplicação da cal.

As rochas carbonáticas representam uma importantíssima matéria-prima natural, tanto pelo número e diversidade de usos e aplicações como pela quantidade consumida para fins industriais. Seus principais usos nas indústrias de construção civil são: cerâmicas, cimento, química, refratários, vidros, tintas, papel, borracha, plásticos, agricultura, peletização, fundente-metalúrgico, abrasivos, clarificantes, pigmentos, lama de perfuração, dentre outros.

Para efeito de análise de mercado de calcários calcítico e dolomítico, destacam-se os produtos da indústria de cimento, pedra britada, ou agregados destinados a vários propósitos da construção civil, estradas de

rodagem e base para trilhas ferroviárias. É também largamente empregado como rocha ornamental e de revestimento. Na agricultura, enfatiza-se o calcário dolomítico empregado sob a forma de rocha moída, cal virgem (rocha moída e calcinada) e cal hidratada ou extinta (cal virgem hidratada). Apresenta-se no Quadro 2 o principal uso de calcário em termos comerciais. Os produtos derivados dessas rochas são utilizados com base nas suas características tecnológicas e propriedades físico-químicas.

O Quadro 3 mostra os padrões qualitativos para utilização industrial do calcário calcítico.

Quadro 2 - Principais usos do calcário em termos comerciais.

TIPO	COMPOSIÇÃO	FORMAÇÃO	USO
Calcário puro	CaCO ₃	Deposição sedimentar, principalmente de água do mar e em menor escala deposição química em água fresca.	Agregados, agricultura, construção civil, "fille" indústria de cimento, tintas, rochas ornamentais e de revestimentos.
Calcário impuro	CaCO ₃ /Mg CO ₃	Sedimentar e metamórfica	Indústria de cimento, tintas, construção civil, estradas de rodagens e trilhas de ferrovias, rochas ornamentais e de revestimentos e agricultura.

Fonte: Christie *et al* (2000), adaptado pelos autores.

Quadro 3 – Padrões qualitativos industriais do calcário calcítico.

Produto	Teor Máximo (%)							Teor Mínimo (%)		
	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O+Na ₂ O	CaO	P.F.	Observações
Cimento Portland	4.5	13.0		7.0	0.37	1.7	0.45	42.0	Nd	Padrões muito variáveis
Cimento branco	4.5	13.0	Nd	0.001	0.37	Nd	0.45	42.0	Nd	
Brita Siderúrgica (Metalúrgica Fe)	2.5	6.0		2.5	0.01-1.5	1.25	0.03	50.0	43.0	Variação conforme o processo siderúrgico
Brita Siderúrgica Ligas FeMn/FeCr	1.0	2.5-5.0		3.0	2.2	Nd	0.12	50.0	43.0	Variações conforme o processo siderúrgico
Cal calcítica	1.4	1.0-2.0	1.0	0.5	Nd	Nd	Nd	53.0	42.0	Padrão standard (USA)
Cal calcítica (Qualidade superior)	1.4	1.0	0.5	0.15	Nd	Nd	Nd	54.0	43.0	Padrão médio para utilizações nobres
Carbureto de cálcio	1.2	1.2	1.0	0.5	0.04-0.23	0.25-0.50	Nd	54.0	43.0	Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ S 1.0%
CaCO ₃ ppt médio (pcc)	2.4	1.3	Nd	0.05	Nd	Nd	Nd	50.0	Nd	99.5% < 250 mesh
CaCO ₂ ppt sup (pcc)	2.0	1.0	Nd	0.02	Nd	Nd	Nd	53.0	Nd	100% < 325 mesh
Cerâmica branca	1.5	2.0	Nd	0.3	Nd	0.1	Nd	53.0	42.0	ASTM (USA)
Cerâmica branca	4.0	5.0	Nd	0.3	Nd	Nd	Nd	45.0	35.0	IASA (Recife-PE)
Refino de açúcar	1.7	1.7	0.	5	Nd	Nd	Nd	48.0-50.0	Nd	Padrões muito variáveis
Indústria de papel	1.5	Nd	1.	7	Nd	Nd	Nd	51.8	Nd	USBS (USA)
Vidros comuns	1.5	5.0	2.8	0.5	0.	6	Nd	51.0	40	CaO+MgO:USBS(USA)
Vidros especiais	0.8	1.5-2.0	0.25	0.02	Nd	Nd	Nd	53.0	42.0	Sta. Marina – SP
Vidros comuns	3.0	3.0-6.0	2.0	0.5	Nd	Nd	Nd	50.0	36.0	CIV (Recife -PE)
Vidros especiais	1.0	2.2	1.7	0.02	0.	6	Nd	53.0	42.0	USBS (USA)
Barrilha	1.3	3.0	1.	5	Nd	Nd	Nd	52.0	42.0	ALCANORTE (RN)
Indústria têxtil	1.7-3.0	1.4	1.	4	Nd	Nd	Nd	52.0	42.0	Sob a forma de cal; Se RI < 2.5%
Ração animal	1.5	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	50.0	41.0	80% < 325 mesh

Nota: Nd = dados não determinados

Fonte: SEDEC/Governo do Estado do Rio Grande do Norte

Estudos realizados pela Associação Brasileira dos Produtores de Cal (ABRACAL) mostram que 24% da produção interna da cal é cativa (a empresa produz para consumo próprio), 68% é de produtores integrados (produzem cal a partir de calcário de minas próprias), 3% adquirem o calcário de terceiros e 5% compram a cal para beneficiar (moer e/ou hidratar). Os principais segmentos consumidores de cal são: construção civil (46%), siderurgia (17%), pelotização (6%), açúcar e celulose (8%). Estão apresentados no Quadro 4 os principais usos da cal.

No caso do mercado de magnesita suas aplicações são quase que exclusivamente sob a forma de magnésia obtida a partir de sua calcinação, onde, comercialmente, são gerados três tipos de produtos calcinados que possuem características próprias para atender usos específicos: magnésia calcinada cáustica, magnésia calcinada, magnésia calcinada à morte e magnésia fundida (eletrofundida). Estão apresentados, no Quadro

5, os produtos e as especificações comerciais da magnesita com suas aplicações.

TECNOLOGIA

A tecnologia de processo para a industrialização das rochas carbonáticas inicia-se na fase de lavra, onde as técnicas utilizadas são as mais diversas, seguindo-se as fases de seleção, desmonte, Transporte, britagem, moagem, queima e hidratação. As primeiras instalações da indústria de cal no País, inclusive no Estado do Ceará, utilizavam fornos tipo “meda” e “poço ou de encosta”. No fim do século XIX esses processos começaram a ser substituídos por fornos de alvenaria, encostados em barrancos e operados com características mais artesanais do que industriais, sempre tendo a lenha como combustível. Somente a partir dos anos 60 é que os fornos metálicos (horizontais e verticais) começaram a ser utilizados. A Figura 4 apresenta um fluxograma esquemático da industrialização da cal, com as etapas de operações e refinamento da tecnologia

Quadro 4 – Principais usos da cal.

MATÉRIA-PRIMA	Borracha, concreto, alimentos, calagem, tintas sintéticas, carbureto de cálcio, inseticidas, abrasivos e vidro.
AGLOMERANTE	Argamassas, rebocos, misturas asfálticas, materiais isolantes, misturas solo – cal, produtos de silicato de cálcio, tijolo sílico – cal.
DESIDRATANTE	Secagem de ar, produtos de petróleo, álcool.
CAUSTICANTE	Soda cáustica, polpas de sulfato e soda, lavagem alcalina dupla.
LUBRIFICANTE	Lama de sondagem e trefilação de arame.
FLUXO	Alumina, fornos de aço, metais não ferrosos.
FLOCULANTE	Açúcar, flutuação de minérios, tratamento de águas residuais, tratamento de águas, tratamento de esgotos, pigmentos de tintas.
NEUTRALIZANTE	Acido cítrico, tratamento de águas, tratamento de águas residuais, resíduos de decapagem de metais, resíduos de explosivos, solos agrícolas, drenagem de águas de minas, resíduos radioativos, de cromo e de corantes.
SOLVENTE	Gelatinas, couro (despelador), tintas a base de caseína, papelão.
ABSORVENTE	Branqueamento, remoção de SO ₂ , processo sulfito de polpa, armazenamento de frutas.
HIDROLIZANTE	Polpa de tecidos, graxa lubrificante, compostos orgânicos, amônia.

Fonte: Lima *et al.* (1997), com simplificações e modificações pelos autores.

Quadro 5 – Principais produtos, especificações e usos da magnésita.

PRODUTO	ESPECIFICAÇÃO	USO
Calcinada Cáustica (abaixo de 900°C)	1 a 4% de CO ₂ + H ₂ O MgO ≈85% e SiO ₂ <12% Ø ≈1 micrômetro	Fertilizantes/Ração animal Isolantes Térmicos/Filtrantes Indústria Química/Alimentícia Indústria de Papel/Têxtil/Plásticos
	> 99,80% MgO	Magnésio metálico
Calcinada à Morte (acima de 1400°C)	80-90% MgO densidade 3,10 – 3,35	Refratários básicos para Siderurgia e Metalurgia, Indústria de Cimento/Vidro
Magnésia Fundida (acima de 2750°C)	MgO >97% densidade >3,45 Ø >500 micrômetro	Refratários de Alta Qualidade (Isolante Térmico e Elétrico)

Fonte: Possa *et al.* (1997), adaptado pelos autores.

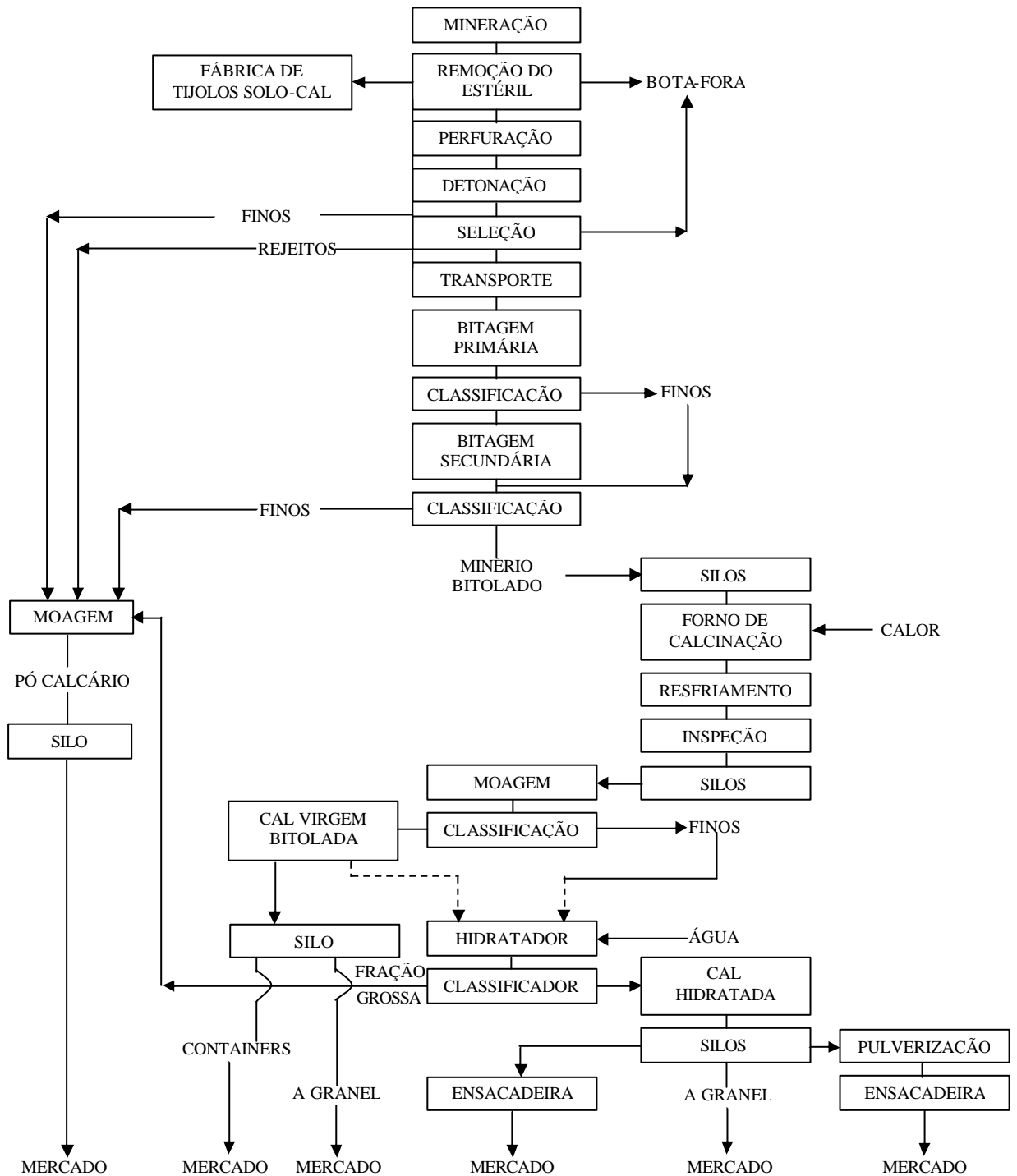


Figura 4 – Fluxograma esquemático de industrialização da cal.
 Fonte: Guimarães (1997).

Recentemente muitas modificações foram introduzidas no processamento da fabricação de cal, buscando melhorar a sua reatividade e reduzir a relação kcal/t de cal para o produto fabricado, com o uso de recuperadores de calor, fornos de duplas ou triplas cubas de calcinação, fornos de leitos fluidizantes, novas espessuras e/ou tipos de refratários ou isolantes, classificação granulométrica da carga do forno, controles do ar e da temperatura, necessários à calcinação. A Figura 5 mostra a foto do forno de calcinação de calcário, localizado no distrito de Aroeira, município de Coreaú, construído pela CODECE, em 1995, teve como objetivo atender as comunidades produtoras de cal da região de Coreaú e Sobral.



Figura 5 – Forno de cal do distrito de Aroeira-CE.

Atualmente, a Carbomil Química S/A, empresa tipicamente cearense, vem explotando calcários sedimentares (carbonato de cálcio), na região de Limoeiro do Norte. É um produto de origem cretácea, extremamente fino, com superfície específica bastante elevada, alta pureza em carbonato de cálcio e pequena concentração de resíduos insolúveis em HCl. A caracterização

tecnológica do calcário da Carbomil está apresentada no Quadro 6. A Figura 6, por sua vez, mostra o fluxograma do beneficiamento de calcário do Grupo Carbomil S/A, localizado em Limoeiro do Norte-CE. Além do mercado interno a empresa exporta produtos de alta pureza para os Estados Unidos e América do Sul, principalmente Argentina e Chile.

Quadro 6 – Caracterização tecnológica do calcário da Carbomil.

CARACTERIZAÇÃO	ANÁLISES/ENSAIOS	RESULTADOS
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS (ABNT NBR 6473)	CaCO ₃	98,0%
	MgCO ₃	0,8%
	R ₂ O ₃ (óxido de Ferro e Alumínio)	0,4%
	Insolúvel em HCl	0,6%
	Retenção em 600 #	0,0%
CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS (ASTM C-110)	Diâmetro Max. (D ₁₀₀)	0,8 µm
	Diâmetro Med. (D ₅₀)	1,6 µm
	Passante em 4,0 µm	90%
	Estrutura da Partícula	Microcristalina Romboédrica
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Massa Específica (ASTM C-188 ou ABNT NBR 6474)	2,7g/cm ³
	Densidade Aparente (ASTM E 12-70 e ASTM C-110)	0,75g/cm ³
	Dureza (MOHS)	3
	Ph (ASTM C-110).	9
	Absorção em D.ºP. (ASTM D-281)	35,0%
	Umidade (ASTM C-110)	<0,3%

Fonte: Carbomil Química S/A

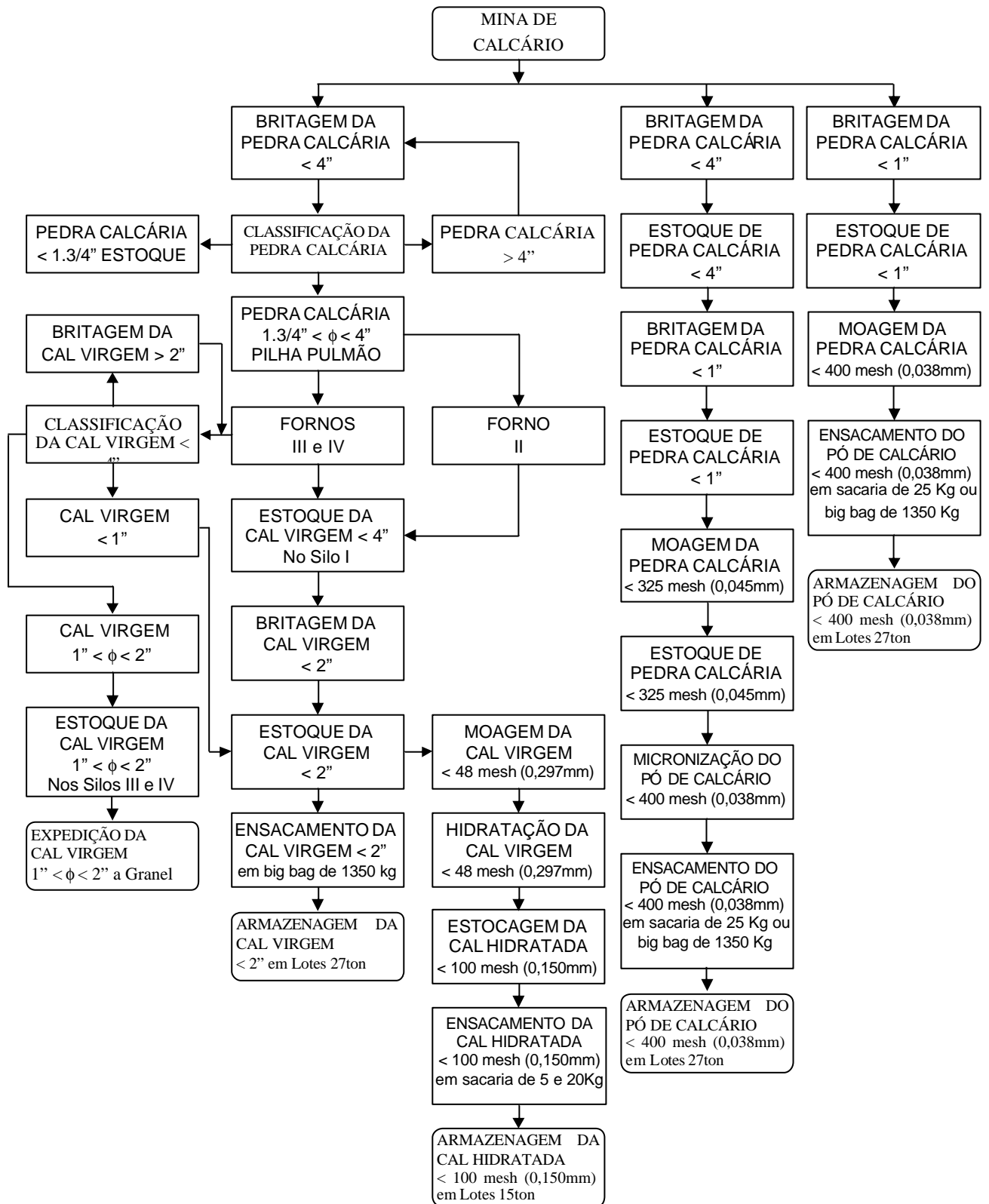


Figura 6 - Fluxograma do Beneficiamento de Calcário da Carbomil S/A.
 Fonte: Carbomil Química S/A

A tecnologia de lavra e beneficiamento da magnesita, especialmente no Brasil, envolve os seguintes métodos e processos: lavra a céu aberto e beneficiamento, constituído de britagem, classificação, catação manual, flotação, calcinação e sinterização.

Os trabalhos de lavra, nas minas da região central do Estado do Ceará, são desenvolvidos a céu aberto, com bancadas múltiplas e o beneficiamento é constituído de britagem, classificação e catação manual, para posterior calcinação em fornos tipo barranco.

A REFRANOR, empresa pertencente ao Grupo Chaves Mineração, explora a magnesita em cinco minas no Estado do Ceará: Mina Pitombeiras no município de Iguatú, Mina do Torto no município de Jucás, Mina Cabeça de Negro e Malhada Vermelha no município de Orós.

A Magnesium do Brasil, empresa do Grupo Chaves Mineração, responsável pelo beneficiamento, é a principal produtora de magnesita calcinada no Ceará. A etapa de calcinação para obtenção da magnesita tipo cáustica, nessa indústria, é realizada por quatro fornos verticais de capacidades variadas, sendo três localizados na mina do Torto (município de Jucás) com capacidades de 8, 12 e 100 toneladas/dia e outro localizado na mina Pitombeiras (município de Iguatú) com capacidade de 20 toneladas/dia. Hoje, toda produção é proveniente do forno de 100 toneladas.

A Magnesita S/A é detentora de 3 concessões de lavra no município de Iguatú, onde se localizam as minas Caldeirão, Grossos e Casquilhos. Atualmente estão paralisadas com suspensão autorizada pelo DNPM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACAL – Negócio da cal. **Boletim da Associação dos Produtores de Cal**, São Paulo, Boletim n. 82, ago., 2004.

BIGARELLA, J. J. **Contribuição ao estudo dos calcários do Estado do Paraná**. 1956. Tese (Concurso) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1956.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário mineral**. Brasília 2005

CAVALCANTI, V.M.M.; FREIRE, G.S.S. Distribuição dos depósitos de bioclasticos da Plataforma Continental do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42., 2004, Araxá, MG, **Anais...** Araxá, MG: SBG, 2004, CD ROM.

FREIRE, G.S.S. **Geologia marinha da plataforma continental do Ceará**. 1985, 132p. Dissertação - (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Geologia. Recife. 1985.

FREIRE, G.S.S.; CAVALCANTI, V.M.M. **A cobertura sedimentar quaternária da Plataforma Continental do Ceará**. Fortaleza: DNPM./UFC. Departamento de Geologia. Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada, 1997. 42p. il. Mapa color.

GUIMARÃES, J.E.P. **A Cal – Fundamentos e aplicações na engenharia civil**. São Paulo: Associação Brasileira dos Produtores de Cal, 1997. 283p.

LIMAVERDE, J.A. *et al.* **A indústria de calcário e dolomitos no Nordeste**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. 1987. 304p. (Série Estudos Econômicos e Sociais, 34)

PETTIJOHN, F.J. **Sedimentary rocks – harper and brotthers**. New York, USA [s.n.] 1957.

POSSA, M. V.; DAMASCENO, E. C. **Magnesita: aspectos tecnológicos e econômicos**. Rio de Janeiro: CETEM/ CNPq. 1997. 44p. (Série Estudos e Documentos, nº 37.

MINERAIS DE PEGMATITOS

FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL¹
JOSÉ DE ARAÚJO NOGUEIRA NETO²

O termo pegmatito é usualmente empregado no sentido textural, segundo a definição de Jahns (1955): “rochas holocristalinas que apresentam, pelo menos em parte, uma granulação muito grosseira, contendo como maiores constituintes minerais àqueles encontrados tipicamente em rochas ígneas comuns, mas com a característica de apresentarem extremas variações no que se refere ao tamanho dos grãos”.

Além do aspecto textural (granulação muito grosseira), a designação de “pegmatito” também é aplicada para nomear o corpo de rocha. Em situações mais específicas, para melhor indicar a composição mineralógica, são frequentes os termos: pegmatito granítico, pegmatito granodiorítico, etc.

Com a deflagração da Segunda Guerra Mundial, surgiu o interesse pelo estudo dos pegmatitos da província do Nordeste do Brasil. Assim é que Leonardo (1942), Johnston (1945a) e (1945b) descreveram os pegmatitos do Ceará, detalhando zonas internas e tecendo considerações sobre as paragêneses de minerais.

Com o final da guerra, diminuiu gradativamente o interesse pelos pegmatitos no Ceará. Somente em 1970, Rolff retomou o estudo desses pegmatitos com a pesquisa sobre cassiterita no Vale do Jaguaribe, seguido, posteriormente, por Marinho (1971), Marinho e Sidrim (1981), Barbosa (1982) e Souza *et al* (1985).

Souza *et al.* (1973) tecem consi-

derações sobre geologia regional, compreendendo litologia e estrutura; notam que os pegmatitos mais importantes têm forma tabular e são discordantes; descrevem 58 pegmatitos com detalhes, omitindo descrição pormenorizada de corpos de substituição e mineralização por zonas. Esse trabalho representou um marco no estudo de pegmatitos do Estado do Ceará.

Seguiram-se outros trabalhos que ofereceram grandes contribuições ao conhecimento desses depósitos minerais, tais como Souza (Tese 1985), Marques Júnior. (Dissertação 1992), Marques Júnior e Nogueira Neto (1992), Silva (Tese 1993), Lima (Dissertação 2002) e Leal Neto (Dissertação 2004).

Nesta publicação, a denominação de “pegmatito” refere-se ao pegmatito granítico, termo mais amplamente divulgado mundialmente, e compatível com as ocorrências no Estado do Ceará.

Um pegmatito de composição granítica é constituído essencialmente por elementos como Si, Al, K, Na e Ca. Entretanto, certos elementos que estão dispersos nas rochas graníticas podem-se concentrar nos pegmatitos sob a forma de minerais particulares, tais como berilo (Be), ambligonita e espodumênio (Li), tantalita-columbita (Nb-Ta), apatita e monazita (P, terras raras, Zr, Th, U, etc.). A possibilidade de tais concentrações torna os pegmatitos fontes naturais importantes de elementos químicos aplicáveis a vários processos de beneficiamento industrial.

¹ Doutor em Engenharia de Mineral e Pesquisador do Centro de tecnologia Mineral – CETEM

² Doutor em Geologia e Professor do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará – UFC

MODO DE OCORRÊNCIA

Quanto à origem dos corpos de pegmatitos, a despeito de diversas teorias existentes durante o período de 1940 a 1960, existe hoje uma convergência de idéias no sentido de que a gênese destes depósitos minerais estaria relacionada a fusões silicatadas. Entretanto permanecem divergências referentes aos mecanismos que originaram tais fusões, ou seja, se decorrentes de processos magmáticos de fracionamento ou pela anatexia de rochas metamórficas de alto grau.

O principal questionamento, relacionado à gênese dos pegmatitos do Ceará, diz respeito à filiação (ou não) dos corpos pegmatíticos aos granitos aflorantes em toda a extensão das regiões mineralizadas.

Na região de Berilândia, os dados geoquímicos dos granitos, considerando a relação Rb-Ba-Sr, sugerem que nenhuma destas rochas pertença aos termos de granitos diferenciados, os quais são potencialmente geradores de pegmatitos mineralizados em elementos raros (Marques Júnior, 1992; Marques e Nogueira Neto, 1992). Tais granitos foram classificados como peraluminosos devido aos elevados teores de Al_2O_3 e quando somados aos valores de Na_2O e K_2O , situam-se como ricos em sódio, sugerindo, assim, baixo grau de diferenciação. Os teores de Rb relacionados ao grau de diferenciação dos granitos são baixos e, adicionalmente, os elevados valores das relações Na_2O/K_2O e os baixíssimos conteúdos de Nb, Y, F, Sr e Zr indicam que os granitos do Campo Pegmatítico de Berilândia exibem alto grau de esterilidade metalogenética, e não poderiam corresponder a granitos a partir dos quais os pegmatitos seriam gerados. Dessa forma, os pegmatitos encontrados na citada região seriam provenientes da fusão de rochas do embasamento gnáissico (Marques Júnior, 1992). O mesmo comportamento pode ser atribuído à grande parte dos pegmatitos da Província da Borbore-

ma (pegmatitos do Rio Grande do Norte e Paraíba), segundo Silva (1993).

Estudo detalhado do pegmatito Várzea Torta, região de Solonopole, envolvendo o comportamento geoquímico de elementos (Rb, Ba, Sr, K, Nb, etc.) deste corpo e dos granitos de anatexia adjacentes, demonstra relação genética entre ambos, sugerindo ser o pegmatito um termo evoluído dos granitos (Leal Neto, 2004).

Considerando o modo de ocorrência, Johnston (1945) classificou os pegmatitos do Nordeste brasileiro em três diferentes tipos, homogêneos, heterogêneos e mistos.

Os pegmatitos homogêneos caracterizam-se por seus minerais essenciais, quartzo, feldspato e micas serem distribuídos regularmente ao longo do corpo, com granulometria que varia de centímetros a decímetros, com freqüente intercrescimento gráfico entre quartzo e feldspato. São raramente mineralizados, e quando exibem mineralizações, elas ocorrem de forma disseminada. Possuem formatos tabulares ou dômicos, por vezes atingem quilômetros de extensão, mantendo larguras métricas e contatos bruscos com as rochas encaixantes.

Os pegmatitos heterogêneos caracterizam-se por seus minerais essenciais apresentarem uma forma geométrica em zonas, composta basicamente por quatro distintas zonas dispostas simetricamente em relação ao centro do pegmatito, descritas como Zona 1, Zona 2, Zona 3 e Zona 4 (Jahns, 1955).

Zona 1, marginal ou de borda, apresenta espessura fina, variando de alguns centímetros até cerca de um metro, podendo apresentar descontinuidade. Muitas vezes de difícil reconhecimento, pelo caráter transicional entre as rochas encaixantes e as zonas mais externas dos pegmatitos. A textura é preferencialmente

aplítica, constituída por feldspato, quartzo e placas bem desenvolvidas de moscovitas. Os minerais acessórios são comumente afrisita, cassiterita, e mais raramente, granada. Em algumas ocorrências essa zona é mais desenvolvida quando o pegmatito está alojado em xisto.

A Zona 2, mural ou de parede, pode ser bem desenvolvida em muitos pegmatitos e ausentes em outros. Assemelha-se a um pegmatito homogêneo em sua granulação, composição e estrutura, ocupando o maior volume do corpo, passando gradativamente para Zona 3.

A Zona 3, intermediária, é notável pela sua variedade mineralógica, caracterizada pela presença de feldspatos em cristais gigantes, e diversificados minerais-minérios como amblygonita, berilo, columbita-tantalita, espodumênio e outros minerais acessórios.

A porção axial do corpo pegmatítico é ocupada pela Zona 4, constituída por um núcleo de quartzo maciço de cores variadas, disposto simetricamente ou não em relação às outras zonas. O quartzo pode ocorrer de forma regular, irregular, ou disseminado em grandes blocos. Os minerais acessórios são, em sua maioria, encontrados no núcleo ou no contato com a Zona 3.

Os pegmatitos mistos, de acordo com a concepção de Rolff (Rolff, 1945 *apud* Lima, 2002, p.15) são intermediários entre os homogêneos e os heterogêneos, e apresentam bolsões de quartzo, ao contrário de núcleos individualizados, localizados na massa pegmatítica semelhante à Zona 2 dos pegmatitos heterogêneos. Em torno desses bolsões existe uma zona semelhante à Zona 3 dos pegmatitos heterogêneos. As mineralizações econômicas, nestes locais, são geralmente disseminadas. A Figura 1 apresenta a classificação estrutural dos pegmatitos, segundo Johnston (1945) e Rolff (1945).

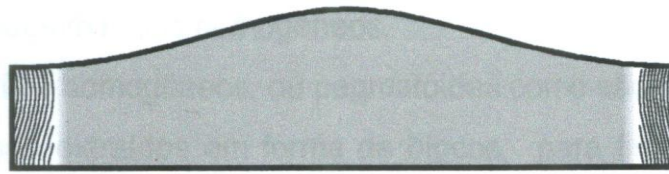
Os pegmatitos homogêneos ou pegmatóides, como classificados por alguns autores são atualmente extraídos em forma de blocos para fins de rochas ornamentais.

Os pegmatitos heterogêneos e mistos são as principais fontes de quartzo, feldspato e micas para aplicação na indústria devido à sua forma de ocorrência zonada, com grandes bolsões de quartzo e feldspato. Os pegmatitos heterogêneos em sua maioria, mineralizados em tantalita-columbita e berilo. Segundo Rolff (1946) os minerais acessórios, ocorrem em grande variedade e são distribuídos dentro dos pegmatitos de acordo com a ilustração da Figura 2.

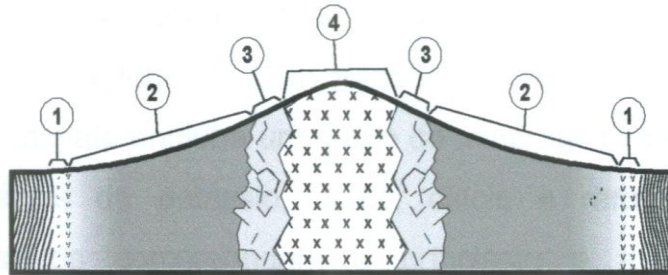
A Subprovíncia Pegmatítica do Ceará está inserida na Província Borborema, localizada na região Nordeste do Brasil, a qual apresenta em escala regional, diversidade estrutural, textural, mineralógica e, possivelmente de gênese.

Geologicamente, a Subprovíncia Pegmatítica do Ceará aflora associada a várias unidades expostas do pré-cambriano. Considerando a divisão proposta por Arthaud *et al* (1998) para os terrenos pré-cambrianos do Ceará, dentre os vários blocos orogênicos com diferentes litologias e evolução tectono-metamórfica, podemos localizar os pegmatitos nos Domínios Jaguaribe-Orós e Ceará Central. O Domínio Jaguaribe-Orós corresponde ao embasamento policíclico, constituído por ortognaisses que preservam uma foliação pré-brasiliana (Neoproterozóica), enquanto o Domínio Ceará Central foi submetido a tectonismo tangencial, envolvendo gnaisses com diversas seqüências metasedimentares formadas por quartzitos, mármore e pelitos. Ambos os domínios foram seccionados por grandes zonas de cisalhamentos nas quais granitos, aplitos e pegmatitos estão alojados.

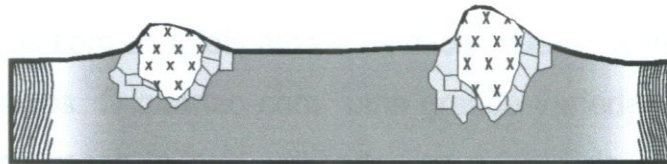
PEGMATITO HOMOGÊNICO



PEGMATITO HETEROGÊNICO



PEGMATITO MISTO



- | | | |
|--|---|--|
|  Muscovita |  Cristais Gigantes de feldspatos |  Encaixante |
|  Quartzo, Feldspato e Muscovita |  Núcleo de Quartzo | |

Figura 1 – Classificação estrutural dos pegmatitos segundo JOHNSTON (1945) e ROLFF (1945).

Fonte: Lima (2002)

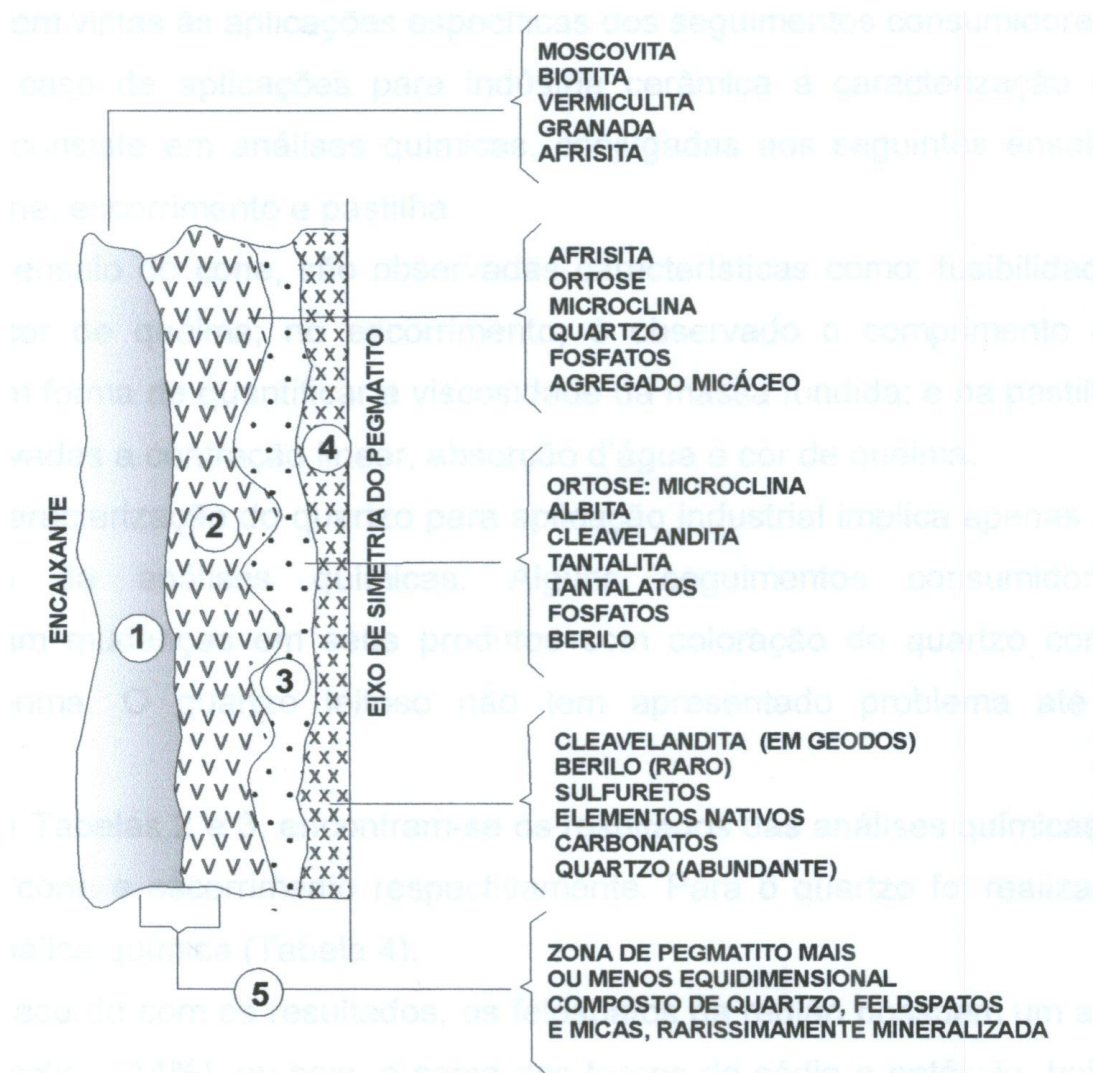


Figura 2 – Posição relativa de alguns minerais de pegmatitos, segundo ROLFF (1946).
Fonte: Lima (2002).

O alojamento dos corpos pegmatitos da Subprovincia do Ceará teve forte influência das zonas de cisalhamentos, possivelmente em fase transtensional, as quais condicionaram a estruturação, forma e provavelmente funcionaram como condutos de remobilização dos elementos mineralizantes (Marques e Nogueira Neto, 1988). No campo pegmatítico de Berilândia, região de Quixeramobim, as relações de campo entre os pegmatitos e suas encaixantes evidenciam que os corpos não mineralizados exibem orientação similar às das zonas de cisalhamentos e posicionam-se, em geral, dentro dos granitos. Por outro lado, os corpos mineralizados em elementos raros são subparalelos às

zonas de cisalhamentos e encontram-se intrudidos na seqüência supracrustal (Marques Júnior e Nogueira Neto, 1988 e 1992; Marques Júnior, 1992.).

Souza (1985) dividiu a Subprovincia Pegmatítica do Ceará em dois grandes distritos: i - Distrito de Solonópole-Quixeramobim, englobando os municípios de Jaguaribe, Solonópole, Quixadá e Milhã; e ii - Distrito de Cristais-Russas, englobando os pegmatitos de Cascavel, Aracoiaba, Russas e Morada Nova. Além destes, aquele autor, destacou distritos menores como os de Parambu, Icó e Itapiúna, também, com minerais de pegmatitos (Figura 3.).

Decorrente do avanço atual do conhecimento geológico podem ser destacados, no Estado do Ceará, três distritos pegmatíticos: (i) - Distrito de Cristais-Russas, que inclui áreas dos municípios de Aracoíaba, Cascavel, Russas e Morada Nova; (ii) - Distrito de Itapiúna. Abrange áreas dos municípios de Pacoti, Guaramiranga, Canindé e Itapiúna; e (iii) - Distrito de Solonópole-Quixeramobim distribuído em áreas dos municípios de Quixadá, Quixeramobim, Solonópole, Banabuiú e Jaguaribe.

Além de minerais de emprego industrial, é comprovada a grande variedade de ocorrência de minerais-gemas nessas microrregiões, incluindo quartzos, feldspatos, rubelitas, afrisitas, turmalinas verdes e azuis, fluoritas, ametistas, água-marinhas, dentre outros.

Outros pegmatitos isolados também compõem o arcabouço tipológico, e correspondem a depósitos portadores de minerais-gemas, a exemplo dos pegmatitos de Barriguda na região de Cococi e de Boa Esperança em Tauá. Merecem destaque, também, as várias jazidas de ametista existentes no Ceará, onde se ressalta a de Santa Quitéria (Fazenda Botoque), cujo material gemológico, no que se refere à coloração, rivaliza com os melhores do País.

Os distritos isolados de Icó e Parambu, apesar de pouco explorados, são mineralizados em minerais industriais e gemas, como água-marinha e turmalina.

O distrito pegmatítico de Solonópole-Quixeramobim (DPSQ), considerado o de maior expressividade econômica, localizado na região centro-oeste do Estado do Ceará, abrange uma área de 2.375 km², envolvendo cinco campos pegmatíticos diferentes. O primeiro destes campos, de sul para norte, corresponde ao campo de Nova Floresta-Feiticeiro, situado no muni-

cípio de Jaguaribe, ao sul de Solonópole, depositário, principalmente, de cassiterita e tantalita. O segundo campo a NE de Solonópole é representado por pegmatitos lítio-berilo-tantalíferos, com ocorrência de veios pegmatíticos com fluorita. O terceiro campo pegmatítico, a oeste e noroeste de Solonópole, é o maior detentor de pegmatitos lítio-berilo-tantalíferos do Distrito Solonópole-Quixeramobim. O quarto, denominado de campo de Berilândia-Carnaubinha, detém pegmatitos portadores de berilo industrial, em sua maioria. O quinto campo, chamado de Rinaré-Banabuiú, detém pegmatitos ricos em turmalina e berilo, situado ao norte da cidade de Banabuiú.

Os pegmatitos do Distrito Solonópole-Quixeramobim são de natureza granítica, a maioria heterogêneos, com formas tipicamente tabulares e dimensões variáveis de centenas de metros (pegmatito de Logradouro com 500 m) até dezenas de metros (espessuras raramente superiores a 10 m). São discordantes em relação às encaixantes (biotita-gnaisses e moscovitaxistos), orientados, predominantemente segundo as direções SW-NE e E-W com mergulhos verticais e subverticais. Existem cerca de 200 pegmatitos abertos no distrito de Solonópole-Quixeramobim, destacando-se os de Belém, Belo Horizonte, Bom Jesus, Logradouro, Olho d'água, Poços dos Cavalos, Soledade, Várzea Torta e Lapinha. Este último foi considerado na década passada um dos mais produtivos da região.

O Distrito Pegmatítico Solonópole-Quixeramobim é constituído essencialmente por uma grande variedade de minerais-gemas (turmalina, água marinha e grã-nada) incluindo quartzo, feldspatos e micas. Outros minerais econômicos são: berilo, cassiterita, ambligonita, tantalita, columbita, lepdolita e espodumênio. A Figura 3 mostra a localização desse distrito pegmatítico com os municípios que o constituem.

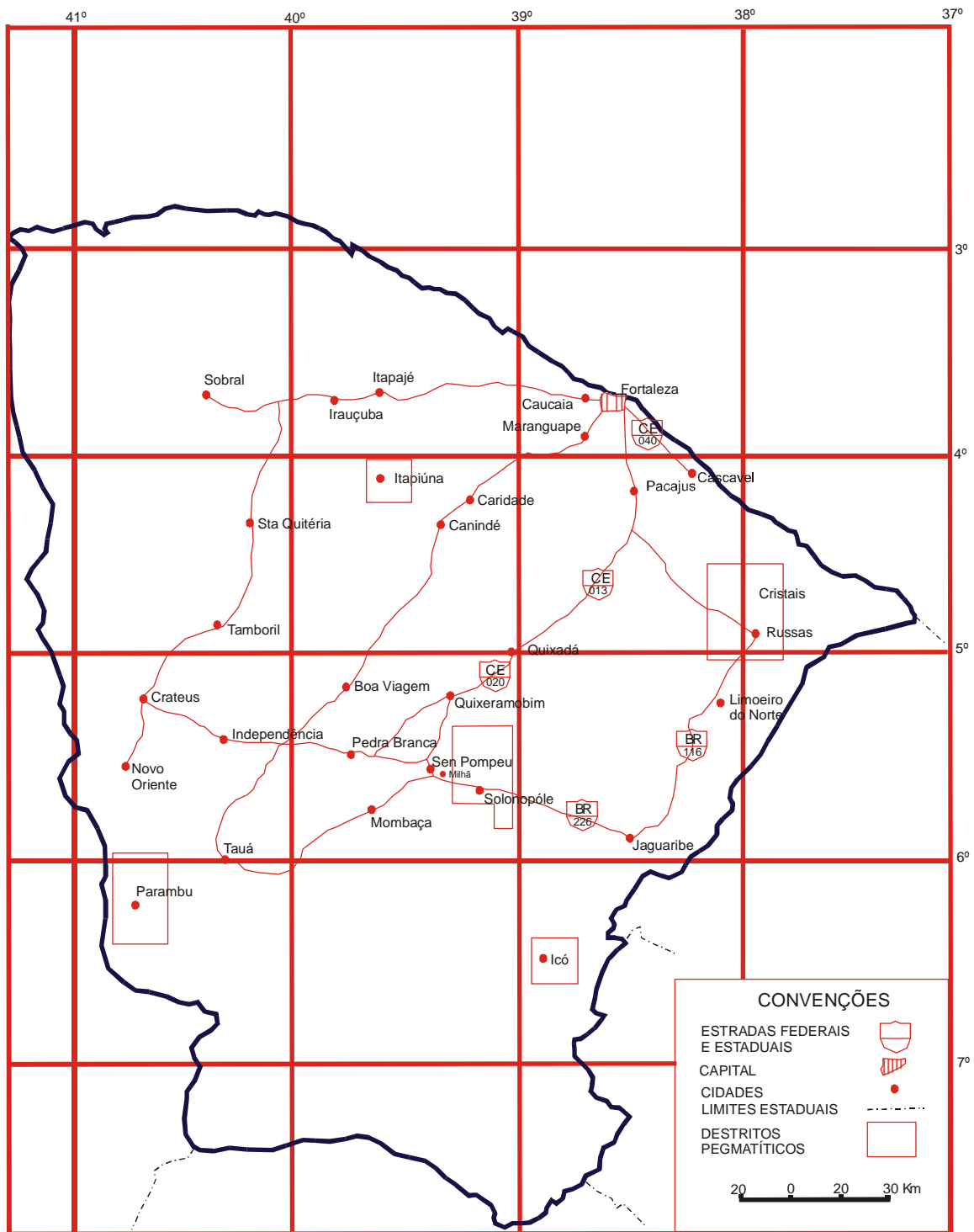


Figura 3 – Mapa de localização das principais ocorrências de pegmatitos no Estado do Ceará.

RESERVAS

A Tabela 1 apresenta as reservas, do Distrito Pegmatítico Solonópole-Quixeramobim, aprovadas pelo DNPM-CE.

