



CONTRATO Nº 48000.003155/2007-17: DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS PARA
ELABORAÇÃO DO PLANO DUODECENAL (2010 - 2030) DE GEOLOGIA,
MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL-SGM

BANCO MUNDIAL

BANCO INTERNACIONAL PARA A RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO - BIRD

PRODUTO 29 AGROMINERAIS

Relatório Técnico 52 Perfil do Potássio

CONSULTOR

Yara Kulaif

Geóloga pela USP, mestre e doutora em Engenharia Mineral pela EPUSP, atualmente
professora do Instituto de Geociências da UNICAMP

PROJETO ESTAL

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

Agosto de 2009

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS	3
SIGLAS E ABREVIATURAS.....	4
1. SUMÁRIO EXECUTIVO	5
2. CARACTERIZAÇÃO DO SEGMENTO PRODUTIVO.....	7
2.1. PRODUÇÃO DOS ÚLTIMOS TRÊS ANOS	7
2.2. PREÇO DE MERCADO POR TIPO DE PRODUTO E ANÁLISE DE TENDÊNCIA	7
2.3. VALOR DA PRODUÇÃO MINERAL.....	9
2.4. QUALIFICAÇÃO EMPRESARIAL	10
2.5. RECURSOS HUMANOS	10
2.6. PARQUE PRODUTIVO: MINAS E USINAS DE TRATAMENTO DO MINÉRIO.....	12
2.7. PRODUTIVIDADE [T/HOMEM/ANO]	13
2.8. CONSUMO ENERGÉTICO	13
2.9. GERAÇÃO DE RESÍDUOS MINERAIS.....	13
2.10. CUSTO ATUAL DE INVESTIMENTO	13
3. USOS: PRINCIPAIS USOS DO BEM MINERAL	14
4. CONSUMO.....	14
4.1. PANORAMA MUNDIAL	14
4.2. EVOLUÇÃO DO CONSUMO INTERNO.....	16
4.3. CONSUMO INTERNO: FONTES ALTERNATIVAS.....	18
4.4. PROJEÇÃO DE CONSUMO ATÉ 2030 (TOTAL E <i>PER CAPITA</i>).....	19
5. PRODUÇÃO MINERAL	22
5.1. PANORAMA MUNDIAL	22
5.2. A PRODUÇÃO BRASILEIRA	25
5.3. PROJEÇÃO (CENÁRIOS) DE PRODUÇÃO ATÉ 2030 PARA ATENDER À DEMANDA INTERNA.....	25
5.4. NOVOS PROJETOS.....	26
6. RESERVAS MINERAIS	27
6.1. PANORAMA MUNDIAL	27
6.2. SITUAÇÃO ATUAL DAS RESERVAS E SUA LOCALIZAÇÃO NO BRASIL	28
6.3. RELAÇÃO PRODUÇÃO/RESERVA.....	29
6.4. POTENCIALIDADES E IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS VOCACIONADAS	29
6.5. QUANTIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE ADIÇÃO DE RESERVAS PARA A PRODUÇÃO ATÉ 2030.....	30
7. TECNOLOGIA	30
8. RECURSOS HUMANOS.....	31
9. INCENTIVOS	32
10. CONCLUSÕES.....	32
11. RECOMENDAÇÕES	35
13. AGRADECIMENTOS.....	35
14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
15. ANEXOS	40
ANEXO I – TABELAS DE REFERÊNCIA PARA OS GRÁFICOS E METODOLOGIAS	40

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – PRODUÇÃO DE POTÁSSIO NO BRASIL (2006-2008).	7
TABELA 2 – CONSUMO APARENTE DE POTÁSSIO (10^3 K ₂ O), MUNDIAL E PARA AS PRINCIPAIS REGIÕES DO MUNDO.	14
TABELA 3 – PROJEÇÕES DO CONSUMO APARENTE DE POTÁSSIO 2010 – 2030 EM T DE K ₂ O.....	20
TABELA 4 – RESERVAS ⁽¹⁾ MUNDIAIS DE POTÁSSIO (10^3 T DE K ₂ O).	28
TABELA 5 – RESERVAS MEDIDAS E INDICADAS DE POTÁSSIO DO BRASIL EM 2005....	28
TABELA 6 – MÃO-DE-OBRA NAS USINAS E MINAS.	32

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – PREÇO DE IMPORTAÇÃO DE POTÁSSIO BR FOB (US\$/T K ₂ O).	8
GRÁFICO 2 – PREÇOS MEDIDOS E ESTIMADOS PELO BANCO MUNDIAL DE POTÁSSIO PARA O PERÍODO 2006-2020.	9
GRÁFICO 3 – VALOR DA PRODUÇÃO BRASILEIRA COMERCIALIZADA DE POTÁSSIO (1987-2007).	9
GRÁFICO 4 – MÃO-DE-OBRA UTILIZADA NO POTÁSSIO, POR TIPO DE CONTRATO DE TRABALHO (2005).	10
GRÁFICO 5 – MÃO-DE-OBRA UTILIZADA NO POTÁSSIO, POR CATEGORIA PROFISSIONAL, NAS MINAS.....	11
GRÁFICO 6A – MÃO-DE-OBRA UTILIZADA NO POTÁSSIO, POR CATEGORIA PROFISSIONAL, NAS USINAS.	11
GRÁFICO 6B – MÃO-DE-OBRA TOTAL UTILIZADA NO POTÁSSIO (MINAS + USINAS). .	12
GRÁFICO 7 – CONSUMO MUNDIAL DE POTÁSSIO, EM MILHÕES DE TONELADAS DE K ₂ O – PRINCIPAIS PAÍSES (1961-2006).	15
GRÁFICO 8 – CONSUMO APARENTE, IMPORTAÇÃO, PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE POTÁSSIO (T DE K ₂ O).	16
GRÁFICO 9 – CONSUMO APARENTE DE POTÁSSIO, PROJEÇÕES 2010-2030.	19
GRÁFICO 10 – CONSUMO <i>PER CAPITA</i> DE POTÁSSIO NO BRASIL, EUA E MUNDIAL....	21
GRÁFICO 11 – CONSUMO APARENTE DE POTÁSSIO POR HABITANTE, PROJEÇÕES 2010-2030.	21
GRÁFICO 12 – PRODUÇÃO DOS PAÍSES PRODUTORES DE POTÁSSIO (10^3 T DE K ₂ O)....	22
GRÁFICO 13 – PRODUÇÃO MUNDIAL DE POTÁSSIO ENTRE 1900 E 2008.....	24
GRÁFICO 14 – PRODUÇÃO NACIONAL DE POTÁSSIO (T DE PRODUTO).....	25
GRÁFICO 15 – EVOLUÇÃO DAS RESERVAS (MEDIDAS MAIS INDICADAS) DE POTÁSSIO NO BRASIL.....	29

SIGLAS E ABREVIATURAS

AMB - Anuário Mineral Brasileiro

ANDA – Associação Nacional para a Difusão de Adubos

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral

CVM/IAN – Comissão de Valores Imobiliários/Informações Anuais da empresa

DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral

DIPEM - Declaração de Investimento em Pesquisa Mineral

FOB - Mercadoria livre a bordo (*Free on Board*)

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFA – *International Fertilizer Industry Association*

Ln – Função Logarítmica

MME - Ministério das Minas e Energia

PETROMISA – Petrobras Mineração S/A

PCS – *Potash Corporation of Saskatchewan Inc.*

PIB - Produto Interno Bruto

PRC – *Potasio Rio Colorado*

ROM - *Run of Mine*

SA - Sociedade Anônima

SGM - Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do MME

SMB – Sumário Mineral Brasileiro

USGS - *United States Geological Survey*

1. SUMÁRIO EXECUTIVO

Segundo o documento "Elaboração do Plano Duo-Decenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - PDGMT 2010/2030" (MME, 2009a), o Brasil tem tido nos últimos 25 anos uma taxa de crescimento econômico muito baixa, mas atualmente reúne condições para entrar em um novo patamar de crescimento. É nesse contexto que surge um planejamento setorial de longo prazo, o presente Plano Duo-Decenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - PDGMT 2010/2030, com um horizonte de 20 anos, previsão de revisões quadrienais e detalhamento coincidentes com os períodos dos Planos Plurianuais-PPAs do governo federal (MME, 2009) e do qual este RT - Relatório Técnico do POTÁSSIO é parte integrante (no Anexo AI.5 encontra-se um texto explicativo sobre o PDGMT e apresenta-se a metodologia utilizada nas projeções para 2030).

O potássio, junto com fósforo e nitrogênio, é componente essencial dos fertilizantes químicos, matérias-primas que garantem a produtividade agrícola em todo o mundo. Apesar de o potássio ser relativamente abundante nas rochas, as necessidades deste elemento para a produção agrícola no Brasil são de grande monta.

O potássio é produzido no Brasil por uma única empresa, a Vale S/A, porém a capacidade de produção desta empresa só é suficiente para abastecer 9% do consumo nacional. O parque produtivo no Brasil restringe-se ao complexo mina/usina Taquari-Vassouras, localizado no município de Rosário do Catete, em Sergipe. A mina é de grande porte, subterrânea, com profundidade variando entre 430 e 640 metros. Desde 2006 a capacidade nominal de produção da Unidade Operacional de Taquari-Vassouras é de 850 mil toneladas. O início da produção brasileira de potássio deu-se em 1986, mas só a partir de 1991, com o arrendamento à Companhia Vale do Rio Doce, o valor da produção mineral do potássio passou a crescer continuamente, atingindo, em 2007, o valor de R\$ 372 milhões. A produção de potássio utiliza por volta de 850 pessoas no Brasil, sendo quase a metade desses trabalhadores contratados em regime de terceirização.

Os preços do potássio utilizados neste RT são as médias anuais dos preços (FOB) das importações brasileiras, uma vez que o abastecimento do produto se realiza fundamentalmente pelo mercado externo. O único produtor nacional, a Vale, adota como referência, para suas vendas, os preços internacionais, acrescidos dos custos de internalização e transporte até o mercado consumidor. Uma análise da evolução dos preços internacionais do potássio, utilizando-se uma série longa com mais de 20 anos, revela preços históricos dentro de limites de oscilação não muito grandes. Mas entre 2005 e 2008, os preços dispararam para cima atingindo valores muito altos, tendo, praticamente triplicado. Isto ocorreu devido à financeirização do mercado do potássio que, ao exemplo de outras *commodities* e especificamente de todas as *commodities* fertilizantes, passou a ser alvo de grandes movimentos especulativos de capitais, no mercado de futuros, com o registro em bolsa das principais empresas produtoras e ainda das operações de grande vulto dos principais *players* para uma estocagem elevada do produto. Esse processo, porém, se interrompeu com a chamada crise internacional de 2008 sendo que, em meados de 2009, as projeções do Banco Mundial já apontavam para a normalização dos preços do potássio em um nível ainda um pouco menor que os seus preços históricos. A queda do potássio está sendo mais lenta do que de outros produtos fertilizantes, com movimentos dos poderosos grupos do potássio canadenses e russos coligados tentando segurar os preços (o CEO da maior produtora mundial anunciou meses atrás que os preços não cairiam mais), mas até o momento continuam a cair, como previu o Banco Mundial.

Cerca de 87% da produção mundial é consumida na agricultura, 90% dos quais na forma de cloreto de potássio, 5% na forma de sulfato de potássio e 5% na de sulfato duplo de potássio e magnésio. O restante, por volta de 13%, é consumido na indústria química, na fabricação de diversos produtos químicos. Para o Brasil, dados da ABIQUIM mostram que 95% do consumo é para fertilizantes e os 5% restantes para a indústria química.

Quatro países, China, Estados Unidos, Brasil e Índia têm sido responsáveis pelo consumo de 60% do potássio utilizado como fertilizante no mundo. Além disso, destaca-se a alta taxa de crescimento anual para estes países e para o Brasil em especial. Nos últimos cinco anos, houve um crescimento mundial médio anual de 3,5%, tendo este crescimento sido capitaneado pela Ásia de Leste (China), que responde por 33,4% do consumo mundial, e que teve uma taxa média de crescimento neste período de 8,3%.

O potássio é o mais raro dos três nutrientes em termos de abundância de jazidas minerais, com sua produção ocorrendo somente em 12 países. O Canadá é o principal produtor e exportador de potássio do mundo e o que detém as maiores reservas conhecidas.

Cerca de 36 milhões de toneladas de K₂O foram produzidas no mundo em 2008, com um aumento de 4% em relação ao ano anterior, e com uma taxa de crescimento significativa para os três maiores produtores, Canadá, Rússia e Bielorrússia. Os dois principais produtores, Canadá e Rússia, detêm 50% da produção mundial, e os quatro maiores, 74%.

O BRASIL CONSUME ANUALMENTE 4,6 MILHÕES DE TONELADAS DE POTÁSSIO (EM PRODUTO - KCL) E PRODUZ APENAS 600 MIL TONELADAS. AS PRINCIPAIS ORIGENS DAS IMPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE POTÁSSIO EM 2007 FORAM CANADÁ (29%), RÚSSIA (19%), BIELORRÚSSIA (18%), ALEMANHA (18%) E ISRAEL (12%). AS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS, DE DIMENSÕES INEXPRESSIVAS, TODAS DE CLORETO DE POTÁSSIO, FORAM BASICAMENTE DESTINADAS A PAÍSES DA AMÉRICA DO SUL.

Fontes alternativas de potássio têm sido estudadas e são de várias naturezas. Estes estudos indicam a necessidade de práticas diversas de aplicação de fertilizantes, buscando-se novos padrões para a incorporação dos elementos nutrientes aos solos empobrecidos, como a rochagem. Ela baseia-se na aplicação direta das rochas moídas e tem como vantagem a liberalização lenta dos elementos, o que implica na otimização do uso dos minerais, com poucas perdas por carreamento pela drenagem.

O consumo *per capita* brasileiro foi, em 2007, de 24,1 kg/hab/ano, valor superior ao dos Estados Unidos. Na literatura aponta-se que tal é devido tanto pelas características dos solos nacionais, empobrecidos pelo clima tropical úmido de grande parte das terras cultivadas, quanto do tipo de adubação exigida por nossas culturas principais, como soja, cana de açúcar, milho e café.

No último ano detecta-se um aumento no interesse de empresas em investir em prospecção e pesquisa mineral para potássio no País, bem como em pesquisas tecnológicas. Estas têm se realizado tanto no sentido da busca de viabilização da utilização de minerais e rochas alternativos como supridores deste nutriente nos solos, quanto para a otimização na aplicação e uso de fertilizantes potássicos nas plantações nacionais.

Recentemente foi anunciado que a Vale irá implantar dois novos projetos de produção de potássio em Sergipe. Também, em outubro de 2009, notícias na imprensa dão conta da possibilidade da mesma Vale vir a liderar um terceiro projeto, o de maior porte, da grande jazida de classe mundial de Nova Olinda do Norte, no Amazonas, o que daria, no médio prazo algum desafogo à situação brasileira de grande insuficiência para esta substância. Mas o recurso às importações pelo Brasil parece que será necessário ao longo do período de análise 2010-2030, a menos que se amplie o quadro de novos projetos, porque a dimensão anunciada para o ainda hipotético projeto de Nova Olinda no Amazonas (2,0 milhões de t), somado aos dois projetos de Sergipe de 1,7 milhões de t de potássio, e os projetos alternativos, que são de pequeno porte, totaliza uma quantidade adicional à produção brasileira de cerca de 4 milhões de t, insuficiente para atender à demanda. O hiato atual, a insuficiência em potássio, é em 2008 de 4 milhões de t/ano.

2. CARACTERIZAÇÃO DO SEGMENTO PRODUTIVO

O Potássio¹ faz parte de um grupo de minerais denominado Agrominerais, integrado ainda por Enxofre e Fosfato.

2.1. Produção dos últimos três anos

Em 2008, segundo a publicação do MME/DNPM, *Prévia da Indústria Mineral 2009-2008* (MME/DNPM, 2009), foram produzidas no Brasil 383 mil toneladas de K₂O (contido de potássio em 607 mil toneladas de produto KCl), com queda de 9,7% em relação ao ano anterior. Já a produção de 2007, de 424 mil t, foi 5,2% maior do que a de 2006.

É interessante notar que os produtos finais da cadeia dos fertilizantes NPK, os fertilizantes entregues ao consumidor final, tiveram uma queda acentuada, entre 2007 e 2008, de 12,8%, após anos ininterruptos de crescimento. As razões desta diminuição estão ligadas aos efeitos da crise financeira internacional que impactaram fortemente o segundo semestre de 2008, justamente o período de maior demanda dos fertilizantes, devido à sua sazonalidade.

O Brasil depende da importação de potássio para seu abastecimento, sendo que mais de 90% (91%) de seu consumo aparente foi importado em 2008.

Tabela 1 – Produção de potássio no Brasil (2006-2008).

	Em mil t de K ₂ O		
	2006 (r)	2007 (r)	2008 (p)
Produção Total (10 ³ t)	403	424	383
% anual de variação	-0,5	5,2	-9,7

Nota: (r) revisto; (p) preliminar.

Fonte: SMB (2008); MME/DNPM (2009).

2.2. Preço de mercado por tipo de produto e análise de tendência

Os preços do potássio publicados no Sumário Mineral Brasileiro (SMB) são as médias anuais dos preços (FOB) das importações brasileiras, uma vez que o abastecimento do produto se realiza fundamentalmente pelo mercado externo. Sendo assim, o único produtor nacional adota como referência, para suas vendas, os preços internacionais acrescidos dos custos de internalização e transporte até o mercado consumidor.

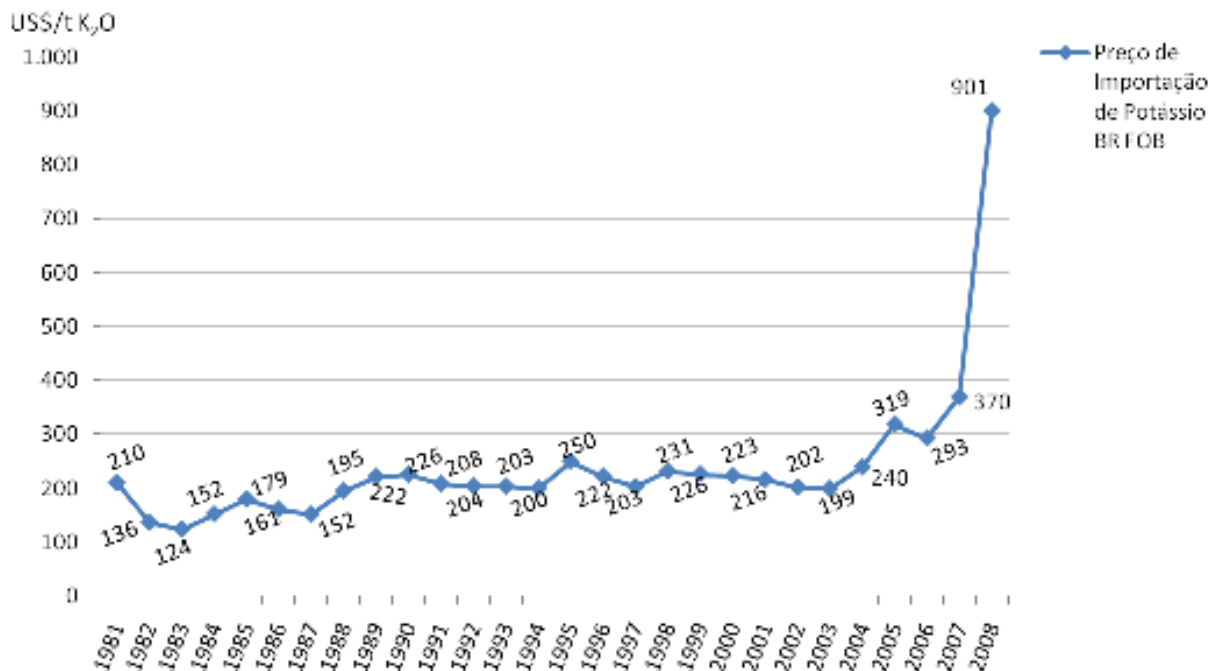
O gráfico de preços do potássio, apresentado a seguir, em uma série longa de 1981 a 2008, mostra, no período de 2005 a 2009, a completa desestabilização dos preços internacionais do potássio, com subidas vertiginosas, particularmente, entre 2007 e 2008, quando os preços praticamente triplicaram. O Brasil, um grande comprador mundial, chegou a pagar preços de US\$ 900 nas importações, sendo que as cotações do mercado *spot* internacional no Canadá chegaram a atingir US\$ 1.200, no final do ano de 2009.

