



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA

PEDRO FURTADO FERREIRA

**PANORAMA DA PRODUÇÃO DE POTÁSSIO E O POTENCIAL
BRASILEIRO - A EXPLORAÇÃO DOS DEPÓSITOS**

GEOCIÊNCIAS
U.F.P.A.

Belém-PA
Outubro - 2017

PEDRO FURTADO FERREIRA

PANORAMA DA PRODUÇÃO DE POTÁSSIO E O POTENCIAL
BRASILEIRO - A EXPLORAÇÃO DOS DEPÓSITOS

Trabalho de conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.
Orientador: Prof. Dr. Estanislau Luczynski.

Belém-Pa
Outubro – 2017

PEDRO FURTADO FERREIRA

PANORAMA DA PRODUÇÃO DE POTÁSSIO E O POTENCIAL
BRASILEIRO - A EXPLORAÇÃO DOS DEPÓSITOS

Trabalho de conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Aprovado em: ____/____/____

Conceito: _____

Banca Examinadora:

Prof. Estanislau Luczynski
Orientador
Doutor em Geociências
Universidade Federal do Pará

Prof. Evaldo Raimundo Pinto da Silva
Relator
Doutor em Geociências
Universidade Federal do Pará

Raimundo Nonato Espírito Santo dos Santos
Doutor em Hidrogeologia
PPRH/Universidade Federal do Pará

AGRADECIMENTOS

Agradeço pela conclusão deste trabalho primeiramente ao meu Pai Celestial que me deu forças durante todo o curso para estudar e trabalhar, mesmo estando em uma situação anormal para um estudante de geologia da UFPa. Tenho certeza que Ele estava e sempre está no controle, apesar dos momentos difíceis que passei.

Agradeço a minha família pela compreensão e paciência durante minha ausência, pois houve momentos que precisava viajar em atividades de campo e depois preparar relatórios para apresentação, atividades frequentes para um estudante de Geologia. Agradeço aos meus filhos que foram uma grande fonte de motivação para os meus estudos, Alvin e Pedro Henrique, e também a minha querida esposa que cuidou dessas jóias preciosas.

Agradeço aos meus pais (Antonio Rodrigues Ferreira e Maria Helena de Melo Furtado) que sempre apoiaram nos meus estudos desde criança e até agora, sempre foram meu alicerce para realizações dos meus sonhos. Agradeço aos meus amigos que sempre torceram pelo meu sucesso, em especial Mário Cunha, Maria Rita e José Maria. Agradeço aos meus amigos da faculdade que foram importante na minha formação através das discussões e conversas de equipe, isso me ensinou muito. Também aos professores que foram sempre acessíveis para ensinar quando precisei, principalmente ao meu orientador Professor Estanislau Luczynski que me ajudou nesse importante trabalho.

Agradeço aos meus amigos do trabalho que também foram importante nessa fase, em especial Rafael Freire, Kelly Costa, Angela Gemaque e Luiz Claudio. Agradeço principalmente À Igreja de Jesus Cristo dos Santos dos Últimos Dias representada pelo Élder Gordon Betner Hinckley, a quem considero um amigo. Ele me inspirou em suas mensagens sobre a qualificação profissional e o quanto posso me desenvolver através do estudo.

“Eu sei em quem tenho crido, e estou certo de que é poderoso para guardar o meu depósito até aquele dia.”

Paulo de Tarso

RESUMO

O elemento potássio (K) está posicionado na primeira família da Tabela Periódica e classificado como um metal alcalino de número atômico 19, é um metal sólido à temperatura ambiente, dúctel, possui elevada condutividade elétrica e aumenta com a elevação da temperatura, quimicamente muito reativo e por isso não é encontrado livremente na natureza, somente como compostos de origem evaporítica (principais depósitos) e constituintes das rochas silicáticas potássicas.

Aproximadamente 95% do potássio produzido mundialmente têm como destino final a agricultura, um importante macronutriente para os produtos alimentícios e é considerado um mineral estratégico para o Brasil pela sua alta dependência externa, dado que aproximadamente 90% do potássio consumido vêm de fora. Também têm outras aplicações na indústria química como na fabricação de detergentes, sabões, vidros especiais, etc.

Os minerais de potássio encontradas em rochas silicáticas são insolúveis e de difícil extração, porém há muitas pesquisas para o aproveitamento na agricultura como fertilizantes. As principais reservas são encontradas nos Estados de Minas Gerais e São Paulo. Já o potássio de origem evaporítica são os principais depósitos explorados internacionalmente, sendo encontrado três depósitos no Brasil, dois no Estado do Amazonas, no município Nova Olinda do Norte explorado pela Vale Fertilizantes S.A e outro no município de Autazes de classe mundial, explorado pela companhia Potássio Brasil S.A. O terceiro depósito localiza-se no Estado de Sergipe, cidade de Rosário do Catete, único em operação e insuficiente para a autossuficiência brasileira.

Portanto, a produção brasileira de potássio ainda está aquém de suas potencialidades, haja vista a existência de depósitos ainda não lavrado para a produção. Também a situação política tributária não é favorável para os produtores brasileiros, desestimulando empreendimentos estratégicos para o país, caso do Projeto Carnalita de Sergipe que encontra-se suspenso.

Palavras Chaves: Potássio; Potencial brasileiro; Política Mineral para o potássio.

ABSTRACT

The potassium element (K) is positioned in the first family of the Periodic Table and classified as an atomic number 19 alkali metal, it is a solid metal at room temperature, ductile, has high electrical conductivity and increases with the temperature rise, chemically very reactive, and therefore is not found freely in nature, only as compounds of evaporitic origin (main deposits) and constituents of the potassium silicate rocks.

Approximately 95% of the world's potassium is destined for agriculture, an important macronutrient for food products and is considered a strategic mineral for Brazil due to its high external dependence, since approximately 90% of the potassium consumed comes from outside. They also have other applications in the chemical industry as in the manufacture of detergents, soaps, special glasses, etc.

The potassium minerals found in silica rocks are insoluble and difficult to extract, but there is much research for use in agriculture as fertilizers. The main reserves are found in the states of Minas Gerais and São Paulo. Potassium of evaporitic origin is the main deposits explored internationally, being found three deposits in Brazil, two in the State of Amazonas, in the municipality Nova Olinda do Norte operated by Vale Fertilizantes S.A and another in the world-class city of Autazes, operated by the company Potássio Brasil S.A. The third deposit is located in the State of Sergipe, in the city of Rosario do Catete, which is the only one in operation and insufficient for Brazilian self-sufficiency.

Therefore, the Brazilian production of potash is still below its potential, given the existence of deposits not yet plowed for production. Also the political tax situation is not favorable for the Brazilian producers, discouraging strategic ventures for the country, in case of the Project Carnalita de Sergipe that is suspended.

Key words: Potassium; Brazilian potential; Mineral policy for potassium.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1: Formação dos evaporitos por evaporação.
- Figura 2: Esquema ilustrativo dos principais ambientes evaporíticos modernos.
- Figura 3: Localização e idade dos principais depósitos evaporíticos
- Figura 4: Localização dos principais depósitos de potássio do Brasil.
- Figura 5: Localização do depósito de Fazendinha/Ariri.
- Figura 6: Cicloestratigrafia da Sequência Evaporítica. O ciclo VII constitui a Formação Nova Olinda.
- Figura 7: Depósitos de potássio do Canadá e da Rússia comparados com o depósito da Bacia do Amazonas.
- Figura 8: Reservas mundiais de potássio.
- Figura 9: Localização das reservas de potássio.
- Figura 10: Diagrama do processamento do potássio.
- Figura 11: Origem do sal de potássio importado pelo Brasil.
- Figura 12: Evolução do preço do potássio entre novembro de 2016 à maio de 2017
- Figura 13: Projeção de crescimento da população mundial entre 2000 a 2030.
- Figura 14: Minerais estratégicos para o Brasil.
- Figura 15: Recursos minerais em Autazes em terras indígenas.
- Figura 16: Principais pesquisas para insumos minerais para agricultura no Estado do Pará.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais minerais de potássio e teores equivalentes em peso (%).

Tabela 2: Reservas de potássio por Unidade Federativa.

Tabela 3: Mostra as reservas de potássio de rochas silicáticas em mil toneladas que ocorre no em Minas Gerais e São Paulo.

Tabela 4: Processos de requerimento dos direitos minerários de potássio.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iv
EPÍGRAFE.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
1. INSTRODUÇÃO	1
2. GEOLOGIA DOS DEPÓSITOS DE POTÁSSIO	6
2.1 PRINCIPAIS DEPÓSITOS BRASILEIROS DE POTÁSSIO	10
2.1.1 DEPÓSITO DE FAZENDINHA (AM)	12
2.1.2 DEPÓSITO DE TAQUARI/VASSOURAS (SE)	14
2.1.3 DEPÓSITO DE AUTAZES (AM)	16
2.2 RESERVAS DE POTÁSSIO NO MUNDO E NO BRASIL	17
3. ECONOMIA MINERAL E MERCADO DO POTÁSSIO	21
3.1 APLICAÇÕES	22
3.2 PRODUÇÃO	23
3.3 IMPORTAÇÕES	26
3.4 PREÇO	28
4. POLÍTICA MINERAL DO POTÁSSIO	30
4.1 POLÍTICA MINERAL CRÍTICO E ESTRATÉGICO	30

4.2	POLÍTICA BRASILEIRA PARA O POTÁSSIO	32
5.	IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DO POTÁSSIO	36
5.1	IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NOS PRINCIPAIS DEPÓSITOS.....	36
5.1.1	FAZENDINHA/ARIRI (AM)	36
5.1.2	AUTAZES (AM)	37
5.1.3	TAQUARI/VASSOURA (SE).....	37
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

O nome potássio é de origem latina “*kalium*”, sendo a primeira vez isolado através de eletrólise pelo químico inglês Humphry Davy em 1807. O elemento químico potássio de número atômico 19, massa molar 39,098g/mol, é classificado como um metal mole, esbranquiçado, possui um brilho metálico prateado, com ocorrência de isótopos naturais estáveis ^{39}K (93,26%) e ^{41}K (6,73%). Apresenta-se como um metal de baixa densidade, perdendo somente para o lítio, é um bom condutor de calor e eletricidade(Peixoto,2004). O potássio é um dos metais mais eletropositivos com ponto de fusão de 63,4 °C e ponto de ebulição de 759 °C(MSPC, 2017).

