

LUCIANA RIBEIRO PRALON

PRODUÇÃO DE FLUORITA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso

(Bacharelado em Geologia)

UFRJ

Rio de Janeiro

2009



UFRJ

Luciana Ribeiro Pralon

PRODUÇÃO DE FLUORITA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

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

Orientador:

Prof. Dr. José Mário Coelho

UFRJ

2009

PRALON, Luciana Ribeiro

Produção de fluorita no Estado do Rio de Janeiro /
Luciana Ribeiro Pralon -- Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo,
2009.

41 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.

PRODUÇÃO DE FLUORITA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

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

Orientador:

Prof. Dr. José Mário Coelho

Aprovada em: 10/07/2009

Por:

Orientador: Prof. Dr. José Mário Coelho (UFRJ)

Profa. Dra. Cícera Neyse de Almeida (UFRJ)

Geólogo Cláudio Humberto Pinheiro Ramalho (consultor)

UFRJ

Rio de Janeiro

2009

Agradecimentos

Aos meus pais, por todo suporte durante todos esses anos.

Ao meu orientador, prof. José Mário Coelho, pela paciência e empenho.

Ao pessoal da Emitang, que colaborou para a execução deste trabalho.

Aos meus amigos, em especial à Danielle, Raquel, Clarissa, Alessandra, Thayana, Alcina e Igor. Sem vocês a faculdade não seria a mesma.

Resumo

PRALON, Luciana Ribeiro. **Produção de Fluorita no Estado do Rio de Janeiro**. 2009. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O Estado do Rio de Janeiro é o segundo maior produtor nacional de fluorita (CaF_2), mineral utilizado nas indústrias química e siderúrgica. O consumo desse bem está diretamente relacionado à produção de: ácido fluorídrico (HF), aço e alumínio. Na fabricação do aço a fluorita é utilizada como fundente, ou seja, para a formação de escórias fluidas que auxiliam na eliminação de impurezas. A produção do estado, em 2006, foi de 14.000 t, representando cerca de 20% da produção nacional, sendo toda essa produção destinada à indústria siderúrgica. Contudo, essa produção já vem se mostrando insuficiente para atender as demandas do mercado. Este trabalho tem como objetivo analisar a atual estrutura de produção deste mineral no estado. Como metodologia utilizou-se um levantamento dos produtores nacionais e internacionais, visita técnica a atual empresa produtora, obtenção de dados junto ao DNPM das reservas lavráveis existentes no estado, as empresas de mineração em operação e as paralisada, bem como dos atuais e potenciais consumidores deste mineral, levantamento das quantidades, dos preços de importação e de exportação, que compõem a balança comercial brasileira deste bem. Como resultado deste estudo apresenta-se um panorama da indústria fluminense de fluorita.

Palavras-chave: fluorita; produção de fluorita; Rio de Janeiro.

Abstract

PRALON, Luciana Ribeiro. **Fluorspar Production Rio de Janeiro State**. 2009. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The Rio de Janeiro State is the second largest national producer of fluorspar (CaF_2), a mineral used in steel and chemical industries. The consumption of that mineral is directly related to the production of hydrofluoric acid (HF), steel and aluminum. In the manufacture of steel, fluorspar is used as flux to improve the characteristics of the slag, lowering its melting point and helping to remove impurities. The production in the state in 2006, which is destined entirely to the steel industry, corresponded to 14,000 tones, which represents around 20% of national production. This production has already been shown insufficient to meet the demands of the market. This research aims to analyze the current structure of production of this mineral in the state. The methodology used consisted of a survey of domestic and international producers, a technical visit to the current production company, obtaining data from the DNPM about reserves in the state, the mining companies in operation, and the paralyzed one, and the current and potential consumers this mineral, research of quantities, prices for import and export, making up the Brazilian trade balance of this product. As a result of this study is a panorama of the fluorspar industry in the state of Rio de Janeiro.

Key-Words: fluorspar; fluorspar production; Rio de Janeiro

Lista de figuras

Figura 1: mapa de localização da área de estudo	11
Figura 2: mapa geológico do Maciço de Tanguá	13
Figura 3: galerias horizontais abertas na lavra.	30
Figura 4: retirada de minério da frente de lavra, utilizando carregadeiras LHD	30
Figura 5: Vista da usina de beneficiamento.	31
Figura 6: pilha de estocagem de minério, separado de acordo com especificações.	31
Figura 7: estocagem de produto pronto para comercialização.	32
Figura 8: bacia de decantação de água proveniente da frente de lavra	33

Lista de tabelas

Tabela I: Reserva e produção mundial.	17
Tabela II: Preços internacionais de fluorita grau ácido e metalúrgico.	18
Tabela III: Situação legal junto ao DNPM de pesquisa em fluorita.	25

Sumário

Agradecimentos	vi
Resumo	viii
Abstract	ix
Lista de figuras	x
Lista de tabelas	x
1 Introdução	1
1.1 Objetivos.....	1
1.1.1 Materiais e Métodos	1
1.2 Geologia econômica.....	2
1.3 Especificações e usos.....	6
2 Área de Estudo.....	8
2.1 Geologia Econômica do Estado do Rio de Janeiro.....	10
2.1.1 Petróleo e Gás Natural.....	10
2.1.2 Minerais Não-Metálicos (Minerais Industriais).....	11
2.2 Geologia da Área de Estudo	12
2.2.1 As Jazidas de Fluorita.....	14
3 Mercado.....	16
3.1 Panorama mundial.....	16
3.2 Panorama brasileiro.....	19
3.3 Substitutos.....	22
4 Panorama Fluminense.....	22
4.1 Histórico.....	22
4.2 Produção.....	24
4.3 Lavra e Beneficiamento.....	25
4.4 Meio ambiente.....	28
5 Conclusões.....	29
6 Referências Bibliográficas.....	31

1 - Introdução

A fluorita, ou fluoreto de cálcio (CaF_2), é um mineral da classe dos halóides, de hábito predominantemente cúbico, de cor variável, brilho vítreo, com uma clivagem perfeita e de dureza 4 na escala de Mohs. Suas cores variam bastante, de incolor a amarelo, azul, violeta, verde, rosa, vermelha e marrom. Essas variações de coloração podem ser causadas por vários fatores, como presença de impurezas e arranjo de íons na estrutura cristalina.

Seu nome deriva do latim *fluere*, que significa fluir, devido ao seu uso como fundente, o que é possível graças a seu baixo ponto de fusão. É a principal fonte do elemento flúor para a indústria química, além de ser importante matéria-prima para as indústrias metalúrgicas, siderúrgicas e de cerâmicas.