Deve se ressaltar que as reservas apresentadas são bastante modestas de

baixo grau de confiabilidade, refletindo ausência de trabalho de prospecção na região. Um outro problema que dificulta estimar o potencial da reserva é o grau de estrago em que se encontra atualmente parte dos corpos lavrados.

Tabela 1 – Reservas de minerais do Distrito Pegmatítico Solonópole-Quixeramobim

SUBSTÂNCIA	RESERVAS (t)		TEOR MÉDIO
	MEDIDA	INDICADA	
Feldspato	38.906	25.191	-
Ambligonita	57	14	8,8% de Li ₂ O
Lepidolita	1.707	2.716	1,5% de Li ₂ O
Mica	1.893	2.568	-
Quartzo	1.229	1.124	-
Berilo	26.128	21.361	10,9% de BeO
Lítio	93.519	68.124	-
Tantalita	365.961	542.426	-

Fonte: DNPM/CE - Dados atualizados até 31/03/04.

ESPECIFICAÇÕES

Quartzo

Os pegmatitos representam uma das fontes naturais de quartzo. Em sua forma nobre de cristalização, tal qual o cristal hialino de uso óptico ou eletrônico (cristal de rocha), o quartzo é encontrado apenas em depósito de pegmatitos e veios com condições geológicas raras e peculiares (Figura 4), mesmo assim, em reduzida proporção com relação ao todo da jazida. Entretanto, os pegmatitos, contêm comumente quartzo leitoso, associado a feldspato, micas e outros minerais. Alguns constituem gemas. O quartzo leitoso proveniente de depósitos pegmatíticos corresponde à parcela significativa da produção total de quartzo e tem sido empregado nas indústrias de vidro, fundição e cerâmica, devido às condições atuais de exaustão de inúmeros outros tipos de depósitos. No Estado do Ceará, os principais depósitos de pegmatitos mineralizados com quartzo encontram-se nos municípios de Solonópole, Russas e Crateús. A pequena produção de quartzo do Ceará é direcionada principalmente

para uma indústria de ferroligas, localizada no município de Banabuiú. Esta indústria, pertencente ao mesmo grupo da Carbomil Indústria Química S/A, sob a denominação de Libra do Brasil S/A, detém áreas na região para exploração do quartzo, além de adquirir matéria-prima de terceiros. É também responsável pela produção de ferro-silício voltada à exportação, tendo como principal comprador os Estados Unidos da América.

Feldspato

O feldspato pertence ao grupo de silicatos de alumínio combinado com sódio, potássio, cálcio e, eventualmente bário. Apesar de ser um dos minerais mais abundantes na crosta terrestre, apenas em pequeno número de depósitos são apropriados para exploração. O feldspato sódico que contém mais de 4% de Na₂O é empregado nas indústrias de vidros, esmaltes e porcelanas. Por outro lado o feldspato potássico que contém menos de 4% de teor de Na₂O é empregado nos diversos segmentos da indústria cerâmica.

No Estado do Ceará, os principais depósitos de pegmatitos com feldspatos estão distribuídos ao longo do Distrito Pegmatítico de Solonópole-Quixeramobim (DPSQ) em centenas de corpos pelos municípios de Quixadá, Quixeramobim, Solonópole e Jaguaribe. O feldspato produzido nesta região é um subproduto de exploração do berilo, ambligonita, espodumênio, tantalita-columbita, micas e gemas. A Tabela 2 apresenta a composição de albitas e feldspatos potássicos do Pegmatito Várzea Torta –DPSQ.

A Figura 4 mostra uma seção esquemática de um dique ou veio de pegmatito cortando um gnaíse.

Mica

Mica é o nome dado ao grupo dos silicatos de potássio hidratados com arranjo cristalográfico em folhas. As micas são classificadas comercialmente, sob dois aspectos: (a) inclusões visíveis; e (b) imperfeições de estrutura e a sua potencialidade de corte em padrões retangulares. Dentre os vários tipos de micas, os minerais mais importantes deste grupo são: moscovita, flogopita, biotita, vermiculita, lepidolita, zinvaldita, roscoelita e fuchisita.

No Ceará, as reservas de micas estão

associadas aos pegmatitos de Solonópole e são constituídas predominantemente pelo mineral moscovita. Os pegmatitos mais aproveitados para lavra da moscovita são aqueles caracterizados por uma boa zonação concêntrica, em volta da zona central do corpo. Quando o pegmatito é fracamente zonado existe uma tendência da moscovita espalhar-se por todo o depósito. A produção do Ceará está localizada nos municípios de Quixeramobim, Russas e Solonópole. A Tabela 3 apresenta a composição de moscovitas do Pegmatito Várzea Torta–DPSQ.

No que diz respeito ao consumo, a mica tipo folha tem sofrido pequeno decréscimo, em função do processo de substituição do produto primário por semi-acabado para a indústria eletroeletrônica. No entanto, a produção mundial de mica do tipo fragmento ou pó aumentou bastante, devido a sua larga utilização na construção civil, como componente de argamassas e materiais de acabamento para construção. Outros dois setores que consomem expressiva quantidade de mica em pó são a indústria de tinta e a petrolífera, em perfurações de poços. No Ceará, no município de Solonópole, o predomínio da produção de mica industrializada pertence ao grupo suíço VPI-Vonroll Isola S/A.

Tabela 2 – Composição de albitas e K-feldspatos do Pegmatito Várzea Torta - DPSQ

MINERAL	COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)										
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	BaO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
Albita	68.458	0.005	19.732	0.013	0.033	0.018	0	0.563	11.217	0.095	100.24
Albita	69.417	0	19.665	0.039	0.009	0	0	0.215	11.493	0.138	101.01
K-Feldspato	64.215	0.069	18.284	0	0	0	0	0	0.782	15.39	98.77
K-Feldspato	64.061	0	18.067	0	0	0.014	0.128	0	0.657	15.4	98.37

Fonte: Leal Neto (2004).

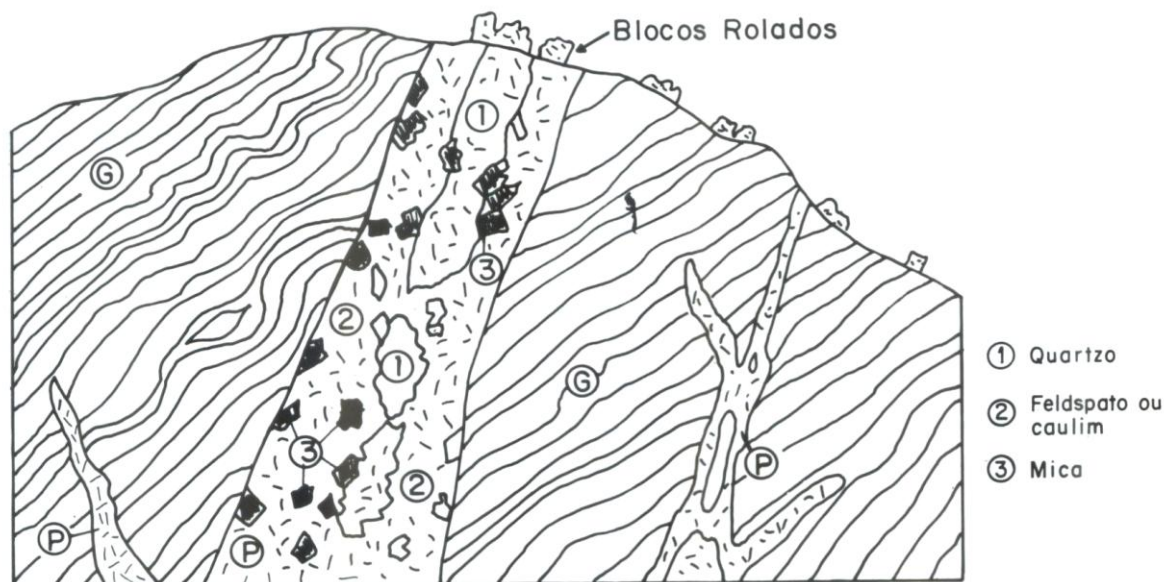


Figura 4 – Perfil esquemático transversal de um típico dique ou veio de pegmatito (P) cortando gnaisse (G). A presença do dique é da ordem de alguns metros.

Fonte: Principais Depósitos Mineraiis do Brasil, v. IV – parte C, DNPM (1997).

Tabela 3 – Composição de moscovitas do Pegmatito Várzea Torta - DPSQ

MINERAL	COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)												
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	F	Cl	BaO	Total
Moscovita	46,575	0,30	30,800	3,519	0,070	1,431	0	0,383	10,83	2,702	0,003	0,288	96,9
Moscovita	46,796	0,24	32,829	2,313	0,116	1,125	0	0,252	11,02	2,492	0	0,153	97,34

Fonte: Leal Neto (2004).

Ambligonita

A ambligonita é, na região, o principal minério de lítio e geralmente ocorre na Zona 3, na vizinhança do feldspato potássico branco, ou inserida em corpos de substituição.

Ocorre como nódulos arredondados de cor branca ou azul esverdeada. De acordo com os resultados das análises químicas constantes na Tabela 4, apresentam valores médios de P₂O₅ de 42,85% e 7,13% de Li₂O, e são pobres em Na, K e Ca.

Na região de Solonópole, os principais minerais associados a ambligonita são microclina, albita e muito co-

mumente fosfatos da série purpurita-heterosita, além de tantalita-columbita e algumas vezes turmalinas tipo elbaita e dravita castanho.

A ambligonita, como principal minério dos pegmatitos do DPSQ, é extraída de maneira rotineira com uma média de produção de 1000 kg/mês/pegmatito, com cerca de 70% dos pegmatitos produtivos. Considerando que até o momento são conhecidos 60 pegmatitos aproximadamente, conclui-se que 42 pegmatitos têm a capacidade de produzir 42.000 kg de ambligonita por mês. Entretanto, com base em dados fornecidos pelos compradores estima-se uma produção mensal de 10.000 kg.

Tabela 4 – Análises químicas de ambligonitas do campo pegmatítico a Oeste e Noroeste de Solonópole

ÓXIDOS (%)	AMOSTRAS				
	1	2	3	4	5
Al ₂ O ₃	36,40	42,10	32,80	31,36	36,20
P ₂ O ₅	49,27	39,64	48,18	47,44	43,54
Li ₂ O	8,56	8,14	8,06	8,13	8,80
Na ₂ O	1,14	-	0,63	0,21	1,16
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	0,55	0,53	1,09	0,44	0,66
MgO	0,16	0,24	0,24	0,71	0,94
SiO ₂	0,00	0,00	-	0,00	0,00
Fe ₂ O ₃	-	-	-	-	-

Fonte: Souza *et al* (1985).

As amostras 1 e 2 são provenientes do pegmatito Algodões III e apresentam coloração azulada;

Amostra 3 é do pegmatito Algodões I e também apresenta coloração azulada;

Amostra 4 é do pegmatito Aroeira;

Amostra 5 é do pegmatito Algodões II.

Espodumênio

O espodumênio encontrado no Distrito Pegmatítico de Solonópole-Quixeramobim ocorre como cristais tabulares prismáticos brancos, geralmente alterados, alongados segundo 001 e achatados segundo 100, com dendritos de manganês. Esses cristais se acham incrustados no núcleo de quartzo (Zona 4) ou em associação espodumênio + quartzo margeando cristais de feldspato potássico branco (Zona 2 e 4).

Os teores em Li₂O se situam entre 6,59 e 7,33% para quatro amostras analisadas, como mostra a Tabela 5.

Berilo

Praticamente todos os pegmatitos são produtores de berilo, o mesmo ocorre

geralmente nas Zonas 3 e 2, dentro de corpos de substituição, ou incrustado em quartzo e feldspato.

Os berilos se apresentam em cristais prismáticos hexagonais, medindo de 1 a 10 cm de comprimento, de cor azul esverdeada.

A produção de berilo possui um comportamento inverso ao do espodumênio, ou seja, existe um acréscimo da produção de berilo quando diminui a de espodumênio. A paragênese mais comum corresponde a berilo + quartzo.

As análises para berilo mostraram um conteúdo de BeO variável entre 10,20% e 13,30%, com baixos valores em Na, Ca e K, o que sugere a geração em uma fase primária de cristalização (Tabela 6.)

Tabela 5 – Análises químicas do espodumênio do campo pegmatítico a Oeste de Solonópole

ÓXIDOS (%)	AMOSTRAS			
	1	2	3	4
SiO ₂	56,90	50,70	52,20	64,90
Al ₂ O ₃	26,54	28,70	26,37	22,58
Li ₂ O	6,90	7,33	6,70	6,59
Na ₂ O	0,54	0,45	0,97	0,79
K ₂ O	-	-	-	-
P ₂ O ₅	0,04	0,08	0,14	0,13
Fe ₂ O ₃	0,20	1,65	0,06	0,09
Umidade	0,27	1,65	0,30	0,21

Fonte: Souza *et al* (1985).

As amostras 1 e 2 são provenientes do pegmatito Soledade;

As amostras 3 e 4 são proveniente do pegmatito Algodões I;

Tabela 6 – Análises químicas de berilos do campo pegmatítico a Oeste e Noroeste de Solonópole

ÓXIDOS (%)	AMOSTRAS			
	1	2	3	4
SiO ₂	59,70	54,80	60,04	62,72
Al ₂ O ₃	25,50	22,30	26,50	22,60
Li ₂ O	0,11	0,28	0,17	0,34
Na ₂ O	0,24	0,34	0,38	0,55
K ₂ O	0,08	0,39	0,12	0,20
BeO	11,84	10,46	10,20	13,30

Fonte: Souza *et al* (1985).

A amostra 1 é proveniente do pegmatito Americano;

A amostra 2 é proveniente do pegmatito Alto do Miguelino;

As amostras 3 e 4 são provenientes do pegmatito Peba.

Tantalita-Columbita

A tantalita-columbita ocorre associada aos corpos de substituição, dentro dos limites da Zona 3, sob forma discóide de 1 a 2 mm de espessura incluso nos feldspatos, ou em grãos maciços de 1 a 2 cm de diâmetro.

Considerando-se a produção dentro do Distrito Pegmatítico Solonópole-Quixeramobim, avalia-se um rendimento em torno de 10 kg/mês/pegmatito, o que totaliza para a área NW de Solonópole, 600 kg de tantalita-columbita por mês.

MERCADO

Os pegmatitos da Província Borborema constituem, atualmente, fonte de suprimento das seguintes substâncias minerais: caulim, feldspato, mica, quartzo (sílica), tantalita/columbita, microlita, espodumênio, berilo e gemas ou peças ornamentais de turmalina, água marinha, cristal de rocha e apatita.

Os minerais industriais, caulim, feldspato, mica e quartzo que vêm assumindo uma posição de importância crescente na mineração dos pegmatitos,

são objeto de estudo de mercado na área do Nordeste Oriental, a título de suporte para manutenção e ampliação dessas atividades. O aumento acentuado na demanda de feldspato pela indústria cerâmica tem incentivado o surgimento na região de novas empresas de mineração.

Segundo o Sumário Mineral – DNPM (2005), a produção brasileira de tantalita/ columbita é estimada com base nas exportações comercializadas para o mercado internacional, sob a forma de concentrados, com teores que variam entre 34 e 35% de Ta_2O_5 . Foi exportada uma média de 271,6 t nos últimos 3 anos, que renderam uma média de US\$ FOB 4,650.30 mil. O preço médio para estes bens atingiu US\$ FOB 17,12/kg. As perspectivas para esses minerais poderão se modificar, em face ao crescente uso de compostos de tântalo na indústria eletrônica e a possibilidade de o Brasil desenvolver a tecnologia do metal.

Os preços de exportação de berilo, em 2004, foram da ordem de 370 US\$/t, na forma bruta, e de 100 US\$/t, como óxido, permanecendo estáveis nos últimos 3(três) anos. A demanda do berilo poderá crescer em função do sucesso da aplicação de ligas de Cu-Be. Entretanto terão de ser superadas as duras restrições da legislação ambiental americana ao seu processamento industrial, em face da geração de gases e poeiras tóxicas.

Não se dispõe de dados oficiais recentes sobre a produção dos minerais do Distrito Pegmatítico Solonópole-Quixeramobim, obtida unicamente por garimpagem. A mesma observação pode ser estendida, também, à sua comercialização.

TECNOLOGIA

Atualmente, para toda a Subprovincia Pegmatítica do Ceará na região, o feldspato vem sendo explotado de forma tradicional, com operações de lavra semi-mecanizada, por garimpeiros, alguns com situação legalizada, e outros atuando

clandestinamente. A Figura 5 mostra a frente de lavra da mina de feldspato do pegmatito de Berilândia.



Figura 5 - Mina de feldspato do pegmatito de Berilândia.

A forma errática de como muitos pegmatitos estão sendo lavrados na Região resulta da adoção de métodos rudimentares de extração em busca de minerais nobres (gemas e tantalita) na qual não ocorre o desmonte integral. Segundo esse esquema, para os pegmatitos ainda intactos, os trabalhos de escavações são iniciados a partir dos afloramentos mais visíveis, normalmente nos altos topográficos. A lavra através do método a céu aberto atinge rapidamente profundidades de cerca de 8 m, a partir daí a cava torna perigosa, com risco de desabamento, uma vez que se forma na frente da lavra um talude com ângulo de inclinação superior a 90°.

Em seguida, é instalado um guincho e construído um poço vertical. As dificuldades e ineficiência no transporte são grandes, principalmente no içamento do minério. O perigo da queda de blocos ao longo das vias de acesso inviabiliza, geralmente, o prosseguimento dos trabalhos ao longo do corpo e em profundidade.

O fator determinante para o sucesso da lavra dos mineiras de pegmatitos, visando seu aproveitamento integral está relacionado ao conhecimento da geologia nos trabalhos de pesquisa mineral e as condições estruturais para o desenvolvimento das frentes de lavra. Sem a

execução prévia de topografia e geologia básica de detalhe torna-se impossível o cálculo das reservas e o planejamento da lavra. Uma característica bastante marcante, nas operações de extração de feldspatos visitados, consiste na inexistência de desenvolvimento do corpo em painéis com preparação para a lavra. Com isso são criados grandes realces logo no início do acesso ao corpo, impossibilitando a lavra integral.

Outro fator quanto ao sistema de transporte consiste no uso de içamento do minério, quando as condições topográficas geralmente favorecem o transporte em nível, ou mesmo descendente.

A lavra é seletiva e consta das seguintes operações: perfuração e desmonte realizados com explosivos, catação e carregamento manuais, transporte para o pátio, muitas vezes com guinchos e carros de mão, estocagem de cada produto em pilhas com distintas granulometrias, de até 400 mm.

A extração de minerais de pegmatitos do distrito mineiro Baixo Jaguaribe-Apodi ocorre informalmente, por garimpagem, não havendo nenhuma área regularizada. No município de Russas são conhecidos depósitos de mica e berilo, cuja produção é pequena e intermitente, sendo paralisada durante o inverno.

A atividade de garimpagem nos pegmatitos do Distrito Pegmatítico Solonópole-Quixeramobim é executada principalmente nos períodos de estiagem (junho a dezembro). Neste distrito existe um grupamento mineiro envolvendo cinco áreas nas localidades da Fazenda Condado e Várzea do Serrote, município de Quixeramobim, cuja concessionária é a Mineração Condado Ltda. Duas concessões de lavra no município de Solonópole, sendo uma na Fazenda Horizonte, cuja concessionária

é a empresa Belo Horizonte Mineração, Exportação, Indústria e Comércio Ltda., com reservas de ambligonita, berilo e tantalita-columbita. Outra concessão está situada na localidade de Soledade, cuja concessionária é a empresa Libra-Ligas do Brasil S/A, com reservas de tantalita, berilo, feldspatos, ambligonita e quartzo.

A Libra é a principal empresa detentora dos direitos minerários da região. Em 2004 produziu, 2.250 toneladas de quartzo, com teor de 97,16% de SiO_2 , que é utilizado na produção de liga ferro-silício. A mineração Condado também possui direitos minerários de turmalina (rubelita e cascalho turmalínifero) em áreas nas localidades da Fazenda Condado e Várzea do Serrote, no município de Quixeramobim. A Figura 6 apresenta o processo de lavagem de cascalho para obtenção de rubelita, na mina do Condado.



Figura 6 - Lavagem de cascalho para obtenção de rubelita na mina do Condado.

Atualmente, por meio de informações coletadas em campo, a produção média mensal de minerais de pegmatitos em regime de garimpagem, no distrito de Solonópole-Quixeramobim, pode ser estimada em 10 t/mês de ambligonita, 600 kg/mês de berilo, 200 t/mês de feldspato e 2 t/mês de tantalita-columbita além de grande quantidade de pedras coradas, as quais mantém um mercado de gemas ativo em toda região central do Estado do Ceará.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTHAUD, M. H. *et al.* Main structural features of precambrian domain from Ceará (NE Brazil). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BASEMENT TECTONICS, 14., 1988, Ouro Preto, MG. **Acts.** International Basement Tectonics Association, Ouro Preto, MG: [s. n.], 1998, p. 84-85.

BARBOSA, H. S. P. **Gênese e caracterização estrutural dos pegmatitos da área de Solonópole-Ceará.** Fortaleza: UFC/CNPq, 1982.

BEZERRA, M. S.; CARVALHO, V. G. D.; NESI, J. R. **Caracterização e mercado dos minerais de pegmatitos da Província da Borborema.** Recife: CPRM, 1994. v. 5. (Série Recursos Minerais).

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Principais depósitos minerais do Brasil.** Brasília: MME/DNPM/CPRM, 1997, v.4, parte B. p.469 – 476.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário mineral brasileiro.** Brasília: 2001.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário mineral.** Brasília: 2005.

JAHNS, R. H. **The study of pegmatites: economic geology**, 1955, 50th Anniver. , p.1025-1130

JOHNSTON Jr., W. D. **Pegmatitos amblygonita-berilo-tantalíferos do Ceará, Nordeste do Brasil.** Rio de Janeiro: DNPM/ Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1945. (avulso, 66).

JOHNSTON Jr., W. D. **Beryl-tantalite pegmatite of Northeastern Brazil.** Bull. of the Geological Society of América, v.56, p. 1015-1070, 1945b.

LEAL NETO, A. **Pegmatito Várzea Torta: caracterização geoquímica e relações com os granitos de anatexia adjacentes.** 2004. 105p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará. Departamento de Geologia. Fortaleza, 2004.

LIMA, M. P. **Aspectos da lavra de feldspato em pegmatitos da Província da Borborema.** 2002. 91p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande. Departamento de Mineração e Geologia. Campina Grande, 2002.

MARINHO, J. M. L. **Contribuição ao estudo dos pegmatitos do Ceará.** Fortaleza: SUDEC, 1971. 104 p. (Relatório Inédito).

MARINHO, J. M. L.; SIDRIM, A. C. G. Estudos gerais dos pegmatitos de Cristais-CE. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NOERDESTE, 10., 1981, Recife. **Atas...** Recife: [s. n.], p. 13-25.

MARQUES JÚNIOR, F. Geologia do Campo Pegmatítico de Berilândia - CE. 1992, 165 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

MARQUES JÚNIOR, F; NOGUEIRA NETO, J. A. Contribuição à Geologia do Campo Pegmatítico de Berilândia -CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992, São Paulo. **Boletim de Resumos Expandidos.** São Paulo: SBG. Núcleo São Paulo, 1992. V.2, p. 53-54.

ROLFF, P. A. M. A. Cassiterita no Vale do Jaguaribe-CE. **Revista da Escola de Minas de Ouro Preto**, Ouro Preto, v. 28, n. 3, p.95-99, 1970.

ROLFF, P. A. M. A. **Contribuição ao estudo de cassiterita no Nordeste**, Rio de Janeiro: DNPM, 1945.

ROLFF, P. A. M. A. **Minerais de pegmatitos da Borborema.** Rio de Janeiro: DNPM, 1946.

SILVA, M. R. R. **Petrographical and geochemical investigations of pegmatites in the Borborema Pegmatitic, Province of Northeastern Brasil.** 1993. 305p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de

Geologia. Recife, 1993.

SOUZA, E. M. *et al.* **Projeto levantamento de recursos minerais do Estado do Ceará.** – áreas pegmatíticas, Recife: CPRM, 1973, v. 1,2 e 3. Relatório Final.

SOUZA, J. V. *et al.* **Pegmatitos litiníferos da região oeste de Solonópole.** Fortaleza: FINEP/UFC, 1985, 109 p.

MINERAIS DE ARGILA

JOSÉ FERREIRA DE SOUSA¹
IRANI CLEZAR MATTOS²
MARIA ANGÉLICA BATISTA LIMA³
MARCELO DE FREITAS MEDEIROS⁴

Os minerais de argila, sob denominação genérica de “argilo-minerais”-silicatos hidratados de alumínio contendo Mg, Fe, Na e K – são utilizados principalmente na indústria de cimento e cerâmica e também em vários outros segmentos industriais, tais como: lubrificantes, fundição, filtro para óleo combustível, defensivos agrícolas, borrachas, aglomerantes, abrasivos, “madeira mineral”, tintas e vernizes, perfumes, velas, sabões, mina para lápis, agredados leves, refratários, etc.

Os argilo-minerais mais comuns são caulinita/haloisita, illita e montmorillonita, enquanto as “impurezas” (às vezes também componentes úteis, dependendo do uso) mais freqüentes são o quartzo, mica, feldspato, óxidos de ferro, carbonatos e matéria orgânica. As características tecnológicas mais importantes das argilas são: granulometria fina, cor de queima, refratariedade e plasticidade, dentre outras propriedades mais específicas como, por exemplo, tixotropia e CTC-capacidade de troca de cátions.

Existem várias classificações para as argilas, sendo mais comum a “utilitária” baseada na cor da queima e na refratariedade: argilas para cerâmica vermelha, argilas para cerâmica branca, argilas refratárias e argilas especiais. WELLS (1969) classifica e subdivide as “argilas” em: caulim, argilas para a cerâmica branca (caulínicas, “ball-clays”), argilas refratárias (caulinílicas, “fire-clays”), bentonitas (montmorillonílicas), argilas

de composição variada (illita, caulinita e montmorillonita).

Por suas qualidades especiais e versatilidades, a argila representa um elemento de destaque no grupo dos minerais industriais, concorrendo e competindo em praticamente todos os ramos da indústria moderna.

O Brasil dispõe de importantes jazidas de argila para uso cerâmico, cuja produção está concentrada, principalmente nas regiões Sudeste e Sul, onde estão localizados os maiores pólos cerâmicos do País. A abundância desta matéria-prima, o grande potencial do mercado interno de materiais para a construção civil (em função do déficit habitacional existente) e a disponibilidade de tecnologia de fabricação tem colocado o segmento de revestimentos cerâmicos em posição de destaque tanto no âmbito da indústria brasileira de cerâmica como da internacional.

Dentre as diversas substâncias minerais consumidas pelo setor cerâmico, destacam-se as argilas de queima vermelha ou argilas comuns que respondem pelo maior consumo. Especialmente são utilizadas na cerâmica vermelha e de revestimento, às vezes constituindo a única matéria-prima da massa. Tais argilas são caracterizadas como matérias-primas de baixo valor, fato este que não viabiliza o seu transporte a grandes distâncias, condicionada a instalação de unidades industriais mais

¹ Especialista em Valorização Mineral e Pesquisador da Fundação Cearense de apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP

² Doutora em Geologia e Geóloga do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI

³ Doutora em Geologia e Pesquisadora da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP

⁴ Geólogo do Serviço Geológico do Brasil - CPRM

próximos possíveis das jazidas. Por isso, geralmente, os depósitos são lavrados a céu aberto – método simples, de baixo custo – dando-se preferência aos depósitos de terraços aluviais.

As reservas de argila para cerâmica vermelha são de grande porte e distribuem-se, praticamente, por todas as regiões do país. O Estado do Ceará destaca-se, na região nordeste, como detentor do maior número de empresas do Setor, possuindo cerca de 310 indústrias cerâmicas, assim distribuídas: nos municípios de Russas (86), Caucaia (17), Limoeiro do Norte (12), Alto Santo (10), Aquiraz (10), Crato (11), São Gonçalo do Amarante (8), Beberibe (7), Barreira (7), Cascavel (7), Maranguape (6), Canindé (6), Palhano (6), Itapajé (5), Maracanaú (5), Quixeré (5), Guaiúba (5) e Chorozinho (5) e outros municípios com menos de cinco indústrias cerâmicas (92).

Levando-se em conta que a maioria dos pólos produtores está localizada no interior dos estados, entre áreas urbana e rural, pode-se dizer que a indústria ceramista é responsável por boa parte da mão de obra retida fora das grandes cidades e capitais do Nordeste, sendo, portanto, considerado um segmento de importância econômica local e regional.

O Centro de Estratégias de Desenvolvimento, órgão da Secretaria de Planejamento do Estado, em recente levantamento catalogou os principais pólos produtores de cerâmica do Ceará: Litoral Norte e Ibiapaba, Litoral Nordeste e Baixo Jaguaribe e Centro-Sul. Os principais municípios produtores são: São Gonçalo do Amarante, Aquiraz, Caucaia, Pacatuba, Russas, Alto Santo e Iguatu.

MODO DE OCORRÊNCIA

As argilas são produtos do intemperismo e/ou decomposição de rochas que contêm, principalmente, feldspato. São for-

madas por silicatos hidratados de alumínio, ferro, metais alcalinos e alcalinos terrosos, denominados “argilo-minerais”, e geralmente fundem em temperatura acima de 1300 °C.

Essas matérias-primas apresentam alto teor de impurezas. Sua composição mineralógica é uma mistura de argilo-minerais de caulinita, illita, esmectita, matéria orgânica e minerais acessórios como quartzo, mica, carbonatos e outros. Ocorre também uma apreciável quantidade de compostos de ferro, que resultam da oxidação destes compostos presentes ou liberados pela argila durante a queima. Estes são responsáveis pela cor vermelha característica nos produtos finais.

O tipo de rocha original influencia consideravelmente o produto argiloso final, muito embora o ambiente deposicional também tenha relevante importância para a definição das qualidades físico-químicas da argila, como plasticidade, expansividade, tonalidade etc. Estas qualificações definem sua aplicabilidade industrial e artesanal.

Segundo Medeiros (2003), as argilas ocorrem em diferentes ambientes geológicos de sedimentação e de deposição. São classificados em quatro tipos de depósitos: depósitos de planícies aluviais, lacustres, lagunares e associados.

Os depósitos de planícies aluviais são de argilas recentes que ocorrem, de forma restrita, em terraços, várzeas de rios e riachos, configurando extensas planícies de inundação. As camadas de argila oriundas dos depósitos aluvionares são, via de regra, de coloração que varia de cinza escura a esverdeada, constituindo um nível bem definido com cotas elevadas de 2 a 4 metros acima do leito do rio. São normalmente, pouco arenosas, com impurezas orgânicas e ferruginosas. Abaixo da camada argilosa ocorre, comumente, uma camada de areia grossa, indicativa de um paleocanal do rio.

Os tipos lacustres são depósitos de argilas de pequeno porte, utilizadas em pequena escala na indústria de cerâmica vermelha, principalmente em olarias. Estes depósitos ocorrem em lagoas de água doce, rasas, intermitentes, com formas circulares e/ou elipsoidais e de tamanhos variáveis. Os depósitos lagunares situam-se próximos da orla litorânea e, periodicamente, são invadidos pelas águas do mar e alimentados continuamente por águas fluviais.

Nas regiões semiáridas, os depósitos de argilas se formam na quadra invernal. Conseqüentemente, os jazimentos estão relacionados às enchentes e se localizam nas várzeas dos rios e na foz dos tributários secundários. Desta forma, essas argilas são, predominantemente, do tipo secundária (detritica) isto é, foram transportadas, até o seu local de deposição e são relativamente jovens (holocênicas), servindo para a fabricação de cerâmica vermelha comum, também denominada cerâmica estrutural: a parte da cerâmica que engloba todos os produtos que apresentam cor vermelha após a queima.

Na faixa litorânea, os depósitos de argilas ocorrem associados tanto aos terraços aluviais dos rios e riachos como às lagoas. Os depósitos de argilas da Região Metropolitana de Fortaleza são exemplos de depósitos formados nesse ambiente. De acordo com Oliveira e Medeiros (1975), apresentam-se, geralmente, em forma de lentes, com espessura média variando de 0,30 a 1 m. Encontram-se assentados sobre sedimentos arenoargilosos, mal selecionados e micáceos da *Formação Barreiras*.

Segundo dados do projeto "Levantamento do Potencial de Substâncias Minerais de Emprego Imediato na Construção Civil da Região Metropolitana de Fortaleza" CEMINAS (1986), as camadas de argilas aluvionares apresentam espessura média de 1,40 m nos rios Ceará e São Gonçalo, variando, respectivamente, de 0,20 a 4,30 m e de 0,20 a 3,80 m de espessura. No rio Pacoti, camada argilosa apresenta espessura média de 0,90 m

(Fazenda Itaúba, em Pacatuba) e 1,70 m (Riachão, em Aquiraz), variando, respectivamente, de 0,30 a 1,80 m e de 0,50 a 3,0 m de espessura.

ESPECIFICAÇÕES

As argilas, com raríssimas exceções, são espécies minerais complexas devido às suas mais variadas condições geológicas de formação. Desta forma, podem variar na composição mineralógica qualitativa ou quantitativa dos argilos-minerais (cristalinos ou amorfos). Os componentes não-argilominerais, cristalinos (silicatos, hidróxidos, óxidos, carbonatos, nitratos, sulfatos e sulfetos) ou amorfos (ácidos silícicos, hidróxidos, ácido húmico e humatos) também podem variar qualitativa e quantitativamente. As argilas, por terem dimensões coloidais, revelam diferenças apreciáveis nas propriedades físico-químicas, tais como: capacidade de troca de cátions, natureza dos cátions trocáveis, distribuição granulométrica das partículas, área específica, potencial eletrocinético, viscosidades de suspensões, plasticidade e outras. Essas diferenças levam a propriedades tecnológicas diversas, tanto para aplicação nas indústrias cerâmicas, quanto para outros segmentos industriais que utilizam essa matéria-prima em seus processos.

Segundo Santos (1975), os principais fatores que controlam as propriedades de uma determinada argila são:

- Composição mineralógica dos constituintes argilominerais e não-argilominerais e a distribuição granulométrica das partículas.
- Teor em eletrólitos quer dos cátions trocáveis, quer de sais solúveis.
- Natureza e teor de componentes orgânicos.
- Características texturais da argila, tais como forma dos grãos de quartzo, grau de orientação ou paralelismo das partículas argilominerais, silicificação e outros.

Caracterizar uma argila visando sua aplicação tecnológica é conhecer a variabilidade de suas propriedades, o que não é uma tarefa simples, pois necessita do emprego de técnicas elementares (como a de medir propriedades físico-mecânicas) e técnicas mais complexas (como análise química e troca de cátions) e até de mais sofisticadas (como microscopia eletrônica de transmissão ou de varredura).

De acordo com Santos (1975), caracterizar preliminarmente argilas para utilização tecnológica significa determinar experimentalmente as seguintes propriedades:

- **Textura**

É um termo macroscopicamente compreensivo para a argila “sólida”. É consequência da distribuição granulométrica, das formas das partículas constituintes, da orientação das partículas umas em relação às outras e das forças que unem as partículas entre si.

- **Composição Mineralógica**

É avaliada através de análise por difração de raios X, análise química e análise térmica diferencial, além de outros métodos como comparativo de cor no estado natural e após a queima e identificação dos componentes não-cristalinos.

- **Íons Trocáveis**

São determinadas: a capacidade de troca de cátions (CTC) total, natureza dos cátions trocáveis, CTC dos argilo-minerais, CTC de matéria orgânica, sais solúveis, ânions adsorvidos, cátions orgânicos e complexos “argila + materiais orgânicos”.

- **Propriedades Micromeríticas**

Determina-se a granulometria em peneiras até 325# (abertura de 44 µm), e também a distribuição granulométrica até 2 µm ou menos, área específica, forma das

partículas isoladas, forma dos aglomerados no estado natural e porosidade aparente e real.

- **Sistema Argila+Água**

Neste sistema são avaliadas a plasticidade, dispersões coloidais, defloculação e floculação de dispersões coloidais e as propriedades reológicas.

- **Propriedades Físico-mecânicas (em função da temperatura)**

Métodos de conformação: manual, prensada, extrudada e colada; retração de secagem e tensão de ruptura (a 110°C) e após queima a 950°C, 1.250°C e 1.450°C; massa específica aparente, absorção de água e porosidade aparente após queima a 950°C, 1.250°C e 1.450°C; massa específica real e porosidade total após secagem (a 110°C) e após queima a 950°C, 1.250°C e 1.450°C e refratariedade ou cone pirométrico equivalente.

- **Propriedades Tecnológicas Especificadas (mensuradas em laboratório)**

Avalia-se a aplicabilidade ou utilização como cargas, enchimento, elemento ligante, agente descorante e catalítico, como pigmento, abrasivo e agente de suspensão.

Pelo conhecimento dos valores medidos, geralmente de um conjunto dessas propriedades, é possível prever, com bastante segurança, a utilização da argila nos diversos processos industriais.

As argilas para cerâmica branca constituem o principal componente da massa cerâmica destinada à fabricação de louça, porcelana, azulejos e louças sanitárias. A principal finalidade, além da cor, é a de conferir plasticidade e resistência mecânica à massa crua. Em geral contém pelo menos 80% em peso de caulinita (+ illita + montmorilonita e impurezas), 80% < 2

μ e baixos teores em elementos corantes (Fe,Ti) além de elevada resistência mecânica a 1.250°C.

Algumas variedades especiais, como as montmorilonitas originam-se em ambientes específicos e formam jazidas na superfície ou subsuperfície. Os processos de beneficiamento são simples, exceto para aquelas que exigem técnicas especiais de preparação (branqueamento, lixiviação, ativação, etc.)

As argilas para cerâmica vermelha são mais comuns, sendo ricas em ferro, álcalis, matéria orgânica e água. Do ponto de vista mineralógico, são constituídas predominantemente por caulinita e illita e por uma porcentagem variável de componentes não-argilosos. Elevadas porcentagens de caulinita são indesejáveis, pois tornam a argila refratária. Apresentam ponto de fusão na faixa de 1.000°C a 1.200°C. São matérias-primas minerais abundantes nos aluviões e baixadas (taguás) ou em unidades de rochas sedimentares (folhelhos, argilitos, etc.)

As especificações desejáveis destas matérias-primas vêm sendo alteradas em função das inovações tecnológicas pelas quais a indústria de revestimentos cerâmicos vem passando. Os principais impactos na indústria de minerais cerâmicos são a necessidade de uma cuidadosa caracterização dos materiais a serem utilizados e a constância dessas características permitindo a reprodutibilidade do processo.

Brusa *et al.* (1996) definem os fatores determinantes da qualidade dos revestimentos cerâmicos como sendo:

- Tipologia da massa (vermelha ou branca);
- Número de componentes na massa;
- Tamanho máximo produzido;
- Resistência mecânica;
- Número e complexidade das decorações;
- Correspondência às normas.

A Tabela 1 mostra comparações entre qualidade dos revestimentos, sob vários aspectos, o tipo de massa e o custo de produção. Pode-se atribuir à classe inferior os produtos constituídos por massas simples, normalmente vermelhas, formadas de um único componente, com pouca decoração e que não apresentam conformidade com as normas de qualidade. Por outro lado, à classe superior pertencem os produtos fabricados com massas de composição de mais de um componente, com muitas decorações, operações de acabamento e atendimento às normas de qualidade sobre todos os aspectos (Brusa *et al.*, 1996).

Verifica-se também a importância da quantidade e da diversidade de matérias-primas utilizadas na composição da massa do corpo cerâmico, uma vez que, de modo geral, os produtos apresentam tanto melhor qualidade quanto maior é o número de insumos minerais diferentes que compõe a sua formulação.

A Tabela 1 mostra, também, os diversos parâmetros técnicos que podem ser obtidos variando-se os insumos minerais da massa, iniciando com um produto constituído com um tipo único de argila – no caso argila vermelha, de custo baixo – até um corpo branco formado por quatro constituintes, com um custo maior, porém com melhores características técnicas e estéticas.

A Tabela 2 apresenta as possíveis composições para os corpos vermelhos e brancos produzidos pelo processo de monoqueima rápida que, com a evolução nos processos de fabricação, exigiram novas qualificações das matérias-primas constituintes do corpo. As principais exigências às novas condições de queima são:

- Diminuição do percentual de minerais argilosos;
- Eliminação das fases gasosas (carbonatos e água);
- Introdução de materiais inertes e complementares para a diminuição da retração.

Os revestimentos cerâmicos podem ser classificados em três grandes grupos: os porosos, os vitrificados ou greisificados e os porcelanatos. Para cada tipo de produto que se pretende produzir, atendendo aos fatores determinantes da qualidade e de

custo, tem-se uma composição de massa, que, por sua vez, pode apresentar variações percentuais para cada um dos componentes. A Tabela 2 apresentada também as composições da massa do corpo dos pisos para monoqueima.

Tabela 1 - Classificação da qualidade dos revestimentos cerâmicos e suas características

CLASSIFICAÇÃO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cor do corpo	Verm.	Verm.	Verm.	Verm.	Verm-Bran.	Verm-Bran.	Branco	Branco	Branco	Branco
Nº de componentes	1	1	Máx. 3	Máx. 3	Máx. 3	Máx. 3	Min. 4	Min. 4	Min. 4	Min. 4
Tamanho máx. do revestimento (cm)	20x20	20x20	30x30	30x30	30x30	30x30	Sem limite	Sem limite	Sem limite	Sem limite
Resistência mecânica	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Atendimento às normas				Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Complexidade da decoração	X	X	X	XX	XX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX
Classes de escolha (Seleção)	0	0	0	Máx. 3	Máx. 3	Máx. 3	Máx. 3	Min. 3	Min. 3	Min. 3
Custo de produção U\$/m ²	1	1,5	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20

Fonte: Brusa *et al* (1996).

Tabela 2 - Composição da massa do corpo dos pisos para monoqueima

COMPONENTES	CORPO VERMELHO			CORPO BRANCO
Argilas vermelhas	100	70-80	50-70	
Argilas brancas				20-30
Argilas caulínicas				10-20
Areia quartzosa			10-20	
Chamote		0-10		
Feldspatóides			10-30	40-50
Feldspato				0-10
Rochas efusivas		10-20		
Parâmetros Técnicos				
Pressão kg/cm ²	140-200	160-220	180-250	250-350
Temperatura de queima	1.090-1.120	1.090-1.120	1.120-1.160	1.170-1.200
Ciclo de queima (min)	30-45	30-45	45-50	35-45
Absorção de água (%)	7-10	5-8	3-6	2-6
Contração (%)	3-4	3-4	6-7,5	5-6,5
Módulo de ruptura kg/cm ²	150-200	200-300	300-350	350-400

Fonte: Brusa *et al* (1996)

RESERVAS

Depósitos de argilas são encontrados em, praticamente, todo o Estado do Ceará. Maior desenvolvimento de exploração ocorre nos pólos ceramistas da Região Metropolitana de Fortaleza, Itaitinga, Sobral, Iguatu, Crateús, Crato, Juazeiro do Norte, Aracati, Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte e Russas. Este último é o mais ativo.

As áreas mais importantes da Região Metropolitana de Fortaleza estão associadas às bacias dos rios Pacoti, São Gonçalo e Ceará, distribuídas nos municípios de Aquiraz, Fortaleza, Eusébio, Pacatuba, Caucaia, Maracanaú, Maranguape e Guaiúba, onde estão cadastrados 48 depósitos de argilas em atividade de exploração.

A maioria dessas reservas conhecidas estão situadas nas proximidades de centros urbanos dotados de boa infraestrutura (energia elétrica, água, vias de acesso à capital e estados vizinhos).

Apesar da cadeia produtiva da indústria de cerâmica ser largamente difundida em praticamente todo o Estado do Ceará e ser esta uma opção para o desenvolvimento sustentável da região sertaneja, as reservas de argilas ainda não são inteiramente conhecidas. Os estudos realizados até o presente envolveram apenas os principais depósitos próximos aos centros urbanos.

No Estado do Ceará, as principais fontes são aluviões e eluviões recentes dos principais rios e lagoas. Segundo Medeiros (2003), de modo geral, as argilas estudadas apresentam *in natura* cores variáveis entre o cinza e o vermelho, eventualmente esverdeadas, esbranquiçadas e até azuladas. Sua plasticidade também é variável, dominando o tipo de plasticidade média. Excepcionalmente, algumas apresentam índice de plasticidade elevado (argila gorda).

A análise mineralógica dessas argilas, por difração de raios X, identificou os argilominerais caulinita, esmectita (montmorilonita), illita (rara), quartzo e eventualmente feldspato. Nos depósitos fluviais, o domínio da montmorilonita sobre a caulinita foi mais freqüente.

Os ensaios tecnológicos preliminares revelaram, em sua maioria, cores de queima entre o cinza e o marrom escuro. Em algumas amostras, observou-se dilatação dos corpos de prova após queima e, em outras, elevada resistência a cru.

Segundo Braga *et al.* (1977), os caulins residuais oriundos dos pegmatitos do Ceará, têm, de modo geral cor branca à branca-amarelada, granulação fina à média, são friáveis e, geralmente, com baixo teor em ferro. Apresentam, macroscopicamente, impurezas de sílica, palhetas de moscovita e, eventualmente, afrisita e columbita/tantalita. No entanto, alguns desses corpos mostram bolsões de caulim de elevada pureza, de cor branca, brilho sedoso, macio ao tato e granulação fina, não aparentando impureza alguma.

Os estudos realizados através de análises químicas e ensaios tecnológicos preliminares sugerem o uso das argilas do Ceará para indústria da cerâmica vermelha. Dentro desse contexto, os artefatos cerâmicos mais produzidos são a telha, principalmente, e o tijolo, seguidos de bloquetes, combogós, manilhas, blocos cerâmicos, lajotas para piso e revestimentos vidrados. Contudo, há indícios de que a cerâmica cearense poderá ser usada também em agregados leves e em moldes para fundição, a depender de outros ensaios específicos (Medeiros *op. cit.*).

Algumas argilas de lagoas da faixa litorânea apresentaram indícios para aproveitamento na indústria da cerâmica branca e como material sílico-refratário.

O projeto "Levantamento do Potencial de Substâncias Mineraias de Emprego Imediato na Construção Civil da Região Metropolitana de Fortaleza" (CEMINAS, 1986) calculou uma reserva aproximada de 62 milhões de metros cúbicos de argilas nos rios Ceará, São Gonçalo e Cauípe.

Através de consultas bibliográficas (SOSP-CE/CPRM, 1973; Moraes e Campos, 1973; Oliveira e Medeiros, 1975; Ferreira *et al.*, 1975; CEMINAS, 1986; e Ribeiro *et al.*, 1999) estima-se uma reserva da ordem de 572 milhões de metros cúbicos de argila para o Estado do Ceará.

Contudo, os dados oficiais das reservas de argilas do Estado estão muito aquém daqueles avaliados nos projetos de pesquisas supracitados. A Tabela 3 mostra os quantitativos das reservas oficiais de argila comum e plástica e de caulim do Estado do Ceará através do Anuário Mineral Brasileiro - DNPM (2001), última publicação oficial.

As áreas de minerais de argilas cearenses oficializadas no DNPM estão regularizadas sob o regime de licenciamento. Apenas 3(três) áreas, localizadas em Sobral, Pacatuba e Aquiraz, já detiveram concessões de lavra.