Para Pomerol *et al.*(2013), o potássio é classificado geoquimicamente como litófilo, pois apresenta afinidade com a sílica e também é chamado de elemento incompatível, devido ao raio iônico ser maior que os elementos constantes nas redes cristalinas dos silicatos.

Em peso, representa aproximadamente 2,4% da crosta terrestre, não é encontrado livremente na natureza. Pode ser encontrado na água do mar como cloreto de potássio, em pequenas proporções em relação ao cloreto de sódio e a maioria dos minerais de potássio são insolúveis, porém, alguns como a silvita(KCl) e a carnalita($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) podem ser facilmente extraído(MSPC, 2017).

A importância do potássio foi conhecida empiricamente através do metabolismo das plantas, um elemento químico essencial para o desenvolvimento do vegetal, porém, já havia referência da utilização como fertilizantes desde o século III antes de Cristo, quando as cinzas da queima de árvores, contendo uma concentração expressiva de potássio era utilizado com essa finalidade. Também utilizava-se salmouras provenientes de sal marinho para obtenção de K_2CO_3 (Nascimento *et. all.*, 2008).

Uma trabalho pioneira de concentrar potássio consistia da lixiviação de cinzas de árvores, seguida de evaporação ao fogo em potes de ferro. O produto resultante era chamado de *potash*, termo genérico que representa atualmente uma variedade de minerais, minérios e produtos refinados que contém o elemento potássio. Essa técnica deu origem ao primeiro pedido de patente registrado nos Estados Unidos em 31/07/1790(Lapido-Loureiro e Neto, 2009; Warren, 2005).

Um dos grandes depósitos de potássio foi descoberto em 1856 na Alemanha que só começou efetivamente a ser explorado em 1861, onde já se tinha o conhecimento da grande importância como fertilizante. A exploração do sal de potássio se restringia somente naquele país até 1930, quando foram desenvolvidos e explorados muitas outras jazidas em outros países da Europa(K+S KALI, 2014).

Os depósitos de sais em Stassfurt, Alemanha, ricos em sulfatos e cloretos de potássio, era tão importante que mantiveram o monopólio até a Primeira Guerra mundial(Peixoto, 2004). Nesse período de guerra, os Estados Unidos iniciou a produção industrial forçado pela interrupção das exportações alemãs que favoreceu a pesquisa de outras fontes e que levou a descoberta dos depósitos de Carlsbad, Novo México em 1921. Mais foi durante a Segunda Guerra Mundial que o mais importante depósito de sais de potássio da América do Norte foi descoberto, em Saskatchewan, Canadá, entrando em operação somente em 1960(Nascimento *et al.*, 2008).

As descobertas dos depósitos de potássio brasileiros ocorreram nos anos 50 e 60, muito ligado às pesquisas de petróleo da Companhia Petrobras nos Estados do Amazonas e Sergipe. Os depósitos de silvinita e carnalita da Bacia Sergipe-Alagoas foram descobertos em 1963 e atualmente a única que produz potássio. Os depósitos do Amazonas foram descobertos anteriormente, entre os anos de 1953 e 1957, ainda sem prazo para a produção de potássio pela empresa que explora o minério na região(Kulaif e Góes, 2016; IBRAM, 2011).

Apenas 12 países produzem potássio para uma demanda de 150 países que consomem. Apesar de produzir, o Brasil é um dos principais consumidores mundiais de potássio e altamente dependente das importações. Nessa situação, é imperativo a implementação de novos projetos para produção deste importante mineral(Lobo, 2008; IBRAM, 2015).

JUSTIFICATIVAS

O potássio tem diversas aplicações nas indústrias de manufatura de vidros especiais, fabricação de sabões, detergentes, fabricação de explosivos e principalmente no agronegócio, sendo usado como fertilizantes. Apesar de ser um dos elementos maiores na crosta terrestre, é encontrada com teores baixos em solos brasileiros aliados a baixa produção (Peixoto, 2004).

Segundo Oliveira (2015), Canadá, Bielorrússia e a Rússia são os três maiores detentores de reservas e também os principais produtores mundiais de sais de potássio. O Brasil encontra-se somente na 11ª colocação em termos de reservas com uma produção de 311 mil toneladas (K_2O) em 2013, equivalentes a menos de 1% da produção mundial. Com essa produção em pequena escala e a demanda interna cada vez maior no setor agrícola, o Brasil precisou importar US\$ - FOB¹ 3,32 bilhões correspondente a 4,9 milhões de toneladas de K_2O ². Um volume grande de importação para um país que exporta grande volume de produtos alimentícios, demonstrando sua dependência do potássio.

Para Kinpara (2003), grandes volumes de produtos agrícolas são mantidos através de alto consumo de potássio e a inserção de novos empreendimentos de exploração agropecuária está em função da busca de outras fontes. A dependência do potássio para um país com vocação agrícola é comprometedor, tornando o estudo dos depósitos e outras fontes de potássio uma obrigação para a manutenção da balança comercial e o desenvolvimento da nação.

O Brasil possui três depósitos de potássio sedimentar sendo explorado, dois pela Companhia Vale Fertilizantes (Fazendinha e Taquari/Vassouras) e um explorado pela empresa Brasil Potássio S.A de escala mundial e similar ao depósito do Canadá, maior produtor e fornecedor para o Brasil (Potássio Brasil, 2016).

Somente o depósito de Taquari/Vassoura está em operação e com a possibilidade de aumentar a produção com o Projeto Carnalita, entretanto, esse empreendimento

¹ Preço FOB ("Free on board"): Refere-se a mercadoria disponibilizada no local da fabricação ou armazenamento.

² A unidade K_2O equivalente é usado convencionalmente para expressar o potássio contido, mesmo que não expresse a composição química da substância

encontra-se paralisado pela empresa produtora por falta de incentivos fiscais. Portanto, o Brasil têm potencial para produzir mais potássio para o consumo interno e reduzir a dependência externa(Potássio Brasil, 2016; IBRAM, 2011, 2015).

OBJETIVOS

Geral:

Pesquisar a produção, a potencialidade dos depósitos de potássio para o mercado nacional e a perspectiva da exploração.

Específicos:

1. Localizar as principais reservas, projetos e pesquisas da exploração de sais de potássio no Estado do Pará, Brasil e no mundo.
2. Identificar a produção de potássio nacional e a capacidade relacionada às reservas comprovadas
3. Analisar a política econômica nacional para o potássio e a importância no mercado nacional, relacionando a oferta, preço e reservas.
4. Avaliar outros depósitos de origem não evaporítica como alternativa para exploração de potássio.

METODOLOGIA

A estrutura deste Trabalho de conclusão de curso (TCC) foi baseada em uma revisão bibliográfica dos principais depósitos, reservas e produção nacional do potássio, considerando a real potencialidade do Brasil no cenário mundial. A busca por referências de artigos, monografias, dissertações, teses ou matérias relacionadas ao tema foram feitas em sites de Universidades brasileiras e em órgãos reconhecidos nacionalmente e regionalmente como DNPM, CPRM, IBRAM, EMBRAPA e SEDEME. A partir deste

acervo disponibilizado virtualmente e livros encontrados na Biblioteca do Instituto de Geociências da UFPA foi feita uma análise dos textos que culminou com o desenvolvimento deste trabalho e suas conclusões.

A redação deste trabalho foi desenvolvida com base nos textos encontrados e sob a direção do orientador, utilizando-se de imagens de trabalhos anteriores, confecção de tabelas e usando outras com as devidas alterações para adaptar ao texto. Os gráficos foram preparados utilizando o auxílio do software Excel 2013 a partir dos dados disponíveis no site do DNPM.

Fundamentado com os dados referenciais da bibliografia foi feita uma discussão do panorama da produção de potássio brasileiro, suas potencialidades para autossuficiência e a importância para o desenvolvimento do agronegócio e outros setores que demandam do potássio.

2. GEOLOGIA DOS DEPÓSITOS DE POTÁSSIO

Durante o tempo geológico, as rochas da crosta terrestre são desintegradas através de processos físicos, biológicos e químicos, todo esse fenômeno é chamado de intemperismo, causando a liberação de compostos de potássio solúveis, sendo transportados pelos rios até chegar ao mar e depositados em bacias fechadas(Nascimento *et. all.*, 2008).