A utilização desse mineral é conhecida desde a Idade Antiga, quando era então usado para fins ornamentais. Sua utilidade como fundente na obtenção de metais já era conhecida no século XVI, tendo sido mencionada por Georgius Agrícola em sua obra clássica *De Re Metallica*, de 1556; porém sua produção industrial só teve início em 1775, na Inglaterra, seguida pelos Estados Unidos, que iniciaram a produção em torno de 1820. A partir das duas guerras mundiais a produção do minério tomou forte impulso devido às demandas de aço, alumínio e de flúor para a indústria química, especialmente para a obtenção de fluorcarbonos.

1.1 - Objetivos

Este trabalho tem por objetivo oferecer um panorama da atual estrutura de produção de fluorita no Estado do Rio de Janeiro, com ênfase em aspectos econômicos e de mercado, e considerando sua situação em um contexto nacional e global.

1.1.1 Materiais e Métodos

Este trabalho foi efetuado com base em levantamentos bibliográficos e uma visita à única empresa produtora no estado do Rio de Janeiro. Primeiramente foi realizada a pesquisa bibliográfica referente à geologia do estado do Rio de Janeiro e em especial referente à geologia da área de estudo, além de estudos acerca do mercado mundial do produto. Dados nacionais como reservas, produção e comércio do produto foram levantados junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral. Posteriormente foi feita uma visita técnica a mineração Emitang Ltda, no município de Tanguá, para obtenção de dados visando um maior detalhamento das condições de produção.

1.2 – Geologia econômica

A fluorita é a forma natural do fluoreto de cálcio (CaF_2). Um cristal ideal do mineral apresenta composição correspondente a 51,1% de cálcio e 48,9% de flúor, contudo outros elementos podem substituir o cálcio na estrutura molecular, sendo os

mais comuns o cério e o ítrio. Inclusões fluidas e de minerais como pirita e marcassita também são comuns.

As ocorrências de fluorita podem ser dadas em diversos ambientes geológicos, sob condições físico-químicas variáveis, sendo os mais relevantes economicamente, de acordo com Fulton & Miller (2006) os seguintes:

- **Filões em rochas ígneas, metamórficas e sedimentares:** os depósitos em forma de filões, que normalmente ocorrem ao longo de falhas e zonas de cisalhamento, correspondem aos principais tipos de depósitos de fluorita. Nesse tipo de depósito o mineral aparece associado a ferro, chumbo, sulfetos de zinco e barita, quartzo e a carbonatos, especialmente calcita, em alguns casos, substituindo antigos veios desta. Os sistemas de filões podem atingir extensões variáveis, podendo alcançar até vários quilômetros. Neles a fluorita normalmente aparece em lentes de 0,5 a 10 de espessura e de até algumas centenas de metros de comprimento, intercaladas com material estéril. O teor de fluorita nesse tipo de depósito fica em torno varia de 25% a 80%. Importantes depósitos do tipo vêm sendo lavrados na China, que vêm a juntar-se aos grandes depósitos de Osor, na Espanha, Torgola e o sistema de Muscadroxiu-Genna Tres Montis na Itália, os sistemas Hucklow Edge e Longstone Edge-Sallet, na Inglaterra, Rosiclare-Goodhope, Em Illinois, Estados Unidos e El Hammam, no Marrocos, sendo essas algumas das mineralizações mais importantes em escala mundial.

- **Depósitos estratiformes em rochas carbonatadas:** os depósitos estratiformes estão relacionados a rochas carbonáticas e ocorrem associados a estruturas como fraturas e falhas, podendo ou não estar relacionados a atividade ígnea. Além de calcários, coberturas de rochas sedimentares como arenitos, folhelhos, argilitos estão normalmente presentes nesses depósitos. São formados a partir de fluidos hidrotermais ricos em flúor, que ao ascenderem substituem os carbonatos nas rochas originais. Minerais como calcita, dolomita, quartzo, galena, esfarelita, pirita, marcassita, barita e celestita estão comumente associados. O teor de fluorita contida nesses depósitos vai de 11% em diante. Importantes mineralizações desse tipo são encontradas nos Estados Unidos, no distrito de Cave-In-Rock, estado do Illinois, e também em Coahuila, no México, e Ottoshoop, na África do Sul.

- **Depósitos gerados por substituição de rochas carbonatadas ao longo do contato com rochas ígneas ácidas:** outro tipo de depósito associado a rochas carbonáticas são os gerados por substituição dessas rochas em contatos de corpos intrusivos de riolito. Fluidos ricos em flúor, ao percolarem pelas zonas de contato, promovem a dissolução de carbonatos, que são então substituídos por fluorita. Esses depósitos são os mais ricos em teores de minério. São depósitos comuns em distritos fluorídricos mexicanos, tais como Rio Verde e San Luis Potosí.

- **Depósitos marginais em rochas carbonáticas e alcalinas:** complexos carbonatíticos alcalinos, onde a presença de fluorita é comum, podem apresentar mineralizações em forma de depósitos marginais. Nesses casos as rochas alcalinas intrudem e metamorfisam as rochas pré-existentes, frequentemente calcários e

quartzitos, que são então substituídos por fluorita, formando corpos mineralizados lenticulares.

Normalmente esses depósitos são de pouca relevância econômica, com baixo teor de fluorita contida. Os depósitos de Okurusu, na Namíbia, e Amba Dongar, na Índia, são dois exemplos típicos desse tipo.

- **Concentrações residuais resultantes do intemperismo de depósitos primários:** o intemperismo de fluorita derivada de mineralizações por substituição ou de filões pode gerar um outro tipo de depósito, o de concentração residual. Altas concentrações do mineral em areias e argilas devido a tal intemperismo são fontes de fluorita, principalmente em grau metalúrgico. Depósitos do tipo são encontrados no estado de Illinois e em Kentucky, nos Estados Unidos, assim como nas Astúrias, na Espanha, no distrito de Marico, na África do Sul, na Inglaterra e na Tailândia.

- **Mineral de ganga de depósitos metálicos:** como mineral de ganga a fluorita ocorre frequentemente associada a filões de chumbo e zinco, sendo em alguns casos economicamente viável a sua exploração. O distrito de Parral, no México, que produz fluorita em grau ácido, é um exemplo do tipo.

1.3 - Especificações e usos

A fluorita comercial é produzida em três graus – ácido, metalúrgico e cerâmico – que determinam os seus empregos.