Os dados de reservas oficiais disponíveis se referem apenas aos municípios

de Pacatuba e Aquiraz, de acordo com o Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Fortaleza (1998):

- Riachão, Pacatuba: 900.000 t medidas
- Faz. Itaúba, Aquiraz: 535.680 t medidas

Segundo Braga *et al.* (1977), as reservas de caulins citadas na Tabela 3 referem-se aos caulins residuais dos pegmatitos localizadas nos municípios de Guaramiranga e Pacoti, na serra de Baturité, e em Aracoiaba e Cascavel, os quais estão abandonados e quase todos eles, aparentemente, em estado de exaustão.

No entanto, climas úmidos pretéritos parecem ter contribuído para a formação de outros jazimentos caulínicos. Trata-se das ocorrências de caulim residual encontradas nos municípios de Campos Sales e Martinópolis. A jazida de Campos Sales, originada de tufo vulcânico, encontra-se em processo de lavra destinada à fabricação de cimento. A reserva medida do vulcanito está avaliada em 4.383.308 t.

O caulim de Martinópolis é oriundo do intemperismo de filitos da Formação Santa Terezinha (Grupo Martinópolis) e sua reserva é ainda desconhecida. Não há estudos quantitativos nem qualitativos, mas alguns ensaios laboratoriais preliminares sugerem seu aproveitamento industrial (Medeiros *et al.*, 2003).

Tabela 3 - Reservas de argilas do Estado do Ceará

SUBSTÂNCIA MINERAL	RESERVA (t)		
	MEDIDA	INDICADA	INFERIDA
Argila comum e plástica	19.423.525	7.644.243	951.075
Caulim	138.065	-	-
TOTAL	19.561.590	7.644.243	951.075

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, DNPM (2001).*

* Última publicação oficial

Ainda fazem parte do elenco dos materiais cerâmicos, outras rochas de granulometria fina oriundas das argilas, quais sejam: argilito, folhelho, ardósia e filito.

As ardósias estão situadas próximas à Vila Ubaúna, município de Coreaú (Formação Caiçaras), e a Cococi, no município de Parambu (Formação Cococi).

Os argilitos e folhelhos já são explotados nos sedimentos da chapada do Araripe (Formações Santana e Brejo Santo) e podem ser encontrados também nas bacias sedimentares de Jaibaras, Iguatu, rio do Peixe, Cococi etc (Medeiros *op. cit.*).

MERCADO

As ardósias, argilitos, folhelhos e filitos, quando moídos, podem ser utilizados como matéria-prima cerâmica ou como suplemento na blendagem da argila para produção de artefatos cerâmicos comuns ou na formação de pastas para vidrados cerâmicos.

No Ceará, a opção alternativa do uso dessas rochas argilosas como material cerâmico é ainda pouco conhecida. Tradicionalmente, a ardósia tem sido usada em revestimento de paredes e pisos, existe indústria cerâmica que utiliza esse material, em estado intemperizado na fabricação de pisos e revestimentos esmaltados.

Quanto ao uso do filito, já houve uma modesta experiência nesse sentido no Ceará. Na década de 1980, o filito de Martinópole foi usado na fabricação de azulejos pela Indústria de Azulejo do Ceará (IASA). Ensaios tecnológicos preliminares desse filito sugeriram a possibilidade de seu uso como suplemento da matéria-prima usada na barbotina (pasta cerâmica) de artefatos da indústria cerâmica branca e na indústria de material refratário, segundo Medeiros (*op. cit.*). O filito não possui plasticidade. No entanto tem sido usado como fundente cerâmico melhorando o ponto de cozimento.

A argila extraída dos depósitos aluvionares é utilizada como matéria-prima na indústria de cerâmica vermelha, para fabricação de telhas, tijolos, pré-moldados, manilhas, etc. Esses produtos são bem aceitos no mercado de Fortaleza, o principal centro consumidor.

Segundo o Projeto Diatomito/Argila (Oliveira e Medeiros, 1975), os ensaios tecnológicos realizados em vários depósitos de argila lacustre, distribuídos nos municípios de Fortaleza, Caucaia, Aquiraz, Itaitinga, Pacatuba e Eusébio, revelaram características compatíveis para a utilização em cerâmica vermelha (tijolos, telhas, etc.), em cerâmica branca (azulejos, louças e pisos) e em agregados leves. Neste caso, está ainda dependente de análises específicas.

Em nenhum dos depósitos de argila lacustre cadastrado existe extração de material. Na década de 70, ocorreu extração informal em algumas lagoas para utilização na indústria de cerâmica vermelha.

Nos rios São Gonçalo e Cauípe, a atividade de exploração e aproveitamento de argila é bastante intensa. Várias indústrias cerâmicas se instalaram, para fabricação, especialmente, de tijolos e telhas.

Num mesmo pólo, a matéria-prima bruta pode ser igual para todas as empresas. É um diferencial o conhecimento científico que se adquirir sobre esta argila. Isto é possível mediante assessorias técnicas que, a partir de análises e resultados químicos, levam a empresa a conhecer melhor a composição da argila e, com isso, fazer melhor uso dela.

As aplicações dos minerais de argilas são consideradas abrangentes pela infinidade de usos na indústria. Estas aplicações podem ser reunidas em três gerações de grupos, tendo como base suas características tecnológicas e custos. A Figura 1 apresenta um fluxograma esquemático dos diversos usos dos minerais de argila agrupados.

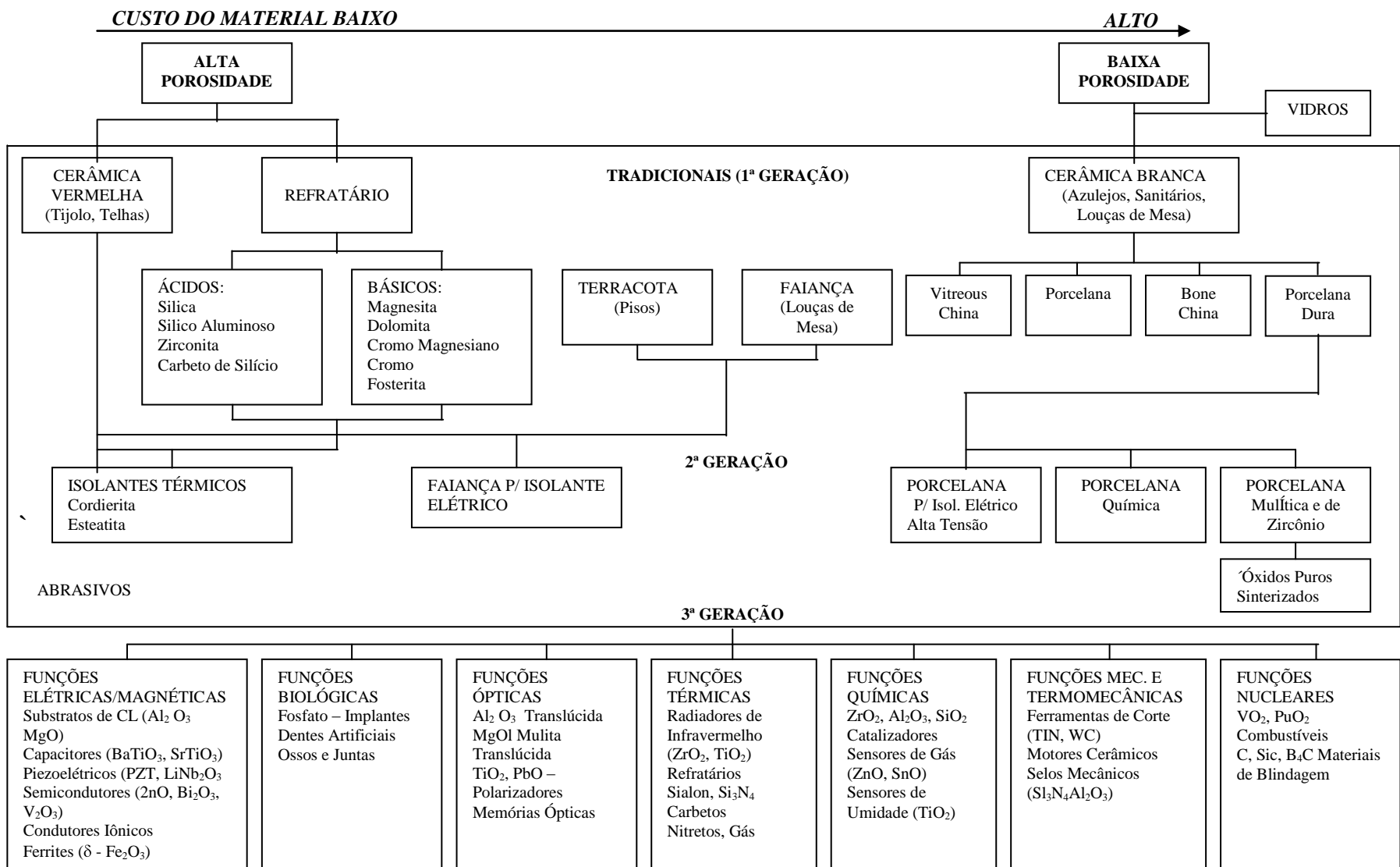


Figura 1 – Fluxograma esquemático dos diversos usos dos minerais de argila agrupados com base em suas características tecnológicas e custos.

Fonte: Lucena (1999).

TECNOLOGIA

A extração da argila no Estado do Ceará é, ainda, um tanto rudimentar, sendo feita pelos proprietários de olarias (fábricas de telhas e tijolos) sem critérios técnicos de seleção de melhores áreas e/ou de argila.

As empresas utilizam, na sua maioria, o método de extração a céu aberto em grandes extensões de terreno. Com auxílio de retroescavadeira de variados modelos, de acordo com o poder aquisitivo das empresas, são executadas cavas fechadas sem controle técnico (seleção de áreas) de profundidades de até 3 metros.

Apesar de as empresas extraírem a argila em minifúndios próprios, utilizam grandes extensões de área, sem controle

de qualidade da própria argila, gerando grande impacto ambiental no que se refere à retirada da cobertura vegetal e da capa de material orgânico.

No período de chuvas, os trabalhos de extração são suspensos e as empresas utilizam a argila anteriormente estocada e devidamente coberta.

Com relação ao processo industrial dos minerais de argilas para obtenção de produtos de cerâmica vermelha (telhas e tijolos), o processo é bastante simples. A Figura 2A apresenta um fluxograma esquemático com as operações unitárias de uniformização da massa, conformação, secagem e queima. A Figura 2B mostra uma foto aérea da Cerâmica Torres Ltda, localizada no município de Sobral-CE.

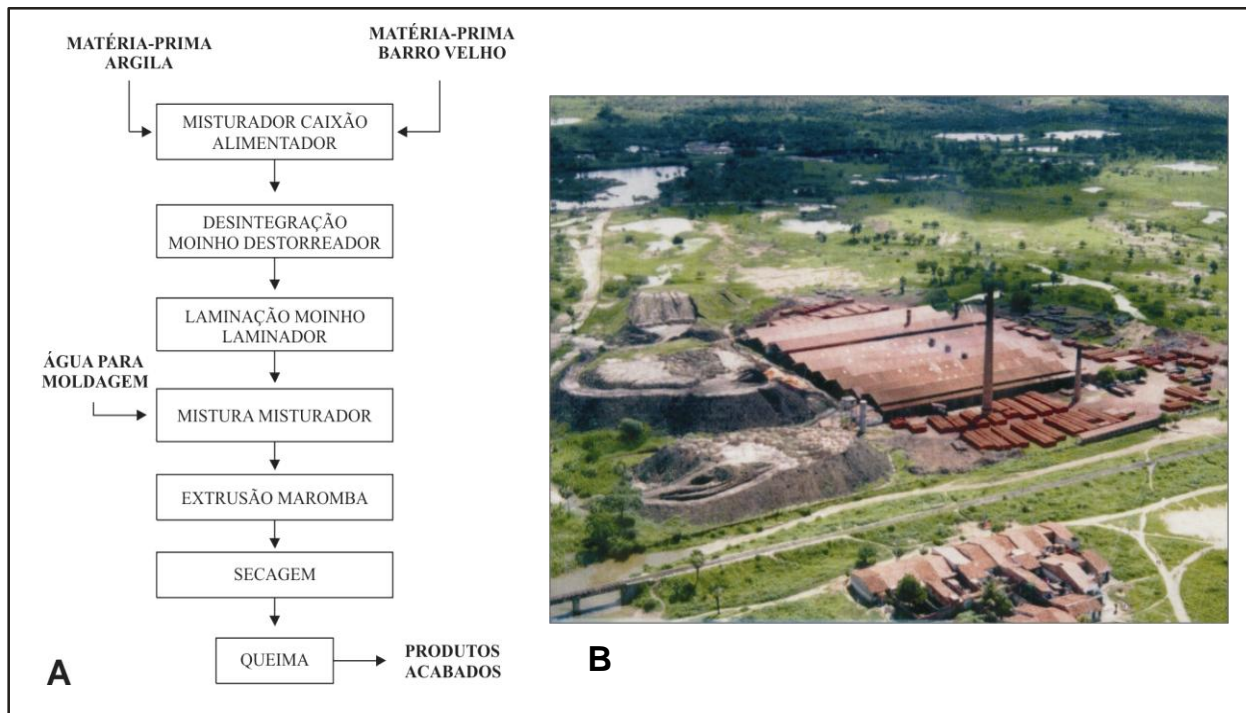


Figura 2 – (A) Fluxograma esquemático das etapas do processo industrial de produtos de cerâmica vermelha. Figura 2 – (B) Vista panorâmica da indústria cerâmica Torres Ltda., no município de Sobral-CE.

A estrutura produtiva das matérias-primas minerais no Estado do Ceará, consumida pelo segmento de revestimentos cerâmicos, é constituída por pequenas

empresas, que apresentam, entre outras características, condições rudimentares de lavra e de beneficiamento. Deste modo, não há uma produção concentrada em em-

preendimentos de tamanho adequado, de modo a permitir uma economia de escala, mais apta ao desenvolvimento tecnológico. Em conseqüência, a produção local desses minerais, além de não manter uma homogeneidade de características, apresenta preços, em geral, maiores que os praticados em outras regiões do país.

No Ceará, o setor cerâmico destaca como o produto principal a produção

de telhas e tijolos, gerando cerca de 7.700 empregos diretos, com a capacidade de produção mensal superior a 51.000 milheiros de telhas, 49.000 milheiros de tijolos e de 8.000 milheiros de peças cerâmicas.

Esses dados ressaltam a relevância da produção de telhas no Estado, produto de maior valor agregado do que o tijolo de enchimento comum.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGA, A. P. *et al.* **Projeto Fortaleza**. DNPM/CPRM, Recife, v.1-4, 1977. Relatório Final.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Plano diretor de mineração para a Região Metropolitana de Fortaleza**. Brasília: 1998, 192p.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília, 2001.

BRUSA, A. *et al.* Análise comparativa dos modernos processos de produção dos revestimentos cerâmicos com particular ênfase aos sistemas de preparação das massas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 40, 1996, Criciúma, SC, **Anais...** São Paulo: [s. n.], 1996.

CEARÁ. Governo do Estado. **Levantamento do potencial de substâncias minerais de emprego na construção civil da Região Metropolitana de Fortaleza**, Fortaleza: CEMINAS, 1986, 30p. Relatório Final e Mapa.

FERREIRA *et al.* **Projeto diatomito/ argila**, Recife: SUDENE/CPRM, 1975, v.I. Relatório final.

LUCENA, S. M. P., **Gestão tecnológica em cerâmica**. Fortaleza: NUTEC/UFC, 1999, 35p. Material didático.

MEDEIROS, M. F., **Mapa de potencial mineral para não-metálicos da Região**

Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: CPRM, 1994, 35p. Texto explicativo.

MEDEIROS, M. F.; LIMA, M. A. B.; SILVA, R. J. Filitos cerâmicos de Martinópolis (CE). **Revista de Geologia**. Fortaleza, v. 16, n. 1, , p. 49-62, nov. 2003 .

MEDEIROS, M. F. **Aspectos geológicos dos depósitos de argilas do Ceará**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MINERAÇÃO, MEIO AMBIENTE E QUALIDADE DE VIDA, 3, 2003, Fortaleza: : [s. n.], 2003.

MORAES, J. F. S.; CAMPOS, M. **Projeto levantamento dos recursos minerais do Estado do Ceará**. Programa Minerais Industriais. Recife: CPRM/ Governo do Estado do Ceará, 1973, v. 1. Relatório Final.

OLIVEIRA, J. C.; MEDEIROS, M. F. **Projeto diatomito/argila**, Recife: SUDENE/CPRM, 1975, v.II e III. Relatório Final.

RIBEIRO *et al.* **Perfil econômico do setor mineral do Cariri**. Fortaleza: CPRM/ Banco do Nordeste, 1999, 69p.

SANTOS, P. S. **Tecnologia de argilas, aplicada às argilas brasileiras**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1975, v.1, 340p.

WELLS, J. R. Clays, em **“Minerals Yearbook 1969”**, Washington: U. S. Bureau of Mines, U. S. Department of the Interior, 1970. v. III, p. 287.

AGREGADOS

IRANI CLEZAR MATTOS¹
MARIA ANGÉLICA BATISTA LIMA²
FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL³
EDUARDO BONGIOLO ZANIBONI⁴

Os agregados, representados por areias, cascalhos e pedras britadas, estão entre os recursos naturais mais abundantes e uma das principais fontes de insumos utilizadas na construção e nas indústrias que utilizam processos avançados (áreas química e metalúrgica). Estes materiais podem ser classificados levando-se em conta a origem, a densidade e o tamanho dos fragmentos.

Quanto à origem, são denominados naturais quando provenientes de jazidas minerais sendo extraídos diretamente na forma de fragmentos, como pedregulhos e areias; e artificiais quando derivados de resíduos industriais ou resultantes de processamento industrial do tipo fragmentação/cominuição como a pedra britada, a areia pó-de-pedra, escórias de autoforno, cinzas voláteis, concreto reciclado, resíduos urbanos e agregados leves. Nesta definição, observa-se que o termo artificial é empregado quanto ao modo de obtenção e não com relação ao material em si. Não obstante o baixo valor dos produtos *in situ*, os agregados naturais são um importante indicador do bem-estar econômico de uma nação.

Quanto à densidade, os agregados podem ser subdivididos em: leves (pedra-pomes, vermiculita, argila expandida, etc.); pesados (barita, magnesita, limonita, etc.) e normais (areias, pedregulhos e pedras britadas). Contudo, neste capítulo serão abordados somente os agregados normais.

Quanto ao tamanho dos fragmentos são dadas, a seguir as definições e especificações de agregados segundo as normas Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), (NBR: 7225 e 7211):

- Agregado – material natural de propriedades adequadas obtido por fragmentação artificial de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 100 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm (Tonson-1994 e Mason-1994).
- Agregado graúdo – pedra britada ou brita ou pedregulho muito grosso, grosso e médio, de dimensões nominais entre 100,0 mm e 4,8 mm.
- Agregado miúdo – pedregulho fino, pedrisco grosso, médio e fino, areia grossa, média e fina, de dimensões nominais entre 4,8 mm e 0,075 mm.
- Areia – material natural, de propriedades adequadas, de dimensão nominal máxima inferior a 2,0 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm (Hermann-1992).
- Areia grossa – aquela compreendida entre 2,0 e 1,2 mm.
- Areia média – aquela compreendida entre 1,2 e 0,42 mm.
- Areia fina – aquela compreendida entre 0,42 e 0,075 mm.
- Pedra britada numerada – pedra de tamanho definido, obtida por peneiramento, tendo por limites as aberturas nominais de duas peneiras consecutivas, entre as quais se consideram calibrados os seus fragmentos.

¹ Doutora em Geologia e Geóloga do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI

² Doutora em Geologia e Pesquisadora da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP

³ Doutor em Engenharia de Minas e Pesquisador do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM

⁴ Engenheiro de Minas e Consultor Autônomo

- Pedra britada – material proveniente da britagem de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 100 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 4,8 mm (Mccarl-1994, Ribeiro-1989 e Pinheiro-1989).
- Pedregulho – material natural inerte, de forma arredondada, de dimensão nominal máxima inferior a 100 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 2,0 mm.
- Pedregulho muito grosso – aquele compreendido entre 100 a 50 mm. Pedregulho grosso – aquele compreendido entre 50 e 25 mm.
- Pedregulho médio – aquele compreendido entre 25 e 4,8 mm.
- Pedregulho fino – aquele compreendido entre 4,8 e 2,0 mm.
- Pedrisco – material proveniente da britagem de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 4,8 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm.
- Pedrisco grosso – aquele compreendido entre 4,8 e 2,0 mm.
- Pedrisco médio – aquele compreendido entre 2,0 e 0,42 mm.
- Pedrisco fino – aquele compreendido entre 0,42 e 0,075 mm.
- Pó-de-pedra – material proveniente da britagem de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 0,075 mm.

Na Tabela 1 estão apresentados os limites granulométricos dos agregados miúdo (areia) e graúdo (brita) definidos pela ABNT (NBR 7211).

Segundo o Sumário Mineral – DNPM (2005), no ano de 2004 foram produzidos 316 milhões de toneladas de agregados para a construção civil. Deste total, 129 milhões de toneladas são representados por pedras britadas e 187 milhões de toneladas por areia. O Estado de São Paulo é o principal produtor, respondendo por, aproximadamente, 33% da produção nacional. Outros grandes estados produtores são Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

AREIAS

Areia é um termo que apresenta muitas definições. Menciona-se areia como material detrítico composto por fragmento de mineral ou de rocha de tamanhos que, de acordo com a escala de Wenworth, variam de 0,0625 até 2 mm. Divide-se granulometricamente em **areia fina** (> 0,0625 e < 0,25 mm), **areia média** (> 0,25 mm e < 1 mm) e **areia grossa** (> 1 mm e < 2 mm). As areias são definidas como depósitos detríticos silicosos compostos, principalmente, por partículas de quartzo, mas a composição química e mineralógica dessas partículas pode variar dependendo da origem orgânica, química, vulcânica ou clástica.

As areias naturais, divididas em areias grossas e areias finas ou vermelhas, conforme suas características físico-

químicas, são empregadas como agregados miúdos na construção civil, usadas nas indústrias de vidro, metalurgia, cimento, fertilizantes, defensivos agrícolas, abrasivos, de refratários e de meios filtrantes e outros.

As areias artificiais são subprodutos resultantes da lavra de pedreiras e das unidades de britagem, sendo utilizadas como matéria-prima para a produção de concreto betuminoso e pré-moldados. Estes materiais se devidamente processados podem substituir a areia natural, sendo uma prática comum nos Estados Unidos e países da Europa. No Brasil, 5 a 10% do mercado de areia já são supridos com finos de pedreiras de britas, com previsão de crescimento nos próximos anos.

Tabela 1 - Especificações de agregados graúdos e miúdos (NBR 7211).

Especificação		Agregado Miúdo (Areia)				Agregado Graúdo (Brita)					
		Zona 1 Muito Fina	Zona 2 Fina	Zona 3 Média	Zona 4 Grossa	0	1	2	3	4	
Granulometria	% passante acumulado	63,5 mm								0 - 30	
		50,8 mm							0	75 - 100	
		38,1 mm								0 - 30	90 - 100
		32,0 mm							0	75 - 100	95 - 100
		24,4 mm						0	0 - 25	87 - 100	
		19,0 mm						0 - 10	75 - 100	95 - 100	
		12,7 mm					0		90 - 100		
		9,5 mm					0 - 10	80 - 100	95 - 100		
		6,3 mm	0 - 3	0 - 7	0 - 7	0 - 7		92 - 100			
		4,8 mm	0 - 5 ^A	0 - 10	0 - 11	0 - 12	80 - 100	95 - 100			
		2,4 mm	0 - 5 ^A	0 - 15 ^A	0 - 25 ^A	5 ^A - 40	95 - 100				
		1,2 mm	0 - 10 ^A	0 - 20 ^A	10 ^A - 25 ^A	30 ^A - 70					
		0,6 mm	0 - 20	21 - 40	41 - 65	66 - 85					
		0,3 mm	50 - 85 ^A	60 ^A - 85 ^A	70 ^A - 92 ^A	80 ^A - 95					
		0,15 mm	85 ^B - 100	90 ^B - 100	90 ^B - 100	90 ^B - 100					
0,075 mm											
Mat. pulverul.	(% em peso)		≤ 3,0	≤ 3,0	≤ 3,0	≤ 3,0	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	
Mat. friável	(% em peso)		≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	
Mat. orgânica	cor										
Abrasão	(% em desgaste)					≤ 50,0	≤ 50,0	≤ 50,0	≤ 50,0	≤ 50,0	
Reatividade	mét. químico		inócuo	inócuo	Inócuo	inócuo	inócuo	inócuo	inócuo	inócuo	
Reatividade	método físico expansão máx. %	3 meses	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05
		6 meses	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10
		12 meses									

(A) Pode haver uma tolerância de até um máximo de 5 unidades de por cento em um só dos limites marcados com a letra A ou distribuídos em vários deles.

(B) Para agregado miúdo resultante da britagem este limite poderá ser 80.

Fonte: Os autores

MODO DE OCORRÊNCIA

Em função da sua origem e dos processos naturais de transformação, as areias ou depósitos arenosos podem se formar em vários domínios geológicos, através de rochas sedimentares, das rochas metamórficas e das rochas ígneas (plutônicas e vulcânicas). A transformação dessas rochas em areia dependerá de vários fatores, como o grau de consolidação, a intensidade de intemperismo a que estas rochas possam estar expostas e a composição química e mineralógica que estas rochas apresentam.

A produção de areia se caracteriza pelo grande volume extraído e baixo valor, onde o transporte corresponde, aproximadamente, a 2/3 do preço final do produto. Isto impõe a necessidade de extraí-la o mais próximo possível do mercado consumidor, que são os aglomerados urbanos.

De acordo com o Sumário Mineral Brasileiro do DNPM (2005), 70% da areia é produzido em leitos de rios e 30% nas várzeas. Destacam-se como os principais pólos de produção de areia as regiões do Vale do Rio Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo, que responde por cerca de 25% da produção paulista e 10% de toda a produção nacional. Outros estados produtores são: Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

No Distrito Mineiro Grande Fortaleza, as extrações de areia podem ocorrer tanto no canal ativo quanto nos terraços aluviais dos principais rios afluentes. Os depósitos em exploração estão associados às bacias dos rios São Gonçalo, Ceará e Pacoti, distribuídos nos municípios de Aquiraz, Caucaia, Pacatuba, Fortaleza, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape e Guaiúba. Os depósitos são formados, de modo geral, por areias médias e grossas, de cor creme, em associação com cascalhos e argilas.

As ocorrências de areia fina estendem-se ao longo da faixa litorânea da Região Metropolitana de Fortaleza, principalmente nos municípios de Caucaia, Aquiraz e Eusébio e, com menos intensidade, em Fortaleza, devido à grande ocupação urbana. Os depósitos de areia fina dessa área estão relacionados às dunas do Quaternário e aos sedimentos fluviais terciários da *Formação Barreiras*, que se caracteriza por uma fácies sedimentar de coloração avermelhada, com textura que varia de fina a média, podendo chegar a grânulos.

As áreas com potencial para areia fina ou areia vermelha estão associadas à porção mais distal da sedimentação fluvial da *Formação Barreiras*, onde os depósitos são menos argilosos e, via de regra, ocorrem sobrepostos por depósitos de paleodunas e dunas.

As areias finas quaternárias foram definidas como relacionadas às dunas móveis e paleodunas, estando bem caracterizadas tanto pelas estruturas quanto pela morfologia. É muito restrita a extração desse material - areia branca de duna -, tendo sido constatada somente na localidade de Jereberaba, onde era misturada à areia vermelha da *Formação Barreiras*, para se diminuir o teor de argila do material a ser comercializado.

No Distrito Mineiro Baixo Jaguaribe – Apodi, a areia é proveniente dos depósitos quaternários de dunas, paleodunas e rios, para utilização na construção civil.

ESPECIFICAÇÕES

A areia quartzosa é o tipo mais comum e, devido as suas características básicas, podem ser amplamente utilizadas. Suas principais características são:

- Distribuição granulométrica - a areia, por ser um material granular, situado numa faixa granulométrica bastante

- ampla, pode ser desdobrada em faixas adequadas a cada uso.
- Forma dos grãos - dependendo do desgaste natural sofrido desde a sua liberação na rocha fonte, transporte e sua deposição final (e eventos posteriores), são classificados em angulares e arredondados e irregulares a esféricos. A forma dos grãos pode variar de um local para outro numa mesma jazida; essa característica é importante, pois aplicações diversas requerem formas diferentes de grãos.
 - Porosidade e permeabilidade – relacionadas com o tamanho e a forma dos grãos, distribuição granulométrica e compactação.
 - Composição química - influi não só na cor (quando a cor pode ser considerada como critério de pureza), como também no seu desempenho na maioria das aplicações. A composição química pode variar de uma jazida para outra, devido a contaminantes minerais presentes, que é função de todos os fatores e processos envolvidos na formação da jazida.

Por serem, na grande maioria das vezes, constituídas por grãos de quartzo, as areias apresentam, ainda, inércia química (o quartzo é pouco susceptível a reações químicas), fonte de sílica (o quartzo é sílica pura), refratariedade (o quartzo tem ponto de fusão relativamente elevado) e resistência mecânica (característica própria do quartzo).

O emprego das areias nos diferentes processos industriais requer análises e ensaios de caracterização tecnológica específicos, normalizados de acordo com a ABNT. No caso específico da utilização de areia vermelha como agregado miúdo para argamassas, sugere-se a realização dos seguintes ensaios:

- Determinação da composição granulométrica dos agregados (NBR-7217).
- Determinação da massa específica por meio do frasco de Chapman (NBR-9776).
- Determinação do teor de materiais pulverulentos (NBR-7219).
- Avaliação de impurezas orgânicas (NBR-7220).

RESERVAS

Os principais depósitos de areia fina da faixa litorânea da Região Metropolitana de Fortaleza, bem como as principais áreas de extração, regularizadas ou não, se encontram nas seguintes localidades:

- Iguape, Prainha, Tapera, Lagoa do Encantado, CE-04 e Miguel Dias, em Aquiraz.
- Pirapora, Garrote e Iparana, em Caucaia.
- Água Fria, Sabiaguaba, Jereberaba, Precabura, Cofeco e Cidade 2000, em Fortaleza.
- Mangabeira, no Eusébio.

As ocorrências de areia fina que se estendem ao longo da faixa litorânea da Região Metropolitana de Fortaleza estão regularizadas sob regime de licenciamento, não existindo dados oficiais de reservas destes depósitos. As concessões de lavra e relatórios finais de pesquisa aprovados referem-se apenas aos depósitos de areia grossa.

Os principais depósitos de areia grossa estão associados às bacias dos rios São Gonçalo, Ceará, Pacoti e Choró, que embora estejam localizados fora da Região Metropolitana de Fortaleza, constitui importante fonte de areia grossa para o mercado consumidor. Existem, ainda, reservas e atividades de extração de areia grossa no Distrito Mineiro do Baixo Jaguaribe – Apodi.

MERCADO E TECNOLOGIA

O mercado de areia no Estado do Ceará é direcionado, basicamente, à construção civil (incluindo edificações, estradas, pontes, viadutos, etc.), onde é comercializada em maior volume, em torno de 90%. Para a fabricação de vidro, em torno de 10%, exige-se uma areia mais selecionada, com altíssimo teor de quartzo.

Os grandes depósitos de areia grossa, lavrados na Região Metropolitana

de Fortaleza, são extraídos utilizando-se sistema mecanizado composto por pá carregadeira sob pneus e caminhões ou escavadeira sob esteira e caminhões. A extração de areia grossa mecanizada ocorre também no rio São Gonçalo, distrito de Sítios Novos, em Caucaia.

Em alguns casos, como em extrações no rio Ceará, são feitas escavações de verdadeiras galerias sob a camada de argila, sem nenhuma técnica de contenção, tornando a exploração de altorisco.

PEDRAS BRITADAS

A pedra foi usada, primeiramente, na forma bruta ou pouco trabalhada. Neste tipo de uso, os fragmentos eram justapostos, para erigir paredes, pilares ou colunas e pavimentos. Ao se aproveitarem fragmentos poliédricos e valer-se da rugosidade de suas superfícies, garantia-se um coeficiente de atrito mínimo para se alcançar a estabilidade do conjunto. Quando as formas eram arredondadas, utilizando-se ligantes primários naturais como o carbonato, obtido a partir de conchas marinhas moídas ou calcinadas, misturado com óleos vegetais ou animais. Em edificações monumentais, as rochas mais macias eram trabalhadas manualmente e as peças assumiam funções estruturais e estéticas.

O advento do cimento Portland, um poderoso aglutinante, e a evolução da tecnologia do concreto associada à tecnologia do aço, proporcionaram um rápido desenvolvimento da tecnologia da construção. A rocha passou, então, a participar das construções por meio de fragmentos provenientes de britagem, atendendo às exigências dessa nova tecnologia sob a denominação de agregados graúdos (pedras britadas).

De acordo com o Sumário Mineral-DNPM (2005), os tipos de rochas

utilizadas na produção de pedras britadas são: granito e gnaiss - 85%; calcário e dolomito - 10% e basalto e diabásio - 5%. O Estado de São Paulo responde por cerca de 33% da produção nacional. Outros importantes estados produtores são: Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Nos grandes centros urbanos predominam as pedras britadas, enquanto nas cidades menores se utilizam mais freqüentemente pedregulhos e seixos. As pedras britadas freqüentemente se constituem de granitos, gnaisses, basaltos e calcários cristalinos, ou seja, rochas de maior dureza que passam pelos processos de britagem e classificação como etapas principais de beneficiamento.

MODO DE OCORRÊNCIA

A pedra britada, como a areia, se caracteriza pelo baixo valor e grande volume produzido, onde o transporte responde por cerca de 2/3 do preço final do produto, o que impõe a necessidade de produzi-la o mais próximo possível do mercado consumidor (os aglomerados urbanos).

Geralmente os grandes centros consumidores encontram-se em regiões geologicamente favoráveis à existência de depósitos de boa qualidade. Contudo, a urbanização crescente é o maior problema para o aproveitamento das reservas, uma vez que inviabiliza importantes jazidas ou restringe a extração.

O modo de ocorrência dos depósitos de pedras britadas é geralmente em serras de fácil acesso, formadas por rochas de origem ígnea e/ou metamórficas, que, por condições geológicas desfavoráveis, não podem ser utilizadas como produtos mais nobres, por exemplo, no mercado de rochas ornamentais. No Estado do Ceará, embora quase todo o seu terreno geológico seja composto predominantemente por rochas cristalinas datadas do pré-cambriano, as indústrias de extração de pedras britadas estão localizadas na Região Metropolitana de Fortaleza, nos municípios de Caucaia, Itaitinga e Eusébio, distando aproximadamente, 40 km do centro consumidor.

ESPECIFICAÇÕES

As pedras britadas possuem diversos tipos de utilização, de acordo com os diferentes tamanhos. Sob a denominação genérica de pedras britadas são comercializados os seguintes produtos:

Britas - britas ou agregados graúdos são utilizados para designar materiais graduados com dimensões entre 4,8 e 152 mm, ou qualquer dimensão ou faixa dentro destes limites. As especificações das britas são fornecidas basicamente pela norma NBR7225. A Tabela 2 ilustra os principais tipos de britas e suas especificações conforme a norma e sua utilização no mercado. Em outras aplicações como rodovias, ferrovias e barragens, propriedades e especificações diferentes são requeridas.

Pó de pedra - usualmente refere-se ao material resultante da britagem e classificação de rochas com granulometria inferior a 4,8 mm. Quando devidamente classificados, podem ser enquadrados como agregados miúdos ou, popularmente denominados, areia.

Rachão - produto de britagem sem classificação granulométrica.

Pedra de alvenaria - produto de detonação, marruado até dimensões da ordem de 20 a 40 cm, blocos toscos.

A qualidade das pedras britadas depende das propriedades intrínsecas à natureza da rocha da qual provenieram e da resistência mecânica decorrente. As propriedades intrínsecas são o tipo e a quantidade relativa dos minerais e seu arranjo, que resultam sua textura e estrutura. Além disto, deve ser considerada a eventual presença de minerais secundários (decorrentes da alteração da rocha) e de deletérios (potenciais causadores de reações diversas e indesejáveis no meio onde se inserem), assim como o grau de porosidade e a capacidade de absorção d'água (que decorrem tanto do arranjo como do estado de alteração dos minerais).

A resistência mecânica dos agregados também depende dos parâmetros de natureza (por ser influenciada pela granularidade dos minerais e seu estado de alteração), da porosidade, da textura e da estrutura da rocha. A estrutura influencia, por sua vez, também o formato dos agregados. Outras propriedades de interesse são a distribuição granulométrica e a massa unitária que, além dos parâmetros de natureza da rocha, dependem do processo adotado na sua produção. A adesividade a ligantes betuminosos é outra propriedade influenciada pela natureza da rocha. As características técnicas dos agregados pode ser determinada por meio de ensaios tecnológicos normatizados.

Tabela 2 – Ilustração dos tipos de britas de acordo com a Norma ABNT 7225 e sua utilização no mercado.

PRODUTO		ABNT 7225	GRANULOMETRIA		MERCADO	UTILIZAÇÃO
			MM	POLEGADA		
	Brita	Graduação 3	50	2"	Brita 2 Grande	Pisos, Pilares, Grandes Peças de Concreto e Sumidouros
	Brita	Graduação 3	37,5	1 1/2"	Brita 2 Pequena	Pisos, Pilares, Grandes Peças de Concreto e Sumidouros
	Brita	Graduação 2	32	1 1/4"	Brita 1 Grande	Pisos, Pilares, Vigas, Grandes Peças de Concreto e Sumidouros
	Brita	Graduação 2	25	1"	Brita 1 Pequena	Pisos, Pilares, Vigas, Peças de Concreto e Concreto Bombeado
	Brita	Graduação 1	19	3/4"	Brita Zero	Pilares, Vigas Pré-Moldados Peças de Concreto e Concreto Bombeado
	Brita	Graduação 0	12,5	1/2"	Pedrisco	Vigas, Pré-Moldados Peças de Concreto e Concreto Bombeado
	Brita		9,5	3/8"	Cascalho	Vigas, Pré-Moldados Peças de Concreto e Concreto Bombeado
	Pó de Pedra		>4,5	>3/16"	Pó de Pedra	Vigas, Pré-Moldados Peças de Concreto e Concreto Bombeado
Brita Corrida	Brita Corrida		Todas as granulométrias		Brita Corrida	Asfalto e Base Pavimento
Pedra	Pedra		300	12"	Alvenaria	Calçamento e Alicerce
Areia Grossa	Areia Grossa		>2,5		Areia Grossa	Conc. e Argamassas
Areia para Aterro	Areia				Areia	Aterro
Barro	Barro				Barro	Aterro

Fonte: OCS (Orlando Carneiro de Siqueira) Mineração e Empreendimentos.

As normas da ABNT adotadas para atender à qualificação dos agregados graúdos são: apreciação petrográfica (NBR 7389), densidade, porosidade e absorção (NBR 6458 e 9937), reatividade potencial (NBR 9771, 9773 e 10340), adesividade (NBR 12583 e 12584), alterabilidade (NBR 7702, 12696 e 12697), massa unitária (NBR 7251 e 7810), forma (NBR 6954 e 7809), resistência ao impacto (NBR 8938), à abrasão (NBR 6465), ao esmagamento (NBR 9938) e à compressão uniaxial (NBR 6953). Estas normas são categorizadas pela ABNT como métodos de ensaio que, como tais, prescrevem procedimentos ou diretrizes para serem determinadas as propriedades de interesse.

Dentre outros tipos de normas existem as denominadas especificações. Este tipo de norma apresenta os requisitos qualitativos e quantitativos que podem auxiliar a avaliação da qualidade dos agregados. Para agregados a serem utilizados em concretos há NBR 7211; em pavimentos rodoviários, as NBR 7174, 11803, 11804, 11806, 12559, 12564 e 12948 e em lastro ferroviário, a NBR 5564.

RESERVAS

Segundo o Anuário Mineral Brasileiro-DNPM (2001), última publicação oficial, as reservas brasileiras de pedras britadas totalizam cerca de 7 bilhões de metros cúbicos, disponíveis em maior quantidade nos estados de São Paulo, Alagoas e Minas Gerais e, em menor escala, nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Goiás, Santa Catarina, Ceará e Bahia.

No Estado do Ceará, os principais jazimentos de pedras britadas estão em, sua maioria, localizados em serras próximas aos principais centros consumidores de brita, que possuem forte

indústria de construção civil. Cerca de 90% da pedra britada está sendo extraída das seguintes localidades:

- Serra de Itaitinga – Município de Itaitinga
- Serra da Aratanha – Morro da Munguba - Município de Maracanaú
- Serra do Juá – Município de Caucaia
- Serra da Conceição – Município de Caucaia
- Serra do Camará – Município de Caucaia
- Serra de Maranguape – Município de Maranguape
- Serra de Cararu – Município de Eusébio

Existem outros centros de produção, no Estado, localizados em regiões geologicamente e comercialmente favoráveis como: a região do Crato, Quixadá, Canindé/Caridade, Camocim, Forquilha, Sobral e Coreaú.

MERCADO

Os principais usos das pedras britadas e aplicações podem ser assim resumidos (Frazão e Frascá, 2002):

- Concretos de cimento Portland - Onde respondem por grande parcela da resistência mecânica, pela economia de cimento e pela minimização das variações de volume.
- Pavimentos betuminosos - Onde contribuem para resistência, pela melhoria das condições de rodagem dos veículos e, também, das condições de conforto e segurança.
- Lastros ferroviários - Onde respondem, principalmente, pela estabilidade dos dormentes e pela flexibilidade da via.
- Enrocamentos de barragens e de aterros viários - Onde contribuem, principalmente, como proteção contra erosões.

Para atender, de modo plenamente satisfatório, aos requisitos exigidos para esses usos, os agregados graúdos devem apresentar elevado grau de sanidade mineralógica e baixa alterabilidade, alto grau de cubicidade e elevada resistência mecânica.

O mercado em foco corresponde à área geográfica denominada Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), que compreende os municípios de Pacatuba, Eusébio, Guaiúba, Fortaleza, Caucaia, Maranguape, Maracanaú e Aquiraz, com maior enfoque nas áreas circunvizinhas ao empreendimento.

Tal opção se justifica pelo processo de regionalização das vendas que vem ocorrendo nos últimos anos devido principalmente aos custos do transporte. Atualmente, o transporte custa cerca de R\$10,00/m³ para distâncias de até 35 km; para distâncias maiores, o valor cresce proporcionalmente. Este valor pode representar, em alguns casos até 50% do valor final dos produtos.

O custo de frete tem sido fortemente influenciado pela dificuldade de movimentação das cargas dentro de áreas urbanizadas, algumas delas sujeitas a horários específicos de entrega. Há um encarecimento em função do tempo despendido e das dificuldades existentes.

O volume físico de produção e consumo de brita foi determinado através de informações estatísticas publicadas e levantamentos efetuados junto aos produtores.

As principais fontes consultadas foram o Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Fortaleza (1998) e o Anuário Mineral Brasileiro-DNPM (2001). Foram consultadas também as projeções realizadas pelo Sindicato das Indústrias de Extração e Beneficiamento

de Rochas para Britagem no Estado do Ceará (SINDIBRITA/ CE) bem como os estudos elaborados por órgãos regionais de desenvolvimento, como Banco Nordeste e a SUDENE.

Segundo o Anuário Mineral Brasileiro – DNPM (2001), última publicação oficial, a produção cearense de pedra britada foi da ordem de 2,2 milhões de metros cúbicos. Os dados contidos neste anuário referem-se ao total do Estado, não havendo informações individualizadas por região ou município. Desta forma, foi necessário estabelecer a participação percentual representada pela região metropolitana na produção estadual. Segundo os levantamentos efetuados, esta participação corresponde a 90%. Este fato deve-se principalmente a grande parte das pedreiras do interior do Estado não estarem legalizadas, tendo sua produção desconsiderada nas estatísticas oficiais. Soma-se ainda à produção registrada no Anuário Mineral Brasileiro, uma produção marginal, não declarada, equivalente a 20% da produção oficial.

As informações disponíveis não contemplam a produção nem a comercialização de pedra bruta devido ao caráter de informalidade que envolve estes materiais (sem registros). Contudo, nos levantamentos efetuados verificou-se que sua produção corresponde, em média, a 15% da produção de pedra britada.

No Estado do Ceará existe abundância e ampla distribuição de rochas adequadas à produção de brita. Atualmente a capacidade instalada de britagem na Região Metropolitana de Fortaleza é de 130.000 m³/mês. Na atual situação do mercado, somente 50 a 60% da capacidade instalada está sendo aproveitada.

A retração nas grandes obras de construção civil refletiu intensamente

sobre o mercado de agregados. Os empresários do setor, entretanto, estão otimistas quanto ao futuro, pois há sinais evidentes de retomada dos investimentos.

O mercado pulverizado das pequenas obras responde pelo dia-a-dia das pedreiras da região. As grandes obras públicas são obviamente bem-vindas, mas elas são eventuais, e, muitas vezes, a empreiteira contratada acaba instalando uma pequena pedreira para suprir suas necessidades.

TECNOLOGIA

O método de lavra, desenvolvido nas pedreiras em atividade na Região Metropolitana de Fortaleza, em função do baixo valor agregado do minério é executado a céu aberto, com sistema de bancadas múltiplas de alturas que variam entre 4 e 15 metros. Estas bancadas apresentam faces inclinadas visando maximizar a fragmentação da rocha e o posicionamento da pilha de material resultante da detonação.

O decapeamento da área normalmente é executado utilizando-se trator de esteira ou escavadeiras elétricas. A perfuração dos furos para colocação das cargas explosivas nos empreendimentos de médio e grande porte é desenvolvida utilizando-se carreta de perfuração.

Na fragmentação dos maciços utilizam-se explosivos industriais à base de carbonitratos e emulsões. As cargas explosivas são iniciadas utilizando-se cordel detonante ou iniciadores. Para aumentar a fragmentação, o grau de segurança e o posicionamento da pilha de materiais no pé da bancada, são utilizadas espoletas de retardos. Atualmente, algumas pedreiras localizadas em áreas próximas a centros urbanos utilizam explosivos não-elétricos, que proporcionam

detonação silenciosa e melhor controle de vibração.

O material desmontado, via de regra, é transferido às instalações de beneficiamento utilizando-se caminhões basculantes com capacidade entre 6 a 7 m³. O carregamento desses caminhões é feito através de pá carregadeira ou escavadeira hidráulica.

Os blocos de rocha de grande diâmetro resultantes da detonação sofrem fragmentação secundária utilizando-se rompedor hidráulico ou através de detonação secundária (fogacho).

De modo geral, a lavra conduzida por bancada alta oferece uma menor flexibilidade, pois a orientação da frente de lavra não pode ser facilmente modificada em função de motivos operacionais, porém permite um nível de produção elevado. Tal possibilidade se deve ao fato de poder-se incrementar facilmente o nível de mecanização utilizado, adotando-se, conseqüentemente, ciclos de trabalho contínuo. Tal método é muito utilizado mediante a ocorrência do tipo maciço rochoso onde se verifica a existência de homogeneidade físicomecânica, química e estrutural do corpo-de-minério. Este método apresenta desvantagens com relação à segurança no trabalho. Adotando bancadas altas, aumenta-se consideravelmente o risco de graves acidentes a partir da queda de operários ou equipamentos, minimizando a possibilidade de um minucioso controle da estabilidade da frente de lavra.

O método que utiliza a lavra por bancada permite a aplicação de módulos organizacionais eficientes caracterizados pela otimização dos fatores produtivos. Este método oferece ainda, a possibilidade de operar com praças múltiplas, eventualmente articuladas em mais de uma frente de lavra, de modo a compensar eventuais deficiências quantitativas,

adaptando-se rapidamente os níveis de produção a determinada exigência.

