CPRM
BIBLIOTECA
pel
2518

MINERAIS E ROCHAS INDUSTRIAIS DA REGIÃO DO SERIDÓ - PB/RN

MARCELO SOARES BEZERRA
VALDECÍLIO G. D. DE CARVALHO

PH 012102

Recife
1997

Editoração Eletrônica
SUREG-RE / GERIDE:
Claudio Scheid
Flávio Renato A. de A. Escorel

Bezerra, Marcelo Soares
Minerais e rochas industriais da região do Seridó - PB/RN / Marcelo Soares Bezerra e Valdecílio G. D. de Carvalho. Recife: CPRM, 1997.
31 p. il. 3 map.

1. Minerais Industriais. 2. Rochas Industriais. 3. Brasil. 4. Paraíba. 5. Rio Grande do Norte. I. Carvalho, Valdecílio G. D. de. II. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. III. Título.

APRESENTAÇÃO

Minerais industriais são, predominantemente, as rochas ou os minerais não metálicos utilizados por um extenso universo de setores industriais, ressaltando daí a sua importância para o desenvolvimento econômico e social.

O Brasil detém um potencial enorme de depósitos desta classe de minerias. Verifica-se, porém, que os parcos conhecimentos acerca de suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas constituem obstáculos ao melhor aproveitamento deste patrimônio. No mundo moderno, os mineradores estão sendo acionados para aprofundar cada vez mais o conhecimento dos seus produtos, de modo a enfrentar as exigências do mercado consumidor.

O presente trabalho faz uma abordagem preliminar sobre as características tecnológicas dos minerais industriais da ***região do Seridó - PB/RN****, de longa tradição mineira, divulgando informações que possam atrair o interesse de potenciais investidores.*

SUMÁRIO

1 - CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

2 - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

2.1 - Base Geológica e Seleção dos Depósitos
2.2 - Amostragem e Atividades Minerárias
2.3 - Análises e Ensaios
2.4 - Apresentação dos Resultados

3 - MINERAIS INDUSTRIAIS DE PEGMATITO

3.1 - Aspectos Geológicos e Distribuição dos Depósitos
3.2 - Caracterização Mineralógica e Tecnológica
3.3 - Atividades Minerárias
3.4 - Usos Industriais

4 - ROCHAS CALCÁRIAS

4.1 - Classificação, Geologia e Distribuição dos Depósitos
4.2 - Caracterização Mineralógica e Tecnológica
4.3 - Atividades Minerárias
4.4 - Usos Industriais

5 - ARGILAS VERMELHAS E AGREGADOS

5.1 - Definição e Classificação
5.2 - Geologia e Distribuição dos Depósitos
5.3 - Caracterização Mineralógica e Tecnológica
5.4 - Lavra, Beneficiamento e Transformação Industrial

6 - ROCHAS ORNAMENTAIS E PEDRAS DE TALHE

6.1 - Definição e Classificação
6.2 - Geologia e Distribuição dos Depósitos
6.3 - Características Petrográficas e Tecnológicas
6.4 - Extração, Beneficiamento e Usos Industriais

7 - BIBLIOGRAFIA

M A P A S

1 - CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

Os minerais e as rochas industriais constituem importantes fontes de matérias-primas para o desenvolvimento econômico e social das regiões onde os mesmos são encontrados.

Os programas de cartografia geológica básica executados por órgãos governamentais subsidiam a exploração dos recursos minerais pelas empresas privadas, a gestão territorial, o aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneos e as medidas de preservação ambiental.

Em regiões de menor grau de desenvolvimento, de potencial mineral reconhecido e onde pontifica a atuação de empresas de pequeno porte, se justifica uma maior intensidade dos investimentos governamentais no fomento à atividade mineradora.

Este trabalho objetiva aprofundar o conhecimento dos recursos classificados como minerais e rochas industriais, propiciando uma maior interação do setor mineral com a indústria de transformação e da construção civil, em área de estudo localizada na Região do Seridó que engloba parte do semi-árido dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, compreendida entre as coordenadas geográficas 740.000/810.000 UTM (E) e 9215000/9.335.000 UTM (N), conforme mostra a Figura 1.

Nas atividades minerais desta região predomina uma estrutura organizacional de garimpos, micro e pequenas empresas de grande rotatividade operacional determinada por diversos fatores conjunturais como sazonalidade, fretes, alteração de mercado. Estas características dificultam estabelecer o *status* destes jazimentos nas classificações usuais de ocorrência, jazida, mina ou garimpo e podem repentinamente alterar uma classificação que se faça em determinado momento.

Deste modo, será utilizado o termo depósito para designar genericamente o jazimento que esteja em lavra ou tenha potencial de reserva para ser operado a curto prazo.

MINERAIS E ROCHAS INDUSTRIAIS DA REGIÃO DO SERIDÓ - RN/PB

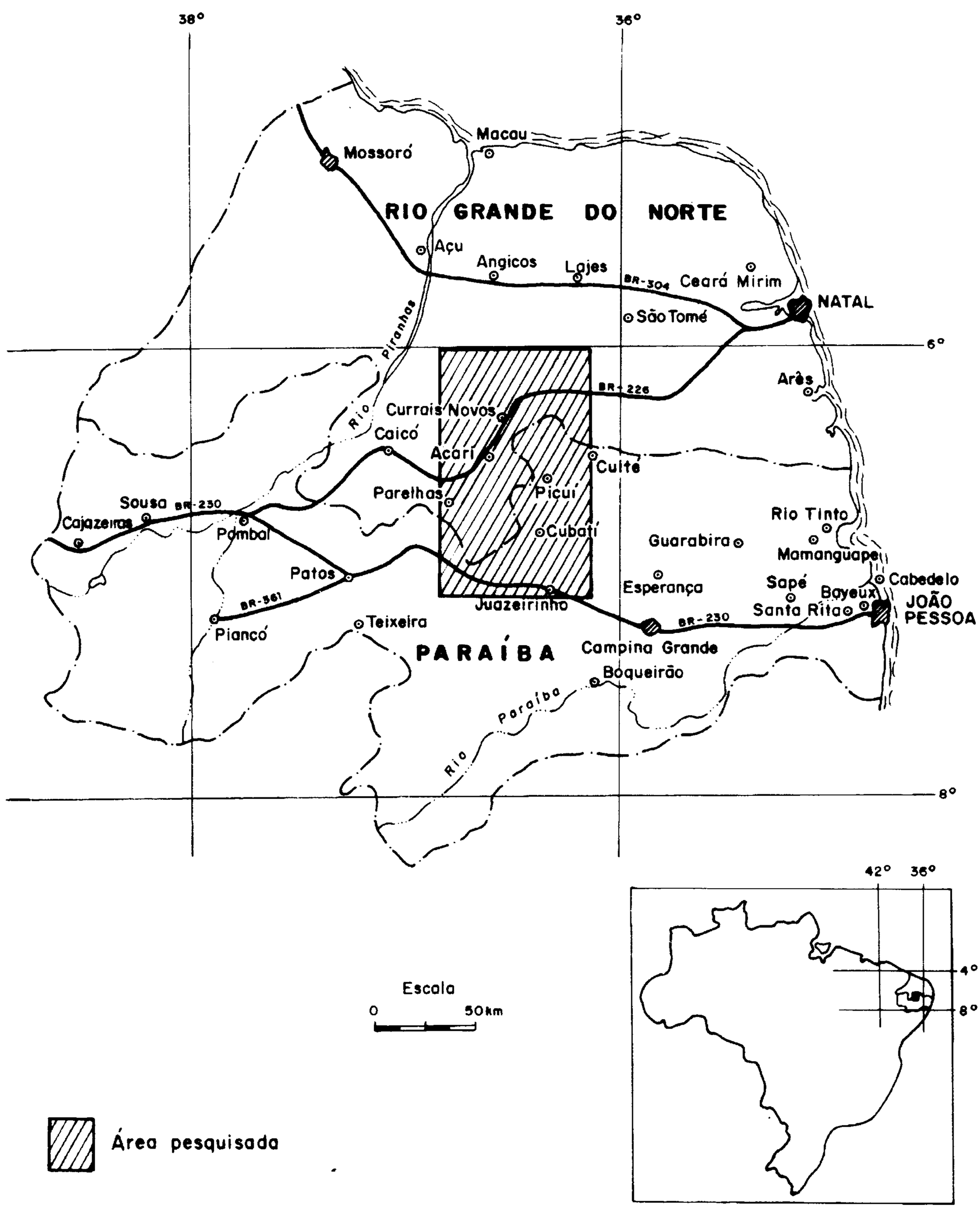


Figura 1 - Mapa de localização da área

2 - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

2.1 - Base Geológica e Seleção dos Depósitos

Para consecução dos objetivos propostos foi inicialmente levantado o conhecimento geológico da área para identificar os ambientes propícios a conter concentrações de minerais e rochas industriais.

Com base nos dados do Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais - Folhas Caicó e Patos, escala 1:250.000, executado pela **Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM)**, foram observadas possibilidades para os seguintes depósitos:

- Minerais industriais de pegmatitos (feldspato, quartzo, mica e caulim) associados a xistos e gnaisses da Formação Seridó e a quartzitos da Formação Equador;

- Argilas vermelhas de coberturas alúvio e coluviais assentadas sobre terrenos de embasamento granítico-gnáissico;
- Rochas calcárias relacionadas aos xistos, gnaisses e calcissilicáticas da Formação Seridó e Complexo Serra dos Quintos;

- Rochas Ornamentais e Pedras de Talhe associadas às intrusões graníticas e à Formação Equador;

- Agregados para construção associados às intrusões graníticas (brita) e às coberturas aluviais do embasamento e da Formação Serra dos Martins (areia).

Estas observações complementadas com informações colhidas em outras instituições públicas, em empresas privadas e verificações de campo, conduziram à seleção de 76 depósitos para estudo.

2.2 - Amostragem e Atividades Minerárias

Os corpos selecionados foram levantados com realização de croquís geológico e coleta de amostra tipo fragmentos cuidando-se para obter a melhor representatividade dos depósitos.

Foram observados também os métodos de lavra, os fluxogramas de beneficiamento e as instalações industriais. Os dados relativos a volume de produção, insumos consumidos e usos industriais da matéria-prima mineral foram obtidos junto às organizações contactadas.

2.3 - Análises e Ensaios

Um conjunto de ensaios específicos para cada substância mineral foi estabelecido de modo a permitir um prognóstico preliminar sobre as propriedades físicas e químicas de interesse para uso industrial. A definição destes ensaios considerou informações bibliográficas e especificações de empresas consumidoras dos minerais.

