

Luciana Geada Soares de Souza

UTILIZAÇÃO DE NEFELINA SIENITO NA INDÚSTRIA DE VIDRO

Trabalho de Conclusão de Curso
(Bacharelado em Geologia)

UFRJ
Rio de Janeiro
2009



UFRJ

Luciana Geada Soares De Souza

UTILIZAÇÃO DE NEFELINA SIENITO NA INDÚSTRIA DE VIDRO

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador:

PROF. JOSÉ MÁRIO COELHO

Rio de Janeiro
SETEMBRO /2009

Souza, Luciana Geadá Soares de
Utilização de Nefelina Sienito na Indústria de Vidro/
Luciana Geadá Soares de Souza - - Rio de Janeiro: UFRJ /
IGeo, 2009.

29 p. : il.; 30cm

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em
Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2009.

Orientador: José Mário Coelho

1. Geologia. 2. Geologia Econômica – Trabalho de
Conclusão de Curso. I. Coelho, José Mário. II. Universidade
Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências,
Programa de Pós-graduação em Geologia. III. Título.

Luciana Geada Soares de Souza

UTILIZAÇÃO DE NEFELINA SIENITO NA INDÚSTRIA DE VIDRO

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador:

Prof. José Mário Coelho

Aprovada em: 17 de setembro de 2009

Por:

Orientador: Dr. José Mario Coelho, UFRJ

Dr. João Alves Sampaio

Prof. Dr. Julio Cezar Mendes

UFRJ
Rio de Janeiro
2009

Agradecimentos

Agradeço principalmente a Universidade Federal do Rio de Janeiro, pelo aprendizado em geologia, aos meus professores, principalmente o meu orientador José Mario Coelho e ao geólogo Ítalo Marques. Gostaria de agradecer também aos meus amigos e aos meus familiares que me ajudaram nesta fase de minha vida.

RESUMO

SOUZA, Luciana Geada Soares. **Utilização de Nefelina Sienito na Indústria de Vidro**, 2009. 38 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Este trabalho analisa a utilização da rocha nefelina sienito na indústria de vidro situada nos estados de Rio de Janeiro e São Paulo. Analisam-se as vantagens, especialmente como substituta do feldspato, as especificações para o seu uso e os mercados consumidor e produtor. Também foi feito um breve estudo sobre o contexto geológico da área estudada. Realizou-se uma busca no portal do DNPM, para se ter conhecimento das empresas requerentes produtoras ou potenciais entrantes deste insumo. A nefelina sienito é uma rocha em geral rica em feldspato sódico, livre de quartzo, com a ocorrência de minerais ferromagnesianos. Esta rocha cada vez mais é utilizada como fonte de álcalis, que diminuem a temperatura de fusão e favorecem a vitrificação. Como é uma fonte de alumina aprimora a resistência do vidro. Verifica-se que alguns setores vidreiros, como de embalagens, além de apresentar um baixo crescimento, vêm utilizando sucata de vidro, o que acarreta um baixo consumo de matérias-primas virgens.

Palavras-chave: Nefelina sienito; Indústria de vidro; substitutos do feldspato

ABSTRACT

SOUZA, Luciana Geada Soares. **Utilization of Nepheline Syenite in Glass Industry**, 2009. 38 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

This paper analyzes the use of the nepheline syenite rock in glass industry located in the states of Rio de Janeiro and Sao Paulo. It analyzes the advantages, especially as a substitute for feldspar, the specifications for its use and consumer and producer markets. It was also made a brief study on the geological context of the study area. It was performed a search on the DNPM's portal, to have knowledge of the applicant companies producers or potential entrants of this input. The nepheline syenite is a rock in general rich in sodium feldspar, free of quartz, with the presence of ferromagnesian minerals. It is increasingly used as a source of alkali, which diminish the melting temperature and promote the vitrification. As it is a source of alumina, enhances the resistance of the glass. It appears that some sectors of glassware, such as packaging, while maintaining a low growth, have been using scrap glass, resulting in a low consumption of virgin materials.

Key-Words: nepheline syenite; Glass industry; feldspar substitutes

LEGENDA DE TABELA

Tabela 1. Análise Química e Granulométrica do Nefelina.....	3
Tabela 2. Composição química de Nefelina Sienito típica para vidro na Noruega e Canadá (%) ...	3
Tabela 3. Uma comparação de diferentes fontes de alumínio na cerâmica e vidro.	7
Tabela 4. Especificações (% em peso) dos feldspatos da Mineração Jundu Ltda.	8
Tabela 5. Análise química dos principais tipos de rochas do Complexo Passa Quatro.	15
Tabela 6. Principais Produtores Mundiais.	16
Tabela 7. Preços internacionais de nefelina sienito 2009.	17
Tabela 8. Preços Internacionais de Feldspato para vidro 2009 (US\$/t).	17
Tabela 9. Quantidade e valor da produção mineral comercializada – 2005.	18
Tabela 10. Dados obtidos no portal do DNPM sobre o estado de São Paulo.	20
Tabela 11. Dados obtidos no portal do DNPM sobre o estado do Rio de Janeiro.	21
Tabela 12. Reservas Brasileiras de Leucita e Nefelina Sienito- 2005.	21
Tabela 13. Desempenho Global do Setor Vidreiro relativo ao ano de 2008.	25
Tabela 14. Capacidade Instalada do Setor de Vidro no Brasil (mil t/ano)	25
Tabela 15. Índice de reciclagem de vidro no Brasil	26

LEGENDA DE FIGURA

Figura 1. Estado de São Paulo, mostrando o município de Lavrinhas.	9
Figura 2. Mapa Geológico da região estudada.	12
Figura 3. Mapa geológico mostrando os Complexos Passa Quatro e Itatiaia	14
<i>Fonte: Enrich et. al., 2005</i>	14
Figura 4. Principais empresas produtoras e valor da produção comercializada de feldspato, nefelina sienito e leucita- 2005.	19
Figura 5. Diagrama do beneficiamento de nefelina sienito da Unimin.	22
Figura 6. Distribuição da Produção de Vidro por Região – 1999.	24
Figura 7. Perfil do segmento de vidros.	24

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
SUMÁRIO.....	i
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo	1
1.2 Metodologia.....	1
1.3 Características da Rocha Nefelina Sienito.....	2
1.3.1 Análise Química e Mineralógica.....	3
1.3.2 Aplicações do nefelina sienito.....	4
1.3.3 Vantagens da utilização de nefelina na indústria vidreira.....	4
1.3.4 Especificações de nefelina sienito para o uso na indústria de vidro.....	5
2. ÁREA DE ESTUDO	8
3. GEOLOGIA DAS ROCHAS ALCALINAS DO SUDESTE DO BRASIL	9
4. GEOLOGIA LOCAL	13
5. MERCADO PRODUTOR DE NEFELINA SIENITO	15
5.1 Principais Produtores Mundiais.....	15
5.2 Produção Brasileira.....	17
5.3 Potencial de Produção de Nefelina Sienito no Rio de Janeiro e São Paulo.....	19
6. RESERVA BRASILEIRA	21
7. LAVRA E PROCESSAMENTO	22
8. ANÁLISE DO MERCADO CONSUMIDOR	23
9. CONCLUSÃO.....	27
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

O nefelina sienito é uma rocha ígnea plutônica que constitui um importante insumo na produção de vidro, tendo também outras aplicações como nas indústrias de cerâmica, de pigmento e cargas, na produção de agregados para indústria civil e de rocha ornamental, inclusive na produção de cimento *portland*.

Na fabricação do vidro, o nefelina sienito provém álcalis e alumina a baixo custo. A alumina atua como um estabilizador que aprimora a resistência térmica do vidro, a resistência à ruptura e corrosão, aumenta a durabilidade química e a viscosidade dos vidros e inibe a desvitrificação. É também utilizada cada vez mais como fonte de álcalis, porque favorece a vitrificação em temperaturas menores o que diminui o consumo de combustível (Sampaio, 2008).

1.1 Objetivo

Este trabalho tem por finalidade o estudo dos mercados produtor e consumidor de nefelina sienito para o setor de vidro nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo. As vantagens, como substituto do feldspato na indústria de vidro, também são abordados.

1.2 Metodologia

Foi efetuada uma pesquisa bibliográfica sobre a geologia regional dos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, com ênfase nas rochas alcalinas, bem como um levantamento das aplicações do nefelina sienito na fabricação do vidro.