A fluorita em grau ácido deve apresentar teor mínimo de 97% de CaF_2 e limites de 1,0% de CaCO_3 , 1,5% de SiO_2 , 0,03 a 0,1% de S, 10 a 12 ppm de As e 100 a 550 ppm de P. A fluorita em grau ácido é destinada à indústria química, principalmente para a obtenção de ácido fluorídrico, a partir do qual uma grande variedade de produtos é criada, e também para a obtenção de criolita sintética, que é utilizada para a obtenção de alumínio metálico. (BGS, 2005).

O ácido fluorídrico (HF) é obtido através da solubilização com ácido sulfúrico (H_2SO_4), que resulta em CaSO_4 e HF, enquanto o flúor elementar é obtido a partir do ácido fluorídrico anídrico por meio de eletrólise. Um dos principais usos para o ácido fluorídrico está na produção de fluocarbonetos, que incluem os hidrofluorcarbonos (HFCs), os hidroclorofluorcarbonos (HCFCs) e os clorofluorcarbonos (CFCs), sendo esses últimos os de maior utilização. Esses gases são caracterizados pela extrema inércia química, uma característica que proporcionou seus empregos em sistemas de refrigeração a partir da década de 1930. Os CFCs também são bastante utilizados na fabricação de propelentes aerossóis, de extintores de incêndio, lubrificantes, refrigerantes, plástico e solventes. Em 1973 descobriu-se o grande dano ambiental gerado por tais gases, que são causadores do chamado buraco na camada de ozônio e, em 1987, 68 países assinaram o Protocolo de Montreal, se comprometendo a reduzir a emissão de clorofluocarbonos. Hidrofluorcarbonos vêm sendo utilizados como substitutos, uma vez que são inofensivos à camada de ozônio, já que não contêm cloro, porém apresentam maiores proporções de flúor, o

que torna seus preços mais altos. A demanda por HFCs em substituição aos CFcs deve impulsionar a demanda futura por HF e conseqüentemente por fluorita em grau ácido. (BGS, 2005).

Outro importante uso para o ácido fluorídrico está na obtenção de criolita sintética. A criolita é um mineral explorado comercialmente apenas na Groenlândia, cuja produção é incapaz de atender a demanda mundial. A partir da reação:



a criolita sintética é então produzida. Esse produto é utilizado para a transformação de alumina em alumínio metálico pelo processo Hall-Héroult. Segundo esse processo eletroquímico, a alumina passa por uma solução eletrolítica composta por 75% de criolita que, com a passagem da corrente elétrica, proporciona a migração do oxigênio para o catodo de carbono e a deposição de alumínio metálico fundido. Nesse processo são consumidos cerca de 12 kg de criolita para cada tonelada de alumínio metálico produzido. (Sampaio *et. al.*, 2005).

Além dos já citados, o flúor obtido através da fluorita grau ácido apresenta outros inúmeros empregos. O ácido fluorídrico é utilizado na alquilação de petróleo para a produção de combustíveis de alta octanagem e também para a fabricação de cimentos *portland*. Os hidrofluoretos de amônio são utilizados no polimento de alumínio, como agente auxiliar na limpeza na produção de óleo e para opacificar vidros. O hexafluoreto de enxofre é utilizado em transformadores de alta tensão e guias de válvulas de radares. Triclorofluoretos, fluoreto de lítio, fluoreto de sódio e hexafluoreto de tungstênio são utilizados na metalurgia, em herbicidas, na conservação de madeira, em produtos de higiene bucal e na flutuação de água.

A fluorita grau metalúrgico é utilizada nas indústrias siderúrgica e metalúrgica como fundente. Devido a sua baixa temperatura de fusão (1.270°) a fluorita é empregada para promover a fluidização da escória na fabricação do aço. Sua presença reduz a temperatura de fusão da escória e aumenta sua fluidez, facilitando a migração das impurezas presentes no minério de ferro e também do enxofre e do fósforo presentes no aço. O consumo de fluorita utilizado para cada tonelada de aço produzido varia de acordo com o tipo de forno utilizado. Em fornos de soleira aberta a proporção é de 1,6 kg/t de aço produzido, em fornos elétricos essa proporção fica em 4,0 kg/t e, em conversor de oxigênio, 6,0 kg/t. De maneira análoga a da siderurgia, o mineral também é utilizado na fundição de ferro-ligas especiais, na fundição de zinco e de magnésio. Nestes casos a proporção de mineral por tonelada de metal fundido varia de 7 a 9 kg/t . (Sampaio *et. al.*,2005).

A fluorita grau metalúrgico também vem sendo empregada na indústria de cimentos como fundente. Ao ser adicionada às demais matérias-primas antes da introdução no forno rotativo, a fluorita o possibilita a trabalhar em uma temperatura mais baixa, reduzindo o consumo de energia térmica e com isso o de combustível (Fulton & Miller, 2006). Além disso, seu emprego gera um aumento de produção de silicato tri-cálcico – composto químico responsável pelo amolecimento do clinker – proporcionando menor tempo de moagem. (Sampaio *et. al*, 2005).

A fluorita grau cerâmico é usada como fundente e opacificador na produção de cristal de chumbo (*flint glass*), de vidros brancos ou opacos e também como esmalte (USGS 1999). Em esmaltes a fluorita pode ser empregada como agente de embranquecimento, porém seu uso apresenta complicações, pois pode ocasionar aparecimentos de manchas negras, além de ocasionar a formação de produtos

voláteis que podem danificar refratários do forno a altas temperaturas (Sampaio *et. al*, 2005.).

2 - ÁREA DE ESTUDO

As mineralizações de fluorita ocorrem na área do município de Tanguá e no seu vizinho Itaboraí, localizados na região metropolitana do Rio de Janeiro, distantes cerca de 60 km da capital.



Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Brasil Infomine, 2009.

O acesso à região pode ser feito pela BR-101. Seguindo do Rio de Janeiro em direção à Região dos Lagos, a entrada para o município de Tanguá está a aproximadamente 50 km de Niterói. A partir da entrada do município pode-se chegar tanto à mineração Emitang quanto a mineração Sartor, produtoras deste minério.

2.1 - Geologia Econômica do Estado do Rio de Janeiro

A vocação mineral do Estado do Rio de Janeiro é claramente definida pelas grandes reservas de óleo e gás natural da Bacia de Campos, responsável pela maior produção de petróleo do país. Possuindo quase 90% das reservas comprovadas de petróleo do País, o Estado é também o maior produtor, com um volume atual de 1,5 milhões de barris de petróleo/dia, equivalente a 83,2% da produção nacional. Destaca-se, também a produção de minerais não-metálicos e água mineral.