As análises químicas e petrográficas foram realizadas em laboratórios da CPRM (LAMIN e SECLAB-RE), sendo complementados os ensaios tecnológicos em laboratórios especializados do ITEP - Fundação Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco e da UFPE - Departamento de Engenharia de Minas.

Resultados analíticos coletados na bibliografia de outros projetos da CPRM e de outras entidades foram recuperados e usados para subsidiar os estudos, sendo citadas como principais fontes a Escola Politécnica da USP e a Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Rio Grande do Norte - CDM/RN.

2.4 - Apresentação dos Resultados

A descrição e interpretação integrada dos dados levantados resultaram na elaboração de um texto sucinto para cada grupo de minerais industriais selecionados, que constitui os capítulos subsequentes deste relatório.

São apresentados três mapas temáticos na escala 1:250.000 envolvendo um fundo contendo elementos cartográficos e uma base geológica simplificada. Sobre este fundo são lançados os depósitos estudados e o prognóstico dos usos industriais para os minerais amostrados, com base nos ensaios efetuados e no destino efetivo da produção, além das plantas de beneficiamento e de transformação industrial que aproveitam estes insumos.

Os temas estão assim agrupados:

I) Mapa dos Minerais Industriais de Pegmatito na região do Seridó - PB/RN
II) Mapa das Rochas Ornamentais e Pedras de Talhe
III) Mapa de Rochas Calcárias, Argilas e Agregados

Os ensaios realizados com as amostras de cada depósito estão disponíveis em boletins na Biblioteca da CPRM - Superintendência Regional de Recife, e podem ser acessados pelo mapa, pelo número do depósito e pela toponímia.

3 - MINERAIS INDUSTRIAIS DE PEGMATITOS

3.1 - Aspectos Geológicos e Distribuição dos Depósitos

Os pegmatitos constituem depósitos de diversas substâncias utilizadas na produção de metais e ligas, de gemas variadas e dos minerais industriais como o caulim, o feldspato, a mica moscovita e o quartzo, que serão abordados neste capítulo.

Eles se apresentam como corpos aflorantes de formas lenticulares, discoides ou subarredondadas, com dimensões da ordem de dezenas de metros de espessura e até centenas de metros de extensão, concordantes e discordantes com a foliação regional.

Quanto à estrutura interna os pegmatitos são classificados como heterogêneos (contendo quatro zonas concêntricas bem caracterizadas), homogêneos (zonas indefinidas) e mistos. Os depósitos mais importantes são os do tipo heterogêneo, onde estão individualizadas as zonas mais volumosas de minerais industriais; o quartzo na porção central, o feldspato nas partes intermediárias e a mica nas bordas. O caulim ocorre na zona de feldspato como produto da alteração deste mineral.

No Banco de Ocorrências Minerais da CPRM (Base META), estão cadastrados 311 pegmatitos na Região do Seridó em sua grande maioria encaixados nas Formações Seridó e Equador. No Mapa I, estão representadas estas formações e estão plotados os 65 depósitos estudados neste trabalho, nos quais são identificadas potencialidades para feldspato em 43 depósitos, para caulim em 12 depósitos, para quartzo em 16 depósitos e para mica em 10 depósitos (Boletim 1 a 65).

A visualização do mapa permite identificar uma distribuição de pegmatitos com caulim no canto sudoeste da área, relacionada com os quartzitos da Formação Equador; de pegmatitos produtores de mica no canto nordeste e dos portadores de feldspato e quartzo na parte central da área.

3.2 - Caracterização Mineralógica e Tecnológica

Os estudos de laboratório foram dirigidos inicialmente para uma caracterização mineralógica e química dos minerais industriais de pegmatitos, sequenciada por ensaios tecnológicos que indicassem a possibilidade de sua utilização pelos principais setores consumidores. Assim, para o caulim foram realizados testes preliminares para uso na cerâmica e testes de microgranulometria, alvura e pH importantes para aplicação nas indústrias de papel, borracha e tinta. Para o feldspato foram efetuados ensaios de cone e fusibilidade, interessantes para as indústrias de cerâmica e vidro. Estes resultados estão compilados nos boletins 1 a 65 e são comentados a seguir.

a) **CAULIM** (Boletins 1 a 8, 11, 12, 15, 28)

Identificação Mineralógica

A caracterização mineralógica do caulim é feita por diversos métodos, que se complementam para identificar os argilo-minerais presentes nas amostras e para conhecer a sua estrutura cristalina que podem condicionar o seu uso industrial.

As observações visuais indicam amostras brutas contendo caulim, mica e quartzo.Os registros bibliográficos referentes a 16 ensaios realizados em amostras de diversos pegmatitos, pelos métodos de Análise Térmica Diferencial, Difração de Raios X e Microscopia Eletrônica apontam para a predominância de caulinita constituindo empilhamentos de partículas lamelares hexagonais de difícil desagregação e ausência ou pequena participação da haloisita.

Análise Química

As análises efetuadas pela CPRM e os dados analíticos coletados na bibliografia revelam teores de sílica e alumina próximos dos valores da caulinita, com teores de óxido de ferro, alcalinos e alcalino-terrosos quase sempre inferiores a 1%, demonstrando que, em regra geral, o processo de alteração da rocha mãe não provocou impurificação da matéria-prima.

Análise Granulométrica

O ensaio de peneiramento via úmida, indica a facilidade de desagregação do caulim bruto e o percentual da fração argilosa possível de ser recuperada na planta de beneficiamento.

Os rendimentos na peneira de malha 325 mostram uma variação entre 28 e 99%, podendo haver grande variação entre amostras de um mesmo depósito, coletadas em zonas distintas. Estes resultados confirmam os tipos de caulim lavrados na região e comercializados com denominações vulgares de "sal" (mistura granular de caulim, quartzo e mica com alta porcentagem de material mais grosseiro) e "gordo" (massa pastosa e macia com predominância do material fino).

Análise Microgranulométrica

Esta análise realizada pelo método da Pipeta de Andreasen, fornece o percentual de partículas com diâmetro inferior a 2 microns na fração argilosa e os caulins de melhor finura devem apresentar uma percentagem maior que 80%. As análises indicam partículas micrométricas numa faixa mais grosseira típica de caulins primários.

Alvura

A alvura determinada em fotômetro por comparação com o padrão óxido de magnésio, indica que grande parcela dos caulins analisados apresentam valores acima de 80%, refletindo a ausência de contaminantes indesejáveis, já detectada pela análise química.

pH

Os ensaios realizados atestam que todas as amostras estão enquadradas na faixa de pH entre 4,5 a 7,0, desejável para trabalhar nas polpas de fabricação de papel e tinta.

Ensaios Cerâmicos Preliminares

O objetivo dos ensaios é verificar o uso provável do caulim em um dos três principais grupos da cerâmica vermelha, branca e refratária. A classificação é baseada na cor de queima dos corpos de prova por comparação com os padrões de cores Munsell e nas características cerâmicas (retração linear, tensão de ruptura à flexão, absorção de água, porosidade aparente e densidade aparente) após secagem a 110°C e queima a 950°C, 1250°C e 1450°C. Pelos ensaios realizados, todas as amostras de caulim responderam satisfatoriamente às especificações preliminares para uso da cerâmica branca.

Os ensaios de refratariedade pelo método do cone pirométrico equivalente, referidos em trabalhos anteriores com amostras de diversos depósitos da região, indicam refratariedade entre C.O. 33 e C.O. 35 que é a faixa normal dos caulins puros como os encontrados na maioria destes depósitos.

b) **FELDSPATO** (Boletins 9,10, 14, 16 a 23, 25, 26, 28 a 33, 35 a 37, 39, 40, 42 a 45, 47 a 60, 65)

Identificação Mineralógica

O exame mesoscópico permite distinguir entre os grupos do feldspato potássico (microclina ou ortoclásio) e do feldspato calcosódico (plagioclásio). A análise microscópica em lâmina delgada é suficiente para identificar qual o mineral pertencente a um destes grupos que compõe a amostra.

As análises petrográficas realizadas demonstram a predominância dos termos potássicos e da variedade pertita que corresponde ao intercrescimento do feldspato potássico em proporção de 65 a 90% com o plagioclásio em proporção inversa de 35 a 10%.

Análise Química

Os resultados analíticos confirmam a forte presença dos tipos de feldspato potássico e uma composição química bastante regular na maioria dos pegmatitos amostrados. Não se verifica uma distribuição preferencial dos teores de sódio ou potássio no que se refere à posição geográfica ou ao posicionamento estrutural do pegmatito.

A amostragem realizada na mesma zona de um pegmatito em frentes de lavra distintas revelam pequena variação na composição química dos feldspatos. Em alguns pegmatitos ocorrem os tipos de feldspato potássico e sódico, em zonas distintas.

A maioria dos feldspatos analisados indica que os teores dos seus constituintes mais importantes sob o ponto de vista tecnológico, como alumina (Al_2O_3), álcalis ($Na_2O + K_2O$), ferro (Fe_2O_3) e titânio (TiO_2), se enquadram nos limites exigidos pela indústria de vidro e de cerâmica.

Ensaios de Cone e Fusibilidade

Neste ensaio indicativo do uso do feldspato para massa e esmalte cerâmicos, é observado o comportamento das amostras após queima à temperatura de 1.240ºC. Os aspectos mais notáveis são as cores branca ou clara, a alta fusibilidade, o brilho, a ausência de bolhas e a extensão do escorrimento da massa fundida.

A grande maioria dos corpos amostrados encontra aplicação na massa cerâmica e boa parte pode ser usada na fabricação de esmaltes e vidrados.

c) **MICA** (Boletins 34, 36, 52, 56, 60 a 65)

Identificação Mineralógica

As amostras coletadas são todas identificadas como da variedade moscovita, em livros com lâminas de boas dimensões.

Análise Química

Os resultados indicam que as micas apresentam composição química aproximada da ideal para a maioria dos elementos analisados, com exceção apenas para o ferro cujos teores estão nas faixas de 1 a 3 % de Fe_2O_3, acima dos valores teóricos, fato comum na composição das moscovitas.

d) **QUARTZO** (Boletins 13, 18, 19, 22, 24, 27, 33, 34,37, 38, 41,44, 48, 53, 56, 65)

Identificação Mineralógica

O quartzo se apresenta geralmente com aspecto leitoso, contendo, por vezes, manchas de tonalidade rósea ou pequenos cristais com uma leve transparência.