Na água do mar predominam elementos iônicos de Na^+ e Cl^- e com proporções menores de SO_4^{2-} , Mg^{+2} , Ca^{+2} , K^{+1} , CO_3^{2-} e HCO_3^{-1} . Durante uma determinada condição de evaporação, ocorre a precipitação dos minerais evaporíticos em uma ordem que segue a solubilidade, e quando a concentração da salmoura encontra-se cinco vezes maior que a concentração do mar, inicia a precipitação com os carbonatos e os sulfatos. No momento que a concentração alcança de onze a doze vezes, o cloreto de sódio precipita, depois ocorre com os sais mais complexos como sais de potássio e magnésio formando a silvinita(**Figura 1**). Os sais de potássio e magnésio são altamente solúveis e os últimos a depositarem, formando camadas pouco espessas em depósitos marinhos. Esse fenômeno ocorre com a presença de três condições para formação desses minerais evaporíticos: baixa umidade relativa do ar, temperatura elevada, conteúdo iônico inicial e suas relações(Silva *et. all.*, 2001; Tucker, 2001).

Portanto, os evaporitos são depósitos salinos originados por evaporação de corpos de água extensos e rasos com comunicação restrita com o mar aberto e sujeito a intensa evaporação em climas áridos a semi-áridos. Os evaporitos potássicos é uma parte de uma série de precipitados que ocorre em subsuperfície rasa de um corpo de água, no final de uma sucessão de precipitados altamente concentrados. A alta solubilidade do potássio sugere que a ocorrência desse tipo de depósito ocorre em um ambiente restrito(Oliveira, 2008; Warren, 2005).

Os compostos de potássio de origem evaporíticos são encontrados na forma de cloretos e sulfatos, sendo os principais para exploração a silvita (KCl); carnalita ($\text{KCl.MgCl}_2.6\text{H}_2\text{O}$) e a silvinita ($\text{KCl} + \text{NaCl}$)(**Tabela 1**). Entre esses minerais, a silvita se destaca em virtude do alto teor de potássio, aproximadamente 52,5%. (Oliveira, 2008; Nascimento *et. all.*, 2005; Suguio, 2003).

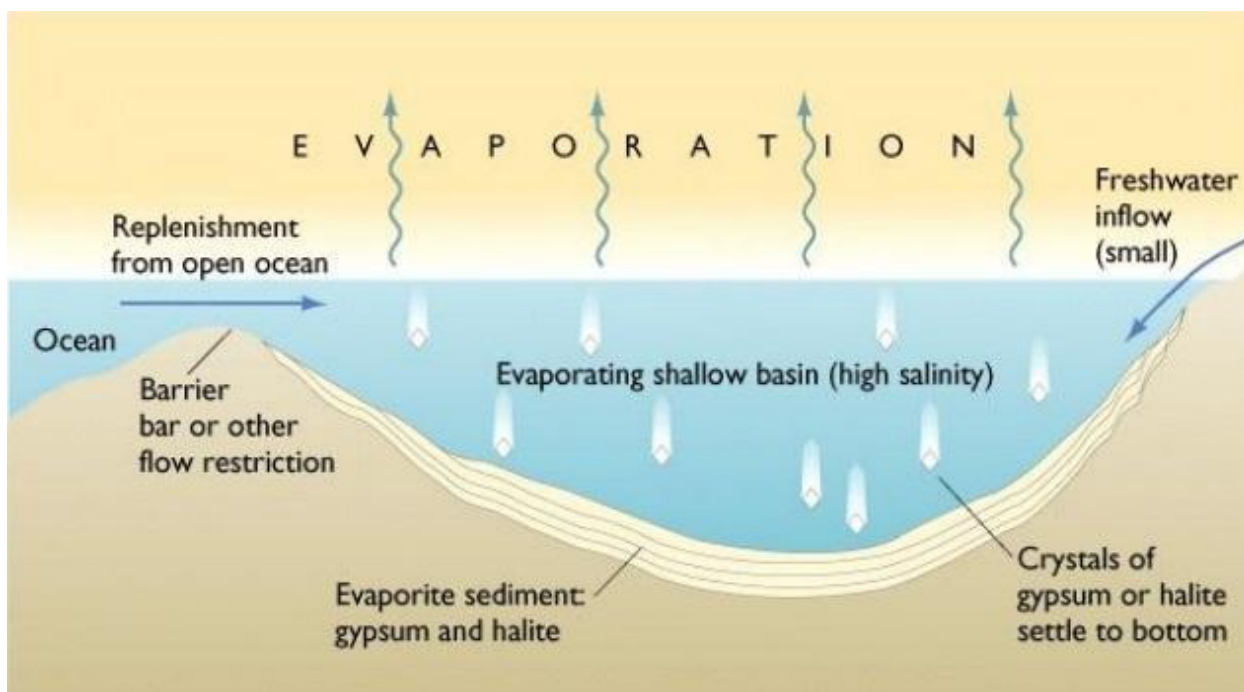


Figura 1: Formação dos evaporitos por evaporação. Fonte: Kendall(1984).

Tabela 1: Principais minerais de potássio e teores equivalentes em peso (%), segundo Harben(1995).

Minerais	Fórmula	Teores Equivalentes(%)			
		K	KCl	K ₂ O	K ₂ SO ₄
Silvita*	KCl	52,44	100,00	63,17	----
Carnalita*	KCl.MgCl ₂ .H ₂ O	14,07	26,83	16,95	----
Silvinita*	KCl + NaCl	----	----	10-35	----
Kainita**	4KCl.4MgSO ₄ .H ₂ O	15,71	29,94	19,26	----
Arcanita	K ₂ SO ₄	44,71	----	54,06	100,00
Glaserita	3K ₂ SO ₄ Na ₂ SO ₄	35,29	----	42,51	78,63
Langbenita**	K ₂ SO ₄ .2MgSO ₄	18,84	----	22,69	41,99
Leonita	K ₂ SO ₄ .2MgSO ₄ .4H ₂ O	21,33	----	25,69	47,52
Polyhalita**	K ₂ SO ₄ .MgSO ₄ .2CaSO ₄ .2H ₂ O	12,97	----	15,62	28,90

*Principais minerais de minério/ **Minerais de minério secundários

Pode-se produzir potássio de forma artesanal através da evaporação natural de salmouras em lagos ou lagunas, pequenos corpos de água, mas ocorre de forma doméstica(Searls, 1992). Para Lobo(2008), o potássio pode ser extraído em dois tipos de depósitos: Depósitos de superfície: são depósitos de água salgada como o Mar Morto e “Great Salt Lake” nos Estados Unidos, onde o potássio é concentrado por meio da evaporação; e os Depósitos de subsuperfície: são reservas situadas a aproximadamente 400 a 1000 metros de profundidade formada a milhares de anos e representa a maior parte do potássio beneficiado para uso comercial.

O potássio é um elemento constituinte em muitos minerais das rochas, porém os que são considerados de interesse econômico pertencem ao grupo dos evaporitos, devido ao grande teor e sua alta solubilidade. Também ocorre teores elevados em minerais de silicatos de potássio, exemplo da maioria dos feldspatos, porém são considerados minerais de minério de difícil extração da rede cristalina(Nascimento *et. all.*, 2005).

Os minerais do grupo dos feldspatos e alguns do grupo da mica que contém potássio são insolúveis e o processo de retirada desse elemento ocorre a partir de forte ataque químico junto com tratamento térmico(Nascimento *et. all.*, 2005).

Segundo Kulaif e Góes(2016), os depósitos de potássio com possibilidade de exploração econômica são divididos em três tipos:

1. Depósitos evaporíticos formados através de precipitação de sais ricos em sódio e potássio;
2. Salmouras naturais que inclui lagos, lagunas e mares contendo águas densas e salgadas em áreas de alta evaporação;
3. Rochas sedimentares, ígneas ou metamórficas de composição silicática. Representando as sedimentares/metassedimentares tem-se os depósitos de glauconíticos ou verdetes; as ígneas têm-se os fonolitos e sienitos; e entre as rochas metamórficas têm-se as enriquecidas anormalmente em micas, principalmente biotita e flogopita.

A formação dos depósitos de potássio pode ocorrer em ambientes costeiros, tais como sabkhas, ambiente de águas rasas e águas profundas. Sabkhas são ambientes de baixo aporte de sedimentos clásticos e altas taxas de evaporação chamado também de planície de sal(**Figura 2**). A gipsita, anidrita e halita são os minerais evaporíticos mais comuns que dependendo da química da água, pode provocar o aparecimento de inúmeros minerais (Bobco, 2014). A maioria dos depósitos minerais ocorrem em subsuperfície entre 200 a 3000 metros, formando dois grupos distintos, pobres e ricos em sulfatos(Alves, 2008). A **figura 3** apresenta os principais e mais importantes depósitos mundiais de origem evaporíticas.

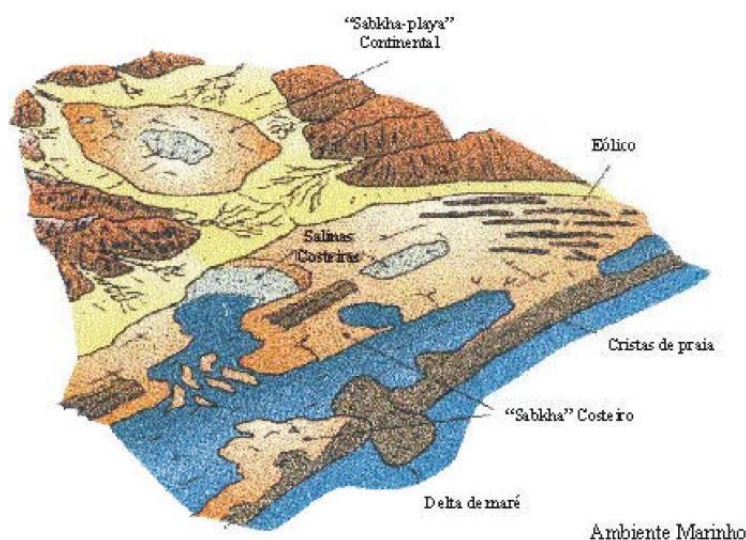


Figura 2: Esquema ilustrativo dos principais ambientes evaporíticos modernos. Fonte: Kendall(1984).