A grande maioria das pedreiras em atividade na Região Metropolitana de Fortaleza não utiliza mais o fogo secundário (fogacho), sendo esta operação substituída pelo rompedor hidráulico.

6" – 4" - (Pedra de alvenaria)	em torno de
1 ^{1/4} " – 5/8" - Brita 01	em torno de
"5/8" - "3/8" - Brita 0	em torno de
< 3/16" - Pó de pedra	em torno de

Em geral, a pedra é transportada para a usina de beneficiamento que se compõe de dois estágios – britagem primária e britagem secundária. A secundária é realizada em 2(dois) circuitos distintos: grossos (>4") e finos (<4") – onde ocorre a separação do material britado em 4 frações comercializáveis:

10 % da produção total
45 % da produção total
30 % da produção total
15 % da produção total

A Figura 1 apresenta uma foto aérea da jazida do serrote do Cararu, no município de Eusébio, pertencente a OCS (Orlando Carneiro de Siqueira) - Mineração e Empreendimentos. Nessa figura, observam-se as atividades de mineração envolvendo, principalmente, a etapa de lavra e de beneficiamento. O minério procedente da frente de lavra é basculado no alimentador vibratório, seguindo para o britador de mandíbulas. Deste, é transportado para uma outra unidade de beneficiamento, através de caminhões. Em seguida é alimentado e conduzido para uma peneira vibratória de 4(quatro) *decks*, quando são separados quatro tipos de produtos – britas 2, 1, 0 e pó de brita.

Os produtos resultantes dos peneiramentos são conduzidos por três correias transportadoras distintas para as pilhas de estoque de produtos acabados. As pilhas são assentadas sobre túneis com dimensões adequadas ao carregamento. O tal carregamento é feito por gravidade em caçambas e caminhões de transporte, destinando-se aos centros consumidores.

A Figura 2 apresenta o fluxograma de beneficiamento pertencente à empresa - Brita Comércio e Transporte Ltda (BRITACET) que desenvolve suas

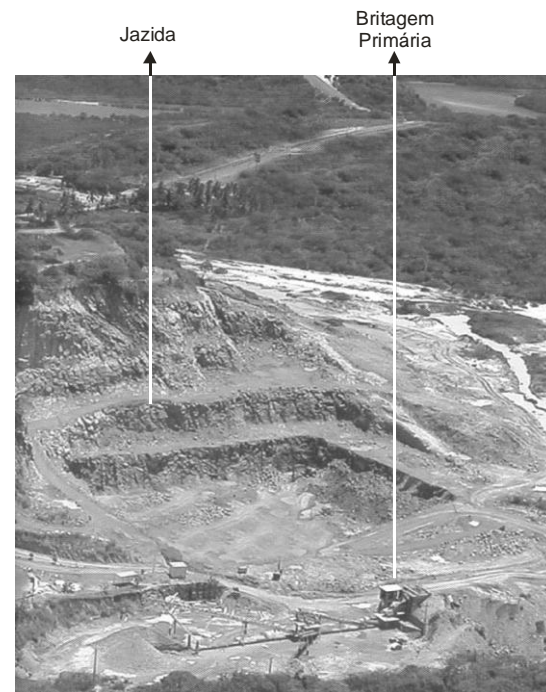


Figura 1 – Mineração da empresa OCS.

atividades no granito da serra da Aratanha e Morro da Munguba, pertencente ao município de Maracanaú.

As etapas de beneficiamento de outras rochas para a produção de britas são, de modo geral, semelhantes aos circuitos de beneficiamento aqui apresentados, sofrendo pequenas variações no *layout* das usinas.

O processamento da classificação dos produtos de britagem, normalmente realizado em peneiras a seco, atualmente está sendo efetuado por via úmida, em algumas indústrias. Isto, além de aumentar e melhorar, respectivamente, a eficiência do peneiramento e a qualidade do produto, também, reduz a emissão de partículas ultrafinas na atmosfera.

Algumas indústrias já utilizam a britagem terciária, visando à geração de areia artificial com características adequadas para seu uso na construção civil. Uma alternativa para o processo de areia

artificial é a utilização do britador autógeno, que proporciona a obtenção de um produto final com granulometria e forma das partículas adequadas para o seu uso na construção civil. Este novo equipamento de britagem supera a principal restrição apresentada pela areia artificial que é a dificuldade de “trabalhabilidade” do concreto, ou mesmo da argamassa, pelo formato inadequado das partículas finas do pó de pedra, normalmente lamelar ou alongadas. No Ceará, a OCS instalou uma unidade de britagem terciária, visando principalmente à produção de concreto pré-moldado.

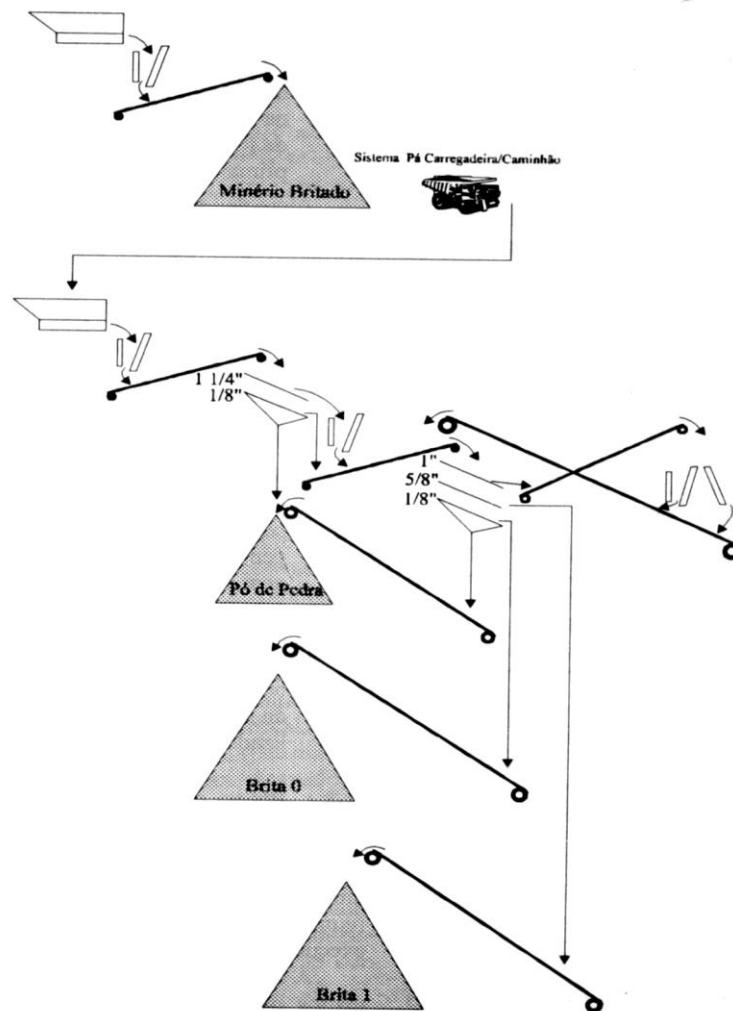


Figura 2 – Fluxograma de beneficiamento da empresa BRITACET.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKIMOTO, H. Desafios da mineração de areia no Estado de São Paulo. **Areia & Brita**, São Paulo, n. 13, p. 27-30, jan/fev/mar 2001.

ALMEIDA, S.L.M. **Aproveitamento de rejeitos de pedreiras de Santo Antônio de Pádua, RJ para produção de brita e areia**. 2000, 118p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

ALMEIDA, S.L.M.; SAMPAIO, J.A. Obtenção de areia artificial com base em finos de pedreiras. **Areia & Brita**, São Paulo, n. 20, p. 32-36, out/nov/dez 2002.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Principais depósitos minerais do Brasil**. Brasília: MME/DNPM/ CPRM, 1997, v.4, (parte C), p. 325-331.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário mineral**. Brasília, 2005.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário mineral brasileiro**, Brasília, 2001, p.306-312.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Fortaleza**. Brasília, 1998, 191p.

CARNEIRO, A.M.P. Método de caracterização de agregado miúdo para utilização em argamassas de assentamento e revestimento. **Areia & Brita**, São Paulo, n. 14, p. 20-21, abr/maio/jun 2001.

FRASCÁ, M.H.B.O.; FRAZÃO, E. B. Proposta de especificação tecnológica para agregados graúdos. **Areia & Brita**, São

Paulo, n. 19, p. 28-33, jul/ago/set 2002.

FRAZÃO, E.B.; FRASCÁ, M.H.B.O. Caracterização tecnológicas de agregados de pedreira do Estado de São Paulo e proposta de especificações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA E ENGENHARIA AMBIENTAL, Ouro Preto, MG, 10, 2002, **Anais...** Ouro Preto, MG: [s. n.], 2002. CD ROM.

GOMES, R.L.; RODRIGUES, J.E. Sistema de avaliação de materiais rochosos para uso como agregados. **Areia & Brita**, São Paulo, n. 18, p. 24-32, abr/maio/jun 2002.

GONÇALVES. M. *et al.* Produção de areia e brita com qualidade. **Areia & Brita**, São Paulo, n. 10, p. 20-24, abr/mai/jun 2000.

MENDES, K.S.; BLASQUES JÚNIOR, M. Areias: O uso de normas técnicas como parâmetro de qualificação do produto. **Areia & Brita**, São Paulo, n.17, p. 34-37, jan/fev/mar 2002.

NETO, C.S. A importância dos conceitos tecnológicos na seleção dos agregados para argamassas e concretos. **Areia & Brita**, São Paulo, n. 12, p. 26-28, out/nov/dez 2000.

PARAHYBA, R.E.R.; CAVALCANTI, V.M.M. A produção de agregados na Região Metropolitana de Fortaleza. **Areia & Brita**, São Paulo, n. 11. p.14-16, jul/ago/set 2000.

TONSO, S. **As pedreiras no espaço urbano: perspectivas construtivas**. 1994. 131p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. Campinas, 1994.

OUTROS MINERAIS

GEMAS

FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL¹
FERNANDO ANTONIO C. BRANCO SALES²
FERNANDO ANTONIO DA COSTA ROBERTO³

Gema é o termo aplicado a todo material natural que, por suas propriedades (cor, brilho, dureza, raridade, pureza, etc.) e ainda pelos ditames da moda, é usado para fins de adorno pessoal ou ornamental. Deriva do latim *gemma* que pode significar broto ou pedra preciosa, através da raiz *gen*, no sentido de pureza e raridade. No sentido estrito, este termo é aplicado somente às pedras lapidadas e polidas. Ao material bruto é reservado o nome de mineral-gema ou pedra-gema. Por vezes, o nome é aplicado, em sentido mais restrito, a pedras montadas ou trabalhadas em sinetes ou camafeus.

Para que possam ser consideradas gemas as pedras devem possuir, tanto quanto possível, as seguintes qualidades:

- Esplendor ou beleza que depende do brilho, da transparência, da cor, da brilhância e do fogo. O diamante é, praticamente, a única gema cujo valor é maior quando perfeitamente incolor. Rubis, safiras, esmeraldas, águas-marinhas e turmalinas devem sua beleza à cor, pois a brilhância e o fogo não são neles excepcionais. Assim, não é necessária a presença simultânea das propriedades enumeradas para que uma gema seja considerada bela. Todas elas, entretanto, podem ser

grandemente melhoradas pela lapidação e pelo polimento;

- A durabilidade do material utilizado para fins de adorno está ligada, principalmente, à dureza. Pedras de baixa dureza não são de grande durabilidade, especialmente quando usadas de forma que possam ser facilmente riscadas, inclusive pela ação abrasiva de partículas existentes no ar. Além da dureza, deve-se levar em conta a tenacidade. Minerais de dureza relativamente baixa, graças à tenacidade relativamente alta, podem ter grande durabilidade;
- Raridade é um dos fatores importantes no que diz respeito às pedras consideradas gemas. Obviamente, uma pedra preciosa terá tanto mais valor quanto mais rara for;
- Ditames da moda é outro fator que influencia no valor de uma gema, pois induz a procura e o consumo de uma determinada pedra.

Cerca de 3.000 espécies de minerais são conhecidas nos dias de hoje, devidamente descritas e documentadas; destas, aproximadamente 280 podem ser rotuladas de minerais-gemas.

¹ Doutor em Engenharia de Minas e Pesquisador do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM

² Mestre em Geografia do Departamento de Geociência da Universidade Estadual do Ceará – UECE

³ Mestre em Geologia e Geólogo do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM

Entre todos os minerais-gemas, são considerados os mais importantes, pelas características peculiares, os seguintes: berilo (água-marinha, esmeralda, heliodoro e morganita); corindon (rubi e safira); crisoberilo (alexandrita e olho-de-gato); diamante, espinélio, espodumênio (hiddenita e kunzita); feldspato (amazonita, pedra-da-lua e pedra-do sol); granada (piropo, rodolita, almadina, esperssatita, grossulária, hessonita, demantóide e uvarovita); hematita, lazulita (lápis-lazúli); malaquita, marcassita, opala, peridoto (olivina); pirita, quartzo (ametista, citrino, esfumaçado, róseo, aventurin, olho-de-tigre, calcedônia e ágata); topázio, turmalina (indicolita e rubelita) turquesa e zircão.

À indústria de lapidação compete facetar e polir os minerais-gemas, segundo formas específicas, definidas em função de razões científicas. As principais são: refração e a reflexão da luz nas faces externas e internas do cristal. Os propósitos óticos referidos são definidores das feições apresentadas pela lapidação de um tipo qualquer de gema, com o objetivo de fazer com que apresente maior brilho ou “jogo”, quando observada sob luz refletida.

A mesa é a superfície plana superior da gema e tem como objetivo permitir a entrada e a saída da luz. Quando a luz penetra pela mesa é direcionada até o fundo da gema, o qual tem forma de triângulo ou prisma. Nesta superfície, a luz é refletida e volta para o topo da gema. Neste processo têm fundamental importância as facetas que circundam a mesa. A função delas é refratar e dispersar a luz no momento em que vai saindo do interior da gema, proporcionando-lhe o brilho característico.

As gemas podem ser lapidadas em vários estilos diferentes, com o objetivo de realçar o seu potencial de transmissão de cor e luz.

Beneficiar um mineral-gema é dar-lhe um tratamento que o torne mais valioso

como espécie, quer retirando-lhe partes defeituosas ou incolores, quer atribuindo-lhe maior intensidade de cor, ou mesmo modificando-lhe a cor ou o brilho, colorindo-o com padrões de cores específicas. Os métodos e técnicas de obtenção de tais resultados mais comumente empregados são:

- A martelagem - Consiste em se aplicarem pequenos golpes, com um martelo especial de reduzido tamanho, na espécie mineral em estado bruto, com o objetivo de descartar aquelas partes inaproveitáveis na lapidação.
- O tratamento térmico - É realizado pelo aquecimento lento e gradual ou intermitente do mineral-gema, ou da gema lapidada, com o objetivo de modificar a cor, aumentar o seu brilho e tornar mais acentuada sua tonalidade ou diminuir a intensidade da cor.
- A radiação - Consiste na emissão de diversos comprimentos de onda, visando modificar a coloração de alguns minerais.
- A tintura - Pode ser aplicada a algumas espécies minerais, sobretudo aquelas amorfas, ou seja, sem estrutura interna cristalina tridimensional, podendo ser tingidas a partir de tintas de anilina solúveis em álcool.

A fase de lapidação, que constitui a arte de dar forma, talhe e brilho a uma gema, compõe-se das seguintes atividades:

- A serração - Consiste na divisão de uma gema, utilizando-se uma serra diamantada, para o seu melhor aproveitamento.
- A formação - Consiste em dar a forma que melhor convenha a uma gema, considerando as vantagens de tamanho, forma e as características técnicas peculiares ao mineral-gema.

- O talhamento - É a operação que consiste em facetar uma gema, também chamada de corte.
- O polimento - Consiste em dar brilho às faces talhadas de uma gema.

No Brasil, a atividade desses bens minerais possui características que lhe são peculiares. Num processo normal de desenvolvimento de um empreendimento mineral, ocorre uma evolução organizada do crescimento local e a infra-estrutura é implementada em bases planejadas. No caso dos minerais-gemas, é comum acontecer uma ocupação desordenada das áreas de ocorrências, uma vez que o processo produtivo ocorre na forma de garimpagem, que não possui planejamento, o que resulta, em geral, na desorganização junto à área de comercialização. Tais fatos, somados às dificuldades de informações e de capital de giro por parte dos produtores, contribuem para que os preços sejam estipulados de maneira aleatória e casuística.

Como resultado, é de supor que ocorram negociações irregulares de gemas brutas e/ou lapidadas no Brasil, acarretando, com isso, transferências ilícidas para outros centros, inclusive do exterior, não só do valor natural das gemas, como do valor adicional correspondente à comercialização e industrialização.

No âmbito da região Nordeste, o problema desta atividade mineral tem conotações semelhantes ao do Brasil, porém mais acentuados, uma vez que se verifica em alguns estados das regiões Sul e Sudeste a existência de arranjos produtivos locais.

O Brasil, dentre todas as províncias gemológicas do mundo, é uma das mais diversificadas, verificando-se a ocorrência de muitos dos minerais-gemas conhecidos, incluindo-se os três mais importantes: o diamante, o coríndon (safira e rubi) e o berilo (esmeralda).

Em virtude da grande extensão da província gemológica brasileira, bem como da variedade de espécies e modos de ocorrência, pode-se dividi-la em quatro subprovíncias, a saber:

- Subprovíncia Gemológica do Sul - Abrange, na sua área de concentração meridional, os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (pontificando a ametista, o citrino e a ágata), enquanto a área de concentração setentrional ocupa parte de Mato Grosso do Sul (a ametista), Paraná (ocorrência diamantífera), São Paulo e extremo sul de Minas Gerais (minerais de pegmatitos).
- Subprovíncia Gemológica do Leste - Constituída, essencialmente, pelos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, alongando-se, entretanto em parte do Estado do Rio de Janeiro. As suas características básicas são as associações gemológicas em pegmatitos e as concentrações diamantíferas.
- Subprovíncia Gemológica Central – Abrange partes dos estados de Goiás e Mato Grosso prolongando-se até o Estado do Pará. A característica desta subprovíncia é a ocorrência de áreas diamantíferas, muito embora possua depósitos pegmatíticos, veios de ametista e ocorrência de esmeraldas.
- Subprovíncia Gemológica do Nordeste - Constitui-se num amplo distrito de ocorrências de minerais-gemas, tanto pelas variedades como pela potencialidade latente. Subdividida em duas áreas de concentração, esta subprovíncia será comentada a seguir, em detalhes.

A subprovíncia gemológica do Nordeste apresenta duas áreas tão distanciadas que poderia ser entendida como duas subprovíncias autônomas, não fora a regionalização política da zona ocupada, o contexto da geologia regional e

o padrão de disseminação encontrado em cada uma das duas áreas de concentração em que foi subdividida. Área de concentração meridional e área de concentração setentrional. Em ambas, há uma quase total correspondência de tipos de minerais-gemas, de forma que, de uma maneira mais ou menos acentuada, os tipos existentes em uma são os mesmos que ocorrem na outra.

A área de concentração meridional estende-se por quase todo o distrito mineiro da Bahia, prolongando-se para o Noroeste, em direção ao Sul do Estado do Piauí, e para o Sudeste, ligando-se a subprovíncia do Leste (Estado de Minas Gerais).

A área de concentração setentrional se assemelha à subprovíncia do Leste, ou seja, à associação de minerais-gemas em corpos pegmatíticos observada nas mineralizações do planalto da Borborema (Rio Grande do Norte e Paraíba) e do Ceará. Essa área de concentração abrange as rochas cristalinas do Ceará, prolonga-se para o Nordeste do Piauí, engloba toda a zona cristalina do Rio Grande do Norte e grande parte da faixa Norte da Paraíba, abrangendo todo o Planalto da Borborema. A sua característica básica é a presença de pegmatitos contendo minerais-gemas, grande incidência de veios de quartzo-ametista e o singular depósito de opala nos arenitos do município de Pedro II, no Piauí.

Os minerais-gemas existentes no Estado do Ceará estão relacionados a dois tipos de depósitos: veios quartzo-ametista e intrusões pegmatíticas. Os veios de quartzo-ametista são muito disseminados nas rochas cristalinas. Esses veios se formam por intrusões silicosas em zonas fissuradas das rochas preexistentes. Quando ocorrem cavidades maiores nas zonas fissuradas, podem desenvolver-se cristais que se agrupam em forma de drusas, caso contrário a mineralização se dá de forma disseminada.

A mineralização de ametista no Estado do Ceará é de importância expressiva uma vez que a qualidade dessas gemas compete com as melhores do País, no que diz respeito à coloração. Elas ocorrem nos municípios de Acopiara (Trussu, Sítio Tatupeba e Fazenda Santa Cruz); Alto Santo (Fazenda Jardim), Catarina (Sítio Bonito), Arneiroz (Sítio Várzea Grande), Canindé (Targinos – São Luiz), Crateús (Fazenda Castanho e Sucesso), Independência (Sítio Araújo), Jaguaratama (Bom Lugar), Jaguaribe (Mulungu), Morada Nova (Patos e Pacova), Novo Oriente (Sítio Bom Sucesso e Mina Salão), Parambu (Cachoeira do Calixto, e Olho d'água da Gameleira), Piquet Carneiro (Fazenda São Luís), Solonópole (Sítio Fonseca), Santa Quitéria (Fazenda Batoque e Lambedor), Milhã e Quixeramobim (Fonseca), Tamboril (Sucesso) e Tauá (Serrote Quinamuiú e Barra Nova).

No DNPM-CE são cadastradas ocorrências, jazidas e/ou minas nos municípios de Tauá (Serrote Quinamuiú), Novo Oriente (Mina Salão), Santa Quitéria (Mina Lambedor e Batoque), Acopiara (Sítio Jati), Morada Nova (Pacova) e Piquet Carneiro. Destas se destacam, além da jazida de Santa Quitéria, as ocorrências dos municípios de Novo Oriente e Piquet Carneiro, ambos com grande produtividade. Recentemente foi descoberto no município de Beberibe uma ocorrência de ametista de excelente qualidade (veludo).

A principal jazida de ametista do Ceará está localizada no município de Santa Quitéria, no local denominado Fazenda Batoque, situada a 16 km a SW de Taperuaba. A mineralização de ametista, nesse local, está associada a veios pegmatóides encaixados em fraturas de granitóide. A mina é do tipo "open pit", com profundidade média de 20 metros e galerias com largura de 30 metros. A ametista ocorre disseminada dentro do corpo pegmatóide e no contato com a encaixante, em cristais bem formados, de tamanhos variados, muitas ve-

zes formando drusas. Sua cor apresenta tonalidades variadas dentro de matizes do roxo. A reserva do minério foi estimada em 120 toneladas de ametista com teor aproximado de 50 gramas de ametista por metro cúbico do pegmatito. Segundo dados coletados no 10º Distrito do DNPM/CE, foram explotados cerca de 2.519,29 kg de ametista no período de 1973 a 1979. Atualmente a mina encontra-se paralisada.

As reservas aprovadas pelo DNPM referem-se apenas à mina da Fazenda Lambedor, no município de Santa Quitéria, com reserva medida (cubada em 1987) de 9.964 toneladas de ametista, com 98% de SiO₂ e variedades de fraca, média e forte.

A mineralização de ametista na Fazenda Lambedor ocorre na forma de veios contínuos e, principalmente, com grande descontinuidade, muitas vezes sob a forma de bolsões isolados. Estão encaixados em rochas graníticas, calcários e no próprio colofanito uranífero. A lavra foi iniciada em 1953, porém hoje, encontra-se paralisada. Atualmente, a área foi colocada em disponibilidade para pesquisa.

A jazida de ametista da mina Pacova, município de Morada Nova, ocorre na forma de veios hidrotermais descontínuos ou em pequenos bolsões geralmente associados com veios de quartzo e feldspato caulinizado, sempre encaixados em gnaisses e migmatitos. A ametista foi classificada em 4 (quatro) tipos: gema, drusa, coleção, refugo e cascalho. A coloração varia de roxa fraca a veludo do tipo extra.

Segundo informações de moradores locais e dados do relatório final de pesquisa apresentado ao DNPM, já foram explotados na antiga escavação cerca de 1.055 kg de ametista. De acordo com os testes realizados nas trincheiras, determinaram-se 2,5% tipo gema, 15% tipo drusa e coleção, 32,5% tipo refugo e 50% tipo cascalho. Foram aprovadas reservas medidas de 185,42 toneladas e indicadas de 1.324,40

toneladas, com teor de 2,8 kg de ametistas por metro cúbico. Atualmente, a mina encontra-se paralisada.

Nos municípios de Quixeramobim, Piquet Craneiro e Tamboril, existem ocorrências de quartzo-verde (praziolita). No município de Icó existem ocorrências de água-marinha de excelente qualidade, topázio e amazonita, e no município de Parambu as ocorrências de rubilita (turmalina vermelha).

Com relação aos pegmatitos, são identificadas, no Estado, três províncias denominadas de província pegmatítica de Cristais, de Itapiuna e de Solonópole.

- A província pegmatítica de Cristais – Inclui áreas dos municípios de Aracoiaba, Cascavel, Russas e Morada Nova onde se concentram os pegmatitos lítio-berilo-tantalíferos da região. Alguns são mineralizados em minerais-gemas e caulim. Os pegmatitos portadores de gemas são os seguintes:
 - a) Pegmatito Jucá - Dista em linha reta, cerca de 2,2 km, no rumo NE, de Cristais, em terras da Fazenda Jucá. Tem extensão aflorante de 30 m x 15m, com sua maior direção orientada segundo N60°W. É constituído de quartzo leitoso, microclina, clevelandita, moscovita, lepidolita, quartzo cripto-cristalino, ambligonita, berilo, turmalinas (verde, róseo e preta), quartzo hialino e cassiterita.
 - b) Pegmatito Jucazinho - Dista de Cristais, em linha reta, cerca de 2,2 km, no rumo E, em terras da Fazenda Jucá. Tem pequena dimensão (15 m x 3 m), com direção N30°W. Os minerais identificados foram: quartzo, microclina, albita, moscovita, turmalina (verde, azul, e preta), berilo e columbita.
 - c) Pegmatito Caboquinho - Dista em linha reta, 1,6km de Cristais, no rumo Leste. Tem extensão de 120 m e largura de 40 m, segundo uma dire-

ção N 30° W. Os minerais existentes são: quartzo, clevelandita, moscovita, afrisita, lepidolita, berilo, espodumênio, turmalina azul, crisoberilo, cassiterita e columbita.

d) Pegmatito Jordão - Dista de Cristais, em linha reta, no rumo SE, cerca de 35 km, estando em terras da Fazenda Jordão. Tem um comprimento de 20 m, orientado segundo a direção N 30° E. Os minerais identificados são: quartzo, microclina, albita, moscovita e berilo (água-marinha).

- Província Pegmatítica de Itapiúna - É constituída, essencialmente, pelos pegmatitos caulínicos da Serra de Baturité, abrangendo áreas dos municípios de Pacoti e Guaramiranga, e por pegmatitos lítio-berilo-estaníferos dos municípios de Canindé e Itapiúna.
- Província Pegmatítica de Solonópole- É constituída, essencialmente, por pegmatitos lítio-berilo-tantalíferos e pegmatitos estaníferos, distribuídos por áreas dos municípios de Quixadá, Quixeramobim, Solonópole e Jaguaribe.

Os principais minerais de valor encontrados nesta província são: berilo, cassiterita, amblygonita, tantalita-columbita, lepidolita, quartzo, afrisita, rubelita, turmalina verde, granada, água-marinha e fluorita. Estes minerais encontram-se distribuídos em 20 pegmatitos (Várzea do Serrote; Balinha I; Balinha II; Juazeiro; Berilândia I; Poço dos Cavalos; Morro Comprido; Morro do Peba; Nilo Castelo; Encanto Seguro; Bezerrinha II; Auriverde; Auriverde I; Bom Jesus I; Bom Jesus II; Bom Jesus do Carneiro; Martinópole; Nóbrega IV; Belém e Carnaúba IV).

No Ceará, o processo produtivo de minerais-gemas é caracteristicamente tradicional e sem atividades mecanizadas, ocorrendo, quando muito, algumas etapas semi-mecanizadas nos garimpos mais desenvol-

vidos. A produção é de difícil quantificação, sendo sazonal e dependente da demanda do mercado e das estações chuvosas. A quantidade produzida é sempre estimada, uma vez que não existe ainda mecanismo capaz de exercer um efetivo controle junto às áreas de produção ou de comercialização.

A produção em 2004, na região da província de Quixeramobim - Solonópolis estimada no sistema de garimpagem através de levantamento de campo (dados não oficiais), girou em torno de:

- Cascalho de água-marinha – Considerado de baixa qualidade em cor, tamanho e com defeitos (trincas e fraturas). É utilizado em artesanato mineral, bijuterias e jóias de baixo valor. Sua produção atingiu aproximadamente 100 kg/mês.
- Água-marinha – A gema limpa tem atualmente sua produção que com de 5 a 10 kg/ mês, é comercializada, informalmente, por garimpeiros da região.
- Turmalina – Predomina na região a turmalina vermelha (rubelita), seguida da verde (verdelita) e da azul (indicolita) e, em pequena escala, a bicolor. A produção de cascalho gira em torno de 150kg/mês e da gema de 10 a 15kg/mês.
- Berilo – A produção deste bem mineral é acentuada na região, uma vez que se constitui um subproduto da água marinha. Sua produção gira em torno de 600kg/mês. Atualmente o mercado do berilo encontra-se em baixa, com o preço oscilando em torno de R\$1,00/kg. Normalmente, o berilo é tratado como subproduto pelos garimpeiros, necessitando de um grande volume para sua comercialização. A produção de água-marinha é em torno de 50kg/mês.

Atualmente, no município de Quixeramobim, mais precisamente nas localidades de Malacacheta e Poço Cavalos, existem uma produção considerável de granada utilizada como gema, estimada em torno de 100kg/mês.

Vale ainda salientar que o quartzo róseo, quando de boa qualidade (bem cristalizado e corado), é utilizado como gema. Sua demanda, atualmente, é bastante acentuada. Os municípios de Itapiúna e Canindé são os principais produtores com 200 t/mês. Este quartzo é bastante utilizado no artesanato mineral. Quando empregado como gema tem maior valor agregado. Sua produção em torno de 400 a 500kg/mês.

A Mineração Condado é a principal empresa detentora de direitos minerários em áreas nas localidades da Fazenda

Condado e Várzea do Serrote, no município de Quixeramobim. Esta produziu em 2004, cerca de 200kg de turmalina (rubelita e cascalho turmalinífero) e 60 kg de água-marinha. Duas outras concessões de lavra no município de Solonópole, pertencem à Empresa Belo Horizonte Mineração, Exportação, Indústria e Comércio Ltda. Atualmente, a produção de minerais-gemas está restrita a Mineração Condado que mantém ativo o mercado de gemas na região. Suas áreas são exploradas atualmente em regime de garimpagem.

GIPSITA

A gipsita é definida como sulfato de cálcio hidratado, mineral branco, mole podendo ser riscado com a unha. Apresenta dureza 2 na escala de Mohs. Começa a perder parte de sua água de constituição quando é aquecido a mais de 100°C. A gipsita é ligeiramente solúvel na água e completamente solúvel em ácido clorídrico.

A indústria da construção civil é responsável pelo consumo da maioria da gipsita produzida no país, principalmente na fabricação do cimento Portland, onde é adicionada ao clínquer para retardar o tempo de pega. Outro uso importante da gipsita *in natura* é na agricultura, como corretivos de solos alcalinos deficientes em enxofre onde aumenta a assimilação de potássio e a nitrogação dos solos. Também pode ser utilizado como carga para papel, na fabricação de tintas, pólvora, botões e fósforo, no acabamento de tecidos de algodão para dar brilho. Pode ser adicionada à água da fabricação de cerveja para aumentar sua dureza, no polimento de chapas estanhadas e como *filler* na construção de estradas asfaltadas.

Quando calcinada, a gipsita dá origem ao gesso, e seus usos multiplicam-se, notadamente, na construção civil, tanto

para decorações em serviços de estuque quanto para o fabrico de paredes divisórias, em camadas de gesso e papelão. Um outro campo de aplicação é na cerâmica, para fazer formas como material para trabalho artístico, e também em aparelhos ortopédicos e em trabalhos de prótese dentária.

O uso da gipsita é justificado principalmente pela propriedade de o sulfato de cálcio rapidamente perder ou recuperar a água de cristalização. Com a aplicação de quantidades moderadas de calor, no processo conhecido como calcinação, a gipsita é convertida em sulfato hemidratado de cálcio. Este, quando misturado com água, retorna à forma estável di-hidratada e adquire consistência mecânica.

Dependendo das condições de calcinação, podem ser obtidos dois tipos de gesso: alfa (gesso-pedra) e beta (pasta de paris). O gesso beta tem maior quantidade de energia contida e maior solubilidade. A distinção entre esses dois tipos de gesso (tamanho e forma dos cristais, principalmente), requer a utilização de métodos específicos de caracterização tecnológica. A forma alfa é menos reativa do que a beta e apresenta menor resistência. Isto é uma desvantagem para muitos usos.

No processo de calcinação, a gipsita começa a perder a água de cristalização quando atinge uma temperatura entre 43 e 49°C. Durante parte do ciclo de calcinação, a taxa de aquecimento do forno é controlada para manter a temperatura em torno de 104°C. Quando o ciclo de enchimento se completa, a taxa de aquecimento aumenta e, para diferentes taxas, têm-se propriedades diferentes do produto (estruque) final.

Segundo o Sumário Mineral-DNPM (2005), o Brasil é o maior detentor mundial de reservas de gipsita, seguido pelos Estados Unidos e Canadá. As reservas mundiais totalizam cerca de 2,5 bilhões de toneladas. As reservas brasileiras são na ordem de 1,3 bilhão o que corresponde aproximadamente a 50% da reserva mundial. Cerca de 93% das reservas brasileiras estão concentradas na Bahia (44%), Pará (31%) e Pernambuco (18%), ficando o restante distribuído, em ordem decrescente, entre o Maranhão, Ceará, Piauí, Tocantins e Amazonas. A porção das reservas que apresenta melhores condições de aproveitamento econômico está situada na Bacia do Araripe, região de fronteira dos estados do Piauí, Ceará e Pernambuco, este último com maior extensão.

Os Estados Unidos são o maior produtor e consumidor mundial de gipsita. Sua produção, em 2004, foi da ordem de 18 milhões de toneladas, enquanto, no Brasil, a produção atingiu 1,5 milhão de toneladas, destacando-se Pernambuco (Pólo Gesseiro do Araripe) que, além das 47 minas, abrange cerca de 80 calcinadoras.

As minas, em produção, mais importantes do Estado do Ceará estão concentradas no município de Santana do Cariri. Depósitos menores encontram-se nos municípios de Crato, Barbalha, Missão Velha, Aboiara e Porteiras.

A gipsita da Bacia do Araripe ocorre na forma lentes, com espessura de aproximadamente 20 m, pertencente à *For-*

mação Santana, de idade cretácea. A coluna estratigráfica da bacia pode ser definida pelas seguintes formações: Cariri, constituída por arenitos conglomeráticos depositados no Siluro-Devoniano; Missão Velha, formada por sedimentos arenosos dominantes com intercalações pelíticas, de idade juro-cretácea; Santana, constituída por carbonatos, evaporitos arenosos também de idade cretácea inferior e Exu, formada por depósitos arenosos, também de idade cretácea inferior. Esta seqüência compõe a feição geomorfológica denominada Chapada do Araripe e repousa discordantemente sobre o embasamento cristalino, tendo sido conservada por estruturas tectônicas.

A ocorrência das grandes massas de gipsita e anidrita, que ocorrem comumente associadas à gipsita contida nas rochas sedimentares, é atribuída à evaporação dos mares antigos e esses minerais podem ser formados pela ação de gases e águas sulfúricas atuando sobre calcários. As condições geológicas transformaram esses sedimentos em gipsita de diferentes tipos. Os mais comuns encontrados na natureza são anidro e di-hidratado.

De acordo com Silva (1988), vários tipos de gipsita são observados nos depósitos da bacia do Araripe, dos quais uma grande percentagem se constitui de variedades secundárias (diagenéticas). As variedades primárias de evaporitos são: cristais de gipsita colunares, pseudomorfos de gipsita lenticular, nódulos de anidrita e anidrita laminar, representando uma deposição em ambiente subaquoso do tipo salino. Quanto às variedades secundárias, as principais são: gipsita alabastrina, gipsita porfiroblástica e espato acetinado, que teriam sido originadas por tectonismo.

Os depósitos de gipsita estão associados ao membro Ipubi da formação Santana, do cretáceo inferior, onde se observa a seguinte seqüência litológica da base para o topo:

- Horizonte de pelitos de cor cinza-escuro, correspondendo a um siltito argiloso que ocorre na base do minério.
- Horizonte gipsítico, constituído de bancos de gipsita intercalados por argilito siltico laminado, com espessura do minério que varia 27 a 31 m.
- Cobertura estéril de até 3 m, constituída por níveis alternados de margas esverdeadas e siltitos argilosos avermelhados.
- Cobertura estéril de depósitos correlativos, onde predominam areias argilosas avermelhadas.
- Cobertura estéril de solos, formada por material areno-argiloso de característica variável, com espessura de solo que varia de poucos decímetros a 1 m.

Trata-se de uma rocha esbranquiçada, com tons cinza-esverdeados e amarelados, constituída por mosaico de cristais, por vezes centimétricos. É comum a presença de uma rede de veios anastomosados de gipsita fibrosa branca, que é mais freqüente nas variedades mais impuras. Ocorre ainda gipsita com estratificação um pouco irregular e cristais com textura fibro-radiada. Os contatos superior e inferior da rocha são irregulares, reentrantes e denteados, sendo freqüente a presença de estruturas de colapso.

A presença de veios e nódulos argilosos constitui-se, praticamente, a única impureza, cuja quantidade varia de um depósito para o outro. De acordo com a existência ou não dessas impurezas argilosas, a gipsita é classificada comercialmente como impura ou de segunda.

Os afloramentos de camada de gipsita são relativamente raros. Quando ocorrem não mostram expressão topográfica. As melhores exposições são oriundas dos cortes de minas.

Os fenômenos de dissolução apresentam-se bem marcados. A superfície da camada comumente ondulada e irregular, recoberta por um resíduo de dissolução que constitui, muitas vezes, o próprio capeamento na maioria dos depósitos em exploração.

A gipsita mais solúvel que os carbonatos, sofre maiores danos com a percolação de água. No entanto, a argila residual resultante da dissolução desempenha papel importante na proteção dos depósitos, pois forma com o tempo um leito impermeável que impede a infiltração das águas. Os folhelhos, calcários e margas subjacentes à camada de gipsita, também contribuem com seu resíduo de decomposição na proteção dos depósitos.

Análises químicas representativas do minério explotado durante vários anos mostram que a gipsita branca fibrosa ou compacta contém mais de 99% de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, e que os tipos mais impuros não dosam menos de 95% de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Os teores de anidrita podem chegar até 5%, enquanto o de impureza é geralmente inferior a 1%. As oscilações de teores são representadas pelos limites do Quadro 1, onde se observa que o minério tem um elevado teor de sulfato de cálcio hidratado.

Quadro 1 – Teores limites da composição química das gipsitas.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	LIMITES (%)
Umidade	0,04 a 0,12
H ₂ O	20,34 a 20,70
SO ₃	46,50 a 46,70
Resíduo insolúvel	0,00 a 0,30
R ₂ O ₃	0,00 a 0,15
CaO	32,35 a 32,80
CaSO ₄ ·2H ₂ O	97,00 a 99,00

Fonte: DNPM/CE

Segundo o Anuário Mineral Brasileiro-DNPM (2001), última publicação oficial, o Estado do Ceará possui uma reserva medida de aproximadamente 10 milhões de toneladas, com uma produção bruta por volta de 70 mil toneladas.

A Chaves S/A Mineração é a maior produtora de gipsita no Ceará em parceria com a Stargesso Industrial Ltda, empresa do mesmo grupo e responsável pelo beneficiamento, com a produção de 60% de gipsita calcinada e 40% *in natura*.

A lavra de gipsita é executada segundo o método a céu aberto, com desenvolvimento de bancadas em forma de anfiteatro que variam de 16 a 26 m de altura e talude com inclinação de 15°. O trabalho é mecanizado e a recuperação é relativamente alta. A Figura 1 apresenta a frente de lavra da mina de gipsita, pertencente a Chaves S/A Mineração, em Santana do Cariri-CE.



Figura 1 – Mina de gipsita da Chaves S/A Mineração, em Santana do Cariri-CE.

As atividades de lavra envolvem cinco operações fundamentais: decapeamento, perfuração, carregamento de explosivos, desmonte, fragmentação de blocos e carregamento e transporte.

O decapeamento é feito com trator, pá-carregadeira, escaveira e caminhões basculantes. Os furos são executados com martelos acoplados a compressores com um diâmetro de 40 mm. O desmonte é realizado com explosivos, controlados através de um plano de fogo que determina o volume a ser desmontado. Os blocos grandes, resultantes do plano de fogo, espalham-se no pátio para sofrerem nova fragmentação. Finalmente, todo o material é transportado por caminhões até a unidade de beneficiamento.

Na unidade de beneficiamento, o material é inicialmente colocado no pátio externo, onde passa por um processo de catação manual. Esta operação descarta cerca de um terço do minério com um certo grau de impureza, que pode ser aproveitado na fabricação de cimento. O minério restante, mais puro, é reduzido manualmente por amarroamento a uma granulometria em torno de 20 cm. O minério deve passar por um processo de lavagem para, posteriormente, ser levado aos fornos onde irão ser calcinados.

A calcinação ocorre à temperatura de 175°C. O tempo total de residência no forno é de 12 horas: 8 horas para calcinação e 4 horas para secagem do produto.

DIATOMITA

A diatomita é um sedimento amorfo, oriundo da acumulação de esqueletos ou frústulas fósseis de diátomos, associados a uma certa radiolária e foraminíferos, em menor quantidade. Diátomos são organismos do reino animal planctônico constituídos de células completas (membrana, protoplasma e núcleos) ramo *Bacillariophyta* e grupo diatomácea. Foraminíferos e radiolárias são microfósseis de carapaças calcárias e silicosas, pertencentes ao reino animal *Phylum Protozoa*. Os esqueletos dos diátomos são quase sempre formados de sílica amorfa hidratada ou opalina, de origem fitógena, ocasionalmente alumina e impurezas como argilas, sílica cristalizada, cloreto de sódio, óxido de ferro, alumínio, cálcio, titânio, magnésio, álcalis, substâncias orgânicas entre outros.

As análises químicas das diatomitas, de acordo com suas especificações, possuem uma variação de 58 a 91% de sílica amorfa e uma combinação em torno

de 3,5 a 8,5% de água e óxidos. É freqüente nas diatomitas, principalmente nas recentes, a presença de materiais terrígenos (argilas) e de matéria orgânica. A qualidade dos depósitos diatomitíferos é definida utilizando como critério base a distinção em 3 (três) classes a partir da presença de sílica, de diatomácea, argilas e matéria orgânica:

- Diatomitas classe A - Boa qualidade, com composição química próxima ou dentro dos padrões internacionais.
- Diatomitas classe B - Aproveitáveis por beneficiamento. e
- Diatomitas classe C - Sedimentos diatomitíferos de aproveitamento anti-econômico para beneficiamento, visando o mercado mais nobre (agente filtrante, isolante, etc).

Os limites qualitativos para a classificação das diatomitas estão apresentados no Quadro 2

Quadro 2 – Classificação das diatomitas em função de sua composição química

TIPO	SÍLICA AMORFA %	ARGILAS %	MATÉRIA ORGÂNICA
A	> 60	≤ 25	≤ 15
B	51 – 60	26 - 35	16 - 30
C	≤ 50	> 35	> 30

Fonte: Cabral e Menor (1979)

As propriedades físico-químicas das diatomitas estão intimamente relacionadas com a morfologia das carapaças íntegras e fragmentadas, empacotamento, textura, natureza da superfície de sílica e impurezas sólidas. Os diátomos apresentam diâmetro que vai de 10 a 500 micra em mais de 12.000 espécies diferentes, exibindo uma estrutura dilatada e superfície irregular. As principais características físicas e químicas da diatomita estão assim especificadas:

- Cor: branca, creme, marrom, cinza-clara e cinza-escura.
- Dureza (escala Mohs): 1,0 a 1,5, em virtude de sua porosidade. Suas partículas microscópicas têm dureza entre 4,5 e 6,5.
- Peso específico: 1,9 a 2,3 e, quando calcinada, oscila de 0,2 a 0,5.
- Densidade aparente: 0,12 a 0,50 g/cm³, calcinada.
- Sistema cristalino: amorfo.
- Ponto de fusão: 1.400 a 1.650°C.
- Traço: opaco ou terroso.
- Clivagem: ausente.
- Fratura: irregular ou conchoidal.
- Tenacidade: quebradiça.

- Solubilidade: insolúvel em ácidos, exceto no hidrófluorídrico e solúvel em álcalis fortes.
- Dimensão: 4 a 500 mm
- Absorção de água: 150 a 250%.
- Índice de refração: 1,42 a 1,48%.
- Condutividade térmica: baixa, em virtude de sua alta porosidade: 0,49 a 0,77 kcal/hora/cm²/cm/°C.
- Massa específica real: 2,10 a 2,30 g/cm³.
- Porosidade: 80 a 90% quando o material é acamadado sem compressão.

Conhecendo suas propriedades físicas e químicas, a diatomita encerra extensa e variada aplicação industrial. Os principais usos da diatomita são na indústria química, onde se destacam as indústrias de tintas e vernizes, isolantes e bebidas, onde é utilizada como filtrante e clarificante. Merecem também destaque as indústrias de produtos alimentícios, matérias plásticas, farmacêutica, perfumaria, borracha, papel e papelão. Em face a sua diversidade de aplicações, em níveis significativos, as estatísticas nacionais revelam que 53% da produção de diatomita do país se destinam a filtrantes, 40% a isolantes e 7% a carga industrial ou enchimento. A comercialização de diatomita é feita, usualmente, em três modalidades distintas: natural, calcinada e fluxo calcinada, sabendo-se que, do ponto de vista industrial, a mais utilizada é o fluxo da calcinação.

Segundo o Sumário Mineral – DNPM (2005), os Estados Unidos e a China são considerados os países detentores das maiores reservas mundiais de diatomita. Suas reservas somam juntas cerca de 910 milhões de toneladas, enquanto as reservas brasileiras são da ordem de 3,3 milhões de toneladas. De acordo com os dados do Anuário Mineral Brasileiro-DNPM (2001), última publicação oficial, as principais reservas de diatomita no Brasil estão localizadas na região Nordeste (Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará). O Estado de Ceará possui reservas (medida + indicada)

significativas, totalizando cerca de 600 mil toneladas, o que representa 18% das reservas nacionais aproximadamente.

De acordo com o Sumário Mineral - DNPM (2005), a produção brasileira de diatomita bruta e beneficiada foi da ordem de 9 mil toneladas. Esta produção, em 2004, caiu cerca de 11% em relação ao ano anterior. O Estado da Bahia produziu em torno de 7 mil toneladas, representando cerca de 83% da produção total; o Rio Grande do Norte, com quase 1,5 mil toneladas, respondeu pelos 17% restantes. O Estado do Ceará ainda mantém paralisada desde o ano de 2002 a produção de diatomita.