Com o propósito de verificar a situação das empresas que possuem portaria de lavra e as que requereram áreas para pesquisar nefelina sienito foi feita uma pesquisa no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Uma análise das características físicas do nefelina sienito e do potencial econômico na indústria vidreira, foi feito um estudo do mercado consumidor segundo o levantamento das empresas fabricantes de vidro e também pelos dados obtidos na empresa Nefelina Brasil Mineração, resultante da parceria do grupo fornecedor e cliente, respectivamente, o Gruppo Minerali do Brasil e o Grupo Saint-Gobain, maior fabricante de vidro do País.

1.3 Características da Rocha Nefelina Sienito

O nefelina sienito é uma rocha ígnea plutônica com coloração clara, com grãos holocristalinos variando de médios a grossos, composta principalmente de nefelina, feldspato sódico (albita) e álcali feldspato (ortoclásio, microclina), com ausência de quartzo (McLemore, 2006). Há ocorrência de minerais ferromagnesianos, como piroxênio sódico, anfibólio alcalino e biotita (Sampaio *et. al.*, 2008). Como minerais acessórios, ocorrem sodalita, augita, aegerina, biotita, hornblenda, titanita, zircão, óxidos de ferro (magnetita), apatita, granada e outros minerais ricos em álcalis ou elementos terras raras (McLemore, 2006).

Esta rocha costuma ocorrer em corpos intrusivos, de forma irregular, com textura granítica, geralmente resultante de magmas alcalinos não saturados em sílica (Sampaio *et. al.*, 2008).

1.3.1 Análise Química e Mineralógica

Na Tabela 1 constam os dados obtidos da empresa Nefelina Brasil Mineração, situada em Lavrinhas/SP, sobre a análise química e granulométrica do nefelina encontrada na mina em estudo:

Tabela 1
Análise química e granulométrica da nefelina.

Óxidos	Porcentagem	mm	% retida
Al ₂ O ₃	20,18	-	-
Fe ₂ O ₃	0,25	0, 850	0,20
SiO ₂	64,52	0, 600	15,00
TiO ₂	0,14	0, 250	55,00
Na ₂ O	6,65	0, 150	80,00
K ₂ O	7,74	0, 106	87,00
CaO	0,50	0, 075	92,00
MnO	0,01	0, 045	97,00
MgO	0,01	-	100,00

Fonte: Nefelina Brasil Mineração, 2009.

Para comparação com a rocha lavrada na mina de Lavrinhas/São Paulo, a Tabela 2 mostra as análises químicas de rochas extraídas em minas situadas no Canadá e na Noruega. Observa-se que nesses dois países a rocha apresenta teores de Al₂O₃ e Na₂O mais elevados comparados às brasileiras, enquanto os teores de K₂O são inferiores. Verifica-se também que a soma dos álcalis é menor na amostra brasileira, em torno de 25% quando comparada à da Noruega.

Tabela 2
Composição química de nefelina sienito típica para vidro na Noruega e Canadá (%)

Composição Química	Valor A Unimin, Canadá	Valor B Unimin, Canadá	North Cape, Noruega
Al ₂ O ₃	23,5	23,4	24,2
Fe ₂ O ₃	0,08	0,35	0,1
SiO ₂	60,2	60,1	55,9
Na ₂ O	10,6	10,5	7,9
K ₂ O	5,1	4,9	9,0
CaO	0,3	0,3	1,3
MgO	Traço	Traço	Traço
P ₂ O ₅	-	-	0,1
P.F.	0,4	0,3	1,0

Fonte: McLemore, 2006.

1.3.2 Aplicações do Nefelina Sienito

Os principais usuários de nefelina sienito são as indústrias de vidro e de cerâmica. Porém existem outras aplicações, como na produção de carbonatos de sódio e potássio, cimento portland, na obtenção de agregados para construção civil e em pigmentos e cargas. O uso como agregado para construção civil se deve à rocha conter pouca sílica, o que promove uma maior resistência a altas temperaturas do que o granito, que geralmente é utilizado (Sampaio *et. al.*, 2008). A alta resistência às intempéries permite o uso em agregados de concreto, material de rodovias, asfalto e enrocamento (McLemore, 2006).

1.3.3 Vantagens da Utilização de Nefelina na Indústria Vidreira

O nefelina sienito fornece álcalis que funcionam como um agente de fluxo, reduzindo a temperatura de fusão da mistura, fazendo com que este processo ocorra com maior rapidez e com isso poupe combustível (Guillet 1994, *apud* McLemore, 2006). Reduzindo-se a temperatura de fusão da mistura, reduz-se também a quantidade de carbonato de sódio (Na_2CO_3) a ser adicionado e isso gera uma grande redução de custos. Proporciona-se então, uma diminuição da viscosidade, fazendo com que a dureza do vidro aumente e o tornando mais resistente à ruptura. (McLemore, 2006).

A alumina oriunda do nefelina sienito atua como um estabilizador, na fabricação do vidro, além de promover as resistências: térmica do vidro, à ruptura e corrosão, ao ataque químico além de promover a viscosidade dos vidros e inibir a desvitrificação. A participação da alumina (Al_2O_3) na mistura varia entre 2 e 15%, dependendo do tipo de vidro (Sampaio *et. al.*, 2008).

As vantagens da nefelina em relação ao feldspato potássico são que ela tem melhor e maior quantidade de álcalis, maior teor de alumina, melhor localização da jazida e beneficiamento (Nefelina Brasil Mineração, 2009), como no caso deste trabalho, que se situa no município de Lavrinhas, estado de São Paulo, proporcionando menor custo de frete, visto que o feldspato, em sua maioria, é procedente da região de Governador Valadares, estado de Minas Gerais. Além disto, o feldspato, oriundo de pegmatitos, possui uma grande variabilidade na sua composição química e física.

Em resumo as vantagens do nefelina para a indústria de vidro são:

- os elevados teores de álcalis (sódio, Na_2O e potássio, K_2O) e de alumina;
- a baixa temperatura de fusão e com isso menor temperatura de trabalho do vidro;
- fusão com mais rapidez, elevando a produção;
- aumento da resistência química e física do vidro;
- redução de uso de carbonato de sódio (barrilha);
- redução no consumo de combustível;

O conjunto desses fatores proporciona uma redução do custo de produção de vidro utilizando-se o nefelina sienito.

1.3.4 Especificações de Nefelina Sienito para o Uso na Indústria de Vidro

As especificações da matéria-prima utilizada na indústria de vidro baseiam-se no processo produtivo e nas exigências do mercado em relação ao produto. Por isso deve-se haver um controle das características químicas e físicas, e em relação à existência de voláteis e materiais refratários.

Dentre outros fatores destacam-se os seguintes:

- O teor de ferro da rocha deve ser baixo isto é, não deve ultrapassar 0,1% de Fe_2O_3 , com um valor máximo de 0,35%, no caso da produção de vidro verde, âmbar e fibra de vidro, por exemplo, visto que nesses casos o controle da coloração é menor (Harben, 1996). Para a remoção dos minerais contendo ferro, como magnetita e hidróxidos de ferro, usa-se separação magnética, mas quando o ferro está em forma de sulfetos, há maior dificuldade, realizando-se processos de flotação e lixiviação (França e Sampaio, 2002 *apud* Sampaio *et. al.*, 2008).
- A rocha não deve conter coríndon, com granulometria acima de 0,42 mm (Sampaio, 2008). Coríndon, assim como zircão, possui temperatura de fusão elevada, podendo não fundir e danificar o produto final.
- Os valores de alumina e álcalis devem ser os mais altos possíveis. O essencial é que o nefelina sienito contenha 14% de álcalis e 23% de alumina.
- A rocha não deve conter cromita, zircônio e cassiterita com granulometria superior a 0,25 mm (Sampaio, 2008).
- Não deve possuir minerais refratários, pois estes podem causar danos na estética do produto final. Isso ocorre por eles serem resistentes às temperaturas de fusão (temperaturas até 1.600°C), não fundindo ou fundindo parcialmente, mantendo-se no vidro como pelotas (Harben, 1995).
- É essencial também a ausência de caulim ou espinélio com granulometria superior de 0,84 mm; grãos de quartzo com granulometria maior que 1,19 mm; e silicatos de alumínio, como sillimanita, mulita, cianita, andalusita, com granulometria superior a 0,60 mm (Sampaio, 2008).
- A ocorrência de fluorita é indesejável, visto que o flúor dificulta a vitrificação (Kendall, 1993).