Análise Química

Os resultados de 17 determinações analíticas apontam para teores de sílica (SiO_2) acima de 98,1% com uma média de 99,2%.

Os elementos como o ferro e o titânio, indesejáveis em algumas aplicações industriais, em regra geral, mostram teores abaixo de 0,1%.

3.3 - Atividades Minerárias

Lavra

Os melhores resultados econômicos na lavra de pegmatitos são obtidos à medida em que se consegue efetuar o aproveitamento integral dos minerais desmontados. Na Região do Seridó, as operações são conduzidas para produção de um ou dois minerais industriais e em alguns depósitos se obtém ainda como co-produtos minerais metálicos ou gemas.

Os depósitos são lavrados por métodos manuais ou semi-mecanizados, a céu aberto, ocorrendo situações em que a forma do corpo obriga também à realização de trabalhos subterrâneos. Nas explotações racionais se usa dividir o corpo mineral em níveis horizontais de 6 a 10 metros que são atacados como unidades de lavra, abrindo-se os acessos transversais pela encaixante e avançando com o desmonte em bancadas ao longo da zona mineralizada.

As operações são típicas de microempresas com escalas de produção variando de centenas a 5 mil toneladas anuais de minério. Os minerais industriais são lavrados preferencialmente nas zonas dos pegmatitos onde os mesmos se concentram de forma quase pura permitindo que uma parte da produção seja transportada em bruto para transformação industrial em outras regiões do país, restando outra parcela a ser beneficiada na própria região. Exceção é feita apenas para a produção de caulim que é praticamente destinada ao beneficiamento nas proximidades das minas.

Beneficiamento

a) **CAULIM**

Conforme indicam as análises mineralógicas e granulométricas, o caulim bruto minerado nos pegmatitos é constituído por uma mistura granular de caulim, quartzo e mica em proporção variada, exigindo que se faça um beneficiamento prévio à sua utilização industrial.

Pelas características do minério o processo de beneficiamento deve prever operações de desagregação das partículas em meio aquoso, separação dos cristais lamelares da mica por peneiramento, classificação granulométrica para separação do quartzo contido na fração mais fina, seguido de espessamento, filtragem e secagem da polpa de caulim na faixa de 200 mesh. Através de centrifugação é possível se obter produtos na faixa abaixo de 325 mesh.

Testes de alvejamento com sulfato de sódio em escala de bancada realizados com caulins da região demonstram ser possível elevar em até 7 pontos percentuais os resultados de alvura cujos parâmetros estejam aquém das especificações. Caulins que não atendam às especificações em termos de microgranulometria, podem ser submetidos a processos de delaminação para produzir partículas com distribuição granulométrica satisfatória.

A alta percentagem de material grosseiro rejeitado no beneficiamento aconselha, por economia no transporte, que estas operações sejam realizadas na própria região onde atuam 10 plantas rudimentares conhecidas como decantadores, de capacidade instalada entre 600 a 2.400 t/ano que oferecem um produto classificado na malha 100 e 200 mesh. Ao lado destas operam duas plantas de capacidade até 12.000 t/ano com tecnologia mais sofisticada, gerando produtos de granulometria mais fina, estando todas indicadas no Mapa I.

b) **FELDSPATO**

O beneficiamento do feldspato se restringe a operação de moagem, classificação e separação magnética estando em operação três plantas com capacidade nominal de até 36.000 t/ano, que preparam produtos sob as formas de granulado (30 mesh) e pó (200 mesh) para as indústrias de vidro e cerâmicas instaladas em todo o país.

c) **MICA**

A mica bruta é submetida a um beneficiamento manual que consiste nas operações de Desplacamento (abertura e desfolhamento dos "livros" de mica, com separação do desperdício para peneiramento), Passamento (corte com faca e formação de placas em dimensões padronizadas) e Qualificação (classificação comercial segundo critérios

de cor, limpidez e regularidade). O objetivo do beneficiamento é a eliminação dos defeitos estruturais e das inclusões indesejáveis bem como a obtenção de lâminas com a maior área possível, para se conseguir um maior valor comercial. Na região do Seridó estão operando organizações dedicadas a esta atividade, que destinam a produção para transformação em indústria localizada no Ceará. O desperdício da mica gerado nestas operações é comercializado para a moagem em outras regiões.

d) **QUARTZO**

O beneficiamento do quartzo se restringe também a operações de moagem para obtenção de um pó cerâmico. As plantas que moem o feldspato atendem a este produto quando solicitadas pela indústria regional. Uma pequena planta oferta um produto granulado na faixa de 10 a 30 mesh que é submetido também à separação magnética para eliminar impurezas ocasionadas pelo desgaste das peças na moagem. Este produto é destinado à aplicação como revestimento na construção civil.

3.4 - Usos Industriais

a) **CAULIM**

O caulim é incorporado a numerosos produtos industriais aos quais confere propriedades de resistência térmica e mecânica, durabilidade, rigidez dimensional, etc.

As principais utilizações do caulim ocorrem nas indústrias de papel, cerâmica, borracha, plásticos e tintas. Secundariamente é utilizado em medicamentos, cimentos, catalisadores, fertilizantes, couro, inseticidas, cosméticos, detergentes, sabões e lápis. As suas propriedades mais importantes são a composição mineralógica e química, a granulometria, a alvura, a inércia química e a viscosidade. O estudo de algumas destas propriedades foi relatado em item anterior e a utilização do caulim é condicionada por parâmetros específicos para cada setor consumidor.

A partir da comparação dos resultados dos ensaios realizados com as especificações levantadas e relacionadas no Quadro I, conjugada ao uso efetivo que vem sendo dado ao produto no mercado, é apresentado no Mapa I o prognóstico dos usos industriais dos caulins estudados em cada depósito.

Quadro I - ESPECIFICAÇÕES DE CAULINS PARA OS PRINCIPAIS USOS INDUSTRIAIS

Uso Industrial	Propriedades	
Cerâmica Branca	Composição mineralógica	Caulinita/haloisita
	Composição química	Baixo teor de Fe e Ti
	Granulometria	Abaixo de 200 mesh
	Cor de queima	Branca ou cores claras
	Tensão de ruptura à flexão	110°C > 2 (Kgf/cm^2)
		950°C > 15 (Kgf/cm^2)
		1250°C > 80 (Kgf/cm^2)
		1450°C > 120 (Kgf/cm^2)
	Absorção de água (%)	950°C < 26%
		1250°C < 16%
		1450°C < 6%
Papel (carga)	Composição mineralógica	Caulinita/haloisita
	Microgranulometria	30% < 2 micra
	Alvura	79 a 83%
	pH	4,5 a 7,0
Papel (cobertura)	Composição mineralógica	Caulinita/haloisita
	Microgranulometria	30% < 2 micra
	Alvura	> 83%
	Viscosidade	50 a 150 cp
Borracha/Plástico	Composição mineralógica	Caulinita
	Microgranulometria	80 < 2 micra
	Alvura	> 83%
Tinta	Composição química	Ferro ausente; sais solúveis < 2%
	Absorção de óleo	34 + 2%
	Alvura	> 75%

b) **FELDSPATO**

As maiores aplicações do feldspato ocorrem na indústria de vidro, com a função de aumentar a estabilidade química e inibir a desvitrificação e na cerâmica, onde é incorporado como componente das massas para conformação das peças e na esmalta-

ção de superfícies vítreas. Outras aplicações de menor importância se verificam na fabricação de tintas, abrasivos e borrachas.

As características principais são encontradas na composição mineralógica e química, no aspecto superficial após queima a 1.250°C e na fusibilidade. Os parâmetros desejáveis nos seus principais usos estão relacionados no Quadro II.

Quadro II - ESPECIFICAÇÕES DE FELDSPATO PARA OS PRINCIPAIS USOS INDUSTRIAIS

USO INDUSTRIAL	PROPRIEDADES	
Vidro	Composição mineralógica	Feldspato sódico/potássio
	Composição química	$K_20 + Na_20 > 8\%$
		$Fe_20_3 < 0,25\%$ (vidro comum)
		$Fe_20_3 < 0,07$ (vidro especial)
Cerâmica Branca	Composição mineralógica	Feldspato sódio/potássico
	Composição química	$K_20 > 8\%$
		$K_20 + Na20 = 14\%$
		$Fe_20_3 < 0,07\%$
	Ensaio de cone	Cor branca, brilhante
	Fusibilidade	Escorrimento até 35mm
		(massa cerâmica)
		Escorrimento > 35mm (esmalte)

Com base nos resultados obtidos é feito o prognóstico dos usos industriais dos feldspatos, apresentado no Mapa I.

c) **MICA**

As propriedades de isolante elétrico e térmico conferem à mica uma grande importância industrial. Também a clivagem lamelar perfeita e a resistência mecânica das lâminas são fatores vantajosos em muitas aplicações técnicas.

Desta forma a mica em folhas é utilizada pela indústria de isolantes elétricos; a mica em pó é aplicada na fabricação de eletrodos para solda, de lona e pastilhas de freio, de tintas, como agente antiaderente em moldes de borracha, como aditivo na lama para perfuração e como carga na construção civil.

As características mineralógicas e químicas determinadas em amostras de mica indicam um material de boa qualidade, com ressalva aos teores de ferro para aplicações mais exigentes.

As especificações tecnológicas para uso da mica na indústria não estão disponíveis, de modo que o prognóstico do uso industrial é feito com base no consumo efetivo dos setores consumidores: isolantes, lama de perfuração e construção civil.

d) **QUARTZO**

A principal variedade identificada é o quartzo leitoso, aplicado como fonte de sílica nas indústrias de silício metálico, ferro-ligas, cerâmica, vidro, abrasivos, refratários e tintas. Na construção civil é usado como componente de revestimentos de parede e piso.

As propriedades desejáveis se referem à pureza química do quartzo e à granulometria específica, como mostrado no Quadro III, deduzindo-se que praticamente não existem restrições para uso do insumo nos principais setores consumidores.

Quadro III - ESPECIFICAÇÕES DE QUARTZO PARA OS PRINCIPAIS USOS INDUSTRIAIS

USO INDUSTRIAL	PROPRIEDADES	
Vidro	Composição química	$SiO_2 > 99\%$, $Al_2O_3 < 0,3\%$ $Fe_2O_3 < 0,07\%$, umidade $< 1\%$
	Granulometria	Fracionada entre 30 a 200 mesh
Cerâmica	Composição química	$SiO_2 > 98\%$, $Al_2O_3 < 3\%$ $Fe_2O_3 < 0,13\%$
Silício/Fe-Si	Composição química	$SiO_2 > 98\%$
	Granulometria	Retido em 1" = 100%
Construção civil	Granulometria	Revestimento de parede: 2 a 3 mm Revestimento de piso: 5 a 6 mm

4 - ROCHAS CALCÁRIAS

4.1 - Classificação, Geologia e Distribuição dos Depósitos

O termo calcário é utilizado para designar rochas que apresentam em sua composição química mais de 50% de carbonatos.