2.1.1 - Petróleo e Gás Natural

O petróleo é o recurso mineral mais importante do Brasil, sendo que o Estado do Rio de Janeiro vem contribuindo com uma participação expressiva, tanto em termos de reservas, como na produção de petróleo e gás natural (Silva, 2007).

Considerando-se as reservas provadas brasileiras de petróleo em 2005, o Estado do Rio de Janeiro tem uma participação expressiva de 87,5%, sendo as reservas localizadas no mar, na Bacia de Campos, consideradas as mais importantes. As reservas provadas de gás natural representaram no mesmo ano 47,4% do total das reservas do país (Silva, 2007).

No que diz respeito à produção de gás natural, o Rio de Janeiro participou, em 2005, com 45% do total do País. A importância do gás natural pode ser verificada pela utilização como fonte de energia. O aumento do consumo de gás natural

(14,5%) foi conseqüência, principalmente, de sua utilização na geração elétrica (18,1%) e na indústria (7,8%) (Silva, *op.cit.*).

2.1.2 - Minerais Não-Metálicos (Minerais Industriais)

O setor mineral do Estado do Rio de Janeiro, face o contexto geológico do seu território, caracteriza-se pela disponibilidade de recursos minerais não-metálicos, especialmente materiais para construção civil. Sendo assim, a vocação da indústria de mineração do Estado é predominantemente voltada para a produção de substâncias minerais não-metálicas e representado principalmente pela indústria de cimento. É importante destacar que nos anos 70 a indústria cerâmica era representativa neste setor, pois chegou a empregar em seus estabelecimentos cerca de 30% da mão-de-obra gerada pelo setor.

A produção mineral de não-metálicos e água mineral, em 2005, foi da ordem de R\$ 389 milhões, respondendo as pedras britadas, areia, cascalho e argilas por quase 85% do valor relativo aos minerais não-metálicos e por 80% da produção global do Estado, excluindo o petróleo e o gás natural.

Em relação às Rochas Ornamentais, o Estado do Rio de Janeiro se notabiliza como um pólo de beneficiamento, dispondo de um parque de processamento de Rochas Ornamentais com produção ascendente, além de apresentar, nos últimos anos, um comportamento de expansão de exportações muito superior ao nacional, principalmente, devido à participação de produtos de maior valor agregado. Também é importante salientar que os dois maiores exportadores nacionais estão instalados no Estado do Rio de Janeiro.

No que se refere à denominada pedra paduana, cabe registrar a existência na região noroeste de cerca de 200 unidades de extração, responsáveis por uma produção mensal da ordem de 300 mil m² de material de piso e revestimento.

2.2 - Geologia da Área de Estudo

A área de estudo encontra-se sob o domínio do maciço alcalino de Tanguá, que faz parte do grupo de complexos alcalinos que se ocorrem ao longo da extensa zona de fraturas, definida como Rift do Sudeste do Brasil. Essa zona, de orientação predominantemente NE-SW, está associada à abertura do Atlântico Sul. Cerca de 30 intrusões associadas ao Rift do Sudeste do Brasil são conhecidas, se estendendo desde Poços de Caldas, em Minas Gerais, até a Ilha de Cabo Frio, no Rio de Janeiro, sendo a maioria composta por corpos de sienitos, nefelina-sienitos e suas variações texturais.

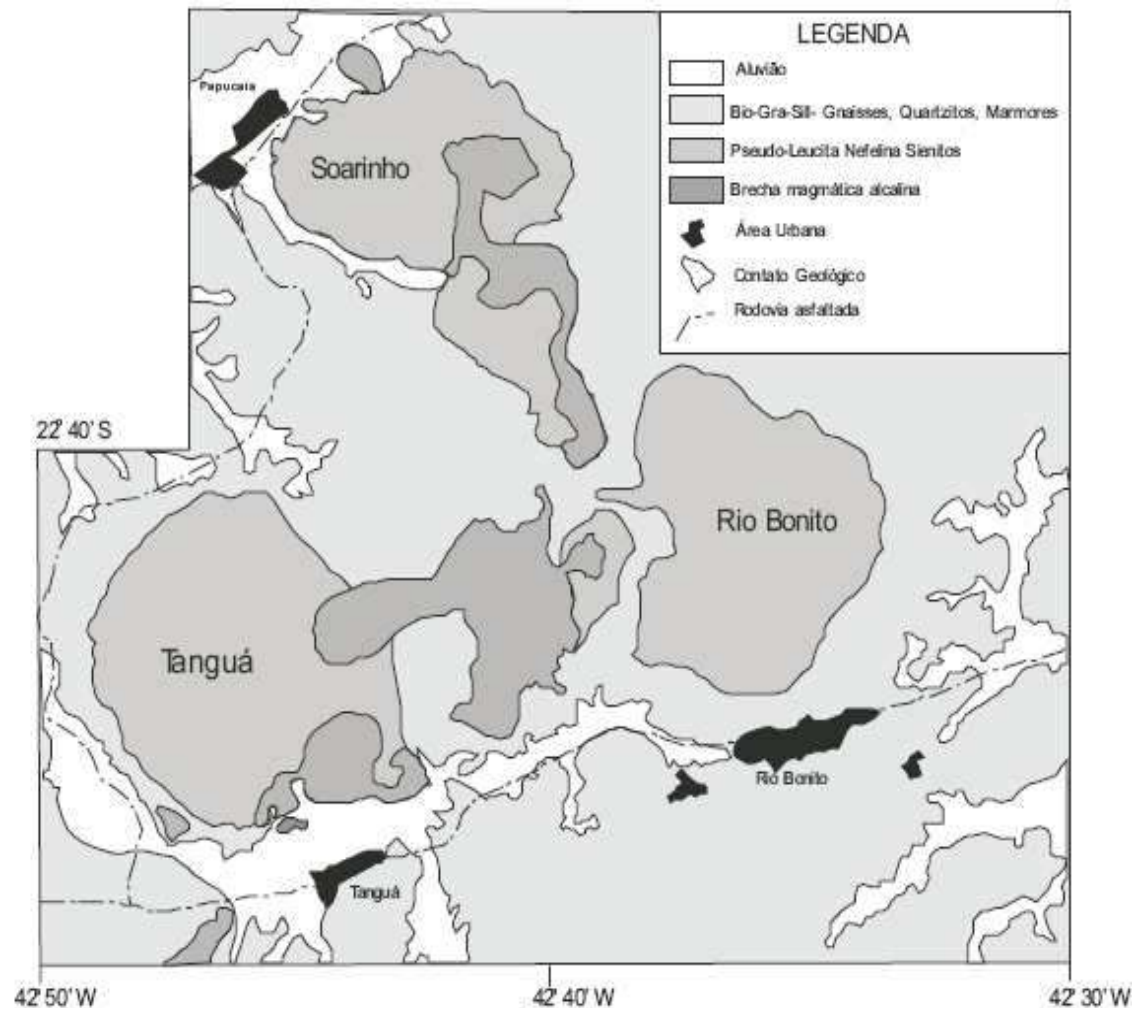


Figura 2: Mapa geológico do Maciço de Tanguá. Fonte: Souza *et al.*, 2008, modificado de Valença (1980) e Coelho (1987).