Figura 3: Localização e idade dos principais depósitos evaporíticos. Fonte: Silva *et al.*(2001).

2.1 PRINCIPAIS DEPÓSITOS BRASILEIROS DE POTÁSSIO

Os depósitos de potássio de origem evaporítica são as mais importantes para exploração e mais fáceis para processamento industrial, devido a sua alta solubilidade em água. As reservas dos principais depósitos do Brasil estão localizadas nos Estados de Sergipe (Bacia sedimentar de Sergipe) e Amazonas (Bacia sedimentar do Amazonas-Solimões)(**Figura 4**)(Oliveira, 2008). Segundo Nascimento *et al.*(2008), apenas os depósitos com cloretos e sulfatos são considerados de classe mundial, principalmente pelo seu alto conteúdo de potássio.

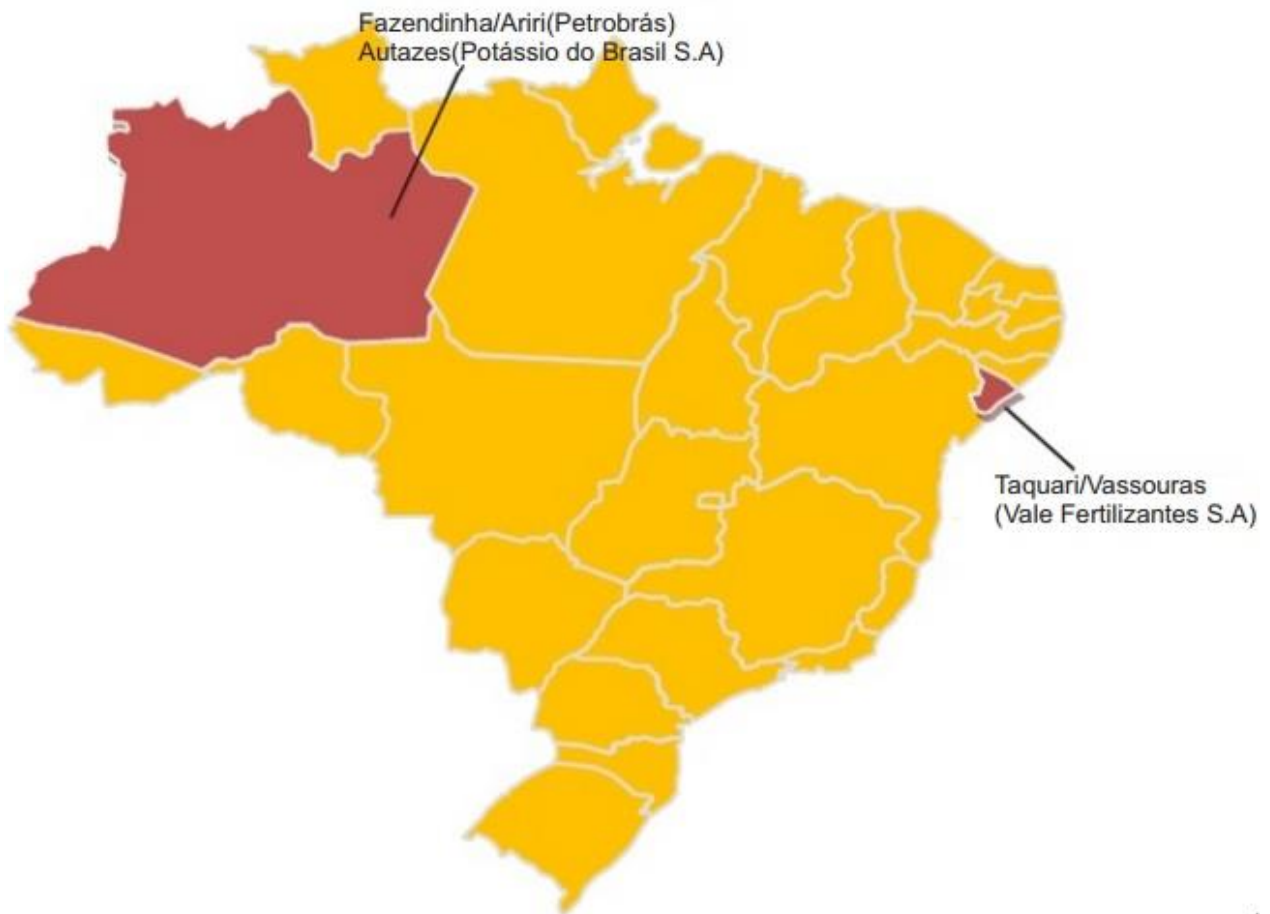


Figura 4: Localização dos principais depósitos de potássio do Brasil. Fonte: Nascimento e Miranda(2015).

No território do Brasil foram descobertos pelo menos nove níveis estratigráficos evaporíticos que variam do rifeano/veidiano ao eoceno-oligoceno, no entanto, aqueles com maior quantidade de sais de potássio para exploração são encontrados durante o Permo-Carbonífero nas bacias intracratônicas do Solimões e Amazonas na região norte e no Aptiano da Bacia da Margem Continental Sergipe-Alagoas(Cerqueira *et al.*, 1997).

2.1.1 DEPÓSITO DE FAZENDINHA (AM)

O depósito de potássio da localidade Fazendinha, município de Nova Olinda do Norte, está às margens do rio Madeira e aproximadamente a 130 Km sudeste de Manaus(**Figura 5**). A sequência evaporítica é de origem regressiva constituída de onze ciclos(**Figura 6**), porém apenas o ciclo VII pertencente a Formação Nova Olinda alcançou as condições especiais para a precipitação de sais de potássio, marcada como uma fase de intensa restrição da bacia. As fácies dominantes são caracterizadas pela alta concentração de salmouras com halitas bandadas, alto teores de bromo levando a formação de cloretos e sulfatos(Sad *et. all.*, 1997).

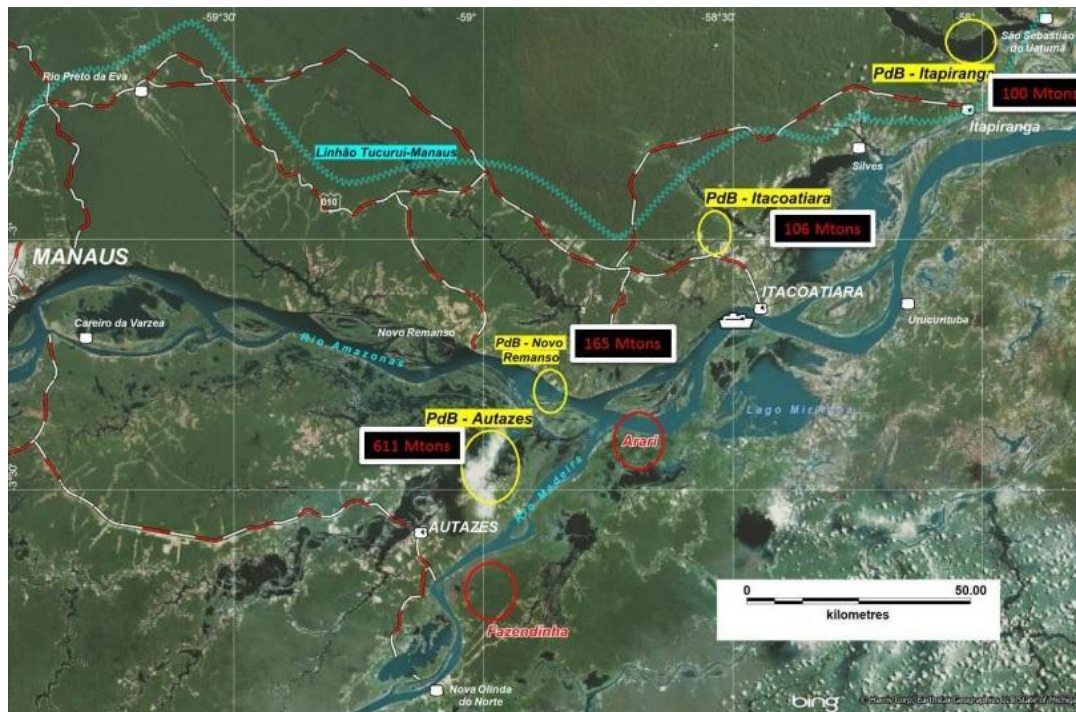


Figura 5: Localização do depósito de Fazendinha/Ariri. Fonte: Potássio do Brasil(2016)