É importante ressaltar que a matéria-prima deve conter suas características químicas e físicas uniformes que favorece a indústria na obtenção do mesmo produto final com simplicidade do processo. Essas características podem variar de acordo com a sua origem, o tipo de beneficiamento utilizado, o processo de produção dos bens de consumo, dentre outros.

1.3.5 Minerais Substitutos do Nefelina Sienito

Nas indústrias vidreira e cerâmica, um importante substituto de nefelina sienito é o feldspato. O feldspato é usado como fonte de Al_2O_3 , Na_2O e/ou K_2O , e SiO_2 . Areias de aplito e de quartzo-feldspato podem ser usados em alguns casos. A escolha entre feldspato e nefelina sienito está ligado ao preço, que depende da localização da jazida e dos custos de transporte (McLemore, 2006).

A Tabela 3 compara diferentes fontes de alumínio, como nefelina sienito, feldspato sódico e potássico e aplito com baixo teor de ferro, para utilização nas indústrias de cerâmica e vidro. Observa-se que nefelina sienito possui maior teor de K_2O e Na_2O do que o feldspato sódico e maior teor de Al_2O_3 do que todas as outras substâncias.

Tabela 3
Uma comparação de diferentes fontes de alumínio na cerâmica e vidro.

Óxidos	Nefelina sienito	Feldspato sódico	Feldspato potássico	Aplito com baixo teor de ferro	Escória calumite
SiO_2	61,40	67,54	67,04	63,71	38,8
Al_2O_3	22,74	19,25	18,02	21,89	10,5
Fe_2O_3	0,06	0,06	0,04	0,09	0,3
CaO	0,70	1,94	0,38	0,48	38,5
MgO	traço	Traço	traço	traço	1,4
K_2O	4,95	4,05	12,10	2,37	0,5
Na_2O	9,54	6,96	2,12	5,60	0,4
P.F.	0,60	0,13	0,30	0,21	1,1 (S cpds)

Fonte: Harben (1995).

Na Tabela 4 consta a composição química de três tipos de feldspato utilizados como substituto do nefelina sienito, que eram produzidos pela Mineração Jundu, pertencente a Saint Gobain, até a criação da Nefelina Brasil Mineração.

Tabela 4
Especificações (% em peso) dos feldspatos da Mineração Jundu Ltda.

Especif./ Produto	F 20/18 G⁽¹⁾	F 20/23 G⁽²⁾	F 28/18 G⁽³⁾
P.F.	0,70	0,530	0,580
SiO ₂	67,50	70,00	67,50
Al ₂ O ₃	18,00	17,00	18,00
Fe ₂ O ₃	0,10	0,19	0,10
Na ₂ O + K ₂ O	14,00	12,20	14,00
CaO	0,20	0,20	0,20
TiO ₂	0,010	0,010	0,010
MgO	0,10	0,10	0,10
P ₂ O ₅	0,20	0,20	0,20
Umidade	0,010	0,250	0,200

Obs. (1) Feldspato Tipo I # 20 Granel; (2) Feldspato Tipo IV # 20 Granel; (3) Feldspato Tipo III # 28 Granel.

Fonte: Luz *et. al.*, 2008.

Comparando as Tabelas 3 e 4, observa-se que o nefelina sienito possui maior teor de Na₂O + K₂O (14,49 %) e Al₂O₃ (22,74%) do que os feldspatos relacionados na Tabela 4, já demonstrando vantagem na sua utilização perante os feldspatos.

No uso como carga, alguns minerais industriais substitutos do nefelina sienito destacam-se: caulim, feldspato, carbonato de cálcio, talco, sílica, dentre outros (Sampaio, 2008).

2. ÁREA DE ESTUDO

Foi realizado na mina situada no município de Lavrinhas/SP (Figura 1), cujas seguintes coordenadas geográfica são latitude 22°34'15" sul e longitude 44°54'08" oeste.



Figura 1. Estado de São Paulo, mostrando o município de Lavrinhas.
Fonte: WIKIPÉDIA, 2009

3. GEOLOGIA DAS ROCHAS ALCALINAS DO SUDESTE DO BRASIL

Os complexos alcalinos com idade Cretáceo superior ao Paleoceno e enxames de diques intrusivos no embasamento da Faixa Ribeira (Machado *et. al.*, 1996), constituindo a Província Alcalina da Serra do Mar (Brotzu *et. al.*, 1995 *apud*, Enrich, *et. al.* 2005). Esses complexos alcalinos são tectonicamente relacionados ao Rifteamento Continental do Sudeste do Brasil, que se desenvolveu dentro do Faixa Ribeira (gnaisses, migmatitos, granulitos bandados e anfibolitos) indicando sistemas transcorrentes ENE a E-W reativados durante a quebra do Gondwana (Enrich *et. al.*, 2005).

Esse contexto geológico parece ser bem distinto do bloco Guaxupé, o segmento norte da *nappe* Socorro-Guaxupé (Almeida *et. al.*, 2000 *apud*, Enrich *et. al.*, 2005), onde se localiza

Poços de Caldas, o maior complexo alcalino brasileiro, que abrange uma área de 800 km². Na verdade, a estrutura do Bloco Guaxupé separa a Faixa Brasília da Faixa Ribeira.

O complexo da Província da Serra do Mar é condicionado por dois alinhamentos, seguindo sistemas estruturais de rifteamento ao longo do alinhamento de Cabo Frio (Almeida, 1991 *apud*, Enrich *et. al.*, 2005) e ao longo da linha de costa, paralelo à falha de Santos (Alves & Gomes, 2001 *apud*, Enrich *et. al.*, 2005), onde ocorrem alguns dos maiores complexos sieníticos alcalinos brasileiros: Itatiaia, Passa Quatro e Ilha de São Sebastião (Figura 2).

O Complexo Itatiaia (22°23'S, 44°40'W) forma um corpo elipsoidal NW-SE abrangendo uma área de 220 km² e atingindo uma altura de 2.787 m (Pico das Agulhas Negras, o ponto mais alto do sudeste do Brasil). O Complexo consiste de um conjunto de tipos de rochas sieníticas variando de sienitos subsaturados em sílica e nefelina sienito a quartzo sienito e granito na parte interior. Escassos fonolito, traquito e diques máficos intrusivos no complexo (Thompson *et. al.*, 1998 *apud*, Enrich *et. al.*, 2005).

As idades foram datadas utilizando o método K-Ar, resultando numa idade média entre 70.5±3.3 Ma (biotita) a 72±6 Ma, (Montes-Lauar *et. al.* 1995 e Brotzu *et. al.* 1997 *apud*, Enrich *et. al.*, 2005), de análises compiladas e recalculadas por Sonoki e Garda (1988).

O Complexo Passa Quatro (22°25'S, 44°45'W) mostra uma forma subcircular, com uma área de 165 km² e atingindo até 2.780 m de altitude. Os tipos de rocha dominantes são nefelina sienito, intrusa por brechas alcalinas polimictíticas e diques fonolíticos com predominância de direções NE-SW. A idade K-Ar é de 67±3 Ma.

A Ilha de São Sebastião (23°50'S, 45°20'W) constitui um remanescente do embasamento granítico intrudido por três *stocks*¹ sieníticos: Serraria (65 km²), São Sebastião (55 km²) e Mirante (16 km²). Eles formam uma estrutura zonada com condições ácidas (quartzo sienito) nas bordas (Bellieni *et. al.*, 1990 *apud*, Enrich *et. al.*, 2005). Na região NNW,

¹ Intrusão plutônica de dimensões variando de 100 m a 100 Km² com área aflorante ou com área de afloramento potencial por erosão.

gabros acamadados ocorrem em Ponta da Pacuíba e Canas mostrando transições de suíte toleítica a alcalina, e afinidade alcalina na Praia da Armação. Essas ocorrências se estendem por menos de 1 km², com seus produtos de diferenciação (peridotitos, piroxenitos, leucogabros e anortositos), perto do *stock* Serraria (Lima, 2001 *apud*, Enrich *et. al.*, 2005). Na região sul, também ocorrem gabros acamadados com suítes variando de toleíticas a alcalinas, e com mergulho direcionado ao *stock* São Sebastião (Augusto, 2003 *apud*, Enrich *et. al.*, 2005).

Os corpos sieníticos e grabóicos exibem uma média de idade K-Ar (biotita) de 84±3 Ma, (Bellieni *et. al.* 1990 e Montes-Lauar *et. al.* 1995) com base em dados anteriores elaborados e recalculados por Sonoki & Garda (1988). A idade das rochas com o método Rb-Sr é de 81±3 Ma e foi determinada por Montes-Lauar *et. al.* (1995).