No Estado do Ceará são conhecidas cerca de 30 ocorrências de diatomita nos municípios de Fortaleza, Pacajus, Caucaia, Aquiraz, Beberibe, Itapipoca, São Gonçalo do Amarante e Trairi. No projeto diatomita, executado através do convênio DNPM/CPRM (1975-1980), foram estudados 16 depósitos lagunares de diatomita. Os mais importantes são: das lagoas de Canavieira e Ipu (município de Pacajús), Araçás e Tapuio (município de Aquiraz), Moita, Saco e Souza (município de Cascavel) e Lagoa Santana (município de Beberibe).

A ocorrência de diatomita, na grande maioria dos depósitos, encontra-se em lagoas, distribuídas predominantemente na faixa costeira, com dimensões e formas bastante variadas, podendo também ocorrer no leito dos rios, estuários e enseadas marinhas. No Ceará, a diatomita ocorre em regiões baixas e normalmente alagadas, formando extensos depósitos sobrepostos a uma camada de areia argilosa cinza, situada no fundo de lagoas, rios e córregos. A diatomita normalmente ocorre na forma de lentes delgadas ou espessas, intercaladas por argilas, com espessura que varia de 0,30 a 1,80 metro. Sua coloração é bem variável com tonalidades branca, creme, cinza, amarela e marrom esverdeada.

A única empresa de mineração que atuava na lavra e beneficiamento do minério de diatomita, no Estado do Ceará, está com suas atividades paralisadas (CEARITA-Empresa de Mineração Industrial). O Estado da Bahia vem-se destacando na produção

de diatomita beneficiada participando com cerca de 83% da produção total, liderando em todos os segmentos industriais de uso da diatomita brasileira, seguido do Estado do Rio Grande do Norte com a produção restante (17%).

FOSFATO

O fosfato é um recurso mineral proveniente de rochas fosfáticas, constituídas de 4(quatro) origens básicas de depósitos: ígnea, sedimentar, da acumulação de matéria orgânica (guanós) e de lateritas fosfáticas. Somente os dois primeiros são utilizados industrialmente. Em todos os países desenvolvidos procura-se aumentar o rendimento da produção agrícola com o emprego de fertilizantes fosfatados.

Muitos especialistas advogam a nomenclatura de apatita, para os fosfatos naturais de origem ígnea, e fosforita, para aqueles direta ou indiretamente de origem sedimentar. Numa apreciação sucinta pode-se dizer que as fosforitas possuem alto teor de P_2O_5 *in natura*, são mais uniformes e apresentam quartzo e argila como minerais de ganga. Através de peneiramento ou de deslamagem simples já é possível obter um aceitável concentrado comercial, da ordem de 30 a 33% de P_2O_5 .

Quanto aos depósitos de origem ígnea, os problemas são bem mais complexos, conforme acentuam Esteban e Sintoni (1979), Silva Júnior (1980), Beroaldo (1985), Alvarenga *et al.* (1988), Damasceno *et al.* (1988), Silva (1988), Born e Kahn (1990) e Leal Filho *et al.* (1993), podendo ser assim resumidos: menor teor de P_2O_5 recuperável; lamas primárias abundantes, acarretando perdas de apatita ultrafinas nas operações de deslamagem; necessidade prévia de moagem para adaptar a granulometria natural da apatita à operação pelo processo de flotação; e múltiplos minerais de ganga,

tornando mais complexo seu beneficiamento. O Quadro 3 apresenta uma comparação entre as principais características dos minérios de fosfato disponíveis nas principais minas brasileiras e em outros países produtores de rochas ornamentais.

No que diz respeito às principais reservas de fosfatos mundiais merecem, destaque os principais depósitos de origem ígnea da Rússia (península de Kola), de Uganda, do Brasil e da África do Sul. Os depósitos sedimentares de maior volume estão no Norte da África e nos Estados Unidos.

Os depósitos sedimentares lavráveis no Brasil são de pouca expressão (Olinda e Paulista-PE) ou de difícil beneficiamento (Patos de Minas-MG). Em contrapartida chaminés apatíticas de origem ígnea viáveis de exploração, dada inclusive a sua proximidade de regiões consumidoras de fosfatos, destacando-se os depósitos fosfáticos existentes em Araxá e Tapira-MG, Catalão e Ouidor-GO e Jacupiranga-SP.

Segundo o Sumário Mineral – DNPM (2005), as reservas nacionais de fosfato, perfazem um total aproximado de 2,2 bilhões de toneladas com cerca de 216 milhões de P_2O_5 contidos. Destaca-se no Nordeste a reserva de fosfato de Itataia, hoje denominada Jazida de Santa Quitéria no Estado do Ceará, que se constitui na quinta maior jazida de fosfato do país com urânio associado.

Quadro 3 – Comparação entre as características dos minérios de fosfato disponíveis das principais minas brasileiras e de outros países.

CARACTERÍSTICAS	MINÉRIOS BRASILEIROS	MINÉRIOS DE OUTROS PAÍSES
Origem do minério	ígnea e ígnea/laterítica (exceto Lagamar e Patos de Minas)	sedimentar
Teor de P ₂ O ₅	5 a 15 % (baixo teor)	20 a 30% (alto teor)
Composição mineralógica de P ₂ O ₅	apatita e fosfatos secundários (não apatíticos)	colofana, ólitos e concreções fosfáticas, composição simples
Distribuição das impurezas	heterogênea, do perfil de alteração próximo à superfície, e da neoformação dos minerais	mais homogênea, em decorrência da própria origem sedimentar
Variabilidade dos corpos de minério	grandes variações laterais e verticais, tanto na distribuição do P ₂ O ₅ , como nos minerais e elementos contaminantes; mantos de cobertura superficial irregulares	variações laterais e maior constância na vertical
Geometria dos corpos de minério	coberturas superficiais irregulares exigindo operações de lavra seletiva e mais sofisticada; presença de leitos silicificados ou limonitizados	camadas horizontais, em geral de rochas macias e pouco abrasivas
Ganga/impurezas	Fe, Mg, Si, Al e fosfatos não recuperáveis (não apatíticos)	Fe, Al, argilas e matéria orgânica
Granulometria/liberação	Apatita não liberada, exigindo operações de cominuição; liberação em torno de 35 a 68#	em geral a fosforita é constituída por nódulos e concreções fosfáticas, que podem ser concentrados com simples classificação granulométrica e lavagem

Fonte: Adaptado de Esteban (1981) "Tecnologia Brasileira para Fosfato: Situação Atual e Possibilidades de Exportação" – II Encontro-Nacional de Rocha Fosfática, IBRAFOS.

Segundo o geólogo das Industrias Nucleares do Brasil (INB) José Roberto de Alcântara e Silva, pertencente a empresa, as reservas lavráveis, para um teor de corte de 3% de P₂O₅, são da ordem de 79,5 milhões de toneladas de minério, 8,8 milhões de toneladas de P₂O₅ e 79,3 mil toneladas de U₃O₈, para teores de 11% de P₂O₅ e 998 ppm de urânio. A concentração de urânio é inferior às utilizadas nos complexos industriais. Contudo, o elevado volume de rochas fosfáticas possibilita o aproveitamento econômico do urânio como subproduto do minério. A caracterização tecnológica indicou que grande parte do urânio presente no minério se encontra associado ao mineral fosfático colofana.

Os ensaios de beneficiamento realizados em laboratório e planta-piloto,

através de flotação, definiram a melhor rota do processo, onde se obteve um concentrado final de 34,4% de P₂O₅ e 0,228% de U₃O₈. Em seguida, o concentrado, através de processo químico é atacado por ácido sulfúrico que resulta num ácido fosfórico com 28% P₂O₅ e 0,2% de U₃O₈. A partir daí, o urânio é extraído do ácido fosfórico sob a forma de diuranato de amônia. Após a extração do urânio o ácido fosfórico é concentrado até 52% de P₂O₅. O ácido fosfórico tem como demanda principal o mercado interno, atualmente deficitário. Sua aplicação destaca-se na produção de fertilizante superfosfato triplo, como insumo, seguido da produção de fosfato bicálcico. O fosfato bicálcico, misturado com o calcário local e o sal de Mossoró-RN, produzirão sal mineral para ração animal. Além da indústria de fertilizantes, o ácido fosfórico

serve para a fabricação de detergentes e sabão em pó.

Pelo projeto de viabilidade econômico-financeira, a produção inicial seria de 120.000 toneladas de P_2O_5 em forma de ácido fosfórico e 760 toneladas de U_3O_8 como *yellow cake*.

Segundo o geólogo Alcântara e Silva, na jazida de Santa Quitéria, o projeto de lavra é a céu aberto a partir do topo da jazida cujo minério tem os teores mais elevados (21% de P_2O_5), com bancadas iniciais de 5 metros e finais de 10 metros, em 3(três) frentes de lavra simultâneas, seguindo direto para a pilha de homogeneização. Outra frente intermediária, com o teor de P_2O_5 mais baixo, passa por uma esteira para retirar a calcita (mineral estéril) e vai também para a pilha de homogeneização. A terceira frente extrai o minério mais pobre (2,4% P_2O_5) abaixo do teor de corte e vai para a pilha de rejeito.

No beneficiamento do fosfato o minério sofre 3(três) etapas de britagem: uma pré-concentração e 2(duas) moagens, antes do processo de concentração que é realizado através do processo de flotação. Após esta etapa, o concentrado segue para os tanques, para obtenção de ácido fosfórico através de processos de hidrometalurgia.

Para a produção de 120.000 t/ano de fosfato, que estaria mais de acordo com as necessidades de mercado para a região Nordeste, a lavra seria de aproximadamente, 1.200.000 toneladas de minério e 760 toneladas de urânio.

Os custos de investimentos previstos para a implantação do empreendimento de

mineração do minério de fosfato de Santa Quitéria foram estimados em US\$100 milhões e o custo anual de operação seria de US\$30 milhões para uma receita bruta de US\$70 milhões. Este projeto teria a oportunidade de desenvolver uma das regiões mais pobres do Estado do Ceará. Além da mineração, seriam implantadas 3(três) fábricas: ácido fosfórico, *yellow cake* e fertilizantes, gerando 3.500 empregos diretos, indiretos e associados.

Segundo Albuquerque (1995), as alternativas para o crescimento do mercado da indústria brasileira de fertilizantes fosfatados passa pela análise de alguns fatores que interagem nos equacionamentos pretendidos:

- a rocha fosfática nacional tem um beneficiamento mais complexo que as rochas de origem sedimentar, as quais dominam o mercado internacional. Para elas foram desenvolvidas as tecnologias disponíveis para solubilização;
- o uso de fertilizantes, em geral é sazonal no Brasil, concentrando-se no segundo semestre;
- a sazonalidade para o uso de fertilizantes no Brasil é inversa à do Hemisfério Norte;
- o aumento da produção de grãos no Brasil deverá ser fruto do aumento da produtividade agrícola, na qual os fertilizantes desempenham um papel ímpar;
- não existe política industrial e/ou agrícola definidas que permitam balizações para o setor de fertilizantes, absolutamente dependente delas;
- o denominado “custo Brasil”, com racionalização de serviços e tributação, tende a diminuir ao longo do tempo.

GRAFITA

O nome grafita deriva do grego *grafe*, que significa escrita. Conhecida como chumbo negro, já era usada desde os primórdios da civilização, principalmente na pintura de artefatos domésticos ou no próprio corpo. Sua utilização na fabricação do lápis teve início na metade o século XVI e a descoberta de que tal material é constituído de carbono puro se deu após 1870.

Os principais usos ocorrem na siderurgia, aumentando o teor de carbono do aço; na fabricação de cadinhos para fusão de metais; em tijolos refratários; em lingoteiras e em revestimentos de alto-fornos, dada a sua resistência à combustão. Também é utilizada no preparo de eletrodos, na fabricação de lápis, fitas magnéticas, lonas de freio e explosivos. Age como lubrificante na sua forma amorfa, misturada a óleos e graxas. Na indústria de tintas anticorrosivas é útil por apresentar resistência ao calor e ao ataque químico. A grafita é usada, também, na fabricação de pilhas secas, eletrodos, nas escovas de motores e em geradores.

É um mineral constituído basicamente de carbono puro, podendo conter impurezas de óxido de ferro, alumínio, fósforo, argila, etc. Cristaliza-se no sistema hexagonal, em forma de lâminas ou placas hexagonais, que podem ser radiadas ou fibrosas. Sua cor varia do negro do ferro ao cinza do aço, apresentando traço preto. Mostra-se untuoso ao tato, densidade de 2,2 e dureza baixa (2 na escala Mohs). É um bom condutor de eletricidade, devido à elevada densidade dos átomos nas lâminas.

A grafita ocorre principalmente em rochas que foram submetidas a intenso metamorfismo de contato ou regional. A grafita pode ser cristalina, lamelar (*flake*) ou amorfa. São originadas de várias maneiras: metamorfismo de contato, metamorfismo regional e grafita em veios.

Segundo o Sumário Mineral - DNPM (2005), as reservas mundiais de grafita totalizam cerca de 390 milhões de toneladas, sendo 56% localizadas na China. No Brasil ocorrem 27% das reservas mundiais. Há ocorrência em quase todos os estados brasileiros. Reservas brasileiras economicamente explotáveis estão localizadas em quase sua totalidade nos estados de Minas Gerais, Bahia e Ceará (105 milhões de toneladas). A produção brasileira em 2004 foi de 76 mil toneladas ficando em 3º lugar entre os principais produtores (China e Índia). A maior produtora de grafita é a Empresa Nacional de Grafite Ltda, que lavra e beneficia grafita nos municípios de Itapeçerica, Pedra Azul e Salto da Divisa, no Estado de Minas Gerais.

As principais ocorrências do Ceará estão situadas nos municípios de Solonópole (fazendas Grossos, Algodão e Assunção, Marretas, Sítio Cacimba, Fazenda Jucá, Santo Antônio, Vencedora, Volta do Mari, Cantagalo, Bom Jardim, São Bernardo e Aurora); Piquet Carneiro (Timbaúba, Luna, Manoel Lopes e Fazenda Varzante); Canindé (Sítio Cachoeira), Paramoti (Barra do Batoque), Itapiúna (fazendas Caiçara e Salgado); Irauçuba (Fazenda dos Alves); Aracoiaba (Pedra Branca e Fazenda Riacho das Lajes) e Baturité (Fazenda Juamirim).

Na região de Solonópole – Piquet Carneiro são conhecidos cerca de 50 locais onde existem indícios grafitosos. A grafita ocorre em pequenas lentes descontínuas com espessuras variáveis desde alguns centímetros até cerca de 1 metro e comprimento que varia de 30 a 200 metros. Ocorre também na forma de pequenos bolsões interligados formando uma espécie de estrutura em rosário. A mineralização está associada, principalmente, a faixas mais xistosas intercaladas nos biotita-gnaisses e migmatitos regionais. Próximo às lentes e bolsões, é comum encontrarem-se

disseminações de mineral-minério na encaixante regional (gnaiss). Moraes *et al.* (1973) cadastraram 14 locais de ocorrências de grafita nos Municípios de Solonópole (Marretas, Bom Jardim, Algodão I e II, São Bernardo, Aurora, Cantagalo, Volta do Mari, Santo Antônio) e Piquet Carneiro (Manoel Lopes, Bananeiras, Timbaúba, Luna e Vencedora).

A ocorrência de Bom Jardim localiza-se num corte da rodovia que liga Solonópole a Orós. Trata-se de uma lente de grafita lamelar, com cerca de 1 m de espessura ocorrendo intercalada em sericita-clorita-xisto.

As ocorrências da Fazenda Algodão (oeste de Solonópole) são observadas em cortes da rodovia BR-226. Ocorrem em duas faixas grafitosas distantes entre si cerca de 1 km, encaixadas em gnaisses e com teores da ordem de 10% de carbono fixo.

Na localidade de Luna (sudeste de Piquet Carneiro), ocorre um xisto grafitoso com mais de 1 m de espessura, aflorando descontinuamente por cerca de 2 km. O minério não foi analisado.

Nas localidades de Aurora e Manoel Lopes (sudoeste de Solonópole), a grafita está associada a minério de manganês, ocorrendo sob a forma de bolsões e, secundariamente, disseminações dentro da zona manganésifera.

Segundo Moraes *et al.* (1973), os depósitos de grafita da região de Solonópole – Piquet Carneiro devem ter se originado pela ação do metamorfismo regional sobre sedimentos pelíticos contendo horizontes bastante ricos em matéria orgânica (material carbonoso).

Moraes *et al.* (1973) cadastraram ocorrências de grafita nos municípios de Aracoiaba, Canindé e Itapiúna, cujos teores variam de 30 a 80% de grafita. A ocorrência de riacho das Lajes está situada a 19 km ao

sul de Aracoiaba, próxima ao povoado de Pedra Branca. A grafita ocorre disseminada, onde as maiores concentrações de pequenas palhetas formam bolsões (*ore shoots*) lenticulares encaixados concordantemente em biotita-gnaiss, bastante decomposto e verticalizado, com direção N40°E. Uma análise química realizada por Moraes *et al.* (1973) revelou teores de carbono fixo 27,6%, cinzas 64,5%, matéria volátil 4,0% e umidade 3,9%. Este depósito está sendo pesquisado pela empresa Mineração Lunar Ltda.

A ocorrência de grafita da Fazenda Cachoeira situa-se 37 km ao oeste da cidade de Canindé. A grafita é lamelar e ocorre em horizontes quase puros, chegando a constituir lentes interligadas em forma de rosário, encaixadas em sillimanita-granada-biotita-gnaiss. O minério ocorre em vários locais na encosta da serra Redonda. Este depósito já foi pesquisado na década de 70 pela empresa JOEMA – Indústria, Comércio e Exportação Ltda. Superficialmente, o material grafitoso é mole, decomposto, exibindo leitões interfoliados que se descamam, com teor de grafita da ordem de 50%. Segundo Moraes *et al.* (1973), os teores médios obtidos em três análises realizadas no minério foram de Fe₂O₃ 1%, FeO 2,2%, carbono fixo 33,4%, cinzas 63,4%, material volátil 2,3% e umidade 0,8%.

A ocorrência da Fazenda Caiçaras situa-se a 22 km ao sudeste de Itapiúna. A grafita é do tipo lamelar e ocorre disseminada no minério encaixado em biotita-gnaiss alterado. Uma análise química realizada por Moraes *et al.* (1973) apresentou os teores médios de Fe₂O₃ 0,3%, FeO 2,6%, carbono fixo 29,4%, cinzas 63,2%, material volátil 4,6% e umidade 2,8%.

Foi aprovada recentemente, no Estado do Ceará, nos municípios de Aracoiaba e Baturité, uma reserva de 9,7 milhões pelo DNPM, das empresas Mineração Lunar Ltda e Expressão Leão Ltda, ambas detentoras das áreas.

VERMICULITA

Vermiculita compreende um grupo de minerais de aspecto lamelar e estrutura micácea, que se expande por meio de uma esfoliação provocada por aquecimento. As vermiculitas são constituídas, predominantemente, por silicatos hidratados de magnésio e alumínio, contendo quantidades variáveis de ferro.

Quando a vermiculita é desidratada por aquecimento, a água liberada na forma de vapor provoca uma esfoliação das placas, produzindo a expansão do mineral numa direção perpendicular ao plano das placas. Dessa expansão decorre o valor industrial das vermiculitas, cujo uso, praticamente, restringe-se à forma esfoliada ou piroexpandida.

Os principais usos industriais da vermiculita no Brasil são: a) “cortiça mineral” para isolamentos térmicos em geladeiras, carros frigoríficos, fornos, indústrias automotivas, aviões, etc.; b) revestimento para tubulações (calhas e massas isolantes); c) concreto isolante leve; d) argamassas isolantes para assentamento de placas e lajes; e) em filtro para máscaras de proteção para fins industriais; f) na agricultura, como condicionador de solos e, especialmente, como retentor de água. Solos argilosos, endurecidos, podem ser transformados em solos friáveis e porosos com a adição de vermiculita floculada. Além de reter a umidade, a vermiculita evita a dispersão do fertilizante, funciona como fonte de micronutrientes e como corretivo do pH do solo.

Segundo o Sumário Mineral – DNPM (2005) as reservas mundiais representam cerca de 212 milhões de toneladas. Cerca de 47% estão situadas nos Estados Unidos, 38% na África do Sul, 6% no Brasil e 9% em outros países. No Brasil, as reservas oficialmente aprovadas (12 mil-

hões de toneladas) localizam-se nos estados de Goiás, Paraíba, Bahia e Piauí. A produção brasileira de vermiculita beneficiada não expandida (concentrado) em 2004 foi de 25 mil toneladas. Os estados do Piauí (56%) e Goiás (44%) foram os responsáveis pela produção nacional.

No Estado do Ceará são conhecidas cerca de 30 ocorrências de vermiculita nos municípios de Crateús (Fazenda Varzinha e Fazenda Caieira); Granjeiro (Fazenda Dona Mimososa-Taquari); Morada Nova (Livramento e Sítio Jurema); Quixeramobim (Fazenda Veneza e Fazenda Viração); Madalena (Fazenda Várzea do Meio); Acarape (Sítio Pau Branco); Santa Quitéria (Fazenda Itataia); Sobral (Fazenda Canudos); Tamboril (Fazenda Poço Escuro–Sucesso); Tauá (Catingueira); Itapipoca (Fazenda Cruz); Caucaia (Sítio Porteiros); Tabuleiro do Norte (Sítio Cajueiro – Espera); Senador Pompeu (Sítio Cajazeiras); Nova Russas (Açude Farias de Sousa); Catarina (Baixa Grande); Arneiróz (Figueiredo); Iracema (Sítio Pacífico); Pereiro (Fazenda Carnaubinha); Ipaumirim (Bananeiras); Baixio (Xique-Xique); Caririaçu (Santa Maria, Aurora, Santa Bárbara e Angico).

As ocorrências de Acarape, Granjeiro e Tamboril são as que apresentam maiores potencialidades. Segundo Araújo (1997), a vermiculita de Granjeiro é de alta qualidade, pois no ensaio de caracterização tecnológica apresentou uma composição química próxima da teórica e grande capacidade de expansão.

A vermiculita de Pau Branco, município de Acarape, encontra-se disseminada em rocha ultrabásica de granulação grosseira, apresentando-se em placas de dimensões variadas. O corpo tem 2,6 km de extensão por 1 km de largura (Moraes *et al.*, 1973).

A ocorrência de vermiculita da Fazenda Poço Escuro no distrito de Sucesso, município de Tamboril, ocorre em bolsões concordantes com a encaixante (biotita-gnaiss), em pequenas plaquetas que variam de 1 a 3 cm e teor da ordem de 50 a 70%. A origem da vermiculita deve-se, provavelmente, à ação de processos hidrotermais que atuaram sobre as rochas básicas, provocando a alteração da biotita em vermiculita (Martins *et al.*, 1980).

A ocorrência de vermiculita da Fazenda Dona Mimosa, na serra de Taquari, localiza-se ao sudeste da cidade de Granjeiro e encontra-se na forma de bolsões lenticulares e disseminada em rocha básicas. Apresenta-se em plaquetas milimétricas a centimétricas, com boa expansão, e associada a amianto e caulim (Martins *et al.*, 1980).

BARITA

A barita é um sal de bário de fórmula química simplificada $BaSO_4$, cuja composição média teórica contém 65,7% de monóxido de bário, sendo que o bário elementar participa, em média, com 58,8% e o trióxido de enxofre com 34,3%. O nome barita advém do grego *barys* que significa pesado. A barita apresenta peso específico entre 4,3 e 4,6 g/cm³, dureza baixa 2,5 – 3,5 (na escala Mohs), possui brilho vítreo, resinoso ou nacarado. Sua cor mais comum é a branca a cinza clara, quando isenta de impurezas, podendo, portanto, variar ao cinza escuro ou rosa, conforme a presença de matéria carbonosa e óxidos de ferro. Ao ser riscada, deixa traço branco. Cristaliza-se no sistema ortorrômbico, classe bipiramidal-rômbica, com planos de clivagem perfeitos na face cristalográfica 001 e menos perfeitos, segundo 210.

As especificações industriais da barita variam de acordo com seus diferentes usos. A indústria petrolífera é sua mais importante utilização no mundo, como agente densificante para perfuração de poços de petróleo e gás. No Brasil, atualmente, a barita é mais consumida na indústria química para fabricação de sais de bário e suas múltiplas aplicações para tintas, vernizes, eletro-eletrônica, autopeças, indústrias de papel e vidro, agente purificador de salmouras por eletrólise cloalcalina (carbonato de bário), tratamento de efluentes para remoção de ácido sulfúrico, ácidos fosfórico

e compostos de cromo, agente fundente na preparação de sódio.

Segundo o Sumário Mineral – DNPM (2005), as reservas mundiais de barita totalizam cerca de 740 milhões de toneladas. As reservas brasileiras são de 2 milhões de toneladas representando apenas 0,3% das reservas mundiais. Atualmente a barita é produzida em 66 países. A China é a maior produtora e detentora de reservas, seguida pelos Estados Unidos e Índia. A produção brasileira em 2004 foi de 72 mil toneladas, que representa apenas menos de 1% da produção mundial.

A ocorrência de barita no Ceará foi registrada desde a primeira metade da década de 70 nos municípios de Caridade e Parambu.

No Estado do Ceará são conhecidas ocorrências de barita nos municípios de Caridade (Inhuporanga, Fazenda Carnaubinha), Miraíma, Parambu (Cococi, Canaã, Tabuleiro, Veados, João da Costa e Várzea do Jurema), Quixeramobim (Madalena, Lagoa do Senador e Riacho do Jucá). As ocorrências de Parambu (Cococi, Canaã, Aldeota, Veados e Tabuleiros) e Caridade (Inhuporanga) são aquelas que apresentam maior potencialidade.

Na mina de Barita de Aldeota, Tabuleiros e Veados, Município de Parambu,

os veios mineralizados estão encaixados em arenitos de cor marrom a cinza, com direção geral N60°E e estendem-se numa faixa alongada de aproximadamente 460 metros, com espessura que varia de 20 centímetros a pouco mais de 2 metros, excluindo os microveios de barita.

Foram aprovadas reservas medida de 22.519 toneladas, indicada de 22.140 toneladas e inferida de 26.329 toneladas, com teor médio de 62,6% de BaO.

Na mina de Barita de Cococi e Canaã, município de Parambu, os veios mineralizados estão encaixados em folhelhos de cor marrom, com direção geral N40°W e se estendem numa faixa alongada de, aproximadamente, 180 metros, com espessura que varia de 20 centímetros a pouco mais de 1 metro, excluindo os microveios de barita.

Foram aprovadas reservas medida de 3.800 toneladas, indicada de 3.800 toneladas e inferida de 32.838 toneladas com teor médio de 60,47% de BaO.

As minas de Aldeota, Tabuleiros, Veados, Cococi e Canaã foram explotadas

pela empresa Baritina do Nordeste Mineração e Indústria Ltda, no período de 1976 a 1980. Atualmente, as minas encontram-se paralisadas.

A origem das mineralizações baritíferas de Aldeota e Canaã, estão possivelmente ligadas às manifestações hidrotermais singenéticas à tectônica de ruptura e falhamento da bacia do rio Jucá.

A ocorrência da Fazenda Carnaubinha situa-se a 18 km a sudeste de Inhuporanga. A barita está associada a veio de quartzo subvertical com 3 metros de largura. O corpo está encaixado em biotita-gnaïsse com direção NNW. A barita apresenta cor branca leitosa ou branca avermelhada quando contém impregnações de óxido de ferro. Segundo informações de moradores locais existiu garimpagem no período de 1953 – 1957, quando foram retiradas várias toneladas de barita, cuja profundidade de 15 a 20 metros tornou antieconômica a exploração. Análise química efetuada pela Divisão de Laboratório do Departamento de Minas – SOSP (laudo 192/76) revelou os teores de BaSO₄ 87,15%, BaO 57,25%, SO₃ 29,85% e SiO₂ 15,08%.

TALCO

O mineral talco é um filossilicato de magnésio hidratado de fórmula química Mg₃(Si₄ O₁₀)(OH)₂ ou 3MgO.4SiO₂.H₂O, sendo 31,7% de MgO, 63,5% de SiO₂ e 4,8% de H₂O, traços de níquel, ferro e cobalto. Apresenta dureza 1(escala de Mohs), e densidade de 2,7 a 2,8. Suas lâminas são pouco flexíveis, mas desprovidas de elasticidade. Apresenta-se nas cores verde, cinza e branca. O brilho é nacarado e confere uma sensação untuosa ao tato. Trata-se de um mineral de difícil fusão.

O talco resulta da alteração de minerais magnesianos de rochas básicas, ultrabásicas e calcários. É produto de um

metamorfismo hidrotermal lento, auxiliado por metamorfismo dinâmico simples.

O talco possui numerosas aplicações industriais, tais como: inseticidas, cosméticos, cerâmica, enchimento de asfalto, materiais refratários, tintas, papel, borrachas, agricultura, indústrias têxtil e de plástico, dentre outras.

Em inseticidas é usado como diluente e carga, misturado com DDT, BHC ou outras substâncias. Para este fim o talco deve ser quimicamente inerte, macio e não deixar resíduo na peneira de 200 mesh.

Como cosmético, é empregado na fabricação de talco perfumado, boricado, cremes, *rouges* e sabonetes. As características exigidas são: alvura, micropulverizado a 325 mesh, isento de impurezas (tremolita e carbonatos), pH neutro e homogêneo.

Os principais produtos cerâmicos que utilizam talco na sua composição são: porcelana, ladrilhos, azulejos, isoladores de alta frequência. E queimadores de gás. As impurezas indesejáveis são óxido de manganês (MnO_2) e óxido de ferro (Fe_2O_3), porque mancham os produtos. No Brasil as principais aplicações do talco em ordem de importância são inseticidas, tintas, cosméticos, borracha e agricultura.

Segundo o Sumário Mineral – DNPM (2005), as reservas mundiais de talco totalizam cerca de 844 milhões de toneladas: 61% situadas nos Estados Unidos, 19% no Japão, 14% no Brasil e 3% em outros países.

No Brasil, as principais reservas de talco estão localizadas nos Estados da Bahia, Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Goiás. As reservas brasileiras são de 117 milhões de toneladas. Já a produção brasileira estimada de talco foi de 360 mil toneladas (Sumário Mineral – DNPM, 2005), destacando-se Bahia (40%), Paraná (36%), São Paulo (20%), Rio Grande do Sul (3%) e Minas Gerais (1%).

No Estado do Ceará são conhecidas ocorrências de talco nos municípios de Acopiara (Sítio Escuro), Aracoiaba (Jenipapeiro, Lagoa do Auri e Sítio Escuro), Baturité (Serra Preta), Caucaia (Água Boa), Catarina (Sítio Jardim), Groaíras (Fazenda Morro), Guaiuba (Sítio Rio Novo e Fazenda São Gregório), Ipueiras (Sítio Oiticica de São José), Irauçuba (Lagoa Cercada) Novo Oriente (Morro do Ouvidor e Fazenda Monte Carmelo), Pedra Branca (Tróia), Pereiro (Irerê), Potiretama (Fazenda Serrote Escuro), Quixadá (Fazenda Cachoeira), Quixeramobim, (Fazenda Cacimbinha e Fazenda Teotonho), Madalena (Fazenda da Cacimba

da Pedra), Saboeiro (Sítio Cachoeira Grande e Sítio Jardim), Santana do Cariri (Anjinhos, Fazenda Chico Dias e Cobra) e Tauá (Carrapateira). As ocorrências de Madalena (Fazenda Cacimba da Pedra), Tauá (Fazendas Boa Esperança, Nova Santana e Talhado), Santana do Cariri (Fazenda Chico Dias), Baturité e Guaiúba (Sítio Rio Novo e Fazenda São Gregório) são as que apresentam maior potencialidade.

A ocorrência da Fazenda Cacimba da Pedra está localizada a 18 km a noroeste do município de Madalena, próximo do município de Quixeramobim. Trata-se de uma lente de talco, com cristais de tremolita de hábito radial, encaixada em xistos do Grupo Ceará. A espessura da lente não é conhecida. O talco é lamelar, de coloração branca, untuoso, aparentemente de boa qualidade.

A ocorrência da Fazenda Boa Esperança está localizada a 52 km ao nordeste da cidade de Tauá. São lentes de talco interfoliadas em talco-xisto friável. O talco apresenta coloração branca na superfície e verde-clara internamente. A rocha encaixante foi classificada como talco-clorita-actinolita-xisto.

A ocorrência da Fazenda Nova Santana situa-se a 52,5 km da cidade de Tauá. Trata-se de um talco-actinolita-xisto com espessura de 50 metros. A encaixante do horizonte talcífero é um gnaiss quartzofeldspático. A análise química de uma amostra apresentou os seguintes resultados: SiO_2 55,7%, MgO 27,6%, Al_2O_3 2,8%, Fe_2O_3 8,5%, CaO (0,2%) e Perda ao Fogo 4,2%. O teor de sílica da amostra é um pouco baixo e o de ferro bastante elevado, fora das especificações para ser utilizado nas indústrias de cerâmica e de cosméticos.

A cerca de 6 km ao oeste da Fazenda Nova Santana, na Fazenda Talhado, ainda em Tauá, ocorre um depósito de talco com espessura de 40

metros e extensão superior a 100 metros. A encaixante é a mesma da Fazenda Nova Santana. A análise química de uma amostra apresentou os seguintes resultados: SiO₂ 47,4%, MgO 29,2%, Al₂O₃ 4,9%, Fe₂O₃ 8,8%, CaO 3,2% e Perda ao Fogo 5,5%. O teor de sílica da amostra está abaixo da média dos grandes depósitos brasileiros. Os teores de ferro, alumina e cálcio são elevados, mostrando que a amostra de talco analisado não é de boa qualidade.

A ocorrência da Fazenda Chico Dias situa-se no topo da Serra Chico Dias, a 14,5 km a noroeste da cidade de Nova Olinda, no município de Santana do Cariri. Ocorre na forma de uma estreita faixa de talco-actinolita-xisto. A rocha encaixante é um gnaisse migmatítico. As análises químicas em duas amostras apresentaram os seguintes resultados: SiO₂ 57,9% e 56,6%, MgO 19,7% e 27,3%, Al₂O₃ 4,6% e 4,6%, Fe₂O₃ 6,8% e 8,1%, CaO 2,9% e 0,3% e Perda ao Fogo 7,7% e 2,9%. As análises mostraram que o talco é de baixa qualidade.

A ocorrência do Sítio Cachoeira Grande está situada a 13 km a sudeste da cidade de Saboeiro, sendo constituída de lentes talcíferas com cerca de 3 metros de espessura, encaixadas em clorita-tremolita-xistos. O talco é do tipo lamelar, de coloração cinza-esbranquiçada, brilho sedoso.

A ocorrência de Bom Jardim está situada a 4 km de São João, no município de Ibaretama. O talco é de cor branca a cinza-esverdeada, maciço, granuloso, apresentando impurezas de actinolita e vermiculita. A espessura é da ordem de 20 metros.

A jazida da Fazenda Cachoeira situa-se a 3 km do distrito de São João, município de Ibaretama. O talco apresenta composição análoga ao da Fazenda Bom

Jardim. A rocha encaixante está intensamente dobrada, fraturada, com injeções de veios de quartzo. Esta jazida foi lavrada na década de 80 com produção diária de 12 a 13 toneladas de talco. Atualmente, encontra-se paralisada.

A jazida de talco de serra Preta situa-se a 3 km a sudoeste da cidade de Baturité, na encosta oriental da Serra Preta (Casa Velha, Cafezal, Laranjal e Grota da Fonte). Os talcitos apresentam-se encaixados em micaxistos, constituindo um corpo ultrabásico de forma amendoada. Os talcitos têm coloração esverdeada, e alguns com a superfície castanho-avermelhada devido à impregnação de hidróxido de ferro. A matriz talcosa apresenta-se rica em tremolita/ clorita, sendo a principal impureza do minério. As análises químicas em duas amostras apresentaram os seguintes resultados: SiO₂ 59,90%, MgO 30,16%, Al₂O₃ 0,23%, Fe₂O₃ 6,05 %, CaO 0,04% e Perda ao Fogo 3,02%. Foram aprovadas pelo DNPM, em 1993, as seguintes reservas: medida = 17.732 toneladas e indicada = 3.385 toneladas, com os teores acima especificados. Atualmente, a jazida encontra-se paralisada.

O depósito de talco do município de Guaiúba situa-se a 2,5 km da borda oriental da Serra do Aratanha, abrangendo parte das localidades Sítio Novo e Sítio Rio Formoso. O talco ocorre em bolsões e corpos lenticulares de pequenas dimensões, dispostos segundo NE-SW concordante com a foliação tectônica regional. As análises químicas em duas amostras apresentaram os seguintes resultados: SiO₂ 58,48% e 57,84%, MgO 28,36% e 28,16%, Al₂O₃ 0,34% e 0,34%, Fe₂O₃ 7,91 % e 7,30%, CaO 0,04% e 0,69% e Perda ao Fogo 4,23% e 3,38%. Foram cubadas reservas inferidas de 115.257 toneladas e medidas de 62.673 toneladas, que não foram aprovadas pelo DNPM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIOLI, A.F. **Pesquisa de talco, nas localidades de Sítio Novo e Rio Formosa, Município de Guaiúba – CE.** Fortaleza: [s.n.], 1980. (Relatório de Pesquisa DNPM 800.435/85)
- ALBUQUERQUE, G.A.S.C. **A produção de fosfato no Brasil: uma apreciação histórica das condicionantes envolvidas.** 1995, 142 p. Mestrado (Dissertação) - Escola Politécnica de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas. São Paulo. 1995.
- ALVARENGA, L.C. *et al.* Aspectos técnicos e econômicos na produção nacional de rocha fosfática. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA. 4., 1988, Brasília. **Anais...** Brasília: IBRAFOS, 1988. p. 191-213.
- ARAÚJO, E.C. **Estudo de vermiculitas de Granjeiro (CE) – Paulistana (PI).** Recife: SUDENE/UFPE. 1977, 89p. (Relatório Final).
- BARBOSA, A. J. *et al.* **Projeto Crateús;** Relatório Final. Recife: DNPM/CPRM, 1977. 7v. il. Mapa.
- BARITINA DO NORDESTE MINERAÇÃO E INDÚSTRIA LTDA. **Barita na fazenda Canaã, Município de Parambu – CE.** Fortaleza: 1975. 30p. planta, mapa geol. (Relatório de Pesquisa DNPM 800.156/74).
- BARITINA DO NORDESTE MINERAÇÃO E INDÚSTRIA LTDA. **Barita na localidade de Várzea da Jurema, Município de Parambu – CE.** Fortaleza: 1975. 50p. plantas (Relatório de Pesquisa DNPM 812.320 a 324/74).
- BARITINA DO NORDESTE MINERAÇÃO E INDÚSTRIA LTDA. **Barita na localidade de Carnaubinha, Município de Caridade – CE.** Fortaleza: 1975. 32p. (Relatório de Pesquisa DNPM 810.834/73).
- BATISTA, C.M. **Perfil analítico da diatomita.** Brasília: DNPM, 2 ed., 1983. (Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral. Boletim, 11).
- BERALDO, J.L.; TELES, A.F.N. Technical, logistical and economic considerations in the development of Brazilian phosphate resources. In: INTERNATIONAL CONFERENCE – BSC, 8, [s. l. : s. n.], 1985. 22p.
- BORN, H.; KAHN, H. Caracterização geológica e mineralógica voltada ao aproveitamento de jazimentos fosfáticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 5., 1990. São Paulo. **Anais...** São Paulo: IBRAFOS, 1990. p. 213-233.
- BRAGA, A. P. G. *et al.* **Geologia da região nordeste do Estado do Ceará: Projeto Fortaleza.** Brasília: DNPM/ CPRM, n. 12, v.9, 1981. p.1 – 123.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Principais depósitos minerais do Brasil.** Brasília: MME/DNPM/CPRM, 1997. v. 4 parte B e parte C.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário mineral brasileiro.** Brasília, 2001.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário mineral.** Brasília, 2005.

- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto Radam Brasil. Folha 5 a 24 Fortaleza; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial de terra.** Rio de Janeiro: 1981. 488p., il. 7 mapas (levantamento de recursos naturais, 21).
- BRUNI, E. C. **Perfil analítico da barita.** Rio de Janeiro: MME/DNPM, 1973, 46p. (Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral, Bol. 3).
- CABRAL, E.M.A.; MENOR, E.A. **Zoneamento qualitativo de minérios diatomíferos na faixa costeira do Ceará.** Natal: Projeto Radam Brasil/Banat, 1979.
- CASTRO, C. N. **Vermiculita e apatita na localidade de Pau Branco, Município de Redenção – CE.** Fortaleza: 1976. Relatório de Pesquisa. (DNPM 809.600/73).
- CEARÁ. Governo do Estado. **Cadastramento mineral do Estado do Ceará.**, Fortaleza: CEMINAS, 1985. relatório final.
- CEARÁ. Governo do Estado. **Principais ocorrências minerais do Estado do Ceará.** Fortaleza: NUTEC/ IOCE, 1981. 128p.
- CEARITA – EMPRESA DE MINERAÇÃO INDUSTRIAL. **Diatomita na localidade Lagoa do Araras, Município de Aquiraz-CE.** Fortaleza, 1972. (Relatório de Pesquisa).
- COSTA, M. J. *et al.* **Geologia da Bacia do Jaibas, Ceará, Piauí e Maranhão: Projeto jaibas.** Brasília: DNPM/ CPRM, v. 14, n. 11, 1979. p. 1-106.
- DAMASCENO, E.C., *et al.* Recursos minerais de fosfato no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA., 4, 1988, Brasília. **Anais...** Brasília: IBRAFOS, 1988. p.76-93.
- ESTEBAN, F.S.; SINTONI, A. Beneficiamento de rochas fosfáticas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 1, 1979, Brasília. **Anais...** Brasília: IBRAFOS, 1979. p. 180-194.
- GUIMARÃES, M. A. **Perfil analítico da grafita.** Rio de Janeiro: DNPM, 1973, 22p. (Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral, Bol. 16).
- HORN FILHO, F.X. **Beneficiamento da diatomita de canaveira do Estado do Ceará.** Brasília: CETEM/ MME, 1980. 21 p. (Série tecnologia mineral nº 8).
- JOEMA – INDÚSTRIA COMÉRCIO E EXPORTAÇÃO LTDA. **Grafita na fazenda Cachoeira, Município de Canindé – CE.** Processo DNPM 809.714/72. DNPM/10º Distrito. Fortaleza, 1975. 15 p. Relatório de Pesquisa.
- LEAL FILHO, L.S.; CHAVES, A.P.; HENNIES, W.F. Paulo Abib Andery (1922-1976), **A distinguished Brazilian Mining engineer.** CIM Bulletin, v. 86, n. 973, sept. 1993, 68p.
- LEAL FILHO, L.S.; DAMASCENO, E.C.; CHAVES, A. P. **A evolução do beneficiamento de rocha fosfática no Brasil.** Cadernos IG/UNICAMP, São Paulo. v. 3, n. 2, 1993. p. 96-108.
- LIMAVERDE, J. A., **Aspectos da indústria extrativa de minerais gemas no nordeste. Revista Econômica,** Fortaleza, v. 11 n. 3, p. 381-426, jul/set., 1980. Suplemento.
- LIMAVERDE, J. A. **Produção, industrialização e comércio de gemas no**

nordeste. Fortaleza: BNB, 1980. 131p. (Estudos Econômicos Sociais, 10)

MARINHO, J. M. L. **Contribuição ao estudo dos pegmatitos do Ceará.** Fortaleza: SUDEC, 1971. 84 p.

MARQUES, JR. F. **Geologia do Campo Pegmatítico de Berilândia-CE.** 1992. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

MARTINS, A.H.O. **Projeto vermiculita.** Fortaleza: SUDENE/SOSP, 1980. v. 1, 2.

MINERAÇÃO BATOQUE LTDA. **Ametista na localidade de fazenda Batoque, Município de Santa Quitéria-CE.** S. l., D 1965. (Relatório de Pesquisa. DNPM 2.274/63).

MINORD – EMPRESA NORDESTINA DE MINERAÇÃO LTDA. **Grafita na região de Solonópole – Piquet Carneiro – CE.** Processo DNPM 800.364 a 366/73, 800.368 a 373/73, 800.375 a 380/73, 800.550/73 a 551/73. DNPM/10º Distrito. Fortaleza, 1975. Relatórios de Pesquisa.

MINORD – EMPRESA NORDESTINA DE MINERAÇÃO LTDA. **Grafita nas fazendas Vencedor, Timbaúba, Volta e Massapé nos Municípios de Solonópole e Acopiara – CE.** Processo DNPM 800.364 a 367/73. DNPM/10º Distrito. Fortaleza, 1975. Relatórios de Pesquisa.

MINORD – EMPRESA NORDESTINA DE MINERAÇÃO LTDA. **Grafita nos Municípios de Solonópole e Piquet Carneiro – CE.** Processo DNPM 800.550/73 a 551/73. DNPM/10º Distrito. Fortaleza, 1975. Relatórios de Pesquisa.

MORAES, J. F. S. *et al.* **Projeto levantamento dos recursos minerais do Estado do Ceará: programa minerais industriais.** Recife: CPRM/ Governo do Estado do Ceará, 1973.

OLIVEIRA, J. C. *et al.* **Projeto Cococi;** relatório final. Recife: DNPM/CPRM, 1974.

OLIVEIRA, J.C.; MEDEIROS, M.F. **Projeto diatomita/argila.** Recife: CPRM/ Governo do Estado do Ceará, 1975.

OLIVEIRA, J.C. *et al.* **Projeto diatomita.** Recife: DNPM/CPRM, 1975.

PARENTE, R. C.; OLIVEIRA, U. L. **Perfil analítico da vermiculita.** Brasília: DNPM, 1986. 37p. (Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral, Bol. 60).

PARENTE, E. B. **Perfil analítico da gipsita.** Rio de Janeiro: DNPM, 1984. 49p. (Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral, Bol. 15).

PEREIRA, R. C.; OLIVEIRA, U. L. **Perfil analítico do urânio.** Brasília: DNPM, 1987. 76p. (Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral, Bol. 27).

PINHEIRO, J. C. F. **Perfil analítico do talco.** Rio de Janeiro: DNPM, 1974. 41p. (Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral, Bol. 22).

QUINDERÉ, C. S. **Barita na localidade Carnaubinha no Município de Caridade – CE.** Processo DNPM 802.413/77. DNPM/10º Distrito. Fortaleza, 1980. Relatório de Pesquisa.

SENA, A.P. **Projeto diatomita.; relatório final.** Fortaleza: DNPM/CEMINAS, 1986. 67p.

SIDRIM, A. C. G. **Projeto mapeamento do Maciço de Baturité**. Fortaleza: UFC/SOSP, 1978. 42 p. Relatório Final.

SILVA JÚNIOR, A.F. **Rochas fosfáticas brasileiras**. In: TECNOLOGIA DE FERTILIZANTES FOSFATADOS. São Paulo: IPT, 1980. p. 31-52. (Série Publicações Especiais, 9).

SILVA, M. A. M. **Evaporitos do cretáceo da Bacia do Araripe: ambientes de deposição e história diagenética**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 1988. p. 53-63. (Boletim de Geociências).

SILVA, R.M. Experiência industrial de utilização de rochas fosfáticas nacionais na produção de fertilizantes. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 4., 1988.

Brasília. **Anais...** Brasília: IBRAFOS, 1988. p. 251 – 272.

SOUSA, J. F. **Perfil analítico da diatomita**. Rio de Janeiro: DNPM, 1973, 27p. (Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral, Bol. 11).