Este aumento de preços tem já uma explicação certa, a financeirização do mercado real, onde vultosos recursos de especulação a ele afluíram, como os fundos de pensão, e os especulativos

¹ Neste RT usar-se-á o termo potássio para significar o conteúdo de óxido de potássio (K₂O) presente nos produtos, salvo quando especificar que se trata do KCl (cloreto de potássio), que usualmente contém porcentagens de K₂O entre 60% e 62%. Segundo o BMB (2001), no Brasil exige-se como garantia mínima para a comercialização do cloreto de potássio um teor de 58% de K₂O, equivalente a 91,8% de KCl.

derivativos encabeçando estes movimentos, pela porta de entrada dos mercados de futuros. Este mercado de futuros contagia o mercado real no presente. Multiplicaram-se os projetos de novos empreendimentos no mundo, uma isca boa para captações de fundos para especulação (para maiores detalhes deste processo consultar o [Perfil da Cadeia do NPK](#)).

Gráfico 1 – Preço de importação de potássio BR FOB (US\$/t K₂O).



Fonte: SMB; MME/DNPM (2009).

Entretanto e isso é dado neste perfil com maior destaque, dados de uma série mais longa, com 13 anos de duração, demonstram, para além de pequenas oscilações, uma tendência dos preços estáveis, variando entre US\$ 200/t e US\$ 250/t. Como veremos mais adiante, estão nesses patamares as estimativas do Banco Mundial para 2020, sendo que, a médio e longo prazos, podem até ter um viés de baixa para US\$ 170/t.

As razões para este movimento mais recente estão, embora em menor grau, também baseadas em uma conjuntura dos últimos anos, que envolveu as principais economias mundiais, com destaque para as emergentes, de altas taxas de crescimento, bem como subsidiariamente, pois não houve grande crescimento no consumo mundial, a de culturas que poderiam ser utilizadas para produzir biocombustíveis, gerando um ciclo ascendente nos preços das commodities agrícolas e seus insumos.

Já desde a segunda metade de 2008, e ao longo de 2009, constata-se, entretanto, um refluxo do movimento anterior. Este movimento mais recente de queda nos preços não é ainda captado nas estatísticas brasileiras disponíveis. As estatísticas internacionais demonstram que os preços caíram bastante, em julho de 2009, na marca de US\$ 500/t. A tendência futura de preços internacionais, segundo analistas ligados à substância, como os da IFA e do Banco Mundial, é de baixa sempre contínua de preços, com um período de adaptação para a queda de 2009 ao final do primeiro semestre de 2010.

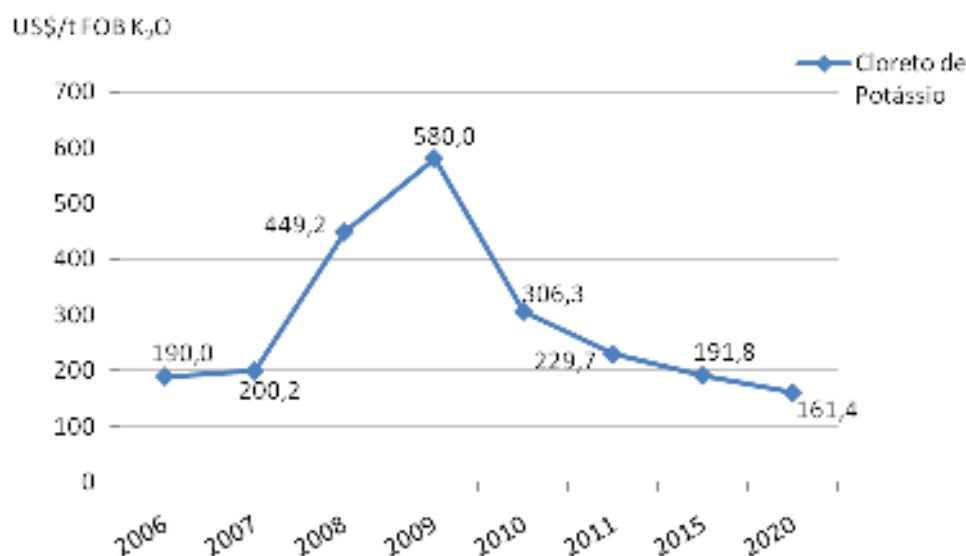
A formação de preços do potássio no mercado internacional, quando a turbulência especulativa assentar, terá forte influência dos preços estabelecidos nos contratos envolvendo os grandes produtores e os grandes consumidores, a saber, China, Índia e Brasil. Dentre estes contratos, muitos são negociados entre corretores e governos, não é o caso do Brasil, que tentam assegurar o suprimento de fertilizantes de seus produtores agrícolas.

ENTRETANTO EXISTEM MUITOS CAPTADORES DE RECURSOS COM MUITOS PROJETOS EM CARTEIRA ANUNCIADOS PELO MUNDO QUE NÃO SAÍRAM DO PAPEL, OU SÓ FOI COLOCADA UMA

PRIMEIRA PEDRA INAUGURAL, E OS CAPITAIS FINANCEIROS JÁ SAÍRAM OU IRÃO SAIR DESTA ÁREA, NÃO PORQUE O POTÁSSIO NÃO ESTEJA SENDO MAIS DEMANDADO PELO MERCADO AGRÍCOLA, ESTA É UMA REALIDADE, MAS POUCO IMPORTANTE, MAS PORQUE NÃO SE LHE ASSEGURA LUCROS FÁCEIS E IMEDIATOS.

A TÍTULO DE ILUSTRAÇÃO, REPRODUZ-SE A SEGUIR GRÁFICO QUE MOSTRA AS ESTIMATIVAS DO BANCO MUNDIAL PARA A EVOLUÇÃO DOS PREÇOS DE POTÁSSIO PARA O PERÍODO 2009 – 2020.

Gráfico 2 – Preços medidos e estimados pelo Banco Mundial de potássio para o período 2006-2020.



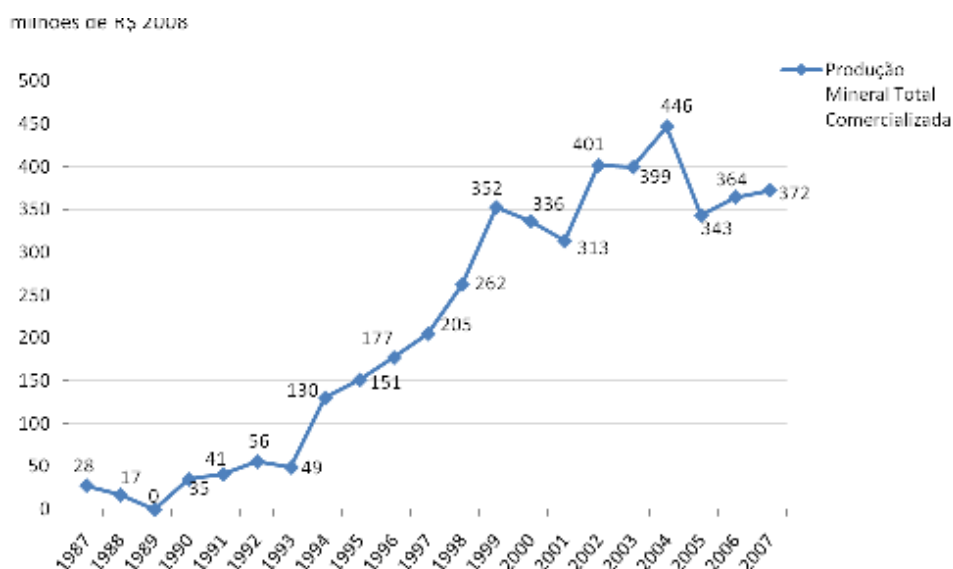
Fonte: BM (2009).

Como pode se observar neste gráfico, os preços projetados pelo Banco Mundial indicam um caminho de estabilidade até 2020, um desenho em letra em L, depois da primeira perna de queda abrupta, um segmento de reta paralelo ao eixo dos X estacionário, com pouca oscilação, retornando um pouco abaixo (20% a menos), os mesmos valores históricos para os preços futuros, entre 2011 e 2020, dos de 2006. Esta projeção no que se refere a ano mais recente, 2009 está sendo verificada na prática, com a queda dos preços, vaticinada pelo Banco Mundial, até um pouco mais rápido, embora a um ritmo mais lento do que as outras *commodities* fertilizantes devido ao forte oligopólio internacional dos produtores do Canadá e da Rússia.

2.3. Valor da produção mineral

A seguir apresenta-se o histórico do valor da produção brasileira de potássio.

Gráfico 3 – Valor da produção brasileira comercializada de potássio (1987-2007).



Fonte: AMB; MME/DNPM, (2009).

Os dados do gráfico 3 demonstram que, após o início de produção comercial da única mina de potássio brasileira em 1986, foi a partir do arrendamento à Vale em 1991, que o valor da produção mineral do potássio passa a crescer continuamente, atingindo, em 2008, o valor de R\$ 342,72 milhões.

2.4. Qualificação empresarial

Não existem atividades informais de extração de potássio, nem nenhuma atividade conhecida de garimpagem. O potássio é produzido no Brasil por uma única empresa, a Vale S/A, antiga Companhia Vale do Rio Doce S/A. É a maior empresa de mineração do Brasil, contribuindo com 63% da produção mineral brasileira – PMB, em 2008, segundo *ranking* da publicação Brasil Mineral (2009). Seu principal negócio é na produção de minerais metálicos, sendo o potássio responsável por somente 3% da receita líquida de venda dos produtos minerais (VALE, 2009).

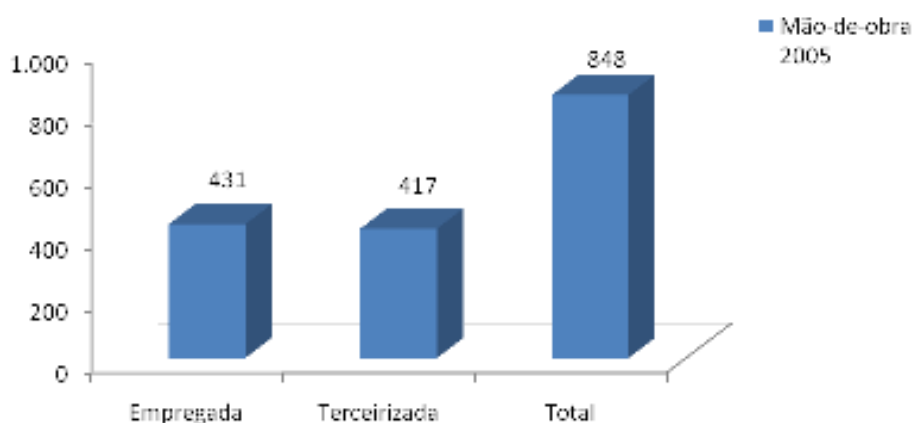
O índice de concentração C do mercado produtor de potássio no Brasil é igual a 100% e o HHI é igual a 10.000, uma só empresa participando com 100%, o índice calculado é o quadrado do *market-share* (SCHMIDT, 2002), tratando-se, portanto, de um monopólio. Para maiores detalhes sobre os índices consultar o Anexo AI.7.3

Como a capacidade de produção desta empresa só é suficiente para abastecer 10% do consumo nacional, a empresa, embora teoricamente única no mercado produtor, pouco lhe serve essa condição para exercer qualquer papel na fixação do preço, está lado a lado com outras empresas, essas sim decisivas, que são as grandes compradoras no exterior e que no Brasil são grandes misturadoras dos produtos finais e que são também verticalizadas para a rocha fosfática. A Vale segue a reboque desse mercado comprador, sendo o preço no Brasil é determinado pelos importadores do produto. Conforme o *market-share* da produção final de misturas, onde o potássio é adicionado nas fórmulas para logo a seguir ser entregue aos agricultores, uma aproximação para o mercado comprador, o grupo Bunge detém 40 %, a Yara/Trevo 13% e a Cargill/Mosaic com 11%.

2.5. Recursos humanos

A produção de potássio utiliza por volta de 850 pessoas no Brasil, sendo quase a metade desses trabalhadores contratados em regime de terceirização, conforme gráfico a seguir, para 2005, último ano disponível do AMB. Não existe mão-de-obra cooperativada.

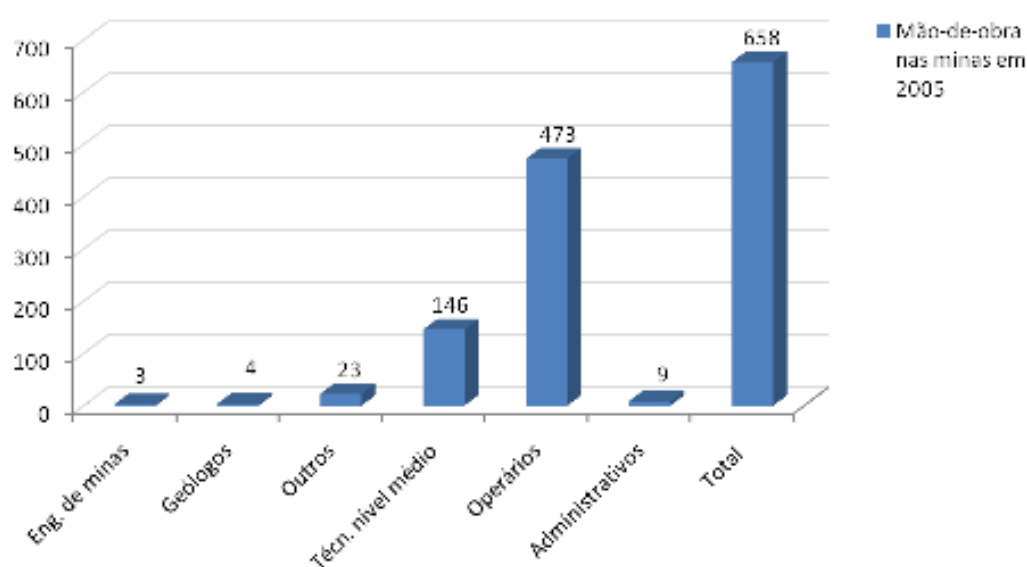
Gráfico 4 – Mão-de-obra utilizada no potássio, por tipo de contrato de trabalho (2005).



Fonte: AMB (2006).

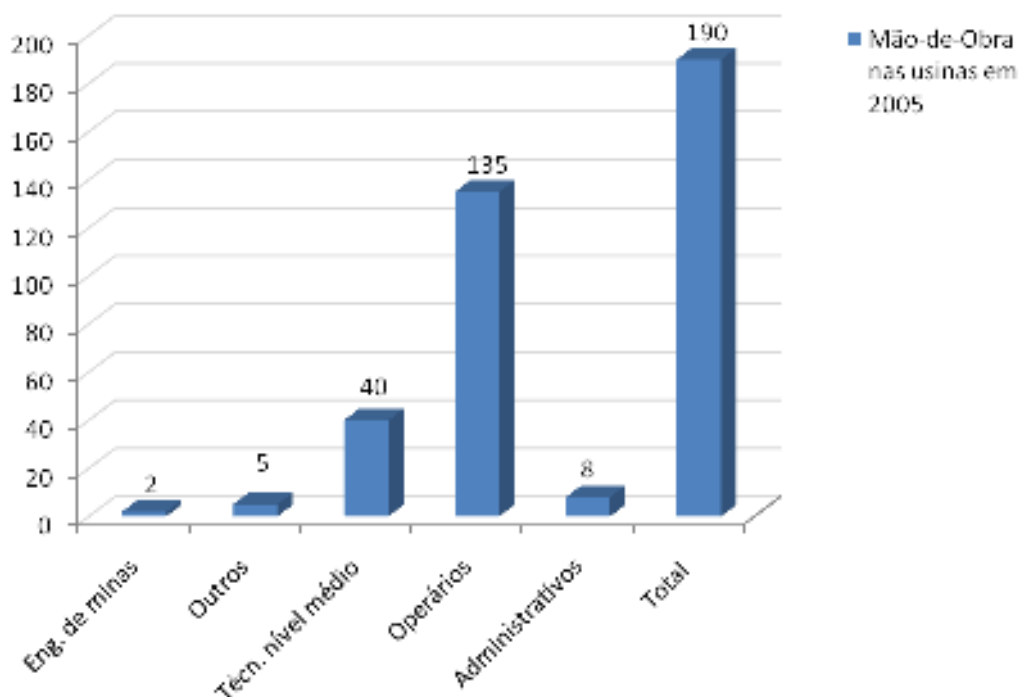
A mão-de-obra segundo as categorias profissionais, é apresentada a seguir.

Gráfico 5 – Mão-de-obra utilizada no potássio, por categoria profissional, nas minas.



Fonte: AMB (2006).

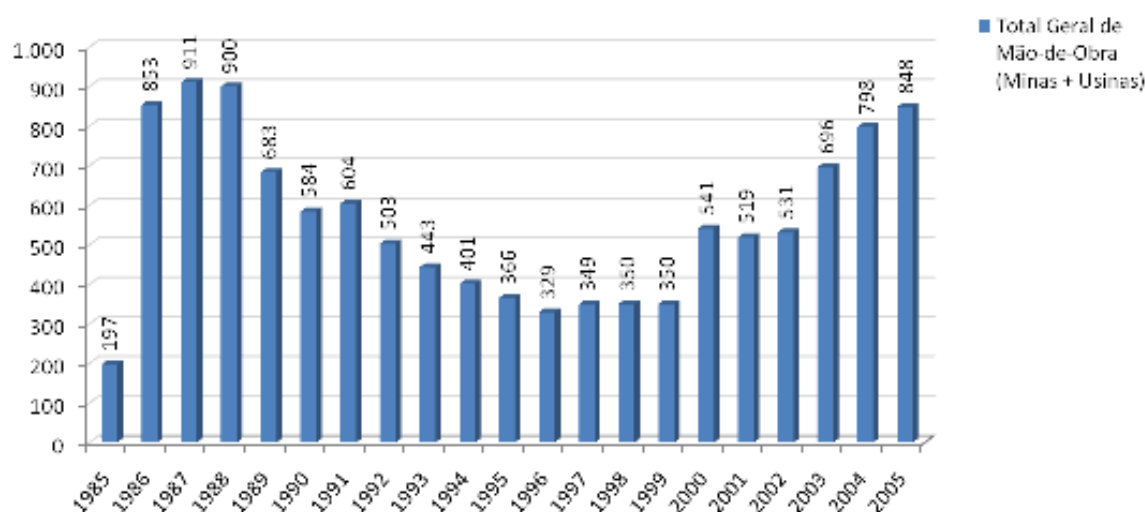
Gráfico 6a – Mão-de-obra utilizada no potássio, por categoria profissional, nas usinas.