Diques subalcalinos do Cretáceo Inferior, composto de rochas básicas e ácidas, seguem predominantemente a direção NE com espessura variável (2-50 m) e extensão (2-15 km). No Cretáceo Superior ocorrem lamprófiro picritico (na linha de costa, perto da Ilha de São Sebastião), basanito, traquito e diques de fonolito tem atitude prevalecente NW, e 0,5-3 m de espessura e uma extensão de poucas centenas de metros (Garda *et. al.*, 1995 *apud* Enrich *et. al.* 2005). Notavelmente alguns diques alcalinos intrusivos nos *stocks* sieníticos, com idade K-Ar de 78±8 a 83±6 Ma (Sonoki & Garda, 1988), assim, constituem a mais nova atividade magmática na Ilha de São Sebastião.

Na Figura 2 consta o mapa geológico da região estudada.

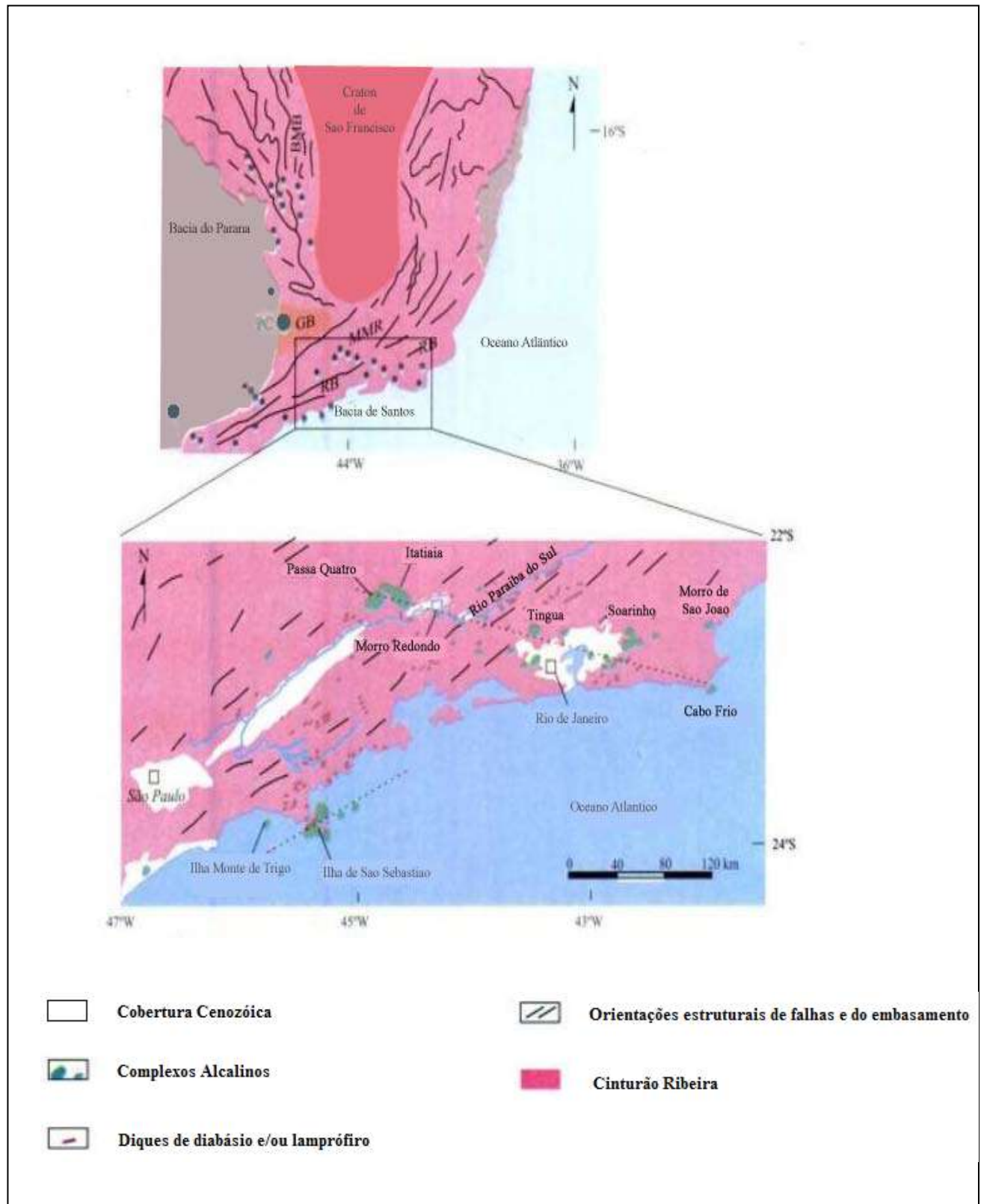


Figura 2. Mapa Geológico da região estudada.
 Fonte: Enrich *et. al.*, 2005

4. GEOLOGIA LOCAL

A área estudada se insere no contexto geológico do Complexo Passa Quatro. Os principais tipos de rocha são *hypersolvus*² nefelina sienito, caracterizada por abundantes cristais de álcali feldspatos com quantidades variáveis de nefelina intersticial a eudral e rara sodalita e analcita. Em raros tipos *subsolvus*³, plagioclásio aparece associado por largos arcos de álcali feldspato. As rochas possuem grãos médios a grossos, com predominância de textura hipidiomórfica e levemente porfirítica. Existem variações locais de textura, com grãos finos ou camadas de nefelina sienito traquíticos. Minerais máficos (<10% volume) com destaque para o clinopiroxênio (augita e aegerina), anfibólio (pargasita a hastingsita hornblenda, geralmente com sobrecrecimento, sobre o clinopiroxênio) e ocasionalmente biotita. Minerais acessórios são Ti-magnetita, titanita e apatita (Enrich *et. al.*, 2005).

Diques de fonolito possuem três principais variantes: 1) variedade afanítica, contendo sanidina, nefelina, clinopiroxênio, anfibólio, titanita e menores quantidades de biotita, opacos e apatita; 2) porfiríticos, com fenocristais de sanidina, biotita, opacos e ocasionalmente pseudoleucita em uma matriz de nefelina, álcali feldspato e plagioclásio subordinado com apatita e titanita e 3) fenocristais de sanidina, nefelina e subordinados clinopiroxênios verdes, anfibólio e titanita em uma matriz dos mesmos minerais.

Brechas magmáticas são polimiticas, com clastos angulares e subangulares de feldspato e megacristais de clinopiroxênio e tipos líticos félsicos vulcânicos/subvulcânicos, com grãos finos a uma matriz fonolítica (Enrich *et. al.*, 2005).

Na Figura 3 ilustra-se o Mapa Geológico do Complexo Passa Quatro.

² Rochas que se cristalizam a baixas pressões de H₂O que ainda não formaram pertitas

³ Rochas que se cristalizam formando dois tipos de álcali-feldspato, gerando pertitas.

