

Gabriel Fontoura Valente

**CENÁRIO BRASILEIRO DOS MINERAIS PARA FERTILIZANTES:
POTÁSSIO, FOSFATO E ENXOFRE; PRESENTE E FUTURO**

Trabalho de Conclusão de Curso

(Bacharelado em Geologia)

UFRJ
Rio de Janeiro
2013



UFRJ

Gabriel Fontoura Valente

**CENÁRIO BRASILEIRO DOS MINERAIS PARA FERTILIZANTES: POTÁSSIO,
ENXOFRE E FOSFATO; PRESENTE E FUTURO**

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:

José Mário Coelho

Rio de Janeiro

Julho 2013

V154 Valente, Gabriel Fontoura.
Cenário brasileiro dos minerais para fertilizantes : potássio,
fosfato e enxofre ; presente e futuro / Gabriel Fontoura Valente. –
2013.

57f. : il. color. ; 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) –
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
Orientador: Prof. José Mario Coelho.

1. Fertilizantes potássicos – Brasil – Teses. 2. Adubos e
fertilizantes – Indústria – Brasil – Teses. 3. Mineralogia do solo –
Brasil – Teses. I. Coelho, José Mário (Orient.). II. Universidade
Federal do Rio de Janeiro. III. Título.

CDD 553.64

**CENÁRIO BRASILEIRO DOS MINERAIS PARA FERTILIZANTES: POTÁSSIO,
ENXOFRE E FOSFATO; PRESENTE E FUTURO**

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:

José Mário Coelho

Aprovada em: 08 /07/2013

Por:

Orientador: Prof. Dr José Mário Coelho (UFRJ)

Prof. Adão Benvindo da Luz (CETEM)

Prof. Gilberto Dias Calaes (UFRJ)

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente ao Departamento de Geologia da UFRJ, pelo tempo de aprendizado e recursos investidos para minha formação profissional.

Ao professor e orientador Doutor José Mário Coelho, pelo tempo, paciência e bom humor durante a realização deste trabalho.

A minha família, pais e amigos, que me ajudaram e apoiaram direta ou indiretamente na realização desse trabalho, em especial minha irmã Ana Carolina.

Resumo

VALENTE, Gabriel Fontoura. **Cenário brasileiro dos minerais para fertilizantes: potássio, enxofre e fosfato; presente e futuro**. 2013. 57 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 Brasil é uma grande potência mineral, com alta capacidade de produção e exportação de diversos minérios, tais como ferro, cobre, nióbio, entre outros. Porém existe uma grande demanda do mercado interno agrícola por minerais usados na indústria de fertilizantes, principalmente potássio, além de outros como fosfato e enxofre. Acompanhando o crescimento da população, a demanda mundial por alimentos aumenta de forma que fertilizantes mais eficientes são necessários, em conjunto com o conhecimento em como utiliza-los, tornando-se uma necessidade fundamental para diversos países. O Brasil possui grandes reservas de potássio e fosfato (podendo ser autossuficiente em P e K) para serem exploradas, porém esbarra em empecilhos como alto custo dos métodos necessários para o aproveitamento desses minerais (principalmente potássio), falta de investimentos suficientes, infraestrutura adequada, etc. Ganha força a necessidade de investimentos em minerais alternativos, talvez não para suprir toda a demanda necessária, mas ao menos uma parte dela. O Plano Nacional de Mineração 2030 estabelece quatro cenários de futuro para a mineração brasileira, onde o “A” seria considerado mais ideal e o “D” menos ideal, com o país caminhando para um cenário intermediário entre “A” e “B”. A perspectiva futura da mineração brasileira é muito promissora, inclusive para os minerais usados na indústria de fertilizantes que hoje não são suficientes. Para que isto se torne realidade, ainda é preciso uma série de melhorias e avanços, tanto no campo acadêmico de conhecimento e educação, como no de infraestrutura, visando ao funcionamento em si dos serviços, como transporte, entre outros.

Palavras-chave: Fertilizantes, Potássio, Fosfato

Abstract

VALENTE, Gabriel Fontoura. **Brazilian scenario for fertilizer minerals: potassium, phosphate and sulfur; present and future.** 2013. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

Brazil has a great mineral potential, with high production and export capacity of various minerals, such as iron, copper, niobium, etc. But there is a huge domestic market demand for minerals used in the fertilizer industry, especially potassium, and others, such as sulfur and phosphate. Increasingly, the global demand for food grows along with the population, making more efficient fertilizers necessary, along with the knowledge on how to use them, becoming an essential need for many countries. Brazil has large reserves of potash and phosphate (which can be self sufficient in P and K) to be exploited, but still faces impediments such as the high costs demanded by the necessary methods for the exploitation of these minerals (especially potassium), lack of sufficient investment and adequate infrastructure, etc. The need to invest in alternative mineral sources gains force, perhaps not to meet all the demand necessary, but at least part of it. The National Mining Plan 2030 establishes four scenarios for the future of mining in Brazil, where the “A” would be considered the most ideal and “D” the least ideal. This Plan points out that the most likely scenario where Brazil would fit is an intermediary one between A and B. The Brazilian mining prospect is very promising, even for the minerals used in the fertilizer industry, but to become reality, Brazil needs improvements and advancements, both in the academic field of knowledge and education, and also in infrastructure for the operation of the services itself, such as transportation, among others.

Key-words: Fertilizer, Potash, Phosphate

Lista de Figuras

Figura 1 Principais participações nas importações brasileiras de bens minerais.....	1
Figura 2 Demanda de Nutrientes x Hectares no Brasil.....	8
Figura 3 Cadeia Produtiva de Fertilizantes Minerais.....	9
Figura 4 Funções do Potássio nas Plantas.....	17
Figura 5 Produção de Potássio no Brasil 1985-2012, em t.....	22
Figura 6 Produção e Importação de Fertilizantes.....	23
Figura 7 Projeção de Preços de Potássio até 2020.....	24
Figura 8: Afloramento de Verdete em Cedro de Abaeté (MG).....	28
Figura 9 Produção Brasileira de Rocha Fosfática; 1978-2012, em Mt.....	35
Figura 10 Projeção de Preços de Rocha Fosfática até 2020.....	40
Figura 11 Produção Brasileira de Enxofre; 1998-2012, em t.....	46

Lista de Tabelas

Tabela 1 Características dos 4 Cenários do Plano Nacional de Mineração 2030.....	3
Tabela 2 Principais Características entre os Fertilizantes Minerais e Orgânicos.....	7
Tabela 3 Projeção de Futuro para os Agrominerais no Brasil.....	10
Tabela 4 Principais Sais de Potássio para Uso como Fertilizantes.....	18
Tabela 5 Principais países produtores de Potássio e Reservas, em Mt.....	20
Tabela 6 Produção e Reservas de Rocha Fosfática no Mundo.....	36
Tabela 7 Estatísticas e Preços de Produtos Fosfatados no Brasil.....	39
Tabela 8 Produção Mundial de Enxofre, em t.....	49

Lista de Siglas

ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
ANDA	Associação Nacional para Difusão de Adubos
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
COPPE	Coordenação dos Programas de Pós Graduação em Engenharia
DAP	Fosfato diamônico
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
FAO	Food and Agriculture Organization
FIBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
FOB	<i>Free on Board</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
IFA	International Fertilizer Industry Association
INB	Indústrias Nucleares do Brasil
MAP	Fosfato monoamônico
MME	Ministério de Minas e Energia
NCM	Nomeclatura Comum do Mercosul
NPK	Nitrogênio; Fosfato; Potássio
PNM 2030	Plano Nacional de Mineração 2030
RENCA	Reserva Nacional do Cobre
SECEX	Secretaria de Comércio Exterior
SSP	Superfosfato Simples
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

Sumário

Agradecimentos.....	iv
Resumo.....	v
<i>Abstract</i>	vi
Lista de Figuras.....	vii
Lista de Tabelas.....	vii
Lista de Siglas.....	viii
Sumário.....	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	4
1.2 Metodologia.....	5
2. FERTILIZANTES	6
2.1 Utilização da Terra no Mundo.....	11
2.1.1 África.....	11
2.1.2 Ásia e Pacífico.....	12
2.1.3 Europa.....	13
2.1.4 América Latina e Central.....	14
2.1.5 América do Norte.....	15
3. POTÁSSIO	16
3.1 Usos e Aplicações.....	16
3.2 Mercado de Potássio.....	19
3.2.1 Reservas.....	19
3.2.2 Produção.....	21
3.2.3 Consumo.....	22
3.2.4 Preços.....	24
3.2.5 Projeção do Potássio para 2030.....	25

3.3 Alternativos.....	26
3.4 Projetos Futuros.....	29
4. FOSFATO.....	31
4.1 Usos e aplicações.....	32
4.2 Mercado de Fosfato.....	33
4.2.1 Reservas.....	33
4.2.2 Produção.....	34
4.2.3 Consumo.....	37
4.2.4 Preços.....	38
4.2.5 Projeção de Fosfato para 2030.....	40
4.3 Projetos Futuros.....	40
5 ENXOFRE.....	43
5.1 Usos e Aplicações.....	44
5.2 Mercado de Enxofre.....	45
5.2.1 Reservas.....	45
5.2.2 Produção.....	46
5.2.3 Consumo e preços.....	49
5.2.4 Projeção de Enxofre para 2030.....	50
5.3 Alternativas.....	51
5.4 Projetos Futuros.....	51
6. CONCLUSÃO.....	53
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com maior atividade de mineração no mundo, com grandes volumes de exportações, sendo um dos maiores produtores em minério de ferro, bauxita, nióbio, manganês, entre vários outros.

Porém existe uma demanda muito grande por certos minerais que não são encontrados com facilidade dentro do território brasileiro, ou cujas técnicas de exploração e lavra ainda não avançaram o suficiente para permitir o aproveitamento de todo o potencial existente.

É necessário importar esses minerais de outros países, gastando-se bilhões de dólares por ano para isso. Um dos maiores exemplos são os chamados agrominerais, usados principalmente na indústria de fertilizantes, que abastecem um gigantesco mercado agrícola.

São eles potássio (K), fosfato (P) e enxofre (S) usados no solo para suprir uma falta de nutrientes necessários para que o mesmo possa atingir o máximo de aproveitamento no cultivo de produtos agrícolas, além do nitrogênio (N), nutriente essencial para o uso como fertilizante.

A Figura 1 apresenta a divisão por minerais nas importações do país, ficando claro a dependência brasileira dos minerais fertilizantes, principalmente potássio, que somado ao enxofre e fosfato representam quase 45% de todo os minerais importados. (IBRAM, 2012).

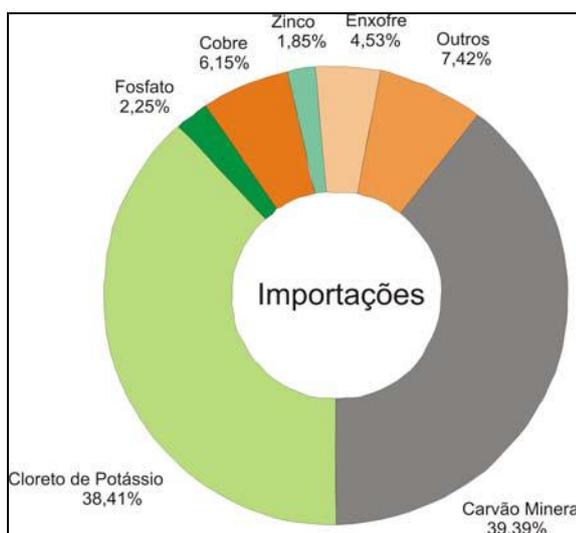


Figura 1: Principais participações nas importações brasileiras de bens minerais.

Fonte: IBRAM, 2012

O fertilizante é uma substância aplicada no solo para aumentar sua capacidade de produzir plantas mais saudáveis, e comercialmente valiosas. São produtos químicos naturais e manufaturados contendo nutrientes conhecidos para melhorar a fertilidade do solo, que fica empobrecido e necessita repor essas substâncias para ter sucesso em repetidos usos.

Com a população mundial crescendo cada vez mais, a demanda por produtos agrícolas para alimentar essa população é cada vez maior, e conseqüentemente a necessidade de se ter os fertilizantes adequados para uma boa plantação. (USGS, 1999).

As Nações Unidas estimam que a população mundial deverá atingir 7,7 bilhões de pessoas em 2020. A demanda para alimentos vai aumentar, mas área disponível para cultivo não vai acompanhar esse crescimento, por isso métodos para melhorar a produção precisam ser encontrados para satisfazer os requerimentos nutricionais da população em expansão. O uso de fertilizantes é uma maneira essencial de aumentar o suprimento de alimentos. (USGS, 1999).

O Brasil tem potencial no setor de grãos suficiente para produzir acima de 260 milhões de toneladas, nos próximos 15 anos, segundo dados da ANDA/FIBGE. Hoje temos mais de 196 milhões de habitantes, muitas desigualdades sociais, de renda, de cultura entre outras.

Portanto, é fundamental que o Governo Federal, principalmente através do Ministério de Minas e Energia (MME), formule estudos de política de aproveitamento de depósitos minerais de fosfato, principalmente para os estados Santa Catarina, Pernambuco, Ceará, Amazonas e também do potássio do Amazonas, Sergipe (carnalita), para que o país melhore sua posição na balança comercial de fertilizantes, e venha gerar riqueza de alimentos no futuro próximo.

No caso do Enxofre, a produção brasileira é apenas secundária, como subproduto do refino de hidrocarbonetos e na ustulação de sulfatos de cobre e zinco.

O Brasil possui uma condição natural para ser considerado potencial celeiro mundial em alimentos, em razão da grande quantidade de recursos naturais que possui, como: terra disponível para uso agricultável, rica

biodiversidade, água (20% das reservas de água doce do mundo) e condições pluviométricas e climáticas favoráveis.

Tabela 1: Características dos 4 Cenários do Plano Nacional de Mineração 2030

Incertezas Críticas	Cenário A: Sustentabilidade	Cenário B: Desenvolvimento desigual	Cenário C: Crescimento intermitente	Cenário D: Ameaça de Estagnação
População	210,0 milhões	212,1 milhões	214,2 milhões	216,4 milhões
PIB Nacional	U\$\$ 4.473,6 bi	U\$\$ 4.942,5 bi	U\$\$ 3.049,8 bi	U\$\$2.485,8 bi
Taxa anual do PIB nacional	5,1%	5,6%	3,2%	2,2%
PIB per capta	U\$\$21,3 mil	U\$\$ 23,3 mil	U\$\$ 14,2 mil	U\$\$ 11,5 mil
Crescimento do PIB per capta	4,6%	5,1%	2,6%	1,6%
Demanda Nacional	Crescente e diversificada	Crescente	Instável	Em queda
Demanda Mundial	Levemente crescente e diversificada	Crescente	Instável	Levemente decrescente
Oferta de bens minerais	Crescente e com agregação de valor	Crescente mas sem agregação de valor	Instável	Levemente decrescente
Gargalos de infraestrutura	Superação razoável	Superação	Persistência	Persistência
Carência de mão de obra qualificada	Superação	Superação parcial	Persistência	Agravamento
Marco regulatório	Modernizado	Liberal	Pouco modificado	Modificações inconsistentes
Conhecimento Geológico	Muito bom	Muito bom	Razoável	Sem modificações relevantes
Conflitos	Poucos e dispersos	Muitos e Agudos	Agudos	Muitos e pequenos
Regiões Mineraias	Desenvolvimento e qualidade de vida	Desenvolvimento e desigualdade	Sem mudanças significativas	Pouco desenvolvimento
Percepção da sociedade sobre mineração	Boa	Dúbia com tendência negativa	Negativa	Muito negativa

Fonte: MME, 2011

Soma-se ainda a esse cenário uma mão de obra relativamente barata, além de recentes incrementos da tecnologia brasileira em vários campos da indústria em geral, além da medicina, biogenética, agricultura, petróleo e outros tantos setores da economia do país.