Fonte: AMB (2006).

O gráfico abaixo sintetiza esta evolução. O comportamento da curva, mostrando uma diminuição e depois um retorno de crescimento parece indicar ajustes de aumento de produtividade na primeira fase, com, posteriormente, a necessidade de pessoal para o aumento da capacidade de produção, que se concretizou em 2006.

Gráfico 6b – Mão-de-obra total utilizada no potássio (minas + usinas).



Fonte: AMB.

2.6. Parque produtivo: minas e usinas de tratamento do minério

A produção de potássio no Brasil está restrita ao complexo mina/usina Taquari-Vassouras, localizado no município de Rosário do Catete, Sergipe, a aproximadamente 45 km a norte de Aracaju. Esta mina é considerada de grande porte, isto é, apresenta produção bruta (ROM) maior que 1 milhão t/ano e é subterrânea. A profundidade da mina varia entre 430 e 640 metros.

O depósito mineral que deu origem à jazida de Taquari-Vassouras foi descoberto por meio de pesquisas de petróleo realizadas pela Petrobras, em 1963. A Petromisa, subsidiária de mineração da Petrobras, desenvolveu a mina, e a produção começou em 1985.

Entre 1986 e 1991, foram produzidas 3,4 milhões de toneladas de minério com teor de 20,85% de KCl, totalizando aproximadamente 6 milhões de K₂O contido. Em dezembro de 1991, a Vale, por meio de contrato de arrendamento com a Petrobras, assumiu o gerenciamento da mina de potássio.

A capacidade nominal de produção da Unidade Operacional de Taquari-Vassouras é de 850 mil toneladas desde 2006, com a conclusão do projeto de expansão da capacidade, que até então era de 600 mil toneladas anuais. Segundo informações da empresa (CVM/IAN, 2009), as reservas no local são suficientes para garantir a operação até 2019.

2.7. Produtividade [t/homem/ano]

A produtividade calculada a partir dos dados disponíveis do AMB nesta unidade produtiva constata, entre 2001 e 2005, uma média de 948 toneladas / homem / ano, passando por um máximo de 1.153 toneladas / homem / ano, em 2002 para um mínimo de 756 toneladas /homem / ano, em 2005. Para explicitar uma explicação seria necessário um estudo específico nas contas da empresa, com vista técnica ao local, o que extrapola este RT.

2.8. Consumo energético

A cadeia de NPK é responsável por 1,2% do consumo de energia e de equivalente emissão antrópica global de gases do efeito estufa, distribuindo-se em 92,5% para N, 3% para P₂O₅ e 4,5% para K₂O. Quanto aos gases do efeito estufa, calculam-se as emissões globais do setor em 283 milhões de toneladas de CO₂ equivalentes, das quais 134 milhões como gases de chaminé, 75 milhões como CO₂ puro, e 74 milhões como óxido nitroso resultante principalmente da produção de ácido nítrico (Dias e Lajolo, 2009). Em decorrência somente a rocha tem um peso preponderante face ao diminuto percentual relativo tanto do nitrogênio como do potássio. Ao longo das últimas décadas, tem havido sensíveis reduções na energia necessária à produção da cadeia de NPK, principalmente na rota do nitrogênio.

2.9. Geração de resíduos minerais

Trata-se de uma cadeia com grande geração de resíduos sólidos e também de deposição em diferentes fases da sua industrialização.

Segundo a Vale (2008), a operação na mina de Taquari-Vassouras implica na disposição de estéreis e minérios marginais e ainda na remoção de 3 milhões de toneladas de ROM por ano.

O principal rejeito do processo de beneficiamento é o cloreto de sódio (NaCl), que é dissolvido e jogado ao mar por um salmouróduto.

Para o potássio as tecnologias em teste, de reinjeção dos resíduos nos furos, se forem bem sucedidas, podem certamente diminuir em muito as atuais emissões.

2.10. Custo atual de investimento

Segundo dados do CVM/IAN da Vale, referentes ao ano de 2005, o projeto de expansão da capacidade do complexo Taquari-Vassouras, de 600 para 850 mil toneladas anuais, teve um custo total é de US\$ 78 milhões, significando um custo de US\$ 312 / tonelada (*brownfield*).

Lins (2009), sintetizando as informações e discussões ocorridas no âmbito do GT-FERTILIZANTES, promovido pelo governo federal, de abril a setembro de 2008, apresenta dados de dois novos projetos na área de potássio da Vale:

- ✓ O Projeto Carnalita (KCl.MgCl₂.6H₂O), localizado na sub-bacia Taquari-Vassouras, em Sergipe, um novo projeto com capacidade instalada de 1,2 milhões t de KCl prevê a lavra por dissolução a 1.100 m de profundidade. O investimento previsto total é de US\$ 844 milhões e implica em um custo (*brownfield*) de US\$ 703/t.
- ✓ O Projeto Santa Rosa de Lima, que pretende explorar silvinita na sub-bacia Santa Rosa de Lima, também em Sergipe, com *start up* previsto para 2013. O método de lavra deverá ser por dissolução de fluxo direcional, em um investimento de US\$ 500 milhões, com capacidade para 500 mil toneladas de KCl/ano. O custo *brownfield* neste caso é US\$ 1000/t.

Porém, se for considerado ainda o aproveitamento do potássio do Amazonas, as reservas de Nova Olinda, tendo em vista os grandes desafios técnicos e ambientais que ele comporta, o custo de novos investimentos se eleva muito. Estima-se que, para o desenvolvimento de uma mina para

aproveitamento dessas reservas de potássio na Amazônia sejam necessários para dois milhões de t mais de US\$ 2 bilhões em investimentos (ver mais detalhes adiante em item sobre áreas vocacionadas). A logística também é complicada, pois o potássio está depositado em uma região (Nova Olinda), às margens do rio Madeira, a 1,2 mil metros de profundidade, contabilizando toneladas de rejeito.

3. USOS: PRINCIPAIS USOS DO BEM MINERAL

Não existem dados detalhados sobre a distribuição do consumo de potássio no Brasil pelos vários setores. No âmbito internacional, segundo dados da IFA, citados em AMA BRASIL (2008), cerca de 87% da produção mundial é consumida na agricultura, 90% dos quais na forma de cloreto de potássio, 5% na forma de sulfato de potássio e 5% na de sulfato duplo de potássio e magnésio. O restante, por volta de 13%, é consumido na indústria química na fabricação de diversos produtos químicos.

Por outro lado, segundo a ANDA, em 2007 foram importados 4.124.471 toneladas de produtos, entre cloreto de potássio, sulfato de potássio/magnésio, salitre potássico e nitrato de potássio. Deste total, somente 56.658 toneladas de cloreto de potássio (33.994 toneladas de K) foram para outros usos que não o de fertilizantes, equivalendo a 1,4% do total.

Componentes essenciais dos fertilizantes químicos, potássio, fósforo e nitrogênio são os macronutrientes que garantem a produtividade agrícola em todo o mundo. Depois do nitrogênio, o potássio é o nutriente mais exigido pelas plantas. Como fertilizante, o potássio é fundamental na prevenção de doenças nas plantas e no aumento da resistência das culturas. O potássio interage com quase todos os outros nutrientes, mas, ao contrário desses, não forma compostos nas plantas; ele permanece livre para "regular" muitos processos essenciais, incluindo a ativação enzimática, fotossíntese, a eficiência do uso da água, amido e formação da síntese protéica. Quantidades adequadas de potássio são necessárias para melhor rendimento e melhoria da qualidade do grão. A quantidade de potássio fertilizante exigida, porém, depende dos níveis existentes no solo. O nível crítico de potássio no solo é de cerca de 165 ppm. A quantidade de nutrientes em kg/ha a ser utilizada para garantir a produtividade varia muito em termos de cada cultura, tipo e fertilidade do solo, e estação do ano. Sendo assim, para o potássio ela pode variar desde 12 até 300 kg/ha.

4. CONSUMO

4.1. Panorama mundial

Quatro países, China, Estados Unidos, Brasil e Índia têm sido responsáveis pelo consumo de 60% do potássio utilizado como fertilizante no mundo. Além disso, destaca-se a alta taxa de crescimento anual para estes países e para o Brasil em especial.

Segundo dados da ANDA, o mercado de produtos fertilizantes brasileiro em 2008 foi de 22,4 milhões de toneladas de produto. O Brasil é o 4º maior consumidor mundial de nutrientes NPK e 3º de potássio, representando cerca de 14% do seu consumo mundial.

A tabela abaixo apresenta a distribuição do consumo de potássio pelas regiões do mundo e seu desempenho nos últimos cinco anos.

Tabela 2 – Consumo aparente de potássio (10^3 K₂O), mundial e para as principais regiões do mundo.

Regiões	2005	2006	2007	% cresc. 5 anos	% partic. 2007
---------	------	------	------	-----------------	----------------

Europa Ocidental	4.164	3 731	3 909	-3,0%	11,7%
Europa Central	799	836	999	4,7%	3,0%
Europa de Leste e Ásia Central	1.909	1 643	1 849	-0,6%	5,5%
América do Norte	6.652	5 011	5 829	0,7%	17,4%
América Latina	4.578	4 871	5 987	8,6%	17,9%
África	325	377	397	2,4%	1,2%
Ásia Central e Oriente Médio	719	1 164	404	-5,6%	1,2%
Sul da Ásia	3.285	2 364	2 621	4,2%	7,8%
Ásia de Leste	9.975	9 137	11 158	8,3%	33,4%
Oceania	387	292	278	-2,5%	0,8%
Total	32.794	29.426	33.431	3,5%	100,0%
UE-27	4.676	4.284	4.571	-2,0%	13,7%

Notas: O consumo aparente é calculado pela produção mais as importações e menos as exportações; % cresc. – percentagem média de crescimento nos últimos cinco anos; % partic. – percentagem de participação no total mundial do último ano. UE-27 é o agregado com dados dos 27 países que atualmente compõem a União Europeia.

Fonte: IFA (2009b).

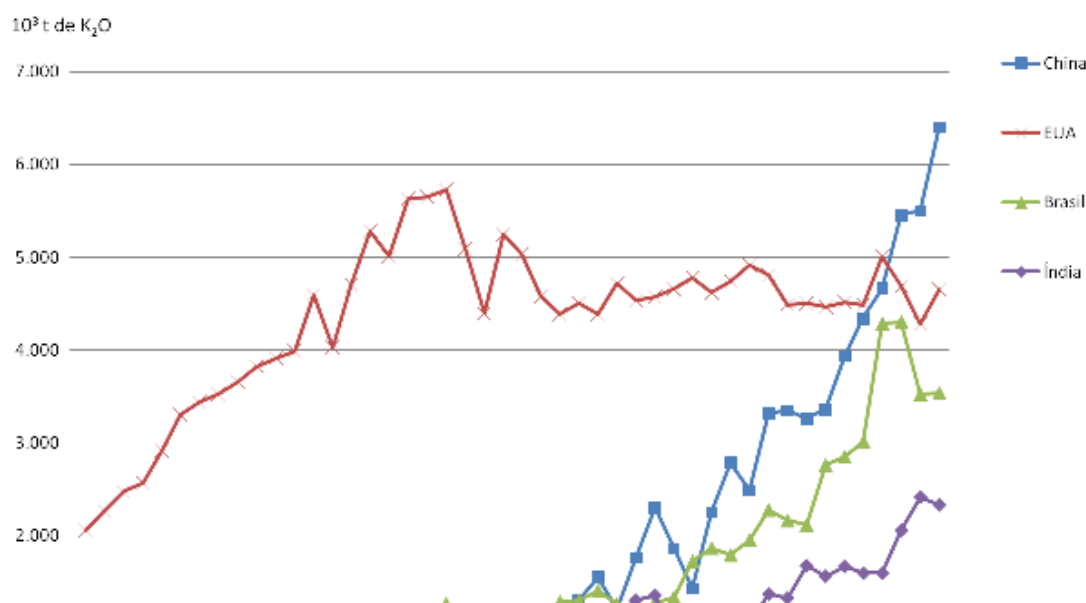
Nos últimos cinco anos, houve um crescimento mundial médio anual de 3,5%, tendo este crescimento sido capitaneado pela Ásia de Leste (China), que responde por 33,4% do consumo mundial, e que teve uma taxa média de crescimento neste período de 8,3%. Nos Países Desenvolvidos, localizados nas regiões da América do Norte e Europa Ocidental, houve, respectivamente, crescimento inexpressivo e desaceleração do consumo de fertilizantes. A América do Norte, com 17,4% do consumo mundial em 2007, teve um crescimento médio anual de 0,7% e a UE, a 27 países, que representa 13,7% do consumo mundial, teve queda média de 2% ao ano neste período.

Já a América Latina teve crescimento positivo, média de 8,6% ao ano, para os últimos cinco anos.

Segundo avaliação de analistas do setor, prevê-se que a demanda por potássio tenha perspectivas de forte crescimento no médio prazo, estando cada vez mais concentrada em países que reúnem condições favoráveis à produção agrícola, como é o caso do Brasil, China e Índia.

O gráfico abaixo mostra a evolução do consumo de potássio pelos quatro países principais, de 1961 e 2006.

Gráfico 7 – Consumo mundial de potássio, em milhões de toneladas de K₂O – principais países (1961-2006).



Fonte: IFA (2009b).

Neste gráfico ressaltam tanto a relativa estabilidade dos níveis de consumo do potássio nos Estados Unidos, quanto o pujante crescimento do consumo brasileiro e chinês. No primeiro caso, tem-se a saturação do mercado de fertilizantes americano, que só consome para manter seus níveis de adubação produção agrícola. Para o Brasil, pelo contrário, o crescimento do consumo de fertilizantes se dá tanto pela intensidade de uso nas culturas quanto pelo aumento das áreas cultivadas.

4.2. Evolução do consumo interno

O consumo de fertilizantes no Brasil cresce muito mais do que a produção agrícola. Entre 1987 e 2007, um período de 20 anos, a produção agrícola cresceu 59%, enquanto o consumo de adubos 143%, para um aumento da área colhida de apenas 13% (LAPIDO-LOUREIRO, 2008).

Mas os agrominerais (fosfato, enxofre e potássio) são exemplos de minérios insuficientes brasileiros, tendo elevada dependência do subsolo estrangeiro. Segundo Rodrigues (2009), minérios insuficientes são aqueles que têm uma condição de vulnerabilidade interna da demanda, com disponibilidade primária de recursos minerais que atende a um horizonte de menos de 25 anos, e o consumo interno é extremamente dependente das importações.

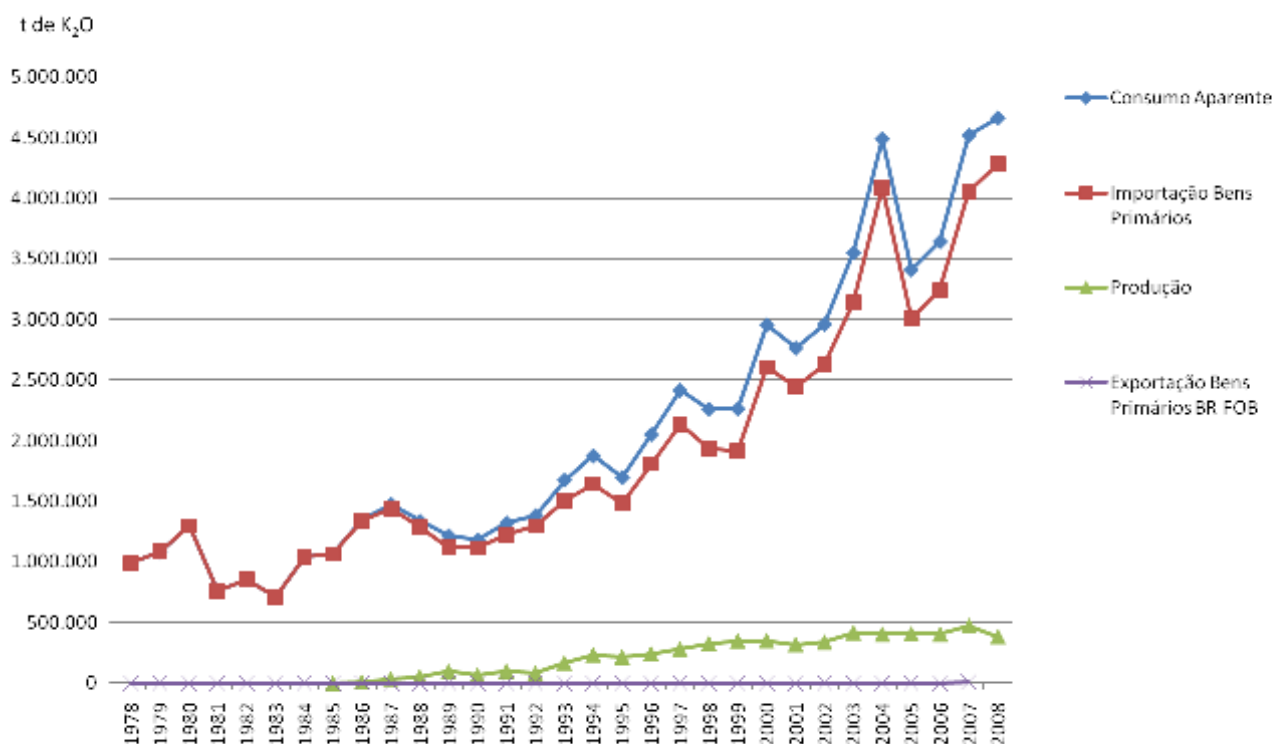
Conforme também salientado em outros perfis sobre os fertilizantes – enxofre, fosfato e cadeia do NPK -, há elevados gastos com as importações dos mesmos.

Em bilhões de dólares, as importações de matérias-primas e produtos intermediários NPK (fosfato, potássio e enxofre) atingiram, em 2008, US\$ 11,3 bilhões, quando em 2007 eram de US\$ 5,1 bilhão, cifra astronômica (ANDA, 2009).

Este crescimento das importações se deve à alta dos preços internacionais de todas as suas principais *commodities* e ainda, embora em menor grau, da recente focalização na produção de biocombustíveis, demandando estes novos fatores mais e mais fertilizantes, existindo um descompasso crescente entre a realidade agrícola brasileira e a necessária retaguarda para sua sustentação.

Uma série longa para o potássio – de 1978 a 2008 – envolvendo consumo aparente, produção, importação e exportação, encontra-se no gráfico seguinte.

Gráfico 8 – Consumo aparente, importação, produção e exportação de potássio (t de K₂O).



Fonte: SMB; MME/DNPM (2009).

O consumo aparente de potássio no Brasil, em 2008, ano da crise mundial, foi de 4,7 milhões de toneladas de K₂O, apenas um pequeno aumento físico da quantidade de 3% em relação a 2007, sendo de 4,3 milhões de toneladas o saldo entre importações e exportações de K₂O do ano. Revela assim uma insuficiência de mais de 90% da produção interna para atender ao consumo brasileiro.