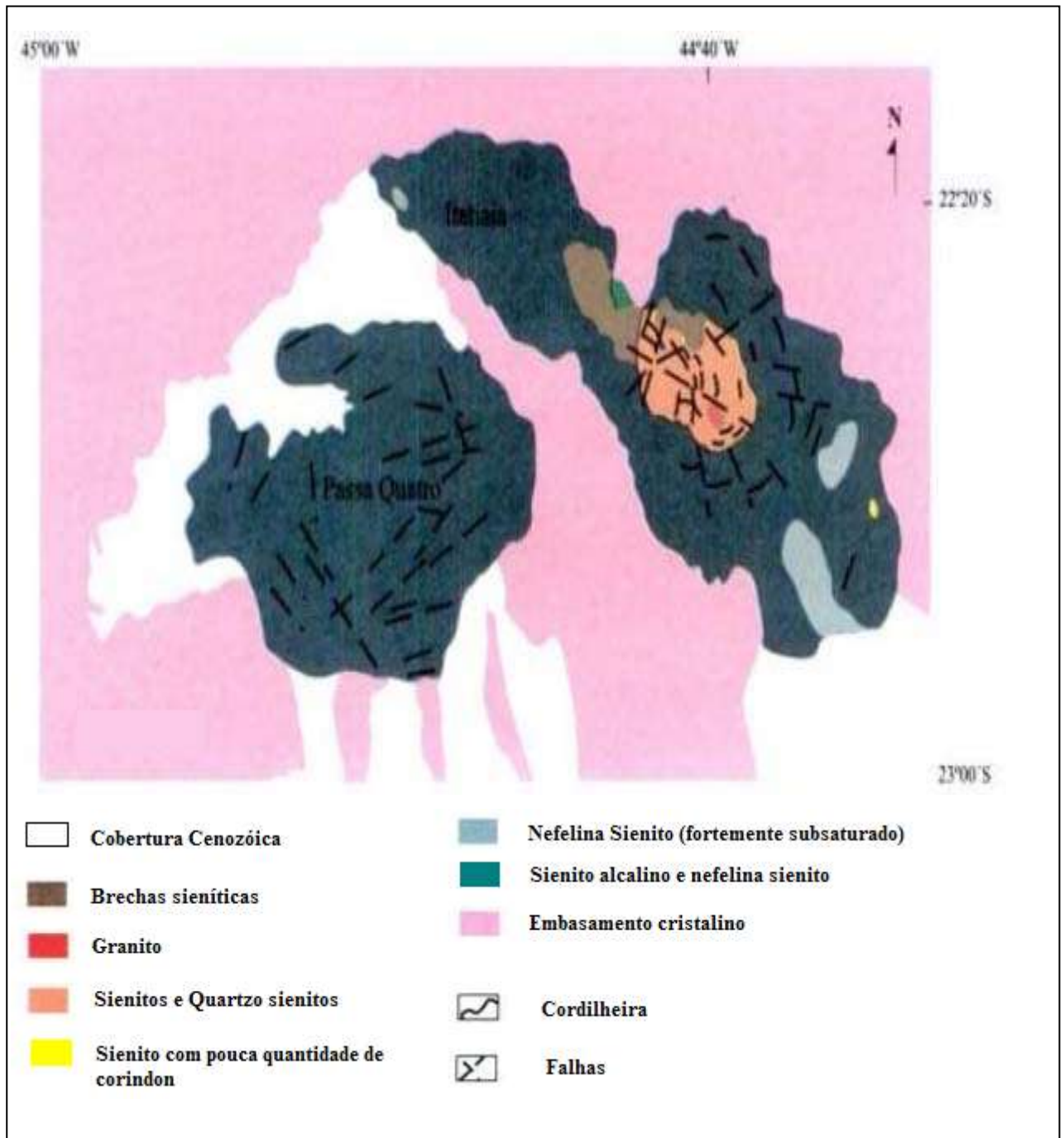


Figura 3. Mapa Geológico mostrando os Complexos Passa Quatro e Itatiaia.
 Fonte: Enrich *et. al.*, 2005

Na Tabela 5 estão relacionados os resultados da análise química dos principais tipos de rochas do complexo Passa Quatro.

Tabela 5
Análise química dos principais tipos de rochas do Complexo Passa Quatro.

% dos Óxidos	Nefelina Sienito	Diques de Fonolito
SiO ₂	60,29	57,77 (3,06)
TiO ₂	0,73	0,82 (0,12)
Al ₂ O ₃	19,98	20,42 (1,02)
FeO _{total}	2,09	2,38 (0,37)
MnO	0,19	0,17 (0,01)
MgO	0,41	0,40 (0,31)
CaO	1,39	1,71 (0,11)
Na ₂ O	6,82	6,21 (0,91)
K ₂ O	7,03	7,96 (0,41)
P ₂ O ₅	0,08	0,12 (0,04)
P.F.	0,75	1,74 (1,70)

Fonte: Enrich, *et. al.*, 2005, modificado.

5. MERCADO PRODUTOR DE NEFELINA SIENITO

5.1 Principais Produtores Mundiais

Depósitos de nefelina sienito ocorrem em todo o mundo, entretanto, o teor de ferro desses depósitos atinge nível elevado que torna o bem mineral tecnicamente inaproveitável para a sua utilização na fabricação de vidro.

Os maiores depósitos do mundo estão localizados no Canadá e na Noruega, porém o maior produtor de nefelina sienito é a Rússia, onde a rocha é utilizada na obtenção de alumina, subprodutos de sódio, potássio e cimento Portland. Os depósitos da Rússia, entretanto, são geralmente muito ricos em ferro para o uso em vidro (McLemore, 2006).

Os principais produtores em nível mundial de nefelina sienito são: Rússia, Canadá e Noruega, como mostra a Tabela 6. Verifica-se que a Unimin era até o aparecimento da Nefelina Brasil Mineração, a maior produtora de nefelina para a indústria de vidro.

Segundo Sampaio *et. al.*, (2008), a Noruega e Canadá produz um concentrado de nefelina sienito destinado à indústria de vidro em cerca de 70%. A produção destinada à cerâmica é de 15% no Canadá e 28% na Noruega e destinada à carga mineral é de 2% na Noruega e 15% no Canadá. Na Rússia a produção se destina à obtenção de alumina.

Tabela 6
Principais produtores mundiais.

Mina	Empresa	Capacidade (t/ano)	Método de Lavra
Blue Mountain, Ontário, Canadá	Unimin	700.000	Céu aberto
North Cape, Stjernoya, Noruega	Unimin	330.000	Subterrânea
Khibiny, Kola, Rússia	Apatit Production	1.500.000	Céu aberto /subterrânea

Fonte: Sampaio, 2008

Os preços de nefelina sienito do Canadá e da Noruega estão ilustrados na Tabela 7. Verifica-se que os preços da Noruega são mais altos que os praticados no Canadá.

Tabela 7
Preços internacionais de nefelina sienito 2009.

Países	Preços
Noruega	
Tipo cerâmico 0.5mm	£ 97*
Tipo vidro 45µm	£ 146*
Canadá	
Tipo cerâmico, 200 malhas	C\$ 85-90*
Tipo vidro, 30 malhas	C\$ 32*

Fonte: Industrial Minerals, 2009.

* £ - Libra Esterlina; C\$ - Dólar Canadense

Em comparação aos preços de nefelina sienito, estão preços de feldspato utilizado na fabricação de vidro nos países Estados Unidos e Turquia, como mostrado na tabela 8.

Tabela 8
Preços internacionais de feldspato para vidro 2009 (US\$/t).

País/tipo de feldspato	Preço
Turquia (feldspato Na) tipo vidro (500 µ)	70
Estados Unidos (tipo vidro)	
30 malhas (Na)	40-52
80 malhas (K)	85-90

Fonte: Industrial Minerals, (2009), adaptado.

Observa-se que no Canadá o preço de nefelina sienito é inferior ao preço do feldspato utilizado na fabricação de vidro, nos Estados Unidos, no ano de 2009.

5.2 Produção Brasileira

Não se possui uma série histórica de produção de nefelina sienito, visto que esta rocha iniciou sua produção e comercialização recentemente.

A produção mineral comercializada de nefelina sienito bruto, em 2005 (Tabela 9) é inferior à beneficiada, e em estados como Ceará e Santa Catarina, só há produção beneficiada.

Os dados relacionados na Tabela 9 são relativos à aplicação do nefelina sienito na indústria de cimento.

Tabela 9
Quantidade e valor da produção mineral comercializada – 2005.

QUANTIDADE E VALOR DA PRODUÇÃO MINERAL COMERCIALIZADA - 2005					
GRUPO/SUBSTÂNCIA/UF	BRUTA		BENEFICIADA		VALOR TOTAL (R\$)
	Quantidade	Valor (R\$)	Quantidade	Valor (R\$)	
LEUCITA E NEFELINA SIENITO	21.004 t	400.180	153.755 t	16.659.110	17.059.290
Ceará	-	-	91.499	2.034.770	2.034.770
Minas Gerais	56	728	-	-	9.679.837
Rio de Janeiro	20.948	399.452	-	-	399.452
Santa Catarina	-	-	56.562	4.945.231	4.945.231

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2006.

O DNPM não diferencia no Anuário Mineral as empresas produtoras de nefelina sienito, leucita e feldspato. As principais empresas produtoras destes minerais (Figura 4) são: Mineração Curimbaba; Mineração Vale do Rio Tijucas Ltda.; Mineração Jundu; Mineração e Pesquisa Brasileira Ltda.; MARC Mineração, Indústria e Comércio Ltda.; OCS Mineração e Empreendimentos Ltda.; INCEPA Revestimentos Cerâmicos Ltda.; Mineração Portobello Ltda.; Mineração Sartor Ltda.; JP Mineração Ltda. As empresas: Mineração Curimbaba, Mineração Vale do Rio Tijucas Ltda. e Mineração Jundu, são as maiores produtoras, totalizando 59,75% do total.