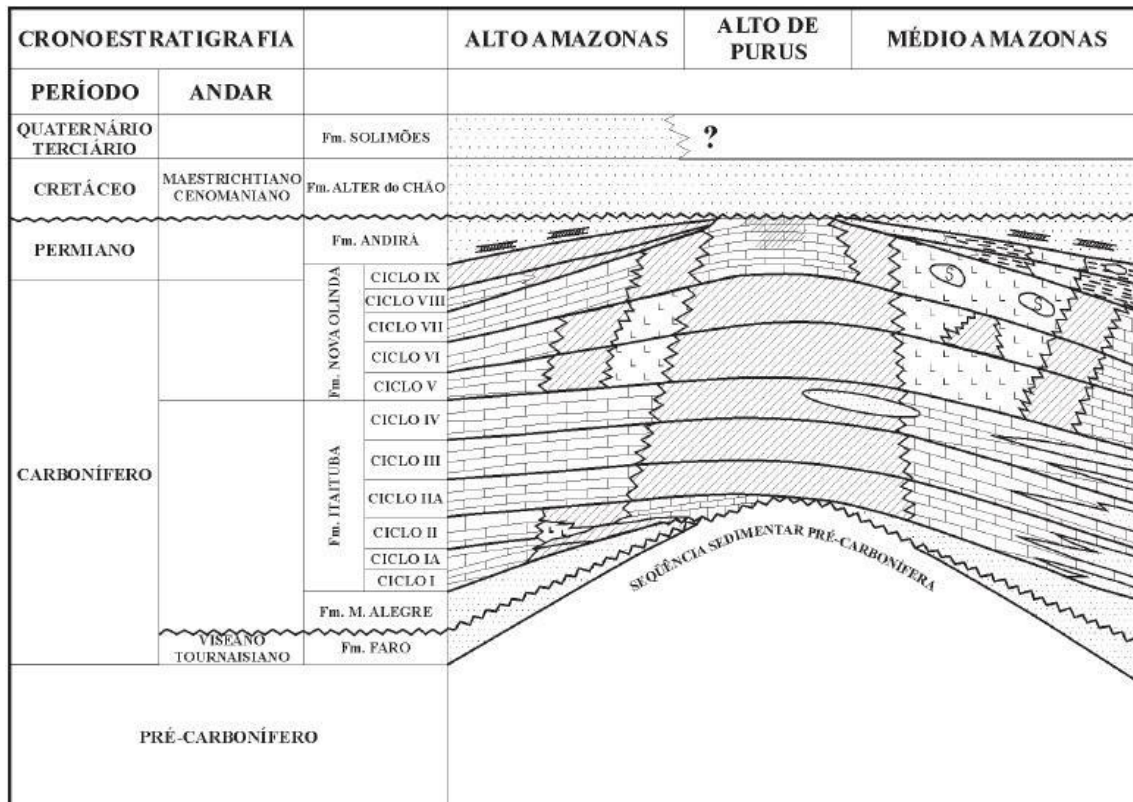


Figura 6: Cicloestratigrafia da Sequência Evaporítica. O ciclo VII constitui a Formação Nova Olinda. (Fonte: Dardenne e Schobbenhaus, 2001).

A sedimentação da Bacia do Amazonas ocorreu com ingressão marinha no sentido de leste para oeste no Siluriano até o fim do Devoniano. Posteriormente ocorreu um intervalo de emersão generalizada da bacia, suave inclinação para oeste, um soerguimento da porção oriental e consequente invasão marinha no sentido de oeste para leste, logo após desenvolveu-se um intervalo de restrição acentuada que caracterizou a Sequência Evaporítica da Formação Nova Olinda, associada aos depósitos de Fazendinha e Arari (Dardenne e Schobbenhaus, 2001). Os depósitos de Nova Olinda é formado por sedimentos químicos-evaporíticos, ocorrendo a presença de horizontes de salgema de sais de potássio, gipsita, anidrita e calcário (Nascimento *et. all.*, 2008).

O minério foi subdividido em três intervalos informalmente denominados de silvinita branca, zona de sulfatos e silvinita vermelha. As características da silvinita branca sugerem ser um minério de origem primária, gerado pelo aumento gradual e

constante da concentração das salmouras encontrados no lago hipersalino de Fazendinha. A zona sulfatada indica uma invasão de salmouras ricas em Ca^{+2} e SO_4 na bacia silvínica com a consequente co-precipitação de cloretos e de sulfatos de K^+ , Mg^{+2} e Ca^{+2} . Já a silvinita vermelha indica uma origem secundária através de lixiviação total de Mg^{+2} de carnalitas originalmente depositadas (silvinitização das carnalitas)(Sad *et. all.*,1997)

As pesquisas realizadas pela Petrobras entre os anos de 1953 a 1957 na Bacia do Amazonas permitiram descobrir depósitos de evaporitos localizados a cerca de 800 metros de profundidade, porém foi somente em 1974, com a perfuração dos poços 1-FZ-1-AM e 1-FZ-2-AM na região de Nova Olinda do Norte foi possível encontrar camada com silvinita(Kulaif e Góes, 2016).

2.1.2 DEPÓSITO DE TAQUARI/VASSOURAS (SE)

O depósito de Taquari/Vassouras está localizado no município de Rosário de Catete no estado de Sergipe, distante de Aracaju cerca de 37 km, foi arrendada para companhia Vale Fertilizantes S.A. pelo prazo de 25 anos(Baltar *et al.*, 2001).

A origem dos depósitos de potássio da bacia cretácea de Sergipe está ligada a formação do Atlântico Sul e pertence a Formação Muribeca do Membro Ibura. Encontrase disperso por uma série de sub-bacias de grande potencial econômico de sais de potássio, principalmente as encontradas nas sub-bacias de Taquari/Vassouras e Santa Rosa de Lima. A Petromisa, empresa subsidiária da Petrobras, implantou uma indústria para produção de cloreto de potássio fertilizantes na jazida de Taquari/Vassouras, devido às condições geológicas favoráveis e considerando os menores riscos técnico-econômico(Cerqueira *et. all.*, 1997).

Os depósitos de Sergipe foram encontrados em 1963 pela Petrobrás que na época fazia prospecção de petróleo na região. O projeto para implantação da mina/usina de Taquari/Vassouras para o beneficiamento do cloreto de potássio foi iniciado em 1979 pela empresa Petromisa e inaugurada em 1985. A mina está situada a uma profundidade

de aproximadamente 450 metros e encontra-se em uma zona geológica onde há ocorrência de gases explosivos, devido à proximidade de campos petrolíferos(Baltar *et al.*, 2001).

O depósito de Taquari/Vassouras encontra-se na porção sul da bacia sedimentar Sergipe - Alagoas e corresponde a uma área de 185 Km², é atribuído a uma sequência de evaporitos que está relacionado a uma série de eventos que marcaram a separação dos continentes Afro-Brasileiro durante o Cretáceo inferior. A camada salina de potássio é composta por halita, silvinita, carnalita lixiviada e taquidrita, caracterizando o ciclo VII da sequência evaporítica, excetuando a taquidrita. Ocorre duas camadas mineralizadas denominadas de silvinita superior e silvinita inferior, sendo que esta última encontra-se acima da camada taquidrita, que é um mineral que tem a propriedade de absorver água quando em contato com o ar. A mineração dos sais de sódio e potássio acontece nessa camada(do ciclo VII) com espessura em média de 5 m(Baltar *et al.*,2001).

Segundo Silva *et. all.*(2001), a fase evaporítica da Bacia de Sergipe ocorreu nas condições de formação de um ambiente marinho restrito que sucedeu a fase inicial do rifteamento, onde ambientes continentais dominavam, e foi anterior a fase marinha carbonática de mar raso que evoluiu para a bacia oceânica do Atlântico Sul. Os depósitos formam um pacote espesso de aproximadamente 1 Km originados em ambientes costeiros representados por sabkhas, lagoas salinas e canais de maré(Figura 2). Ocorre em parte na porção terrestre em subsuperfície e é formada principalmente por halita, silvinita,carnalita, além da anidrita, taquidrita e carbonatos do Membro Ibura da Formação Muribeca.

A mina de Taquari/Vassouras é subterrânea e têm acesso através de dois poços com 5 metros de diâmetro e 450 metros de profundidade, sendo um de serviço e outro de extração. O poço de extração tem capacidade de transporte para 420 t/h de minério e funciona a uma velocidade de 8,5 m/s. O método empregado para extração do minério é de câmaras e pilares(Baltar *et al.*, 2001).

2.1.3 DEPÓSITO DE AUTAZES (AM)

A Bacia do Amazonas é uma das maiores fontes estratégicas mundiais de potássio com uma extensão de aproximadamente 400 Km, possui geologia e escala semelhantes às bacias de Saskatchewan no Canadá e Urais na Rússia(**Figura 7**), onde várias sub-bacias se desenvolvem simultaneamente em posições estratigráficas específicas(Potássio Brasil, 2016; IBRAM, 2011).

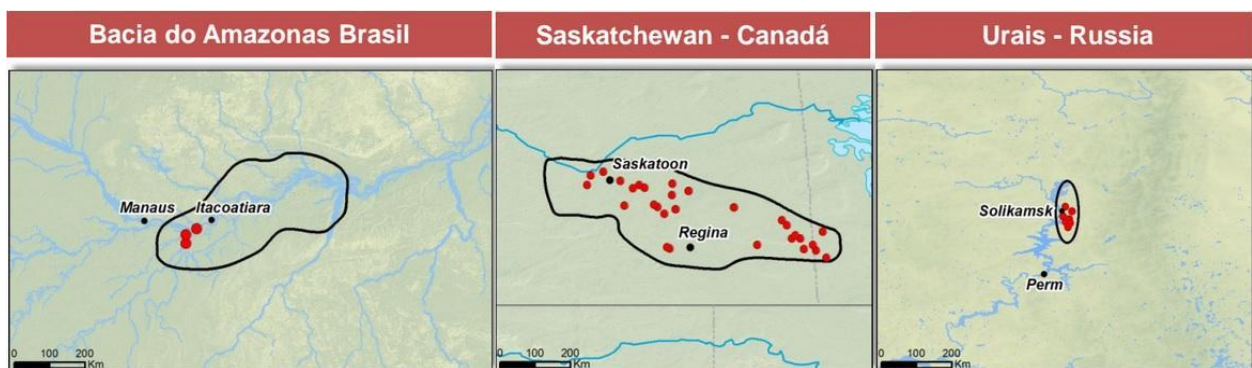


Figura 7: Depósitos de potássio do Canadá e da Rússia comparados com o depósito da Bacia do Amazonas. Fonte: Potássio do Brasil(2016)

Foram encontradas e avaliadas importantes reservas de potássio em Autazes, Itapiranga, Novo Remanso e Itacoatiara, porém em Autazes ocorre o principal depósito, localizado aproximadamente a 108 quilômetros de Manaus, com teor de corte de 10% KCl e espessura mínima de 1 metro para mineração, sendo adjacente às jazidas de Fazendinha e Arari (Petrobras), cerca de 10 km ao norte(Figura 3). Encontra-se a uma profundidade entre 685 a 860 metros com 32 furos válidos no depósito(ABPM, 2015; Potássio Brasil, 2016; IBRAM, 2011).