Do gráfico destaca-se uma série de perfil fortemente ascendente, mas com uma enorme oscilação entre 2004 e 2008, que não é semelhante ao movimento de preços atrás descrito.

Trata-se de outro acontecimento notável no mercado dos fertilizantes, o movimento especulativo com os estoques, através de compras realizadas pela importação brasileira. Observe-se que em geral cada segmento do NPK, seja rocha fosfática, seja enxofre, seja o próprio potássio ou o elo final da cadeia de fertilizantes de NPK, tem uma estrutura produtiva específica de funcionamento, mas sempre em concorrência imperfeita, no caso do potássio a estrutura de produção é de uma única empresa, um monopólio, a Vale, mas com diminuto valor, pois apenas produz menos de 10% do mercado, logo está à margem de influência na definição de preços. Por isso o monopólio não é nada relevante para explicar o funcionamento deste mercado, sendo sim muito relevante o dado de que o único produtor tem pífio percentual na oferta total, sendo o mercado do potássio do lado da oferta comandado por quem faz as importações, e ainda quem as incorpora produtivamente em produtos mistos com outros elementos fertilizantes, estando preferencialmente verticalizado para tal. Ainda ajuda o poder de mercado se se puder dispor de estoques armazenados no país e oriundos das compras da importação brasileira.

Um fenômeno que sempre ocorreu nesta indústria, a série muito irregular das importações o demonstra, mas que certamente ocorreu em grande escala em 2007 e em 2008, foi a corrida à balança comercial do Brasil, em todas as vertentes possíveis que se saldou na grande drenagem de dólares de mais de uma dezena de bilhões e nos ganhos em reais da transferência da renda dos agricultores, a desfavor destes e a favor dos acionistas, que são preponderantemente internacionais.

No caso em questão, as importações de potássio, compraram-se quantidades muito superiores às necessidades reais da demanda agrícola, com a finalidade de constituição de estoques especulativos,

ganhar um elevado lucro comprando hoje potássio, porque o preço não parava de aumentar, para o vender meses mais adiante aos agricultores embutidos na forma de produtos fertilizantes, a preços evidentemente internacionalizados do dia da venda. Inclusive como se sabe o mercado é sazonal, funciona muito no segundo semestre (dois terços das vendas), tal facilita as especulações.

Portanto o consumo aparente conforme é calculado está muito longe de corresponder ao consumo real (ou à demanda dos agricultores). Calcula-se que no final do ano passado atingia 6 a 7 milhões de toneladas o volume dos estoques especulativos em poder da indústria. Embora venham sendo desovados no decorrer de 2009, existem alguns milhões de toneladas ainda estocadas nos dias de hoje, que travam o andamento do mercado, e por isso se anuncia na imprensa crise da indústria, quando na realidade é apenas a especulação que ainda está a desovar e não a importar.

Analisando as importações totais por países, encontramos como principais origens das importações brasileiras (dados disponíveis para 2007, do SMB 2008) Canadá (29%), Rússia (19%), Bielorrússia (18%), Alemanha (18%) e Israel (12%). As exportações brasileiras, de dimensões inexpressivas, todas de cloreto de potássio, foram basicamente destinadas a países da América do Sul.

Dados do AMB (2006), último disponível, informam que o consumo do potássio produzido no Brasil teve a seguinte distribuição pelas unidades da federação em 2005: BA (26,6%), GO (21,2%), SE (16,0%), SP (15,1%), MG (11,0%), AL (5,0%), DF (2,0%), PE (1,8%), ES (0,7%), MA (0,2%), RJ (0,1%), sendo 0,3% não informado.

Analisando-se agora os últimos 30 anos, de 1978 a 2008, o consumo aparente de potássio aumentou quase quatro vezes, sendo que, a partir de 2000, e com exceção dos anos de 2005 e 2006, verifica-se uma aceleração das taxas de crescimento, tendência esta que deve manter-se para os próximos anos.

4.3. Consumo interno: fontes alternativas

Fontes alternativas de potássio têm sido estudadas e são de várias naturezas. Nas culturas de cana, por exemplo, com a forte redução das queimadas advinda da mecanização das colheitas — 65% da região centro-sul do país está mecanizada —, avalia-se que 50% do potássio das plantações de cana-de-açúcar poderá ser reposta pela cobertura da palha deixada no campo após o corte da cana. Também, na mesma cultura, a chamada fertirrigação, quando a vinhaça é adicionada à água para ser aplicada no canavial, é uma alternativa para a diminuição dos custos com o uso deste elemento fertilizante.

Nascimento; Lápido-Loureiro; Monte (2008) apontam que, além dos evaporitos, uma fonte alternativa de extração de potássio seriam os feldspatos potássicos, minerais silicáticos muito comuns na natureza e que podem conter até 17% de K_2O . São fontes potenciais de potássio para fertilizantes, quer através da produção de sais de potássio, quer de termofosfatos potássicos.

As reservas de rochas potássicas existentes nos municípios de Caldas e Poços de Caldas são bons exemplos. Nelas, o feldspato compreende quase 75% da rocha, tendo sido cubados nesses municípios 15.156.645 toneladas de minério (reserva medida), com teor médio de 6,6% de K_2O (AMB).

Outros minerais silicáticos formadores de rochas relativamente comuns, como variedades de mica e feldspatóides como a leucita, são também fontes potenciais de potássio.

Destaca-se que a utilização destes materiais tem sido estudada como uma prática diversa da aplicação dos fertilizantes químicos tradicionais. Busca-se definir novos padrões para a incorporação dos elementos nutrientes aos solos empobrecidos, e esta prática é conhecida pela denominação de rochagem. Ela baseia-se na aplicação direta das rochas moídas e tem como vantagem a liberalização lenta dos elementos, o que implica na otimização do uso dos minerais com

poucas perdas por carreamento pela drenagem.

Um exemplo de material que apresenta estudos promissores para ser utilizado em rochagem é o Verdete, rocha sedimentar com grande quantidade de glauconita.

Informações por meio de palestras ou notícias na imprensa têm sido veiculadas com o objetivo de buscar parcerias em projetos de grande porte para exploração econômica desta rocha. O projeto Cerrado Verde da empresa Amazon Mining localiza-se na região dos municípios de Abaeté, Cedro do Abaeté, São Gotardo, Matutina e Tiros e anuncia um potencial estimado de milhões de toneladas de rocha potássica com teor superior a 10% de K₂O (CERRADO VERDE, 2009).

Já a empresa Geopesquisas pretende explorar rochas com as características do verdete, localizadas nos municípios de Quartel Geral e Serra da Saudade, a pouco mais de 100 km de Araxá, também em Minas Gerais. Porta-voz da empresa informa que a área contém reservas de aproximadamente 218 milhões de toneladas, das quais 144 milhões toneladas são medidas, com teor médio de 10,56% de K₂O. O objetivo da empresa é produzir termofosfato de potássio aproveitando a proximidade da área com as reservas de fosfato de Araxá. O projeto encontra-se em fase de testes em escala piloto de um fluxograma para produção de cloreto de potássio, usando o processo de cloração que foi desenvolvido pela empresa.

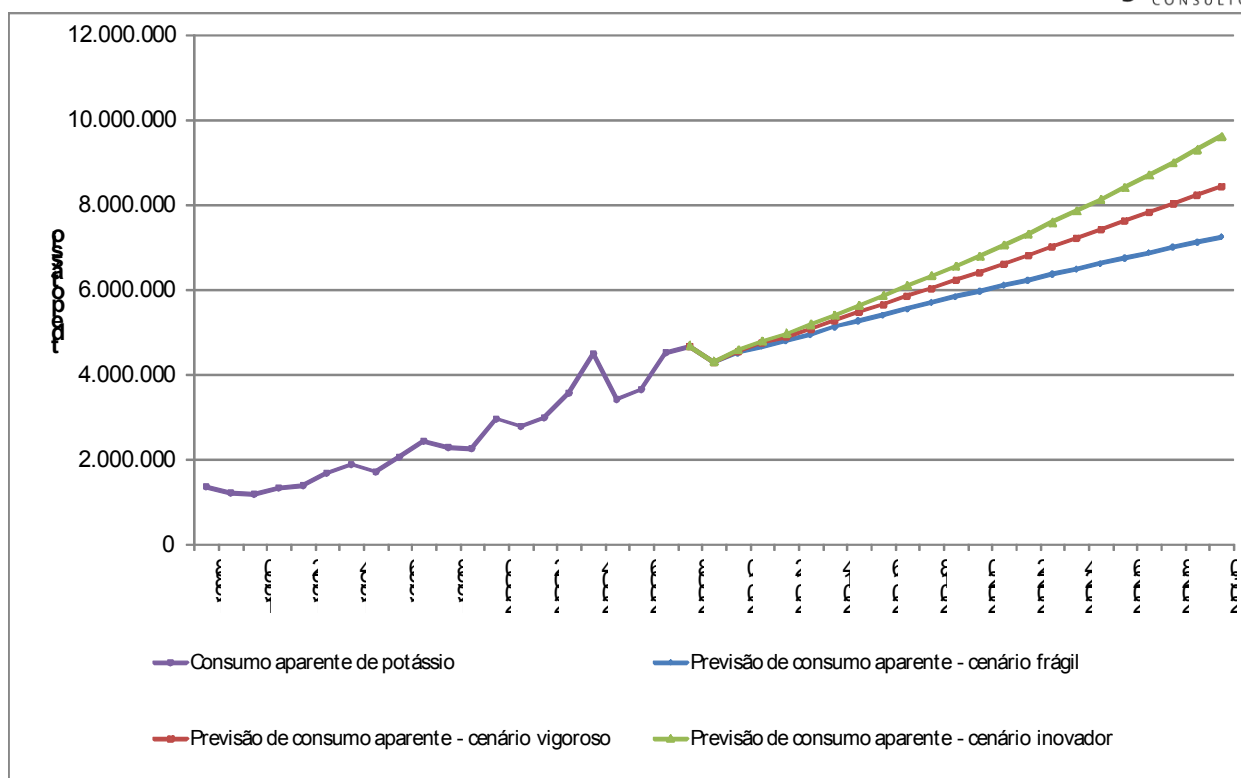
4.4. Projeção de consumo até 2030 (total e *per capita*).

A seguir apresenta-se o consumo aparente projetado, segundo os três cenários para 2030. O gráfico mostra as quantidades adicionais requeridas de potássio para atender a estas necessidades, segundo cada um dos três cenários.

A Projeção de consumo até 2030 (tanto a total quanto a *per capita*) considera três macro-cenários de evolução da economia (Cenário Frágil – 1 com crescimento do PIB de 2,3% a.a.; Cenário Vigoroso - 2, com crescimento de 4,6% anual do PIB e Cenário Inovador – 3, com crescimento de 6,9% a.a.), além do padrão de consumo *per capita* médio de nações já industrializadas (no caso os Estados Unidos da América), como uma *proxy* do ponto de saturação do consumo *per capita* brasileiro. Destaca ainda a Projeção de 2010-2030 os períodos quadrienais coincidentes com os PPA's do governo federal; possibilidades, a longo prazo, de substituição por outros minerais/materiais (para maior detalhe sobre a metodologia utilizada para todos os RT's do Plano, consultar o ANEXO I. (J. MENDO/RT 01, 2009 e MME/PDGMT, 2010/2030, 2009).

Os resultados obtidos mostram que o consumo mais que duplica no Cenário 3 -Vigoroso, cresce 90% no Cenário Inovador 2 - e cresce 70% no Cenário Frágil - 1. Os dados da sua evolução encontram-se a seguir, tanto em gráfico como numa tabela sintética.

Gráfico 9 – Consumo aparente de potássio, Projeções 2010-2030.



Fonte: Elaboração própria./ SMB; MME/DNPM (2009).

Tabela 3 – Projeções do consumo aparente de potássio 2010 – 2030 em t de K₂O.

Consumo aparente (t)		2008	4.663.000 t de K ₂ O	
Cenários		Frágil	Vigoroso	Inovador
Crescimento do PIB		2,3 % a.a.	4,6% a.a.	6,9% a.a.
Consumo aparente (projetado)	2010	4.508.565	4.539.240	4.564.371
Consumo aparente (projetado)	2030	7.246.627	8.427.537	9.602.097
Períodos quadrienais dos PPA's	ano final			
2008-2011	2011	4.532.344	4.555.200	4.573.848
2012-2015	2015	5.029.750	5.167.783	5.280.192
2016-2019	2019	5.614.835	5.926.667	6.195.462
2020-2023	2023	6.161.266	6.699.708	7.170.716
2024-2027	2027	6.675.977	7.503.939	8.259.775
2028-2031	2031	7.120.682	8.219.956	9.290.044

Fonte: Elaboração própria./ SMB; MME/DNPM (2009).

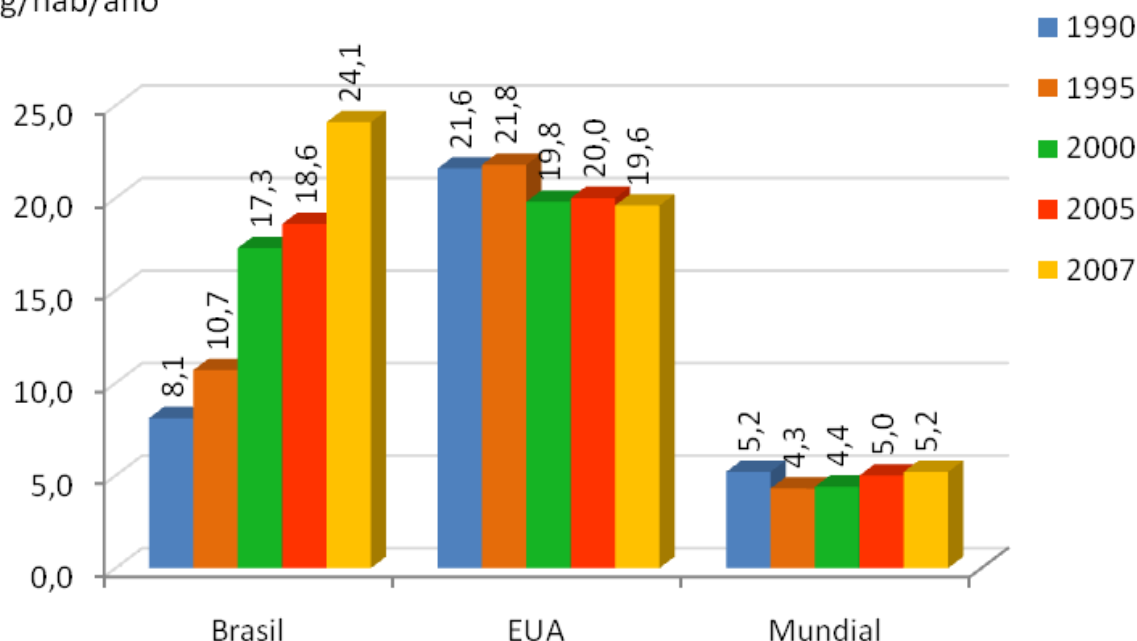
A tabela numérica mostra que serão necessárias entre 3 a 5 milhões de toneladas de K₂O, quantidades adicionais para atender apenas ao crescimento do consumo aparente, quantidades muito significativas, e que efetivamente não se espera que sejam abastecidas de imediato, pela produção interna, que é insignificante, sendo portanto necessário o recurso a importações crescentes. Se colocássemos como meta a auto-suficiência até 2030, teríamos uma necessidade suplementar produtiva com novos projetos e/ou ampliação dos existentes de 7 a 9 milhões de toneladas/ano.

Como veremos em item seguinte, há boas expectativas de vultosos novos investimentos em Sergipe e Amazonas que poderão mudar o panorama atual de grande insuficiência no médio e longo prazos, através de adição de capacidade produtiva significativa.

Não há ainda nenhuma perspectiva de dificuldades de abastecimento no mercado externo sempre bom acolhedor das vultosas importações brasileiras.

A seguir, a evolução do consumo *per capita* de potássio no Brasil, nos Estados Unidos e no mundo de 1990 a 2007, é apresentada no gráfico seguinte.

Gráfico 10 – Consumo *per capita* de potássio no Brasil, EUA e Mundial.
kg/hab/ano



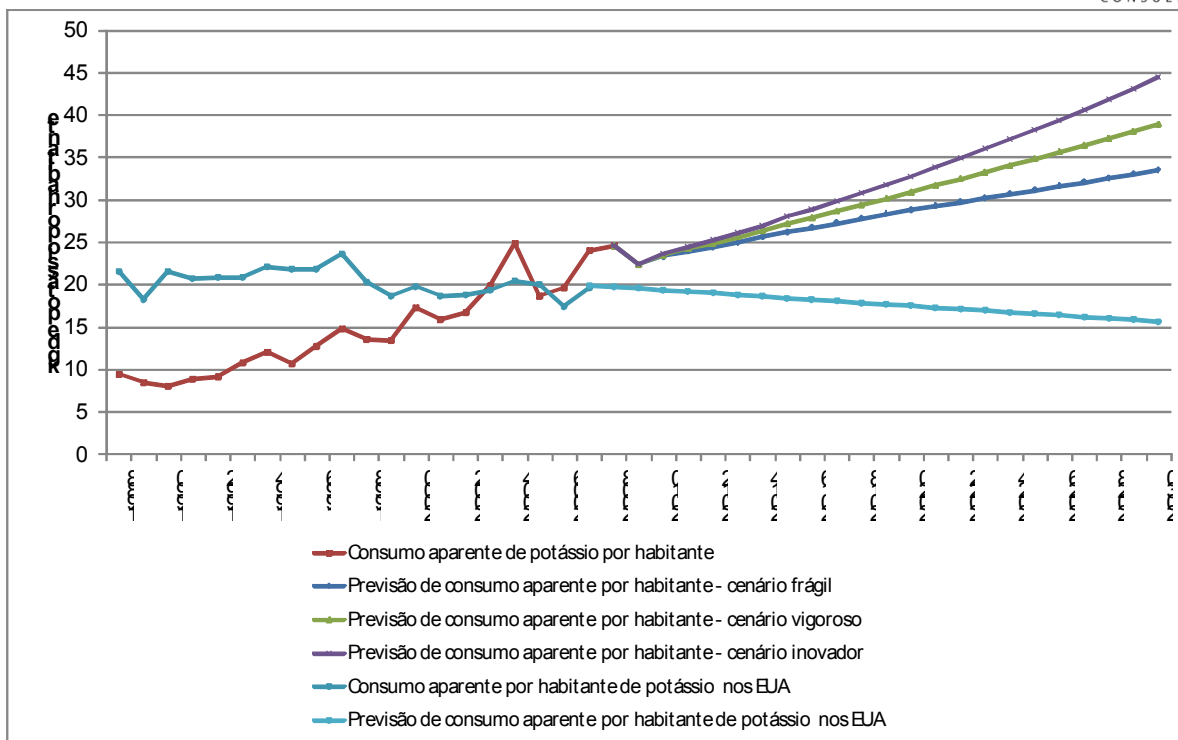
Fonte: SMB - consumo aparente (BR); IBGE - população (BR); USGS – consumo aparente (EUA); U.S. Census Bureau - população (EUA).

O gráfico acima mostra que o consumo *per capita* brasileiro em 2007 foi de 24,1 kg / hab / ano, apresentando, no período de 1990 a 2007, um aumento de 198%, já tendo no último ano ultrapassado os valores dos Estados Unidos.