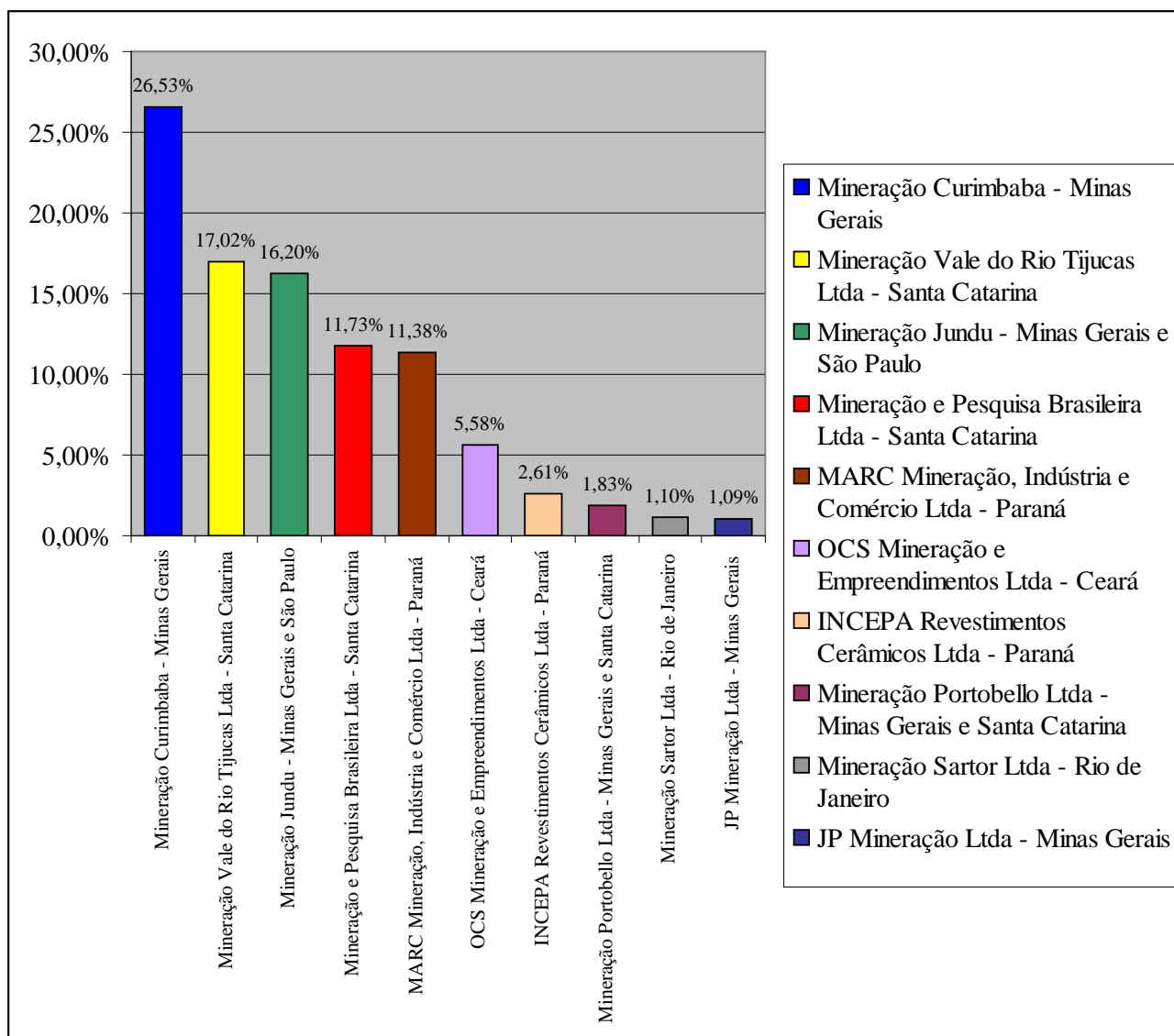


Figura 4. Principais empresas produtoras e valor da produção comercializada de feldspato, nefelina sienito e leucita- 2005.

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2006

5.3 Potencial de Produção de Nefelina Sienito no Rio de Janeiro e São Paulo

As empresas com áreas para pesquisa e futura exploração de nefelina sienito e outras substâncias como nefelina, sienito, nefelina fonolito, fonolito e sienito industrial e suas situações legais, nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, conforme dados relacionados nas Tabelas 10 e 11 (DNPM, 2009).

Tabela 10
Dados obtidos no DNPM sobre o estado de São Paulo.

	Nefelina sienito		Sienito		Fonolito	
	Ativos	Inativos	Ativos	Inativos	Ativos	Inativos
Requerimento de pesquisa	-	1	-	2	-	-
Autorização de pesquisa	-	-	-	8	-	-
Requerimento de Lavra	-	-	1	1	1	1
Concessão de Lavra	-	-	1	1	-	-
Disponibilidade	-	-	-	-	-	-
Licenciamento	-	-	-	-	-	-

Fonte: Cadastro Mineiro, 2009

Não há empresas com concessão de lavra no estado de São Paulo para a substância de nefelina sienito. Existe um processo cadastrado na fase de requerimento de lavra, para a substância sienito, no município de Águas da Prata e um na fase de Concessão de Lavra à Mineração Rio do Braço Ltda., no município de Lavrinhas. A substância fonolito, o equivalente vulcânico do nefelina sienito, possui um processo cadastrado na fase de requerimento de lavra, à Mineração Curimbaba Ltda., nos municípios de Águas da Prata (estado de São Paulo) e Andradas (estado de Minas Gerais). Para as substâncias minerais nefelina, nefelina fonolito e sienito industrial, não existem processos cadastrados.

No estado do Rio de Janeiro há empresas com concessão de lavra, apenas empresas na fase de Autorização de Pesquisa. Os requerentes dos processos nessa fase são: Duque de Caxias Mineração Ltda. e Fernando Fernandez da Cruz. Para as substâncias minerais nefelina, nefelina fonolito, fonolito e sienito industrial, não existem processos cadastrados.

Tabela 11
Dados obtidos no DNPM sobre o estado do Rio de Janeiro.

	Nefelina sienito		Sienito e Nefelina		Sienito	
	Ativos	Inativos	Ativos	Inativos	Ativos	Inativos
Requerimento de pesquisa	-	5	-	4	1	51
Autorização de pesquisa	3	12	1	1	5	31
Requerimento de Lavra	-	-	-	-	-	1
Concessão de Lavra	-	-	1	1	6	7
Disponibilidade	-	7	-	-	1	31
Licenciamento	-	-	-	-	-	1

Fonte: Cadastro Mineiro, 2009

6. RESERVA BRASILEIRA

As reservas medidas de nefelina sienito, em 2005, totalizaram aproximadamente 718.470.670 toneladas, situadas principalmente nos estados: Rio de Janeiro, Santa Catarina e Tocantins. Verifica-se que no estado de São Paulo, na época, não se registravam reservas medidas.

Os dados oficiais das reservas brasileiras do ano de 2005, provenientes do Anuário Mineral Brasileiro estão ilustrados na Tabela 12.

Tabela 12.
Reservas brasileiras de leucita e nefelina sienito- 2005.

Unidade da Federação	Medida (t)	Indicada (t)	Inferida (t)
Ceará	17.526.338	4.625.000	670.000
Minas Gerais	2.483.893	990.563	326.814
Pará	13.257.425	14.807.000	42.015.480
Rio de Janeiro	28.981.231	5.720.000	25.448.000
Santa Catarina	375.088.179	118.900.487	281.314.292
Tocantins	281.133.604	485.284.000	59.004.000
Total	718.470.670	630.327.050	408.778.586

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2006.

7. LAVRA E PROCESSAMENTO

A lavra do nefelina sienito pela Nefelina Brasil Mineração é feita a céu aberto, com desmonte feito por meio de explosivos. O transporte é feito através de caminhões e carregadeiras frontais.