A única forma de se manter ou elevar os níveis de produção de grãos em um mundo de população crescente é devolver para o solo agricultável, os macronutrientes consumidos pelo uso contínuo das plantações, sendo assim qualquer país deve se preocupar na busca de depósitos dessas matérias primas nos seus territórios, ou fora deles por aquisição de minas e jazidas.

A elaboração do Plano Nacional de Mineração 2030 foi resultado de estudos coordenados pelo ministério de Minas e Energia e de diversas reuniões e oficinas temáticas com uma abordagem integrada, reunindo informações, conhecimento e experiências.

Teve como objetivo guiar as políticas de médio a longo prazo do país pelas próximas décadas, no que diz respeito ao setor mineral brasileiro, elaborando cenários (Tabela 1) e visões de futuros, buscando preferencialmente o melhor deles para o Brasil, aliando crescimento econômico com sustentabilidade ambiental, e superação de gargalos de infraestrutura que atuam hoje como grandes barreiras a esse desenvolvimento.

1.1 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o panorama da pesquisa e produção mineral de potássio, fosfato e enxofre (com foco no Brasil mas usando também informações do mercado mundial), os principais usos de cada mineral, a demanda de importações para suprir o mercado interno, possíveis fontes alternativas dessas matérias primas minerais, perspectivas para os próximos anos na forma de projetos em andamento, e uma análise de cenários e visões de futuro do setor mineral para as próximas décadas no país, tomando como base o Plano Nacional de Mineração 2030, desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia. (MME, 2011).

Apesar do nitrogênio também ser um macronutriente atualmente em falta no país, devido a boas perspectivas de produção no futuro, como resultado da exploração de gás natural, neste trabalho será discutido somente os mercados de potássio, fosfato e enxofre, com maior foco no primeiro, por ser justamente o fertilizante de caráter mais crítico, em termos de dependência de importação.

1.2 Metodologia

O presente trabalho foi feito através de pesquisa bibliográfica em diferentes fontes, com foco no uso de fertilizantes e o mercado agrícola, além de uma visão global do cenário de mercado de potássio, enxofre e fósforo, no que diz respeito a grandes produtores, importadores, exportadores, reservas, etc.

Destacam-se entre as fontes pesquisadas, o Sumário Mineral Brasileiro de 2012 e o *Mineral Commodity Summary* 2013, além de publicações como o livro Economia Mineral, do DNPM (2009), Fertilizantes – Agroindústria e Sustentabilidade (CETEM, 2008), e o Plano Nacional de Mineração 2030, entre outros.

2. FERTILIZANTES

A agricultura teve origem no momento em que o homem iniciou o cultivo das plantas, deixando para trás um hábito de vida nômade (mudando sempre o local que vivia por outro assim que as necessidades exigiam), para adotar um novo modo de vida, se fixando em um local e passando a aprimorar técnicas de caça e colheita para suprir toda a demanda necessária de alimentos para sustentar os indivíduos de seu grupo ou população.

Nesse período de mudança no desenvolvimento da raça humana, a fertilidade do solo e a produtividade das culturas passaram a interagir em diferentes níveis, determinando o sucesso ou não dos povos ao longo dos anos. (Lopes & Guilherme, 2008).

À medida que a população do mundo continuou sempre a aumentar, e as civilizações entraram no século XX, ficou óbvia a importância de um contínuo aumento na produção de alimentos, sendo necessárias pesquisas em diferentes fases da produção agrícola, e com as descobertas dessas pesquisas, meios e ferramentas que podem contribuir e aumentar a produção agrícola, tanto atualmente como num futuro a longo prazo. (Lopes & Guilherme, *op. cit.*)

Os fertilizantes estão definidos na legislação brasileira (decreto 86.955, de 18 de fevereiro de 1982) como “substâncias minerais ou orgânicas, naturais ou sintéticas, fornecedoras de um ou mais nutrientes das plantas. São utilizados na agricultura e pecuária para melhorar a produtividade do solo, contribuindo na reposição das substâncias retiradas da terra com os cultivos. Podem ser tanto orgânicos ou inorgânicos, industrializados ou não, naturais ou sintéticos, líquidos ou granulados. (Dias & Fernandes, 2006)

O fertilizante mineral é produto de natureza fundamentalmente mineral, natural ou sintético, obtido por processo físico, químico ou físico-químico, fornecedor de um ou mais nutrientes das plantas. O orgânico é produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, com base em matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais. Já o fertilizante organomineral é produto resultante

da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos. (Dias & Fernandes, op. cit.)

As principais características e contrastes entre os fertilizantes minerais e orgânicos estão listadas na Tabela 2:

Tabela 2
Principais Características entre os Fertilizantes Minerais e Orgânicos.

Características	Fertilizantes Orgânicos	Fertilizantes Minerais
Fonte dos Nutrientes	Esterco animal e resíduos da colheita	Nitrogênio do ar e recursos minerais do solo
Concentração dos Nutrientes	Baixa	Alta
Disponibilidade dos Nutrientes	Variável	Imediata
Qualidade	Frequentemente inconsistente	Determinável e Consistente

Fonte: Dias & Fernandes, 2006

A indústria de fertilizantes produz e comercializa complementos aos nutrientes minerais existentes no solo, que, juntamente com a água, gás carbônico e luz, são essenciais para as plantas. Fazem parte deles os macronutrientes primários: Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), que, ao serem misturados, são chamados de NPK. (Dias & Fernandes, op.cit.)

As deficiências mais comuns são justamente desses três nutrientes, daí a fórmula básica dos fertilizantes (NPK), que indica o percentual de nitrogênio na forma de N elementar, o teor percentual de fósforo na forma de pentóxido de fósforo, P_2O_5 , e o conteúdo percentual de potássio na forma de óxido de potássio, K_2O (Dias & Fernandes, 2006). Também há macronutrientes secundários: Enxofre (S), Magnésio (Mg) e Cálcio (Ca). E existem os micronutrientes: Cloro (Cl), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Cobre (Cu), entre outros.(BNDES, 2010).

Diferentes tipos de manejos nas culturas causam uma exigência diferente de certos nutrientes no solo. O plantio direto pode aumentar a eficiência de uso da água e diminuir a erosão do solo, de acordo com pesquisas recentes, mas vai causar uma maior exigência de nitrogênio, fósforo, enxofre e potássio, por exemplo. (Lopes & Guilherme, op. cit.).

Ainda são necessárias mais pesquisas para desenvolver práticas completamente adequadas de fertilidade do solo para cada tipo de plantio, pois também existe uma variação de demanda de nutrientes de acordo com o produto plantado. Como exemplo, existem doses de fertilizantes que dão respostas satisfatórias com produtividades do milho de 8 t (toneladas) por hectare mas que não serão adequadas aos tetos de produtividades de 12 por hectare, ou mais.

De acordo com calibração de análises de solo recentes, doses dos nutrientes necessários para teores diferentes de análises de solo, podem ser muito baixas para as altas produtividades das culturas hoje obtidas, e que tendem a ser maiores ainda no futuro, com a demanda crescente por alimentos. (Lopes & Guilherme, op. cit)

A Figura 2 mostra a demanda de nutrientes fertilizantes de potássio e fósforo e a relação com o aumento de hectares de terras cultivadas no Brasil, principalmente no que diz respeito a plantações de milho, soja e cana de açúcar. A projeção de demanda por potássio até aproximadamente o ano de 2017 é maior, porém a demanda por fósforo também se mostra alta, enquanto o plantio de cana de açúcar é o que mais mostra crescimento recente de hectares usados, enquanto a soja ainda predomina em área utilizada.

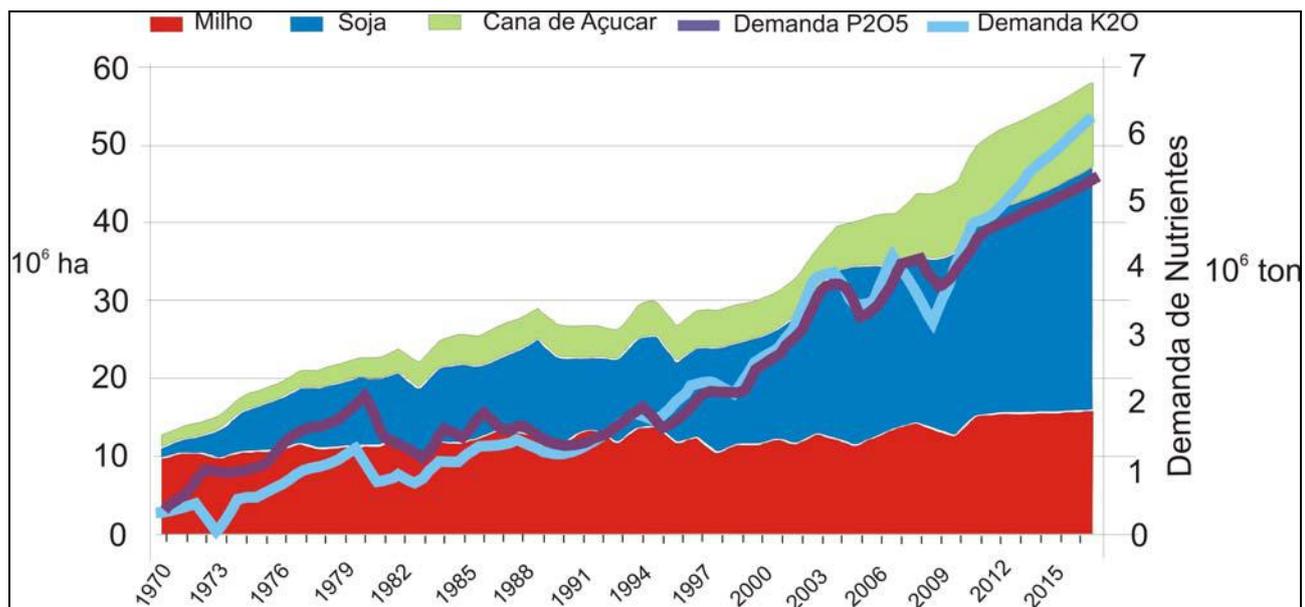


Figura 2: Demanda de Nutrientes x Hectares no Brasil.

Fonte: Berge, 2012

Os recursos da terra, no qual se inclui o solo e a cobertura do solo, importantes para a agricultura e meio ambiente, funcionam como um estoque de matérias primas, sendo finitos, frágeis e não renováveis. Além de formar uma base para os sistemas de apoio à vida animal e vegetal e para a produção agrícola, a terra auxilia na preservação da biodiversidade terrestre, na regulação do ciclo da água, no armazenamento e na reciclagem do carbono e em outros serviços do ecossistema. A área de terra do planeta cobre um total de 140 milhões de quilômetros quadrados, mas essa área não cresce com o passar do tempo, enquanto a intensidade com que ela é usada sim, por isso uma necessidade constante de pesquisas para se saber como utilizar corretamente os fertilizantes, de forma cada vez mais eficiente.

A Figura 3 apresenta um esquema da cadeia produtiva de fertilizantes minerais, que envolve atividades que vão desde a extração da matéria-prima até a composição de formulações aplicadas diretamente na agricultura. O segmento extrativo mineral fornece as matérias-primas básicas dos fertilizantes, principalmente o gás natural, o RASF (resíduo asfáltico do petróleo) e a nafta, além da rocha fosfática, do enxofre e das rochas potássicas. (Dias & Fernandes, op. cit.)

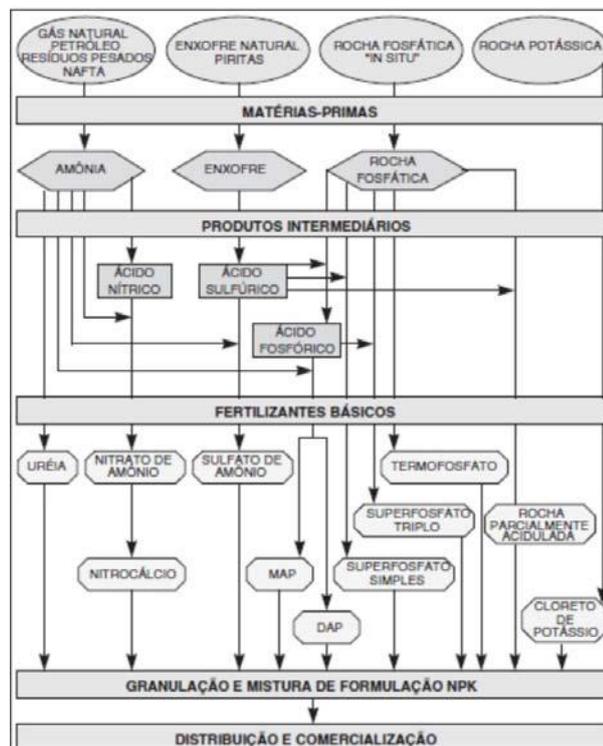


Figura 3- Cadeia Produtiva de Fertilizantes Minerais
 Fonte: Dias & Fernandes, 2006

Com base nesses insumos, são obtidas as matérias-primas intermediárias como ácido sulfúrico, ácido fosfórico, amônia anidra e os fertilizantes simples, dos quais resultam os fertilizantes básicos, como a uréia, o sulfato de amônio, o MAP, o superfosfato simples e o cloreto de potássio, que vão dar origem aos fertilizantes granulados e as misturas de formulação NPK. (Dias & Fernandes, op. cit.)

Mais de 70% do consumo mundial de fertilizantes está concentrado entre Brasil, China, EUA e Índia.

Em 2012, as vendas de fertilizantes no mercado brasileiro registraram um novo recorde, onde o volume entregue ao consumidor final chegou a 29,537 milhões de toneladas, significando um aumento de 4,3% em relação ao ano anterior, onde essa marca foi de 28,3 milhões de toneladas, porém apesar do aumento do volume comercializado, a produção nacional de adubos caiu 1,4% em 2012, para 9,722 milhões de toneladas, de acordo com informações divulgadas pela ANDA no início do ano.

A Tabela 3, elaborada para o Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM 2030, ver Capítulo 6), faz uma projeção de produção, importação e consumo dos agrominerais para os anos de 2015, 2022 e 2030, estabelecendo também uma taxa de crescimento entre eles, a partir de 2008.

Tabela 3 – Projeção de Futuro para os Agrominerais no Brasil.

Agrominerais		Un.	2008	2015	15/8	2022	22/15	2030	30/22
Enxofre	Produção	Mt	0,51	0,73	5,1%	1,03	5,1%	1,53	5,1%
	Importação	Mt	2,31	3,81	7,4%	5,4	5,1%	8,03	5,1%
	C. Aparente	Mt	2,82	4,53	7,0%	6,42	5,1%	9,56	5,1%
Fosfato (P ₂ O ₅)	Produção	Mt	2,47	3,60	5,5%	4,93	4,6%	7,07	4,6%
	Importação	Mt	0,57	0,63	1,5%	0,94	5,8%	1,48	5,9%
	C. Aparente	Mt	3,04	4,23	4,8%	5,87	4,8%	8,55	4,8%
Potássio (K ₂ O)	Produção	Mt	0,38	2,17	28%	3,07	5,0%	4,58	5,1%
	Importação	Mt	4,06	4,09	0,1%	5,74	5,0%	8,45	4,9%
	Exportação	Mt	0,01	0,013	3,8%	0,07	3,8%	0,023	3,8%
	C. Aparente	Mt	4,44	6,25	5,0%	8,80	5,0%	13,0	5,0%

Fonte: MME, 2011.