As razões que explicam a disparidade no comportamento deste índice é que, no Brasil, as proporções de potássio e fósforo necessárias à fertilização dos solos são bem superiores, e isto se dá tanto pelas características dos seus solos, empobrecidos pelo clima tropical úmido de grande parte de suas terras cultivadas, quanto do tipo de culturas principais, como soja, cana de açúcar e café. Segundo Lápido-Loureiro e Nascimento (2004), a proporção média de consumo N: P₂O₅: K₂O, em 2004, foi de [1: 1,5: 1,7], enquanto que a média mundial é de [1: 0,4: 0,3] e para outros países grandes produtores de alimentos como França, EUA e China, essa relação é, respectivamente, [1: 0,4: 0,6], [1: 0,4: 0,4] e [1: 0,4: 0,1]. O consumo per capita brasileiro é cinco vezes maior do que o consumo médio mundial, que, em 2007, foi de 5,2 kg / hab / ano.

A seguir têm-se as projeções para 2030 do consumo aparente por habitante do Brasil, sendo de observar que o mesmo já ultrapassou em 2005 a *proxy* da projeção de consumo norte-americano, em qualquer cenário.

Gráfico 11 – Consumo aparente de potássio por habitante, Projeções 2010-2030.



Fonte: Elaboração própria./ SMB; MME/DNPM (2009); IBGE (2009); U.S. Census Bureau (2008).

5. PRODUÇÃO MINERAL

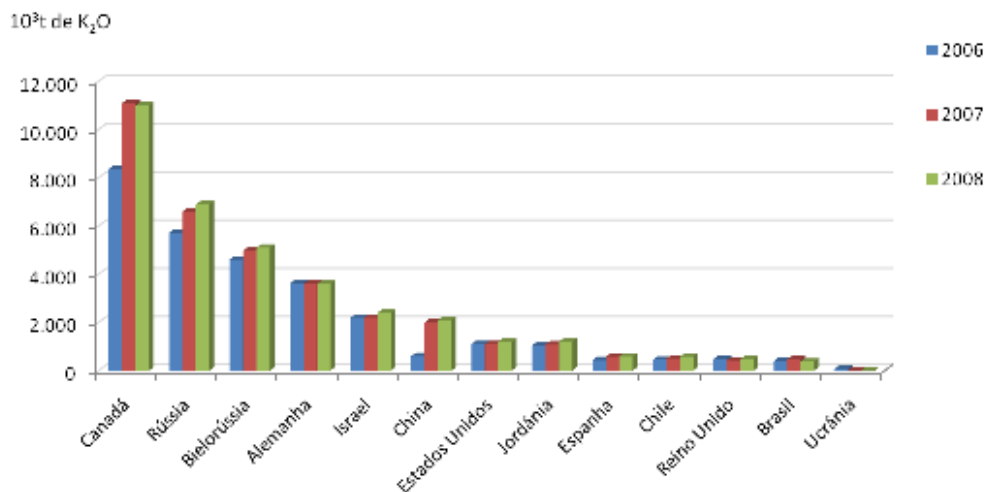
5.1. Panorama mundial

O potássio é o mais raro dos três nutrientes em termos de abundância de jazidas de matérias-primas minerais, com sua produção ocorrendo somente em 12 países.

Cerca de 36 milhões de toneladas de K_2O foram produzidas no mundo em 2008, com um aumento de 4% em relação ao ano anterior, e com uma taxa de crescimento significativa apenas para os três maiores produtores, Canadá, Rússia e Bielorrússia. Importante notar que os dois principais produtores, Canadá e Rússia, detêm 50% da produção mundial e os quatro maiores, 74%. O Brasil tem uma produção muito pequena, representando 1,1% do total mundial.

O gráfico a seguir apresenta a produção mundial de potássio, destacando-se os principais países.

Gráfico 12 – Produção dos países produtores de potássio (10^3 t de K_2O).



Fonte: USGS (2009a), para o Brasil SMB e MME-DNPM (2009).

Apenas quatro países dominam hoje as jazidas de potássio no mundo. Apenas cinco empresas são responsáveis por 65% da produção mundial. E três empresas dominam o mercado mundial de potássio.

Trata-se de um mercado produtor cartelizado, que contrabalança quedas de preços com cortes de produção e vendas, jogando com estoques. Assim como ocorre nos mercados da rocha fosfática e da cadeia do NPK, existem produtores que são verticalizados, em um movimento relativamente recente de associação, através de fusões e aquisições, de empresas mineradoras produtoras e de importantes empresas da cadeia de agronegócios, sejam como fornecedoras de insumos e tecnologia, sejam *traders*.

Esta associação provê sinergias de pelo menos duas naturezas. Na relação com o produtor agrícola / consumidor de fertilizantes, aproveita os canais já estabelecidos por meio de relações comerciais de fornecimento de insumos ou de produtos intermediários nas vendas e nos ganhos advindos do frete, normalmente de sentido oposto, dos navios que levam os grãos para os países do norte e trazem o potássio e, parte do enxofre e rocha fosfática importados.

As condições do mercado nos últimos anos e as perspectivas de forte atração de capital financeiro especulativo que descobriu a atratividade das *commodities minerais*, de se apostar especulativamente na demanda de médio prazo e assim ganhar altos proventos, têm estimulado muitos produtores a investir em prospecção e programas de desenvolvimento de novos empreendimentos. Há mais de 65 projetos relacionados a potássio em mais de 20 países. Somente alguns se concretizarão nos próximos cinco anos.

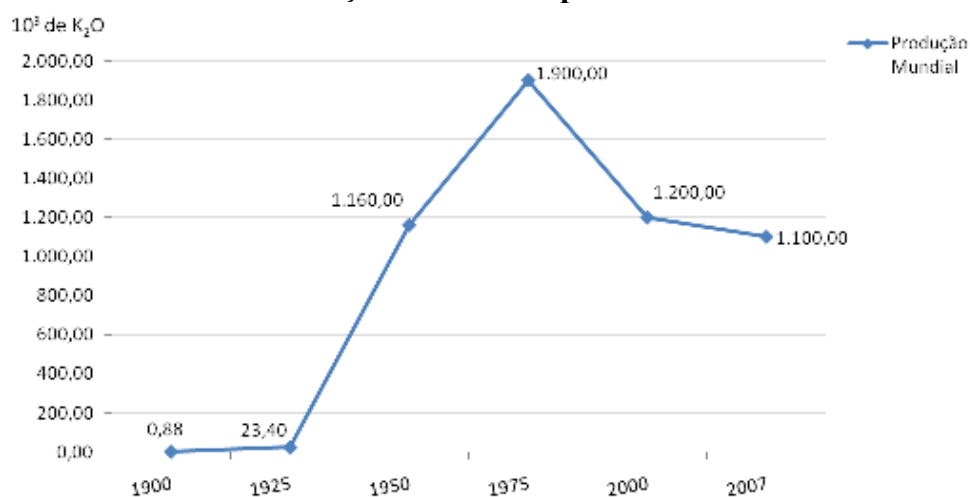
Segundo a IFA (2009a), seria possível um aumento da capacidade global de potássio de 40,4 milhões de toneladas de K₂O em 2008 para 54,7 milhões de toneladas de K₂O em 2013, levando a uma situação de capacidade de produção excedentária se todos os projetos anunciados se instalassem dentro dos prazos anunciados, o que é muito improvável acontecer.

NA ATUALIDADE, OUTUBRO DE 2009, OS INVESTIMENTOS ESPECULATIVOS COLOCADOS NESSES EMPREENDIMENTOS, OU FORAM PASSADOS ADIANTE, OU CONTINUAM DESEJANDO SER PASSADOS ADIANTE, MAS A PROCURA PELOS MESMOS ESTÁ MUITO CAÍDA. VÁRIOS PROJETOS DEVERÃO SER RAPIDAMENTE DESCONTINUADOS, PORQUE ESTÃO NA CONTRAMÃO DO CICLO.

Aproximadamente um terço da capacidade mundial de potássio está no Canadá. Os produtores de potássio canadenses foram, em ordem decrescente de capacidade, Potash Corp. Of Saskatchewan Inc. – PCS, Mosaic e Agrium Inc.

Analisando a produção mundial de potássio, segundo uma série longa publicada pelo USGS, observa-se que houve um crescimento notável entre a década de 40 do século XX, mas a velocidade de crescimento se inverteu em 1975 tendo sempre diminuído a produção nos últimos 30 anos.

Gráfico 13 – Produção mundial de potássio entre 1900 e 2008.

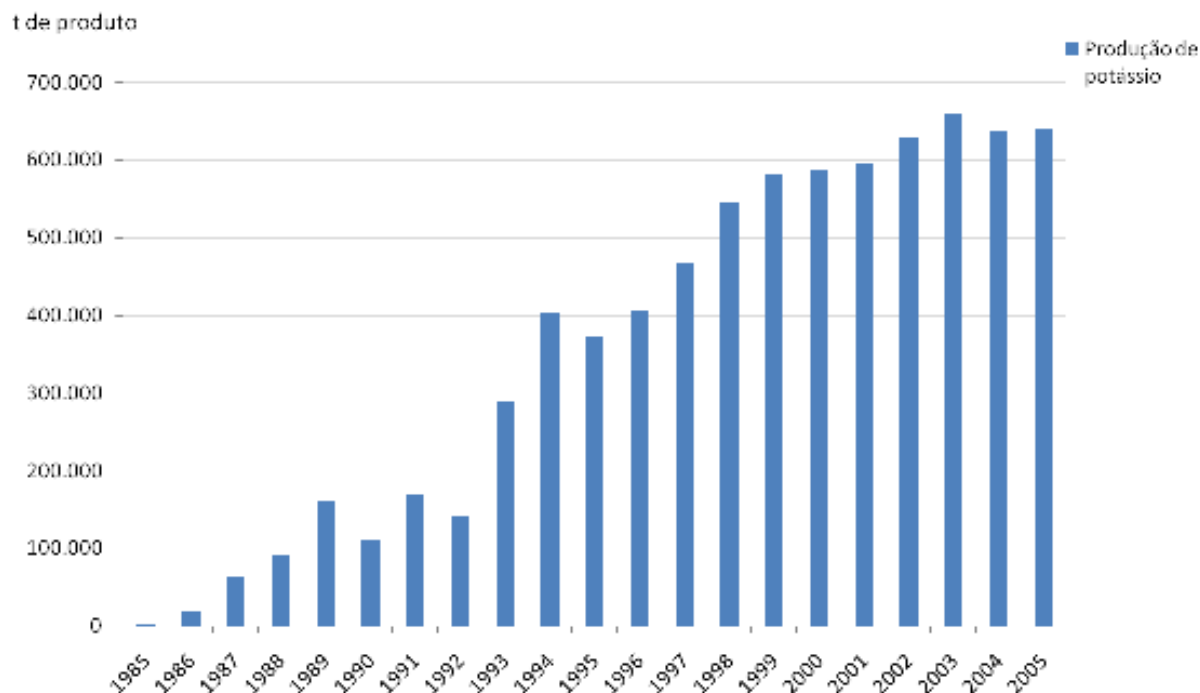


Fonte: USGS (2008c).

5.2. A produção brasileira

A série longa da produção de brasileira de potássio é apresentada no gráfico a seguir.

Gráfico 14 – Produção nacional de potássio (t de produto).



Fonte: AMB.

A produção de potássio no Brasil iniciou somente em 1985, com o país tendo sido abastecido nesse ano integralmente por importações. A mina de Taquari-Vassouras foi implantada em 1979 pela Petrobras Mineração S/A – PETROMISA, subsidiária da PETROBRAS para a área de mineração e beneficiamento, que havia sido criada em 1978 para abrigar ativos minerais descobertos durante a prospecção de petróleo. A produção nestes primeiros anos foi bem abaixo da capacidade instalada, tendo havido, em 1991, quando o governo Collor extinguiu a PETROMISA, o arrendamento da concessão de lavra à Companhia Vale do Rio Doce, hoje Vale, por 25 anos, prorrogável por igual período.

A partir de 1993 a produção cresceu com mais vigor, tendo a empresa realizado investimentos em 1996, para a substituição dos equipamentos de lavra (mineradores do tipo Mariettas) e em 2001, com a aprovação de projeto de expansão, que foi concluído em 2006. Este projeto proporcionou a ampliação da capacidade de produção total para 850 mil t/ano de concentrado potássico. Segundo dados recentes publicados em MAIORES (2009), em 2008 a empresa produziu 607 mil toneladas de produto (KCl).

Em Vale (2008), a empresa informa que problemas técnicos de várias naturezas têm sido responsáveis pelos níveis de produção estarem abaixo do previsto quando da expansão da capacidade instalada. Houve uma alteração dos teores de KCl no ROM que foram devidos a complexidades estruturais localizadas e imprevistas, descontinuidades localizadas do minério, além da dificuldade de aquisição de dados, típica deste tipo de jazida.

5.3. Projeção (cenários) de produção até 2030 para atender à demanda interna

A projeção das necessidades de potássio no país, entre 2010 e 2030, mantida a atual situação de dependência, aponta quantidades substanciais de aumento de consumo e, portanto, de capacidade instalada. Para um consumo atual de 4,6 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, quantidades muito significativas, e que efetivamente não se espera que sejam abastecidas de imediato, pela produção interna, que é insignificante, cerca de 400 mil t/ano, sendo portanto necessário o recurso a importações crescentes. Se ainda colocássemos como meta a auto-suficiência até 2030, passando a ter uma situação no potássio de suficiência, sem nenhum recurso a importação, teríamos então uma necessidade suplementar produtiva com novos projetos de 7 a 9 milhões de toneladas/ano.

5.4 Novos projetos

Os dois novos projetos, os únicos assegurados até a presente data a serem executados pela Vale (outubro de 2009), adicionam 1,7 milhões de t/ano (a mina atual irá subtrair a sua produção em 10 anos porque se extingue) mas estão longe de atender às necessidades do mercado interno. Em 2008 a dependência externa no consumo brasileiro de potássio atingia o recorde de 91% e aos níveis de consumo brasileiro de hoje, representa apenas a diminuição da dependência em quarenta por cento.

Estão assegurados dois novos projetos liderados pela Vale, denominado Projeto Carnalita em Taquari-Vassouras (ampliação da capacidade produtiva de 850 mil t/ano para 1,2 milhão/ano) e o Projeto Santa Rosa de Lima, contíguo ao primeiro, um projeto de raiz com capacidade de produção de 500 mil t/ano. O Projeto Carnalita ($KCl.MgCl_2.6H_2O$), localizado na mesma sub-bacia Taquari-Vassouras, em Sergipe, da mina em atividade, prevê lavra por dissolução a 1.100 m de profundidade, tem investimento total estimado em US\$ 844 milhões, com vida útil de 40 anos, para uma capacidade em operação a partir de 2014, de 1,2 milhões de KCl. O custo estimado por tonelada instalada em novas unidades produtivas em outras localizações (greenfield) é de US\$ 703/t (LINS, 2008). O segundo projeto de potássio, o Projeto Santa Rosa de Lima, que pretende explorar silvinita na sub-bacia Santa Rosa de Lima, também em Sergipe, com início previsto para 2013. O método de lavra deverá ser por dissolução de fluxo direcional, em um investimento de US\$ 500 milhões, com capacidade para 500 mil toneladas de KCl/ano. O custo greenfield neste caso é US\$ 1000/t (LINS, 2008).

Além destes dois aumentos de produção já aprovados, estão a se fazer grandes esforços governamentais para o deslanchar de projetos na Amazônia, principalmente em Nova Olinda do Norte no estado do Amazonas, numa jazida com reservas de 1,0 bilhão de toneladas e teor médio de 18,5% (teores que variam entre 14,31 a 38,69%), localizada nos municípios de Nova Olinda e Itacoatiara a cerca de 140 km a sudeste de Manaus, permitindo a formação de um novo parque industrial no Amazonas, o cloroquímico. Dado o tamanho da jazida, a segunda no mundo em superfície, seria tecnicamente viável, de imediato na primeira fase, uma produção de 2 milhões de t/ano, o triplo da atual produção nacional, a um custo de US\$ 3 bilhões e com um prazo de três anos para a sua implantação. A logística é complicada, porque o potássio está depositado numa região às margens do rio Madeira, a 1,2 mil metros de profundidade, contabilizando milhões de toneladas de rejeito.

As reservas de silvinita foram descobertas na década de 80 pela Petrobras Mineração S/A – PETROMISA e estão localizadas nos Municípios de Nova Olinda do Norte e Itacoatiara, Ocorrem em estratos pouco espessos (2 a 5 metros) e profundidades que variam entre 980 e 1.140 metros. Dado o porte da jazida o projeto de grande porte é pequeno para o tamanho da mesma, dá uma vida útil de 500 anos à reserva. Contudo existe uma questão sócio-ambiental diretamente relacionado com o projeto e dentro da questão ambiental, a tecnologia a ser escolhida carece de um grande debate que ainda não se iniciou. Há quem afirme que a sua exploração não seria problemática em termos de resíduos, que poderiam ser recolocados nos furos, o que não é possível com o petróleo.

Recentemente, a Vale declarou que o setor de fertilizantes é uma das atividades estratégicas da empresa. Mas os seus grandes projetos nesta área não se localizam no Brasil. A empresa tem demonstrado objetivar a produção de potássio e fosfato, em particular para o abastecimento dos mercados emergentes da Ásia e da Argentina. No início de 2009, a Vale comprou da empresa anglo-

australiana Rio Tinto, o projeto de potássio da *Potasio Rio Colorado* (PRC), na Argentina, e o projeto Regina, no Canadá. O da PRC, que fica nas províncias de Mendoza e Neuquén, é o primeiro de potássio da Argentina, encontra-se em fase de estudos de viabilidade e tem reservas para uma vida útil de mais de 50 anos. Já o potássio de Regina, em Saskatchewan, encontra-se em fase inicial de avaliação. O total gasto nestas aquisições foi de US\$ 850 milhões, conforme amplamente divulgado na mídia setorial.

O projeto da PRC, que explorará uma salina, prevê uma capacidade instalada inicial de 2,4 milhões de t/ano de KCL e potencial para expansão até 4,35 milhões de t/ano, abrangendo, além do desenvolvimento da mina, a construção de um ramal ferroviário de 350 km, um porto e uma usina de geração de energia. Esta unidade produtiva fica a cerca de 1000 km de Porto Alegre, na região brasileira que importa praticamente todo o potássio que consome, sendo este abastecimento efetuado de países muito mais distantes. O projeto de Regina, no Canadá, apresenta um potencial para produção anual estimada de 2,8 milhões de t/ano de KCI e já conta com infra-estrutura para suprimento de água, energia e serviços de transporte até Vancouver, cidade na costa do Oceano Pacífico, o que vai facilitar a exportação do produto final para o mercado asiático². Simultaneamente, a Vale está desenvolvendo o projeto de Bayóvar, no Peru, com investimento de US\$ 479 milhões e capacidade de produção de 3,9 milhões de t/ano de concentrado fosfórico. Até o final de junho deste ano, foram investidos US\$ 159,3 milhões na construção de Bayóvar, cuja conclusão está prevista para o final de 2010 e orçamento de investimento de US\$ 479 milhões. Numa segunda fase, Bayóvar poderá atingir produção total de 7,3 milhões de t/ano.