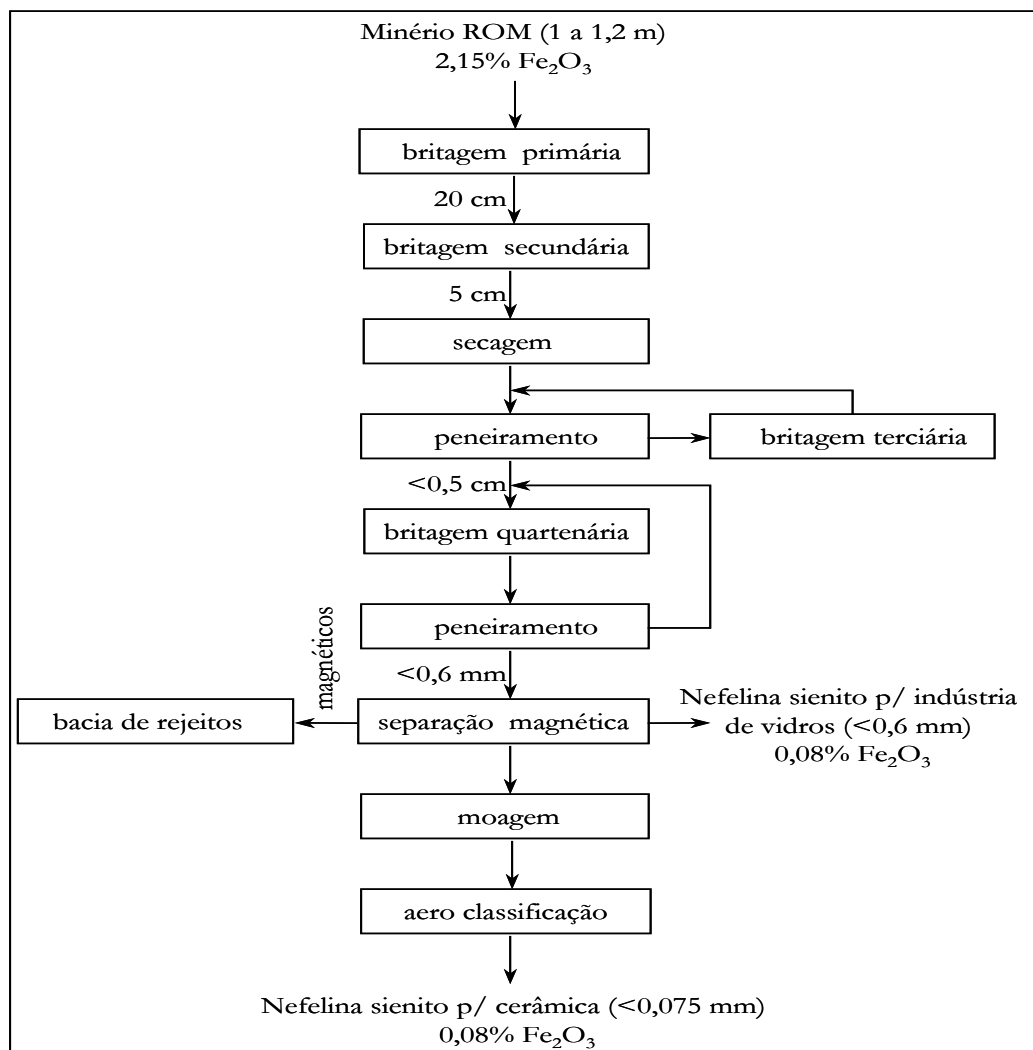


Figura 5. Diagrama de blocos para o beneficiamento de nefelina sienito
Fonte: Sampaio, 2008

Na Figura 5 consta um diagrama de blocos típico para o processamento do nefelina sienito com foco na utilização deste bem mineral na indústria de vidro.

O processamento de nefelina sienito começa com diversas etapas de britagem e peneiramento, seguido da remoção dos minerais portadores de ferro (magnetita e ferromagnesianos), por meio da separação magnética de média e alta intensidade (Guillet, 1994 *apud* Sampaio *et. al.*, 2008).

O produto final deve ter elevada alvura para a utilização na indústria de vidro. Para isso, são empregadas técnicas de remoção de minerais escuros, como magnetita, biotita, hornblenda e pirita. Essa remoção relaciona-se a granulometria de liberação desses minerais, que no caso de uma granulometria grossa, usa-se a separação magnética.

8. ANÁLISE DO MERCADO CONSUMIDOR

No Brasil, existem em torno de 30 empresas vidreiras. Dentre estas se destacam: Cebrace Cristal Plano Ltda., CIA. Industrial de Vidros – CIV, Electro Vidro - Grupo SEVES, Guardian Brasil Vidros Planos Ltda., Havells Sylvania Brasil Iluminação Ltda., Nadir Figueiredo Ind. e Comércio S.A., Owens Corning Fiberglas A.S. Ltda., Owens-Illinois do Brasil Indústria e Comércio S.A., Pilkington Brasil Ltda., Saint-Gobain Vidros S.A., SGD Brasil Vidros Ltda., Schott Brasil Ltda. Divisão Vitrofarma, Sobral Invicta S.A., União Brasileira de Vidros S.A., Vidraria Anchieta Ltda., Wheaton Brasil Vidros Ltda. (ABVIDRO, 2009).

A produção do segmento de vidros está concentrada na região Sudeste do Brasil, totalizando cerca de 79%. A distribuição da produção brasileira por região está ilustrada na Figura 6.

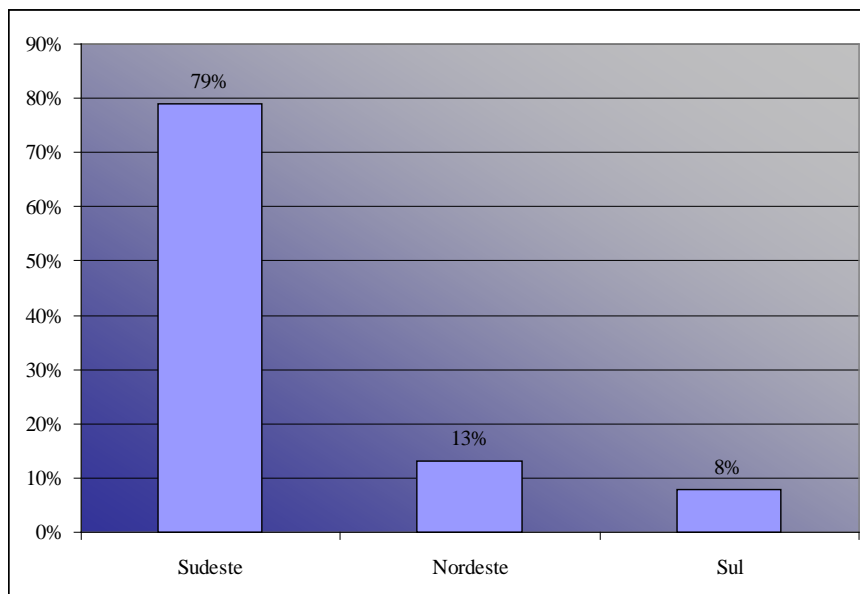


Figura 6. Distribuição da Produção de Vidro por Região – 1999.
 Fonte: ABIVIDRO, 2000.

O uso final do vidro é dividido em quatro tipos (Figura 7): vidro de embalagem, vidro plano, vidro de uso doméstico e vidro técnico (iluminação, cinescópios, isoladores/tijolos, garrafas térmicas, ampolas, oftálmicas e laboratórios). Todavia, os mais importantes são os vidros planos, os vidros brancos de embalagem e os vidros coloridos de embalagem.

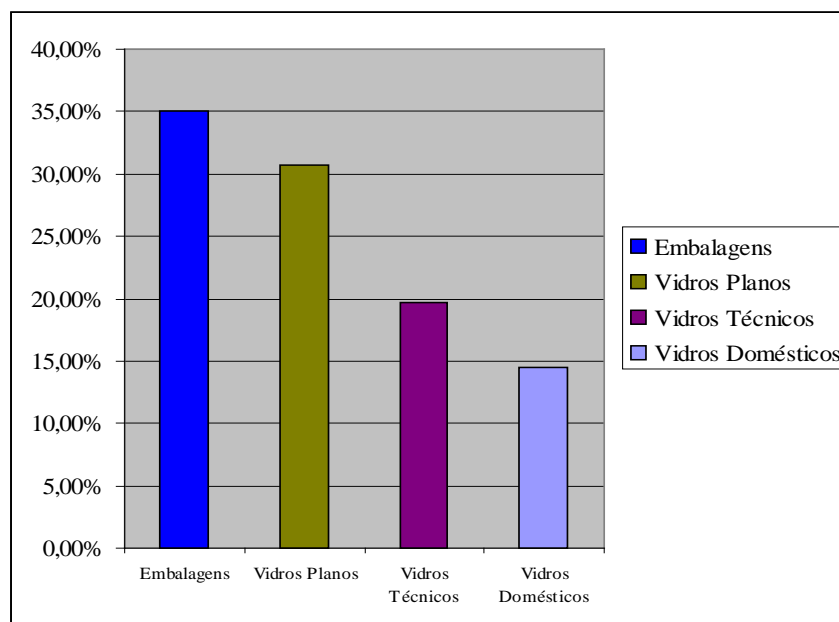


Figura 7. Perfil do segmento de vidros.
 Fonte: ABIVIDRO, 2009.