STUDART, P. F. **Grafita nas fazendas Luna, Vazantes, Areias, Mundo Novo e Jurema Município Piquet Carneiro – CE**. Fortaleza: 1975. (Relatório de Pesquisa DNPM 800.369 a 370/73).

TALCO MINERAÇÃO INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. **Pesquisa de talco, na localidade de Serra Negra, Município de Baturité – CE**. Fortaleza: 1992. (Relatório Final de Pesquisa DNPM 800.020/87).

ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS NO MAR E EM ZONAS COSTEIRAS

JÁDER ONOFRE DE MORAIS¹
LIDRIANA DE SOUZA PINHEIRO²

Os minerais industriais marinhos ocorrem em sais dissolvidos na água do mar, que comportam elementos químicos de importância econômica inequívoca, em zonas litorâneas, em plataformas e taludes continentais, em feições geomorfológicas indentadas na margem continental e em mar profundo.

A linha de costa do Estado do Ceará estende-se ao longo de 573 km, apresentando estuários, a exemplo do rio Jaguaribe no litoral leste e o do rio Timonha no litoral oeste; promontórios, como os de Ponta Grossa e Jericoacoara, também no leste e oeste respectivamente; campos de dunas, falésias, afloramentos do embasamento cristalino, plataforma continental recoberta de sedimentos arenosos e carbonáticos que podem ser utilizados de forma racional com foco no desenvolvimento sustentável. A Figura 1, mostra o esboço das feições geomorfológicas contíguas à costa do Estado do Ceará, a delimitação de sua plataforma e talude continentais, sopé continental e região meso oceânica das cadeias de montanhas submarinas.

Ao considerar que o piso marinho em toda sua extensão, desde as partes mais rasas até as mais profundas, está recoberto por uma coluna de água, observa-se que a água do mar, desenvolve, através de seus movimentos, processos de dispersão de sedimentos e conteúdo dos ele-

mentos na composição química de sais minerais nela existentes, que são potenciais fontes de recursos minerais.

A seguir serão apresentados os processos hidrodinâmicos da zona litorânea e redistribuição dos minerais, redimensionamento das feições sedimentares pela mobilização de sedimentos e minerais marinhos. Subseqüentemente, sobre a ocorrência dos sedimentos e minerais na superfície da plataforma continental e talude continental, sua procedência e interação com a superfície. Em seguida são levados em consideração os minerais em mar profundo de regiões que até pouco tempo não havia suposição de que fosse possível a ocorrência de vida.

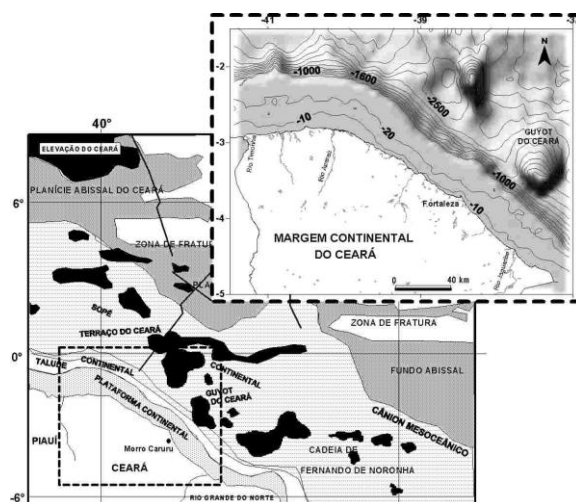


Figura 1. Características geomorfológicas da margem continental e zonas profundas adjacentes ao estado do Ceará.

¹ Geólogo, Doutor em Geologia Marinha, Pós Doutor em Geologia no Planejamento Ambiental e Professor Titular da Universidade Estadual do Ceará – UECE.

² Geógrafa, Doutora em Oceanografia Abiótica e Professora da Universidade Estadual do Ceará – UECE.

ÁGUA, UM BEM MINERAL

Cerca de 71% da superfície terrestre é água, cobrindo cerca de 139 milhões de milhas quadradas, (Sverdrup, *et al.*, 1942). A água do mar contém aproximadamente 36,45% de vários elementos em solução. Isto significa quase 37 gramas por quilograma. Portanto, cada milha cúbica de água pesando 4,7 bilhões de toneladas tem 166 milhões de toneladas de material sólido. Os oceanos têm, portanto, estocados 5×10^{16} toneladas de materiais minerais e isto se pode explicar pelo fato de que todos os elementos conhecidos poderiam ser encontrados na água do mar. Até agora cerca de 60 elementos já foram mensurados neste ambiente. A água do mar, na superfície, contém menos elementos do que as águas situadas em profundidades maiores do que 1.500 metros. A atividade biológica tem uma participação significativa na mudança de concentração de elementos de um lugar para outro. (Goldemberg, 1952).

Sódio e cloro constituem 85,2% dos elementos dissolvidos na água do mar. O íon cloreto constitui 54,8 % do total de sais, o íon sódio 30,4%, o íon sulfato 7,5%, o íon magnésio 3,7%, o íon cálcio 1,2%, o íon potássio 1,1%, o íon carbonato 0,3% , o íon brometo 0,2%, e o íon borato 0,07%. Vale ressaltar que os nove elementos mais presentes formam 99,99 % do total de sólidos dissolvidos. As substâncias dissolvidas na água do mar são por ordem decrescente de percentagens, o cloreto de sódio (77,8%), sulfato de magnésio (9,7%), sulfato de cálcio, (3,7%), sulfato de potássio (1,7%), carbonato de cálcio(0,8%) e outros (1,1%). O oxigênio constitui, em volume, cerca 35,5% dos gases dissolvidos na água. A água pesada, rica em sais de urânio é matéria prima para estudos de fusão nuclear. (Cabral,1980).

Os sais foram extraídos da água do mar em primeira instância pelos chineses 2.200 anos a.C., e em seguida foram extraídos do próprio solo, (em regiões de precipitação pluviométrica baixa, em solos quase impermeáveis, com nenhuma possibilidade de diluição por água doce proveniente de rios ou riachos). Na obtenção do sal comum, deve-se levar em conta que pelo seu baixo valor, a área de consumo não deve ficar muito longe da área de produção. Hoje em dia os elementos que são de fato obtidos da água do mar em grande escala são o cloro, sódio, bromo e magnésio.

No mar, o bromo é extraído de forma muito pura, e é importante que se saiba que 99% do bromo da crosta terrestre está no oceano. É obtido nos *well brines* e depósitos de sais, após precipitação dos sais. Usado na gasolina previne o depósito de chumbo, e é usado com abrangência maior na indústria do petróleo. O cloro e sódio são os elementos fundamentais do sais utilizados em maior escala, já que o cloreto de sódio é quem compõem o sal comumente utilizado na alimentação humana.

Ao longo do litoral do Estado do Ceará são comuns as diversas ocorrências de salinas de onde o sal é extraído para subsequente comercialização. A concentração maior foi sempre no litoral do município de Aracati. No entanto, as oportunidades econômicas e os meios que visam o lucro imediato, fizeram com que estes ambientes fossem transformados e aproveitados como cativeiros para criação de camarões.

O magnésio é estruturalmente o mais leve metal disponível, tem peso es-

pecífico de 1,74 em comparação com o alumínio que é 2,70 e o ferro que é 7,87. Sua principal aplicação é na fabricação de veículos de transporte. É usado em ligas metálicas com o alumínio. Logo após a segunda guerra mundial os Estados Unidos construíram plantas para redução do magnésio usando magnesita, dolomita, *well brines* ou água do mar como principais matérias primas. O magnésio encontrado na forma de óxido de magnésio, de cloreto de magnésio e hidróxido de magnésio tem uma variedade de usos como materiais refratários, absorvente de odores, indústria farmacêutica, fertilizantes, insulações, *rayon*, papel e outros.

Ouro na água do mar tem sido sempre um dos interesses econômicos maiores e por isto, várias tecnologias começaram a ser testadas para este fim desde que em 1866 um membro da Academia de Ciências da França anunciou ter sido encontrado em pequenas quantidades na água do mar do Canal da Mancha, com 65mg de ouro por tonelada de água. (Mero, 1969).

A água do mar, assim como as águas contíguas à costa, a exemplo das águas estuarinas e de aquíferos em conexão com o litoral, são compostas de elementos que reunidos em sais ou isoladamente tem uso diário nos mais diversos aspectos do consumo humano. No Estado do Ceará há o domínio do complexo cristalino representados por rochas metamórficas e ígneas na maior parte do Estado, que consubstanciam litologias sem vocação aquífera, mas que vem sendo de certa forma exploradas.

No entanto, a zona costeira apresenta uma boa concentração de água subterrânea em aquíferos que servem de suporte às necessidades da população desta área. A presença de cunha salina acarreta problemas ao abastecimento com finalidades potáveis e os fluxos subterrâneos e fluviais associados são, na maioria das vezes, os responsáveis pela variação

da morfologia costeira através da formação de ravinas e voçorocas. A Figura 2 mostra a testemunha eloqüente dos exutórios na praia com transporte simultâneo de sedimentos.



Figura 2 – Vista de ravinas e voçorocas esculpidas pela ação conjugada da erosão pluvial e escoamento subterrâneo.

Dentre os aquíferos da área destaca-se o seguinte: as aluviões, as dunas, a *Formação Barreiras*, a *Formação Jandaíra*, a *Formação Açu*, o *Grupo Ceará* e o *Complexo Nordeste*.

As aluviões apresentam uma vocação hidrogeológica média, no limite do potencial bom. Constituem, nos baixos cursos dos rios um ambiente mais propenso à exploração, devido à sua largura, extensão e profundidade, além da composição litológica e textura mais apropriadas, com largura média de 10 Km, extensão de 60 Km e profundidade de 25m. Em termos litológicos, está composta basicamente de areias que variam de fina a grosseira, seixos, cascalhos, silte e matéria orgânica. As dunas são aquíferos em potencial, formados basicamente de areias finas a grosseiras inconsolidadas, que representam áreas de recarga em toda sua extensão.

Nos depósitos da *Formação Barreiras*, o potencial hídrico é considerado médio. É constituída fundamentalmente de arenitos finos a médios, siltitos e argilas. As

fases mais argilosas desta formação reduzem sua permeabilidade e por isto mesmo, servem de suporte para aquíferos suspensos e lagoas que ocorrem em forma-

ções superficiais mais arenosas. Exutórios aparecem ao longo da costa como os que ocorrem na Praia das Fontes, no município de Beberibe. (Morais, 1998).

MINERAÇÃO NA ZONA LITORÂNEA

• Depósitos em zona de pós-praia

A Ponta do Pecém é um local onde o afloramento de rochas graníticas despertou o seu uso para pavimentação e pedras britadas. Sabe-se, no entanto que qualquer ocorrência de rochas que se prestem à construção civil, ou ocorrência de *placers* minerais, antes de serem explorados devem submeter-se a um intensivo estudo de impactos ambientais. A Ponta do Pecém pela posição estratégica na construção do porto, colocou em primazia os estudos dos processos interativos morfodinâmicos - hidrodinâmicos – sedimentológicos, que formam a base física para uso, ocupação e implantação de equipamentos na área costeira do Ceará. Evitou-se, portanto, o uso deste material de pós-praia e implantou-se o sistema de exploração nas proximidades da área onde estão localizadas as pedreiras da serra do Juá e do serrote do Jacurutú.

A localização das rochas do embasamento cristalino, sua distribuição fisiográfica emersa e submersa, contribuem efetivamente para a interpretação do comportamento evolutivo da linha de costa atual, e da implantação dos equipamentos ligados ao desenvolvimento do Estado do Ceará. A área do distrito de Pecém, no município de São Gonçalo do Amarante, sempre esteve diretamente sob influência dos afloramentos rochosos submersos na bacia de evolução do porto e favorece a refração. Eles induziram os fluxos hidrodinâmicos interativos de deriva litorânea e

fluxos eólicos na acumulação de sedimentos de dunas à retaguarda da Ponta do Pecém, contribuindo para elaboração de extenso campo de dunas desde a região da embocadura do rio Cauipe até a vila local.

O litoral de Fortaleza vem sendo alvo de exploração indiscriminada de materiais para construção civil oriundos das dunas, de berma, de falésias e de tabuleiros litorâneos alterando a estética ambiental e processos litorâneos associados.

Desmatamento de tabuleiros e dunas causa, a remoção da areia pelo vento dando início ao processo de transporte de dunas já fixadas, o que pode provocar impactos em áreas adjacentes já urbanizadas ou assoreamento em leitos de rios, ou outro curso d'água, no extrativismo energético e uso de cultivo em subsistência e monoculturas.

Os processos de evolução geológica costeira no Estado do Ceará foram iniciados por Moraes, (1969), quando correlacionou os montes submarinos existentes em torno do paralelo de 40 S, desde o Arquipélago de Fernando de Noronha, Atol das Rocas, até o litoral do Estado do Ceará, com a presença predominante de rochas eruptivas alcalinas, depois confirmadas por Moraes *et al.* (1994), com a ocorrência de cinzas vulcânicas em falésias do litoral cearense.

Estes fatos, associados às Operações Oceanográficas conduzidas a bordo

do Navio Oceanográfico Almirante Câmara da Marinha do Brasil, evidenciaram em princípio os processos evolutivos desta área costeira submersa. Nas operações oceanográficas, foram delimitados os terraços holocênicos submarinos, testemunhos da transgressão holocênica em vários níveis, seja pela ocorrência de foraminíferos típicos da zona intertidal de alta concentração de energia ou através de localização de *beach rocks* encontrados naquelas profundidades, associados à feição fisiográfica de degraus ou patamares. A procura de materiais empregados na construção civil, ou de minerais pesados em *placers* tais como rutilo, zircão, ilmenita, monazita, provoca perda de sedimentos nas cristas de praia e nas partes frontais de dunas, ante-dunas e cordões litorâneos.

No litoral de Beberibe, desde a foz do rio Choró até a vila de Morro Branco foram feitas prospecções de minerais pesados de acordo com o código de mineração e a legislação ambiental, utilizando-se áreas bem definidas para reabilitação natural. A Titânio do Brasil (TIBRAS), foi a empresa responsável pela pesquisa mineral nessa região. Ocorrem em terraços marinhos próximos às falésias da *Formação Barreiras* em Morro Branco e Praia das Fontes. Minerais radioativos foram pesquisados (monazita), nas dunas da região adjacente a foz do rio Coreau em Camocim.

Estes depósitos de minerais pesados geralmente encontrados nas zonas de pós-praia, estirâncio e ante-praia são conhecidos como *placers* que também ocorrem em plataforma interna. Na Praia do Nome, no Alaska foram explorados durante o ano de 1990 mais de 140 toneladas (Silva, 2000). A corporação ILUKA, empresa de mineração australiana é detentora das principais reservas na Austrália (112 milhões de toneladas), Sri Lanka (119 milhões de toneladas) e EUA (25 milhões de toneladas). Esses minerais são largamente explorados na costa leste e oeste da Índia com jazidas de aproximadamente 309

milhões de toneladas de minerais como a ilmenita, zircão e rutilo. No Brasil, as principais áreas de exploração de minerais pesados estão localizadas no litoral sul da Bahia, Espírito Santo e Norte do Estado do Rio de Janeiro.

• Depósitos em zona de estirâncio

Esta área corresponde ao espaço praiado compreendido entre as linhas de maré alta e maré baixa. Neste local aparecem afloramentos de rochas de praias, as chamadas *beach rocks*. Estes materiais foram estudados pela primeira vez no Estado do Ceará por Moraes, 1968, quando classificou 3(três) diferentes tipos. Os arenitos calcíferos, arenitos com limonita e os arenitos cimentados pela calcita e limonita concomitantemente ou em seqüência. Estas rochas foram usadas historicamente como fundações para sistemas portuários a exemplo do antigo porto de Fortaleza, nas proximidades do local onde foi construído mais recentemente a Marina de Fortaleza (próxima do Hotel Marina). Servem de dissipação para as ondas minimizando ataques frontais que possam provocar erosão das mesmas, mas podem servir de instrumento que provoquem difração e refração de ondas e com isto colabore, ou até mesmo seja a causa de determinados processos erosivos locais. Outras rochas ocorrem, mas como tipos representativos do pré-cambriano nas localidades do Pecém, na Barra Nova, na praia de Tabuba e na praia de Iguape, todas elas sem representatividade econômica. *Placers* podem ocorrer nestes locais principalmente como resultado do retrabalhamento dos sedimentos da *Formação Barreiras*. Em Morro Branco esta zona *intertidal* ou de estirâncio sobrepõe-se em marés de sizígia à zona de pós-praia, acumulando sedimentos mineralizados inclusive na plataforma de abrasão. A Figura 3 mostra uma vista desta plataforma associada aos depósitos de *placers* das falésias da *Formação Barreiras* e material litoclástico na Praia de Morro Branco.



Figura 3 – Vista da plataforma de abrasão da Formação Barreiras na Praia de Morro Branco.

- **Depósitos em zona de ante-praia**

Esta área situada nas imediações da arrebentação das ondas de maré baixa tem incidência à acumulação de materiais arenosos, tipo agregados em forma de barras e cordões arenosos que podem ser usados na construção civil. Agregados marinhos são depósitos de minerais detriticos não metálicos e de carbonato de cálcio principalmente usados em industria da construção. Estes materiais estão nas adjacências da foz dos rios Jaguaribe, Acaraú, Coreaú, Aracati Mirim e Aracatiaçu, e no rio Malcozinhado, Pirangi, e, ainda em forma de barras arenosas retrabalhadas pelas correntes de deriva litorânea ao largo

da enseada do Mucuripe e, que servem de jazidas de areia, matéria prima para reabilitação das praias situadas no litoral norte de Fortaleza como a Praia do Ideal, praia de Iracema, ocorrendo também em plataforma rasa. (Morais,1998).

No extremo oeste da costa do Ceará são encontradas associações de sedimentos bioclásticos possivelmente cimentados por calcita. A ante-praia da Ilha Grande é constituída por biodetritos (fragmentos de conchas e carapaças) transportados pelo estuário do rio Timonha (Dias, 2005). A Figura 4 apresenta a zona ante-praia que corresponde ao início da plataforma continental, com associação de sedimentos bioclásticos e depósito de conchas na porção norte da Ilha Grande, no estuário do Rio Timonha.



Figura 4 – Vista da associação de sedimentos bioclásticos no início da plataforma continental.

MINERAIS NA MARGEM CONTINENTAL

A margem continental compreende o espaço formado pela plataforma continental, talude continental e sopé continental.

Os estudos de reconhecimento da distribuição de sedimentos de forma sistematizada na margem continental do Estado do Ceará, incluindo sua plataforma continental, talude continental e sopé continen-

tal, todos submersos tiveram início em 1967 durante o cruzeiro oceanográfico Norte-Nordeste 1, a bordo do Navio Oceanográfico Almirante Saldanha da Marinha do Brasil, onde se produziu a delimitação de fácies sedimentares adequando-as à cartas batimétricas. Desta expedição oceanográfica, da interação de trabalhos de geologia marinha e oceanografia biológica, resultou o primeiro trabalho científico apli-

cado a exploração de minerais e agregados marinhos e a correlação das diversas fácies sedimentares com a captura e pesca de organismos bentônicos à exemplo da lagosta sugeridos por Coutinho e Morais, (1968). A Figura 5 apresenta o primeiro mapa de fácies sedimentares elaborado em cruzeiro oceanográfico na região Norte-Nordeste do Brasil que serviu de instrumento na correlação tipo de fundo – organismos betônicos.

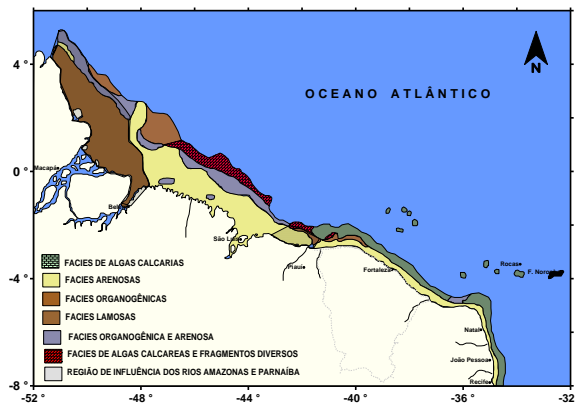


Figura 5 – Mapa de Fácies da Região Norte-Nordeste do Brasil, elaborado por Coutinho e Morais, (1968).

Seguiram-se trabalhos realizados pelas expedições GEOMAR, com prevalência em geologia e geofísica marinha chegando a mais de vinte expedições em diversas partes do litoral brasileiro, em que mais de 20 expedições GEOMAR aconteceram na costa brasileira e algumas delas incluíram o estado do Ceará sob a chefia científica de pesquisadores cearenses. Em ações concomitante ao projeto GEOMAR, sob a responsabilidade do PGGM (Programa de Geologia e Geofísica Marinha) surgiu o Projeto REMAC, (Reconhecimento da Margem Continental Brasileira, 1969-1979), onde se fez o levantamento em escala nacional, constando metodologias de geologia e geofísica marinha definido estruturas, delimitando bacias sedimentares, que associado aos conhecimentos da PETROBRÁS colaboraram na prospecção de petróleo e gás no Brasil. O projeto JOPS2 (Joint Oceanographic

Project), com a Alemanha, UECE e UFC definiu a distribuição de argilas produzidas pelos rios traçando seu caminho ao longo da plataforma continental e talude continental. (Morais *et al.*, 1994). Subseqüentemente os sedimentos carbonáticos da plataforma foram classificados quanto a associação carbonática em areias e/ou cascalho de algas coralíneas (maerl); areias e/ou cascalhos de halimeda; foraminíferos; vermitídeos e biodetritos. (Freire e Cavalcanti, 1997).

• Depósitos do Piso Marinho

A plataforma continental do Ceará tem largura média de 63 Km com um máximo nas imediações de Camocim, com 101 Km de extensão, estreitando-se de forma progressiva em direção ao Rio Grande do Norte, com largura mínima de 41 km, em Tremembé, município de Icapuí, a leste de Fortaleza.

Os principais depósitos de sedimentos marinhos foram delimitados na plataforma do estado do Ceará por Kempf, Coutinho e Morais, 1968; Coutinho e Morais, 1968. Estes autores delimitaram a existência de fácies terrígenas, fácies carbonáticas, e biodetritos como principais ocorrências que apresentavam possibilidades de exploração para uso na indústria da construção civil, na indústria da fabricação de cimento e de fertilizantes. Em mapeamento subsequente, (Morais, 1998), redistribuiu estas fácies sob a classificação de geossistemas ampliando sua diversidade e aplicação. Assim foram classificados e agrupados em geossistema terrígeno, o geossistema de maerl e o geossistema carbonático. (Figura 6).

O geossistema terrígeno foi dividido em geofácies areno quartzosa e geofácies areno lutácea fluvial. Os sedimentos lutáceos têm como componentes a caulinita constituindo 40 a 70% da fração argila. A ilita, geralmente, representa 30 a 50%, sendo mais abundante ao norte. A fácies de

lama na plataforma é mais rica em argila diferenciando-se dos fundos lamosos do talude que apresentam maior teor em silte. Isto pode indicar mais adequadamente sua utilização. Como exemplo se aplicaria na reabilitação e recuperação de praias sob processo de erosão ou na construção civil. O geossistema de *maerl* é composto pelas geofácies coralina, geofácies rudácea algal, geofácies limosa e geofácies organogênica. Esta classificação define melhor a aplicação em correção de solos, em fertilizantes ou na fabricação de cimento.

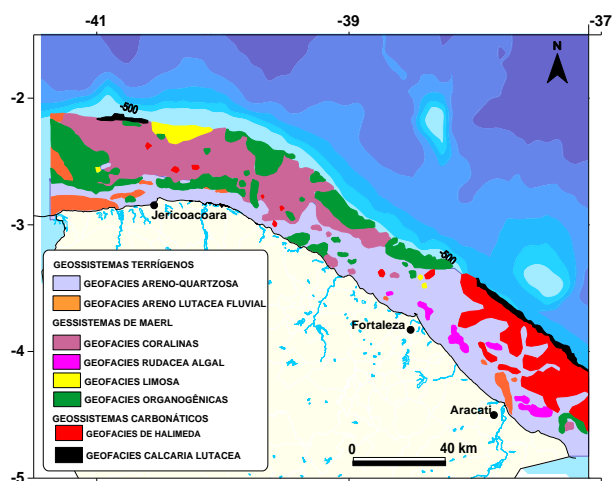


Figura 6 – Mapa de geossistemas da plataforma continental do Ceará (Morais, 1968)

O geossistema carbonático envolve as geofácies de *Halimeda* e calcária lutácea. São materiais que podem ser utilizados na indústria de fertilizantes. O *maerl* de *Halimeda* é constituído por fragmentos mais finos que os demais, e em 1970 a França exportou mais de 9.000 toneladas deste material para a agricultura, alimentação animal e tratamento de água (Amaral, 1979). Foram cubados cerca de 33 bilhões de metros cúbicos de granulados disponíveis sobre a plataforma continental, no entanto as reservas explotáveis foram limitadas a 600 milhões de metros cúbicos (Dias, 2000). A propósito, a fabricação de cal virgem ocupa o segundo lugar no uso do calcário, precedido somente pela fabricação de cimento e este mesmo autor enumerou além destas duas, outras tais como: cal

hidratada, alcalis, sabões, inseticidas, gemas, gelatinas, papel, vidro, cerâmicas, vernizes, graxas, abrasivos, lã mineral, tratamento de minérios e processos metalúrgicos de minérios, obtenção de cálcio metálico e suas ligas, em metalurgia de ferros em refino de não ferrosos, tratamento de couro em curtumes e de fibra vegetais, para a indústria têxtil, tratamento de água para o consumo humano e uso industrial, tratamento de esgoto, dessalinização, purificação de açúcar, sucos e xaropes, alimentação animal, alcalinização e adubo de solos para a agricultura, pavimentações rodoviária, ferroviária e de fundações.

Estes depósitos ocorrem na plataforma continental brasileira como algas calcárias, biodetritos foraminíferos e concheiros. Ottman, (1974), cita que a indústria francesa não aceita calcários com teor de cloro acima de 0,005%, o que corresponde a 0,008% de ClNa. Nas suas pesquisa encontrou 10 a 20 gramas de sal por quilo. Isto significa que teria de remover 97,5 do sal originalmente presente. A Union Nationale des Producteurs de Granulats (UNPG) criada na França em 1996, congrega mais de 1.000 empresas e movimentou cerca de 14 bilhões de Francos em 1998, o que corresponde a cerca de 346 milhões de toneladas (Dias, 2000).

No caso do geossistema terrígeno composto de sedimentos arenosos litoclásticos tem sido levado em consideração a qualidade destes materiais, já que trazem consigo sais marinhos associados aos agregados dragados da plataforma continental para a construção civil. As normas internacionais aceitam 2% de sal em peso do concreto pronto. Comparados a este valor, (Ottman, 1974), encontrou em areias marinhas secas o teor de 1 a 3%, e que isto era diminuído significativamente pela lavagem com água doce e poderiam até ser utilizado sem lavagem, mas tanto na França como na Inglaterra é exigida a lavagem se está associado à fabricação de cimento. As argilas marinhas ricas em matéria orgânica

e pobre em carbonato são aplicadas em cerâmica com excelentes resultados, (Manheim,1974). Países como a Inglaterra, França, Estados Unidos e Canadá já exploram estes materiais. A dragagem e a utilização dos sedimentos litoclásticos na recuperação de praias vem sendo realizadas desde a década de 60.

No Estado de Delaware (EUA) foram dragados cerca de 6 milhões de metros cúbicos de areias da plataforma continental para a recuperação de 39 km de faixa de praia (Silva *et al.*, 2000). No Estado de Nova Jersey foi implantado um projeto de recuperação de praias que prevê a dragagem de aproximadamente 15 milhões de metros cúbicos de areia. Em estudos realizados pelo Minerals Managemnt Services estima-se que na plataforma continental do Estados Unidos exista uma reserva de aproximadamente 21 bilhões de toneladas de areia e cascalho a uma distância de 5 km da costa.

Devido ao elevado custo destas operações no Brasil, poucos são os exemplos de recuperação de praias a partir de dragagens de sedimentos da plataforma interna. Vale ressaltar, que o impacto dessas atividades é bem reduzido em relação a construção de obras rígidas como espigões, *sea walls* e molhes *off-shore*. Exemplo de bom aproveitamento de sedimentos litoclasticos da plataforma interna é verificado no aterro da Praia de Iracema, na cidade de Fortaleza. A Figura 7 mostra os espaços ocupados na plataforma continental do Estado do Ceará pela geofácies, com a distribuição dos depósitos terrígenos e carmonáticos.

Na plataforma interna, existem ambientes de sedimentação que apresentam sempre possibilidades de exploração de sedimentos litoclásticos como os citados a seguir: em área próxima ao s bancos de Cajuais e do Retiro Grande, entre a barra do rio Mossoró e do Jaguaribe; o banco do Acaraú, que se estende da Barra do rio Aracatimirim à ponta de Jericoacoara,

(Morais, 1998). O vale do rio Curu, detectado desde a plataforma até a profundidade de 1900m, (Freire,1985). A região submersa da foz do Rio Jaguaribe, e seu vale submarino, assimétrico, em forma de “V”, se estende desde a isóbata de 45m a 600m. Como pode ser observado, o volume de material com possibilidades de renovação através da regeneração de águas calcárias é de aproximadamente 241,4 km³.

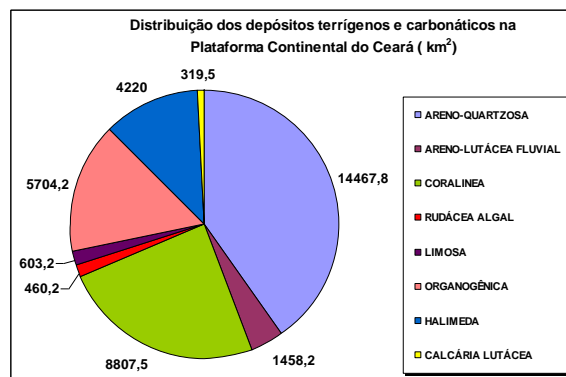


Figura 7 – Distribuição dos depósitos na plataforma continental do Ceará.

Fonte: Morais, 1998.

Minerais pesados são os que tem peso específico acima de 2,9 e que possui valor econômico, tais como o ouro metálico, cassiterita, platina, ilmenita, rutilo, zirconita, monazita e diamante. Foram classificados como minerais pesados leves quando tem peso específico entre 2 a 5,3 (ilmenita, rutilo, zirconita, monazita). Ocorrem na maioria das vezes na zona litorânea, originando os *placers* de praias. Os minerais pesados-pesados quando tem peso específico acima de 6,8, o que corresponde ao ouro, cassiterita e platina, concentram-se em canais fluviais geralmente entre 15 – 20 km das rochas fonte. Uma terceira classificação diz respeito às gemas que possuindo baixa densidade e alta dureza ocorrem em aluviões e nas praias. Portanto estudar paleo-vales fluviais ou níveis submersos de praias é uma importante ferramenta de localização de minerais marinhos de viabilidade econômica.

Os minerais pesados que ocorrem na plataforma continental do Nordeste, apresentam em concentrações significativas o leucoxênio e ilmenita, seguidos pela zirconita e monaziita não revelando associação com *placers* litorâneos. Artheau, Morais e Freire (1976) em sedimentos resultantes da Operação Norte-Nordeste do Navio Oceanográfico (NOc) Almirante Saldanha, Expedição GEOMAR VIII, do NOc. Almirante Câmara, de expedição a bordo do NOc. Prof. W. Besnard, no projeto REMAC, e do barco Pesquisador IV da SUDENE, encontraram entre os minerais mais expressivos a magnetita, ilmenita, óxido de ferro, leucoxênio, (opacos) e zircão, rutilo, turmalina, granada cianita, estauroлита, andalusita, epidoto e hornblenda (transparentes). Separando 3(três) províncias retrográficas com predominância respectivamente de associação zircão + turmalina, da cianita, e da estauroлита. Sendo que o mineral pesado em maiores proporções na fração total do sedimento foi a ilmenita. Posteriormente foi comprovado por Freire e Cavalcanti (1997), que na plataforma continental do Estado do Ceará no litoral leste também há predominância da ilmenita em relação a fração total, ocorrendo maior concentração entre Icapui e sucatinga.

Para prospecção de minerais industriais no piso marinho várias técnicas são utilizadas, tais como: a batimetria detalhada, geofísica rasa, utilização do sonar de varredura lateral, perfilagens magnetométricas e radiométricas, dragas, busca fundo *van-veen*, *vibracors*, dentre outros.

Os vales afogados existem ao largo das desembocaduras dos rios Timonha, Jaguaribe, Coreaú, como resultado da transgressão holocênica. Pesquisas detalhadas nestas feições geomorfológicas submarinas deveriam ser realizadas, haja vista que em diversas partes do mundo isto ocorre, a exemplo dos *placers* de cassiterita na Malásia Tailândia e Indonésia. Na Austrália, exploram o zircão e magnetita no Japão e Nova Zelândia, e diamante no litoral da África do Sul.

• Depósitos de Sub-Superfície de plataforma

Os levantamentos realizados pela PETROBRÁS em 1972, definiram estruturas delineando possíveis ocorrências. A CPRM detectou camadas de enxofre na capa de domos salinos a 900 metros de profundidade. Na foz do Rio Doce, no litoral do Espírito Santo foram encontrados domos salinos com diâmetro médio de 1,5m no topo da estrutura com 90% de halita (ClNa) 3% de anidrita (SO₄Ca), associados a calcário argilo-ferruginoso. Nestes levantamentos destacam-se:

- Domos de sal que ocorrem na plataforma da Bahia e Espírito Santo, detectadas durante o projeto REMAC e podem correr associações de camadas de forma estratificada associadas em camadas de sais de potasio e magnésio como exemplo o Golfo do México.

- Petróleo ocorre na costa do Ceará em camadas de bacia Potiguar que provém de depósitos siliciclasticos, e na bacia do Ceará os hidrocarbonetos já ocorrem todas as fases da sua evolução sedimentar (Morais,1994).

ROCHAS E MINERAIS EM MAR PROFUNDO

As zonas profundas são as que se situam além da margem continental até uma

profundidade de 6.000m. As rochas existentes no piso marinho profundo ocorren-

tes como extrusões vulcânicas e em mar aberto no Estado do Ceará foram estudadas por Morais, (1994). São resultados de alinhamento de vulcões submarinos nas adjacências do paralelo de 4 graus sul deslocando-se desde o arquipélago de Fernando de Noronha até a zona litorânea. Tratam-se de fonólitos sem aproveitamento econômico por se encontrarem em grandes profundidades. As continuações destes afloramentos rochosos aparecem em superfície no serrote do Cararu nas proximidades de Fortaleza região onde são exploradas para utilização como britas. (Figura 8).

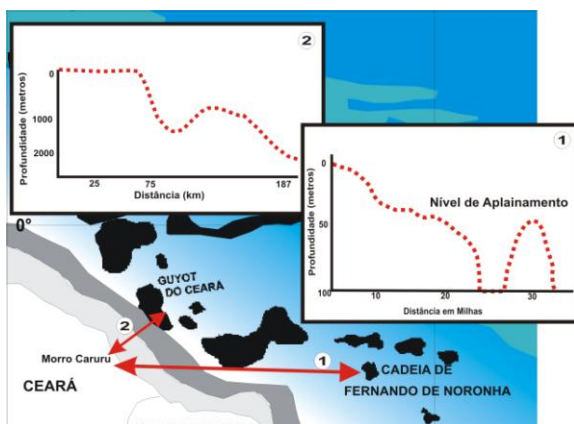


Figura 8 – Perfil dos fundos oceânicos entre o serrote do Cararu e Fernando de Noronha (1) e o Guyot do Ceará (2).

No Platô do Ceará, situado estruturalmente no alinhamento vulcânico Fernando de Noronha – Aquiraz, já comentado neste capítulo, tem seu topo em profundidade média de 2.600m e com expressão topográfica em torno de 2.000 m separado da plataforma continental por uma calha de 1.600m. Seu topo, considerando a isobata de 300m tem área de 100km² (Zembrusky,1972). As dragagens realizadas mostram calcarenitos friáveis ou não na sua base, e ocorrências de crostas calcárias ferruginosa na escarpa superior e no seu topo foram encontradas pelo projeto REMAC ocorrências de fosforita (P₂O₅) com teores de 22% a 18%. Na plataforma continental adjacente existem pequenas ocorrências associadas a calcário argiloso.

Para caracterização das ocorrências foram realizadas análises petrográficas e paleontológicas, análises difratométricas e química com determinação do teor de P₂O₅. No topo do plateau ocorrem algas calcárias o que indica o limite da zona fótica.

Os nódulos polimetálicos são os recursos minerais marinhos mais procurados no leito marinho profundo constituídos de níquel, cobre, cobalto e manganês. Durante o projeto REMAC na leg CHAIN-115 foram encontrados nódulos polimetálicos com núcleos de fosforitas com diâmetros de 2 a 12cm em profundidades de 800 a 2.800m, no platô de Pernambuco. Estes núcleos apresentaram teores de Mg, Fé, Ni, Co, cu, Zn, Mo, Ba, P, Si, Al, Ti, e Pb. Estes nódulos ocorrem em países como: Estados Unidos, França, Rússia, Japão, Coréia, China e alguns em forma de consórcio internacional a exemplo da Polônia, Bulgária, República Checa, Eslovaca e Federação Russa que formaram a *Intercontinental Joint Organization*. No Atlântico Sul ocorrem crostas cobaltíferas na elevação do Alto do Rio Grande que são bem exploradas.

Os sulfetos polimetálicos, também são explorados por todos oceanos do mundo. O Arquipélago de São Pedro e São Paulo, situado a 110 km da costa do Estado do Rio Grande do Norte na zona econômica exclusiva apresentada na sua plataforma continental e por ocorrer na região de cordilheira meso-oceânica, exibe a possibilidade de ocorrência de sulfetos polimetálicos, pois já são bastante conhecidos nas suas proximidades. São gerenciados pela autoridade internacional dos fundos marinhos e agências governamentais que já exploram 1.800.000 Km² do piso marinho, equivalentes a 20 do território brasileiro, (Souza, 2000).

Mero (1996), comparou o teor de níquel e cobalto existentes no leito marinho apresentando condições vantajosas para sua exploração dando ensejo a ânsia dos Estados Unidos em transformar a explo-

ração do leito marinho profundo além das jurisdições nacionais em uma forma de competição colonial.

As crostas ferro-magnesianas, que são compostas por óxido de ferro e manganês, são também em alguns casos ricas em cobalto e ocorrem nos montes submarinos geralmente em torno de cadeia de ilhas. A maioria das vezes apresentam o conteúdo de manganês o que lhes atribuem a denominação de crostas manganíferas ou crostas de manganês. Apresentam teores de manganês em torno de 15 a 31% de manganês, ferro de 7 a 18%. O Platô de Pernambuco se distribui entre as isóbatas de 400 e 8.000 metros levando em seus flancos depósitos de ferro e manganês em profundidade situadas entre 1.000 e 3.000 metros. (Silva *et al.*, 2004).

Depósitos hidrotermais são os sulfetos de ferro, cobre e zinco e, óxidos e silicatos de ferro, e, ainda óxidos de manganês. Eles ocorrem nos locais de convergência e divergência de placas assim como em áreas de expansão de arco-ilhas. São formados através da percolação e penetração das águas oceânicas, nas fissuras e fraturas das rochas. Constituem os sulfetos polimetálicos e os sedimentos metalíferos a eles associados.

Henley e Ellis (2003), disponível *online*, fizeram uma revisão dos sistemas geotérmicos que ocorrem na crosta oceânica resultantes de vulcanismos ativos ou que aconteceram recentemente onde o ca-

lor magmático a uma profundidade de 8.000 km leva a convecção da água subterrânea na crosta superior através da permeabilidade e das fissuras da própria crosta perfurada perfurando até a profundidade de 3.000 m. Neste sistema foi encontrado um pH praticamente neutro com temperaturas cerca de 350°C e altos valores de salinidade. Fervuras na parte superior dos sistemas geoquímicos são acompanhadas pela transferência de gases ácidos (CO₂ e H₂S), dando lugar à ocorrência de águas sulfetadas bicarbonatadas.

Do exposto evidencia-se o grande potencial de granulados siliciclásticos e carbonáticos já delimitados e de certa forma já cubados na margem continental do Estado do Ceará. Até agora não foram explorados de forma sistematizada as geofácies carbonáticas. No entanto, as geofácies terrígenas vem sendo dragadas da plataforma rasa como é o caso do aterro da Praia de Iracema, bem como do bosque das Marinas (Hotel Marina) e nas diversas desembocaduras dos rios já citados no texto. Os minerais pesados foram de alguma forma já estudados em zona de mar profundo, com registros das ocorrências de fosforita, mas que ainda não foram utilizadas economicamente. A exploração de material da zona costeira, principalmente da zona de pós-praia vem sendo utilizada para a indústria da construção civil. É preciso que se tenha consciência e conhecimento do potencial mineral existente nesta área para utilizá-los de maneira compatível com o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, C.A.B. **Depósitos carbonáticos**. Rio de Janeiro: PETROBRAS, nº 10: 1979. p. 15 -24. Série projeto REMAC

ARTHEAU, M.H.; MORAIS, J. O. & FREIRE, G.S.S. **Distribuição espacial de minerais pesados da plataforma continental do**

do Estado do Maranhão. Fortaleza: Arq. Ciên. Mar, 1976. v. 16 (1) p.49-54

CABRAL, M. **As novas fronteiras do mar**. Brasília: Relatório da terceira conferência das Nações Unidas sobre os direitos do mar. Genebra, Senado Federal ed., 1980.

- COUTINHO, P. N. e MORAIS, J. O. **Distribución de los sedimentos en la plataforma continental norte y nordeste del Brasil.** Roma: *FAO FISHERIES* 1968. 273-274, 3 fig. *Report.* N^o 71.3.
- CRONAN, D.S. **Marine minerals in exclusive economic zone.** London: Chapman e Hilus. 1992. 209p.
- DIAS, G.T.M. **Granulados bioclásticos-algas calcárias.** Brazilian: Journal of Geophysics. Vol. 18(3), 2000. p. 306-318.
- DIAS, C.B. **Dinâmica estuarina do sistema estuarino Timonha-Ubatuba (CE).** 2005. 150p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará. Departamento de Geologia, Fortaleza, 2005.
- FREIRE, G.S S. **Geologia da plataforma continental do Ceará.** 1985. 132p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geologia da Univesidade Federal de Pernambuco, Recife: 1985.
- FREIRE, G. S. S.; CAVALCANTI, V. M. M. – **A cobertura sedimentar quaternária da plataforma continental do Estado do Ceará.** Fortaleza: DNPM / UFC – Departamento de Geologia/LGMA. 1997. 42p. il. Mapa color.
- GOLDEMBERG, E.D. **Iron assimilation in marine diatoms.** 1952. *Biol.Bull*,102: p.243-248 in Mero, J.L – **The mineral resources of the sea.** Elsevier Publ.company, 312p. 1969.
- HENLEY, R .; ELLIS, A. J. **Geothermal systems ancient and modern: a geochemical.** Disponível on line. 2003
- KEMPF, M., COUTINHO,P,N; MORAIS, J.O. 1968. **Plataforma Continental do Norte e Nordeste do Brasil.** Rio de Janeiro: DG-26, (XI): 579-600, 4 fig. Nota preliminar sobre a natureza do fundo.
- MAIENHEIM, F,T. **The Red Sea Geochemistry.** *Inst.Repts Deep sea drilling Project 23.* 1974. in CRONAN, D.S- 1992. opus cited.
- MERO, J.L. **The mineral resources of the sea.** London: Elsevier Oceanography Serves 1. Elsevier Publishing Company, 312 p. Ilus. 1969
- MERO,J.P., **Les nodules polymetalic bilan de 30 ans da travaux dans le monde.** *Cronique de la recherche mineral*, 354p. 1996.
- MORAIS, J.O. **Contribuição ao estudo dos beach-rocks do Nordeste do Brasil.** Recife: V.9, n.11, p.79-94. 1968. *Trabalhos Oceanográficos*
- MORAIS, J.O. **Aspectos correlativos de geologia litoral e submarina no nordeste do Brasil.** Fortaleza: *Arq.Ciênc.Mar*, v. 2. p.127-131, 5 figs. 1969.
- MORAIS, J.O. *et al.* **Sedimentological and geochemical indicators of river supllly along the brazilian continental margin.** *BER.FB.GEOW.* v. 52, p. 154-156,1994.
- MORAIS, J.O. **Processos Interativos na Elaboração da Zona Costeira do Estado do Ceará e Impactos Associados.** 1998. 225p. Tese de Professor Titular. Universidade Estadual do Ceará – UECE. 1998.
- OTTMAN,F. **Le dessalement de sables marines.** In: *Colloque International Sur L'exploitation des Océans*,11 Bordeaux, vol. 2 : 1-9. 1974.
- PALMA, J.J.C. **Depósitos de minerais pesados.** In: *Recursos minerais da plataforma continental brasileira: Rio de Janeiro: PETROBRÁS.* 1979. Relatório número 10. p.33-50 do Projeto REMAC.

SILVA, C.G.; FIGUEREIDO JUNIOR, A.G.; BREHME, I. **Granulados litoclásticos**. Rev. Brasileira de Geofísica. v.18(3), p.314-326. 2000.

SILVA, C.G - **Placeres marinhos**. Brazilian Journal of Geophysics. Vol. 18 (3). .2001.

SILVA, C.G; COSTA, M.P.A.; MELO, L.M.M. **Recursos minerais marinhos**, Rio de Janeiro. In: Neto *et al.* - Introdução a Geologia Marinha. In: Terciência ed.:243-264 ;ILLUS. 2004.

SOUZA, K. G. **Recursos minerais marinhos além das jurisdições nacionais**. Brazilian Journal of Geophysics, v.18(3). p.455-465. 2000.

SVERDRUP, H.U.;J OHNSON. M.W.; FLEMING.R.R. **The oceans: Their physics, chemistry and general biology**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1087p. 1942.

ZEMBRUSKI, S. G.; BARRETO, H. T.; PALMA, J.J.C. e MILLIMAN, J.D. **Estudo das Províncias Geomorfológicas da Margem Continental Brasileira**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Geologia. 1972. v.2, p.187-209.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL¹
FERNANDO ANTONIO CASTELO BRANCO SALES²
FERNANDO ANTONIO DA COSTA ROBERTO³
JOSÉ FERREIRA DE SOUSA⁴
IRANI CLEZAR MATTOS⁵

É notória a tendência de crescimento mundial do consumo das rochas e minerais industriais nos últimos anos, passando a desempenhar importante papel na balança comercial dos estados produtores desses bens minerais.

Esta publicação reforça a convicção da posição privilegiada do Ceará com relação ao número de ocorrências e volume de reservas de minerais industriais em sua extensão, apesar da quantidade reduzida de investimentos em pesquisas geológicas e tecnológicas aplicadas especificamente aos minerais desta classe.

De um modo mais abrangente, os governos (federal e estadual) devem remover os obstáculos à concorrência e à competitividade sistêmica, revendo: a carga tributária, os custos do capital oferta de melhor infra-estrutura e a melhoria da formação da mão-de-obra. Devem também estruturar sua ação para a defesa dos interesses das empresas aqui instaladas, acompanhando os concorrentes internacionais, através de iniciativas abrangentes que fortaleçam o acesso ao crédito e à tecnologia para as pequenas e médias empresas.

A criação do entorno econômico,

político e social adequado passa por uma política governamental que tenha como prioridade a retomada do crescimento e do desenvolvimento social, com atendimento da dívida social, recuperação e ampliação da infra-estrutura, fatores que, entre outros, aumentarão o consumo doméstico de bens minerais essenciais, atingindo o nível de demanda necessário a promover os investimentos postergados desde a última década.