A projeção da demanda interna para cada material considerou o consumo histórico recente e a análise qualitativa de tendência de evolução do mercado interno. Para a realização das previsões, foi adotada como referência a taxa

de crescimento do PIB brasileiro de 5,1% ao ano, a mesma esperada para o Cenário A caracterizado no PNM 2030. (MME, op. cit.).

2.1 Utilização da Terra no Mundo

O aumento da população mundial significa que as pressões sobre a terra continuarão sendo graves, principalmente na África e na Ásia. A produção crescente de alimentos é o principal fator de pressão sobre os recursos da terra, desde a década de 70. Até 2030 a FAO (Food and Agriculture Organization) sugere que 57 milhões de hectares adicionais serão usados para cultivo na África e 41 milhões na América Latina. (PNUMA, 2004)

Existe uma preocupação ambiental com essa previsão, uma vez que as duas alternativas mais prováveis para apoiar esse aumento de terras aproveitadas são a conversão de florestas e bosques e de áreas frágeis na zona semi-árida, deixando claro que o desenvolvimento sustentável está ligado ao crescimento da necessidade de alimentos (PNUMA, 2004)

As maiores necessidades de alimentos e outros produtos agrícolas devem ser satisfeitas principalmente por meio do aumento e da sustentação do rendimento de safras e produção pecuária, bem como de uma utilização mais intensiva da terra, mas que deve ser feita com responsabilidade e uso inteligente de fertilizantes, que serão cada vez mais necessários. (PNUMA, op. cit)

A seguir é apresentado um panorama de uso da terra nos continentes, organizado pelo Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente- PNUMA, e publicada no Brasil com ajuda do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis- IBAMA e au Universidade Livre da Mata Atlântica- UMA.

2.1.1 - África

A área total da África é de 29,6 milhões de quilômetros quadrados, dois terços dos quais são terras áridas ou semi-áridas (PNUMA, 2004 *apud* UNEP, 1999a). A terra é essencial para o desenvolvimento da África, uma vez que a

subsistência de aproximadamente 60% da população depende da agricultura (PNUMA, op. cit. *apud* Moyo, 2000).

As principais questões relativas à terra na África incluem degradação e desertificação crescentes, juntamente com sistemas inadequados e desiguais de posse de terras, que têm desempenhado um papel importante para o agravamento da degradação.

Outros problemas generalizados incluem um declínio da fertilidade do solo, contaminação do solo, manejo e conservação da terra, o desequilíbrio entre os sexos quanto à posse de terra e a conversão do habitat natural para uso agrícola ou urbano. Milhões de pessoas em pelo menos 16 países africanos vem sofrendo com a escassez de alimentos devido a quebras de produção ou a interrupções na distribuição, associadas a conflitos civis. A falta de tecnologias agrícolas adequadas às condições africanas também contribui para que não se alcance o potencial de produção (PNUMA, op. cit. *apud* FAO, 2000).

2.1.2 Ásia e Pacífico

As regiões da Ásia e Pacífico Sul cobrem cerca de 23% do total da superfície terrestre. As questões mais críticas em relação à terra são a degradação (incluindo a desertificação), a mudança no uso da terra e a contaminação do solo. O crescimento populacional e a elevada densidade demográfica, práticas inadequadas de manejo da terra e as desigualdades emergentes em relação ao acesso a terras e aos recursos têm sido os maiores impulsores das mudanças nos últimos trinta anos.

Pastagens, cultivos e a utilização de fertilizantes inorgânicos, todos em níveis excessivos, constituem problemas na maior parte das sub-regiões, enquanto a mineração, a exploração madeireira, os monocultivos e espécies exóticas invasoras têm produzido resultados drásticos nos países insulares do pacífico.

Entre os processos de degradação da terra de maior preocupação na região estão a erosão, a compactação, a acidificação, a diminuição da matéria

orgânica do solo, a infestação de ervas daninhas, o esgotamento da fertilidade do solo e a degradação biológica.

A avaliação global da degradação do solo (Global Assessment of Soil Degradation – Glasod) calcula que aproximadamente 13% (ou 850 milhões de hectares) da terra na Ásia e no Pacífico se encontra degradada (PNUMA, 2004 *apud* Oldeman, 1994) – a maior parte na Ásia, mas estima-se que a degradação atinja mais de 104 milhões de hectares na sub-região do pacífico, onde o desmatamento de florestas em grande escala causou uma diminuição da estrutura e da fertilidade do solo e também onde as espécies invasoras constituem a cobertura vegetal predominante em diversas ilhas.

A terra é intensivamente utilizada para a produção agrícola no Sul e Sudeste asiático, com extensas áreas de pastagem em todas as outras sub-regiões, exceto na zona do Pacífico Sul. No sul da Ásia, mais de um terço de toda a terra é cultivável.

2.1.3 Europa

As principais questões associadas aos recursos da terra na Europa são o planejamento do uso da mesma em relação à agricultura e à expansão urbana, bem como a degradação do solo devido a fatores tais como contaminação e erosão.

A contínua expansão demográfica, as mudanças econômicas e o crescimento econômico nos últimos trinta anos levaram a demandas concorrentes por terra para agricultura, silvicultura, proteção ambiental e lazer, assim como para o desenvolvimento urbano e de infraestrutura, uma vez que 74% da população europeia está concentrada em apenas 15% da superfície de seu território (PNUMA, *op. cit. apud* EEA, 1999). Ao mesmo tempo, essas áreas apresentam níveis elevados de atividade na indústria, no transporte, nos serviços e em outros setores da economia, com problemas ambientais concomitantes.

Apesar de ser uma atividade minoritária em termos de renda e emprego, a agricultura é o uso predominante da terra na Europa. Desde a década de 1950, o continente tem rumado para a urbanização à custa de terras naturais,

seminaturais e agrícolas. A área utilizada para a agricultura produtiva na Europa ocidental diminuiu nos últimos trinta anos – em 6,5% para cultivos permanentes e terras de uso agrícola e em 10,9% para as pastagens permanentes. Porém, o declínio tem sido acompanhado por métodos de produção mais intensivos. (PNUMA, op. cit. *apud* Faostat, 2000).

2.1.4 - América Latina e Central

A região da América Latina e Caribe possui as maiores reservas de terra arável do Mundo, com cerca de 576 milhões de hectares, o equivalente a quase 30% de seu território total (PNUMA, op. cit. *apud* Gómez e Gallopín, 1995). Esta região contém ainda 16% do total global de 1,9 bilhão de hectares de terra degradada, colocando-se em terceiro lugar, atrás da região da Ásia e pacífico e da África (PNUMA, op. cit. *apud* UNEP, 2000).

As questões prioritárias na região incluem: perda de área agrícola (causada por fatores como erosão e mudanças nas práticas agrícolas e de crescimento da urbanização), degradação da terra (associada a compactação, lixiviação de nutrientes e poluição) e posse de terras (que abrange a distribuição inadequada e desigual de terras, assim como a inexistência de direitos de posse).

A expansão agrícola intensificou o uso de recursos naturais e agravou muitos dos processos de degradação da terra. Nas três últimas décadas, tem havido um aumento das terras aráveis e pastagens à custa das florestas. Durante o período de 1972 a 1999, por exemplo, a área de terra arável permanente e de terras de cultivo aumentou na América do Sul em 30,2 milhões de hectares ou 35,1%; na América Central, em 6,3 milhões de hectares ou 21,3%; e, no Caribe, em 1,8 milhão de hectares ou 32,0% (PNUMA, op. cit. *apud* Faostat, 2001).

2.1.5 América do Norte

Cerca de 11% das terras de cultivo agrícola do mundo se encontram na América do Norte, produzindo alimentos, fibras e outros produtos, tanto para as próprias necessidades da região como para exportação.

Quase 20% do território dos Estados Unidos está coberto por terras de cultivo aráveis e permanentes, e 26% por pastagens permanentes. Embora apenas 7% das terras do Canadá sejam dedicadas à agricultura, esse número representa quase toda a terra não-desenvolvida que se pode usar para cultivo. A degradação da terra, associada à expansão, à intensificação e à industrialização agrícola, é motivo de preocupação na América do Norte. Uma das principais questões ligadas à degradação da terra é o uso de pesticidas químicos, o que tem contribuído para uma maior produção de alimentos, mas que também tem tido efeitos sobre o meio ambiente e a saúde humana.

3. POTÁSSIO

O potássio é o sétimo elemento mais abundante na crosta terrestre, estando largamente distribuído, porém sem nunca ocorrer em sua forma elementar, devido a alta reatividade e afinidade com outros elementos. Portanto o termo “potássio” acaba sendo usado de forma genérica para designar toda uma variedade de minerais potássicos. (DNPM, 2001)

Ocorre em rochas, solos, oceanos, lagos e salinas residuais de lagos salgados, embora nestas ocorrências raramente seja observado em teor superior a 10%, enquanto teores mais elevados são normalmente encontrados em minerais evaporíticos e nos silicatos de potássio. (DNPM, 2001)

O símbolo K do potássio provém da palavra latina *kalium* derivada do árabe *qali*, que significa álcali. O seu número atômico é 19 e peso atômico 39,0983. É um dos metais mais reativos e eletropositivos, e o segundo mais leve depois do lítio, tendo sido o primeiro metal a ser isolado por eletrólise. (Nascimento & Loureiro, 2004)

Nos séculos XVIII e XIX o cloreto de potássio era exportado em volumes substanciais da América do Norte para Inglaterra, mas a produção comercial em larga escala foi iniciada na Alemanha por volta da metade do século XIX, que foi o principal país produtor até o início da década de 30 do século XX. (Nascimento & Loureiro, op. cit.).

3.1 Usos e Aplicações

O potássio existe no solo de três formas diferentes: potássio mineral (minerais primários e secundários), potássio trocável e potássio da solução. O principal uso de sais de potássio é na agricultura, onde fornecem um dos três elementos nutrientes mais importantes para o desenvolvimento das plantas.

Mais de 95% da produção mundial de potássio é usada como fertilizante, enquanto o restante da utilização é dividida em várias aplicações industriais, com a manufatura de vidros especiais, sabões, detergentes, etc. Particularmente é importante na produção de batata, cana-de-açúcar, beterraba, uvas, frutas, cereais, côco, cacau e seringueira. (DNPM, 2009).

Os dois sais de potássio mais importantes em uso corrente são o cloreto de potássio (contendo 60 a 62% de K_2O) e o sulfato de potássio (50 a 52% de K_2O). Cerca de 90% da produção mundial de potássio é na forma de cloreto de potássio, enquanto que o sulfato de potássio representa menos que 5% do total. (Nascimento & Loureiro, 2004)

Como nutriente é essencial para todos os organismos vivos, tendo como principal função promover a reciclagem de nutrientes necessários ao crescimento das plantas, desempenhando função importante na ativação de enzimas (mais de 60 são ativados por este cátion, que atua em diversos processos metabólicos tais como a fotossíntese, síntese de proteínas e carboidratos), e participa também no balanço de água e crescimento de meristemas (tecido das plantas com função de crescimento), como é mostrado na Figura 4. (Nascimento & Loureiro, op. cit.)

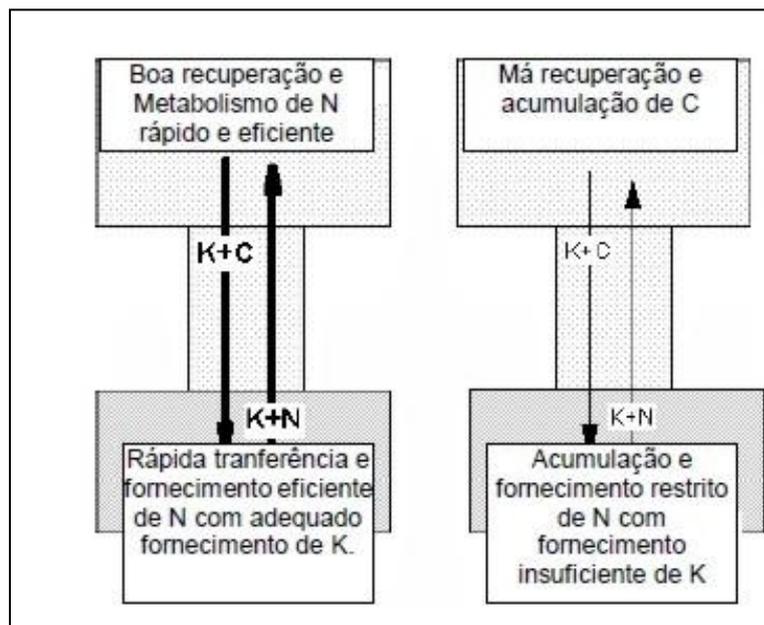


Figura 4: Funções do Potássio nas Plantas

Fonte: CETEM, 2008.

Os minerais de potássio mais adequados para exploração são a silvita e a carnalita. O minério silvinita é uma mistura de halita ($NaCl$) e silvita (KCl).

A carnalita é um cloreto duplo de potássio e magnésio hidratado ($KMgC_{13}, 6H_2O$).

Na natureza é muito frequente a ocorrência de minerais e rochas que contém potássio em sua composição, como o ortoclásio ($KAlSi_3O_8$),

componente comum de muitas rochas, que contém em média 17% de potássio. (Nascimento & Loureiro, op. cit.)

Rochas ígneas, como os granitos (feldspatos alcalinos, quartzo e micas), os sienitos (ortoclásio/microclínio, principalmente, e minerais ferro-magnesianos), e rochas sedimentares, como os arcósios (rochas constituídas predominantemente por feldspatos potássicos e quartzo), apresentam, em regra, teores elevados de potássio. (Nascimento & Loureiro, , op. cit.)

No caso de arenitos arcósios, seria possível uma separação de seus dois minerais constituintes, feldspato e quartzo, dando lugar a dois concentrados de valor econômico potencial.

A Tabela 4 mostra os principais sais de potássio utilizados como fertilizantes e sua composição em nutrientes

Tabela 4
Principais Sais de Potássio para Uso como Fertilizantes

Composto	Fórmula Química	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Mg
Cloreto de Potássio	KCL	-	-	60-62	-	-
Sulfato de Potássio	K ₂ SO ₄	-	-	50-52	18	-
Sulfato de Potássio e magnésio	K ₂ SO ₄ .MgSO ₄	-	-	22	22	11
Nitrato de potássio	KNO ₃	13	-	44	-	-
Nitrato de potássio e Sódio	KNa(NO ₃) ₂	15	-	14	-	-
Carbonatos de Potássio	K ₂ CO ₃	-	-	<68	-	-
	KHCO ₃	-	-	-	-	-
Ortofosfatos de Potássio	KH ₂ PO ₄	-	30-60	30-50	-	-
	K ₂ HPO ₄	-	-	-	-	-
Polifosfatos de Potássio	K ₄ P ₂ O ₇	-	40-60	22-48	-	--
Metafosfatos de Potássio	KPO ₃	-	55-57	38	-	-

Fonte: CETEM, 2008.