O segmento de embalagens possui maior faturamento em milhões (R\$), participação no setor vidreiro total e capacidade de produção em toneladas, porém o segmento de vidros planos possui maiores investimentos (em milhões US\$) nos anos de 2008 e 2009 (Tabela 13).

Tabela 13.
Desempenho do setor vidreiro relativo ao ano de 2008.

DESEMPENHO GLOBAL DO SETOR VIDREIRO						
SEGMENTO	FATURAMENTO (milhões R\$)	PARTICIPAÇÃO	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO (mil toneladas)	INVESTIMENTO (milhões US\$)2008	INVESTIMENTO (milhões US\$)2009	EMPREGOS (mil)
EMBALAGEM	1422	34.9%	1292	50	55	5.2
DOMÉSTICO	582	14.3%	240	21	40	2.4
VIDROS TÉCNICOS	789	19.4%	182	15	17	2.4
VIDROS PLANOS	1278	31.4%	1280	138	230	1.8
TOTAL	4071	100%	2994	224	342	11.8

Fonte: ABIVIDRO, 2009.

A indústria de vidro não apresentou um crescimento significativo entre os anos de 2003 e 2008, como consta na Tabela 14. Os segmentos de embalagens e de vidros técnicos variaram respectivamente 0,8% e 0%, mostrando uma estagnação nesses setores, enquanto os setores doméstico e de vidros planos, tiveram pequena variação, apresentando maior capacidade instalada nos anos de 2003 e 2008, respectivamente.

Tabela 14
Capacidade Instalada do Setor de Vidro no Brasil (mil t/ano)

Segmento	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Variação
Embalagem	1293	1277	1292	1297	1303	1292	-0,8%
Doméstico	296	283	220	228	229	240	4,8%
Vidros Técnicos	265	297	332	325	182	182	0,0%
Vidros Planos	1050	1240	1240	1240	1240	1280	3,2%
Total	2904	3097	3084	3090	2954	2994	1,4%

Fonte: ABIVIDRO, 2009.

A reciclagem do vidro tem uma demanda crescente. Dos anos de 1991 a 2007 houve um crescimento de 15% para 47% no índice de reciclagem no Brasil (Tabela 15).

Tabela 15.
Índice de reciclagem de vidro no Brasil

Índice de reciclagem de vidro no Brasil	
1991	15%
1992	18%
1993	25%
1994	33%
1995	35%
1996	37%
1997	39%
1998	40%
1999	40%
2000	41%
2001	42%
2002	44%
2003	45%
2004	45%
2005	45%
2006	46%
2007	47%

Fonte: ABVIDRO, 2009.

O crescimento nesse setor depende do custo da matéria-prima bruta e da secundária. A matéria-prima secundária depende do custo de coleta, separação e transporte, enquanto a primária depende do custo de extração, reservas disponíveis e custo de processamento (Seroa & Sayago, 1998). A utilização de sucata, ou seja, matéria-prima secundária, em geral com menor custo, diminui a emissão de CO₂ (formado nas reações químicas da matéria-prima) e promove um aumento na vida útil do forno, pois diminui o ponto de fusão e reduz o consumo de energia.

No Brasil a produção de embalagens de vidro usa cerca de 45% de matéria-prima reciclada na forma de fragmentos. No Brasil, 47% das embalagens de vidro são recicladas, somando 470 mil t/ano. Desse total, 40% é oriundo da indústria de envase, 40% do mercado difuso, 10% do "canal frio" (bares, restaurantes, hotéis etc.) e 10 % do refugo da indústria (CEMPRE, 2009).

9. CONCLUSÃO

Este estudo fornece dados sobre mercado produtor de nefelina sienito utilizada na indústria de vidro e as vantagens de sua utilização nesta indústria comparada com outras substâncias.

Uma grande vantagem na utilização desta rocha é que ela possui teores elevados de álcalis e alumina. Os álcalis reduzem a temperatura de fusão, com isso, agilizando o processo de fabricação do vidro, diminuindo o consumo de combustível. Ademais, reduz o consumo de carbonato de sódio (barrilha), que é importado, restringindo de forma substancial, o custo da produção. A alumina aprimora a resistência térmica do vidro, a resistência à ruptura e corrosão, aumenta a resistência química e a viscosidade dos vidros e inibe a desvitrificação.

A maior dificuldade na utilização de nefelina sienito para fabricação de vidro é o teor de Fe_2O_3 . Este deve ser inferior a 0,35%. Na indústria de vidro existe uma exigência quanto à coloração do produto final, que pode ser alterada por minerais de ferro, assim como também pode ser danificado por minerais refratários, que possuem pontos de fusão mais elevados, podendo não fundir e, assim, prejudicar a estética do produto.

O substituto do nefelina sienito mais importante é o feldspato, que é também uma fonte de Al_2O_3 , Na_2O e/ou K_2O , e SiO_2 . Porém, os depósitos de feldspato possuem variações significativas na sua composição química, o que é uma grande desvantagem devido à importância da matéria-prima ter características sempre uniformes para a obtenção do mesmo produto final.

A localização da jazida da Nefelina Brasil Mineração, às margens da Rodovia Presidente Dutra, a meio caminho das capitais de São Paulo e do Rio de Janeiro, proporciona uma grande redução de custo do frete, quando comparado com o feldspato proveniente, em sua maioria, do norte de Minas Gerais.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIVIDRO - ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS AUTOMOTIVAS DE VIDRO 2009. In : www.abividro.org.br , acessado em 04/06/2009

CEMPRE – CENTRO EMPRESARIAL DE RECICLAGEM. (www.cempre.org.br). Acesso em 01/08/2009

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

(www.dnpm.gov.br)

———. Anuário Mineral Brasileiro 2006 – In:

<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/AMB2006/substancia%20f-m.pdf>.
acessado em 29/06/2009.

———. Cadastro Mineiro 2009. In: www.dnpm.gov.br . acessado em 30/06/2009

ENRICH, G.E.R.; AZZONE, R.G.; RUBERTI, E.; GOMES, C.B.; COMIN-CHIARAMONTI, P.(2005). Itatiaia, Passa Quatro and São Sebastião Island, The Major Alkaline Syenitic Complexes From the Serra do Mar Region, In: COMIN-CHIARAMONTI, P. & GOMES, C.B. 2005. *Mesozoic to Cenozoic Alkaline Magmatism in the Brazilian Plataform* p. 419 – 441.

HARBEN, P. W. (1995) *The Industrial Minerals handybook II*. 253p. Metal Bolletin PLC. London, p. 183-186.

HARBEN, P. W. (1996). *Bauxite*. In: *Industrial Minerals – A Global Geology*. 462p., p. 175-185.

Industrial Minerals 2009. In : www.industrialminerals.com , acessado em 10/08/2009.

KENDALL, T. (1993). Feldspar & Nepheline Syenite – The Alumina Providers. In: *Raw Materials for Glass & Ceramics Industries*. IM Glass & Ceramic Survey.

LUZ, A. B. ; LINS, F. A. F. ; COELHO, J. M. 2008. Feldspato. In: LUZ, A. B.; LINS, F. F. 2008. Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, 2008, p.467-486.

McLEMORE V. T. (2006). Nepheline Syenite. In: Industrial Mineral and Rocks, 7th Edition, Kogel, J. E., Trivedi, N.C., Barker, J. M. and Krukowsk, S. T. (Seniors Editors), Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Littleton, Colorado, p. 653-670.

NEFELINA BRASIL MINERAÇÃO, 2009. Minerais Industriais para Indústria Cerâmica e Vidreira.

SAMPAIO, J. A ; FRAGA, S. C. A. ; BRAGA, P. F. A. 2008. Nefelina Sienito. In: LUZ, A. B.; LINS, F. F. 2008. Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, 2008, p.663-680.

SEROA, M. da , SAYAGO, D. E. (1997) Proposta de Instrumentos Econômicos Ambientais para a Redução do Lixo Urbano e Reaproveitamento de Sucatas no Brasil, Rio de Janeiro, jun/1998 IPEA/DIPES, Texto para Discussão 608.

WIKIPÉDIA, 2009.
In:http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:SaoPaulo_Municip_Lavrinhas.svg acessado em 20/07/2009.