A intrusão alcalina de Tanguá não apresenta estudos detalhados sobre seus constituintes petrográficos, bem como de suas composições químicas. A idade (Cretácea) é sugerida pela linearidade da intrusão com outros corpos pertencentes ao lineamento Poços de Caldas-Cabo Frio (Souza *et al.* 2008).

O Maciço de Tanguá apresenta-se encaixado em corpos de biotita-gnaisses de granulação grosseira, de textura ligeiramente porfiroblástica. Restrito aos contatos de intrusão ocorrem gnaisses cataclásticos bastante intemperizados (Souza *et al.* 2008). O corpo alcalino é composto por pulaskitos, umptekitos e

pseudo-leucita sienitos. Diques de traquito e/ou fonolito, são comuns, normalmente apresentado espessuras de até 2 m e direção NE-SW, paralela a dos gnaisses do embasamento (Valença *et al.* 1980).

Nas bordas leste e sudeste do maciço ocorrem extensos depósitos de brecha magmática, composta de matriz traquítica e fragmentos de traquitos, fonolitos, sienitos, pegmatitos e gnaisses (Valença *et al.* 1980, Souza *et al.* 2008). Localmente a brecha apresenta-se totalmente silicificada, com vazios de diversas formas e fragmentos angulosos de traquitos cimentados por calcedônia, indicando grande atividade hidrotermal (Souza *et al.* 2008).

2.2.1 - As Jazidas de Fluorita

As mineralizações de fluorita no Estado do Rio de Janeiro, localizadas nos municípios de Tanguá e Itaboraí, estão associadas ao Complexo Alcalino de Tanguá.

Os filões de fluorita estão encaixados tanto nos gnaisses que compõem o embasamento da área, quanto no Maciço de Tanguá propriamente dito e, principalmente, nos diques de traquito, em estruturas de direção preferencialmente NE-ENE, criadas ou reativadas durante o processo de abertura do Oceano Atlântico. Esses filões apresentam, em superfície, espessuras em torno de 30 cm e encontram-se impregnados por limonita e óxido de manganês, sendo esses, até certo ponto, o principal material de cimentação de fluorita e calcedônia (Souza *et al.* 2008).

O controle estrutural do depósito pode ser dividido em pelo menos três estágios, com a formação de falhas e fraturas pré, sin e pós-mineralização. As falhas e fraturas pré-mineralização representam a reativação das antigas zonas de cisalhamento N50E através de movimentos transtensionais, tendo sido preenchidas pelas rochas alcalinas; as falhas e fraturas sin-mineralização são também reativações do conjunto N50E, cortando todas as litologias presentes na área, sendo formadas por dois mecanismos distintos, superpostas em espaços de tempo diferentes: (a) falhas com movimento de rejeito direcional e (b) falhas de extensão, ambas produtos da atuação dos movimentos transtensionais. Estes tipos de mecanismos são responsáveis pelas diferentes texturas dos filões de fluorita, especialmente a brechação e o bandamento; as falhas e fraturas do último estágio compreendem essencialmente falhas normais e reversas, que causaram o abaixamento e o alçamento de blocos. (Coelho, 1987.)

O estudo de inclusões fluídas revelou um *trend* bem definido de resfriamento das soluções hidrotermais, com a concentração dos dados de temperatura de homogeneização em torno de 155⁰C, 130⁰C e 105⁰C, caracterizando, assim, soluções de temperaturas (Coelho, 1987).

A partir dos estudos realizados é sugerida uma gênese ligada à alteração das rochas encaixantes por soluções superficiais meteóricas infiltradas através de falhas e fraturas, que quando aquecidas em profundidade, provocaram a lixiviação da sílica, do flúor e do cálcio, e precipitaram a fluorita e a calcedônia no fim do seu movimento ascendente (Coelho, 1987).

3 – Mercado

O consumo de fluorita está diretamente associado à produção de ácido fluorídrico, aço e alumínio. O ácido fluorídrico é importante matéria-prima na indústria química, a partir do qual são fabricados fluocarbonetos, criolita sintética e fluoreto de alumínio. Na indústria siderúrgica a fluorita é um importante insumo para a fabricação de aço e ferro-ligas, sendo essencial na fabricação de aços nobres.

3.1 – Panorama mundial

As reservas mundiais de fluorita (100% CaF_2 contido) em 2007 foram da ordem de 240 milhões de toneladas, número que vem se mantendo estável há alguns anos. Os recursos mundiais, ou seja, as reservas base mais as indicadas, estão em cerca de 480 milhões de toneladas. Os maiores produtores mundiais são China, África do Sul e Mongólia, que são também os maiores exportadores, detendo juntos 65% da produção e 80% da exportação mundial do minério. (Sumário Mineral, 2008).

Tabela I: reserva e produção mundial

Países	Reservas (10 ³ t)		Reservas Base (10 ³ t)		Produção(10 ³ t)		
	2007	%	2007	%	2006	2007	%
Brasil	1.000	0,4	3.000	0,6	64	66	1,2
China	21.000	8,8	110.000	22,9	2.750	2.750	51,8
México	32.000	13,3	40.000	8,3	950	900	16,9
África do Sul	41.000	17,1	80.000	16,7	240	295	5,6
Mongólia	12.000	5,0	16.000	3,3	370	400	7,5
Rússia	não disponível	não disponível	18.000	3,8	210	210	4,0
Espanha	6.000	2,5	8.000	1,7	150	140	2,6
França	10.000	4,2	14.000	2,9	40	N.D.	N.D.
Quênia	2.000	0,8	3.000	0,6	100	90	1,7
Namíbia	3.000	1,3	5.000	1,0	127	130	2,4
Marrocos	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	115	95	1,8
Outros	112.000	46,7	183.000	38,1	234	234	4,4
Total	240.000	100,0	480.000	100,0	5.350	5.310	100,0

Fonte: Sumário Mineral 2008

A China é destaque no mercado mundial do minério, sendo hoje a maior exportadora do produto, saindo de uma produção correspondente a 11% da produção mundial em 1982 (BGS, 2005) para uma produção corresponde a 51,8% em 2007 (USGS 2008). O aumento da participação chinesa no mercado mundial gerou importante queda nos preços durante a década de 1990, apesar das medidas anti-dumping adotadas pelos governos europeus e americano. Contudo, a prática de baixos preços da China vem se revertendo nos últimos anos: com o intuito de

abastecer seu crescente mercado interno, a China vem restringindo suas exportações do produto desde 2002, causando redução de oferta e conseqüentemente alta nos preços internacionais. Em 2007 a sua cota de exportação foi reduzida a 685 mil toneladas. (Sumario Mineral, 2008). Na tabela II são apresentados os principais dados referentes a reserva e produção mundiais.