Embora os silicatos ricos em potássio, como o feldspato potássico, a muscovita e a leucita contenham entre 10 e 20% de K₂O equivalente (usa-se frequentemente a unidade “K₂O equivalente” para expressar o potássio contido, embora esta unidade não expresse a composição química da substância. Fatores de conversão: KCl puro x 0,63177 = K₂O equivalente; K₂O x 0,83016 = K) e sejam relativamente abundantes na crosta, o fato de não serem solúveis em água dificulta sua utilização como fontes de potássio), o aproveitamento de rochas ígneas como fonte de potássio limita-se ainda a

áreas de exploração de outras substâncias, onde o potássio é obtido como subproduto. (DNPM, 2001).

Os depósitos evaporíticos constituem as mais importantes fontes de sais de potássio, pois os sais derivados desses depósitos são muito solúveis em água e podem ser explorados e processados mais facilmente.

Os principais minerais evaporíticos de potássio são: silvita (KCl), contendo 63% de K_2O ; carnalita ($KCl.MgCl_2.6H_2O$), contendo 17% de K_2O ; cainita ($KCl.MgSO_4.3H_2O$), contendo 19% de K_2O ; e langbeinita ($K_2SO_4.2MgSO_4$), contendo 23% de K_2O . (DNPM, 2001)

Em virtude do alto teor de potássio, o mineral mais importante da lista acima é a silvita, embora a carnalita, a cainita e a langbeinita sejam também exploradas comercialmente como fonte de potássio. (DNPM, 2001)

3.2 Mercado de Potássio

3.2.1 Reservas

Como pode ser observado na Tabela 5, as reservas mundiais são muito concentradas, com o Canadá possuindo 62,8%. A Rússia, Bielorrússia, Alemanha e China completam o quadro dos principais detentores de reservas.

As reservas brasileiras são praticamente insignificantes diante do cenário mundial, correspondendo a menos de 1% do total.

As principais reservas de potássio no Brasil estão localizadas no Sergipe e no Amazonas. A principal mina é a do complexo Taquari-Vassouras, no município de Rosário do Catete, Sergipe, operada pela Vale SA. Esta mina é de grande porte, com reservas medidas de 482,6 milhões de toneladas e teor médio de 9,2% de K_2O equivalentes. (Monte *et al.* 2002)

A jazida de Taquari-Vassouras está situada entre os campos petrolíferos de Carmópolis e Siriri, na porção sul da bacia sedimentar Sergipe-Alagoas, corresponde a uma área de 185 km², e ocorre no membro Ibura da formação Muribeca, num depósito atribuído a uma sequência de evaporitos. A mineralização dos sais de sódio e potássio ocorre na forma de camadas com espessura média de 5 m. (Monte *et al.* op. cit.)

Tabela 5
Principais Países Produtores de Potássio e Reservas, em Mt

	Produção de Mina		Reservas (Mt)
	2011	2012	
Estados Unidos	1.000	900	130.000
Bielorússia	5.500	5.650	750.000
Brasil	454	460	300.000
Canadá	11.000	9.000	4.400.000
Chile	980	900	150.000
China	3.700	3.900	210.000
Alemanha	3.010	3.000	140.000
Israel	1.960	1.9000	40.000
Jordânia	1.380	1.400	40.000
Rússia	6.500	6.500	3.300.000
Espanha	420	425	20.000
Reino Unido	427	430	22.000
Outros Países	---	---	50.000
Total Mundial	36.400	34.000	9.500.000

Fonte: USGS, 2013.

Os depósitos de Sergipe foram descobertos em 1963 pela Petrobras (Monte et al., 2002, *apud* Baltar et. al., 2001) durante estudos de prospecção de petróleo na região em domos salinos.

As reservas de potássio sergipanas totalizam 508,6 milhões de toneladas de silvinita e 12,9 bilhões de toneladas de carnalita. Seus teores são, respectivamente, de 9,7 e 8,3% de K_2O contido. (Monte et. al., op. cit.)

Esses depósitos encontram-se nas sub-bacias evaporíticas de Taquari-Vassouras e Santa Rosa de Lima, municípios de Rosário do Catete, Carmópolis e Santa Rosa de Lima.

Daquele montante de silvinita, apenas 129,6 milhões de toneladas se definiram como recuperáveis, após a introdução de índices de abatimento geológico e parâmetros de recuperação na lavra. Dessas reservas já foram mineradas cerca de 21,71 milhões de toneladas de minério, desde 1985. (Monte et al., op. cit.)

Os depósitos na Amazônia foram descobertos em 1955, durante o programa de pesquisa de petróleo pela Petrobras. As camadas de salgema (cloreto de sódio acompanhado de cloreto de potássio e magnésio) estão associadas à seqüência de evaporitos do paleozóico superior na região de Nova Olinda. Mais tarde novos depósitos de sais de potássio foram

descobertas através de sondagens nas regiões do Tapajós, de Nhamundá-Trombetas e de Nova Olinda-Maués. (Nascimento & Loureiro, 2004)

A empresa Brazil Potash anunciou, no início de 2013, a descoberta de jazidas de potássio em Autazes, região metropolitana de Manaus (AM), com reservas estimadas em mais de 500 milhões t. Somadas às reservas já existentes no país, de concessão da Petrobras, o Brasil passa a ser o 3º maior detentor de reservas mundiais, com 1,5 bilhão t, atrás apenas de Canadá e Rússia. A expectativa é que dentro de uma década o Brasil possa tornar-se auto-sustentável na produção de potássio. (Borges, 2013).

A confirmação das reservas geológicas é o primeiro passo para o avanço dos estudos detalhados de engenharia e licenciamento do projeto antes da implantação da operação comercial, o que ainda leva certo tempo até se tornar realidade. De acordo com a empresa, a extração de potássio em Autazes será por meio de lavra subterrânea mecanizada, similar às melhores práticas adotadas nas minas do Canadá e da Rússia, os dois maiores exportadores mundiais. Os custos iniciais operacionais estão em cerca de US\$ 85 por tonelada de minério lavrado e processado. Além disso, o investimento em desenvolvimento e implantação do projeto deve alcançar US\$ 2 bilhões, para produzir 2 milhões t/ano de cloreto de potássio a partir de 2018. (Borges, op. cit.)

3.2.2 - Produção

Utilizando como exemplo, o intervalo de 20 anos entre 1987 e 2007, a produção agrícola no Brasil cresceu 59%, enquanto o consumo de adubos 143%, e a área cultivada teve aumento de apenas 13%, indicando claramente uma tendência cada vez maior de aumento constante do uso de fertilizantes para maximizar a produtividade agrícola. O consumo aparente de potássio fertilizante no Brasil, por exemplo, foi 23,10% superior em 2011, quando comparado ao de 2010. Porém a produção interna de potássio fertilizante ainda está muito abaixo da demanda interna pelo produto. Em 2011, a produção doméstica de KCl representou 8,44% do consumo aparente. (Oliveira, 2012)

Devido a essa pequena produção interna, completamente insuficiente frente a demanda interna do país, o Brasil situa-se no contexto mundial como um grande importador de potássio fertilizante, tendo como principais fornecedores em 2011 (dados mais recentes fornecidos no Sumário Mineral do DNPM), a Bielorrússia (35,74%), o Canadá (35,21%), a Alemanha (12,66%), Israel (6,45%) e a Rússia (5,83%). (Oliveira, op. cit.).

A Figura 5 mostra a produção brasileira de potássio em toneladas nas últimas décadas, entre 1985 e 2012.

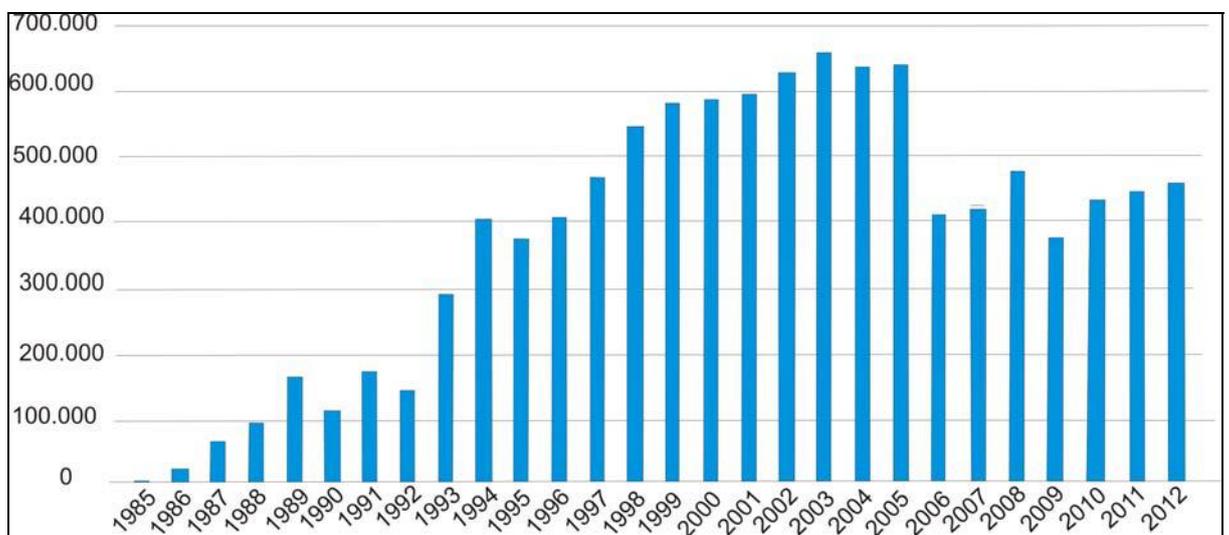


Figura 5: Produção de Potássio no Brasil 1985-2012, em t

Fonte: Kulaif 2009, atualizado com dados de USGS, 2013

3.2.3 Consumo

O consumo de fertilizantes no Brasil tem crescido muito mais que a produção agrícola. Tomando o intervalo entre 1987 e 2007, por exemplo, está cresceu 59%, enquanto o consumo de adubos 143%, para um aumento de área colhida de apenas 13%. Cerca de 87% da produção mundial é consumida na agricultura, 90% na forma de cloreto de potássio, enquanto o restante é consumido na indústria química. (Oliveira, op. cit.)

No Brasil, 95% do consumo é na agricultura, sendo que o país atualmente consome cerca de 5 milhões de toneladas mas produz apenas 460 mil, daí a grande dependência atual da importação, já citada anteriormente. Em 2011

Bielorússia e Canadá foram os principais fornecedores, de acordo com o Sumário Mineral Brasileiro 2012.

É possível verificar em 2011 que houve um aumento das importações de potássio fertilizante, em relação a 2010, sendo o maior número dos últimos 4 anos, e nesse mesmo ano houve um aumento do preço por tonelada do produto, modificando uma tendência de queda observada em 2010.

A Figura 6 mostra um esquema ilustrativo comparando a quantidade de minerais para fertilizantes produzidos e importados no Brasil, ficando exposta a grande dependência por potássio de outros países.

No entanto, mesmo com o aumento observado das importações, o preço não alcançou o patamar atingido em 2009. A quantidade de potássio fertilizante importada em 2011 esteve 25,4% acima da verificada no ano de 2010, enquanto o valor de importação do produto foi aproximadamente 56,80% maior do que em 2010. (Oliveira, op. cit)



Figura 6: Produção e Importação de Fertilizantes.

Fonte: Belling et al., 2010.

3.2.4 Preços

O Brasil despendeu US\$ 3,512 bilhões com a importação de cloreto de potássio em 2012, ante US\$ 3,503 bilhões em 2011 e US\$ 2,234 bilhões em 2010, segundo dados da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) compilados pela Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM). As compras vieram principalmente de Bielorrússia, Rússia, Canadá, Alemanha e Israel.

O Brasil está adquirindo cloreto de potássio por US\$ 480 FOB (*free on board*) a tonelada, enquanto os gigantes asiáticos fecharam compras por US\$ 400 a US\$ 420 FOB nos três primeiros meses deste ano.

O que leva o Brasil a essa situação não favorável seria o fato de não ter políticas organizadas de compras, assim, o país fica exposto aos preços do mercado *spot*, assumindo o risco nas variações do valor do potássio no mercado internacional. (Canadá e Rússia....., 2013).

A Figura 7 mostra uma projeção feita durante as pesquisas de elaboração do PNM 2030, onde o preço FOB esperado para a tonelada de potássio no ano de 2020 é o mais baixo dos últimos anos, dependendo do aumento da oferta de acordo com projetos em andamento.

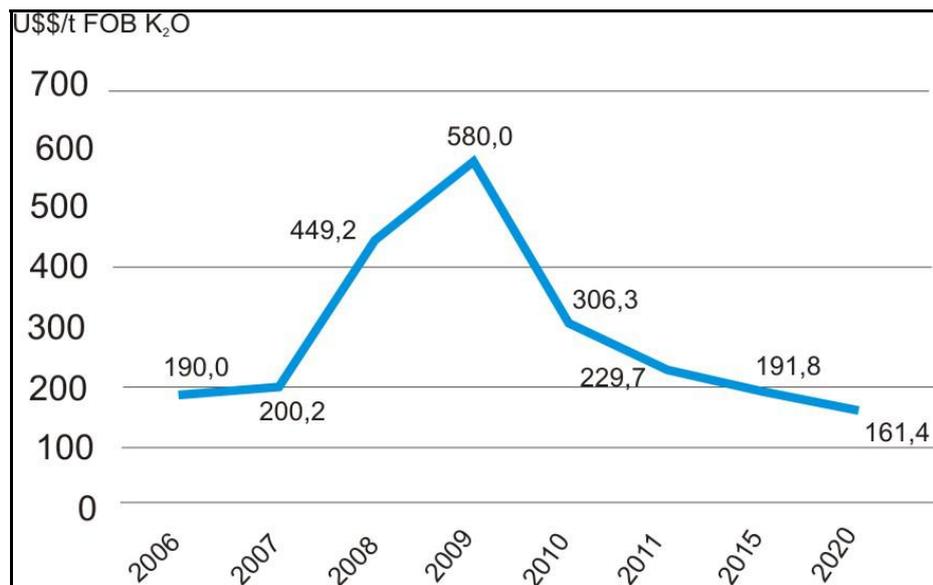


Figura 7: Projeção de Preços de Potássio até 2020

Fonte: Kulaif, 2009.

Entre os fatores atuais que influenciam o preço do potássio, é importante destacar o cenário positivo da agricultura para a demanda do mineral, com as plantações de milho nos EUA, soja no Brasil, e a palmeira de óleo na África. Porém essa demanda ainda pode variar, principalmente pela questão dos subsídios e capacidade de variação de demanda da Índia. (Harrison, 2013)

Outras fontes de potássio usadas para agricultura em usos específicos são o sulfato de potássio e sulfato duplo de potássio e magnésio, que tiveram cerca de 32,54 mil toneladas importadas pelo Brasil em 2011 (dados mais recentes disponibilizados pelo DNPM no Sumário Mineral Brasileiro), correspondendo a U\$\$-FOB 8.638 mil. (Oliveira, 2012)

As exportações brasileiras de potássio fertilizante são, basicamente, destinadas aos países da América do Sul e atingiram em 2011 aproximadamente 9.553 t de K_2O equivalente, referente ao cloreto de potássio. (Oliveira, op. cit)

3.2.5 Projeção do Potássio para 2030

A projeção das necessidades de potássio no país, até 2030, mantida a atual situação de dependência, aponta quantidades substanciais de aumento de consumo e, portanto, de capacidade instalada. Para um consumo de aproximadamente 5 milhões de t/ano, as projeções para 2030 do consumo evidenciaram que serão necessárias mais 3 a 5 milhões de toneladas de K_2O adicionais para atender apenas ao crescimento do consumo aparente. Trata-se de uma quantidade muito significativas, que não se espera que seja abastecida de imediato pela produção interna, que é insignificante, cerca de 600 mil t/ano, sendo portanto necessário o recurso a importações crescentes. Caso seja estabelecida como meta a auto-suficiência até 2030, passando a ter uma situação no potássio de suficiência, sem nenhum recurso a importação, o Brasil passa a ter então uma necessidade suplementar produtiva com novos projetos de 7 a 9 milhões de toneladas/ano.