As pesquisas exploratórias realizadas pela empresa Potássio do Brasil S.A. desde 2009 têm mostrado satisfatória as investigações em Autazes e viabilizado um empreendimento de extração do minério, devido a sua profundidade que favorece a técnica, a economicidade e torna o depósito mais viável a ser explorado(Fanton, 2013). Segundo o geólogo da companhia, a extração do potássio em Autazes terá o projeto de

lavra subterrânea, constituído de dois poços com elevadores chamado de *shafts*, um para o pessoal de operação e outro para os equipamentos e extração do minério, semelhante que ocorre na mina de Taquari/Vassouras em Sergipe(ABPM, 2015).

Na jazida de Novo Remanso, às margens do Rio Amazonas, o potássio encontra-se a 766 metros de profundidade (Furo PB-NR-13-03) em uma camada com 4,87 metros de espessura e teor de potássio de 20% KCl³. A jazida contém sulfatos em proporção significativa, enriquecendo ainda mais a importância da descoberta. O sulfato de potássio é um fertilizante mais nobre e com preço de mercado em média 30% superior ao de cloreto de potássio(Coasul, 2013).

Em Itacoatiara, proximidades da rodovia AM-010 e cerca de 15 quilômetros de um porto situado do rio Amazonas, o furo PB-IC-13-02 encontrou uma camada de 4,27 metros de espessura com teor de 20,54% de KCl a uma profundidade de 860 metros. Este furo contém ainda um intervalo com teores de 32,52% de KCl e espessura de 2,48. Segundo o Diretor-presidente da empresa Potássio do Brasil, existe a possibilidade de pelo menos a jazida de Autazes e Novo Remanso serem parte de uma única jazida gigante, uma vez que a distância entre os furos mineralizados é de apenas 16 quilômetros(Coasul, 2013).

A projeção para produção de potássio até 2020 com o projeto de Autazes é de 1.300.000 toneladas de K₂O, e com base na manutenção da mina de Taquari/Vassouras e entrada do projeto carnalita, estima-se que a dependência do Brasil cairá de 90% para 60%(IBRAM, 2015).

2.2 RESERVAS DE POTÁSSIO NO MUNDO E NO BRASIL

No cenário mundial, o Canadá lidera a lista dos países que possuem as principais reservas de potássio com 30,2% das reservas, seguida pela Bielorrússia com 22,6% e a Rússia com 18,1%, totalizando juntos 70,9% das reservas descobertas. Além desses, o

³ K₂O é a unidade convencional que expressa o potássio contido, embora não expresse a composição química da substância. Quando a composição do potássio for KCl, pode-se usar a seguinte fórmula de conversão: KCl puro x 0,63177 = K₂O equivalente, K₂O x 0,83016 = K.

Brasil está atrás da China, Estados Unidos, Alemanha e outros países. Ocupa somente a décima posição em termos de reservas de sais de potássio, sendo localizadas nos estados de Sergipe e Amazonas(**Figura 8 e 9**)(Oliveira 2015).

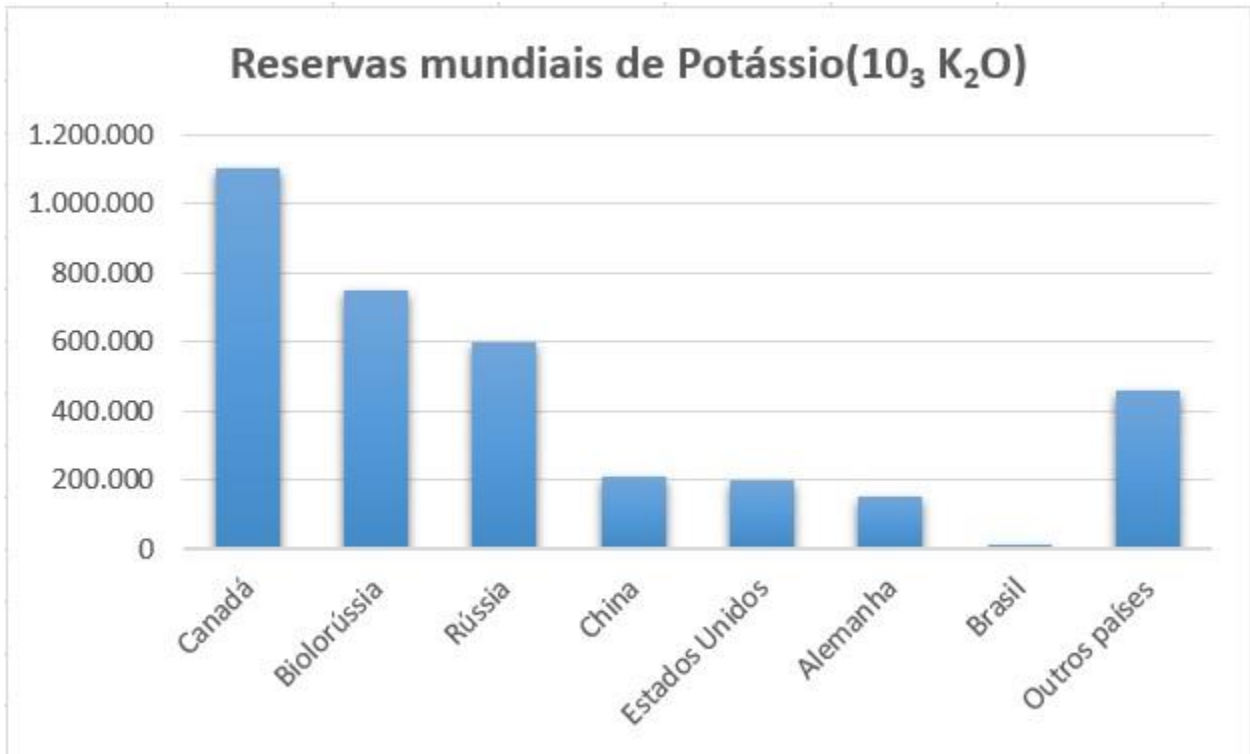


Figura 8: Reservas mundiais de potássio. Fonte: Oliveira(2015).

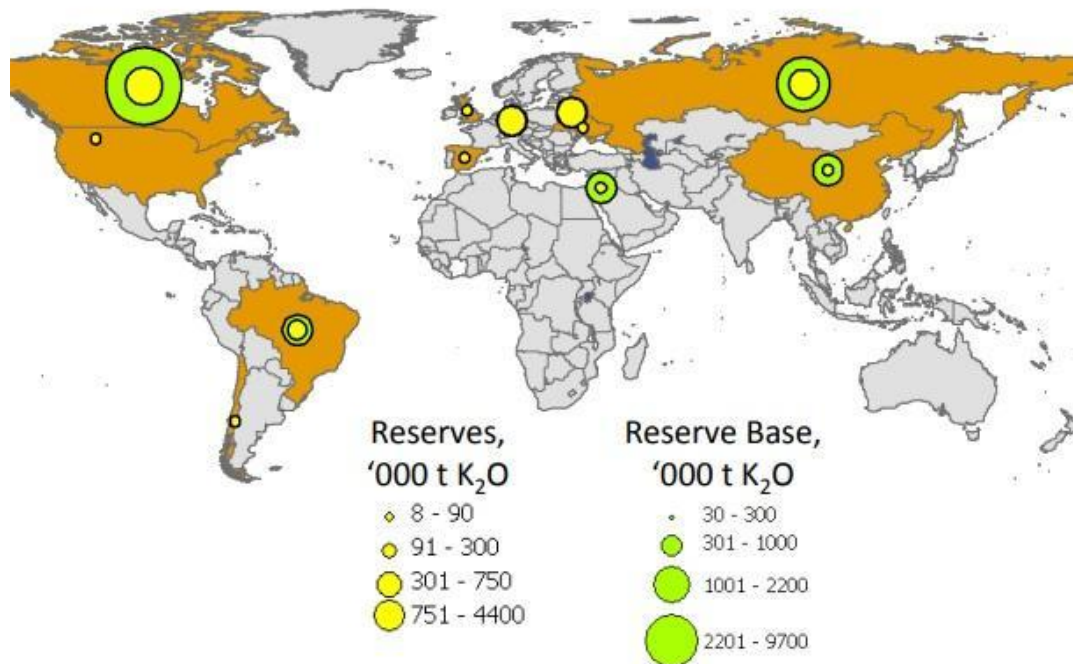


Figura 9: Localização das reservas de potássio. Fonte: Roberts (2008).

Na região de Taquari/Vassouras e Santa Rosa de Lima(SE) as reservas somam 475,4 milhões de toneladas com teor médio de 9,3 de K₂O equivalente. Entre essas, a reserva lavrável em Taquari/Vassouras(única mina em operação) representa 65,8 milhões de toneladas de minério “*in situ*”(teor de 16,08%) que corresponde a 10,6 milhões de toneladas de K₂O equivalente(Oliveira, 2015).