Neste trabalho é adotada a classificação de calcário segundo Pettijohn, cuja nomenclatura é baseada nos teores de óxido de magnésio (MgO) presentes nestas rochas, que são constituídas por uma mistura de calcita e dolomita: calcário calcítico (0%-1,1%), calcário magnesiano (1,1%-2,1%), calcário dolomítico (2,1%-10,8%), dolomito calcítico (10,8%-19,5%), dolomito (19,5%-21,6%).

Os depósitos de calcário estão bem distribuídos geograficamente entre os dois estados da região e estão relacionados geologicamente às formações Seridó e Complexo Serra dos Quintos, notadamente nas zonas de contato com as demais unidades litológicas conforme pode ser visualizado no Mapa III, onde estão delineados os contornos dos corpos de maior expressão.

Tratam-se de depósitos de calcário metamórfico que se apresentam sob a forma de lentes que podem atingir extensões quilométricas e espessuras da ordem de centenas de metros, com uma orientação NE-SW concordante com a foliação das rochas encaixantes regionais. Determinações analíticas de CaO e MgO em 35 amostras coletadas em pontos diferentes destes depósitos identificam a presença de 16 calcários calcíticos, 8 dolomitos e 11 classes intermediárias, havendo lentes com níveis diferenciados onde ocorrem os teores extremos da classificação.

Ressalte-se ainda que nas lentes calcissilicáticas encaixadas nos ambientes geológicos acima citados, ocorre a presença de calcita associada à paragênese da mineralização de tungstênio na região.

Para objeto de avaliação tecnológica destas matérias-primas, foram coletadas amostras em 6 depósitos, selecionados por critérios de infraestrutura e intensidade de aproveitamento, para fins de ensaios de caracterização. Estes pontos estão plotados no Mapa II.

4.2 - Caracterização Mineralógica e Tecnológica (Boletim 66 a 71)

As propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos calcários são amplamente utilizadas por variados setores industriais que demandam técnicas de investigação para caracterização destas rochas.

O conjunto de ensaios realizados, foi dirigido para fornecer indicativos da qualidade química, fundamental em várias aplicações, além de propriedades físicas interessantes para uso do pó calcário na indústria de transformação.

a) **Análise Química**

As análises forneceram os teores de óxidos que formam os carbonatos, o nível de impurezas dos elementos maiores e de alguns elementos traços importantes para definir certos usos específicos.

As amostras se reportam a calcários calcíticos (55% CaO), dolomitos (até 22,6% MgO) e termos intermediários, de textura fina ou média a grosseira.

b) **Absorção de Óleo**

Estes testes foram realizados com óleo de linhaça com índice de acidez 0,25mg NaOH/g e massa específica de 0,9233 g/ml a 26°C, sendo as medidas efetuadas com base volume por massa (ml/100g) e massa por massa (g/100g).

Os resultados indicam valores entre 18,4 e 20,7g/100g de absorção de óleo.

c) **Índice de Alvura**

O índice de alvura medido por comparação com o padrão de referência demonstra calcários com alvura entre 80,2 e 86,1% com os valores mais elevados correlacionados aos tipos classificados como dolomitos.

4.3 - Atividades Minerárias

A disponibilidade de boas reservas de rochas calcárias de variados tipos e um mercado local ainda incipiente, conduz a uma seleção dos locais para abertura das frentes de lavra mediante critérios que levam em consideração as facilidades de acesso, a qualidade da matéria-prima demandada e a proximidade das plantas de moagem ou das indústrias consumidoras.

A porção sudeste da área é privilegiada por esses fatores econômicos, contando com três lavras implantadas no Estado da Paraíba dentro da zona de influência da cidade de Campina Grande, principal polo comercial e industrial da região.

As minas são de pequeno porte, explotadas a céu aberto por processo semimecanizado, efetuando o avanço mediante o desmonte de talude único nas camadas de mergulho acentuado e por meio de bancada única onde a camada é mais plana. As operações são conduzidas em mais de uma frente em cada mina, de modo a possibilitar o fornecimento de rocha calcária com especificação diferenciada para cada mercado. A produção é geralmente comercializada em bruto para fora da região, existindo apenas um minerador equipado com pequeno moinho de martelos que oferta um produto na faixa de 30 mesh.

Uma planta de beneficiamento instalada na região e operando na moagem de outros minerais industriais oferta também rochas calcárias em pó.

4.4 - Usos Industriais

As rochas calcárias constituem matéria-prima de grande e variada aplicação, estando o seu consumo distribuído pelos seguintes setores industriais:

Construção Civil

Os materiais de construção representam o uso mais tradicional dos calcários que são incorporados sob a forma de agregados para estrutura de concreto ou de produtos transformados como a cal para argamassa, para tinta de parede e para estabilização de solos em rodovias e como o cimento, matriz aglutinante de outros materiais.

No Quadro IV são mostradas as especificações de calcário para a fabricação de cimento e cal.

Indústria de Transformação

O calcário é usado diretamente ou sob a forma de cal como um material quimicamente reativo nas indústrias metalúrgica, manufatura química, purificação de água, processamento do açúcar, cerâmica e vidro. Nestas aplicações se requer uma cal de melhor performance que é obtida com calcário quimicamente mais puro e de granulometria fina a média para evitar decrepitação no forno durante a calcinação.

O calcário sob a forma de pó finamente moído é usado como carga ou pigmento em diversos produtos nas indústrias de tinta, rações, borracha, pláticos, papel, sabão, abrasivos, explosivos, isolantes, fertilizantes e produtos asfálticos.

As especificações requeridas pelos principais setores consumidores, selecionados por informações mercadológicas, estão lançadas no Quadro V.

Agricultura

A principal função do calcário na agricultura é corrigir a acidez dos solos e secundariamente atuar como fonte de cálcio ou magnésio. As especificações não são muito rígidas, sendo preferidos os tipos de calcário com teor de magnésio acima de 10%, visto que o poder de neutralização da acidez é função do óxido de magnésio contido no calcário e da finura do pó aplicado no solo.

Os parâmetros a seguir especificados são usados como base para definir as aplicações das rochas calcárias estudadas em cada depósito, como pode ser visualizado em Mapa III.

QUADRO IV - ESPECIFICAÇÕES DE ROCHAS CALCÁRIAS PARA USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

APLICAÇÃO	PROPRIEDADES
Cimento	$CaC0_3 > 75\%$ $Mg0 < 5\%$ $P_20_5 < 0,5\%$
Cal	Carbonatos > 88% Calcita predominante (argamassa) Calcário magnesiano (pintura)

QUADRO V - ESPECIFICAÇÕES DE ROCHAS CALCÁRIAS PARA USO NA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO

APLICAÇÃO	PROPRIEDADES		
Metalurgia (Siderurgia)	Composição química	Calcário	Dolomito
	CaO	> 50%	30-35%
	MgO	< 6%	15-20%
	SiO_2	< 3%	< 5%
	S+P	Traços	< 0,08%
	Al_2O_3	---	< 1,5%
	Granulometria	9-150mm	9-30mm
Tintas (Óleo e latex)	Composição química		
	Ca0	> 55%	---
	Mg0	----	> 19,5%
	Umidade	< 1%	< 1%
	Cor	Branca	Branca
	Absorção de óleo	< 20%	< 20%
	Granulometria	< 325 mesh	< 325 mesh
Cerâmica (Pisos, azulejos, louça)	Composição química		
	Ca0	> 47%	28 - 30%
	Mg0	< 50%	19 - 21%
	Fe_2O_3	< 0.5%	< 0.5%
	Granulometria	< 100 mesh	

Vidro	Composição química	Calcário	Dolomito
	Ca0	> 53,5%	> 28,5%
	Mg0	< 1%	> 19,0%
	PF	> 41%	> 43,5%
	SiO_2	< 2,5%	< 4%
	Al_20_3	< 0,45%	< 1,5%
	Fe_20_3	< 0,2%	< 0,2%
	Granulometria	< 100 mesh	< 65 mesh
Plásticos	Composição química		
	Ca0	> 54%	
	Mg0	0,8%	
	Al_20_3	0,6%	
	Fe_20_3	< 0,02%	
	Umidade	0,06%	
	Cor	Branca	
	Absorção de óleo	17,8%	
Rações	Composição química		
	Ca0	> 38%	
	Mg0	Especificado pelo comprador	
	Umidade	< 0,5%	

5 - ARGILAS VERMELHAS E AGREGADOS

5.1 - Definição e Classificação

O termo **argila** é utilizado para definir a matéria prima mineral de granulometria fina, aspecto terroso, composta por argilo-minerais diversos.

Para efeito de sua utilização industrial, pode ser classificada em cinco grupos:

1) argila para cerâmica vermelha

2) argila para cerâmica branca

3) argila refratária

4) bentonita

5) caulim

Os depósitos incluídos neste capítulo referem-se somente a argila para cerâmica vermelha, desde que os grupos 2, 3 e 5 encontrados na região, são caulins e como tal são abordados em capítulo específico para este bem mineral. O grupo 4, embora ocorra na área, não tem viabilidade econômica.

O termo **agregado** engloba a areia, o cascalho e a brita para uso na construção civil. Neste capítulo serão abordados apenas os dois primeiros minerais visto que as áreas potenciais para brita são abordadas junto com as rochas ornamentais.

A distinção entre estes minerais é baseada na granulometria do material, sendo adotada a classificação proposta por Wentworth.

Classe	Granulometria (mm)
Cascalho	> 2,000
Areia Grossa	2,000 - 1,200
Areia Média	1,200 - 0,420
Areia Fina	0,420 - 0,062
Argila	< 0,062

5.2 - Geologia e Distribuição dos Depósitos

A existência destes depósitos é explicada pela ação do intemperismo sobre as rochas, provocando a sua desintegração e fragmentação, que permitem o transporte e deposição dos materiais mais finos liberados dos resíduos mais grosseiros.

Os materiais finos transportados formam depósitos de argila alóctone de forma circular ou oval que se concentram nos locais de baixo relevo com extensão superficial limitada a diâmetro máximo da ordem de centenas de metros e espessura média de 3 metros.