Ainda a MBAC Fertilizers Corporation, também anunciou a compra de depósitos de potássio no Projeto Potássio de Aneba, contíguo a norte aos jazimentos de potássio de Nova Olinda, da Petrobras. As mineralizações estão a profundidades bem menores do que aquelas existentes em depósitos controlados pela Petrobras na região. Está em processo de captação de investidores (BRASILmineral, 2009, Química Industrial OnLine nº413, 2009).

Vários médios projetos, de minerais alternativos de potássio, estão também em gestação e/ou sendo anunciados. Um deles, da empresa Geopesquisas Ltda. (MG) busca o aproveitamento da reserva de verdete, localizada nos municípios de Quartel Geral e Serra do Saudade em MG. As reservas atingem 218 milhões, com teor médio de 10,56% de K₂O). Tem baixíssima relação estéril/minério e inicia-se a 50 m de profundidade. O aproveitamento seria através de termofosfato, antecedido de cloração. Este último processo será testado em escala semi-industrial ainda em 2009. A empresa busca parceria e/ou venda da jazida a um produtor da indústria (BRASILmineral, 2009). Ainda tem-se a Brazil Potash, que possui alvarás de pesquisa no Estado do Amazonas, contíguos aos da Petrobras e anuncia um acelerada pesquisa mineral na área, ao mesmo tempo que busca parceiros para a exploração (Brazil Potash, 2009).

6. RESERVAS MINERAIS

6.1. Panorama mundial

As reservas mundiais de potássio são muito concentradas, com 62,8% ocorrendo em um único país, o Canadá. As reservas oficiais brasileiras são apenas 285 milhões de toneladas, 0,7 % do total mundial, ficando em 9º lugar.

² http://www.bradespar.com.br/documentos/noticias/FATO_VALE_300109.pdf

Tabela 4 – Reservas⁽¹⁾ mundiais de potássio (10³t de K₂O).

Países	2007	% do total
Brasil ⁽²⁾	284.755	0,7
Canadá	11.000.000	62,8
Rússia	2.200.000	12,6
Bielorússia	1.000.000	5,7
Alemanha	850.000	4,8
Jordânia ⁽³⁾	580.000	3,3
Israel ⁽³⁾	580.000	3,3
China	450.000	2,6
Estados Unidos	300.000	1,7
Chile	50.000	0,3
Espanha	35.000	0,2
Reino Unido	30.000	0,2
Ucrânia	30.000	0,2
Outros Países	140.000	0,8
Total Mundial	17.529.755	100,0

Nota: (1) Inclui reservas medidas e indicadas; (2) Referente às reservas oficiais de silvinita; (3) Total das reservas do Mar Morto, que é equitativamente dividido entre Israel e Jordânia.

Fonte: SMB (2008).

6.2. Situação atual das reservas e sua localização no Brasil

A tabela abaixo sintetiza a distribuição espacial das reservas medidas e indicadas de potássio no Brasil, no ano de 2005. Somente duas unidades da federação apresentam até agora reservas substanciais, Amazonas e Sergipe, sendo essas referentes a jazidas de sais de potássio presentes em evaporitos. As reservas de Minas Gerais são de rochas silicáticas alcalinas, e portanto ainda com tecnologia a ser desenvolvida para seu aproveitamento econômico como fertilizantes. Observa-se que neste caso, essas reservas deveriam estar mais apropriadamente classificadas como recursos. Segundo esta tabela, as reservas medidas mais indicadas de potássio, em termos de seu conteúdo de K₂O, eram da ordem de 240 milhões de t, cifra que aparece como 285 milhões de t, com dados de 2007, do SMB.

Tabela 5 – Reservas medidas e indicadas de potássio do Brasil em 2005.

Local	Medida		Indicada	Med +Ind
	Minério	K ₂ O	K ₂ O	K ₂ O
AMAZONAS	939.305.000	175.789.866	13.068.129	188.857.995
Itacoatiara	246.050.000	51.449.055	3.688.524	55.137.579
Nova Olinda do Norte	693.255.000	124.340.811	9.379.605	133.720.416
MINAS GERAIS	15.156.645	1.509.720	994.561	2.504.281
Caldas	6.343.102	678.603	978.320	1.656.923
Poços de Caldas	8.813.543	831.117	16.241	847.358
SERGIPE	497.582.013	48.471.730		48.471.730
Rosário do Catete	497.582.013	48.471.730		48.471.730
TOCANTINS	97.489	5.849	4.221	10.070
Filadélfia	97.489	5.849	4.221	10.070
TOTAL	1.452.141.147	225.777.165	14.066.911	239.844.076

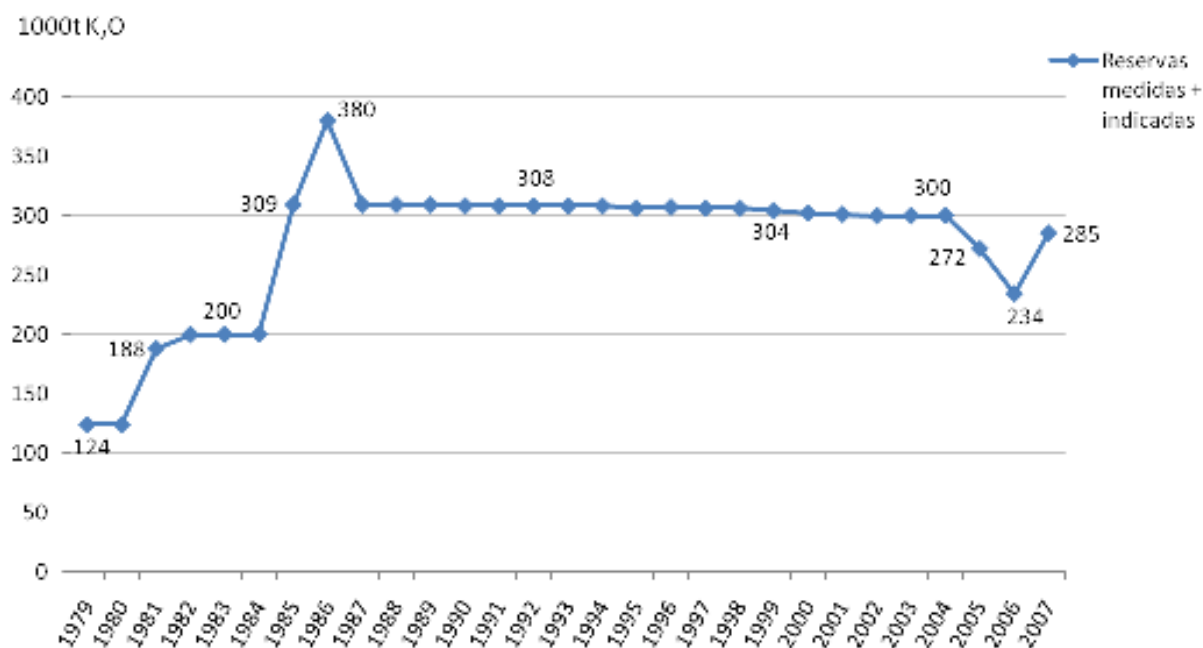
Fonte: Elaboração própria com base nos dados do AMB (2006).

Encontram-se em Nascimento; Monte e Loureiro (2008) informações diversas. Segundo estes autores, o Brasil teria 16 bilhões de toneladas de reservas medidas de potássio K_2O , se consideradas as reservas de silvinita e carnalita. Em Sergipe, as reservas de potássio totalizariam cerca de 500 milhões de toneladas de silvinita e 12,9 bilhões de toneladas de carnalita (medidas + indicadas + inferidas). Seus teores são de aproximadamente 9,7 e 8,3% de K_2O contido, respectivamente. Esses depósitos encontram-se nas sub-bacias evaporíticas de Taquari-Vassouras e Santa Rosa de Lima, municípios de Rosário do Catete, Carmópolis, Santa Rosa de Lima. Destas reservas, apenas 112 milhões de toneladas de silvinita se definiram passíveis de serem explotadas, após a introdução de índices de abatimento geológico e parâmetros de minerabilidade.

Os depósitos da Amazônia foram descobertos em 1955 durante o programa de pesquisa de petróleo pela PETROBRAS, da mesma forma que os de Sergipe. As camadas de salgema estão associadas à seqüência de evaporitos do Paleozóico Superior na região de Nova Olinda. Posteriormente, trabalhos de sondagem efetuados em outras áreas do médio Amazonas, região de Tapajós, de Nhamundá-Trombetas e de Nova Olinda-Maués revelaram outras ocorrências de depósitos. O depósito de Nova Olinda é formado por sedimentos químico-evaporíticos que se localizam na parte superior do Carbonífero da Bacia do Amazonas e contém horizontes de salgema, sais de potássio, gipsita, anidrita e calcário (NASCIMENTO; MONTE; LOUREIRO, 2008)

O gráfico abaixo apresenta a evolução das reservas brasileiras de potássio, segundo dados do SMB.

Gráfico 15 – Evolução das reservas (medidas mais indicadas) de potássio no Brasil.



Fonte: SMB.

Nas últimas duas décadas não houve ampliação das reservas brasileiras de potássio.

6.3. Relação produção/reserva

Há uma produção de apenas 400.000 de t/ano para reservas medidas de 225 milhões, o que dá 500 anos de vida útil, com a atual produção.

6.4. Potencialidades e identificação de áreas vocacionadas

Está para ser iniciado pela CPRM/ Serviço Geológico do Brasil em 2009 o II Projeto Especial Potássio, com o objetivo de aumentar o conhecimento das potencialidades e propiciar a indicação de novas áreas para exploração mineral em território brasileiro. Tem orçamento preliminar da ordem de R\$ 15 milhões.

A Petrobras vem avaliando as condições técnicas para a exploração da mina de potássio de Nova Olinda, na Amazônia, que está sob sua concessão há quase 20 anos. Estes depósitos, apesar de já possuírem concessões de lavra, ainda estão em fase de estudos de viabilidade econômica. Em 2006, a estatal chegou a abrir licitação para ceder os direitos dessa área, localizada a 140 quilômetros de Manaus, porém não foi bem sucedida, pela total ausência de interessados (nacionais e internacionais) Segundo notícia em *site* informativo do setor mineral³, a Falcon Metais⁴, por convite da Petrobras, vem fazendo estudos geológicos e geofísicos em toda a região.

Em 2009 registra-se já um total de 300 requerimentos para pesquisa mineral no mar. O requerimento por parte de duas empresas para pesquisa de sais de potássio na plataforma continental brasileira, que segundo fonte do DNPM apresenta grande possibilidade de sucesso, devido às evidências geológicas já obtidas.

A primeira a MBAC Fertilizers Corporation, iniciou também estudos visando à exploração de áreas em offshore, basicamente em áreas da costa brasileira onde existem depósitos de evaporitos em terra, onde já se extrai potássio. Já a canadense Atacama Minerals Corporation obteve em maio, de 2009 autorização junto ao DNPM para pesquisa de potássio em 1,4 mil km² na Bacia do Recôncavo, em área submarina ao sul de Salvador (Brasil Mineral, 2009).

Se este projeto vingar será a primeira atividade submarina no mundo para esta substância. O local é próximo da ilha de Matarandiba, onde já existe uma mineração de halita por dissolução há vários anos (INDUSTRIAL MINERALS, 2008). Segundo esta fonte, pesquisas de petróleo na área, no início dos anos 70, indicaram a presença de potássio em camadas de silvita e silvinita intercaladas em halita, em sequência de espessura variando de 32 a 27 metros, a 1.100 metros de profundidade. As pesquisas compreendem um programa de prospecção sísmica e gravimetria. Esta empresa opera mina em salina no deserto de Atacama, no Chile, de onde extrai iodetos, e planeja investimentos no mesmo país em nitratos para, juntamente com a produção de potássio do Brasil, fornecer nitratos de potássio e nitrato de sódio-potássio para fertilizantes.

6.5. Quantificação da necessidade de adição de reservas para a produção até 2030

Segundo dados do MME/DNPM, de 2005 a 2007 foram investidos em pesquisa mineral para descoberta de novos depósitos de potássio somente R\$ 5,3 mil, o que mostra que, não havia interesse de empresas em investir na prospecção de potássio no Brasil. Ressalta-se que em 2007 o total aplicado em pesquisas de ouro foi de cerca de R\$ 134 milhões e, que dentro da mesma categoria dos agrominerais, a rocha fosfática teve R\$ 13,8 milhões de investimentos no triênio.

A evolução das reservas medidas mais indicadas e as projeções de 2010 a 2030, segundo os três cenários da evolução do PIB são apresentadas no gráfico a seguir.

Os cálculos mostram que, se a produção nacional se mantiver nos níveis atuais, as reservas cairão no máximo para 255 milhões de toneladas de K₂O em 2030.

7. TECNOLOGIA

As tecnologias em uso no Brasil são em geral compatíveis com as praticadas em outros

³ http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD_CHAVE=64519. Acessado em 14 de agosto de 2009.

⁴ Empresa brasileira em parceria com investidores estrangeiros.

países, tanto nos métodos de lavra quanto de beneficiamento mineral.

O Complexo de Taquari-Vassouras é composto por uma mina subterrânea, com método de lavra de escavação por meio de câmaras e pilares retangulares. O acesso aos painéis de lavra ocorre por meio da escavação de galerias de desenvolvimento. A profundidade da mina subterrânea varia entre 430 e 640 metros.

Para a retirada do minério, são utilizados mineradores contínuos (com rotores) tipo Marietta, carros-transportadores (*shuttle-cars*), tipo Joy, e alimentadores-quebradores (*feeder breakers*). Por sua vez, as galerias de desenvolvimento são escavadas por mineradores contínuos tipo Alpine, conectados a carros-transportadores. Estima-se que a recuperação na lavra desta mina seja de 46%, que é a média que normalmente se obtém em minas com operações similares em todo o mundo.

O minério é transportado das frentes de lavra e desenvolvimento para os silos de transferência por correias transportadoras e içado por elevadores de carga (*skips*), para alimentar diretamente a usina de beneficiamento ou ser estocado no pátio de ROM na superfície.

O beneficiamento da silvinita inicia-se na unidade de britagem do minério, passando a seguir para a unidade de concentração, que é composta por moinhos de barras, classificação em peneiras, deslamagem, flotação e centrifugação, onde o concentrado de KCl é obtido.

Na etapa final é feita a secagem em um secador de leito fluidizado. São dois os produtos da usina, o cloreto de potássio *standard*, com granulometria menor que 1 mm, que representa cerca de 15% da produção total, sendo que, os 85% restantes são enviados para a unidade de compactação, a fim de que seja obtido o cloreto de potássio granular (granulometria entre 1 e 4 mm) (VALE, 2009).

Segundo Nascimento; Monte e Loureiro (2008), a lavra e o processamento dos minerais de potássio seguem tradicionalmente três rotas: a mineração subterrânea convencional seguida do processo de flotação, como a que ocorre no Brasil e em 82% da produção mundial; mineração por dissolução seguida da cristalização fracionada dos sais, presente em 12% da produção mundial, e evaporação solar a partir de salmouras, seguido de flotação ou com algumas variantes como separação eletrostática ou cristalização a frio. Esta última ocorre em apenas cerca de 6% da produção mundial.

Estes autores comentam que, em Taquari-Vassouras, a existência de lençóis aquíferos trouxe dificuldades na abertura dos poços da mina, que tiveram que ser recobertos por concreto especial e um tipo de resina epóxi para a sustentação e impedir o inundamento. Dificuldades adicionais na exploração do minério foram devidas à ocorrência de grisú (gases explosivos) relacionada à proximidade de áreas petrolíferas na região.

Segundo Vale (2008), uma série de medidas têm sido tomadas para otimização das operações na mina de Sergipe. São citadas o aumento do ritmo da metragem de sondagem, a implementação de modelamento 3D nos projetos de painéis de lavra para melhorar a aderência e o aumento do volume lavrado. Além disso, está prevista a aquisição de mais um minerador e investimentos em equipamentos de apoio, na automação dos mineradores e revisão do sistema de gerenciamento da manutenção. Prevê-se também um incremento na recuperação usina, através da implementação da metodologia 6 SIGMA para a recuperação metalúrgica.

8. RECURSOS HUMANOS

Foi realizada uma projeção linear dos recursos humanos necessários nas minas e usinas para ocorrer ao aumento de produção projetada para 2030. Os trabalhadores atuais correspondem a 400 mil t/ano de produção. Estando prevista quadruplicação da produção até 2015. Os resultados são apresentados a seguir.

Tabela 6 – Mão-de-obra nas usinas e minas.

Total de mão-de-obra	Minas	Usinas	Total
Mão-de-obra (atual) 2008	526	163	689
Mão-de-obra (projetado) 2015	2.104	642	2.746

Fonte: AMB.

9. INCENTIVOS

Segundo consta do CVM/IAN da Vale, a produção de potássio nacional já conta com total isenção de imposto de renda sobre níveis de produção definidos até 2013.

10. CONCLUSÕES

Para que exista substancial aumento da oferta interna, com a conseqüente diminuição dos dispêndios com importações, de rocha fosfática, ácido fosfórico e produtos intermediários para fertilizantes, bem como de descoberta de novos depósitos fosfáticos e potássicos, vai-se necessitar de ações e políticas concretas de governo, conjuntamente com o empresariado nacional (RODRIGUES, 2009).

No caso do potássio, que é o mais insuficiente de todas as substâncias agrominerais:

- ✓ Tem o índice mais alto de dependência, cerca de 90%.
- ✓ Tem uma irrelevante estrutura produtiva, completamente inadequada à dimensão das reservas já descobertas, cubadas e provadas da União, já há mais de 10 anos.
- ✓ Realiza faraônicos dispêndios de divisas com as importações que fazem diminuir em mais de uma dezena de bilhões de dólares para o País o seu saldo de divisas.
- ✓ Especula-se abertamente no mercado de compra e venda da matéria-prima, entre outros, através da prática de constituição de estoques completamente desproporcionais às necessidades técnicas e industriais, como forma de maximizar mais ainda a drenagem de rendimentos, em reais, da lavoura obtidos pelos agricultores.
- ✓ Urgente melhorar as relações de boa concorrência porque se melhora o desempenho. Por exemplo, as empresas da indústria de fertilizantes são autorizadas a atuar simultaneamente em duas pontas da atividade agrícola, no fornecimento de adubos (e outros insumos?) e na compra da produção agrícola, sobre o pueril argumento, das sinergias, de que os mesmos navios vão e voltam, quando deveria ser uma prática vedada por lei e pelos órgãos da concorrência.
- ✓ Atuam na realização destas atividades de mercado, como atores centrais, apenas três grandes grupos multinacionais de fertilizantes (Bunge, Mosaic e Cargill) quando se tem quase uma centena de produtores independentes tolhidos. Os três grupos realizam um mercado de oligopólio em seus diferentes segmentos, entre outros, comprovadamente no ramo das empresas controladas do ramo de mistura dos produtos finais de fertilizantes, no segmento de rocha fosfática, no segmento de compras de potássio e ainda na compra de produção

agrícola final.