No Estado do Ceará, verifica-se a ação de fomento de empresas intermediárias interessadas no comércio ou no beneficiamento das matérias-primas exploradas, o que vem imprimindo características mais permanentes à atividade. Contudo, ainda se faz necessário um trabalho voltado à capacitação tecnológica e gestão organizacional em toda a cadeia produtiva desse setor mineral. No âmbito dos programas de apoio a pequenas e médias empresas defende-se a estrutura produtiva do trabalho associativo (micro-empresa) ou cooperativado, com o apoio técnico, operacional e comercial das empresas estaduais de mineração, através dos Arranjos Produtivos Locais (APLs), como forma de desenvolvimento sustentável. Este parece ser o método mais eficaz.

¹ Doutor em Engenharia de Minas e Pesquisador do Centro de tecnologia Mineral – CETEM

² Mestre em Geografia do Departamento de Geociência da Universidade Estadual do Ceará – UECE

³ Mestre em Geologia e Geólogo do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM

⁴ Especialista em Valorização Mineral e Pesquisador da Fundação Cearense de apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP

⁵ Doutora em Geologia e Geóloga do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI

Em síntese, o papel do Governo Estadual é o de promover o desenvolvimento do setor mineral, o que poderá ser efetivado por meio de diferentes formas de participação, tais como:

- I- Melhorar a infra-estrutura, fomentar a pesquisa e apoiar a articulação de convênios sobre APLs ou projetos específicos de base mineral, com o envolvimento das universidades locais, tendo o apoio do Ministério das Minas e Energia (MME), através do DNPM e CPRM e, do Ministério da Ciência e Tecnologia, por intermédio do CETEM, juntamente com os sindicatos do Sistema FIEC/SENAI, SEBRAE entre outros.
- II- Recompôr a estrutura do Setor de Geologia e Mineração, incluindo a implantação de uma estrutura de pequeno porte, ágil e dotada de corpo técnico qualificado e adequado às metas previstas.
- III- Utilizar e apoiar os centros tecnológicos locais pertencentes às universidades (federal e estadual), bem como criar redes institucionais de serviços laboratoriais, interligadas com outras instituições de pesquisas nacionais e internacionais.

Verifica-se que o Estado do Ceará carece de uma política voltada ao desenvolvimento sustentável da mineração, a exemplo dos governos da Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Goiás e Paraná. Estes Estados atuam, através de seus órgãos de mineração, implementando as políticas públicas de fomento ao setor mineral, resultando no desenvolvimento socioeconômico dos seus respectivos territórios.

As conclusões e recomendações relacionadas, por grupos e/ou espécies minerais, a seguir, compõem uma síntese das contribuições dos organizadores que

integraram a equipe que elaborou o presente trabalho.

ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTOS

A indústria brasileira de rochas ornamentais e de revestimentos está posicionada em 6º(sexto) lugar no *ranking* da produção mundial e 5º(quinto) lugar como exportador de rochas em volume físico. O Ceará tornou-se o 5º(quinto) maior estado exportador, atingindo cerca de 12,2 milhões de toneladas. Sabe-se, no entanto, que os dados oficiais apresentados para o Brasil estão subestimados.

A geodiversidade é a grande vantagem competitiva do Brasil, mantendo positivas as perspectivas do setor, a despeito das oscilações econômicas mundiais.

Pelo ótimo desempenho das exportações, expressão das feiras nacionais e internacionais, eventos técnicos realizados e envolvimento de instituições de pesquisa, o setor de rochas tem conquistado maior visibilidade junto às instituições governamentais.

Uma das novas abordagens destacadas para o desenvolvimento do setor, e sinalizadas, principalmente, pelo Governo Federal, diz respeito à visão e articulação dos Arranjos Produtivos Locais (APLs), modelo implantado com sucesso nas ardósias em Minas Gerais e que pode ser estendido a outras regiões produtoras, como por exemplo o do APL do calcário do Cariri no Estado do Ceará. Um recente diagnóstico realizado nessa região da Pedra Cariri, foram observadas algumas pedreiras e unidades de beneficiamento que revelaram um alto índice de perda, atribuindo-se, principalmente, a aplicação de métodos e tecnologias inadequadas. Discute-se neste caso através do APL calcário Cariri, atualmente em fase de desenvolvimento, e sugere-se: a criação

de cooperativas; melhorias das tecnologias de lavra e beneficiamento; implantação de consórcio de exportação; criação de centrais de venda de produtos beneficiados, bem como capacitação de centros tecnológicos locais.

Um diagnóstico da situação atual do setor de rochas ornamentais e de revestimentos do Ceará, com base em observações de campo, apresenta as seguintes conclusões:

- Existência, em alguns casos, de incompatibilidade da tecnologia de lavra com as condições geológicas do jazimento.
- Inadequadas infra-estruturas (estradas, energia, água, etc.) para implantação e /ou ampliação dos empreendimentos do setor.
- Elevados riscos financeiros, principalmente para rochas comercializadas no mercado internacional, que se caracteriza pela grande e contínua oscilação dos preços.
- Inexistência de incentivos fiscais, ou incentivos de pouco impacto, não permitindo ao minerador cearense concorrer com a produção ofertada de outras regiões.

Dado o potencial do Estado no tocante a este setor de rochas ornamentais, sugere-se:

- A intensificação dos programas exploratórios regionais, utilizando recursos como: sensoriamento remoto, que permite a discriminação dos principais domínios litológicos aflorantes; estudos em áreas de rochas maciças, faixas estruturalmente mais preservadas e em campos de matações.
- A pesquisa de detalhe que visa a qualificação dos materiais e a viabilização da lavra, sobretudo em maciços rochosos. Nesta fase é imprescindível a realização de estudos geológicos, que envolvam o mapeamento detalhado e a amostragem das variedades litológicas aflorantes, levantamentos geofísicos,

sondagens bem distribuídas e orientadas que permitam avaliar a viabilidade de um futuro investimento de capital. Igualmente importantes devem ser consideradas a análise petrográfica, a caracterização tecnológica, a tipificação e caracterização comercial dos materiais priorizados, o cálculo de reservas, a definição de métodos de lavra, os testes de serragem e o polimento, bem como *marketing* e avaliação de mercado dos produtos.

ROCHAS CARBONÁTICAS

A indústria de rochas carbonáticas tem alcançado um desenvolvimento bastante acentuado no Brasil, tendo em vista a imensa diversidade de aplicações, especificações, amplos mercados e preços competitivos dessas matérias-primas. Dentro dessa realidade, o Estado do Ceará tem posição de destaque no Nordeste por possuir enormes reservas de diferentes tipos de calcários que poderão servir de insumos básicos para instalações de novas indústrias de produtos acabados. A par dessa relevante importância, tanto do ponto de vista da potencialidade dos seus jazimentos como de suas inúmeras aplicações e usos, é mister e preponderante que esta matéria-prima mereça atenção especial dos governos municipais e estaduais.

O setor industrial cearense da cal tem-se mostrado, ainda, com características e aspectos originais. Sua organização técnico-econômica permite a presença, lado a lado, dos mais simples empreendimentos, com tecnologia de caráter artesanal, junto aos sofisticados processos e estruturas empresariais, graças à diversidade dos processos de calcinação. Tal aspecto, com tamanho contraste tecnológico, foi desenhado e desenvolvido por fatores relacionados a aparente simplicidade que possui o processo químico de calcinação, aliada à

farta distribuição dos calcários/ dolomitos pelo território cearense e à importância que a cal virgem e hidratada tem no suprimento das necessidades básicas humanas.

As rochas carbonáticas, apesar de ocorrerem com relativa abundância, nem sempre são facilmente viabilizadas economicamente. Os principais fatores negativos que interferem neste aspecto são: infra-estrutura, transporte, mercado, dentre outros. Por essa razão, é necessário que os trabalhos de pesquisa sejam confiáveis, permitindo maior aproximação da realidade com relação aos aspectos de quantidade e qualidade da jazida.

No que tange ao beneficiamento das rochas carbonáticas o processo de calcinação é determinante na qualidade dos produtos finais. Assim, é preciso inicialmente identificar sua composição química e mineralógica, cristalinidade, impurezas e granulometria, para se conseguir um bom aproveitamento da rocha no forno. Realizar o aquecimento gradual do forno, de forma a atingir a temperatura de dissociação que produz a cal virgem, distribuindo o calor uniformemente até o centro da carga. O combustível é outro fator de grande influência sobre a qualidade do produto e sobre os custos do processo de fabricação.

Assim sendo, para a produção da cal de boa qualidade, em economia de escala, é necessário o controle automatizado na indústria, de forma a se obter qualidade no processo de calcinação, principalmente nas dosagens do anidrido carbônico e óxidos reativos nos fornos, medição/control de temperatura, variação da quantidade de ar e outros fatores que influenciam ou determinam a perfeita calcinação.

Em função do potencial das rochas carbonáticas no Estado do Ceará sugere-se:

- Investigação das potencialidades das áreas geologicamente favoráveis às mineralizações de rochas carbonáticas.
- Prospecção e pesquisa de detalhe de novas áreas de depósitos para incrementar a oferta de produtos no mercado.
- Divulgação, junto ao grande, médio e pequeno empreendedor, as vantagens e os incentivos oferecidos pelos órgãos governamentais.
- Realização de caracterização tecnológica dos calcários, analisando as especificações dos produtos com vista as suas aplicações.
- Incentivo à formação de cooperativas centrais, por região, dotadas de estrutura, equipamentos, corpo técnico e unidades de beneficiamento próprio, direcionado ao pequeno produtor.
- Incremento à diversificação do uso dos calcários através do apoio tecnológico adequado.
- Fomento ao uso do calcário como corretivo de solo visando a melhoria da qualidade e o aumento da produtividade agrícola.

MINERAIS DE PEGMATITOS

A forma de produção por garimpagem dos minerais de pegmatitos exige do Governo uma inteligente ação participativa fazendo com que a racionalidade técnica e econômica norteem os trabalhos de produção e comercialização.

O aproveitamento planejado e objetivo do pegmatito envolve necessariamente o uso do conhecimento geológico e da engenharia de minas, o emprego em grande escala de mão-de-obra e o ajuste da alternativa de cooperativismo. O beneficiamento e a lapidação de gemas incorporam, ainda, mão-de-obra especializada.

O subsetor gemas é uma atividade produtiva que envolve substancial geração de renda, graças aos elevados valores atribuídos aos seus produtos, considerando-se que o Brasil se constitui um dos poucos países onde se produz uma vasta gama de tipos gemológicos. Tendo em vista que o montante de capital a ser mobilizado nessa atividade é bem menor que nos demais investimentos na área mineral, é necessário que se tenha um real conhecimento dos sistemas de produção, industrialização e comércio de tais produtos.

As reservas dimensionadas para os minerais industriais oriundos dos pegmatitos do Ceará são bastante modestas e de baixo grau de confiabilidade, refletindo a ausência de trabalhos de prospecção na região. Um outro problema, que dificulta estimar o potencial das reservas, é o grau de depredação em que se encontra atualmente parte dos corpos lavrados, não permitindo, por vezes, elaborar croquis geológicos em escala adequada à cubagem. Mediante este quadro, recomendam-se os seguintes procedimentos:

- Organização de um Arranjo Produtivo Local (APL), no modelo do Rio Grande do Norte e Paraíba, para os pegmatitos do município de Quixeramobim (província de Berilândia e província Quixeramobim-Solonópole).
- Seleção de novos pegmatitos com ênfase à zona intermediária bem desen-

volvida, onde se concentram o caulim e o feldspato.

- Elaboração de croquis geológicos para configurar, ao menos, as dimensões superficiais dos corpos e estimativa de reservas dos minerais industriais.
- Reaproveitamento dos rejeitos acumulados por garimpagem, ao longo de muitos anos de extração.

As medidas de política governamental para organizar a produção dos pegmatitos são a seguir sugeridas:

- Fiscalização e controle da evasão na caracterização da produção mineral.
- Atuação do Governo Estadual, através do setor de mineração, na formação de estoques reguladores para facilitar o comércio de minerais com potencial para a exportação, como feldspato, mica, gemas, tantalita e minerais de lítio, atualmente restrito aos grandes grupos.
- Utilização do contingente de mão-de-obra que, periodicamente, é deslocado das atividades agropastoris, em épocas de estiagem prolongada, priorizando nestas ocasiões a formação dos estoques minerais e otimizando, assim, a aplicação das verbas governamentais para as frentes de emergência.
- Promoção do acesso do pequeno produtor aos canais de mercado das bolsas de mercadorias regionais engajadas nas vendas de minerais, ampliando o seu raio de ação e criando melhores opções de abastecimento aos consumidores de outras regiões.
- Agenciamento de tecnologia para os setores de produção e comercialização.
- Instituição de um programa de formação de técnicos em gemologia e de mão-de-obra qualificada para a indústria de gemas e joalherias.
- Criação de mecanismos indutores capazes de carrear para o Nordeste a instalação de empresas de industrialização de gemas.

- Continuidade dos trabalhos iniciados por universidades regionais visando o beneficiamento dos minerais de pegmatito, de forma a permitir, no futuro, o aproveitamento das reservas marginais de minerais industriais contidas nos pegmatitos mistos e homogêneos.

Nesse contexto, sugere-se investigação detalhada dos distritos pegmatíticos do Ceará com o objetivo de selecionar diferentes tipos de depósitos de elementos raros e determinar qualitativamente os minerais de baixo valor unitário dos pegmatitos, principalmente feldspatos, caulim, micas (moscovita e minerais de lítio) e quartzo.

MINERAIS DE ARGILA

Os números das reservas de argilas contidas no Estado do Ceará são expressivos, demonstrando ser esse bem mineral uma das suas vocações prioritárias. Essas informações promissoras sobre as reservas, associadas às localizações privilegiadas são atributos positivos que possibilitam a elaboração de programas sociais que venham a estimular a criação de Arranjos Produtivos Locais (APLs), para o desenvolvimento da atividade ceramista. Estima-se uma reserva equivalente a 572 milhões de metros cúbicos de argila para o Estado do Ceará. Contudo, os dados oficiais das reservas de argilas cearenses estão muito aquém daqueles avaliados nos projetos de pesquisas.

Embora a atividade cerâmica esteja largamente difundida em, praticamente, todo o Estado do Ceará, e ser esta uma opção para o desenvolvimento sustentável da região sertaneja, as reservas de argilas ainda não são inteiramente conhecidas. Os estudos realizados envolveram apenas os principais depósitos próximos aos centros urbanos.

No Ceará, as argilas são consumidas principalmente pelo setor cerâmico, onde se destaca o subsetor da cerâmica vermelha (tijolos, telhas, pisos, lajes, material ornamental, etc.), representado por cerca de 310 indústrias. Contudo, numa análise acurada dos processos produtivos da maioria dessas indústrias constata-se uma perda de 30% da matéria-prima, na operação de extrusão, e de 20% no produto fabricado. Além disto, a falta de padronização no tamanho e no formato das peças produzidas resulta em produtos de baixo valor no mercado.

Com o advento dos processos de queima rápida e de outras inovações tecnológicas, as matérias-primas minerais vêm sendo objeto de novas qualificações. As especificações desejáveis das matérias-primas estão sendo alteradas, em função de tais inovações, e têm o seu início na seleção dos minérios, de acordo com as suas características tecnológicas. A constância dessas características deve ser mantida através do controle de qualidade, de modo a permitir as condições de reprodutibilidade do processo de fabricação.

As empresas de mineração de argila do Estado do Ceará devem ser reestruturadas visando o desenvolvimento de processos tecnologicamente avançados e a implantação de programas de qualidade para atendimento das novas qualificações exigidas, que resultarão no aumento da produtividade, redução dos preços e no melhor atendimento ao mercado. Atividades cooperativas de atuação, como formação de centrais de matérias-primas, poderiam ser instaladas para compensar o pequeno porte da maioria dos empreendimentos atuais, gerando maior escala de operação.

Focado nesse objetivo, sugere-se às universidades e institutos tecnológicos a realização de pesquisas específicas com essa matéria-prima na busca de produtos mais sofisticados que possibilitem agre-

gar-lhe maior valor e, conseqüentemente, atrair mais investimentos para a região, fomentando o emprego e melhorando a arrecadação tributária.

Finalmente, sugere-se a formação de parcerias entre organismos públicos federal e estadual, bem como prefeituras municipais para um estudo conjunto que vise uma definição qualitativa e quantitativa das reservas dos demais depósitos existentes em outras áreas do Estado.

AGREGADOS

As areias resultantes da lavra de pedreiras e das unidades de britagens poderiam ser utilizadas com mais intensidade na forma de matéria-prima para a produção de concreto betuminoso e pré-moldados. Estes materiais, se devidamente processados, poderiam substituir a areia natural, o que reduziria o impacto ambiental resultante da exploração de areias de dunas.

Algumas indústrias de britagem do Estado do Ceará já utilizam, na etapa de classificação dos seus produtos, peneiramento por via úmida, o que melhora a eficiência do beneficiamento, resultando na melhoria da qualidade do produto final, além de reduzir a emissão de poluentes na atmosfera. Contudo, o emprego desta metodologia ainda se encontra restrito a um pequeno número de indústrias. Sugere-se, neste caso, um trabalho de difusão e incentivo para aplicação dessa técnica junto às demais indústrias.

De forma similar, sugere-se a divulgação da técnica de britagem terciária, como forma de obtenção de areia artificial com características adequadas para seu uso na construção civil. A utilização do britador autógeno supera a principal restrição apresentada pela areia artificial que é a dificuldade de “traba-

lhabilidade” do concreto, ou mesmo da argamassa, pelo formato inadequado das partículas fina do pó de pedra, normalmente lamelar ou alongadas. Sugere-se ainda as seguintes propostas para o setor:

- Maior articulação dos empresários do setor com a finalidade de melhorar e buscar novos produtos.
- Discutir e elaborar junto com as lideranças do meio, a melhor forma de fomentar esse segmento.

FOSFATO

O consumo aparente de fosfato para o ano de 2010 foi projetado em 10,7 milhões de toneladas que, cotejado com aquele verificado em 1992, de 4 milhões de toneladas, indica a necessidade de suprimento adicional de 6,7 milhões de toneladas para o atendimento ao aumento esperado do consumo. O investimento médio na mineração por tonelada adicional produzida no período histórico foi de US\$ 181. O investimento necessário para atender ao consumo interno ficou, assim, estimado em US\$ 1,2 bilhão.

O nível de reservas já conhecidas no Brasil não justifica a priorização de investimentos em pesquisa mineral.

O mercado mundial de fertilizantes é de 40 bilhões de dólares por ano, tendo o Brasil uma participação de cerca de 5%, ou seja, algo em torno de 2 bilhões de dólares por ano, ao nível do consumidor. Dados do United States Department of Agriculture-USDA mostram que, de 1970 aos dias atuais, a área plantada, em escala mundial, evoluiu de 0,66 bilhão de hectares para 0,70 bilhão de hectares, correspondendo a um acréscimo de 6%, em área. Já a produção de grãos, no mesmo período, partiu de um valor próximo a 1,08 bilhão de toneladas chegando atualmente (estimativa) a 1,7 bilhão de toneladas, o que corresponde a

um aumento de produção da ordem de 57%. Comparando-se a produção por hectare, em ambos os casos, verifica-se um ganho real de produtividade de 48%, em cerca de duas décadas e meia.

É interessante registrar que este acréscimo de produtividade foi resultante do emprego de sementes melhoradas e do uso de insumos modernos (fertilizantes e defensivos agrícolas), aliados ao aprimoramento no manejo da terra e à mecanização agrícola. Atualmente, é impossível pensar em desenvolvimento da agricultura divorciado de fontes de nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio).

No Brasil, o uso de fertilizantes tem o fósforo como principal componente. Cerca de 80% da área cultivada no país apresenta deficiência de fósforo, o que leva especialistas a afirmarem que, mesmo em horizontes de médio e longo prazo, as formulações nacionais continuarão privilegiando esse nutriente.

A indústria brasileira de fertilizantes teve início a partir dos estágios finais de produção (mistura, granulação, armazenagem e distribuição), fazendo uso de matéria-prima e insumos intermediários importados. A localização preferencial das primeiras unidades industriais, como não poderia deixar de ser, levou em consideração o binômio: facilidades portuárias e proximidade do mercado consumidor.

É necessário analisar e direcionar os novos investimentos na elaboração de fosfatados, tanto em melhorias tecnológicas na produção industrial quanto, principalmente, na ampliação dos atuais níveis de produção, sob a ótica de condições que, embora diferentes na presente conjuntura, reúnam altas probabilidades de ocorrer no futuro.

Existe um Protocolo de Intenções entre o Estado do Ceará, a INB e a iniciativa privada com o objetivo de atender as necessidades básicas para a

implantação do Projeto Fosfato de Santa Quitéria.

A região centro-norte do Ceará, onde se localizará o empreendimento, é agreste, com baixo índice pluviométrico e alto nível de pobreza. O empreendimento promoverá o desenvolvimento da região, oferecendo cerca de 500 empregos diretos, 2000 empregos indiretos e 1.000 associados, gerando uma arrecadação de impostos da ordem de R\$70 milhões por ano.

A importância do Projeto Fosfato de Santa Quitéria para o Estado do Ceará e Nordeste do Brasil torna-se patente quando se observa o consumo de fertilizantes fosfatados nesta região e se verifica que o nosso Estado é o de menor consumo de P_2O_5 . O consumo médio de P_2O_5 no Ceará em cerca de 18.000 km² de solos explorados pela agricultura extensiva é de 0,44 kg/ha, muito abaixo do oeste baiano (50 kg/ha) e da média do nordeste (5,8 kg/ha). O mais preocupante é o consumo anual *per capita* de fertilizante fosfatado no Ceará (0,127 kg/hab) que está muito abaixo da Oceania (48,8 kg/hab) e até mesmo da África (2,2 kg/hab).

Nos grandes projetos de irrigação não tem sido nítida a preocupação com o uso racional de corretivo, fertilizante e semente selecionada, para que os investimentos, da ordem de US\$10 mil por hectare implantados, sejam recuperados.

Em sua primeira fase, o Projeto Fosfato de Santa Quitéria estará voltado para a lavra e beneficiamento de ácido fosfórico. Na segunda fase, o direcionamento será para o urânio que, atualmente conta apenas com uma mina em operação, localizada entre os municípios de Lagoa Real e Coité, no Estado da Bahia.

Dessa forma, conclui-se que os empresários e as lideranças estaduais deve-

riam atuar no sentido de apoiar a tendência do Governo Federal na implantação do Projeto Fosfato de Santa Quitéria que atenderá o mercado interno de urânio, e, em particular, a produção de concentrado fosfatado e seus subprodutos.

DIATOMITA

Em 2002, a produção brasileira de diatomita decresceu cerca de 20% em relação ao ano anterior. O principal motivo desta queda foi a paralisação das indústrias de diatomitas no Estado do Ceará. Em conseqüência, as importações de diatomita, em 2002, aumentaram 18% em relação ao ano anterior.

A extração de diatomita no Ceará está sendo realizada, na grande maioria, por empresas clandestinas, razão pela qual os órgãos oficiais registram baixa produção desse bem mineral no Estado. A exploração atual está direcionada apenas para a produção de tijolos e telhas de cor branca com uso na construção civil, o que pode ser considerada uma aplicação me-

nos nobre para um produto tão valorizado no mercado externo.

Os principais usos da diatomita são na indústria química (tintas e vernizes) e de bebidas, onde é utilizado como filtrante e clarificante. Merecem também destaque as indústrias de produtos alimentícios, materiais plásticos, farmacêuticos, perfumaria, entre outros.

Sugere-se a retomada dos trabalhos de pesquisa mineral e tecnológica, através dos órgãos competentes dos governos federal e estadual, visando modificar o quadro da produção de diatomita no Estado do Ceará, que se mantém paralisada desde o ano de 2002.

Sugere-se ainda que o DNPM estude uma forma de sensibilizar e direcionar os oleiros que exploram a diatomita para o uso em tijolos e telhas, com objetivo de desenvolver métodos de lavra e processos de beneficiamento mais eficiente para este minério, visando a obtenção de produtos que atendam as especificações mais nobres e de maior valor de mercado.

CADASTRO DE DEPÓSITOS E JAZIDAS DE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS DO ESTADO DO CEARÁ

JOSÉ FERREIRA DE SOUSA¹
 FERNANDO ANTONIO DA COSTA ROBERTO²
 FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL³
 MANOEL WILLIAM MONTENEGRO PADILHA⁴

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
gipsita	gp	Abaiara	-7.4164	-39.0750	jazida
turfa	tf	Acaraú	-2.8419	-40.1433	depósito
argila	ag	Acarape	-4.1661	-38.6772	depósito
calcário	ca	Acarape	-4.2333	-38.7000	depósito
calcário	ca	Acarape	-4.2800	-38.7000	jazida
calcário	ca	Acarape	-4.2433	-38.6517	jazida
calcário	ca	Acarape	-4.2250	-38.6383	jazida
calcário	ca	Acarape	-4.2250	-38.6533	jazida
talco	tl	Acarape	-4.2550	-38.6833	depósito
vermiculita	vm	Acarape	-4.2216	-38.6816	jazida
vermiculita	vm	Acarape	-4.2217	-38.6817	jazida
grafita	gf	Acopiara	-6.1600	-39.4467	depósito
talco	tl	Acopiara	-6.2217	-39.6000	depósito
calcário	ca	Aiuaba	-6.5567	-40.4633	depósito
calcário	ca	Aiuaba	-6.6533	-40.0983	depósito
Granito	gr	Alcântaras	-3.5605	-40.5536	jazida
calcário	ca	Altaneira	-6.9800	-39.6700	depósito
calcário	ca	Altaneira	-6.9717	-39.6400	jazida
calcário	ca	Altaneira	-6.9583	-39.6233	jazida
diatomito	dt	Amontada	-3.1583	-39.6108	depósito
diatomito	dt	Amontada	-3.1750	-39.5083	depósito
diatomito	dt	Amontada	-3.1917	-39.6292	depósito
diatomito	dt	Amontada	-3.2217	-39.6317	depósito
diatomito	dt	Amontada	-3.2117	-39.6667	depósito
diatomito	dt	Amontada	-3.2483	-39.6833	depósito
diatomito	dt	Amontada	-3.2667	-39.5667	jazida
diatomito	dt	Amontada	-3.4917	-39.4667	depósito
granito	gr	Amontada	-3.3722	-39.8602	jazida
calcário	ca	Antonina do Norte	-6.7983	-40.0333	depósito
calcário	ca	Antonina do Norte	-6.7633	-40.0083	depósito
calcário	ca	Antonina do Norte	-6.7983	-39.8383	depósito
calcário	ca	Antonina do Norte	-6.7800	-40.1266	depósito
calcário	ca	Apuiarés	-3.8917	-39.3867	jazida
areia	ar	Aquiraz	-3.9488	-38.4280	depósito
areia	ar	Aquiraz	-3.8525	-38.4072	depósito
areia fina	ar	Aquiraz	-3.9050	-39.3591	depósito
areia fina	ar	Aquiraz	-4.0422	-38.5175	depósito
areia fina	ar	Aquiraz	-3.9397	-39.3688	depósito
areia fina	ar	Aquiraz	-3.9200	-38.3705	depósito

¹ Especialista em Valorização Mineral e Pesquisador da Fundação Cearense de apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP

² Mestre em Geologia e Geólogo do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM

³ Doutor em Engenharia de Minas e Pesquisador do Centro de tecnologia Mineral – CETEM

⁴ Especialista em Geologia de Exploração e Geólogo da Companhia de Desenvolvimento do Ceará - CODECE

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
areia fina	ar	Aquiraz	-3.9094	-38.3536	depósito
areia grossa	arg	Aquiraz	-3.9550	-38.4411	depósito
areia grossa	arg	Aquiraz	-3.9550	-38.4341	depósito
areia grossa	arg	Aquiraz	-4.0109	-38.3117	depósito
areia grossa	arg	Aquiraz	-3.9388	-38.4219	depósito
areia grossa	arg	Aquiraz	-3.9108	-38.3991	depósito
areia grossa	arg	Aquiraz	-3.9052	-38.4044	depósito
areia grossa	arg	Aquiraz	-3.9316	-38.4102	depósito
areia grossa	arg	Aquiraz	-3.9355	-38.4138	depósito
areia grossa	arg	Aquiraz	-3.9519	-38.4291	depósito
areia grossa	arg	Aquiraz	-4.0458	-38.4288	depósito
areia grossa	arg	Aquiraz	-3.9619	-38.4294	depósito
areia grossa	arg	Aquiraz	-3.9619	-38.4480	depósito
areia grossa	arg	Aquiraz	-3.9841	-38.4863	depósito
areia grossa	arg	Aquiraz	-4.0063	-38.5977	depósito
areia grossa	arg	Aquiraz	-4.0347	-38.5288	depósito
areia grossa/argila	arg	Aquiraz	-4.0000	-38.5066	depósito
areia grossa/argila	arg	Aquiraz	-3.9036	-38.4061	depósito
areia grossa/argila	arg	Aquiraz	-3.9122	-38.4033	depósito
areia grossa/argila	arg	Aquiraz	-3.9838	-38.4808	depósito
areia grossa/argila	arg	Aquiraz	-3.9797	-38.4719	depósito
areia grossa/argila	arg	Aquiraz	-4.0013	-38.5055	depósito
areia grossa/argila	arg	Aquiraz	-3.9947	-38.4936	depósito
areia grossa/argila	arg	Aquiraz	-4.0336	-38.5272	depósito
areia vermelha	av	Aquiraz	-3.9850	-38.3461	depósito
areia vermelha	av	Aquiraz	-3.9352	-38.3200	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.9644	-38.4441	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.9463	-38.4125	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.8783	-38.4755	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.9097	-38.4052	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.9269	-38.4233	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.9858	-38.5000	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.9488	-38.4872	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.9350	-38.3694	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.8186	-38.4730	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.9422	-38.3494	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.8944	-38.4891	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.8266	-38.4413	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.8391	-38.4458	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.9852	-38.4872	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.6950	-38.6938	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.7705	-38.9652	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.6683	-38.8325	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.6819	-38.7522	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.6747	-38.7341	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.7200	-38.7333	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.7119	-38.7072	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.7119	-38.9594	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.7183	-38.9502	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.7227	-38.9522	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.7725	-38.9630	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.8458	-38.7908	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.8638	-38.8133	depósito
argila	ag	Aquiraz	-3.8947	-38.8475	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-3.9975	-38.3119	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-3.9944	-38.3311	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-3.9900	-38.3716	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-3.9833	-38.3716	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-3.9711	-38.3255	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-3.9658	-38.3455	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-3.9250	-38.3883	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-3.9708	-38.3513	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-4.0361	-38.3980	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-4.0255	-38.3472	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-3.9786	-38.3391	depósito

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
diatomito	dt	Aquiraz	-3.9883	-38.3200	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-3.9900	-38.3717	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-3.9633	-38.3383	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-3.9583	-38.3567	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-3.9222	-38.4375	depósito
diatomito	dt	Aquiraz	-3.9750	-38.4222	depósito
saibro	sb	Aquiraz	-3.9516	-38.4452	depósito
argila	ag	Aracati	-4.5855	-37.7563	depósito
calcário	ca	Aracati	-4.8550	-37.5483	jazida
diatomito	dt	Aracati	-4.6133	-37.9067	depósito
diatomito	dt	Aracati	-4.5717	-37.9000	depósito
diatomito	dt	Aracati	-4.5617	-37.9200	depósito
diatomito	dt	Aracati	-4.5383	-37.9050	depósito
turfa	tf	Aracati	-4.6027	-37.7575	depósito
turfa	tf	Aracati	-4.5613	-37.7711	depósito
calcário	ca	Aracoiaba	-4.3333	-38.7933	jazida
grafita	gf	Aracoiaba	-4.5133	-38.8083	jazida
granito	gr	Aracoiaba	-4.4697	-38.7738	jazida
calcário	ca	Arneiroz	-6.2983	-40.0933	depósito
calcário	ca	Arneiroz	-6.1850	-40.1750	depósito
asbesto	as	Aurora	-6.8833	-38.8833	depósito
asbesto	as	Aurora	-6.9166	-38.9333	depósito
asbesto	as	Aurora	-6.9500	-38.8500	depósito
calcário	ca	Aurora	-6.9167	-38.8500	jazida
calcário	ca	Aurora	-6.9167	-38.8333	depósito
talco	tl	Aurora	-6.8667	-38.9000	depósito
talco	tl	Aurora	-6.9333	-38.9500	depósito
vermiculita	vm	Aurora	-6.9033	-39.0350	depósito
asbesto	as	Baixio	-6.6666	-38.7666	depósito
asbesto	as	Baixio	-6.6833	-38.7666	depósito
asbesto	as	Baixio	-6.6958	-38.7666	depósito
asbesto	as	Baixio	-6.6833	-38.7500	depósito
asbesto	as	Baixio	-6.7000	-38.7500	depósito
asbesto	as	Baixio	-6.7000	-38.7333	depósito
asbesto	as	Baixio	-6.7166	-38.7000	depósito
calcário	ca	Baixio	-6.7500	-38.7167	jazida
muscovita	mu	Banabuiú	-5.4717	-38.9817	jazida
muscovita	mu	Banabuiú	-5.3950	-39.0700	jazida
turmalina	gp	Banabuiú	-5.4633	-38.9933	jazida
calcário	ca	Banabuiú	-5.4500	-38.9250	depósito
argila	ag	Barbalha	-7.3333	-39.3333	depósito
calcário	ca	Barbalha	-7.3086	-39.2889	depósito
gipsita	gp	Barbalha	-7.3655	-39.3236	depósito
gipsita	gp	Barbalha	-7.3594	-39.3236	depósito
areia	ar	Barreira	-4.3727	-38.5491	depósito
areia	ar	Barreira	-4.3650	-38.5333	depósito
asbesto	as	Barro	-7.0125	-38.7722	depósito
asbesto	as	Barro	-7.0583	-38.7458	depósito
calcário	ca	Baturité	-4.3817	-38.9283	jazida
calcário	ca	Baturité	-4.3667	-38.9000	jazida
calcário	ca	Baturité	-4.3800	-38.8483	jazida
calcário	ca	Baturité	-4.3283	-38.8267	jazida
calcário	ca	Baturité	-4.2950	-38.8867	jazida
berilo	gp	Beberibe	-4.4417	-38.3283	jazida
berilo	gp	Beberibe	-4.4867	-38.3300	jazida
calcário	ca	Beberibe	-4.2700	-38.2083	jazida
diatomito	dt	Beberibe	-4.4267	-38.0100	depósito
diatomito	dt	Beberibe	-4.4133	-38.0333	depósito
diatomito	dt	Beberibe	-4.3683	-37.9233	depósito
diatomito	dt	Beberibe	-4.3683	-37.9600	jazida
diatomito	dt	Beberibe	-4.3433	-37.9233	jazida
diatomito	dt	Beberibe	-4.3233	-37.9967	depósito
diatomito	dt	Beberibe	-4.3000	-37.9800	depósito
diatomito	dt	Beberibe	-4.2900	-38.0267	depósito
diatomito	dt	Beberibe	-4.3033	-38.1000	depósito

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
diatomito	dt	Beberibe	-4.2550	-38.0667	depósito
diatomito	dt	Beberibe	-4.4033	-38.1833	depósito
diatomito	dt	Beberibe	-4.3883	-38.1667	depósito
diatomito	dt	Beberibe	-4.1800	-38.1667	depósito
diatomito	dt	Beberibe	-4.2183	-38.1250	depósito
diatomito	dt	Beberibe	-4.2833	-38.1483	jazida
diatomito	dt	Beberibe	-4.2000	-38.0917	jazida
diatomito	dt	Beberibe	-4.3806	-37.9306	depósito
feldspato	gp	Beberibe	-4.5000	-38.3250	jazida
feldspato	gp	Beberibe	-4.4667	-38.2950	depósito
calcário	ca	Boa Viagem	-4.8833	-39.8767	depósito
calcário	ca	Boa Viagem	-4.8389	-39.7550	depósito
calcário	ca	Boa Viagem	-4.8150	-39.7633	depósito
calcário	ca	Boa Viagem	-4.7467	-39.7483	jazida
calcário	ca	Boa Viagem	-5.1367	-39.9617	depósito
calcário	ca	Boa Viagem	-5.0217	-39.9300	depósito
granito	gr	Boa Viagem	-5.1291	-39.7172	jazida
gipsita	gp	Brejo Santo	-7.4675	-39.0891	depósito
gipsita	gp	Brejo Santo	-7.4552	-39.1083	depósito
gipsita	gp	Brejo Santo	-7.4739	-39.0981	jazida
argila	ag	Camocim	-3.0153	-40.9625	depósito
turfa	tf	Camocim	-2.9822	-40.8200	depósito
calcário	ca	Canindé	-4.5078	-39.6744	depósito
calcário	ca	Canindé	-4.5283	-39.7083	depósito
calcário	ca	Canindé	-4.4767	-39.6300	depósito
calcário	ca	Canindé	-4.4283	-39.6183	depósito
calcário	ca	Canindé	-4.3167	-39.7233	depósito
calcário	ca	Canindé	-4.1050	-39.5650	depósito
calcário	ca	Canindé	-4.1083	-39.5389	depósito
calcário	ca	Canindé	-4.3539	-39.4667	jazida
calcário	ca	Canindé	-4.3667	-39.4650	jazida
calcário	ca	Canindé	-4.3117	-39.1375	jazida
calcário	ca	Canindé	-4.3700	-39.5744	depósito
calcário	ca	Canindé	-4.2128	-39.7703	depósito
grafita	gf	Canindé	-4.3150	-39.6228	depósito
grafita	gf	Canindé	-4.3800	-39.5517	jazida
lítio	gp	Canindé	-4.5753	-39.1692	depósito
quartzo	gp	Canindé	-4.5675	-39.1522	jazida
talco	tl	Canindé	-4.2333	-39.5931	jazida
calcário	ca	Capistrano	-4.5150	-38.8917	jazida
talco	tl	Cariús	-6.6900	-39.4333	depósito
bário	gp	Caridade	-4.1567	-38.9750	jazida
calcário	ca	Caridade	-4.1433	-38.9733	jazida
calcário	ca	Caridade	-4.0933	-38.9983	jazida
calcário	ca	Caridade	-4.1300	-38.9617	jazida
calcário	ca	Caridade	-4.2739	-39.1350	jazida
granito	gr	Caridade	-4.2847	-39.2319	jazida
amianto	am	Caririáçu	-6.9266	-39.2066	depósito
amianto	am	Caririáçu	-6.9350	-39.2750	depósito
amianto	am	Caririáçu	-6.9466	-39.2400	depósito
amianto	am	Caririáçu	-6.9716	-39.3300	depósito
amianto	am	Caririáçu	-6.9666	-39.3216	depósito
asbesto	as	Caririáçu	-7.0388	-39.4130	depósito
vermiculita	vm	Caririáçu	-6.9483	-39.1983	depósito
vermiculita	vm	Caririáçu	-6.9333	-39.2200	depósito
vermiculita	vm	Caririáçu	-6.9366	-39.2483	depósito
talco	tl	Caririáçu	-6.9417	-39.3500	depósito
granito	gr	Cariús	-4.0516	-40.4444	jazida
amianto	am	Cariús	-6.5666	-39.3483	depósito
argila	ag	Cariús	-6.7366	-39.5250	depósito
calcário	ca	Cariús	-6.7516	-39.5200	depósito
calcário	ca	Cariús	-6.6817	-39.4733	depósito
calcário	ca	Cariús	-6.5783	-39.4350	depósito
calcário	ca	Cariús	-6.6966	-39.5166	depósito
calcário	ca	Cariús	-6.6783	-39.4583	depósito

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
calcário	ca	Cariús	-6.6066	-39.4966	depósito
calcário	ca	Cariús	-6.6150	-39.4733	depósito
calcário	ca	Cariús	-6.6016	-39.4433	depósito
calcário	ca	Cariús	-6.6000	-39.4350	depósito
calcário	ca	Cariús	-6.5816	-39.4200	depósito
calcário	ca	Cariús	-6.5783	-39.5200	depósito
areia	ar	Cascavel	-4.2055	-38.2280	depósito
berilo	gp	Cascavel	-4.4317	-38.3217	jazida
berilo	gp	Cascavel	-4.4167	-38.3433	jazida
berilo	gp	Cascavel	-4.4000	-38.3550	jazida
berilo	gp	Cascavel	-4.3950	-38.3650	jazida
berilo	gp	Cascavel	-4.4050	-38.3667	jazida
berilo	gp	Cascavel	-4.4183	-38.3733	jazida
berilo	gp	Cascavel	-4.2900	-38.3400	jazida
berilo	gp	Cascavel	-4.2083	-38.3783	jazida
caulim	gp	Cascavel	-4.2000	-38.3233	depósito
diatomito	dt	Cascavel	-4.0250	-38.2383	depósito
diatomito	dt	Cascavel	-4.0850	-38.2367	depósito
diatomito	dt	Cascavel	-4.1333	-38.3333	depósito
lítio	gp	Cascavel	-4.4833	-38.3567	jazida
calcário	ca	Catarina	-6.2733	-40.0233	depósito
talco	tl	Catarina	-6.2233	-39.8217	depósito
areia	ar	Caucaia	-3.8052	-38.6983	depósito
areia	ar	Caucaia	-3.6325	-38.7208	depósito
areia	ar	Caucaia	-3.6261	-38.7975	depósito
areia	ar	Caucaia	-3.8394	-38.7794	depósito
areia	ar	Caucaia	-3.8838	-38.8338	depósito
areia	ar	Caucaia	-3.8541	-38.8044	depósito
areia	ar	Caucaia	-3.9033	-38.8558	depósito
areia	ar	Caucaia	-3.8188	-38.7630	depósito
areia	ar	Caucaia	-3.8838	-38.8458	depósito
areia	ar	Caucaia	-3.6558	-38.7613	depósito
areia	ar	Caucaia	-3.6458	-38.7491	depósito
areia	ar	Caucaia	-3.8052	-38.7380	depósito
areia cascalho	ac	Caucaia	-3.6958	-38.8252	depósito
areia cascalho	ac	Caucaia	-3.6686	-38.8180	depósito
areia fina	ar	Caucaia	-3.6902	-38.6125	depósito
areia fina	ar	Caucaia	-3.6272	-38.7830	depósito
areia fina	ar	Caucaia	-3.6294	-38.7805	depósito
areia fina	ar	Caucaia	-3.6322	-38.7797	depósito
areia fina	ar	Caucaia	-3.6316	-38.7791	depósito
areia fina	ar	Caucaia	-3.6327	-38.7788	depósito
areia fina	ar	Caucaia	-3.6330	-38.7794	depósito
areia fina	ar	Caucaia	-3.6300	-38.7997	depósito
areia fina	ar	Caucaia	-3.6850	-38.6505	depósito
areia fina	ar	Caucaia	-3.6850	-38.6516	depósito
areia fina	ar	Caucaia	-3.6163	-38.8197	depósito
areia fina	ar	Caucaia	-3.6177	-38.8180	depósito
areia fina	ar	Caucaia	-3.6730	-38.6891	depósito
areia fina	ar	Caucaia	-3.6227	-38.7694	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.8088	-38.6761	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.6344	-38.7200	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7355	-38.9558	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7350	-38.9558	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7497	-38.9547	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7516	-38.9552	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7533	-38.9575	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7538	-38.9552	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7694	-38.9583	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.9438	-38.9413	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.6713	-38.8369	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-4.0011	-38.9413	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7569	-38.6430	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7538	-38.6500	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7525	-38.6505	depósito

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7530	-38.7302	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7511	-38.6411	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7486	-38.6413	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7525	-38.6419	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7555	-38.6436	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7547	-38.6430	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.6955	-38.8122	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.6980	-38.8125	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.6891	-38.8075	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.6683	-38.8180	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.6955	-38.8241	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.7633	-38.8513	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.8638	-38.7558	depósito
areia grossa	arg	Caucaia	-3.8702	-38.7602	depósito
areia grossa/argila	arg	Caucaia	-3.7330	-38.7730	depósito
areia grossa/argila	arg	Caucaia	-3.9216	-38.8558	depósito
areia vermelha	av	Caucaia	-3.6252	-38.7866	depósito
areia vermelha	av	Caucaia	-3.6180	-38.7830	depósito
areia vermelha	av	Caucaia	-3.7500	-38.7605	depósito
areia vermelha	av	Caucaia	-3.6594	-38.8091	depósito
areia vermelha	av	Caucaia	-3.6730	-38.6894	depósito
areia vermelha	av	Caucaia	-3.6223	-38.8180	depósito
areia vermelha	av	Caucaia	-3.6930	-38.8602	depósito
areia vermelha	av	Caucaia	-3.6291	-38.7777	depósito
argila	ag	Caucaia	-3.7544	-38.6791	depósito
argila	ag	Caucaia	-3.7977	-38.9141	depósito
argila	ag	Caucaia	-3.6233	-38.7827	depósito
argila	ag	Caucaia	-3.7391	-38.8963	depósito
argila	ag	Caucaia	-3.7633	-38.7205	depósito
argila	ag	Caucaia	-3.6747	-38.9036	depósito
argila	ag	Caucaia	-3.9625	-38.8675	depósito
calcário	ca	Caucaia	-3.9202	-38.9194	depósito
calcário	ca	Caucaia	-3.9208	-38.9105	depósito
calcário	ca	Caucaia	-3.7166	-38.9466	depósito
calcário	ca	Caucaia	-3.7538	-38.9219	depósito
calcário	ca	Caucaia	-3.7633	-38.9416	depósito
calcário	ca	Caucaia	-3.8100	-38.8200	depósito
calcário	ca	Caucaia	-3.8933	-38.9566	depósito
calcário	ca	Caucaia	-3.7716	-38.9566	depósito
calcário	ca	Caucaia	-3.7816	-38.9355	depósito
calcário	ca	Caucaia	-3.7167	-38.9467	jazida
calcário	ca	Caucaia	-3.7467	-38.9250	jazida
calcário	ca	Caucaia	-3.7717	-38.9567	jazida
calcário	ca	Caucaia	-3.7783	-38.9383	jazida
calcário	ca	Caucaia	-3.9333	-38.9167	jazida
calcário	ca	Caucaia	-3.9203	-38.8861	depósito
diatomito	dt	Caucaia	-3.7305	-38.6666	depósito
diatomito	dt	Caucaia	-3.6750	-38.6916	depósito
diatomito	dt	Caucaia	-3.7266	-38.7316	depósito
diatomito	dt	Caucaia	-3.6513	-38.7252	depósito
diatomito	dt	Caucaia	-3.6513	-38.7430	depósito
diatomito	dt	Caucaia	-3.6419	-38.7677	depósito
diatomito	dt	Caucaia	-3.7300	-38.7244	depósito
diatomito	dt	Caucaia	-3.8152	-38.4250	depósito
diatomito	dt	Caucaia	-4.1272	-38.6980	depósito
diatomito	dt	Caucaia	-3.6750	-38.6917	depósito
diatomito	dt	Caucaia	-3.6533	-38.7467	depósito
diatomito	dt	Caucaia	-3.6450	-38.7367	depósito
diatomito	dt	Caucaia	-3.6361	-38.7208	depósito
diatomito	dt	Caucaia	-3.6278	-38.7472	depósito
fonólito	fn	Caucaia	-3.9527	-38.7861	depósito
fonólito	fn	Caucaia	-3.8450	-38.9277	depósito
fonólito	fn	Caucaia	-3.8888	-38.9416	depósito
fonólito	fn	Caucaia	-3.7875	-38.8611	depósito
fonólito	fn	Caucaia	-3.7822	-38.8888	depósito