Assume grande importância estratégica a continuidade dos estudos sobre a eficiência agrônômica brasileira e a possível racionalização do uso de fertilizantes NPK, bem como o apoio ao desenvolvimento de novos produtos fertilizantes que

possam ser mais eficientes e que sejam mais abundantes em termos de ocorrência geológica. (Kulaif, 2009)

3.3 Alternativas

Nos anos 80, o IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo) realizou alguns experimentos, em laboratório, de ataque da rocha potássica de poços de caldas por hidróxido de potássio sob pressão. Os resultados indicaram a obtenção de um produto totalmente solúvel em ácido cítrico. (DNPM, 2009)

O IPT também realizou estudos para obtenção de termofosfatos potássicos para fertilizantes utilizando os estéreis (“rocha potássica”) da mina de urânio Osamo Utsumi situada no planalto de Poços de Caldas - MG. (Nascimento & Loureiro, 2004)

O processo de produção do termofosfato potássico baseou-se na fusão, em forno elétrico, de uma mistura de rocha fosfática, rocha potássica e outras rochas de alta disponibilidade no Brasil. A mistura é fundida a altas temperaturas e, em seguida, o produto é resfriado rapidamente, por contato direto com jatos de água, tornando-se granulado, com características vítreas. Finalmente é seco, moído e ensacado. (DNPM, 2009)

Os termofosfatos possuem vantagens em sua utilização, como a insolubilidade dos nutrientes em água, resultando em menores perdas por lixiviação e fixação. A solubilidade dos nutrientes em solução de ácidos fracos, como os existentes nas soluções do solo, resultando em liberação lenta e eficiente desses nutrientes para os vegetais. O comportamento alcalino, resultando em efeito simultâneo de fertilização e correção de acidez de solos ácidos. A presença, no produto, de outros nutrientes além do fósforo e do potássio, como cálcio, magnésio e micronutrientes. (Nascimento & Loureiro, op. cit.)

Foi desenvolvida pelo CETEM, COPPE e INB uma rota hidrometalúrgica para extração de potássio a partir da “rocha potássica” de Poços de Caldas. Baseia-se na lixiviação alcalina, sob pressão, da rocha finamente dividida. Os resultados mostram uma extração de praticamente 100% do potássio contido

na rocha e ainda com a formação de um mineral zeolítico como resíduo de lixiviação, que pode ter utilidade industrial. (Nascimento & Loureiro, op.cit).

Rochagem de materiais que contenham minerais ricos em potássio é um caminho que está a ser pesquisado em vários países, entre os quais o Brasil, e vem sendo aplicada na Índia, com a utilização de sedimentos com glauconita, mica potássica de fórmula $(K,Na)(Al, Fe^{3+}, Mg)_2(Al, Si)_4O_{10}(OH)_2$.

Carbonatitos micáceos (flogopita, vermiculita, biotita) são as rochas de maior interesse por conterem, além de potássio, outros macro e micronutrientes. (Nascimento & Loureiro, op. cit)

O principal empecilho para que esses projetos passem a ser prioridade na produção de potássio é o alto custo, de maneira que ainda não são considerados para suprir a alta demanda atual do produto, mas podem vir a ser opções reais para o futuro, de acordo com o avanço da tecnologia e otimização de cada processo.

Outra alternativa ao potássio convencional, e que já se tornou realidade atualmente, é o verdete. Trata-se de uma rocha metassedimentar rica em potássio (glauconita) e ocorre em uma extensa área no estado de Minas Gerais. A rocha é de granulometria fina, coloração esverdeada, bandada e constituída essencialmente por glauconita, quartzo e caulinita.

A coloração verde é dada pela presença de ferro. Inicialmente ferroso, ele substitui cátions neutralizados, como K^{+2} , Na^{+2} , Ca^{+2} e Mg^{+2} , e parcialmente ferro férrico. A mineralogia é composta por quartzo, feldspato potássico, albita, mica branca, glauconita, dando a cor verde à rocha, clorita e opacos. (Piza *et al.*, 2009)

A porcentagem de K_2O pode variar entre 7 e até 14%. A Verde Potash, empresa fundada e controlada por brasileiros espera obter até junho de 2013 a Licença Ambiental Prévia para seu projeto de potássio fertilizante a partir de rocha verdete, na região de São Gotardo, em Minas Gerais. Desde que a Vale suspendeu o projeto de potássio na Argentina (Rio Colorado), que poderia garantir parte das necessidades do Brasil, as ações da Verde Potash subiram cerca de 20 %. (Ferreira, 2013).

O objetivo desta empresa é iniciar a produção de 600 mil toneladas de cloreto de potássio por ano no fim de 2015. A capacidade de produção da jazida, localizada em superfície e pesquisada desde 2008, é estimada em 8

milhões de toneladas de cloreto de potássio por ano, com possibilidade de exploração por 30 anos. Na terceira fase do projeto, a produção é projetada em 3 milhões de toneladas em 2019.

A empresa prevê concluir, ainda neste ano, o estudo de engenharia final. A primeira fase do projeto, com apoio do BNDES, demandará US\$ 600 milhões, a segunda US\$ 700 milhões, e a terceira, US\$ 1 bilhão. O custo do produto é estimado em US\$ 300 por tonelada, praticamente o mesmo valor cobrado pelos grandes produtores russos e canadenses. (Ferreira, 2013).

Outro exemplo de município brasileiro com possível uso do verdete é o de Cedro de Abaeté (Figura 8), também em Minas Gerais, onde recentemente foram feitas análises por cientistas da UFRJ e CETEM, onde através de análises como difração e fluorescência de raios x, onde os resultados indicaram que o teor de K_2O no verdete é da ordem de 7% em massa, proveniente de minerais como a glauconita. (Silva et al 2012)

Como resultado foi verificado ser possível extrair aproximadamente 11% do K_2O total contido na rocha, através de solubilização, concluindo-se que o verdete de Cedro do Abaeté *in natura* possui um potencial promissor de aplicação como fertilizante alternativo de liberação lenta, em culturas que demandam potássio em longo prazo, como em culturas perenes. (Silva et al 2012).



Figura 8: Afloramento de Verdete em Cedro de Abaeté (MG)

Fonte: Silva et al. 2012

O fonolito do planalto de Poços de Caldas (MG), também surge como possível fonte alternativa de potássio, com 9% de K_2O , além de outros nutrientes para as plantas, como Mn, Ca e Fe. O fonolito é uma rocha de origem vulcânica que possui predominância de minerais como feldspato potássico, feldspato plagioclásios e feldspatóides. Análises de infravermelho, difração de raios x e fluorescência de raios x indicam que a rocha apresenta potencial para aplicação na agricultura como insumo alternativo de potássio. (Teixeira et al, 2012)

3.4 Projetos Futuros

Existiam dois grandes projetos no que diz respeito a aumentar a produção de potássio brasileiro e suprir a alta demanda do mercado interno: Rio Colorado e Carnalita.

O projeto Rio Colorado estava em fase de implementação pela Vale em conjunto com o governo argentino, na província de Mendoza, Argentina, tendo como objetivo a exploração de minério de silvinita, com um recurso recuperável de 1037 Mt, com teor médio de 30% de KCl. O projeto envolve também o desenvolvimento de infra estrutura da área, com construção de novo ramal ferroviário de 350km, melhoria de outros 500km de ferrovia já existentes, e um terminal portuário em Bahia Branca. (ANDA, 2012)

A capacidade de produção seria de 4.350 kta (70% granulado e 30% standard), focado em atender com prioridade o mercado brasileiro, que poderia importar o produto pagando em real, ou seja, de forma bem mais atraente que de outros países exportadores. É um projeto de características únicas, sendo a única reserva de potássio de classe mundial localizada no hemisfério sul, sendo de alta competitividade em custo e logística, com um investimento capex de 5,9 bilhões de dólares e com um início de operação que era previsto para segundo semestre de 2014. (ANDA, op. cit.)

Porém no final de março de 2013, a Vale anunciou a suspensão (inicialmente temporária) do projeto, por não estar de acordo com as condições que estavam sendo exigidas pelos argentinos . Isso gerou um mal estar com as autoridades argentinas, que acusam a empresa de quebra

unilateral no que já estava acordado, mesmo com a multinacional já tendo gasto mais de 1 bilhão de dólares no projeto.

Os argentinos consideram agora levar o projeto adiante mesmo que buscando parceria com outras empresas, enquanto a infraestrutura já construída deve ser vendida a uma nova parceira, porém ainda existem chances da Vale retornar ao projeto, desde que se chegue a um consenso sobre as condições de operação.

Diante disso, permanece como maior projeto para potássio, ainda em andamento, o Projeto Carnalita, com localização em Sergipe, município de Rosário do Catete, próximo a mina de Taquari-Vassouras, explorando minério de carnalita, utilizando método de lavra subterrânea por dissolução, de baixo impacto ambiental, com recurso recuperável total de 142 Mt e capacidade de produção de 1.200 kta. Tem como objetivo fornecer 100% da produção para o mercado interno.

É o projeto de potássio mais avançado no Brasil, assinado em 2012 pela presidente Dilma Roussef, com um investimento de até 4 bilhões pelo arrendamento da jazida da Petrobras para ser explorada pela Vale. O investimento é de 1,8 bilhões de dólares, com início de operação previsto inicialmente para o primeiro semestre de 2016. (ANDA, op. cit)

4. FOSFATO

O Fósforo é o elemento químico de número atômico 15 da tabela periódica dos elementos, e encontrado em abundância no globo terrestre, sendo reativo com diversos compostos importantes. Trata-se de um mineral não metálico, que não se encontra livre na natureza e pelas funções ou papéis que desempenha na vida animal ou vegetal, não existe substituto ou reposição para ele.

Está contido nas rochas de origens sedimentares, ígneas e biogenéticas. Os depósitos sedimentares e os depósitos de origem ígnea, são os mais importantes do ponto de vista econômico.

Os depósitos de rochas fosfáticas de origem sedimentar marinha estão localizados nos Estados Unidos, sudeste do México, Marrocos, noroeste do Saara e Oriente Médio. Já os depósitos de rocha fosfática de origem ígnea estão presentes na África do Sul, Rússia, Finlândia e Brasil, entre outras áreas.

No Brasil, cerca de 80% dos depósitos de rochas fosfáticas, são de origem ígnea, com presença acentuada de rocha carbonatítica e minerais micáceos com baixo teor de P_2O_5 , variando de 6% em Cajatí e 12% em Araxá, enquanto que em termos mundiais verifica-se o teor médio em torno de 17%.

Esses fosfatos recebem a denominação de fosfato natural, rocha fosfatada ou mesmo concentrado fosfático, caso sejam passíveis de serem aproveitados diretamente como material fertilizante ou como insumo básico da indústria de fertilizantes fosfatado ou de seus compostos, tal qual se encontram na natureza, ou após os minérios sofrerem concentração por meio de flotação nas usinas de beneficiamento.

Os concentrados fosfáticos são comercialmente denominados sob a forma de pentóxido de fósforo (P_2O_5) ou fosfato tricálcio $Ca_3 (PO_4)_2$, também conhecido como “bone phosphate of lime – BPL”. (DNPM, 2009)

A maioria das fontes de fósforo dessas rochas pertencem ao grupo da apatita, representado pela fórmula: $Ca_5 (F, Cl, OH) (PO_4)_3$ – um fosfato cristalino de cálcio com flúor, cujos depósitos têm uma mineralogia extremamente complexa, contendo impurezas de influência marcante nos índices de recuperação nas usinas de beneficiamento. Este contexto resulta

na geração de altos custos de produção, embora já tenham ocorrido importantes melhorias tecnológicas para aproveitamento dessa apatita.

A fosforita é uma variedade fibrosa da apatita, um fosfato tricálcico de origem sedimentar, geralmente associada a carbonatos de cálcio e magnésio, óxidos de ferro e alumínio e traço de urânio, com depósitos geralmente de forma tabular de grande extensão lateral e espessura variável, de acordo com sua própria origem. É amorfa ou criptocristalina, de consistência arenosa ou argilosa, ocorrendo em bandeamentos de folhelhos, calcários e arenitos. (DNPM, 2009).

4.1 Usos e Aplicações

Além dos depósitos de apatita e fosforita, são aproveitados como insumo para fertilizantes fosfatados as jazidas de alumínio-fosfato e os de guano. Os alumínio-fosfatos são materiais igualmente amorfos, constituídos por fosfato de alumínio hidratado e presença de fosfato de ferro, originados pela ação de dejetos de aves sobre bauxitas, lateritas ou rochas contendo feldspato. Os fosfatos desse tipo são assimiláveis, precisando ser antes tratados para uma aplicação posterior como fertilizante.

O guano, fosfato de origem orgânica, usado para incorporação direta em adubos nos quais se pretende misturas de matéria orgânica e nitrogênio, em adição ao fósforo, são de pouca importância comercial, pois exceto em algumas poucas regiões, formam depósitos de pequena expressão.

O pentóxido de fósforo (P_2O_5) é o principal produto fosfatado, que após utilizado em várias proporções bem definidas com outros compostos, passa por processos mecânicos que resultam numa mistura denominada de fertilizantes minerais ou orgânicos, que levado ao solo, substitui as quantidades dos elementos vitais – nutrientes (oxigênio, carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, cobre, zinco, manganês, boro, molibdênio e hidrogênio – água) que foram retirados pelas plantas em cultivos anteriores, o deixando preparado para novas plantações ou utilizações. (DNPM, 2009)

4.2 Mercado de Fosfato

4.2.1 Reservas

As reservas mundiais de rocha fosfática atingem a cifra de 47 bilhões de toneladas, correspondendo a aproximadamente 281 anos (ou mais) do consumo atual, porém são muito concentradas principalmente em quatro países: Marrocos, China, Argélia e Estados Unidos, que juntos detêm quase 75% das mesmas. Os recursos mundiais de rochas fosfáticas, de acordo com a USGS, são maiores que 300 bilhões de toneladas.

No contexto mundial as reservas brasileiras são inexpressivas. As reservas brasileiras de rochas fosfáticas são de 319 milhões de toneladas de P_2O_5 equivalente em reservas medidas + indicadas, localizadas em Minas Gerais (67%), Goiás (14%) e São Paulo (6%). A principal jazida se encontra em Tapira (MG), seguida de reservas de Patos de Minas (MG), Araxá (MG), Catalão (GO) e Cajati (SP). Pesquisas em curso poderão ampliá-las para 350 milhões de toneladas. As reservas brasileiras são suficientes para abastecer a crescente produção anunciada, dentro de alguns anos. (Kulaif, 2009)

Como depósitos com possibilidades de novas reservas para aumento da produção brasileira de rocha fosfática, cabe destacar os complexos carbonatíticos de Salitre I e III e Serra Negra – nos municípios de Patrocínio e Serra do Salitre – MG. (DNPM, 2009).

O complexo carbonatítico de Maicuru – no município de Monte Alegre – PA, com reserva estimada em 200 Mt, com 15% de P_2O_5 encontra-se inserido na Reserva Nacional do Cobre – RENCA, o que tem impedido, por enquanto, a continuação das pesquisas.