Tabela II
Preços internacionais de fluorita graus ácido e metalúrgico.

Países		Preços	Especificações	Observações
Grau ácido	China	\$510-530	base seca, a granel	CIF, Golfo do Porto, EUA
		\$510-530	úmido	CIF, Rotterdam
	México	\$340-360		FOB, Tampico
	África do Sul	\$330	Base seca	FOB, Durban
Grau metalúrgico	China	\$235-245		CIF, Rotterdam
		\$130-140		FOB
	México	\$140-195	Min 80% CaF ₂ , úmido, a granel	FOB Tampico

Legenda: FOB: free on board. CIF: Coast Insurance Freight. Fonte: Industrial Minerals, 2009

Os maiores mercados consumidores do produto encontram-se nos Estados Unidos, Japão e União Européia, que juntos detinham 80% do mercado consumidor em 1995 (BGS, 2005). Desses países, apenas a França é auto-suficiente. Os Estados Unidos apresentam uma produção doméstica muito pequena, sendo quase toda sua demanda suprida pelas exportações provenientes do México e da China. O

Japão tem toda a sua demanda por fluorita suprida pela China e pela Mongólia, enquanto a União Européia importa principalmente da África do Sul (BGS, 2005).

Os preços internacionais estão intimamente associados à demanda por aço e por ácido fluorídrico para a indústria química e desde 1988 esses preços vêm sofrendo grande variação. A alta nos preços no final da década de 1980 e início de 1990 foi revertida graças ao forte aumento da participação chinesa na produção e comércio mundial do produto, que ocasionou baixa nos preços, especialmente a partir de 1996. Contudo, nos últimos anos, esse quadro vem se revertendo. As restrições a exportações impostas pelo governo chinês vêm provocando aumento nos preços a partir de 2002. Desde tal ano até 2008 as exportações chinesas caíram pela metade (BGS, 2005). Na tabela II estão descritos os principais preços internacionais.

3.2 - Panorama brasileiro

O Brasil ocupa uma posição pouco privilegiada tanto em se tratando de reservas quanto em produção desse bem mineral. Segundo Anuário Mineral Brasileiro, produzido pelo Departamento Nacional de Produção Mineral, DNPM, no ano de 2006, as reservas medidas de minério correspondem a 5.817.860 t, enquanto as reservas indicadas e inferidas correspondem a, respectivamente 2.235.609 t e 1.779.809 t, e as reservas lavráveis corresponderiam a 5.093.635 t. O estado de Santa Catarina é o detentor das maiores reservas do país, com 4.443.280

t, seguido de Paraná, com 2.077.108 t, São Paulo, com 1.333.500 t e Rio de Janeiro, com 199.581 t.

A produção nacional em 2007 foi de 212.537 t de minério bruto e 65.526 t de fluorita beneficiada. Desse total, 68,5% correspondem a fluorita grau ácido e 31,5% a fluorita grau metalúrgico. Esse valor, apesar de representar um aumento de 3% com relação ao ano anterior, ainda é baixo, correspondendo a apenas 1,2% da produção mundial (Sumário Mineral 2008).

As principais minas em operação no Brasil encontram-se na região sul. O estado de Santa Catarina é o maior produtor nacional do minério bruto, seguido de Paraná e Rio de Janeiro. Como o minério em grau ácido lavrado no estado do Paraná é beneficiado em Santa Catarina, aquele é ultrapassado pelo Rio de Janeiro em se tratando de produção de fluorita beneficiada. Deste modo, a produção do produto beneficiado em Santa Catarina no ano de 2007 foi equivalente a 69,7% do total nacional, enquanto a do Rio de Janeiro foi equivalente a 22,7% e do Paraná a 7,5%. (Sumário Mineral 2008)

Três empresas são responsáveis pelas operações das cinco minas do país: a Companhia Nitro Química Brasileira, controlada pelo Grupo Votorantin, é a maior produtora nacional, controlando duas minas no estado de Santa Catarina, seguida da Emitang - Empresa de Mineração Tanguá Ltda, e pela Mineração Nossa Senhora do Carmo Ltda, que opera no Paraná. Dessas, apenas a Emitang produz exclusivamente em grau metalúrgico, as outras duas empresas são produtoras de fluorita em grau metalúrgico e também em grau ácido.

O total consumido no país, em 2007, foi de 91.698t, sendo que 65,5% desse total corresponderam a fluorita grau ácido e 31,5% a fluorita grau metalúrgico. Da

fluorita grau ácido consumida, 80,9% foram destinadas à produção de ácido fluorídrico, 11,3% à siderurgia, 4,9% para a produção de soldas e anodos para a galvanoplastia e 2,8% para a fabricação de cimento. O maior mercado consumidor do produto encontra-se no estado de São Paulo, que responde a 88,2% do consumo, seguido de Minas Gerais, com 6,9%, Espírito Santo, com 2,5%, Rio de Janeiro, com 1,7% e Rio Grande do Sul, com 0,8% (Sumário Mineral 2008).

Já a fluorita em grau metalúrgico teve 80,5% de seu total de consumo destinado à siderurgia, 14,7% a fundição e 4,8% à fabricação de ferro-ligas. O estado de Minas Gerais é o maior consumidor de fluorita grau metalúrgico, com um consumo equivalente a 49,0% do total, seguido de São Paulo, com 21,7%, Rio de Janeiro, com 9,2%, Espírito Santo, com 8,4%, Rio Grande do Sul, com 6,6%, Bahia, com 2,4%, Paraná, com 2,2%, Pernambuco, com 0,3% e Ceará, com 0,2% (Sumário Mineral 2008).