Geologicamente correspondem às coberturas recentes de aluviões assentados nos domínios das Formações Seridó e Complexo Presidente Juscelino com ampla distribuição geográfica em toda a região.

Os melhores depósitos de argila estão localizados nos vales e represas dos açudes e as cavas de mais intensa atividade extrativa estão plotadas no mapa Anexo II. Os depósitos de areia e cascalho estão situados nos leitos de rios sendo formado por sedimentos ativos que sofrem a ação do fluxo das águas e também nas coberturas da Formação Serra do Martins.

Tendo em vista a situação geográfica dos depósitos em região de baixa densidade populacional, de pequena demanda na construção civil e considerando o baixo valor unitário destes materiais, a avaliação regional destes recursos é limitada a três depósitos de argila e 1 depósito de areia selecionados como mais expressivos e plotados no Mapa II.

5.3 - Caracterização Mineralógica e Tecnológica (Boletins 72 a 76)

a) Identificação Mineralógica

As análises realizadas por Difratometria de Raios X identificam argilas constituídas por caulinita, com a presença de quartzo e mica alterada.

A análise mineralógica da areia em lupa binocular revela uma composição de quartzo predominante (97%), feldspato, mica, minerais pesados e matéria orgânica, todos em concentração inferior a 1%.

b) Ensaios Cerâmicos Preliminares

Os estudos preliminares de argila para uso cerâmico contemplam a realização de testes para determinação das cores e das características cerâmicas dos corpos de prova após secagem a 110°C e queima nas temperaturas de 950°C, 1.250°C e 1.450°C. Os resultados obtidos com amostras coletadas nos depósitos selecionados estão contidos nos boletins anteriormente referidos, e demonstram cores de queima marrom, la-

ranja e vermelha e especificações cerâmicas dentro dos padrões usuais da cerâmica vermelha.

c) **Análise Granulométrica**

Ensaio por peneiramento a via úmida realizado com a amostra de areia revela um material classificado por freqüência simples em cascalho (7,19%) areia (76,15%) e finos (16,66%).

d) **Análise Química**

A amostra de areia foi também analisada para conhecer a composição química visando principalmente outros usos para o material além da construção civil. Os resultados indicam teores de sílica em torno de 90,8% inadequado para atender no estado *in natura* às exigências de pureza da indústria de transformação.

5.4 - Lavra, Beneficiamento e Transformação Industrial

As argilas são lavradas a céu aberto, em bancada única cujo desmonte é feito normalmente com pás e enxadões, concentrando-se estes trabalhos nas épocas de estio, quando as águas de inundação das represas já foram escoadas, descobrindo os depósitos.

O capeamento sobre a argila é praticamente inexistente, o que elimina a necessidade de descartar o material de bota-fora, sendo o carrego feito por paleamento em caminhões que transportam o minério para as unidades de transformação localizadas num raio máximo de 50km.

Nestas unidades as argilas são estocadas para maturação e submetidas a um processo de beneficiamento e transformação em peças cerâmicas, que consiste na preparação da mistura adequada, desintegração dos torrões maiores, laminação para eliminar pedras, adição de água para formar uma massa plástica, moldagem das peças por extrusão, secagem natural e queima até uma temperatura que varia de 950°C a 1.100°C, onde os produtos adquirem as características físicas exigidas para serem utilizadas.

Durante o levantamento realizado foram cadastradas 46 unidades cerâmicas distribuídas por toda a região, conforme mostra o mapa III, fabricando preferencialmente telha, tijolo furado, manilha e lajota. Além destas cerâmicas que apresentam alguma característica industrial, operam várias pequenas olarias manuais que não foram consideradas no levantamento.

As plantas em operação são todas classificadas como de pequeno porte e a capacidade instalada que foi levantada junto às empresas atinge um total de 3 milhões de peças por semana, com as menores unidades produzindo 10 mil peças, e as maiores 150 mil peças semanais.

Considerando-se a relação de uso de 1kg de argila por cada peça cerâmica e uma produção efetiva correspondente a 70% da capacidade nominal, estima-se uma demanda de argila em torno de 110 mil t/ano.

A operação unitária crítica nesta indústria é o processo de queima das peças de cerâmica tanto em termos de custo financeiro como em termos de ônus ambiental. O forno que predomina é do tipo intermitente de chama ascendente com uso da lenha como combustível. Esta preferência, ditada pela simplicidade do seu projeto, pequeno investimento na construção e queima rápida em ciclos de 8 a 12 horas, ocasiona entretanto uma baixa eficiência operacional pela perda de calor durante o resfriamento e pela impossibilidade de aproveitar os gases de exaustão na secagem da peça ou no pré-aquecimento da carga de outros fornos. O consumo médio informado pelas empresas foi de 1,3 metro cúbico de lenha por milheiro de peças, o que significa, na hipótese da produção efetiva anteriormente citada, uma demanda de 143.000 metros cúbicos de lenha por ano, fato que poderá causar ao longo do tempo um forte impacto ambiental.

A melhoria do rendimento energético dessas instalações pode ser conseguida com a utilização de fornos tipo abóbada ou Hoffmann, que apresentam menor consumo específico de combustível.

A alternativa energética regional para substituir a lenha seria o gás natural da bacia sedimentar do Apodi, distribuido pelo Gasoduto do Nordeste da Petrobrás. A viabilização do fornecimento deste combustível dependeria da superação de alguns óbices, como por exemplo: a distância do gasoduto para a unidade cerâmica mais próxima, entre as cadastradas, é de 75km; o consumo energético global das cerâmicas do Seridó é equivalente a apenas 15,2 milhões de metros cúbicos de gás por ano ou aproximadamente 5% do total ofertado pelo citado gasoduto (300 milhões de metros cúbicos no ano de 1993); finan- ciamento para adaptação dos equipamentos de queima.

A lavra da areia é feita por métodos manuais, a céu aberto, em bancada única, com auxilio de pá e enxadões, decapando o solo com matéria orgânica que por ventura recubra o depósito. O material extraído em bruto é transportado para uso imediato na construção civil local, exigindo apenas um peneiramento na própria obra.

A caracterização preliminar da areia permite prognosticar que mediante processos de beneficiamento (classificação, separação magnética e flotação) poderão ser eliminadas as impurezas obtendo-se um produto dentro das especificações para as indústrias de vidro, cerâmica, fundição e química.

6 - ROCHAS ORNAMENTAIS E PEDRAS DE TALHE

6.1 - Definição e Classificação

A diversidade de nomenclaturas usadas para caracterizar estes tipos de rochas, sugere a definição prévia dos termos que serão a seguir adotados, com base no método de exploração e na utilização do material.

A expressão **rochas ornamentais** designa aqueles tipos que são extraídos em dimensões padronizadas, aparelhados e submetidos a processos de serragem, polimento e lustração para serem assim utilizadas na construção civil. Elas são classificadas comercialmente como granitos (designação genérica para todas as rochas graníticas mesmo que petrograficamente recebam outras denominações) e mármores (rochas cristalinas constituídas predominantemente por minerais da família dos calcários).

Pedras de talhe é o termo que denomina as rochas extraídas em dimensões padronizadas, aparelhadas e eventualmente talhadas com instrumentos de corte para uso imediato na construção civil. Nesta categoria estão enquadrados diversos tipos de rocha como quartzitos, arenitos, ardósias, etc; que recebem denominações comerciais específicas.

6.2 - Geologia e Distribuição dos Depósitos

Os ambientes geológicos com potencial para conter depósitos de rochas ornamentais e pedras de talhe estão inseridos nas unidades litoestratigráficas a seguir descritas e identificados pela simbologia correspondente no Mapa II.

São tipos litológicos classificados como granitos e quartzitos, assim distribuídos:

Granitos

$\gamma 4$ - Constituem as rochas graníticas e granodioríticas que formam os maciços de Totoró, a noroeste de Currais Novos, e de Acari no Rio Grande do Norte, e São José do Sabugi, Picuí, Pedra Lavrada e Cubatí na Paraíba.

δ - Constituem as instrusões gabrodioríticas que ocorrem nos maciços de Totoró e Acari no Rio Grande do Norte.

$\gamma 3$ - Referem-se aos ortognaisses e augengnaisses intrudidos na Formação Seridó e nos Complexos Serra dos Quintos e Presidente Juscelino, cujas principais áreas de exposição estão localizadas nas regiões do Campo Redondo e Acari no Rio Grande do Norte e Picuí, Pedra Lavrada, Soledade e Juazeirinho na Paraíba.

9 - Correspondem aos gnaisses do Complexo Presidente Juscelino, com foliação bem desenvolvida, que ocorrem nas regiões de Campo Redondo no Rio Grande do Norte e Cubati e São Vicente do Seridó na Paraíba.

γ1 - Ortognaisses da Suite Magmática de Caicó, com área de ocorrência na região de São Vicente, Florânia e Campo Redondo no Rio Grande do Norte, e São José do Sabugi na Paraíba.

Quartzitos

7 - Nesta categoria estão reunidos os quartzitos e conglomerados da Formação Equador que formam as Serras das Umburanas e das Queimadas, se estendendo na direção geral NE-SW desde a cidade de Junco na Paraíba, até Currais Novos no Rio Grande do Norte.

Os quartzitos são utilizados como depósitos para pedra de talhe e os metaconglomerados que os capeiam concentram também depósitos usados para fins de rocha ornamental.

No contexto destas unidades, são indicados no Mapa II dez depósitos para rocha ornamental em locais de boas exposições de afloramentos, que representam variedades com possibilidades ou com efetivo aproveitamento comercial. São plotadas também neste mapa, quatro áreas onde se verifica a produção mais intensiva de pedras de talhe. (Pedreiras no município de Parelhas/RN, Caixa D'Água e Jatobá no município de Equador/RN, e Carneira no município de Junco/PB.

6.3 - Características Petrográficas e Tecnológicas (Boletim 77 a 86)

As amostras de granito e quartzito coletadas foram descritas mesoscopicamente observando-se as características que podem influenciar, a priori, na sua aceitação comercial, a exemplo da estrutura, textura, granulação e coloração que estão sumarizadas no Quadro VI.

Outras propriedades estudadas constam nos boletins e são a seguir comentadas.

a) **Identificação Petrográfica**

Através de estudo de lâminas delgadas foram descritas as características microscópicas das rochas, os minerais constituintes e a identificação petrográfica, onde predominam leucogranitos, granitos porfiríticos, ortognaisses, gabros, quartzito e conglomerado.