Já como depósitos possíveis de novas jazidas e incremento de reservas, existem as massas constituídas por rochas primárias, subjacentes dos depósitos do manto de intemperismo, nas atuais minas de Catalão/Ouvidor – GO, Tapira e Araxá – MG. O eventual aproveitamento dessas massas primárias presentes em todas as intrusões alcalinas mineralizadas em apatita representa um grande potencial adicional, e depende de estudos tecnológicos e econômicos. (DNPM, 2009)

Outras duas importantes acumulações já definidas – as da Fazenda Ipanema, dependem de entendimentos envolvendo posturas legais históricas e ambientais, a de Patos de Minas – MG, problemas tecnológicos. Também no depósito de Araxá constata-se que grande parte da reserva lavrável, bem como qualquer consideração dos recursos indicados e inferidos, além das potenciais reservas primárias subjacentes, depende de entendimentos de ordem legal. (DNPM, 2009)

4.2.2 Produção

Mesmo com todo esse panorama de novas reservas e jazidas, atualmente o Brasil têm aproximadamente apenas 4% da produção mundial. Exportações brasileiras são inexpressivas. A produção mundial de concentrado de rocha fosfática equivale a 167 milhões de toneladas, com China participando com aproximadamente 30% do total, EUA com 19% e Marrocos com 17%.

Já a produção nacional de rocha fosfática encontra-se na marca de 6,3 milhões de toneladas, como pode ser observado na Figura 9. Com os projetos em implantação ou anunciados, caso concretizados, esta produção poderá adicionar cerca de 4,5 milhões de toneladas ano, podendo chegar a auto suficiência em médio prazo. (Kulaif, 2009).

A produção brasileira de rocha fosfática está concentrada nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, próxima aos principais mercados consumidores. Novas minas e projetos estão em estudo ou início de produção nas regiões Nordeste e Sul, porém não se prevê a descentralização da oferta, pois estas jazidas não possuem grandes reservas.

O parque produtivo compõe-se de 11 minas e 9 usinas, com capacidades de produção de portes grande e médio.

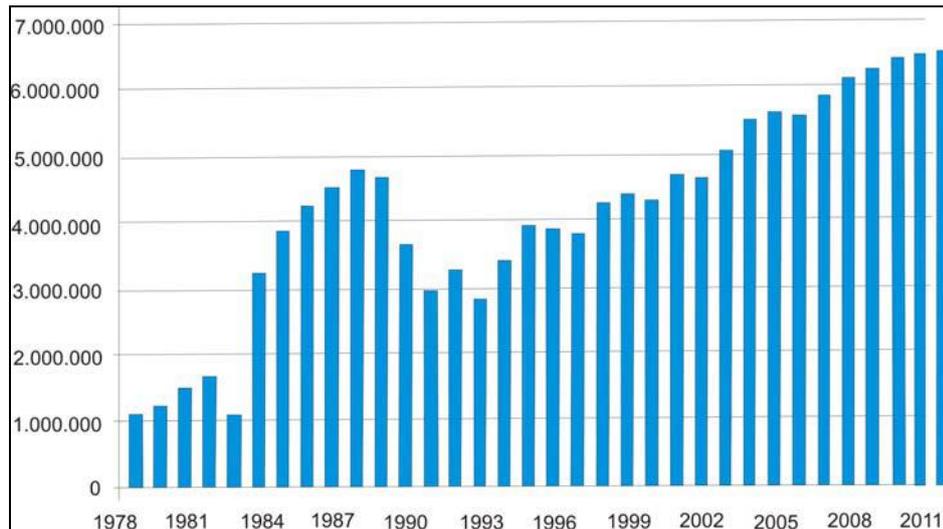


Figura 9: Produção Brasileira de Rocha Fosfática 1978-2012, em Mt

Fonte: Kulaif, 2009 atualizado com dados USGS, 2013

No Brasil, o forte desempenho do agronegócio e as boas relações de trocas levaram, de acordo com a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), a um recorde nas entregas de fertilizantes, que foram de 28,3 Mt, quantidade 15,5% superior à de 2010, de acordo com os dados mais recentes, relativos ao Sumário Mineral 2012. (Fonseca & Da Silva, 2012)

As empresas nacionais produzem atualmente 80% da demanda mineral de rocha fosfática, embora a dependência de P_2O_5 seja ainda de 50%, segundo a ANDA. Com os projetos em andamento em todo o Brasil estima-se que em cerca de cinco anos ou mais o país poderá alcançar a autossuficiência em fertilizantes fosfatados.

A Fosfertil, maior empresa do ramo, foi comprada em 2010 pela Vale, que hoje é responsável por 70% da produção nacional. A Vale concluiu a aquisição de 20,27% do capital da Fertilizantes Fosfatados (Fosfertil) - atualmente denominada Vale Fertilizantes – que eram detidos pela The Mosaic Company, com o valor do negócio em torno US\$ 1,029 bilhão.

As duas principais empresas com projetos em andamento para produção de rocha fosfática no Brasil passaram a ser então a Vale e a Galvani Fertilizantes, uma vez que a Bunge, outra gigante do ramo, também foi comprada pela multinacional em 2010, por 3,8 bilhões de dólares, negócio que também envolveu 42% do capital total da Fosfertil. (Folha Online, 2010)

A China, os Estados Unidos da América (EUA) e o Marrocos foram os maiores produtores em 2012, responsáveis por aproximadamente 67% da produção mundial, conforme mostra a Tabela 6, indicando os países produtores e suas reservas.

Tabela 6
Produção e Reservas de Rocha Fosfática no Mundo

	Produção de Mina		Reservas (Mt)
	2011	2012	
Estados Unidos	28.000	29.200	1.400.000
Argélia	1.500	1.500	2.200.000
Austrália	2.650	2.600	490.000
Brasil	6.200	6.300	270.000
Canadá	900	900	2.000
China	81.000	89.000	3.700.000
Egito	3.500	3.000	100.000
Índia	1.250	1.260	6.100
Iraque	30	150	460.000
Israel	3.100	3.000	180.000
Jordânia	6.500	6.500	1.500.000
México	1.510	1.700	30.000
Marrocos e Saara Ocidental	28.000	28.000	50.000.000
Peru	2.540	2.560	820.000
Rússia	11.200	11.300	1.300.000
Arábia Saudita	1.000	1.700	750.000
Senegal	980	980	180.000
África do Sul	2.500	2.500	1.500.000
Síria	3.100	2.500	1.800.000
Togo	730	865	60.000
Tunísia	5.000	6.000	100.000
Outros Países	6.790	6.000	390.000
Total Mundial (arredondado)	198.000	210.000	67.000.000

Fonte: USGS, 2013

A produção mundial, de rocha fosfática tem previsão para aumentar de 220 milhões de toneladas por ano, em 2012, para 256 milhões de toneladas, com mais de 50% de crescimento no norte da África. O maior projeto de

expansão está em progresso no Marrocos, onde a capacidade de produção de rocha fosfática deve aumentar de 30 milhões de toneladas por ano para 50 milhões de toneladas até 2018. (USGS, 2013)

Ainda na África, novas minas de rocha fosfática estão sendo implementadas ou expandidas, em Angola, Congo, Egito, Etiópia, Guiné-Bissau, Namíbia, Mali, Mauritânia, Moçambique, Senegal, África do Sul, Togo, Tunísia, Uganda e Zâmbia. Fora da África, minas de rocha fosfática estão em vários estágios de desenvolvimento na Austrália, Canadá, China, Kazajistão e Nova Zelândia. (USGS, 2013)

4.2.3 Consumo

68% do uso principal de fosfato no Brasil é na indústria de fertilizantes, com o país sendo o 4º maior consumidor mundial, sendo que esse consumo tem crescido muito mais que a produção agrícola nas últimas décadas, como resultado da intensificação do processo produtivo no campo e do aumento recente da produção de biocombustíveis. Em 2007, por exemplo, foram importados 1,7 milhões de toneladas de rocha fosfática. (Kulaif, 2009) O consumo aparente brasileiro de concentrado de rocha fosfática atingiu em 2011 (Sumário Mineral 2012) 7,9 Mt, aumento de 4,3% em relação ao ano anterior. As principais origens das importações são: Marrocos, com 53%, e Togo, com 20%.

A projeção do aumento da capacidade de produção anual brasileira de rocha fosfática deve suprir a projeção associada de produção de ácido fosfórico e fertilizante.

O crescimento da população mundial garante a necessidade de grande quantidade de fertilizantes produzidos a partir de fosfato para o crescimento de plantações, utilizadas para cultivo de alimentos e produção de biocombustíveis.

O consumo mundial de P_2O_5 em fertilizante deverá crescer de 41.9 milhões de toneladas, em 2012, para 45,3 milhões de toneladas em 2016, um crescimento de aproximadamente 8%.

4.2.4 Preços

Atualmente nossos preços internos da rocha fosfática e fertilizantes são os praticados pela livre concorrência – leis de mercado da oferta e procura. Nos Estados Unidos os preços são definidos diretamente entre produtores e consumidores através da Phosrock LTDA, um órgão que publica sistematicamente um preço de referência para os diversos teores de P_2O_5 . O mesmo ocorre em outros países com órgãos semelhantes, como no Marrocos. (Fonseca & Da Silva, 2012)

A Tabela 7 mostra os produtos fosfáticos discriminados em produção, importação e exportação, além do consumo, nos tres ultimos anos de acordo com numeros oficiais disponiveis no Sumario Mineral Brasileiro 2012.

É possível notar que a quantidade de concentrado e acido fosfórico importado, por exemplo, vem aumentando nesses anos, enquanto a produção interna também cresce, ao mesmo tempo em que as exportações se mantêm baixas. O preço FOB do concentrado vem gradativamente caindo ao longo desse tempo, enquanto o do ácido fosfórico vem aumentando.

Entre os fatores que controlam mundialmente o preço do fosfato é importante destacar a questão de subsídios da Índia, maior importador de fertilizante DAP, mas que atualmente diminuiu essa quantidade de importações, restando saber se a demanda irá se recuperar ao longo de 2013, elevando os preços.

A capacidade de crescimento da indústria de fosfato é menor que da indústria de potássio e nitrogênio, com a companhia marroquina OCP em posição poderosa, e estabilidade do mercado americano, apesar deste ainda se preocupar com a quantidade de reservas de rochas fosfáticas. (Harrison, 2013)

Apesar de ser uma commodity transacionada internacionalmente, o preço da rocha fosfática nacional é superior aos preços internacionais. Por isso, a concorrência internacional na produção dos insumos para fertilizantes é um importante fator para a diminuição dos preços no Brasil. (Fonseca & Da Silva, 2012).

Tabela 7
Estatísticas e Preços de Produtos Fosfatados no Brasil

Discriminação		Unidade	2009	2010	2011
Produção	Conc. (Bens primários) / (P2O5)	(10 ³ t)	6.084 / 2,163	6.192 / 2.179	6.738 / 2.374
	Ác. Fosfórico (produto) / (P2O5)	(10 ³ t)	1.809 / 913	2.123 / 1.074	2.043 / 2.118
	Produtos Intermediários / (P2O5)	(10 ³ t)	6.330 / 1,769	7.266 / 1.944	7.642 / 1.971
Importação	Concentrado (bens primários)	(10 ³ t)	915	1.399	2.856
		(10 ³ U\$\$-FOB)	83.805	134.682	206.564
	Ácido Fosfórico (produto)	(10 ³ t)	168	271	308
		(10 ³ U\$\$-FOB)	58.438	102.849	160.587
Prod. Interm. (Comp. Química)	(10 ³ t)	2.693	3.619	4.834	
	(10 ³ U\$\$-FOB)	886.971	1.370.218	3.174.596	
Exportação	Concentrado (bens primários)	(10 ³ t)	0	1	1
		(10 ³ U\$\$-FOB)	1	473	436
	Ácido Fosfórico (produto)	(10 ³ t)	16	26	21
		(10 ³ U\$\$-FOB)	12.641	21.460	20.514
Prod. Interm. (Comp. Química)	(10 ³ t)	550	704	668	
	(10 ³ t)	250.119	263.758	306.775	
Consumo Aparente	Concentrado (bens primários)	(10 ³ t)	6.999	7.590	7.917
	Ácido Fosfórico (produto)	(U\$\$ / t FOB)	1.961	2.368	2.331
	Prod. Interm. (Comp. Química)	(U\$\$ / t FOB)	8.473	10.182	11.808
Preços	Concetrado (rocha)	(U\$\$ / t FOB)	475,00	275,00	269,00
	Concentrado (rocha)	(U\$\$ / t FOB)	91,58	96,25	72,32
	Ácido Fosfórico	(U\$\$ / t FOB)	347,36	379,14	519,83
	Produtos Intermediários	(U\$\$ / t FOB)	329,25/454,5 8	378,54/374,5 2	656,63/458,8 3
	Conc. Rocha / Ácido Fosfórico	(U\$\$ / t FOB)	Nd/785,35	286,7/814,3	259,98/982,8 9

Fonte: Fonseca & Da Silva, 2012

A Figura 10, resultado da pesquisa realizada para elaboração do Plano Nacional de Mineração 2030, apresenta uma projeção de preços de rocha fosfática até 2020, de acordo com o Banco Mundial, indicando uma estabilidade, com preço da tonelada variando entre U\$60 a U\$70, praticamente os mesmos praticados até 2007, mas ainda bastante acima do preço FOB dos Estados Unidos. Pela Figura 10 entende-se que não são esperados especulações de preços e excesso de produção, como antes da crise de 2008.

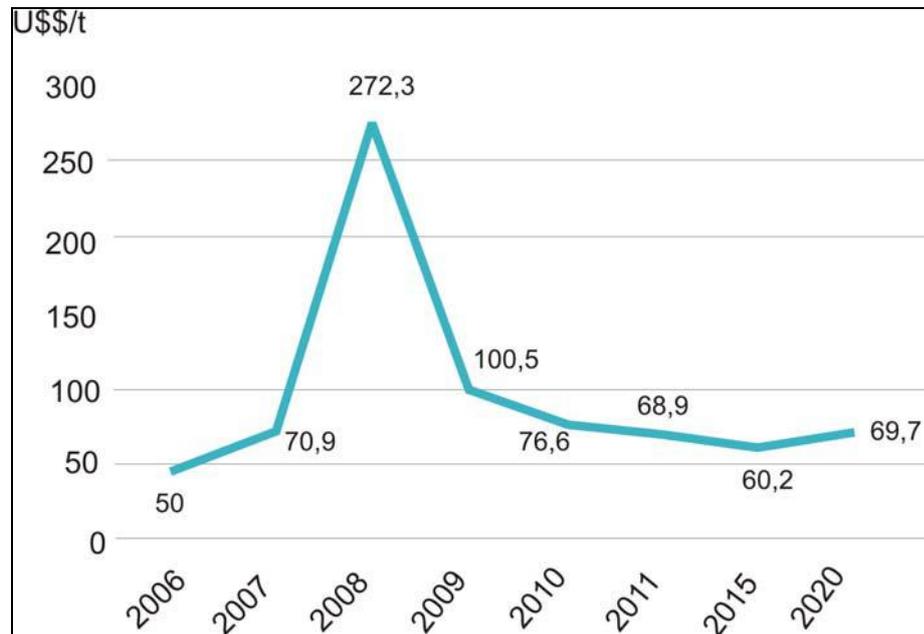


Figura 10: Projeção de Preços de Rocha Fosfática até 2020.

Fonte: Kulaif, 2009.