As importações no ano de 2007 totalizaram aproximadamente 26.500 t. Desse total, 8.884 t são do produto em grau ácido enquanto 17.702 t correspondem ao grau metalúrgico. Isso significa que 46,2% do total de fluorita grau metalúrgico e 16,6% do total de fluorita grau ácido consumidos no país provêm de importações. Os maiores fornecedores do produto para o Brasil são México (69%), África do Sul (29%), Argentina (2%) e Alemanha (1%) (Sumário Mineral 2008).

As exportações do produto são pouco expressivas, sendo quase exclusivamente de grau ácido. No ano de 2007 as exportações ficaram em 364 t de fluorita em grau ácido e apenas 50 t de fluorita em grau metalúrgico. Os principais países de destino foram Espanha (93%), Argentina (5%) e México (2%) (Sumário Mineral 2008).

3.3 - Substitutos

A fluorita é um material com excelentes características fluxantes, para as quais ainda não foi encontrado um substituto a altura, sendo essencial para a fabricação de aços nobres. Nos processos primários de refino seu consumo vem sendo reduzido substancialmente e muitas usinas hoje já não a consomem, utilizando em seu lugar calcário ou cal dolomítica. No entanto, nos processos de refino secundário para a obtenção de aços nobres, invariavelmente o fluxante utilizado é a fluorita. Nesse processo, minerais como a sodalita já foram testados como substitutos, porém mostraram baixa eficiência.

Na indústria química, não há concorrente para a fluorita para a obtenção de ácido fluorídrico e derivados, já que não há viabilidade econômica para a extração de outras fontes naturais de flúor (Susaki, 2008).

4 – Panorama Fluminense

4.1 - Histórico

A primeira ocorrência de fluorita no Estado do Rio de Janeiro foi relatada na região de Tanguá, então distrito de Itaboraí, no início da década de 1970.

Tabela III

Situação legal junto ao DNPM de pesquisa em fluorita.

Tipo	Empresa	Município	Ano
Requerimento de Lavra	Mineração Sartor Ltda	Itaboraí/RJ	1978
Requerimento de Lavra	Mineração Sartor Ltda	Itaboraí/RJ	1978
Concessão de Lavra	Emitang Empresa de Mineração Tanguá Ltda	Tanguá/RJ Rio	1970
Concessão de Lavra	Mineração Sartor Ltda	Tanguá/RJ Itaboraí/RJ	1970
Requerimento de Lavra	Mineração Sartor Ltda	Itaboraí/RJ	1978

Fonte: Cadastro Mineiro DNPM, 2009

A partir de então a área passou a ser objeto de estudo do Departamento de Atividades e Recursos Minerais, o DARME, hoje DRM – Departamento de Recursos Minerais. Nessa mesma década foram expedidas pelo DNPM autorizações de pesquisa e concessões de lavra para as empresas Sartor Ltda e Empresa de Mineração Tanguá Ltda. Na Tabela III estão descritos os processos segundo o cadastro mineiro, do DNPM.

No estado do Rio de Janeiro hoje está há apenas uma mina em operação, pertencente à empresa, a Emitang Ltda, já que a Mineração Sartor Ltda paralisou sua produção em 1992, sob alegação de elevados custos de produção. Hoje a mineração Sartor produz apenas pedra britada e sienito para a indústria de cimento.

4.2 - Produção

A Emitang Ltda hoje opera em sua segunda mina, denominada mina II. A mina I, aberta por volta de 1980, de lavra superficial, foi exaurida no início desta década. A mina II é uma mina de lavra subterrânea, com profundidade aproximada de 100m, que opera pelo método *shrinkage stoping*.

As reservas medidas na mina operada pela Emitang Ltda correspondem a 89.628 t Ltda (Anuário Mineral, 2006). As frentes de lavra que vêm sendo trabalhadas possuem reservas para mais cinco ou seis anos. Estudos geológicos vêm sendo feitos de forma a identificar novos corpos lavráveis em níveis mais profundos e resultados preliminares têm indicado boas perspectivas de exploração.

A capacidade máxima de produção da mina é de 3.000 t ROM/mês. Após o início da atual crise econômica, deflagrada em setembro de 2008, houve uma forte retração na demanda e a empresa foi obrigada a redimensionar seus quadros de forma a operar não mais em três, mas em dois turnos. Atualmente a capacidade ociosa da mina é de 50%, com uma produção de 1.500 t ROM/mês.

Seis produtos são oferecidos pela empresa, de acordo com a granulometria: o minério de 0,0mm até 3,0 mm; de 2,0mm a 6,0mm; de 5,0mm a 10,0mm; de 5,0mm a 30,0mm e de 10,0mm a 50,0 mm. Já as especificações de teor de CaF_2 são determinadas pelos clientes. Os preços variam de acordo com a granulometria e o teor de CaF_2 contido, custando, em média, R\$ 500,00 por tonelada.

Os principais clientes da Emitang são as siderúrgicas Gerdau e ArcelorMittal, que utilizam esse insumo para a fabricação de aço de alta qualidade em suas usinas.

4.3 - Lavra e Beneficiamento

A exploração da mina é feita pelo método de *shrinkage stoping*. Um poço horizontal dá acesso aos corpos de minério e às galerias, que servem de trânsito para equipamentos e pessoal e por onde o minério é escoado. O desenvolvimento da frente de lavra é dado a partir da construção dessas galerias, feita horizontalmente, seguindo a direção do corpo de minério. Duas galerias paralelas são abertas simultaneamente, a cada lado do corpo, e ao final desse processo o minério é lavrado em recuo, deixando pilares para sustentação.



Figura 3: galerias horizontais abertas na lavra.



Figura 4: retirada de minério da frente de lavra, utilizando carregadeiras LHD.

Atualmente a mina opera em dois níveis: o primeiro a 94m de profundidade e o segundo a 100 m. Esses dois níveis são interligados por galerias, que também dão acesso a níveis superiores, já exauridos, e à superfície, servindo de alternativa de saída ao poço horizontal. Tanto o minério como o estéril são retirados por carregadeiras LHD e escoados por locomotivas até o poço horizontal, que os leva a superfície.