QUADRO VI - CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DAS AMOSTRAS DE GRANITOS E QUARTZITOS

Tipo			Características		
Classificação	Unidade estratigráfica	Estrutura	Granulação	Textura	Coloração
Granito	γ4	Maciça	Média/ grossa	Porfirítica ou granular	Branca
			Fina	Equigranular	Cinza ou rósea
				Compacta	Cinza escura
	γ3/9	Gnáissica	Matriz fina a média com pórfiros	Porfiroblástica	Cinza
					Rósea
	γ1		Fina	Granular	Cinza clara a cinza escura
			média		
			grossa		
Quartzito	7	Gnáissica conglome-rática	Heterogênea	Heterograno-blástica	Cinza esver-deada
		Laminar	Granular	Fina a média	Variada

b) **Ensaios Tecnológicos**

As amostras que apresentaram um aspecto estético mais agradável foram submetidas a ensaios que melhor caracterizassem a sua aplicação na indústria da construção civil. Desta forma foram selecionadas quatro amostras e determinados os seguintes parâmetros físicos e mecânicos.

b.1) **Determinação dos Índices Físicos**

As seguintes propriedades foram determinadas: massa específica aparente seca, massa específica aparente saturada, porosidade aparente e absorção de água aparente. Os resultados obtidos como a média das leituras realizadas em sete corpos de prova para cada amostra, indicam valores dentro das especificações para rocha ornamental.

b.2) **Resistência à Compressão Simples**

Estes ensaios determinam qual a tensão que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços compressivos. Nas amostras com distribuição homogênea dos grãos os ensaios não levaram em consideração uma direção preferencial e se determinou a média das leituras em três corpos de prova. No caso de amostras estruturadas foram tomadas medidas nas direção paralelas e perpendiculares às estruturas e determinada a média destes valores. Os resultados obtidos estão na faixa exigida pela indústria de rocha ornamental.

b.3) **Resistência à Flexão**

Estes ensaios determinam a resistência da rocha aos esforços fletores, obedecendo-se aos mesmos critérios relatados no item anterior (b.2) no que se refere às características estruturais.

Os resultados obtidos atestam valores que atendem plenamente às especificações para uso como rocha ornamental.

6.4 - Extração, Beneficiamento e Usos Industriais

Os quartzitos são lavrados com equipamentos rudimentares como cunhas, talhadeiras, marretas e no desmonte se aproveitam os planos de estratificação das camadas para se obter com facilidade, blocos de dimensões apropriadas para movimentação manual, mantendo-se as paredes da cava paralelas à direção dos estratos. Estes blocos são fatiados na frente de lavra em chapas com superfície de $1m^2$ a $2\ m^2$ e espessura de 2 cm a 3 cm.

As chapas são preparadas para o mercado em quatro pequenas instalações, mediante operações de simples esquadrejamento ou de corte com serra diamantada onde são obtidos ladrilhos com dimensões regulares (15x15 cm, 20x40 cm) para uso em pisos e revestimentos na construção civil.

Na produção de granitos se utilizam métodos de lavra apropriados para obter tanto as pedras de talhe como as rochas ornamentais. No primeiro caso a extração é

manual com ponteiros, brocas e pichotes sendo produzidos bloquetes de forma cúbica com 40 cm de aresta.

Estes bloquetes são desdobrados na própria região em duas instalações de beneficiamento onde se efetuam cortes com serras multidiscos a diamante que transformam o bloquete em chapas de 5 mm de espessura e esquadrejam as chapas nas dimensões de 30x30 cm, para polimento, embalagem e oferta no mercado de pisos na construção civil. A capacidade nominal desta instalações situa-se na faixa de 500 m^2/mês.

A extração de rochas ornamentais é feita em matacões com método semi-mecanizado atacando-se várias frentes próximas entre si de onde possam ser obtidos blocos de grandes dimensões (mais de $6m^3$). Nesta operação se desenvolvem as etapas de limpeza da área ao redor do matacão, furação, raiação e fogacho para abertura do matacão, desdobramento em blocos e aparelhamento para desbaste das saliências. Os blocos assim extraídos são carregados por guindaste fixos em caminhões e comercializados em bruto para serrarias localizadas em outras regiões, onde são preparadas chapas para uso na construção civil e arte funerária.

7 - BIBLIOGRAFIA

BEZERRA, Marcelo Soares; CARVALHO, Valdecílio Galvão Duarte de; NESI, Júlio de Resende. ***Caracterização e mercado dos minerais de pegmatito da Província da Borborema***. Recife: CPRM, 1994. 49 p. (Série Recursos Minerais, 5)

FERREIRA, Cícero Alves. ***Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais.*** Folha SB.24-Z-B Caicó. Escala 1:250.000. Recife: CPRM, 1997. (Inédito)

FERREIRA, Heber Carlos. ***Caracterização e aplicacões industriais de argilas, caulins e feldspatos do Nordeste Brasileiro (Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte).*** São Paulo, 1982. 325 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1982.

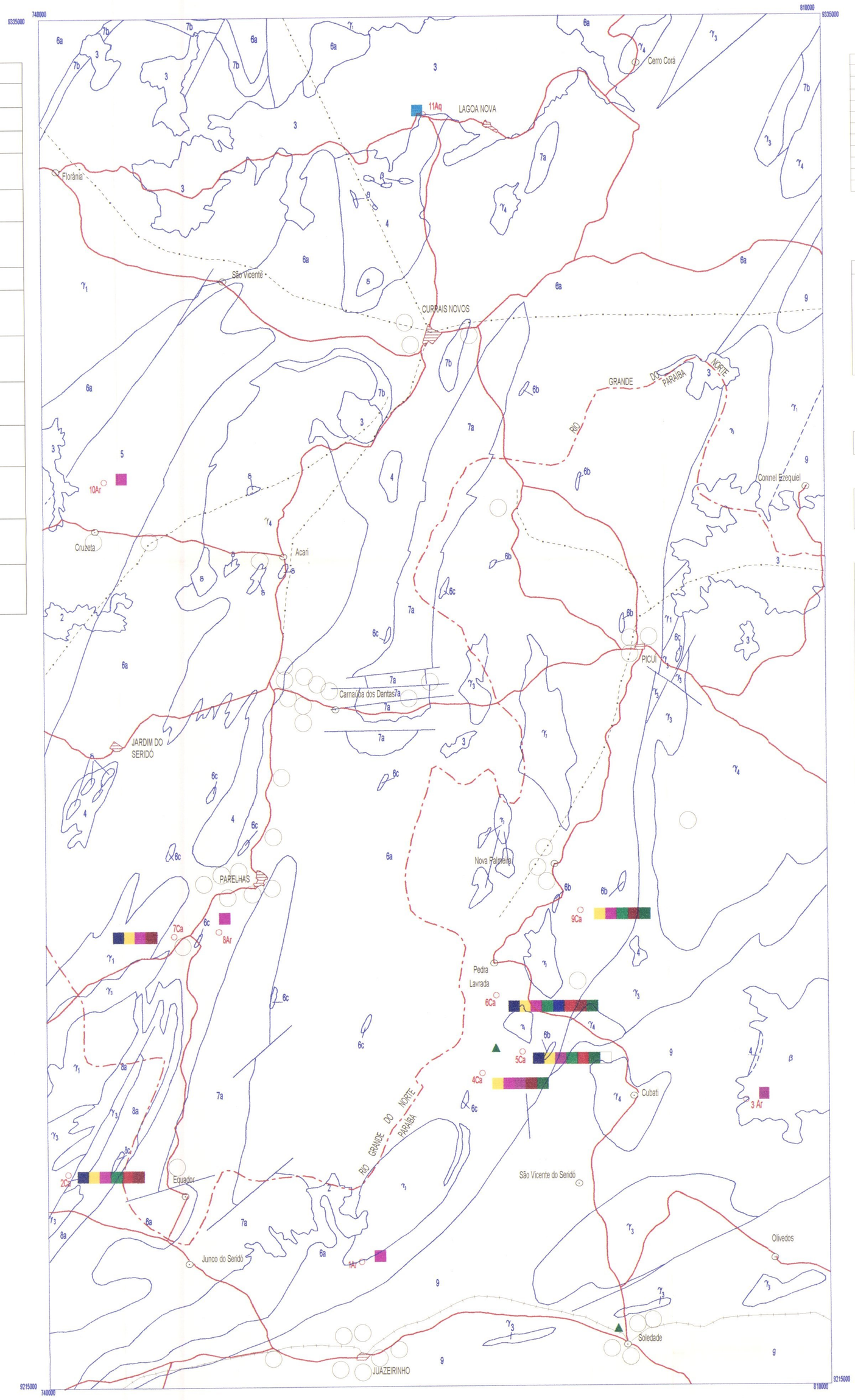
GEOKLOCK. ***Estudo geológico-tecnológico de caulim Equador*** - *RN*. Natal, 1982. 23p.

WANDERLEY, Adeilson Alves. ***Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais.*** Folha SB.24-Z-D Patos. Escala 1:250.000. Recife: CPRM/ DNPM, 1983. 2v.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
DIRETORIA DE RECURSOS MINERAIS

AMBIÊNCIA GEOLÓGICA E LITOESTRATIGRÁFICA

1	Aluvião
2	Colúvios / Elúvios, Areias e Cascalhos
3	Formação Serra dos Martins : Arenitos Conglomeráticos e argilosos
β	Basaltos
4	Formação Campos Novos : Argilas e Arenitos Lagunares
5	Sequência Metassedimentar de Cruzeta : Xistos e Filitos
γ_4	Granitóides Brasilianos : Leucogranitos, Sienogranitos e Granitos Porfiróides
ε	Gabros, Noritos e Dioritos
6	Formação Seridó :Xistos (a), Calcários (b), Calcissilicáticas (c)
γ_3	Ortognaisses Quartzo Feldspáticos e Augengnaisses graníticos
7a	Formação Equador: Quartzitos e Conglomerados(a),
7b	Formação Jucurutu: Gnaisses, Quartzitos, Calcários e Calcissilicáticas
γ_1	Suíte Magmática de Caicó e São Vicente: Ortognaisses Tonalíticos, Granodioríticos e Graníticos
8	Complexo Serra dos Quintos: Xistos e Gnaisses(a), Calcários (b), Itabiritos (c)
9	Complexo Presidente Juscelino : Ortognaisses e Anfibolitos



ATIVIDADE MINERÁRIA

	DEPÓSITOS
1	Mulungu
2	Fazenda Albino
3	Campo de Cima
4	Fundão
5	Sítio Flecha
6	Quixaba
7	São Bento
8	Várzea do Barro (Açude Caldeirão)
9	Alagamar
10	Salgado (Açude Cruzeta)
11	Baixa Grande