Mas uma das questões fundamentais, sem solução única, é qual o tratamento institucional, qual a política de governo, em relação ao oligopólio, que como uma forma de concorrência imperfeita cria necessariamente más práticas comerciais que se revertem em ineficiências e lucros anormais, com barreiras e dificuldades à entrada de novos concorrentes nesta indústria e em outras com quem ele se relaciona, inclusive e principalmente na própria agricultura. Muito bem estudado e determinado pela ciência econômica, o oligopólio, como forma da concorrência imperfeita, traduz um poder inusitado no mercado, com inevitável controle unilateral por parte dos seus integrantes, dos preços de venda dos produtos, sinalizados internacionalmente, drenando os rendimentos dos produtores agrícolas em moeda local e as balanças comerciais, em dólares, dos países que assim o permitem.

O ano de 2008 foi um ano de faturamento indo até ao céu, conjuntamente com os lucros, esses foram para o bolso de seus acionistas. Mas não só, ainda se dificulta seriamente o funcionamento da atividade empresarial para os demais vendedores, mais de 80 empresas, como as misturadoras independentes e ainda as pequenas e médias empresas nacionais produtoras, como os grupos Galvani, Heringer e Fertipar, criando sérias barreiras ao abastecimento em produtos da cadeia de NPK, porque os membros do oligopólio estão sempre se expandindo através de verticalização, enxugando os produtos intermediários disponíveis no mercado.

Entretanto, este é o ponto forte para a facilidade de políticas do Estado brasileiro, os membros do oligopólio, três grandes grupos estrangeiros (três após a saída da Anglo American), estão estabelecidos no Brasil, em empresas brasileiras, que se regem apenas pelas leis brasileiras e que têm ainda a grande particularidade, que todos os outros não têm, de serem concessionadas em direitos minerários do subsolo, que é, como bem da União, gerido pelo governo.

Uma atuação pró-ativa do governo de fácil concretização, seria o mesmo se assegurar que os projetos novos e em ampliação de capacidade se realizem, obrigando a assinatura de compromissos escritos dessas empresas com prazos bem definidos. Tem como exemplo emblemático em Goiás, onde este estado está se prejudicando em seu desenvolvimento, dois projetos adiados, duas jazidas em Catalão/GO, em nome da Copebrás (Anglo American) e da Bunge. Quando lá caberiam muito bem três outros novos projetos do porte daquele que estes dois grupos anunciaram e cancelaram.

Competiria ao governo redimensionar as reservas outorgadas, seguindo estritos critérios técnicos de vida útil da jazida (não precisa ser por tempo determinado mas deve estar adequado a um horizonte de tempo médio a ser fixado pelo poder concedente) e aproveitamento econômico, tudo já previsto no Código de Mineração *versus* porte atual do empreendimento. Porque difícil será o DNPM, o MME e o MAPA explicar à sociedade civil e aos agricultores brasileiros que são dadas outorgas de concessões da União para reservas estimadas em mais de 30 anos, sendo que existem na rocha fosfática, dimensões pífias de empreendimentos instalados e em operação nas minas-complexo químico, que fazem com que as reservas existam por mais de 100 anos, como informa a Fosfertil nas recentes edições das revistas Brasil Mineral e Minérios, que atribui a Patos de Minas uma vida útil de 100 anos, Tapira com 65 anos e a Serra do Salitre com mais 100 anos.

Também 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. Identificar e localizar geograficamente, no Brasil, rochas e minerais alternativos como fontes de macronutrientes K, P, Ca, Mg, S e, eventualmente, de outros elementos menores (micronutrientes), para uso na produção agrícola. Há uma grande variedade de rochas susceptíveis de aplicação na remineralização de solos. Precisa-se urgentemente de investimentos adicionais para o Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia, com ênfase na tecnologia mineral e agrônômica, em que o País dispõe de excelentes centros, como o da EMBRAPA e do CETEM.

Entretanto existe um excelente trabalho desenvolvido e concluído pelo governo federal, através da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do MME- Ministério de Minas e Energia, liderou um GT - Grupo de Trabalho de Fertilizantes (SGM; DNPM; CPRM) que após seis meses de atividades (de abril a setembro de 2008) produziu resultados finais. As sugestões de medidas a serem implementadas pelo referido grupo de trabalho são a seguir transcritas, existindo por parte da autora concordância plena com as mesmas:

- ✓ No setor de pesquisa (exploração de minerais fosfato e potássio) diagnosticam-se baixos investimentos nos últimos anos pelas empresas detentoras de títulos minerários, investimentos que são necessários à ampliação de reservas.
- ✓ Necessidade de uma melhor gestão dos recursos minerais, por parte do DNPM, combate à especulação com títulos minerários e maior agilidade na liberação de áreas para pesquisa mineral efetiva, inibindo-se a existência de “latifúndios minerais” improdutivos.
- ✓ Necessidade de aumentar o conhecimento geológico no país sobre áreas potenciais para fosfato de origem ígnea e de origem sedimentar, bem como sobre os fosforitos marinhos da plataforma continental brasileira [CPRM]. Idem sobre áreas potenciais para potássio.
- ✓ Reexame do marco regulatório dos fertilizantes separado dos demais, ou integrando com mudanças gerais anunciadas para o Código:
- ✓ No nosso entendimento um marco regulatório específico abriria mais espaço para a diminuição das barreiras à entrada de novos concorrentes como hoje acontece com o oligopólio, poderia ser uma medida acertada e um laboratório experimental para se sanear o mercado imperfeito. Que incorporasse vários itens da nova legislação do Código proposta e ainda dispositivos do marco regulatório do petróleo e da defesa da concorrência do CADE e da Secretaria da Fazenda. Não permitisse que fossem outorgadas reservas a titulares com um plano de aproveitamento (por exemplo, não dando uma vida útil a reservas superiores a 30 anos). Utilização do conceito de interesse nacional, para que o governo pudesse ter uma análise e decisão, caso a caso, como poder discricionário regulado, quando o porte do patrimônio ou do investimento o justificasse.
- ✓ Melhorar a gestão dos recursos minerais, por parte do DNPM, combater a especulação com títulos minerários e aumentar a agilidade na liberação de áreas para pesquisa mineral.
- ✓ Que pudesse promover, após aprovação de um relatório de pesquisa, imediato leilão das partes remanescentes das reservas provadas em alvará de pesquisa, que seriam desmembradas de seu titular original, se este não apresentar projeto de desenvolvimento compatível com o seu tamanho, ainda podendo ser divididas em lotes, combatendo assim as reservas (os também chamados latifúndios) improdutivas.
- ✓ Aumento dos investimentos em P&D. Investimentos adicionais para o Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia, com ênfase na tecnologia mineral e agrônômica, em que o País dispõe de excelentes centros, como o da EMBRAPA e do CETEM.
- ✓ Aumentar a capacidade de produção interna de fertilizantes, através de apoio a todas as iniciativas nesse sentido, destacando-se que os agricultores poderiam ter um papel positivo. Diagnóstico: O aumento da capacidade interna de produção de fertilizantes é estratégico e este aumento poderia ser construído também fora da esfera de influência do atual oligopólio formado pela Bunge, Yara e Mosaic. O setor Cooperativo organizado num consórcio teria total condição de levar a cabo tal investimento, pois já contaria com um mercado próprio para o fertilizante produzido. Outros setores produtivos regionais organizados em fundações, associações de classe ou congêneres (Aprosoja, Fundação Mato Grosso etc), bem como o setor sucro-alcooleiro também poderiam realizar tal empreendimento.
- ✓ Sugere-se a montagem de duas (02) Fábricas/Misturadoras (fertilizantes compostos NPK), sendo uma localizada no Paraná e outra no Mato Grosso, além de uma fábrica completa desde a extração da Rocha Fosfática, passando pela produção de Ácido Sulfúrico, Ácido Fosfórico, MAP, DAP SPS, SPT (a ser construída na jazida recém descoberta no Mato Grosso desde que se confirme a sua viabilidade, no que diz respeito aos teores de fósforo na rocha e o potencial da capacidade total.)

- ✓ Linha de crédito para importação de matérias primas. Estabelecimento de linha de crédito para financiamento da importação de matérias primas para as novas organizações entrantes nesse complexo (cooperativas e associações de produtores).
- ✓ Investimentos em infra-estrutura portuária e logística. Visando a diminuição dos custos portuários, promover a melhoria de toda a logística interna necessária, além da agilização da descarga de fertilizantes diminuindo os pagamentos de *demourrage*.
- ✓ Impostos de importação e ICMS. Revisão dos mesmos.
- ✓ Rotas alternativas, programa de rotas tecnológicas alternativas: Fontes alternativas de potássio têm sido estudadas e são de várias naturezas. Estes estudos indicam a necessidade de práticas diversas de aplicação de fertilizantes, buscando-se novos padrões para a incorporação dos elementos nutrientes aos solos empobrecidos, como a rochagem. Ela baseia-se na aplicação direta das rochas moídas e tem como vantagem a liberalização lenta dos elementos, o que implica na otimização do uso dos minerais com poucas perdas por carreamento pela drenagem. É importante enfatizar que as fontes alternativas mais estudadas são fontes alternativas de potássio e são de várias naturezas. Estes estudos indicam a necessidade de práticas diversas de aplicação de fertilizantes, buscando-se novos padrões para a incorporação dos elementos nutrientes aos solos empobrecidos, como a rochagem. Ela baseia-se na aplicação direta das rochas moídas e tem como vantagem a liberalização lenta dos elementos, o que implica na otimização do uso dos minerais com poucas perdas por carreamento pela drenagem.

11. RECOMENDAÇÕES

Necessário se faz um monitoramento mais global por parte de órgãos governamentais do setor de fertilizantes como um todo, cuidando para que não haja distorções e especulações excessivas, como a que ocorreu no biênio 2006/2007. Acompanhamento institucional (MME-MAPA-DNPM): Reveste-se de grande importância se criar no âmbito do governo o OBSERFER - Observatório Permanente sobre a Indústria Brasileira de Fertilizantes, perfeitamente atualizado e sintonizado com as flutuações e nuances empresariais.

Necessário se faz a implementação das medidas do GT - Grupo de Trabalho de Fertilizantes (SGM; DNPM; CPRM).

13. AGRADECIMENTOS

Agradeço a atenção e informações gentilmente fornecidas por profissionais atuantes no setor de fertilizantes, com destaque para os senhores Eduardo Daher, da ANDA, Carlos Eduardo Florense, da AMA-BRASIL, e Roberto Busato Belger, da Fosfertil.

Além disso, e especialmente, agradeço a extensiva revisão do texto e grande número de sugestões e contribuições de Francisco Rêgo Chaves Fernandes, tecnologista sênior do CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, economista pela Universidade de Lisboa, mestre e doutor em Engenharia Mineral pela EPUSP, pós-doutor pela Universidade do Porto, atualmente coordenador do Projeto FINEP Agrominerais para Biocombustíveis.

As projeções 2010-2030 foram realizadas por Eduardo Ogasawara, doutorando da COPPE/UFRJ de engenharia de sistemas de computação, especialista em bancos de dados, um dos idealizadores do IPEAdata e consultor do Projeto FINEP Agrominerais.

Entretanto, deve ficar claro que as opiniões, omissões e imprecisões do presente relatório são de inteira responsabilidade da autora.

14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMA BRASIL. Fertilizantes: preços – produção – importação. Federação da Indústria do Estado de Goiás - Federação da Indústria do Estado de Goiás, 2008. Disponível em: <www.fieg.org.br/dados/File/agronegocio/fertilizantes.ppt>. Acesso em 10 jul. 2009.
- AMB. Anuário Mineral Brasileiro. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. Vários números desde o número 1 em 1972 e a última publicação em 2006. Ano-base 2005. Brasília. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>. Acesso em 15 jul. 2009.
- ANDA. Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes. Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA. Vários anos. São Paulo, 2009.
- ANDA. Principais indicadores do setor de fertilizantes. Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/estatisticas.aspx>>. Acesso em 11 jul. 2009.
- AS MAIORES empresas do setor mineral. Brasil Mineral. Ano XXVI. n. 285, jun. 2008
- AS MAIORES empresas do setor mineral. Brasil Mineral. Ano XXVI. n. 285, jun. 2009a.
- AS MAIORES empresas do setor mineral. Brasil Mineral Online, 2009b.
- BM. Commodity Price Data. Development Prospects Group. Banco Mundial – BM, 2009. Disponível em: <<http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTDECPROSPECTS/0,,contentMDK:21148472~menuPK:538204~pagePK:64165401~piPK:64165026~theSitePK:476883,00.html>>. Acesso em 11 jul. 2009.
- BMB. Balanço Mineral Brasileiro. Potássio. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/potassio.pf>>. Acesso em 12 jul. 2009.
- CERRADO VERDE. Verdete: fonte de potássio para a agricultura brasileira. Palestra proferida em fevereiro, 2009.
- CVM/IAN. Informações anuais: Vale S/A. Comissão de Valores Imobiliários – CVM. São Paulo, 2009.
- GUJARATI, D. N.; Porter, D. C.. Basic econometrics. McGraw-Hill. New York, 2008.
- IBGE. Projeção da população do Brasil por sexo e idade para o período 1980-2050. Revisão 2008. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Rio de Janeiro, 2009.
- IFA. Fertilizer outlook 2009-2013. The International Fertilizer Industry Association – IFA. Paris, 2009a. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org/ifa/HomePage/LIBRARY/Publications.html/Fertilizer-Outlook-2009-2013.html>>. Acesso em 24 jul. 2009.
- IFA. World phosphate rock: statistics by country, in 1000 tonnes P₂O₅. Production and International Trade Committee. The International Fertilizer Industry Association – IFA. Paris, 2009b. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org/>>. Acesso em 25 jul. 2009.
- INDUSTRIAL MINERALS. Salvador Potash. IM. edição de dezembro, 2008.
- LAPIDO-LOUREIRO, Francisco E.; NASCIMENTO, Marisa. Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas. Centro de Tecnologia Mineral - CETEM. Série Estudos e Documentos - SED. n. 61. Rio de Janeiro, 2004.
- LAPIDO-LOUREIRO, Francisco E.; MONTE, Marisa Bezerra de Mello; NASCIMENTO, Marisa. Capítulo 7 – agrominerais. In: LUZ, Adão B. & LINS, Fernando A. F. (Eds.). Rochas e minerais industriais. 2ª edição. Centro de Tecnologia Mineral - CETEM. Rio de Janeiro, 2008.
- LINS, Fernando Freitas. Apresentação dos Resultados do GT-Fertilizantes [SGM-DNPM-CPRM]. Trabalho apresentado à 1ª Reunião do Comitê Externo do Projeto: Estudo Prospectivo de Agrominerais na produção de biocombustíveis líquidos. Centro e Tecnologia Mineral – CETEM. Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT. Rio de Janeiro, 2009.
- MME. Elaboração do Plano Duo-Decenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - PDGMT 2010/2030. Perspectiva Mineral. ano I. n. 1, 2009. Disponível em:

- <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/publicacoes/Perspectiva_Mineral/Perspectiva_Mineral_n_1_07-julho-2009.pdf>. Acesso em 1 ago. 2009.
- MME. Estudos para elaboração do Plano Duodecenal (2008 – 2028) de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Ministério de Minas e Energia – MME. 2009a.
- MME/DNPM. Prévia da indústria mineral 2009-2008. Ministério de Minas e Energia – MME. Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM. Brasília, 2009b. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/publicacoes/Previa/Previa_da_Industria_Mineral_2009_2008.pdf>. Acesso em 2 ago. 2009.
- NASCIMENTO, Marisa; MONTE, Marisa Bezerra de Mello; LAPIDO-LOUREIRO, Francisco E. Capítulo 8 – Agrominerais - Potássio, In: LUZ, Adão B. & LINS, Fernando A. F. (Eds.). Rochas e minerais industriais. 2ª edição. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM. Rio de Janeiro, 2008.
- RODRIGUES, Antonio Fernando da S. Agronegócio e mineralnegócio: relações de dependência e sustentabilidade. Informe Mineral. v. 8, p. 28-47. 2º semestre de 2008. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/mostra_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=3116>. Acesso em 4 ago. 2009.
- SCHMIDT, Cristiane Alkmin Junqueira; LIMA, Marcos André. Índices de concentração. Central de documentos. Secretaria de Acompanhamento Econômico - SEAE. Ministério da Fazenda - MF. Brasília, 2002. Disponível em: <http://www.seae.fazenda.gov.br/central_documentos/documento_trabalho/2002-1/doctrab13.pdf>. Acesso em 6 ago. 2009.
- SMB. Sumário Mineral Brasileiro. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. Vários números desde o número 1 em 1970 e a última publicação em 2008. ano-base 2007. Brasília. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=64>>. Acesso em 15 jul. 2009.
- SUSLICK, S. B., Harris, D. P., Allan, L. H. E., SERFIT. An algorithm to forecast mineral trends. Computers & Geosciences. v. 21, n. 5 (Jun.). p. 703-713, 1995.
- SUSLICK, S. B. Previsão do Consumo de Alumínio Primário no Brasil por meio de Modelos de Intensidade de Uso. *Revista Brasileira de Geociências - São Paulo - SP*, v. 21, n. 3, p. 275-284, 1995.
- TERRA. PALHA DA CANA REDUZ EM 50% O USO DE POTÁSSIO, 2009. DISPONÍVEL EM:**
<[HTTP://INVERTIA.TERRA.COM.BR/CARBONO/INTERNA/0,,OI3814721-EI8943.HTML](http://INVERTIA.TERRA.COM.BR/CARBONO/INTERNA/0,,OI3814721-EI8943.HTML)>. ACESSO EM 9 JUN. 2009.
- TSAY, R. S. Analysis of Financial Time Series. 1 ed. Wiley-Interscience, 2001.
- U.S. Census Bureau. US Population Census, 2009. Disponível em: <<http://www.census.gov>>. Acesso em 1 jun. 2009.
- USGS,. Mineral Commodity Summaries. U.S. Geological Survey – USGS. Virgínia, jan. 2009a. Disponível em: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/index.html#ms>. Acesso em 1 ago. 2009.
- USGS. Minerals Yearbook. U.S. Geological Survey - USGS. Virgínia, 2009b. Disponível em: <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/potash/myb1-2007-potas.pdf>>. Acesso em 1 ago. 2009.
- USGS. Mineral Industry Surveys. Séries de preços ROM mina nos EUA e de consumo aparente nos EUA. U.S. Geological Survey - USGS. Virgínia, mar. 2009c. Disponível em: <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mis.html>>. Acesso em 1 ago. 2009.
- USGS. Phosphate rock statistics. Virgínia. Série Longa, produção mundial 1900 a 2007. U.S. Geological Survey – USGS, 2009d. Disponível em: <<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/phosphate.pdf>>. Acesso em 1 jun. 2009.
- VALE. Site, 2009. Disponível em: <<http://www.vale.com/>>. Acesso em 2 ago. 2009.
- VALE. Cloreto de potássio, Trabalho apresentado ao 3º GT: Insumos minerais para indústria brasileira de fertilizantes. MME/SGM – DNPM – CPRM, 2008.