O beneficiamento é feito em uma usina situada próxima à entrada do poço horizontal. A primeira etapa do processo consiste em alimentar o britador primário, que reduz o minério a um tamanho na faixa de 3 polegadas. Esse minério, já britado, é conduzido para um silo regulador e então para a correia transportadora, que o leva para a peneira. A peneira, composta por apenas um *deck*, possui uma tela de 7 mm, que realiza uma separação granulométrica prévia, antes mesmo do material ser encaminhado ao tambor separador. No tambor separador o minério passa por uma concentração por meio denso. No tambor trabalha-se com uma polpa de ferro-silício, de densidade em torno de $6,5\text{g/dm}^3$, no qual é adicionada água, que reduz a densidade do meio de $2,5\text{g/dm}^3$ a 3 g/dm^3 . Desse modo a fluorita, que possui densidade $2,8\text{ g/dm}^3$, é separada do material estéril, que apresenta densidade em torno de $2,4\text{ g/dm}^3$, por gravidade. O produto beneficiado é então lavado e encaminhado para as pilhas. Análises químicas são realizadas e então o produto é separado de acordo com teor e granulometria.



Figura 5: Vista da usina de beneficiamento.



Figura 6: pilha de estocagem de minério, separado de acordo com especificações.



Figura 7: estocagem de produto pronto para comercialização.

4.4 - Meio ambiente

A Emitang possui todas as licenças necessárias para suas operação junto aos órgãos ambientais. A água proveniente das frentes de lavra apresenta teor de flúor abaixo do recomendado pelo ministério da saúde que é de 0,8 mg/l, (Port. 635/BSB de 26/12/1975). Assim mesmo, a água proveniente da lavra passa por uma bacia de decantação, por um período de dezesseis horas, antes de ser despejada no córrego que banha a área da empresa. O material estéril é comercializado, sendo destinado principalmente para pavimentação, já que não pode ser utilizado como brita devido à presença de sulfetos, passíveis de reação com o cimento.



Figura 8: bacia de decantação de água proveniente da frente de lavra.

5 - Conclusões

A empresa Emitang, estrategicamente está bem localizada, pois se encontra relativamente próxima e com boas vias de comunicação às principais siderúrgicas. Seus preços, outrora considerados altos, vêm se mostrando competitivos em relação aos preços internacionais, especialmente após as altas nos últimos anos, impulsionados pelo fator China.

Um obstáculo ao crescimento dos negócios é a falta de investimento em tecnologia de beneficiamento, que permitiria a produção do concentrado de fluorita grau ácido, de valor agregado mais elevado, e que extinguiria a dependência da empresa a um único produto. Além disso, nota-se a falta de investimento em pesquisa, fundamental para a manutenção dos negócios da empresa no longo prazo.

Apesar da redução da demanda por fluorita grau metalúrgico no cenário atual, esse quadro tende a se reverter em médio prazo. Verifica-se um gradual aumento na demanda por aço, que gerou um aumento da produção nacional já no final do primeiro semestre de 2009: a produção brasileira de aço bruto atingiu, em junho deste ano, um total de 1,9 milhão de toneladas, mostrando expansão de 2,5% em relação a maio (Agência Brasil, 2009).

Nesse novo cenário de alta de preços do minério aliado ao aumento da demanda em médio prazo, poderia tornar-se economicamente viável a reabertura da Mineração Sartor, que já possui concessão de lavra.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL <http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2009/07/16/materia.2009-07-16.5815581771/view>. Acessado em 16/07/2009.

AGRICOLA, G., 1556. *De Re Metallica*, The Mining Magazine, 1912. Salisbury House, London.

ALMEIDA, F. F. M. de, 1983. Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas da região meridional da Plataforma Sul-Americana, Revista Brasileira de Geociências, v. 13, n. 3, p. 139 – 158.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL 2006. Anuário Mineral Brasileiro. Brasília. <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/AMB2006/substancia%20f-m.pdf>. Acessado em 05/04/2009

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL 2001. Balanço Mineral Brasileiro. Brasília. <http://www.dnpm.gov.br/mostraarquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=361>. Acessado em 10/05/2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL 2001. Cadastro Mineiro. <https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/extra/site/admin/Default.aspx>. Acessado em 05/05/2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL 2008. Sumário Mineral Brasileiro. Brasília. <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/SumarioMineral2008/fluorita.pdf>. Acessado em 05/04/2009.

BRASIL INFOMINE. Mapa de localização da Mineração Emitang Ltda. <http://brasil.infomine.com/properties/listings/44314/emitang.html>. Acessado em 20/05/2009.

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY, 2005. United Kingdom Minerals Yearbook 2004. (Keyworth, Nottingham: British Geological Survey).

COELHO, C.E. S., 1987. Contribuição ao estudo da gênese das mineralizações de fluorita do distrito de Tanguá, município de Itaboraí – RJ. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.

FERRARI, A.L. - 1990 - A Geologia do "Rift" da Guanabara (RJ) na sua porção centro-ocidental e sua relação com o embasamento Pré-Cambriano. XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia. Natal/RN. 2858-2872pp.

FULTON III, R. B., MILLER, M. M., (1996). Fluorspar. In: Industrial Mineral and Rocks, KOGEL, J. E. al, 7th Edition, SME, p. 581- 597.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Dados Estatísticos, disponível em: www.ibge.gov.br acesso ao site em 05/05/2009.

INDUSTRIAL MINERALS. www.industrialminerals.com. Acessado em 10/06/2009.

REIS A.P. & MANSUR K. L. 1995. Sinopse Geológica do Estado do Rio de Janeiro. Mapa Geológico 1:400.000. Niterói, DRM/RJ, 60 pp.

SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M.C., BALTAR, C.A.M. 2005. Fluorita. In: LUZ, A. B.; LINS, F. F. 2005. Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações. 1. ed. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, 2005, p.431- 446.

SILVA, J.O. 2007. As incertezas geológicas na previsão de receitas de royalties para o Estado e municípios do Rio de Janeiro. 200 p. Tese (Doutorado em Ciências). Instituto de Geociências. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

SOUZA, F.A.L.; COELHO, C.E.S.; DARDENNE, M.A.; NOGUEIRA, J.R.; GERALDES, M.C 2008. A intrusão alcalina do Tanguá e as mineralizações de fluorita. IV Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados. Foz do Iguaçu, Paraná.

SUSAKI, K., 2008. NT fundentes e escorificantes – situação atual com tendências 2025. Estudo prospectivo do setor siderúrgico: 2008. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

VALENÇA, J.G., 1980. Geology, Petrography and Petrogenesis of Some Alkaline Igneous Complexes of Rio de Janeiro State, Brazil. PhD Thesis, University of Western Ontario, London, Ontario. 247 p.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. 1999. Fluorspar. In: Minerals Yearbook. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. 2008. Fluorspar. In: Minerals Yearbook (Advanced Release). Washington, DC: U.S. Government Printing Office.