As reservas de silvinita de Santa Rosa de Lima são de aproximadamente de 66,9 milhões de toneladas de minério “*in situ*”(15,48 milhões de toneladas de K₂O equivalente). Também ocorre importantes depósitos de carnalita(KCl.MgCl₂.6H₂O) na área, minério constituído de potássio e magnésio, com teor médio de 10,4% de KCl e atingindo uma reserva de aproximadamente de 14,4 bilhões de toneladas. As reservas oficiais de Nova Olinda do Norte(localidade de Fazendinha e Ariri) no estado do Amazonas são da ordem de 493 milhões de toneladas com teor médio cerca de 20,1% de K₂O equivalente(**Tabela 2**)(Oliveira, 2015).

Tabela 2: Reservas de potássio por Unidade Federativa.

UF	Reservas em 10 ³ t K ₂ O
AM ¹	493.000
SE ²	475.400
SE ³	14.400.000
Total	15.368.400

Fonte: DNPM, 2015. Notas: 1 - Reservas de silvinita(medidas) com teor de 20,01%.(Fazendinha e Arari). 2 - Reservas silvinita de Taquari/Vassouras com teor médio de 9,3%. 3 - Reservas de carnalita(medida+indicada+inferida).

O Amazonas detém as mais importantes reservas de potássio da América do Sul, com quantidade suficiente para suprir as necessidades principalmente na produção de fertilizantes e a possibilidade de exportação para outros países(Acanthe, 2014). Essa imensa reserva de potássio se estende pelos municípios de Nova Olinda do Norte, Autazes, Itacoatiara, Itapiranga, São Sebastião do Uatumã, Parintins, Urucará e Maués(municípios amazonenses), seguindo a direção do Oeste do Pará(Adimb, 2016).

Segundo Rezende(2001), próximo ao município de Juruti, ainda na Bacia do Amazonas, ocorre indícios de mineralização de potássio(silvinita) contido em uma camada de 1,7 metro de espessura a uma profundidade de 1218 metros, caracterizando um local favorável a exploração dessa jazida.

3. ECONOMIA MINERAL E MERCADO DO POTÁSSIO

O potássio é um produto comercializado internacionalmente com poucos produtores que abastecem ou exportam para muitos países, incluindo o Brasil(Kulaif, 2009). O mercado mundial é dominado pelas enormes jazidas de potássio existentes no Canadá, Bielorrússia, Rússia e Alemanha(Oliveira, 2015). Somente quatro países são responsáveis pelo consumo de 60% do potássio usado como fertilizantes, são eles: China, Brasil, Estados Unidos e Índia(Kulaif e Góes, 2016).

Um dos motivos pelo grande consumo brasileiro de potássio na agricultura é a característica da superfície territorial, possuindo grandes áreas com solo ácido e pobre em nutrientes, essenciais as plantações do campo(Martins *et. all.*, 2008).

Por esse motivo, têm sido realizadas pesquisas com rochas potássicas que indicam ser uma fonte alternativa para o uso na agricultura, rochas como magmáticas alcalinas, rochas metassedimentares cálcio-silicáticas e produtos de metassomatismo potássico. Entretanto, a grande dificuldade é o tratamento para retirada do potássio na estrutura do mineral que apresenta bastante insolúvel. Entre os silicatos, os minerais que possuem potássio são a flogopita, biotita e feldspatóides. Apresentam solubilidade mais elevada e tem potencial favorável quando moídas e utilizadas de maneira semelhante ao calcário(Martins *et. all.*, 2008).

As oscilações dos preços dos fertilizantes aliada às características química e física dos solos brasileiros com baixos teores nutricionais e elevada acidez têm impulsionado os estudos das rochas silicáticas no uso agrícola. Essa alternativa como fonte de potássio pode contribuir para a redução do consumo de fertilizantes industriais de origem evaporíticas(Silva, 2012; Silva *et. all.*, 2012)

No município de Poços de Caldas localiza-se um maciço alcalino com uma estrutura circular de aproximadamente 800 km², que se expande pelos municípios de Caldas, Andradas e Águas de Prata em São Paulo. Um importante depósito de potássio de origem não evaporítica e como fonte alternativa para produção de fertilizantes(Kulaif e Góes, 2016). A **tabela 3** mostra as principais reservas de potássio de rochas silicáticas alcalinas que ocorre nos Estados de Minas Gerais e São Paulo.

Tabela 3: Mostra as reservas de potássio de rochas silicáticas em mil toneladas que ocorre no em Minas Gerais e São Paulo.

Local	Substância	Medido	Indicado	Inferido
MINAS GERAIS	-----	1.915.741	1.081.397	261.421
Andradas	RoSil. Alcalinas	37.029	20.412	-----
Caldas	RoSil. Alcalinas	9.521	10.911	-----
Matutina	RoSil. Verdete	1.100.132	537.728	5.714
Poços de Caldas	RoSil. Alcalinas	28.677	19.197	-----
Quartel Geral	RoSil. Verdete	301.683	182.485	47.825
São Gotardo	RoSil. Verdete	438.699	310.664	207.882
SÃO PAULO	-----	38.782	7.947	585
Águas da Prata	RoSil. Alcalinas	38.782	7.947	585
TOTAL	-----	1.954.523	1.089.344	262.006

Fonte: Adaptado de Kulaif e Góes, 2016; RoSil.: Rochas Silicáticas.

3.1 APLICAÇÕES

A grande demanda de sais de potássio é na agricultura por ser um dos principais nutrientes das plantas, essencial para o seu desenvolvimento, responsável pela resistência a doenças, manuseio e durabilidade na armazenagem(Lobo, 2008; Oliveira, 2008). Segundo Conrado(2010), o elemento potássio é necessário para o funcionamento de todas as células vivas, presente em todos os tecidos animais e vegetais.

Na maioria das plantações é utilizado o cloreto de potássio, porém em lavouras especiais pode ser necessário o uso de outros tipos de fertilizantes de potássio como os sulfatos (K_2SO_4) ou nitratos (KNO_3) de potássio(Nascimento *et. all.*,2008). No contexto das variedades de potássio, os dois mais utilizados são os cloretos de potássio(constituído de 60 a 62% de K_2O) e os sulfatos de potássio(constituído de 50 a

52% de K_2O). Aproximadamente 90% da produção mundial é na forma de cloreto(Nascimento e Miranda, 2015).

O cloreto de potássio pode ser usado como substituto parcial do sal de mesa para pessoas hipertensas. Com o potássio metálico pode-se utilizar em síntese para produção do peróxido de potássio(K_2O_2), onde é empregado em aparatos de respiração de bombeiros e mineiros, remove o gás carbônico e a água do ar em certos ambientes como de submarinos e ao mesmo tempo libera oxigênio. Pode ser usado na forma de uma liga com o sódio metálico para transferência de calor em processos especiais de refrigeração de reatores nucleares, também é empregado na produção de células fotovoltaicas(Peixoto, 2004; AGROLINK, 2016; CBMM, 2014).

Nitrato de potássio(KNO_3) é muito utilizado na indústria de alimentos como conservantes e com o clorato de potássio($KClO_3$) aplicado na produção de explosivos e fogos de artifícios. A produção de potássio é usado na manufatura de vidros especiais, sabões, e detergentes(Peixoto, 2004; Oliveira, 2008). Em termos mundiais, aproximadamente 5% do potássio é aplicado na indústria química(Oliveira, 2015).

3.2 PRODUÇÃO

A produção de potássio no Brasil está restrita ao complexo mina/usina de Taquari/Vassouras no Estado de Sergipe, constituída de lavra de silvinita e arrendada à Vale Fertilizantes S.A. A capacidade nominal de produção é da ordem de 500 mil t/ano de KCl, corresponde a 300 mil t/ano de K_2O equivalente. A produção da empresa é superior a meta prevista no projeto base, produzindo no ano de 2014 uma quantidade de 492,3 mil toneladas de KCl, correspondendo a 311 mil toneladas de K_2O equivalente(Oliveira, 2014).

Durante um período anterior a 2009, a produção de potássio vinha apresentando um crescimento com pequenas flutuações anuais, porém, a partir desse mesmo ano vem ocorrendo queda na produção(de 453 toneladas de K_2O em 2009 para 311 toneladas de K_2O em 2014)(Oliveira, 2014).

Entre os métodos de lavra do potássio, 86% dos produtores no mundo utiliza o método convencional de lavra subterrânea de câmaras e pilares, 10% utiliza o método usando a evaporação solar para obtenção do minério, e 4% usa a mineração por dissolução. Essa técnica é normalmente utilizado quando a extração subterrânea não é economicamente possível, devido a profundidade do depósito que comparativamente apresenta-se algumas vantagens, como por exemplo a eliminação do custo de perfuração de poços e o melhor aproveitamento dos depósitos quando originalmente o método era a mineração convencional(Nascimento *et. all.*, 2008; Alves, 2008). A produção de potássio no Brasil ocorre através da técnica câmaras e pilares retangulares.(Alves, 2008).

Grande partes das minas, o sal de potássio é extraído a partir de depósitos subhorizontais, onde as câmaras são criadas pela remoção do sal e os pilares permanecem entre elas para sustentação(Nascimento *et. all.*, 2008).

O processo para o beneficiamento do potássio geralmente segue as seguintes etapas que inclui britagem, moagem, deslamagem, separação seletiva dos minerais, secagem do produto final seguida de compactação ou granulação(**Figura 10**). No processamento para obtenção do KCl acontece a separação seletiva do NaCl que constitui o minério silvinita, através da redução de tamanho das partículas do minério em britadores de impacto e moinhos de barras, após a deslamagem o minério segue para as unidades de flotação(apud Nascimento *et. all.*, 2008).