MINERAIS PRODUZIDOS

Ar- Argila

Aq- Areia Quartzosa

Ca- Calcário

▲ PLANTAS DE BENEFICIAMENTO

TRANSFORMAÇÃO INDUSTRIAL

Indústria Cerâmica Vermelha

USOS INDUSTRIAIS

- Cimento
- Cal
- Cerâmica Branca
- Cerâmica Vermelha
- Vidro
- Tinta
- Metalurgia
- Ração Animal
- Construção Civil
- Agricultura

Contato Geológico Definido

Contato Geológico Aproximado

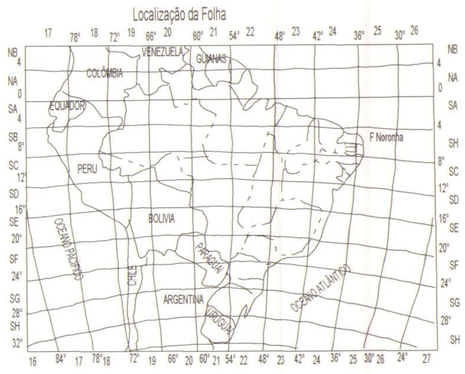
Falha ou Zona de Cisalhamento

Elementos Cartográficos

- Rodovia
- Ferrovia
- Zona Urbana-Pequena
- Zona Urbana-Grande
- Limite Interestadual
- Linha de Força

MAPA DE ROCHAS CALCÁRIAS, ARGILAS E AGREGADOS NA REGIÃO DO SERIDÓ-PB/RN

Localização da Folha



5 0 5 10 km

ESCALA 1:250.000

1997

MAPA III

Articulação das Folhas

MORADA NOVA SB. 24-X-C	MOSSORÓ SB. 24-X-D	NATAL SB. 25-V-C
SOUSA SB. 24-Z-A	CAICÓ SB.24-Z-B	GUARABIRA SB. 25-V-A
SERRA TALHADA SB. 24-Z-C	PATOS SB.24-Z-D	JOÃO PESSOA SB. 25-Y-C

CPRM

Base cartográfica extraída das Folhas SB.24-ZB e SB.24-ZD editadas pelo convênio DNPM-Projeto RADAMBRASIL e Diretoria do Serviço Geográfico do Exercito. Origem da Quilometragem UTM. Equador e Meridiano 39 ° WGr, acrescida as constantes de 10.000 Km e 500 Km, respectivamente. Dados relativos à geologia extraídos dos relatórios dos Projetos Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais, folhas Caicó e Patos, executados pela CPRM.

Projeto concebido e executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, Superintendência Regional do Recife, sob supervisão do Departamento de Recursos Minerais

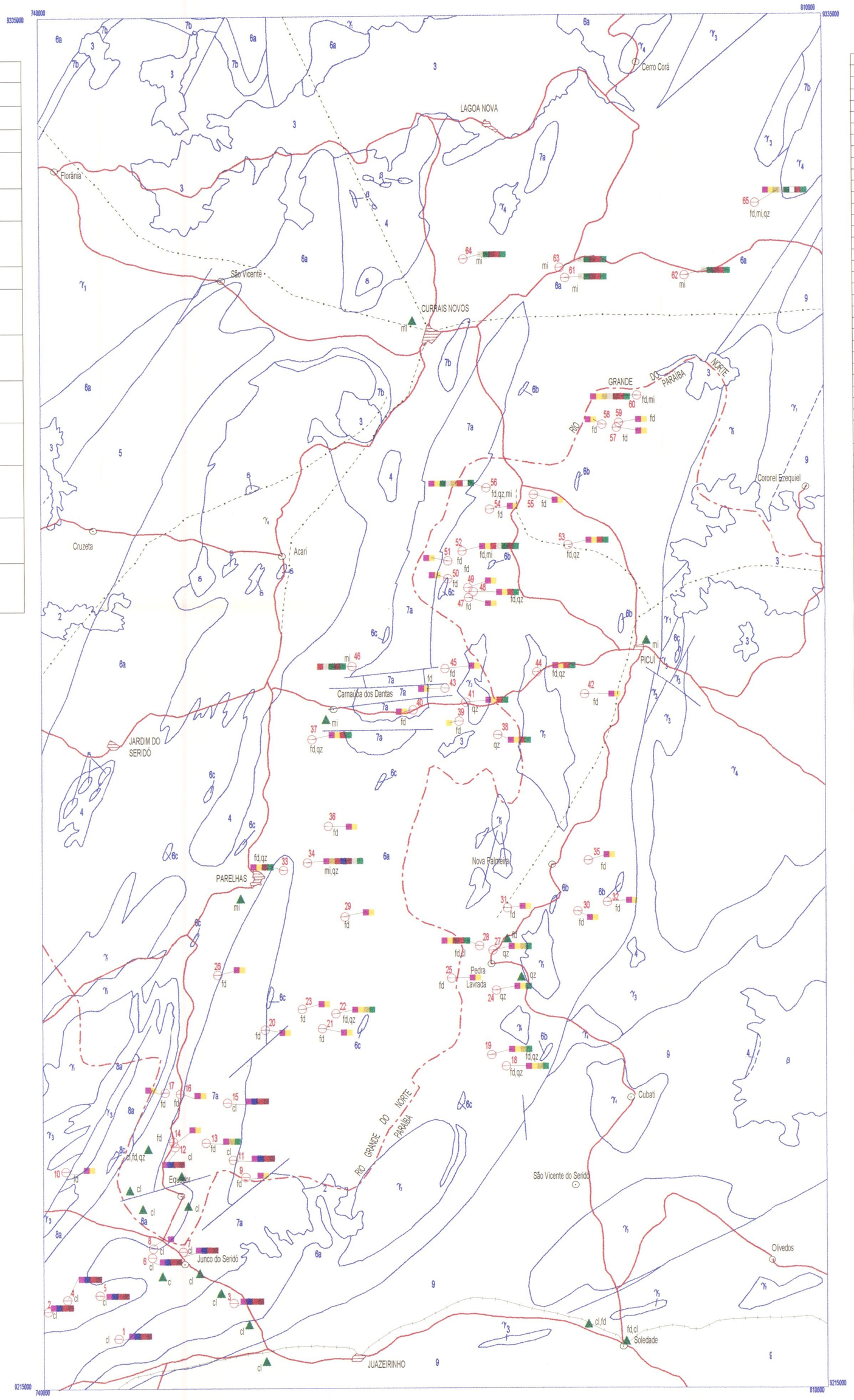
Supervisão Técnica: Carlos Alberto C. Lins

Equipe Executora:
Marcelo Soares Bezerra
Valdecílio Galvão D. Carvalho

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
DIRETORIA DE RECURSOS MINERAIS

AMBIÊNCIA GEOLÓGICA E LITOESTRATIGRÁFICA

1	Aluvião
2	Colúvios / Elúvios, Areias e Cascalhos
3	Formação Serra dos Martins : Arenitos Conglomeráticos e argilosos
β	Basaltos
4	Formação Campos Novos : Argilas e Arenitos Lagunares
5	Sequência Metassedimentar de Cruzeta : Xistos e Filitos
γ_4	Granitóides Brasilianos : Leucogranitos, Sienogranitos e Granitos Porfiróides
ε	Gabros, Noritos e Dioritos
6	Formação Seridó :Xistos (a), Calcários (b), Calcissilicáticas (c)
γ_3	Ortognaisses Quartzo Feldspáticos e Augengnaisses graníticos
7a	Formação Equador: Quartzitos e Conglomerados(a),
7b	Formação Jucurutu: Gnaisses, Quartzitos, Calcários e Calcissilicáticas
γ_1	Suíte Magmática de Caicó e São Vicente: Ortognaisses Tonalíticos, Granodioríticos e Graníticos
8	Complexo Serra dos Quintos: Xistos e Gnaisses(a), Calcários (b), Itabiritos (c)
9	Complexo Presidente Juscelino : Ortognaisses e Anfibolitos



ATIVIDADE MINERÁRIA

	DEPÓSITOS
1	Olho Dágua
2	Massaranduba
3	Ipueira
4	Tapera
5	Noruega
6	Varzea da V. Gonzaga
7	Alto Brennand
8	Varzea da Vassoura
9	Tanquinho
10	Fazenda Albino
11	Favela
12	Alto do Giz
13	Macilon
14	Alto do Amâncio
15	Diti ou Condado
16	Quintos de Cima
17	Alto dos Mamões III
18	Serra Branca
19	Alto Pelado
20	Malhada Vermelha
21	Gamenho
22	Barra ou Redondo
23	Algodão
24	Tamanduá
25	Alto do Bernardo
26	Alto do Berilo
27	Alto. Feio
28	Patrimonio
29	Caraibeira
30	Alagamar
31	Caldeirão
32	Poço da Pedra
33	Capoeira
34	Mulungu
35	Porteira
36	Carnaubinha
37	Salgadinho
38	Alto do Garrote
39	Alto dos Chagas
40	Xique Xique
41	Alto da Tábua
42	Alto do Curtume
43	Pedro Alfredo
44	Saco do salgado
45	Ermo
46	Cabeça do Piauí
47	Alto Otaviano
48	Boqueirão
49	Alto do França
50	Timbaúba de Cima
51	Timbaúba do Meio
52	João Euclides
53	Alto do Franciraldo
54	Alto da Torre
55	Manoel do Zuza
56	Figueira
57	Alto do Caulim
58	Alto José Fonseca
59	Alto Branco
60	Mina Espera
61	Maniçoba II
62	Ladeira Grande
63	Bonsucesso
64	Maniçoba I
65	Ubaeira

MINERAIS PRODUZIDOS

cl - Caulim

fd - Feldspato

mi - Mica

qz - Quartzo

▲ PLANTAS DE BENEFICIAMENTO

USOS INDUSTRIAIS

- Cerâmica Branca
- Vidro
- Papel
- Tinta
- Borracha
- Isolantes
- Construção Civil
- Aditivos para Perfuração
- Ferro Liga

Convenções Geológicas

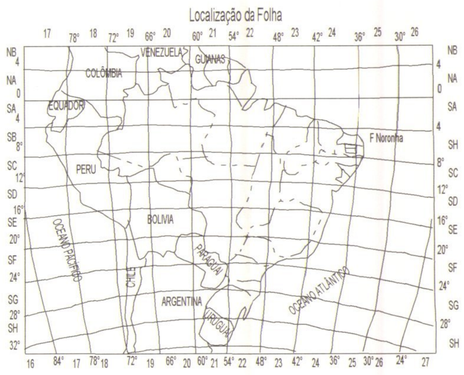
- Contato Geológico Definido
- Contato Geológico Aproximado
- Falha ou Zona de Cisalhamento