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
fonólito	fn	Caucaia	-3.8891	-38.8286	depósito
fonólito	fn	Caucaia	-3.7797	-38.8738	depósito
gnaisse	gn	Caucaia	-3.6486	-38.7638	depósito
gnaisse	gn	Caucaia	-3.6566	-38.7611	depósito
gnaisse	gn	Caucaia	-3.6927	-38.6836	depósito
gnaisse	gn	Caucaia	-3.7536	-38.7477	depósito
gnaisse	gn	Caucaia	-3.7633	-38.4777	depósito
gnaisse	gn	Caucaia	-3.8330	-38.6811	depósito
gnaisse	gn	Caucaia	-3.7336	-38.7738	depósito
gnaisse	gn	Caucaia	-3.7472	-38.7594	depósito
granito	gr	Caucaia	-3.6886	-38.9336	jazida
pedra britada	pb	Caucaia	-3.7458	-38.7494	depósito
pedra britada	pb	Caucaia	-3.8200	-38.6711	depósito
pedra britada	pb	Caucaia	-3.8288	-38.6838	depósito
pedra britada	pb	Caucaia	-3.7041	-38.7900	depósito
pedra britada	pb	Caucaia	-3.7322	-38.8041	depósito
saibro	sb	Caucaia	-3.7275	-38.6380	depósito
saibro	sb	Caucaia	-3.6930	-38.6472	depósito
talco	tl	Caucaia	-3.8750	-38.5222	depósito
talco	tl	Caucaia	-3.8261	-38.8119	depósito
talco	tl	Caucaia	-3.9500	-38.3694	depósito
talco	tl	Caucaia	-3.8550	-38.8500	depósito
talco	tl	Caucaia	-3.7903	-38.8581	depósito
ametista	at	Cedro	-6.6300	-39.1733	depósito
asbesto	as	Cedro	-6.5833	-38.6166	depósito
calcário	ca	Cedro	-6.6700	-39.0116	depósito
calcário	ca	Cedro	-6.5900	-39.1166	depósito
calcário	ca	Cedro	-6.5483	-39.0350	depósito
calcário	ca	Cedro	-6.5900	-39.1167	depósito
calcário	ca	Cedro	-6.5750	-39.0616	depósito
calcário	ca	Cedro	-6.5900	-39.1233	depósito
vermiculita	vm	Cedro	-6.5600	-39.2200	depósito
diatomito	dt	Chorozinho	-4.3150	-38.3983	jazida
lítio	gp	Chorozinho	-4.3117	-38.4150	jazida
granito	gr	Coreaú	-3.5586	-40.5830	jazida
granito	gr	Coreaú	-3.7072	-40.5419	jazida
calcário	ca	Coreaú	-3.5944	-40.6908	jazida
calcário	ca	Coreaú	-3.6125	-40.7019	jazida
calcário	ca	Coreaú	-3.7542	-40.7092	jazida
bário	gp	Cratêus	-5.3458	-40.5500	depósito
calcário	ca	Cratêus	-5.2083	-40.4739	depósito
calcário	ca	Cratêus	-5.1550	-40.4767	depósito
calcário	ca	Cratêus	-5.0697	-40.6664	depósito
calcário	ca	Cratêus	-5.1800	-40.5183	depósito
calcário	ca	Cratêus	-5.1850	-40.5006	depósito
calcário	ca	Cratêus	-5.0853	-40.7475	depósito
calcário	ca	Cratêus	-5.2361	-40.9033	depósito
calcário	ca	Cratêus	-5.2250	-40.7183	depósito
calcário	ca	Cratêus	-5.1958	-40.8533	jazida
calcário	ca	Cratêus	-5.2294	-40.6258	jazida
calcário	ca	Cratêus	-5.2475	-40.6350	jazida
calcário	ca	Cratêus	-5.2700	-40.6236	jazida
vermiculita	vm	Cratêus	-5.1438	-40.8466	depósito
argila	ag	Crato	-7.2500	-39.4238	depósito
argila	ag	Crato	-7.1500	-39.4238	depósito
calcário	ca	Crato	-7.1072	-39.4369	depósito
calcário	ca	Crato	-7.1625	-39.4119	depósito
calcário	ca	Crato	-7.1119	-39.4061	depósito
caulim	gp	Crato	-7.1613	-39.4072	depósito
gipsita	gp	Crato	-7.2758	-39.3888	depósito
grafita	gf	Dep. Irapuan Pinheiro	-5.8283	-39.2000	depósito
grafita	gf	Dep. Irapuan Pinheiro	-5.8733	-39.1733	jazida
grafita	gf	Dep. Irapuan Pinheiro	-5.8633	-39.2250	jazida
grafita	gf	Dep. Irapuan Pinheiro	-5.9217	-39.2667	depósito
grafita	gf	Dep. Irapuan Pinheiro	-5.9917	-39.2717	depósito

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
grafita	gf	Dep. Irapuan Pinheiro	-5.8883	-39.3417	depósito
talco	tl	Ererê	-5.9417	-38.1867	jazida
magnesita	mg	Óros	-6.3688	-39.1033	jazida
magnesita	mg	Óros	-6.3550	-39.0866	jazida
magnesita	mg	Óros	-6.3733	-39.1000	jazida
areia	ar	Eusébio	-3.8194	-38.4272	depósito
areia fina	ar	Eusébio	-3.8744	-38.4205	depósito
areia fina	ar	Eusébio	-3.7969	-38.4244	depósito
areia fina	ar	Eusébio	-3.8366	-38.4347	depósito
areia fina	ar	Eusébio	-3.8408	-38.4352	depósito
areia fina	ar	Eusébio	-3.8750	-38.4211	depósito
areia fina	ar	Eusébio	-3.8472	-38.4375	depósito
areia fina	ar	Eusébio	-3.8141	-38.4241	depósito
argila	ag	Eusébio	-3.8719	-38.4577	depósito
argila	ag	Eusébio	-3.8763	-38.4522	depósito
diatomito	dt	Eusébio	-3.8541	-38.4477	depósito
diatomito	dt	Eusébio	-3.8866	-38.4583	depósito
diatomito	dt	Eusébio	-3.8542	-38.4478	depósito
fonólito	fn	Eusébio	-3.8141	-38.4255	depósito
saibro	sb	Eusébio	-3.8680	-38.4788	depósito
saibro	sb	Eusébio	-3.8791	-38.4452	depósito
calcário	ca	Farias Brito	-7.0138	-39.5833	depósito
calcário	ca	Farias Brito	-7.0139	-39.5833	depósito
calcário	ca	Farias Brito	-6.9483	-39.6000	jazida
calcário	ca	Farias Brito	-6.8817	-39.5500	jazida
calcário	ca	Farias Brito	-6.8100	-39.5400	jazida
calcário	ca	Farias Brito	-6.7817	-39.5333	jazida
calcário	ca	Farias Brito	-6.7516	-39.5200	depósito
calcário	ca	Forquilha	-3.8750	-40.2667	depósito
calcário	ca	Forquilha	-3.8983	-40.1700	jazida
granito	gr	Forquilha	-3.7352	-40.1461	jazida
granito	gr	Forquilha	-3.7066	-40.1330	jazida
areia	ar	Fortaleza	-3.7997	-38.4605	depósito
areia	ar	Fortaleza	-3.8141	-38.4288	depósito
areia	ar	Fortaleza	-3.7544	-38.4686	depósito
areia	ar	Fortaleza	-3.7950	-38.4308	depósito
areia	ar	Fortaleza	-3.8080	-38.4280	depósito
areia fina	ar	Fortaleza	-3.7558	-38.4694	depósito
areia fina	ar	Fortaleza	-3.7863	-38.4383	depósito
areia fina	ar	Fortaleza	-3.7988	-38.4255	depósito
areia fina	ar	Fortaleza	-3.7991	-38.4252	depósito
areia fina	ar	Fortaleza	-3.8036	-38.4247	depósito
areia fina	ar	Fortaleza	-3.8094	-38.4186	depósito
areia fina	ar	Fortaleza	-3.8394	-38.4336	depósito
areia fina	ar	Fortaleza	-3.7541	-38.4775	depósito
areia fina	ar	Fortaleza	-3.7944	-38.4263	depósito
areia fina	ar	Fortaleza	-3.7944	-38.4272	depósito
areia grossa	arg	Fortaleza	-3.8027	-38.5138	depósito
areia vermelha	av	Fortaleza	-3.7544	-38.4777	depósito
areia vermelha	av	Fortaleza	-3.7977	-38.4325	depósito
areia vermelha	av	Fortaleza	-3.8558	-38.5244	depósito
argila	ag	Fortaleza	-3.8041	-38.5936	depósito
argila	ag	Fortaleza	-3.8491	-38.5361	depósito
argila	ag	Fortaleza	-3.7950	-38.4638	depósito
diatomito	dt	Fortaleza	-3.8450	-38.4733	depósito
diatomito	dt	Fortaleza	-3.8200	-38.5000	depósito
diatomito	dt	Fortaleza	-3.7950	-38.5300	depósito
diatomito	dt	Fortaleza	-3.7633	-38.5367	depósito
diatomito	dt	Fortaleza	-3.7600	-38.5733	depósito
diatomito	dt	Fortaleza	-3.7333	-38.5639	depósito
saibro	sb	Fortaleza	-3.8586	-38.4822	depósito
saibro	sb	Fortaleza	-3.8611	-38.4850	depósito
saibro	sb	Fortaleza	-3.8547	-38.5241	depósito
saibro	sb	Fortaleza	-3.9175	-38.5019	depósito
saibro	sb	Fortaleza	-3.8611	-38.5188	depósito

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
saibro	sb	Fortaleza	-3.8647	-38.5250	depósito
diatomito	dt	Fortim	-4.5383	-37.8817	depósito
diatomito	dt	Fortim	-4.5283	-37.9267	depósito
diatomito	dt	Fortim	-4.5083	-37.8867	depósito
diatomito	dt	Fortim	-4.5000	-37.9033	depósito
diatomito	dt	Fortim	-4.4350	-37.9150	depósito
diatomito	dt	Fortim	-4.4350	-37.9333	depósito
diatomito	dt	Fortim	-4.4183	-37.9017	depósito
calcário	ca	Frecheirinha	-3.7408	-40.8367	jazida
calcário	ca	Frecheirinha	-3.7542	-40.8231	jazida
argila	ag	Granja	-3.1022	-40.8300	jazida
calcário	ca	Granja	-3.1289	-40.8367	depósito
calcário	ca	Granja	-3.2914	-41.1442	jazida
calcário	ca	Granja	-3.3711	-41.1914	jazida
calcário	ca	Granja	-3.3822	-41.2700	depósito
grafita	gf	Granja	-3.2589	-41.2542	depósito
quartzo	qz	Granja	-3.3556	-41.2519	depósito
calcário	ca	Granjeiro	-6.9416	-39.2183	depósito
talco	tl	Granjeiro	-6.8966	-39.2383	depósito
talco	tl	Granjeiro	-6.9367	-39.3400	depósito
manganês	mn	Guaiúba	-4.1313	-38.4247	depósito
talco	tl	Guaiúba	-4.0419	-38.5830	depósito
talco	tl	Guaiúba	-4.0391	-38.5883	depósito
talco	tl	Guaiúba	-4.0414	-38.5847	depósito
talco	tl	Guaiúba	-4.0253	-38.5997	depósito
areia grossa	arg	Guaiúba	-4.1186	-38.6733	depósito
areia grossa	arg	Guaiúba	-4.1175	-38.6697	depósito
areia grossa	arg	Guaiúba	-4.1222	-38.6000	depósito
areia grossa/argila	arg	Guaiúba	-4.1238	-38.6738	depósito
argila	ag	Guaiúba	-4.1219	-38.6233	depósito
argila	ag	Guaiúba	-3.7647	-38.9558	depósito
argila	ag	Guaiúba	-4.1225	-38.6255	depósito
argila	ag	Guaiúba	-4.0394	-38.6197	depósito
argila	ag	Guaiúba	-4.1188	-38.6602	depósito
argila	ag	Guaiúba	-4.1219	-38.6200	depósito
argila	ag	Guaiúba	-4.1477	-38.6844	depósito
argila	ag	Guaiúba	-4.1569	-38.6502	depósito
argila	ag	Guaiúba	-4.1575	-38.6608	depósito
argila	ag	Guaiúba	-4.1208	-38.6169	depósito
argila	ag	Guaiúba	-4.1191	-38.6602	depósito
argila	ag	Guaiúba	-4.1480	-38.6847	depósito
calcário	ca	Guaramiranga	-4.2383	-38.9983	depósito
caulim	cal	Guaramiranga	-4.2033	-38.9516	depósito
caulim	cal	Guaramiranga	-4.2483	-38.9366	depósito
caulim	cal	Guaramiranga	-4.2500	-38.9166	depósito
caulim	cal	Guaramiranga	-4.2033	-38.9433	depósito
argila	ag	Hidrolândia	-4.4195	-40.4883	depósito
areia	ar	Horizonte	-4.1266	-38.4872	depósito
diatomito	dt	Horizonte	-4.1500	-38.4067	jazida
diatomito	dt	Horizonte	-4.1333	-38.4533	jazida
talco	tl	Ibaretama	-4.8300	-38.8567	jazida
berilo	gp	Ibicuitinga	-4.9583	-38.5717	jazida
feldspato	gp	Icó	-6.5167	-38.7833	jazida
magnesita	mg	Icó	-6.3950	-39.1150	jazida
amazonita	amz	Icó	-6.5166	-38.7833	depósito
calcário	ca	Icó	-6.4000	-38.9500	depósito
calcário	ca	Icó	-6.5167	-38.9667	depósito
calcário	ca	Icó	-6.5667	-38.9000	depósito
calcário	ca	Icó	-6.5667	-38.8667	depósito
calcário	ca	Icó	-6.5833	-38.8667	depósito
argila	ag	Iguatu	-6.3694	-39.2750	depósito
argila	ag	Iguatu	-6.3138	-39.3305	depósito
argila	ag	Iguatu	-6.4366	-39.2716	depósito
argila	ag	Iguatu	-6.3583	-39.2700	depósito
magnesita	mg	Iguatu	-6.3825	-39.1444	jazida

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
magnesita	mg	Iguatu	-6.3747	-39.2683	jazida
magnesita	mg	Iguatu	-6.4100	-39.1633	jazida
magnesita	mg	Iguatu	-6.4150	-39.1750	jazida
magnesita	mg	Iguatu	-6.4300	-39.1783	jazida
magnesita	mg	Iguatu	-6.4366	-39.1833	jazida
calcário	ca	Independência	-5.4750	-40.2167	depósito
calcário	ca	Independência	-5.4800	-40.2750	depósito
calcário	ca	Independência	-5.3250	-40.2567	depósito
calcário	ca	Independência	-5.4256	-40.2667	jazida
calcário	ca	Independência	-5.3667	-40.3028	depósito
calcário	ca	Independência	-5.3083	-40.1833	depósito
calcário	ca	Independência	-5.3033	-40.1589	depósito
calcário	ca	Independência	-5.2133	-40.0683	depósito
calcário	ca	Independência	-5.1800	-40.0633	depósito
calcário	ca	Independência	-5.2667	-40.3150	depósito
calcário	ca	Ipaporanga	-4.9367	-40.7786	jazida
calcário	ca	Ipaporanga	-4.9456	-40.7878	jazida
calcário	ca	Ipaporanga	-4.9500	-40.7667	jazida
asbesto	as	Ipauimir	-6.7666	-38.6666	depósito
asbesto	as	Ipauimir	-6.7833	-38.7166	depósito
asbesto	as	Ipauimir	-6.7833	-38.6333	depósito
asbesto	as	Ipauimir	-6.8000	-38.6000	depósito
asbesto	as	Ipauimir	-6.8166	-38.7333	depósito
calcário	ca	Ipauimir	-6.8000	-38.6833	depósito
calcário	ca	Ipauimir	-6.8167	-38.6667	depósito
talco	tl	Ipauimir	-6.8167	-38.7833	depósito
calcário	ca	Ipu	-4.5203	-40.6033	jazida
calcário	ca	Ipu	-4.4614	-40.6392	depósito
calcário	ca	Ipu	-4.3597	-40.6664	depósito
calcário	ca	Ipu	-4.3278	-40.6708	depósito
calcário	ca	Ipu	-4.3097	-40.6664	depósito
calcário	ca	Ipueiras	-4.5792	-40.5875	jazida
talco	tl	Ipueiras	-4.6289	-40.7786	jazida
granito	gr	Iracema	-5.6386	-38.3180	jazida
calcário	ca	Irauçuba	-3.8500	-39.8500	depósito
calcário	ca	Irauçuba	-3.8150	-39.6833	depósito
calcário	ca	Irauçuba	-4.0817	-39.7433	depósito
calcário	ca	Irauçuba	-4.1033	-39.7833	depósito
granito	gr	Irauçuba	-3.9344	-39.7380	jazida
areia	ar	Itaiçaba	635500E	9473500N	depósito
areia grossa	arg	Itaitinga	-3.9322	-38.5350	depósito
argila	ag	Itaitinga	-4.0222	-38.5494	depósito
fonólito	fn	Itaitinga	-3.8850	-38.5219	depósito
gnaisse	gn	Itaitinga	-3.9555	-38.5333	depósito
pedra britada	pb	Itaitinga	-3.9594	-38.5377	depósito
pedra britada	pb	Itaitinga	-3.9594	-38.5355	depósito
pedra britada	pb	Itaitinga	-3.9605	-38.5338	depósito
pedra britada	pb	Itaitinga	-3.9625	-38.5338	depósito
pedra britada	pb	Itaitinga	-3.9636	-38.5327	depósito
pedra britada	pb	Itaitinga	-3.9786	-38.5338	depósito
pedra britada	pb	Itaitinga	-3.9666	-38.5311	depósito
pedra britada	pb	Itaitinga	-3.9708	-38.5325	depósito
pedra britada	pb	Itaitinga	-3.9750	-38.5333	depósito
pedra britada	pb	Itaitinga	-3.9630	-38.5375	depósito
feldspato	gp	Itapi-na	-4.5800	-38.9283	jazida
grafita	gf	Itapi-na	-4.6417	-39.0133	jazida
granito	gr	Itapi-na	-4.5327	-38.9019	jazida
diatomito	dt	Itapipoca	-3.1167	-39.7883	depósito
diatomito	dt	Itapipoca	-3.1417	-39.8200	depósito
diatomito	dt	Itapipoca	-3.1667	-39.8500	depósito
diatomito	dt	Itapipoca	-3.1667	-39.8167	depósito
diatomito	dt	Itapipoca	-3.2333	-39.7333	depósito
granito	gr	Itapipoca	-3.3716	-39.6405	jazida
berilo	gp	Itapiúna	-4.5300	-38.9033	jazida
calcário	ca	Itapiúna	-4.5917	-39.0933	jazida

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
diatomito	dt	Itarema	-2.9500	-39.8833	depósito
diatomito	dt	Itarema	-2.9500	-39.9500	depósito
diatomito	dt	Itarema	-2.9167	-39.8667	depósito
diatomito	dt	Itarema	-2.9167	-39.9167	depósito
calcário	ca	Itatira	-4.6500	-39.7083	depósito
calcário	ca	Itatira	-4.6317	-39.6778	depósito
calcário	ca	Itatira	-4.6450	-39.6225	jazida
calcário	ca	Itatira	-4.6667	-39.6247	jazida
argila/areia	ag/ar	Jaguaruana	635000E	9466500N	mina
calcário	ca	Jaguaruana	-4.8033	-37.6600	jazida
argila	ag	Jucás	-6.4583	-39.4627	depósito
vermiculita	vm	Jucás	-6.4266	-39.5141	depósito
magnesita	mg	Jucás	-6.4952	-39.4972	jazida
magnesita	mg	Jucás	-6.4983	-39.4983	jazida
magnesita	mg	Jucás	-6.5383	-39.5716	jazida
vermiculita	vm	Jucás	-6.4427	-39.5550	depósito
amianto	am	Lavras da Mangabeira	-6.8050	-39.1650	depósito
amianto	am	Lavras da Mangabeira	-6.9083	-39.1750	depósito
amianto	am	Lavras da Mangabeira	-6.6966	-39.0150	depósito
amianto	am	Lavras da Mangabeira	-6.8050	-39.1650	depósito
amianto	am	Lavras da Mangabeira	-6.8150	-39.1850	depósito
amianto	am	Lavras da Mangabeira	-6.8883	-39.1583	depósito
amianto	am	Lavras da Mangabeira	-6.9050	-39.1750	depósito
asbesto	as	Lavras da Mangabeira	-6.7000	-38.9833	depósito
asbesto	as	Lavras da Mangabeira	-6.7166	-38.8833	depósito
asbesto	as	Lavras da Mangabeira	-6.8500	-38.9666	depósito
berilo	gp	Lavras da Mangabeira	-6.7500	-38.8833	depósito
berilo	gp	Lavras da Mangabeira	-6.6617	-39.0533	jazida
calcário	ca	Lavras da Mangabeira	-6.6500	-38.9667	depósito
calcário	ca	Lavras da Mangabeira	-6.6667	-38.9833	jazida
calcário	ca	Lavras da Mangabeira	-6.7667	-38.9500	depósito
caulim	gp	Lavras da Mangabeira	-6.7694	-39.1000	depósito
talco	tl	Lavras da Mangabeira	-6.7000	-39.0683	depósito
talco	tl	Lavras da Mangabeira	-6.7819	-39.1517	depósito
talco	tl	Lavras da Mangabeira	-6.7650	-39.1367	depósito
talco	tl	Lavras da Mangabeira	-6.7483	-39.1300	depósito
talco	tl	Lavras da Mangabeira	-6.7375	-39.1083	depósito
talco	tl	Lavras da Mangabeira	-6.7150	-39.0867	depósito
vermiculita	vm	Lavras da Mangabeira	-6.8891	-39.1711	jazida
calcário	ca	Limoeiro do Norte	-5.2433	-37.9883	jazida
calcário	ca	Limoeiro do Norte	-5.2500	-37.8972	jazida
calcário	ca	Limoeiro do Norte	-5.2583	-37.9444	jazida
calcário	ca	Limoeiro do Norte	-5.2306	-37.9667	jazida
granito	gr	Limoeiro do Norte	-5.2838	-37.8866	jazida
granito	gr	Limoeiro do Norte	-5.2083	-37.8538	jazida
bário	gp	Madalena	-4.8367	-39.6267	jazida
talco	tl	Madalena	-4.7864	-39.6764	depósito
pedra britada	pb	Maracanaú	-3.9286	-38.6163	depósito
areia	ar	Maracanaú	-3.8766	-38.6461	depósito
areia grossa	arg	Maracanaú	-3.8583	-38.5383	depósito
areia grossa	arg	Maracanaú	-3.8808	-38.5877	depósito
areia grossa	arg	Maracanaú	-3.8797	-38.5902	depósito
areia grossa	arg	Maracanaú	-3.8791	-38.6388	depósito
areia grossa	arg	Maracanaú	-3.8763	-38.6458	depósito
areia grossa/argila	arg	Maracanaú	-3.9025	-38.6619	depósito
argila	ag	Maracanaú	-3.8430	-38.6205	depósito
areia	ar	Maranguape	-4.0033	-38.7491	depósito
areia	ar	Maranguape	-3.8980	-38.6650	depósito
areia grossa	arg	Maranguape	-4.0063	-38.9413	depósito
areia grossa	arg	Maranguape	-3.9969	-38.9422	depósito
areia grossa	arg	Maranguape	-3.9472	-38.9475	depósito
areia grossa	arg	Maranguape	-3.9638	-38.9500	depósito
areia grossa	arg	Maranguape	-3.9833	-38.9472	depósito
areia grossa	arg	Maranguape	-4.0416	-38.9208	depósito
argila	ag	Maranguape	-4.0320	-38.9250	depósito

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
argila	ag	Maranguape	-4.0666	-38.8891	depósito
argila	ag	Maranguape	-4.0077	-38.9361	depósito
argila	ag	Maranguape	-3.8972	-38.6638	depósito
argila	ag	Maranguape	-4.0302	-38.9250	depósito
calcário	ca	Maranguape	-4.0611	-38.9775	depósito
calcário	ca	Maranguape	-3.9947	-38.9661	depósito
calcário	ca	Maranguape	-4.0483	-38.9458	depósito
calcário	ca	Maranguape	-4.0472	-38.9611	depósito
calcário	ca	Maranguape	-4.0617	-38.9500	jazida
gnaisse	gn	Maranguape	-4.0822	-38.7863	depósito
gnaisse	gn	Maranguape	-3.8422	-38.6738	depósito
pedra britada	pb	Maranguape	-3.8633	-38.6636	depósito
pedra britada	pb	Maranguape	-3.8600	-38.6619	depósito
pedra britada	pb	Maranguape	-3.8583	-38.6833	depósito
granito	gr	Marco	-3.2508	-40.3130	jazida
calcário	ca	Martinópolis	-3.2147	-40.6411	depósito
diatomito	dt	Martinópolis	-3.2203	-40.7019	jazida
calcário	ca	Massapé	-3.4200	-40.3500	depósito
granito	gr	Massapé	-3.5211	-40.4208	jazida
granito	gr	Massapé	-3.5436	-40.3894	jazida
granito	gr	Massapé	-3.5155	-40.4013	jazida
granito	gr	Massapé	-3.5852	-40.3258	jazida
granito	gr	Meruoca	-4.4191	-40.4880	jazida
granito	gr	Meruoca	-3.5077	-40.4475	jazida
berilo	gp	Milhã	-5.5483	-39.0894	jazida
berilo	gp	Milhã	-5.5217	-39.1417	jazida
turmalina	gp	Milhã	-5.5433	-39.0950	jazida
turmalina	gp	Milhã	-5.5333	-39.1033	jazida
turmalina	gp	Milhã	-5.5150	-39.0983	jazida
turmalina	gp	Milhã	-5.5117	-39.1033	jazida
diatomito	dt	Missão Velha	-7.2905	-39.1416	depósito
gipsita	gp	Missão Velha	-7.3097	-39.1058	depósito
gipsita	gp	Missão Velha	-7.3900	-39.1833	depósito
gipsita	gp	Missão Velha	-7.3583	-39.0997	depósito
gipsita	gp	Missão Velha	-7.3714	-39.1006	jazida
gipsita	gp	Missão Velha	-7.3583	-39.1161	jazida
gipsita	gp	Missão Velha	-7.3047	-39.1222	jazida
gipsita	gp	Missão Velha	-7.4222	-39.1306	jazida
gipsita	gp	Missão Velha	-7.3833	-39.1375	jazida
calcário	ca	Mombaça	-5.9267	-39.6833	depósito
calcário	ca	Mombaça	-5.9661	-39.7019	jazida
calcário	ca	Mombaça	-5.8583	-39.5639	jazida
calcário	ca	Mombaça	-5.9083	-39.6000	jazida
calcário	ca	Mombaça	-5.8197	-39.5969	jazida
calcário	ca	Mombaça	-5.8175	-39.7642	depósito
calcário	ca	Mombaça	-5.8892	-39.6758	jazida
calcário	ca	Mombaça	-5.8839	-39.5728	jazida
calcário	ca	Mombaça	-5.9083	-39.6972	depósito
calcário	ca	Mombaça	-5.8531	-39.6250	jazida
berilo	gp	Morada Nova	-4.6000	-38.4000	jazida
calcário	ca	Morada Nova	-4.9017	-38.5967	jazida
calcário	ca	Morada Nova	-4.8767	-38.3433	jazida
caulim	gp	Morada Nova	-4.5100	-38.3683	depósito
caulim	gp	Morada Nova	-4.5033	-38.3633	depósito
granito	gr	Banabuiú	-5.2761	-38.9769	jazida
calcário	ca	Nova Olinda	-7.0986	-39.6811	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1211	-39.6958	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1222	-39.6975	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1225	-39.6967	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1222	-39.6983	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1228	-39.7011	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1222	-39.7011	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1236	-39.7008	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1222	-39.7017	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1211	-39.7014	depósito

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1200	-39.6994	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1194	-39.6986	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1194	-39.6981	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1178	-39.6972	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1161	-39.6967	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1153	-39.6947	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1128	-39.6961	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1117	-39.6947	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1106	-39.6969	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1103	-39.6992	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1103	-39.6989	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1206	-39.6950	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1244	-39.6972	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1258	-39.6958	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1247	-39.6953	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1264	-39.6936	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1239	-39.6936	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1194	-39.6925	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1083	-39.7089	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1122	-39.7061	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1133	-39.7067	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1094	-39.7081	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1094	-39.7064	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1122	-39.7233	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1161	-39.7219	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1161	-39.7214	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1122	-39.7181	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1122	-39.7164	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1144	-39.7142	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1167	-39.7136	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1136	-39.7142	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1083	-39.7250	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1233	-39.6728	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1242	-39.6731	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1089	-39.7236	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1047	-39.7322	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1053	-39.7319	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1092	-39.7103	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1097	-39.7097	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1089	-39.7067	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1114	-39.6975	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1117	-39.7058	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1108	-39.6975	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1169	-39.7225	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1147	-39.7147	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1117	-39.6967	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1128	-39.6944	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1139	-39.6956	depósito
calcário	ca	Nova Olinda	-7.1097	-39.7075	depósito
gipsita	gp	Nova Olinda	-7.1302	-39.7141	depósito
gipsita	gp	Nova Olinda	-7.1333	-39.7178	jazida
gipsita	gp	Nova Olinda	-7.0975	-39.7131	jazida
calcário	ca	Nova Russas	-4.8597	-40.5497	jazida
calcário	ca	Nova Russas	-4.7397	-40.5667	depósito
calcário	ca	Nova Russas	-4.6719	-40.5742	jazida
calcário	ca	Nova Russas	-4.5972	-40.5853	jazida
calcário	ca	Nova Russas	-4.5881	-40.5875	jazida
grafita	gf	Nova Russas	-4.7125	-40.5447	depósito
calcário	ca	Novo Oriente	-5.6461	-40.7567	jazida
calcário	ca	Novo Oriente	-5.6667	-40.7633	jazida
calcário	ca	Novo Oriente	-5.6822	-40.7700	jazida
calcário	ca	Novo Oriente	-5.6733	-40.8319	depósito
calcário	ca	Novo Oriente	-5.7003	-40.8061	jazida
talco	tl	Novo Oriente	-5.6303	-40.7317	depósito
talco	tl	Novo Oriente	-5.6417	-40.7136	depósito

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
berilo	gp	Ocara	-4.4650	-38.3950	jazida
berilo	gp	Ocara	-4.4633	-38.4067	jazida
berilo	gp	Ocara	-4.4733	-38.4733	jazida
berilo	gp	Ocara	-4.4900	-38.3900	jazida
berilo	gp	Ocara	-4.5333	-38.4000	jazida
berilo	gp	Ocara	-4.5567	-38.4117	jazida
berilo	gp	Ocara	-4.5767	-38.4167	jazida
berilo	gp	Ocara	-4.5917	-38.4233	jazida
berilo	gp	Ocara	-4.6000	-38.4300	jazida
berilo	gp	Ocara	-4.5833	-38.4667	jazida
lítio	gp	Ocara	-4.5483	-38.4067	jazida
lítio	gp	Ocara	-4.5133	-38.3967	jazida
lítio	gp	Ocara	-4.4433	-38.3850	jazida
muscovita	mu	Ocara	-4.5767	-38.4050	jazida
muscovita	mu	Ocara	-4.5950	-38.4633	jazida
calcário	ca	Oros	-6.3650	-39.0916	depósito
diatomito	dt	Pacajus	-4.2217	-38.5800	depósito
areia grossa	arg	Pacatuba	-3.8830	-38.5838	depósito
areia grossa	arg	Pacatuba	-3.8836	-38.5956	depósito
areia grossa	arg	Pacatuba	-3.9263	-38.5977	depósito
areia grossa/argila	arg	Pacatuba	-4.0030	-38.5183	depósito
areia grossa/saibro	arg	Pacatuba	-3.8825	-38.5863	depósito
argila	ag	Pacatuba	-3.9625	-38.5675	depósito
argila	ag	Pacatuba	-3.9216	-38.5800	depósito
calcário	ca	Pacatuba	-4.0419	-38.5494	depósito
pedra britada	pb	Pacatuba	-3.9294	-38.6102	depósito
pedra britada	pb	Pacatuba	-3.9377	-38.6105	depósito
saibro	sb	Pacatuba	-3.8716	-38.5377	depósito
saibro	sb	Pacatuba	-3.8972	-38.5861	depósito
saibro	sb	Pacatuba	-3.9394	-38.5969	depósito
calcário	ca	Pacoti	-4.1783	-38.8983	jazida
caulim	cal	Pacoti	-4.1850	-38.9216	depósito
caulim	cal	Pacoti	-4.1933	-38.9383	depósito
caulim	cal	Pacoti	-4.1844	-38.9055	depósito
areia	ar	Paracuru	-3.4875	-39.1258	depósito
diatomito	dt	Paracuru	-3.4483	-39.1000	depósito
areia	ar	Paraipaba	-3.4558	-39.1213	depósito
areia	ar	Paraipaba	-3.4738	-39.1213	depósito
bário	gp	Parambu	-6.4033	-40.4367	depósito
bário	gp	Parambu	-6.3933	-40.4217	depósito
bário	gp	Parambu	-6.4417	-40.5589	jazida
bário	gp	Parambu	-6.4067	-40.6000	jazida
bário	gp	Parambu	-6.4167	-40.5167	depósito
calcário	ca	Parambu	-6.5633	-40.6467	depósito
calcário	ca	Parambu	-6.3117	-40.6300	depósito
calcário	ca	Parambu	-6.2750	-40.5767	depósito
calcário	ca	Parambu	-6.2350	-40.5650	depósito
calcário	ca	Parambu	-6.1600	-40.7633	depósito
calcário	ca	Parambu	-6.1000	-40.7650	depósito
diatomito	dt	Paraipaba	-3.4167	-39.1500	depósito
granito	gr	Pedra Branca	-5.5227	-39.9141	jazida
granito	gr	Pedra Branca	-5.7144	-39.9097	jazida
areia	ar	Pentecoste	-3.7363	-38.9566	depósito
areia	ar	Pentecoste	-3.8758	-38.9847	depósito
areia vermelha	av	Pentecoste	-3.8013	-39.4280	depósito
calcário	ca	Pentecoste	-3.8150	-39.4217	jazida
calcário	ca	Pentecoste	-3.8500	-39.4000	depósito
calcário	ca	Piquet Carneiro	-5.7689	-39.5167	jazida
grafita	gf	Piquet Carneiro	-5.9233	-39.3667	depósito
grafita	gf	Piquet Carneiro	-5.9583	-39.3667	depósito
grafita	gf	Piquet Carneiro	-5.9650	-39.4117	depósito
gipsita	gp	Porteiras	-7.5661	-39.1500	depósito
gipsita	gp	Porteiras	-7.4972	-39.1000	jazida
berilo	gp	Potiretama	-5.7833	-38.1417	depósito
berilo	gp	Potiretama	-5.7500	-38.1183	jazida

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
calcário	ca	Quiterianópolis	-5.7589	-40.5719	depósito
calcário	ca	Quiterianópolis	-5.7969	-40.5967	depósito
calcário	ca	Quiterianópolis	-5.9008	-40.7361	jazida
calcário	ca	Quiterianópolis	-5.9322	-40.7317	depósito
argila	ag	Quixadá	-4.8038	-38.8811	depósito
argila	ag	Quixadá	-4.8280	-38.9758	depósito
calcário	ca	Quixadá	-5.1533	-38.9333	depósito
talco	tl	Quixadá	-4.8133	-38.9300	jazida
talco	tl	Quixadá	-4.8133	-38.9183	jazida
argila	ag	Quixelô	-6.2611	-39.2125	depósito
berilo	gp	Quixeramobim	-5.4400	-39.0817	jazida
calcário	ca	Quixeramobim	-5.1600	-39.2717	jazida
calcário	ca	Quixeramobim	-5.1917	-39.2717	depósito
calcário	ca	Quixeramobim	-5.3411	-39.5617	depósito
calcário	ca	Quixeramobim	-5.0283	-39.2222	depósito
lítio	gp	Quixeramobim	-5.4500	-39.1350	jazida
turmalina	gp	Quixeramobim	-5.4717	-39.1250	jazida
turmalina	gp	Quixeramobim	-5.4383	-39.1233	jazida
turmalina	gp	Quixeramobim	-5.4200	-39.0733	jazida
turmalina	gp	Quixeramobim	-5.4533	-39.0750	jazida
calcário	ca	Quixeré	-4.9917	-37.8133	depósito
calcário	ca	Quixeré	-5.0367	-37.9183	jazida
calcário	ca	Quixeré	-5.0583	-37.7250	jazida
calcário	ca	Quixeré	-5.0367	-37.7347	jazida
calcário	ca	Redenção	-4.3083	-38.8133	jazida
calcário	ca	Redenção	-4.2767	-38.7550	jazida
calcário	ca	Redenção	-4.2750	-38.7333	jazida
calcário	ca	Redenção	-4.2917	-38.7200	jazida
talco	tl	Redenção	-4.3133	-38.8067	depósito
argila	ag	Russas	619500E	9450000N	depósito
argila	ag	Russas	615200E	9447600N	depósito
argila	ag	Russas	618400E	9460500N	depósito
argila	ag	Russas	620700E	9460500N	depósito
argila	ag	Russas	616000E	9457000N	depósito
argila	ag	Russas	622000E	9463500N	mina
argila	ag	Russas	619000E	9459400N	depósito
argila	ag	Russas	616500E	9455600N	depósito
argila	ag	Russas	613200E	9450300N	depósito
argila	ag	Russas	617400E	9450300N	depósito
argila	ag	Russas	615700E	9442000N	depósito
argila	ag	Russas	604500E	9440000N	depósito
argila	ag	Russas	608500E	9446700N	depósito
berilo	gp	Russas	-4.9650	-38.0900	jazida
berilo	gp	Russas	-4.8917	-38.0200	jazida
berilo	gp	Russas	-4.8933	-38.0400	jazida
berilo	gp	Russas	-4.8867	-38.0367	jazida
berilo	gp	Russas	-4.9333	-38.0567	jazida
berilo	gp	Russas	-4.8833	-38.0533	jazida
berilo	gp	Russas	-4.7500	-38.2317	jazida
berilo	gp	Russas	-4.7150	-38.2333	jazida
lítio	gp	Russas	-4.7583	-38.2083	jazida
muscovita	mu	Russas	-4.8133	-38.2800	jazida
muscovita	mu	Russas	-4.7983	-38.2883	jazida
muscovita	mu	Russas	-4.7783	-38.2967	jazida
muscovita	mu	Russas	-4.7667	-38.2867	jazida
muscovita	mu	Russas	-4.7833	-38.2483	jazida
muscovita	mu	Russas	-4.7433	-38.1183	jazida
muscovita	mu	Russas	-4.7333	-38.2250	jazida
muscovita	mu	Russas	-4.7283	-38.2417	jazida
muscovita	mu	Russas	-4.7433	-38.2483	jazida
muscovita	mu	Russas	-4.7850	-38.2850	depósito
muscovita	mu	Russas	-4.7500	-38.2000	jazida
calcário	ca	Saboeiro	-6.2933	-39.7500	jazida
calcário	ca	Saboeiro	-6.2550	-39.7633	depósito
calcário	ca	Saboeiro	-6.4650	-40.0100	depósito

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
calcário	ca	Saboeiro	-6.5783	-39.8383	depósito
calcário	ca	Saboeiro	-6.2550	-40.0333	depósito
caulim	cal	Saboeiro	-6.2222	-39.7716	depósito
magnesita	Mg	Saboeiro	-6.3322	-39.7230	jazida
talco	tl	Saboeiro	-6.5950	-39.7983	depósito
vermiculita	vm	Saboeiro	-6.3800	-39.8844	depósito
caulim	cal	Salitre	-7.1200	-40.4900	depósito
calcário	ca	Santa Quitéria	-4.4483	-39.8800	depósito
calcário	ca	Santa Quitéria	-4.5689	-39.8592	jazida
calcário	ca	Santa Quitéria	-4.5258	-39.8300	depósito
calcário	ca	Santa Quitéria	-4.5550	-39.7600	jazida
calcário	ca	Santa Quitéria	-4.4356	-39.8083	depósito
fosfato	fo	Santa Quitéria	-4.5611	-39.7722	depósito
fosfato	fo	Santa Quitéria	-4.5619	-39.7788	depósito
fosfato	fo	Santa Quitéria	-4.5572	-39.7791	depósito
granito	gr	Santa Quitéria	-4.1927	-40.2186	jazida
granito	gr	Santa Quitéria	-4.1933	-40.2122	jazida
granito	gr	Santa Quitéria	-4.3886	-40.0436	jazida
granito	gr	Santa Quitéria	-4.1372	-40.2508	jazida
granito	gr	Santa Quitéria	-4.1833	-40.1416	jazida
granito	gr	Santa Quitéria	-4.1258	-40.2491	jazida
granito	gr	Santana do Acaraú	-3.3508	-40.1502	jazida
calcário	ca	Santana do Cariri	-7.1842	-39.7481	depósito
calcário	ca	Santana do Cariri	-7.1667	-39.7219	depósito
caulim	cal	Santana do Cariri	-7.0961	-39.7994	depósito
gipsita	gp	Santana do Cariri	-7.1350	-39.7197	jazida
gipsita	gp	Santana do Cariri	-7.1644	-39.7380	jazida
gipsita	gp	Santana do Cariri	-7.1869	-39.7302	jazida
gipsita	gp	Santana do Cariri	-7.1967	-39.7175	jazida
gipsita	gp	Santana do Cariri	-7.1306	-39.7717	jazida
gipsita	gp	Santana do Cariri	-7.1656	-39.7661	jazida
gipsita	gp	Santana do Cariri	-7.2083	-39.7742	jazida
granito	gr	Santana do Cariri	-7.1208	-39.8247	jazida
talco	tl	Santana do Cariri	-7.0741	-39.7480	depósito
areia	ar	São Gonçalo do Amarante	-3.6683	-39.1555	depósito
caulim	gp	São Gonçalo do Amarante	-7.1122	-40.5066	depósito
areia	ar	São Luis do Curu	-3.6502	-39.2452	depósito
areia	ar	São Luis do Curu	-3.6330	-39.2350	depósito
calcário	ca	Senador Pompeu	-5.5367	-39.5033	depósito
calcário	ca	Senador Pompeu	-5.6333	-39.3617	depósito
areia	ar	Sobral	-3.7258	-40.5577	depósito
calcário	ca	Sobral	-3.7203	-40.6100	jazida
calcário	ca	Sobral	-3.9500	-40.1667	jazida
granito	gr	Sobral	-3.7330	-40.1405	jazida
granito	gr	Sobral	-3.7175	-40.4947	jazida
granito	gr	Sobral	-3.8561	-40.0319	jazida
granito	gr	Sobral	-3.7225	-40.4602	jazida
grafita	gf	Solonópole	-5.8750	-38.9350	depósito
grafita	gf	Solonópole	-5.8250	-38.9367	depósito
grafita	gf	Solonópole	-5.7300	-39.0867	depósito
grafita	gf	Solonópole	-5.8500	-39.1444	depósito
lítio	gp	Solonópole	-5.7633	-39.0400	depósito
lítio	gp	Solonópole	-5.7433	-39.0500	jazida
lítio	gp	Solonópole	-5.7100	-39.0700	jazida
lítio	gp	Solonópole	-5.6783	-39.0683	jazida
lítio	gp	Solonópole	-5.6833	-39.0411	jazida
lítio	gp	Solonópole	-5.6433	-39.0067	jazida
lítio	gp	Solonópole	-5.6500	-39.0317	jazida
lítio	gp	Solonópole	-5.6283	-39.0183	jazida
muscovita	mu	Solonópole	-5.5683	-39.0369	jazida
niobio	gp	Solonópole	-5.7633	-39.0583	jazida
turmalina	gp	Solonópole	-5.6183	-39.0550	jazida
turmalina	gp	Solonópole	-5.6083	-39.0233	jazida
berilo	gp	Solonópole	-5.5567	-38.9950	jazida
berilo	gp	Solonópole	-5.7283	-39.0533	jazida

SUBSTÂNCIA	SÍMBOLO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	STATUS
berilo	gp	Solonópole	-5.6983	-39.0233	depósito
diatomito	dt	São Gonçalo do Amarante	-3.6000	-38.8606	depósito
diatomito	dt	São Gonçalo do Amarante	-3.5650	-38.8733	depósito
diatomito	dt	São Gonçalo do Amarante	-3.5900	-38.9083	depósito
calcário	ca	Tamboril	-5.2300	-40.3444	depósito
vermiculita	vm	Tamboril	-4.9636	-40.2322	jazida
berilo	gp	Tauá	-5.6933	-40.1083	jazida
calcário	ca	Tauá	-5.7350	-40.1700	depósito
calcário	ca	Tauá	-5.8233	-40.1000	jazida
calcário	ca	Tauá	-6.1067	-40.2750	depósito
vermiculita	vm	Tauá	-6.0633	-40.3750	depósito
vermiculita	vm	Tauá	-6.0341	-39.9600	depósito
calcário	ca	Tejuçuoca	-3.8467	-39.6833	depósito
calcário	ca	Tejuçuoca	-3.8500	-39.5583	depósito
calcário	ca	Tejuçuoca	-3.9417	-39.6933	depósito
granito	gr	Tejuçuoca	-3.8836	-39.6072	jazida
diatomito	dt	Trairi	-3.2833	-39.4583	depósito
diatomito	dt	Trairi	-3.3250	-39.4783	depósito
diatomito	dt	Trairi	-3.3167	-39.3933	depósito
diatomito	dt	Trairi	-3.3200	-39.3667	depósito
diatomito	dt	Trairi	-3.3417	-39.4067	depósito
diatomito	dt	Trairi	-3.3483	-39.3867	depósito
diatomito	dt	Trairi	-3.3767	-39.2967	jazida
diatomito	dt	Trairi	-3.3617	-39.2583	depósito
diatomito	dt	Tururu	-3.4333	-39.4300	depósito
asbesto	as	Umari	-6.6458	-38.7875	depósito
asbesto	as	Umari	-6.6500	-38.8000	depósito
asbesto	as	Umari	-6.6500	-38.7833	depósito
calcário	ca	Umari	-6.6000	-38.7500	depósito
calcário	ca	Umari	-6.6000	-38.8167	depósito
calcário	ca	Umari	-6.6167	-38.7333	depósito
calcário	ca	Umari	-6.6167	-38.7000	jazida
granito	gr	Umari	-6.6008	-38.8369	jazida
calcário	ca	Umirim	-3.6650	-39.3150	depósito
calcário	ca	Umirim	-3.7083	-39.3367	jazida
calcário	ca	Umirim	-3.7367	-39.3550	depósito
calcário	ca	Umirim	-3.7167	-39.3033	jazida
calcário	ca	Uruoca	-3.3194	-40.7581	depósito
ametista	at	Várzea Alegre	-6.7583	-39.2016	depósito
vermiculita	vm	Várzea Alegre	-6.8800	-39.2316	depósito
calcário	ca	Viçosa do Ceará	-3.4067	-41.2028	jazida
talco	tl	Várzea Alegre	-6.6233	-39.2767	depósito
talco	tl	Várzea Alegre	-6.8800	-39.2383	depósito
talco	tl	Várzea Alegre	-6.8566	-39.2183	depósito
talco	tl	Várzea Alegre	-6.8733	-39.2250	depósito
talco	tl	Várzea Alegre	-6.8666	-39.2083	depósito
talco	tl	Várzea Alegre	-6.8216	-39.1800	depósito