4.2.5 Projeção de Fosfato para 2030

A projeção das necessidades de produção de rocha fosfática, considerando-se como meta uma autosuficiência até 2015, se daria com a adição de mais 4 a 5 milhões de toneladas à produção atual de 6 milhões/ano, dependendo do montante de rocha fosfática obtida a partir de novos projetos. Para a manutenção dessa auto-suficiência no período de 2015 a 2030, seria necessário ainda, um novo aporte de entre 5, 7 e 10 milhões de toneladas anuais de concentrado de rocha fosfática, respectivamente para os cenários de crescimento do PIB frágil, vigoroso e inovador.

4.3 Projetos Futuros

O Projeto Salitre, localizado no município de Patrocínio, Minas Gerais, é um dos principais em desenvolvimento no momento, voltado para aumento da

produção de SSP, e suprimento de rocha para demais operações da Vale Fertilizantes, através da implantação de mina e planta de beneficiamento de rocha fosfática e SSP, tendo início de funcionamento previsto no primeiro semestre de 2016, com um investimento de 1 bilhão de dólares.

A mina de Patrocínio possui recursos e reservas de 1.088 Mt, com teor médio de 10,2% de P_2O_5 . É esperado uma produção de 1.100 kta de rocha e 500 kta de SSP com potencial de expansão da produção para 2.200 kta de rocha e fosfatados de alta concentração. (ANDA, 2012)

Localizado em Ouidor e Catalão, com início de operação previsto para 2015, o Projeto *Debottlenecking*, da Anglo American, trata-se de uma renovação das unidades produtivas dos complexos de Catalão e Cubatão, objetivando redução de custos de produção e aumento da capacidade de produção de fertilizantes fosfatados e de fosfatobicálcico. Produção esperada de 300 kta de Concentrado fosfático, 50 kta de ácido fosfórico (Catalão), 100 kta de ácido sulfúrico (Cubatão) e 70 kta de Fertilizantes (Catalão). (ANDA, 2012).

Projeto Goiás 2, também localizado em Ouidor e Catalão, tem início de operação previsto para 2016, sendo um projeto maduro, com baixo custo de investimento por tonelada adicional de produto, e tempo de mina de mais de 40 anos em Catalão/Ouidor, com potencial de extensão. Com localização privilegiada para atender o mercado do Centro Oeste, é previsto uma produção de concentrado fosfático de 1.400 kta, 500 kta de ácido fosfórico, 1.100 kta de ácido sulfúrico, 700 kta de fertilizantes e 200 kta de fosfato bicálcico.

Projeto Serra do Salitre, localizado na serra homônima, estado de Minas Gerais, tem um início de funcionamento da planta de beneficiamento de rocha fosfática previsto para o primeiro trimestre de 2014, e da parte química para o terceiro trimestre de 2014. Investimentos para o projeto chegaram a 350 milhões de dólares. A capacidade estimada de produção de rocha fosfática é de 1.200 kta, e ainda 750 kta de ácido sulfúrico, 200 kta de ácido fosfórico, 900 kta de fertilizantes e 100 kta de fosfato bicálcico (DCP).

O baixo custo investimento e despesas operacionais por tonelada de produção é uma das vantagens do projeto, assim como o aproveitamento de ativos transferidos de Paulínia, além do não pagamento de royalties e um

processo de concentração inovador com altas recuperações de P_2O_5 e baixo consumo de água e energia, com 30% da rocha sendo destinada para planta de SSP (superfosfato simples) de Paulínia.

5. ENXOFRE

O enxofre foi classificado como elemento químico na década de 1770, por Lavoisier, mas só foi demonstrado como substância simples na primeira metade do século XIX, pelos químicos franceses Gay-Lussac e Thenard. Antes de ser identificado pela química moderna, havia sido empregado em experimentos alquímicos na idade média.

No era pré-industrial, o enxofre já era conhecido por povos sem escrita, utilizado como pigmento de pintura em cavernas. Em diversas civilizações, sua queima fazia parte de rituais religiosos, servia para clarear o algodão e a lã e para a fumigação. Como medicamento dermatológico, foi empregado em unguentos especiais, e como explosivo, foi utilizado no preparo da pólvora. (DNPM, 2009)

Na forma elementar, o enxofre ocorre nos depósitos de origem vulcânica, bacias de evaporitos e domos salinos. Na forma de composto ocorre como sulfatos (anidrita, barita, gipsita) e sulfetos (calcopirita, pirrotita, esfalerita, galena, arsenopirita, pirita). Ocorre ainda associado ao carvão (pirita), folhelho pirobetuminoso, petróleo e gás natural.

Apesar de essencial à vida, sendo inclusive considerado o quarto macronutriente, sua emissão para o ambiente provoca a ligação com outros elementos formando compostos contaminantes. (DNPM, 2009)

Sua produção foi originalmente como enxofre elementar proveniente de depósitos de origem vulcânica, posteriormente passou a ser recuperado a partir de sulfetos (pirita) e atualmente, a maior produção é através do refino de petróleo e recuperado a partir de gás natural e de metalurgias de metais não ferrosos.

Essas últimas formas de produção de enxofre surgiram principalmente para cumprir legislações mais restritivas quanto à redução de emissões de enxofre para a atmosfera no processo de produção de combustíveis, e de reduzir ou eliminar o enxofre durante os processos metalúrgicos para obtenção de outros elementos. (DNPM, 2009)

O enxofre pode ocorrer em sua forma nativa (S) ou formando compostos, sendo os mais comuns os sulfatos (SO_4^{-2}) e sulfetos (S^{-2}). Em sua forma

nativa, possui dureza que varia de 1,5 a 2,5, densidade de 2,05 a 2,09, cores amarela, cinza, vermelho e verde, brilho resinoso, sendo ausente de clivagem.

No solo, onde sua concentração média é de 433 mg Kg^{-1} , encontra-se disponibilizado pelo desgaste das rochas, pela transformação da biomassa, e pela atmosfera, sendo obtido diretamente pelas plantas na forma do ânion sulfato SO_4^{2-} . (DNPM, 2009)

5.1 Usos e Aplicações

O enxofre tem grande variedade de aplicações, porém a principal é sua transformação em ácido sulfúrico, principal insumo na produção de fertilizante, responsável por cerca de 87% de sua utilização.

O enxofre é utilizado em vários setores da indústria na forma do ácido sulfúrico (H_2SO_4), dióxido de enxofre (SO_2) e o sulfureto de hidrogênio (H_2S). O enxofre e seus derivados possuem diversas aplicações, como nas indústrias metalúrgicas, de pigmentação, celulose, do petróleo, assim como em baterias, detergentes, fungicidas, cosméticos, explosivos, no tratamento da água, entre outros.

No entanto, na indústria de fertilizantes, através do ácido sulfúrico são obtidos três produtos: ácido fosfórico (através do ataque a rocha fosfática e a consequente produção do superfosfato triplo), superfosfato simples (através do ataque a rocha fosfática) e sulfato de amônia (através da associação com a amônia). A ausência de um desses produtos na formulação NPK leva a produção de um produto pobre em enxofre. (DNPM, 2009)

O enxofre é essencial na formação de proteína na planta, porque é parte de certos aminoácidos, que funcionam como "blocos formadores" das proteínas. O enxofre ajuda na produção de enzimas e vitaminas, promove a formação dos nódulos (para fixação de nitrogênio) em leguminosas, auxilia na formação das sementes e é necessário na formação da clorofila.

Encontra-se bem distribuído nos tecidos das plantas e ao contrário do cálcio e do magnésio, que são absorvidos pelas plantas como cátions, o enxofre é absorvido como um ânion (SO_4^{2-}). (CETEM, 2008)

Pode ser absorvido do ar, pelas folhas, como gás dióxido de enxofre. As plantas deficientes em enxofre apresentam cor verde pálida, geralmente

começando pelas folhas novas, mas a planta inteira pode adquirir essa aparência, e as plantas que apresentem essa deficiência geralmente acumulam carboidratos e nitratos.

As folhas tendem a se enrugarem à medida que a deficiência se acentua, mas só morrem em casos extremos, embora possam morrer quando estão no estágio inicial de crescimento (plântulas). Os caules das plantas ficam finos e lenhosos.

As deficiências de enxofre ocorrem mais comumente em solos arenosos, pobres em matéria orgânica, em áreas com precipitação pluviométrica de moderada a alta. As plantas mostram um aspecto verde pálido de deficiência de enxofre em uma grande variedade de solos no início da estação de crescimento, especialmente se o clima encontrar-se frio e úmido.

5.2 Mercado de Enxofre

5.2.1 Reservas

Segundo o Sumário Mineral Brasileiro (2008) as reservas (medidas+indicadas) brasileiras de enxofre são de aproximadamente 49 milhões de toneladas de S contido, e correspondem a 1,2% das reservas mundiais. As reservas brasileiras correspondem a duas substâncias: enxofre (co-produto) e xisto, e outras rochas betuminosas. (DNPM, 2009)

Reservas mundiais de enxofre em óleo cru, gás natural e minérios de sulfeto são grandes, porém a maior parte da produção é resultado do processamento de combustíveis fósseis. Já que petróleo e minério de sulfeto podem ser processados a longas distâncias de onde foram obtidos, a produção de enxofre pode não se encontrar no país a que as reservas são atribuídas. Como exemplo, enxofre processado em refinarias americanas a partir de óleo da Arábia Saudita. No Brasil, não há conhecimento de reservas de enxofre nativo. (USGS, 2013)

5.2.2 Produção

A produção brasileira é proveniente do processo de recuperação no refino do petróleo e através das metalurgias, onde concentrados metálicos (zinco, chumbo, cobre, níquel) são ustulados para obtenção do metal, e ocorre o desprendimento de dióxido de enxofre e posterior obtenção do ácido sulfúrico. (Fonseca, 2012)

Os maiores produtores de ácido sulfúrico são a Petrobras (Refinarias e Six), AngloGold Ashanti, Votorantim Metais – níquel e Votorantim Metais-zinco, e o grupo Paranapanema (Caraíba Metais).

A Figura 11 representa a produção do enxofre brasileiro entre o período de 1998 a 2012, em toneladas (t):

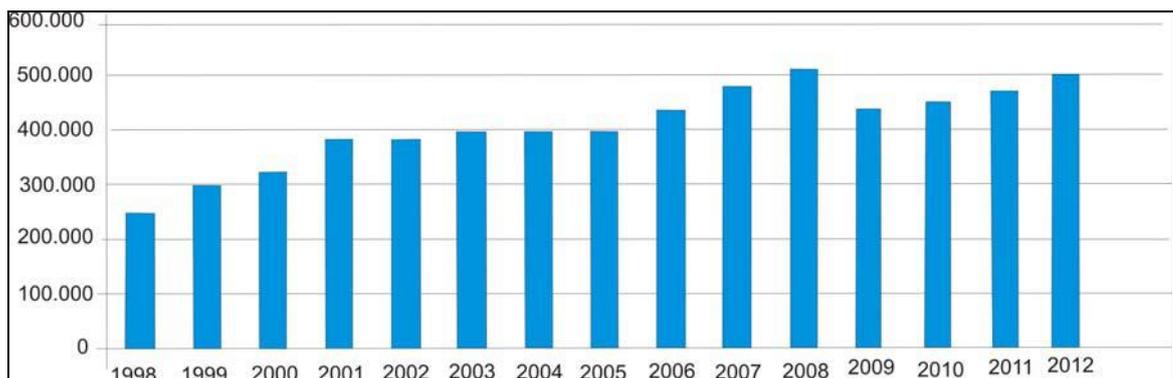


Figura 11: Produção Brasileira de Enxofre 1998-2012, em t

Fonte: DNPM 2009, atualizado com dados USGS, 2013

Razões de caráter ambiental exigem combustíveis mais limpos, e o enxofre que é captado pela Petrobras a partir de operações de processamento e refino de combustíveis fósseis tem crescido muito nos últimos anos, a exemplo dos países desenvolvidos. A empresa é a única produtora nacional de enxofre e o oferta na forma sólida e líquida.

Essa recuperação nos combustíveis derivados do petróleo é realizada para atender a cada vez mais restritiva legislação ambiental, e para isso a empresa conta com dez refinarias, sendo destaque a Replan, maior produtora em 2011, com 40.609 toneladas, seguida da Revap, com 31.896 t, a Reduc, que

produziu 26.526 t e a Six, com uma produção acima de 24.000 t nos últimos dois anos. (Fonseca, 2012)

O ácido sulfúrico obtido pela ustulação (processo de aquecimento de um sulfeto na presença de gás de oxigênio para obtenção de subprodutos) de sulfetos metálicos é produzido por três principais empresas: Caraiba Metais, Votorantim Metais e AngloGold Ashanti.

A Caraíba Metais (Paranapanema), em Camaçari (Bahia), recebe concentrados de cobre nacionais e importados, a Votorantim Metais, com unidades em Fortaleza de Minas, recebe concentrado de níquel da jazida na mesma localidade e também parte do concentrado de níquel da Mirabela, na Bahia, assim como unidades em Juiz de Fora e Três Marias, que recebem os concentrados de chumbo e zinco, tanto nacionais quanto importados.

A empresa AngloGold Ashanti (usina Queiroz) recebe o concentrado de ouro da mina Cuiabá, em Sabará. Juntas essas empresas produziram em 2011, aproximadamente, de 946.939 toneladas de ácido sulfúrico, equivalentes a 290.000 toneladas de enxofre. A produção, apesar de aumentar ano a ano, não tem acompanhado o aumento do consumo aparente, levando a uma dependência de mais de 80% de enxofre importado. (Fonseca, 2012)

Em relação a produção interna, existem 4 principais tipos de enxofre produzidos no Brasil:

1) A partir de folhelho betuminoso: no município de São Mateus-PR, desde o ano de 1971, através de tecnologia desenvolvida pelo Petrobrás. Este processo, denominado Petrosix, obtém como produtos da transformação do xisto, por pirólise, além do enxofre: gás combustível, gás liquefeito de petróleo, nafta, combustíveis e produtos especiais.

2) A partir de petróleo e gás natural: a Petrobras produz e comercializa o enxofre de três formas diferentes: o enxofre pecuário, utilizado como complemento alimentar para gado; o ventilado na vulcanização de borrachas e pneus, e o industrial para aplicação em segmentos da indústria. O enxofre recuperado do petróleo e gás natural representa cerca de 30% do enxofre produzido no país.

3) Produção a partir de pirritas contidas no carvão: no estado de Santa Catarina: há a recuperação de enxofre contido no rejeito piritoso da mineração de carvão. (DNPM, 2009)

4) Subproduto de sulfetos metálicos: a maior fonte de enxofre nacional (cerca de 70% da produção nacional) é o recuperado a partir de sulfetos para produção de ácido sulfúrico (como realizado pelo grupo Votorantim), cujas usinas de beneficiamento localizam-se em Juiz de Fora e Três Marias, ambas em Minas Gerais. Em Três Marias, parte da matéria prima é importada e parte é proveniente da mina de Morro Agudo (Paracatu).

Na unidade de Juiz de Fora, o concentrado de sulfeto de zinco utilizado na produção de zinco e na produção de ácido sulfúrico e dióxido de enxofre líquido, é 100% importado, principalmente do Peru. (DNPM, 2009)

O DNPM de Santa Catarina está levantando dados visando estimar o montante de pirita extraída junto com o carvão mineral da região nos últimos 40 anos. Atualmente, apenas uma empresa carbonífera continua extraindo pirita do carvão, obtendo uma produção anual de 4 mil toneladas de enxofre.