BRASIL MINERAL ONLINE Nº414 DE 18/8/2009. VAI PARA BIBLIOGRAFIA

15. ANEXOS

ANEXO I – Tabelas de referência para os gráficos e metodologias

A. I.1 Tabela – Consumo mundial de potássio dos principais países (10^3 t de K_2O).

Ano	Brasil	China	Índia	EUA
1961	80	10	37,1	2059,8
1962	68,4	10	36,4	2271,1
1963	92	10	50,6	2476,3
1964	69,6	10	70,4	2571,5
1965	99,7	15	77,7	2922,3
1966	93,3	15	115,7	3303,8
1967	136,9	15	205,6	3440,1
1968	184,3	20	177,6	3530,4
1969	200,3	20	131,9	3661,1
1970	306,7	25	199	3826,5
1971	350,8	25	256,3	3915,5
1972	460	26	312,4	3991,7
1973	528,5	151	381	4600,9
1974	521,4	107	317,5	4032,7
1975	511,2	76	227	4705,9
1976	697,9	91	377,8	5285,3
1977	927,1	143,7	482,7	5013,3
1978	989,5	291	560,1	5631,7
1979	1085	387	545,4	5655,3
1980	1266,7	527	617,6	5732,9
1981	766,6	726	670,4	5092,4
1982	876,4	545	621,7	4396,9
1983	726,7	766	626,6	5254
1984	1073	713	846,4	5037,2
1985	1060,2	343,4	854,1	4583,7
1986	1286,9	624	868,1	4387,6
1987	1302,3	1299	878,6	4511,1
1988	1406,3	1547,9	1029,9	4389
1989	1263,7	1201	1171,7	4719,9
1990	1209,6	1761	1308,5	4537
1991	1276,4	2298	1360,6	4573,8
1992	1333,6	1860	883,9	4663,4
1993	1724	1426	937,1	4779,2
1994	1866	2248	1124,8	4627,3
1995	1790,6	2782	1155,8	4741,7
1996	1954,3	2485	1043,1	4921
1997	2277,4	3314	1372,5	4808,6
1998	2163,2	3346	1331,5	4493,8
1999	2114,2	3255	1678,7	4510,2
2000	2759,9	3364	1565,1	4468,9
2001	2851,4	3936	1669,1	4519,2
2002	3014,5	4342	1597,6	4491
2003	4290,6	4663	1596,9	5007,8
2004	4304,1	5456	2060,9	4692,8
2005	3526,3	5500	2413,3	4284
2006	3537,8	6400	2334,8	4656,9

Fonte: IFA (2009b).

A. I.2 Tabela – Consumo aparente, importação, produção e exportação de potássio (t de K₂O).

Ano	Consumo Aparente (t de K ₂ O)	Importação Bens Primários (t de K ₂ O)	Produção (t de K ₂ O)	Exportação Bens Primários BR FOB (t de K ₂ O)
1978	990.796	990.856		60
1979	1.084.004	1.085.017		1.013
1980	1.298.766	1.299.138		372
1981	763.129	763.476		347
1982	854.968	855.265		297
1983	712.518	712.957		439
1984	1.046.595	1.047.093		498
1985	1.066.552	1.066.540	1.500	1.488
1986	1.347.016	1.340.624	10.524	4.132
1987	1.476.968	1.441.673	37.311	2.016
1988	1.338.464	1.287.345	54.121	3.002
1989	1.216.137	1.120.082	96.945	890
1990	1.181.481	1.116.206	65.735	460
1991	1.321.354	1.222.225	100.667	1.538
1992	1.382.841	1.298.091	85.035	285
1993	1.674.689	1.509.325	167.589	2.225
1994	1.876.456	1.643.977	234.265	1.786
1995	1.698.752	1.484.119	215.411	778
1996	2.051.469	1.809.458	242.723	712
1997	2.415.534	2.135.816	280.164	446
1998	2.262.674	1.936.720	326.489	535
1999	2.262.229	1.914.449	348.231	451
2000	2.956.205	2.605.087	351.681	563
2001	2.764.184	2.446.397	318.585	798
2002	2.959.330	2.623.196	337.266	1.132
2003	3.550.685	3.137.251	415.549	2.115
2004	4.490.411	4.090.026	403.080	2.695
2005	3.410.741	3.007.810	404.871	1.940
2006	3.641.624	3.242.082	403.080	3.538
2007	4.520.336	4.057.387	471.333	8.384
2008	4.663.000	4.280.000	383.000	

Fonte: dados de 1978 a 2007, SMB; dados de 2008, MME/DNPM, Prévia da Indústria Mineral (2009).

A. I.3 Tabela – Produção nacional de potássio (t de produto).

Ano	Produção de potássio (t de produto)
1985	2.500
1986	17.542
1987	62.185
1988	90.203
1989	161.575
1990	109.559
1991	167.776
1992	141.724
1993	288.947
1994	403.904
1995	371.398
1996	404.538
1997	466.940
1998	544.148
1999	580.385
2000	586.135
2001	594.935
2002	627.315
2003	657.753
2004	638.017
2005	640.852

Fonte: AMB.

A. I.4. Tabela – Reservas medidas e indicadas de potássio no Brasil.

Ano	Reservas medidas + indicadas (10³ t de K₂O)
1981	124
1982	124
1983	188
1984	200
1985	200
1986	200
1987	309
1988	380
1989	309
1990	309
1991	309
1992	309
1993	308
1994	308
1995	308
1996	308
1997	307
1998	307
1999	306
2000	306
2001	304
2002	302
2003	301
2004	300
2005	272
2006	234
2007	285

Fonte: SMB.

A.I.5. Tabela – Mão-de-obra utilizada em potássio, por categoria profissional nas minas.

Ano	Eng. de minas	Geólogos	Outros	Téc. nível médio	Operários	Administrativos	Total de mão-de-obra nas minas
1985	12	6	21	25	36	42	142
1986	14	5	10	31	312	45	417
1987	12	7	39	48	545	102	753
1988	12	7	34	103	339	158	653
1989	10	7	12	28	331	51	439
1990	6	7	7	25	364	3	412
1991	6	6	6	25	365	10	418
1992	5	6	5	31	282	6	335
1993	4	5	4	57	240	1	311
1994	3	4	4	15	236	2	264
1995	2	5	6	39	188	3	243
1996	2	4	6	31	156	3	202
1997	1	3	5	36	178	1	224
1998	2	3	5	36	178	1	225
1999	2	3	5	36	178	1	225
2000	1	3	9	43	323	6	385
2001	1	4	9	37	323	6	380
2002	2	4	9	37	323	6	381
2003	3	4	12	95	413	6	533
2004	3	4	23	120	473	9	632
2005	3	4	23	146	473	9	658

Fonte: AMB.

A.I.6. Tabela – Mão-de-obra utilizada em potássio, por categoria profissional nas usinas e o total geral (minas + usinas).

Ano	Eng. de minas	Eng. Metalúrgico	Outros	Téc. nível médio	Operários	Administrativos	Total de mão-de-obra nas usinas	Total Geral de mão-de-obra (minas + usinas)
1985	4	1	18	9	5	18	55	197
1986	4	1	25	25	334	47	436	853
1987	3		4	26	121	4	158	911
1988	2		9	63	170	3	247	900
1989	1		7	18	182	36	244	683
1990			12	13	145	2	172	584
1991			14	24	144	4	186	604
1992	1		7	11	112	37	168	503
1993	1		7	11	112	1	132	443
1994	1		3	11	121	1	137	401
1995	1		3	31	84	4	123	366
1996	1		3	35	84	4	127	329
1997	1		1	35	84	4	125	349
1998	1		1	35	84	4	125	350
1999	1		1	35	84	4	125	350
2000	1		2	41	105	7	156	541

2001	2		3	25	103	6	139	519
2002	1		4	24	116	5	150	531
2003	1		4	70	82	6	163	696
2004	1		4	33	121	7	166	798
2005	2		5	40	135	8	190	848

Fonte: AMB.

A. 1.7. - O Plano Duo-Decenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - PDGMT 2010/2030 e a metodologia para as projeções

A. 1.7.1. O Plano Duo-Decenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - PDGMT

Segundo o documento "Elaboração do Plano Duo-Decenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - PDGMT 2010/2030" (MME, 2009), o Brasil tem tido nos últimos 25 anos uma fraca taxa de crescimento econômico, mas atualmente reúne condições para entrar em um novo patamar de crescimento.

Quanto à população, segundo previsão do IBGE, o Brasil alcançará o máximo populacional, aproximadamente 220 milhões de habitantes, por volta de 2040 (apenas 10 anos após o horizonte do PDGMT) com repercussões na elaboração do PDGMT. No Plano Plurianual para o Desenvolvimento do Setor Mineral - PPDSM, de 1994, a previsão da população brasileira para o ano 2010 (no próximo ano!) era de 246 milhões de habitantes, enquanto serão apenas 193 milhões, mais de 20% abaixo do estimado.

Entretanto, ainda o PAC - Plano de Aceleração do Crescimento, apresentado no início do ano de 2007, indica investimentos vultosos em infra-estrutura e habitação, e desencadeou o anúncio de uma série de investimentos privados em exploração mineral, mineração e transformação mineral.

É nesse contexto que surge um planejamento setorial de longo prazo e o presente Plano, Plano Duo-Decenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - PDGMT 2010/2030, que se encontra em elaboração, terá um horizonte de 20 anos, com previsão de revisões quadriennais e detalhamento, coincidentes com os períodos dos Planos Plurianuais-PPAs do governo federal (MME, 2009).

A. 1.7.2. Metodologia para as projeções de consumo e produção de 2010-2030 e modelo Auto-Regressivo de Previsão de Consumo Aparente de Fertilizantes

Segundo o *Relatório Técnico 01: Histórico e perspectivas de evolução macroeconômica setorial da economia brasileira a longo prazo*, que faz parte integrante dos RT's para a elaboração do Plano Duo-Decenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - PDGMT 2010/2030:

"Para o Brasil é admitido um cenário mais provável de retomada do desenvolvimento, fundamentado no progressivo amadurecimento da democracia e do processo político, no aprofundamento da estabilização da economia, e na complementação das reformas institucionais. (...). A projeção da economia brasileira no horizonte 2010 a 2030 encontra-se apresentada segundo três cenários no quadro 19 a seguir:

QUADRO 19

PIB - Produto Interno Bruto	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
	FRÁGIL: Instabilidade e Retrocesso	VIGOROSO: Estabilidade e Reformas	INOVADOR: Estabilidade, Reformas e Inovação
<i>Média no período 2010-2030 (% a.a.)</i>	2,3	4,6	6,9
<i>- Período 2010 a 2015 (% a.a.)</i>	2,8	4,0	5,0
<i>- Período 2015 a 2020 (% a.a.)</i>	2,5	4,5	6,5
<i>- Período 2020 a 2030 (% a.a.)</i>	2,0	5,0	8,0

Fonte: J. MENDO/RT 01, 2009.

Adotada, em qualquer dos três cenários analisados, a mesma previsão de crescimento de população, de acordo com as taxas médias geométricas projetadas para o período 2008 a 2050, pelo IBGE / Departamento de População e Indicadores Sociais, Divisão de Estudos e Análises da Dinâmica Demográfica." (JMENDO/RT 01do PDGMT).

Dentre as técnicas existentes para realizar previsões, talvez a mais utilizada seja a regressão e suas variantes como regressões múltiplas, mas recentemente vêm sendo usados também outras técnicas lineares como auto-regressão e vetores auto-regressivos. Embora a análise de regressão lide com a dependência de uma variável em relação a outras, esta dependência pode ser observada estatisticamente, mas não necessariamente existe uma relação causa-efeito. Entretanto, a especificação da modelagem de regressão é uma tarefa complexa, empírica e não é difícil se deparar com o problema do erro na especificação do modelo ou de introdução de viés da especificação do modelo, que comumente pode ter sua origem na omissão de uma ou mais variáveis relevantes, na inclusão de uma ou mais variáveis desnecessárias, ou na adoção da forma funcional errada. A partir da criação da metodologia Box-Jenkins, tecnicamente denominada método, a ênfase na análise de séries temporais permite que Y_t seja explicado por valores passados, ou defasados, do próprio Y e dos termos de erro estocásticos.

Pode-se tomar como exemplo o consumo aparente de fertilizantes. Neste caso, ao invés de se tentar prever diretamente o consumo aparente, pode-se prever via método ARIMA o consumo aparente dividido pelo PIB. Esta divisão é um dos diferentes tipos de transformação de séries temporais que podem ser aplicados numa modelagem econométrica (Gujarati e Porter 2008) e foi comumente utilizada em modelagens de previsão de fertilizantes via intensidade de uso (Suslick 1991, Suslick et al. 1995). Neste trabalho as previsões foram todas realizadas em cima da divisão do consumo aparente sobre o PIB. Esta escolha se justifica pelo fato de já ter sido utilizada no passado e pela necessidade de se estabelecer três perspectivas de previsão vinculadas às diferentes previsões de PIB de 2010 a 2030.

O processo de mineração de dados via método ARIMA para previsão de séries temporais foi dividido em três atividades básicas: análise da série temporal, ajustamento do modelo e previsão propriamente dita.

Análise das séries temporais, transformação para número índice e saturação

Em estatística, uma série temporal é uma coleção de observações feitas sequencialmente ao longo do tempo. Uma característica muito importante deste tipo de dados é que as observações vizinhas são dependentes, e o interesse é analisar e modelar esta dependência (Freedman et al. 2007).

As séries temporais podem ser divididas em séries estocásticas estacionárias e não-

estacionárias. A maioria das variáveis econômicas, dentre elas as de interesse para os fertilizantes, como o PIB, consumo aparente e preço de determinado fertilizante, são consideradas não-estacionárias. Para a finalidade de se fazer previsões, as séries não-estacionárias têm pouco valor prático (Tsay 2001). Mas a partir da identificação de uma série não-estacionária, podem-se realizar modificações sobre as séries de modo a transformá-las em séries temporais não-estacionárias. Explicações detalhadas sobre os métodos de transformação, como e quando se realizam estas transformações podem ser obtidas em Gujarati e Porter (2008).

A primeira transformação realizada consiste em aplicar o número índice sobre cada série temporal. O objetivo é igualar as escalas das séries de modo a igualar as forças dos regressores no modelo de previsão. Este número é o valor da série em um determinado ano. O ano escolhido para todas as séries estudadas foi o de 2008. O mesmo processo foi realizado sobre o consumo aparente para cada elemento fertilizante. A partir destas transformações, pode-se realizar um paralelo entre o PIB, o consumo aparente do produto nutriente e a série transformada do consumo aparente do produto nutriente pelo PIB.

Visualmente se pode observar que a série transformada (consumo aparente/PIB) é não-estacionária e que possuem tendência. Neste sentido, é necessário retirar a tendência desta série de modo a se poder aplicar a modelagem Box-Jenkins. Para se remover a tendência, basta calcular a regressão linear sobre a série transformada e subtrair a série original pelo valor da regressão. O resíduo da série transformada pelo valor da regressão linear é a série sem tendência. Esta diferença é comumente conhecida como inovação (Gujarati e Porter 2008). A modelagem Box-Jenkins é feita em cima da inovação.

Para o cenário inovador, o PIB cresce fortemente (mais de quatro vezes). É de se esperar que a sua componente agrícola, parte intimamente ligada aos fertilizantes não cresça nas mesmas proporções do PIB como um todo. Isso já é observado atualmente. Ademais, o próprio crescimento da área agrícola também não deve acompanhar este crescimento. Desta forma, é necessário aplicar uma saturação da capacidade de propagação do crescimento do PIB ao consumo aparente dos fertilizantes. O modelo de saturação apresentado é baseado na função sigmóide. Além desta saturação do PIB foi utilizado também uma saturação do consumo aparente por habitante. No caso, utilizou-se o consumo aparente dos EUA por habitante como *proxy* para o modelo regressivo. O modelo de saturação também foi baseado na função sigmóide.

Modelo Box-Jenkins para Previsão de Fertilizantes

A partir da inovação pode-se calcular a auto-correlação da série. O objetivo da auto-correlação é obter os *lags* para se aplicar o Box-Jenkins. Uma vez tendo se ajustado o modelo Garch pode-se calcular a previsão da inovação para série temporal e reaplicar a tendência de volta. Isto permite gerar a previsão do consumo aparente pelo PIB. Este consumo aparente sofre ainda o efeito do *proxy* do consumo aparente por habitante. Multiplicando-se o PIB saturado pelo valor da previsão saturada pelo consumo aparente por habitante, tenta-se a previsão do consumo aparente efetivo para cada um dos cenários.

A. 1.7.3. - O índice de Concentração (CR) e o índice Herfindahl-Hirschman (HHI)

Dois indicadores, o índice de Concentração (CR) e o índice Herfindahl-Hirschman (HHI) são utilizados pelos analistas econômicos para medir o grau de concentração de mercado de um determinado setor da atividade econômica, ou seja, visam captar a forma de competição de um mercado, fornecendo elementos para a análise da concorrência. Um alto valor para estes indicadores é sinônimo de se tratar de formas de competição designadas genericamente por concorrência imperfeita, em que, ao invés da concorrência perfeita com muitos vendedores e muitos compradores, se tem uma estrutura empresarial (a oferta), com poder sobre o mercado, significando, entre outros, poder sobre a fixação do preço final do produto. Em um setor constituído por uma

única empresa ou por poucas empresas relevantes, a concorrência imperfeita designa-se por, respectivamente, monopólio e oligopólio.

O primeiro índice de mensuração, o índice de concentração (CR), mede a participação percentual acumulada (*market-share*) das empresas de um determinado setor. Usualmente utiliza-se apenas as quatro maiores empresas na produção total daquele setor econômico e o índice é denotado por CR₄. Quanto mais o resultado obtido se aproximar de 100, maior o grau de concentração do setor, e dessa forma, o mercado pode estar próximo a práticas oligopolísticas. Já o resultado próximo de 0, significa que o mercado está mais próximo da concorrência perfeita. O mercado pode ser classificado em seis tipos: “altamente concentrado”, quando o CR₄ é maior que 75%; “alta concentração”, quando varia entre 65% e 75%; “concentração moderada”, quando varia entre 50% e 65%; “baixa concentração” quando varia entre 35% e 50%; “ausência de concentração”, quando se encontra abaixo de 35% e “claramente atomístico”, quando se encontra em torno de 2%.

Quanto ao índice Herfindahl-Hirschman (HHI), este é calculado por meio da soma dos quadrados da participação de cada empresa em relação ao total do setor de atividade econômica em exame (*market-shares* individuais) das firmas participantes. O HHI₄, índice calculado também para as quatro maiores empresas varia de 0 a 10.000. Em um mercado semelhante ao modelo de concorrência perfeita, com um número muito grande de firmas, o valor de cada participação individual de uma empresa no mercado é insignificante e o HHI tende a zero. No extremo oposto, sob regime de monopólio, em que há apenas uma empresa, sua participação é de 100% e o HHI correspondente é 10.000 (100²). Costuma-se classificar os mercados, através de faixas de valores para o HHI, considerando-se uma concentração baixa, quando o valor está abaixo de 1.000, moderada quando se encontra entre 1.000 e 1.800 e alta quando é superior a 1.800 (Schmidt e Lima, 2002).

No Brasil, a Secretaria de Acompanhamento Econômico do Governo Federal, detém critérios para identificar se a concentração gera o controle de elevada parcela de mercado. Admite-se que uma concentração gera o controle de parcela de mercado suficientemente alta para viabilizar o exercício coordenado do poder de mercado sempre que: a concentração tornar a soma da participação de mercado das quatro maiores empresas (C₄) igual ou superior a 75%.

O índice HHI tem sido também utilizado por entidades governamentais de defesa da concorrência e de antitruste, como no Brasil o CADE - Conselho Administrativo de Defesa Econômica e o *Federal Trade Commission* dos EUA – Estados Unidos da América, para a orientação de políticas antitruste. Neste RT - Relatório Técnico, o HHI foi calculado, assim como o CR₄.