Elementos Cartográficos

- Rodovia
- Ferrovia
- Zona Urbana-Pequena
- Zona Urbana-Grande
- Limite Interestadual
- Linha de Força

MAPA DOS MINERAIS INDUSTRIAIS DE PEGMATITO NA REGIÃO DO SERIDÓ-PB/RN

Localização da Folha



5 0 5 10 km

ESCALA 1:250.000

1997

MAPA I

Articulação das Folhas

MORADA NOVA SB. 24-X-C	MOSSORÓ SB. 24-X-D	NATAL SB. 25-V-C
SOUSA SB. 24-Z-A	CAICÓ SB 24-Z-B	GUARABIRA SB. 25-V-A
SERRA TALHADA SB. 24-Z-C	PATOS SB 24-Z-D	JOÃO PESSOA SB. 25-Y-C

CPRM

Base cartográfica extraída das Folhas SB.24-ZB e SB.24-ZD editadas pelo convênio DNPM-Projeto RADAMBRASIL e Diretoria do Serviço Geográfico do Exercito. Origem da Quilometragem UTM. Equador e Meridiano 39 ° WGr, acrescida as constantes de 10.000 Km e 500 Km, respectivamente. Dados relativos à geologia extraídos dos relatórios dos Projetos Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais, folhas Caicó e Patos, executados pela CPRM.

Projeto concebido e executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, Superintendência Regional do Recife, sob supervisão do Departamento de Recursos Minerais

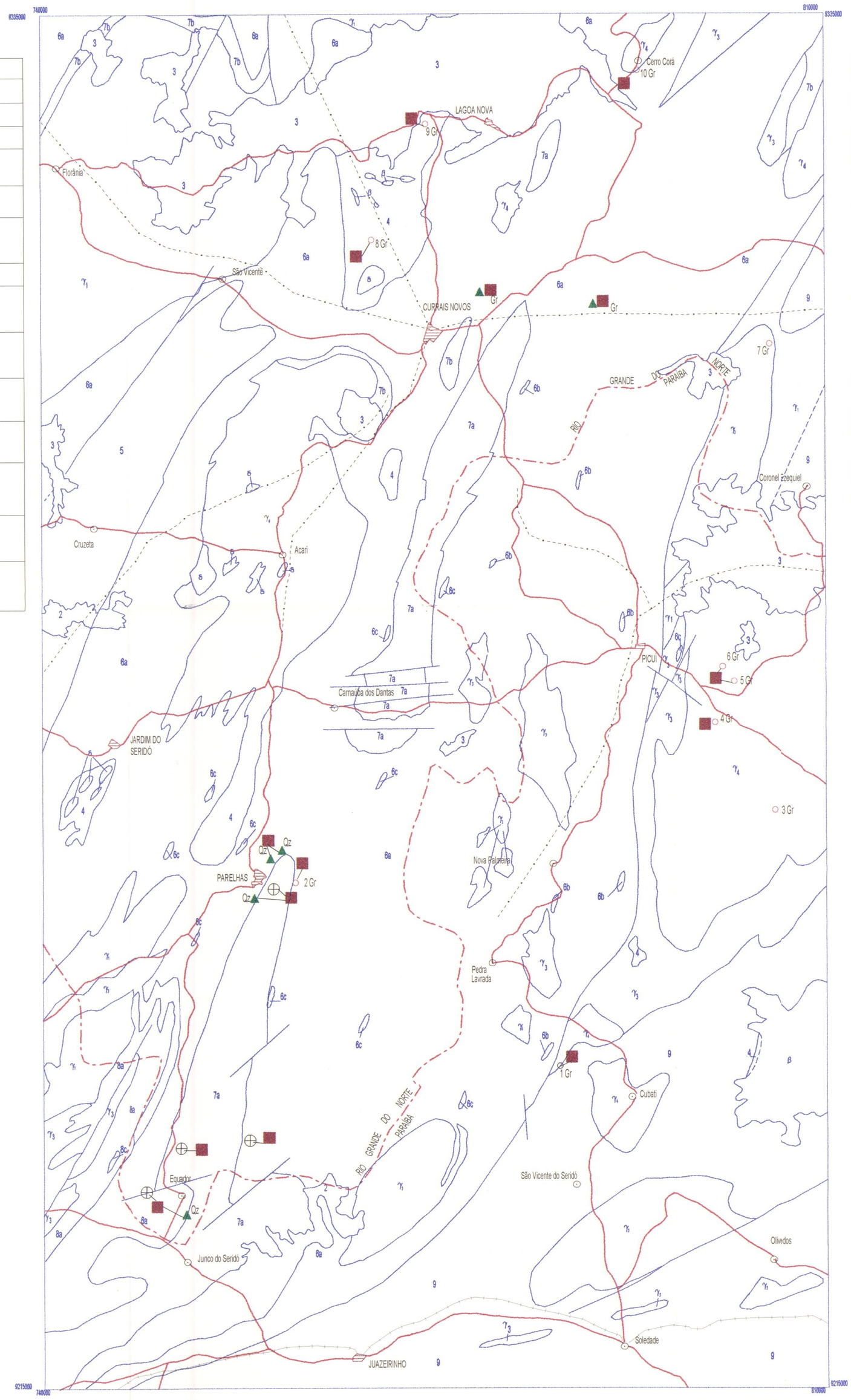
Supervisão Técnica: Carlos Alberto C. Lins

Equipe Executora:
Marcelo Soares Bezerra
Valdecílio Galvão D. Carvalho

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
DIRETORIA DE RECURSOS MINERAIS

AMBIÊNCIA GEOLÓGICA E LITOESTRATIGRÁFICA

1	Aluvião
2	Colúvios / Elúvios, Areias e Cascalhos
3	Formação Serra dos Martins : Arenitos Conglomeráticos e argilosos
β	Basaltos
4	Formação Campos Novos : Argilas e Arenitos Lagunares
5	Sequência Metassedimentar de Cruzeta : Xistos e Filitos
γ_4	Granitóides Brasilianos : Leucogranitos, Sienogranitos e Granitos Porfiróides
ε	Gabros, Noritos e Dioritos
6	Formação Seridó :Xistos (a), Calcários (b), Calcissilicáticas (c)
γ_3	Ortognaisses Quartzo Feldspáticos e Augengnaisses graníticos
7a	Formação Equador: Quartzitos e Conglomerados(a),
7b	Formação Jucurutu: Gnaisses, Quartzitos, Calcários e Calcissilicáticas
γ_1	Suíte Magmática de Caicó e São Vicente: Ortognaisses Tonalíticos, Granodioríticos e Graníticos
8	Complexo Serra dos Quintos: Xistos e Gnaisses(a), Calcários (b), Itabiritos (c)
9	Complexo Presidente Juscelino : Ortognaisses e Anfibolitos



Contato Geológico Definido

Contato Geológico Aproximado

Falha ou Zona de Cisalhamento

Elementos Cartográficos

Rodovia

Ferrovia

Zona Urbana-Pequena

Zona Urbana-Grande

Limite Interestadual

Linha de Força

ATIVIDADE MINERÁRIA

DEPÓSITOS	
1	Cogran
2	Boqueirão
3	Baraúna
4	Pedreira
5	Volta
6	Lajedo Grande
7	Bardo
8	Pico do Açude
9	Antônio Pedro
10	Cerro Corá

Areas de produção intensiva de Pedra de Talhe

TIPOS PRODUZIDOS

Gr- Granito

Qz- Quartzito

PLANTAS DE BENEFICIAMENTO

USOS INDUSTRIAIS

Construção Civil

CARACTERISTICAS DAS ROCHAS ORNAMENTAIS

GRANITOS HOMOGÊNEOS

γ_4 Rochas cristalinas homogêneas (isotropicas), granulação fina a média, textura porfirítica ou granular, cor cinza, rosea, branca.

GRANITOS ORIENTADOS

γ_3 e 9 Rochas cristalinas , orientadas, estrutura gnaissica, textura porfiroblastica, cor cinza,rósea.

γ_1 Rochas cristalinas, orientadas, estrutura gnaissica, textura granular, cor cinza clara/escura.

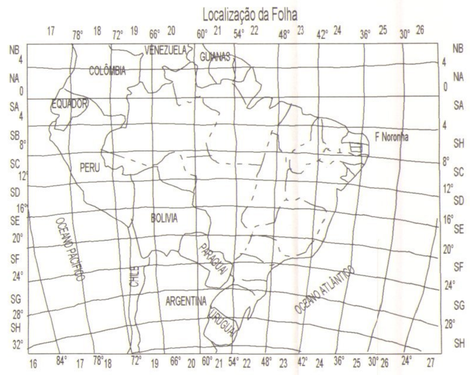
QUARTZITOS

7 Rochas cristalinas, laminares ou conglomerática,cores variadas.

MAPA DAS ROCHAS ORNAMENTAIS E PEDRA DE TALHE

NA REGIÃO DO SERIDÓ-PB/RN

Localização da Folha



5 0 5 10 km

ESCALA 1:250.000

1997

MAPA II

Articulação das Folhas

MORADA NOVA SB. 24-X-C	MOSSORÓ SB. 24-X-D	NATAL SB. 25-V-C
SOUSA SB. 24-Z-A	CAICÓ SB 24-Z-B	GUARABIRA SB. 25-V-A
SERRA TALHADA SB. 24-Z-C	PATOS SB 24-Z-D	JOÃO PESSOA SB. 25-Y-C

CPRM

Base cartográfica extraída das Folhas SB.24-ZB e SB.24-ZD editadas pelo convênio DNPM-Projeto RADAMBRASIL e Diretoria do Serviço Geográfico do Exercito. Origem da Quilometragem UTM. Equador e Meridiano 39 ° WGr, acrescida as constantes de 10.000 Km e 500 Km, respectivamente. Dados relativos à geologia extraídos dos relatórios dos Projetos Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais, folhas Caicó e Patos, executados pela CPRM.

Projeto concebido e executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, Superintendência Regional do Recife, sob supervisão do Departamento de Recursos Minerais

Supervisão Técnica: Carlos Alberto C. Lins

Equipe Executora:
Marcelo Soares Bezerra
Valdecílio Galvão D. Carvalho