Considerando o histórico de degradação ambiental devido à extração do carvão, a retirada da pirita para aproveitamento econômico é considerada uma medida efetiva para a diminuição do impacto ambiental gerado na disposição do rejeito da mineração. O DNPM espera quantificar o potencial de produção da substância, que é muito superior a quantidade extraída nesse momento. (Fonseca, 2012)

Cerca de 70 milhões de toneladas de enxofre são produzidas anualmente no mundo, onde destacam-se como grandes produtores Estados Unidos, Canadá, China, Rússia, que representam cerca e 45% da produção mundial.

Os principais países exportadores são Canadá, Rússia, Arábia Saudita, Emirados Arabes, Cazaquistão, Japão e Irã, representando mais de 70% da produção mundial, enquanto os maiores importadores são China, Marrocos, EUA, Tunisia, India e Brasil. (USGS, 2013)

Na Tabela 8 estão listados os produtores mundias de enxofre, com os resultados dos dois últimos anos, não fazendo distinção entre as formas de produtos.

Estados Unidos, China, Russia e Canadá dominam amplamente esse cenário de maiores produtores mundiais enquanto o Brasil ainda se encontra atrás de países como Kuwait, Austrália e Venezuela.

Tabela 8
Produção Mundial de Enxofre, em 10³ t

	Produção - Todas as Formas	
	2011	2012
Estados Unidos	8.930	9.050
Austrália	940	900
Brasil	480	500
Canada	6.520	6.600
Chile	1.720	1.700
China	9.700	9.700
Finlândia	590	590
França	1.310	1.310
Alemanha	3.910	3.700
Índia	1.190	1.200
Irã	1.780	1.800
Itália	740	740
Japão	3.300	3.200
Cazaquistão	2.700	2.700
República da Coréia	1.200	1.200
Kuwait	830	830
México	1.660	1.650
Holanda	530	530
Polônia	1.140	1.100
Catar	1.200	1.200
Rússia	7.280	7.300
Arábia Saudita	4.600	4.600
África do Sul	370	370
Espanha	637	640
Emirados Árabes Unidos	1.800	1.800
Uzbequistão	520	520
Venezuela	800	850
Outros Países	4.080	4.100
Total Mundial (arredondado)	70.500	70.000

Fonte: USGS, 2013

5.2.3 Consumo e Preços

A importação do enxofre a granel (NCM 25030010), teve um ligeiro aumento em termos de volume em 2011 (2,1 Mt) com relação a 2010 (1,9 Mt),

porém o valor gasto aumentou muito, de U\$\$ 243 milhões em 2010 para U\$\$ 439 milhões em 2011, evidenciando o aumento no preço do produto.

Os principais países de origem das importações foram Estados Unidos (35%), Rússia (16%), Canadá (9%), Cazaquistão (9%) e Emirados árabes (8%).

Em relação aos compostos químicos, o ácido sulfúrico (NCM 28070010), teve além do aumento do volume das importações (532.685 toneladas em 2010 para 655.294 toneladas em 2011), um crescimento no valor gasto, passando de U\$\$ 20 milhões em 2010 para U\$\$ 63 milhões em 2011. Os principais países de origem das importações foram Alemanha (18%), Espanha (13%), Coreia do Sul (11%), Bulgária (10%) e Polônia (9%).

As vendas de ácido sulfúrico no Brasil têm sido realizadas para os setores químico e petroquímico, papel e celulose, fertilizantes, dentre outros. O setor de fertilizantes possui suas próprias plantas de produção de ácido sulfúrico e historicamente tem importado enxofre para atender sua demanda.

A produção, apesar de aumentar ano a ano, não tem acompanhado o aumento do consumo aparente, levando a uma dependência de mais de 80% de enxofre importado.

As exportações de enxofre se concentram nos compostos químicos, principalmente as NCMs outros sulfetos (28309019), outros sulfitos (28322000) e outros sulfatos (28332990), destinados a países da América Latina, como Chile, Paraguai e Argentina. São inexpressivas quando comparadas a importação.

Um relatório de perspectivas para o setor de fertilizantes publicado pela International Fertilizer Industry Association (IFA) aponta um déficit no balanço de oferta/demanda de enxofre de 4% tanto para 2012 quanto para 2013, com a equiparação entre oferta e demanda ocorrendo apenas em 2014, o que pode elevar os preços do produto neste período. (Fonseca, 2012)

5.2.4 Projeção de Enxofre para 2030

As condições geológicas brasileiras para a ocorrência de novas jazidas são consideradas baixas e, assim sendo, não se sugere que esforços

prioritários, centrados na descoberta de fontes nativas de enxofre, como pesquisa mineral especializada, sejam alocadas para esta substância. Tendência esta que também tem sido seguida pela pesquisa geológica internacional que não busca mais, há bastantes anos, novas jazidas nativas.

Entretanto a obtenção de enxofre a partir de outras fontes, como a distribuição forçada de combustível mais limpo, ao diminuir o teor mínimo admissível do enxofre e não protelando prazos acordados, parece ser um paliativo, embora nada desprezível. A entrada de novos empreendimentos minerais com beneficiamento de metais associados à obtenção no processo de ácido sulfúrico parece estar se ampliando cada vez mais no Brasil.

5.3 Alternativas

Uma alternativa ao enxofre utilizado na agricultura brasileira é o gesso (gipsita), que pode ser aplicado isoladamente, em mistura com rocha calcária ou diretamente com os fertilizantes. Além desse gesso natural, há também o fosfogesso (sulfato de cálcio di-hidratado) obtido como subproduto da própria cadeia de fertilizantes, resultado do ataque do ácido sulfúrico na rocha fosfática. Os produtos são o ácido fosfórico e o fosfogesso, que possui as propriedades de fonte de cálcio e enxofre, eliminação do alumínio tóxico subsuperficial e aproveitamento dos solos salinos e sódicos. (DNPM, 2009)

5.4 Projetos Futuros

Uma vez que não existe ocorrências de enxofre nativo no Brasil, a maior parte dos novos projetos envolvem a obtenção de ácido sulfúrico em novas usinas ou expansão de usinas já existentes, porém sem ser o principal produto obtido, que é o caso de projetos já citados neste trabalho, como projeto Goiás e *Debottlenecking*, da Anglo American, que estima obter 2.384 mil t de ácido sulfurico até 2017; projetos Serra do Salitre, Santa Quitéria e Paulínia (ampliação), da Galvani Fertilizantes, que estima obter 2070 mil t de ácido

sulfúrico até 2017; e os projetos da Vale, como o projeto Salitre, com estimativa de 4.800 mil t até 2017. (ANDA, 2012)

Novos projetos de enxofre dependem principalmente das medidas ambientais que exigem da Petrobras um combustível mais limpo, a exemplo do que já é praticado nos Estados Unidos e na União Européia, além da grande expansão programada pela mesma, para os próximos anos, no refino de petróleo e extração de gás natural.

6 CONCLUSÃO

As perspectivas do setor mineral brasileiro, apesar de muito positivas para um futuro próximo, ainda podem ser bastante incertas quando se trata dos minerais estratégicos para uso na indústria de fertilizantes.

A demanda por esses produtos tendem a aumentar, devido à necessidade de produção de alimentos, e o Brasil ainda tem uma capacidade de aumento de produção muito promissora, principalmente quando se trata das rochas fosfatadas, mas no caso do potássio, por exemplo, a dependência ainda é muito grande, e as variações de preço do mercado e constantes obstáculos financeiros fazem com que as indústrias optem por concentrar seus investimentos em segmentos do mercado com retorno mais garantido, como a mineração de ferro.

O setor encontra dificuldades de transporte, por causa da deficiência de infraestrutura existente e das distâncias a serem percorridas pelas matérias-primas até os complexos ou unidades industriais e de distribuição, e também pelos produtos intermediários destinados a outras indústrias, como misturadoras ou granuladoras. Alguns produtos, como amônia, ácido sulfúrico e ácido nítrico, estão sujeitos a normas especiais de transporte.

Um exemplo desse tipo de problema com transporte é o potássio que deve ser explorado num futuro próximo na Amazônia, que além disso ainda precisará lidar com questões de uso de terra indígena, outro obstáculo a ser resolvido pelo Governo: conciliar a exploração mineral com um uso responsável e sustentável do solo, diminuindo ao máximo os impactos ao meio ambiente.

A economia brasileira tende a seguir um padrão de crescimento pelos próximos anos, mas ainda é fundamental que desigualdades sejam vencidas e que problemas de infraestrutura sejam superados, e investimentos sem conhecimento geológico, tanto pelo setor público quanto privado, serão essenciais para o avanço do setor mineral brasileiro.

Existem recursos e reservas minerais suficientes para que o Brasil saia da posição de importador para a de grande produtor, e quem sabe até mesmo exportador, principalmente quando se fala de potássio e fosfato, mas para isso

é necessário mais que boa vontade, mas sim empenho por parte do Governo e do capital privado para que esse potencial seja aproveitado.

Por mais que certos segmentos do volátil mercado mineral se mostrem atualmente mais atrativos, como o do ferro, é necessário se entender que os minerais fertilizantes são essenciais no cenário mundial de uma produção de alimentos cada vez maior, e que investir neles o quanto antes pode se traduzir em melhores frutos colhidos no futuro.

Uma primeira atitude importante para fortalecer o mercado brasileiro de minerais fertilizantes seria de organizar uma política de compras, que já ajudaria a diminuir o alto gasto com as importações, onde essa diferença poderia ser usada no avanço das pesquisas no setor.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDA - Agência Nacional para Difusão de Adubos, 2012. Indústria Nacional de Matérias Primas para fertilizantes – Investimentos: 2012-2017. *In: Segundo Congresso Brasileiro de Fertilizantes*, Agosto/2012.

BELLING, E.; ROOYEN, H. V.; COMLINE, Stuart. 2010. *Potash in Brazil*. Talon Metals Corp.

BERGE, M.; CRU Group, 2012. Global Fertilizer Supply/Demand: Five Year Market Outlook (2012-2017). *In: Segundo Congresso Brasileiro de Fertilizantes*, Agosto/2012. São Paulo, Brasil.

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento, 2010. *Panorama atual e perspectivas de desenvolvimento do setor de fertilizantes do Brasil. Informe Setorial*, Janeiro/2010, número 16.

BORGES, A. *Potássio do Brasil confirma projeto na Amazônia. Valor*, Brasília, 05 de abril de 2013. Disponível em: < <http://www.valor.com.br/empresas/3074446/potassio-do-brasil-confirma-projeto-na-amazonia#ixzz2ROQ2DIs9>. Acesso em 15/04/2013.

CANADÁ e Rússia dominam reservas. *Valor*, São Paulo, 04 de abril de 2013. Disponível em: < <http://www.valor.com.br/empresas/3072758/canada-e-russia-dominam-reservas#ixzz2ROQtFhHo>. Acesso em 08/04/2013

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. 2008. **Fertilizantes, agroindústria e sustentabilidade**. Rio de Janeiro, Brasil.

DIAS, V. P.; FERNANDES, Eduardo. 2006. *Fertilizantes: uma visão global sintética. BNDES Setorial*, n. 24, p. 97-138, Setembro/2006. Rio de Janeiro, Brasil.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. 2001. *Potássio. Balanço Mineral Brasileiro*.

DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral, 2009. **Economia Mineral do Brasil**.

FERREIRA, C. *Verde Potash aguarda licença para exploração em MG. Valor*, São Paulo, 05 de abril de 2013. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/empresas/3074448/verde-potash-aguarda-licenca-para-exploracao-em-mg#ixzz2ROPXaovS>. Acesso em 24/04/2013.

Folha Online. 2010. *Vale acerta compra da empresa de fertilizante Bunge por U\$3,8 bi.* **Mercado.** Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u685308.shtml> . Acesso em 28/02/2013

FONSECA, D. S. (2012). *Enxofre. Sumário Mineral 2012* - Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasília: DNPM.

FONSECA, D. S.; DA SILVA, T. H. C. 2012. *Fosfato. Sumário Mineral 2012* - Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasília: DNPM.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. 2012. **Informações e análises da economia mineral brasileira.** 7ª edição; Dezembro 2012.

HARRISON, P. CRU Group, 2013. **Global Fertilizer Market Outlook – Scotiabank commodities outlook Conference.** Toronto, Canadá. Janeiro/2013.

KULAIF, Yara. MME –. **Relatório Técnico 52, Perfil do Potássio.** Ministério de Minas e Energia; SGM - Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral; Banco Mundial – Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento. Produto 29, Agrominerais. J Mendo Consultoria. Agosto/2009.

_____ MME –. **Relatório Técnico 52, Perfil do Fosfato.** Ministério de Minas e Energia; SGM - Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral; Banco Mundial – Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento. Produto 29, Agrominerais. J Mendo Consultoria. Agosto/2009.

_____ MME –. **Relatório Técnico 52, Perfil do Enxofre.** Ministério de Minas e Energia; SGM - Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral; Banco Mundial – Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento. Produto 29, Agrominerais. J Mendo Consultoria. Agosto/2009.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. *Capítulo 1 - Fertilidade do solo e produtividade agrícola.* CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. 2008. **Fertilizantes, agroindústria e sustentabilidade.** Rio de Janeiro, Brasil. P. 33-79

MME – Ministério de Minas e Energia; Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. 2011. **Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM-2030).** 178 p. 1 v. Brasília; Brasil.

MONTE, M. B. de M.; ANDRADE, M. C.; BALTAR, C. A. M. e MOURA, L.R. 2002. *Cloreto de Potássio – Mina de Taquari Vassouras – CVRD.* CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, Ministério da Ciência e Tecnologia, Coordenação de Inovação Tecnológica – CTEC. Dezembro/2002. Rio de Janeiro, Brasil.

NASCIMENTO, M.; LOUREIRO, F. E. L. 2004. CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. *Fertilizantes e Sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas*. **Série Estudos e Documentos**, n. 61.

OLIVEIRA, L. A. de. 2012. *Potássio*. **Sumário Mineral 2012** - Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasília: DNPM.

PIZA, P. d'A. de T.; FRANÇA, S. C. A.; BERTOLINO, S. C. 2009. *Verdete do Cedro de Abaeté como fonte alternativa para potássio*. **XVII Jornada de Iniciação Científica – CETEM**.

PNUMA - Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente; IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; UMA - Universidade Livre da Mata Atlântica, 2004. **Perspectivas do Meio Ambiente Mundial – 2002, GEO-3; Passado, Presente e Futuro**. p. 64-93.

SILVA, A. A. S. da; MEDEIROS, M. E.; SAMPAIO, J. A e GARRIDO, F. M. S. 2012. *Caracterização do verdete de Cedro do Abaeté para o desenvolvimento de um material com liberação controlada de potássio*. **Revista HOLOS**, Ano 28, Volume 5, p. 42-51.

TEIXEIRA, A.M.S; SAMPAIO, J. A.; GARRIDO, F.M.S; MEDEIROS, M.E. 2012. *Avaliação da rocha fonolito como fertilizante alternativo de potássio*. **Revista HOLOS**, Ano 28, v. 5, p.21-33.y

USGS – United States Geological Survey, 1999. *Fertilizers – Sustaining Global Food Supplies*. **USGS Fact Sheet** número 155–99, Setembro 1999.

_____. *Phosphate Rock*. **Mineral Commodity Summaries 2013**. Disponível em: http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/mcs-2013-phosp.pdf Acesso em 23 Maio 2013

_____. *Potash*. **Mineral Commodity Summaries 2013**. Disponível em: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/potash/mcs-2013-potas.pdf> Acesso em 23 Maio 2013

_____. *Sulfur*. **Mineral Commodity Summaries 2013**. Sulfur. Disponível em: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/sulfur/mcs-2013-sulfu.pdf> Acesso em 23 Maio 2013.