Segundo Nascimento *et. all.*(2008), a técnica de flotação pode ser utilizado para beneficiamento de vários minérios de potássio como:

- minérios silviníticos;
- Sais pesados de kieserita($MgSO_4 \cdot H_2O$) e algumas vezes anidrita($CaSO_4$);
- Mistura de sais de silvinita e sais pesados de carnalita($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$);
- Poliminerais salinos contendo silvita, halita e kieserita($MgSO_4 \cdot H_2O$), além da langbeinita($K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$), kainita($4KCl \cdot 4MgSO_4 \cdot 11H_2O$), polihalita($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot CaSO_4 \cdot 2H_2O$), e argilas.

Os transportadores líquidos no processo de flotação são soluções saturadas em sais da matéria-prima, KCl e NaCl, onde ocorre o processo com a silvinita. A flotação de sais pesados, a salmoura contém quantidades de sulfato e cloreto de magnésio.

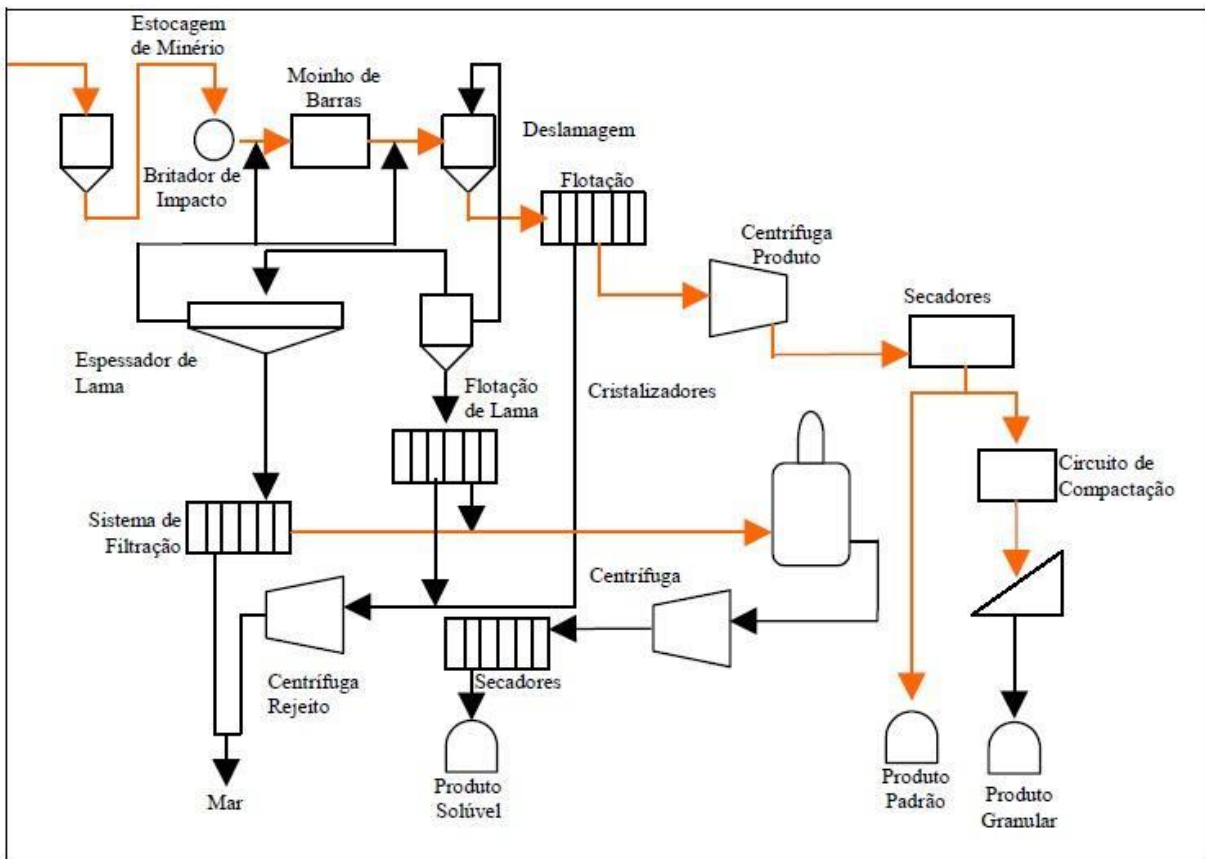


Figura 10: Diagrama do processamento do potássio. Fonte: Nascimento *et al.*(2008).

Nas cidades de Capela e Japarutuba, Sergipe, a Vale Fertilizantes criou o projeto Carnalita para exploração do minério rico em potássio e magnésio, com avaliação de produção inicial de 1,2 milhão de toneladas de cloreto de potássio por ano. O método que será utilizado é de lavra de dissolução, gerando uma salmoura que tem quatro fases de evaporação, seguida de cristalização, secagem e compactação do produto final. A concentração de sais de potássio nesse minério é menor quando comparado com a silvinita(Nascimento e Miranda, 2015).

A produção de potássio na usina de Taquari/Vassouras apresenta a cada ano sinas de queda de rendimento e com perspectivas de conclusão das operações até o final da década. Diante desse cenário, existe a necessidade de ampliar a produção de potássio no país. No Departamento de Produção Mineral(DNPM), há 983 processos

referente a exploração de minerais para produção de potássio fertilizantes, encontrados na tabela 4 com as respectivas fases(Nascimento e Miranda, 2015).

Tabela 4: Processos de requerimento dos direitos minerários de potássio.

Fase	N°
Requerimento de Pesquisa	136
Autorização de Pesquisa	521
Requerimento de Disponibilidade	38
Disponibilidade	272
Requerimento de Lavra	7
Concessão de Lavra	9
Total	983

Fonte: Nascimento e Miranda, 2015.

3.3 IMPORTAÇÕES

Diante da pequena produção interna, o Brasil é um grande importador mundial de potássio, tendo o Canadá como o principal fornecedor (DNPM, 2016) com 26,6%, seguida da Bielorrússia com 25,6%, Rússia com 18,35% e a Alemanha com 12,86%(**Figura 11**), fornecendo juntos cerca de 4,5 milhões de toneladas de K₂O equivalente, correspondendo a um valor da ordem de US\$-FOB 2,41x10⁹(Oliveira, 2015).

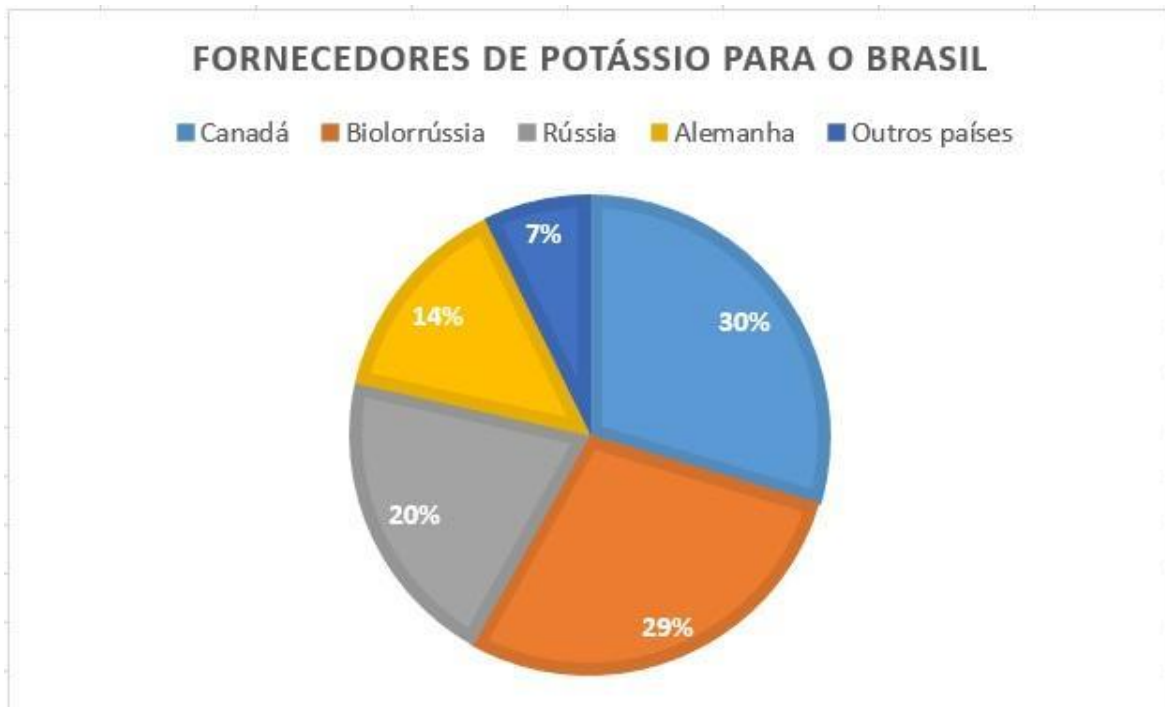


Figura 11: Origem do sal de potássio importado pelo Brasil. Fonte: Oliveira(2015).

A quantidade de potássio fertilizantes importados em 2014 foi em torno de 11,25% acima da quantidade do ano anterior, em 2013, enquanto que o valor de importação do produto ficou aproximadamente em 12,85% abaixo do observado em 2013(Oliveira, 2015).

A importação de fertilizantes intermediários (NPK), dos quais o setor agrícola doméstico é dependente mostrou uma redução significativa de 9,5% até julho de 2015, passou de 13,4 milhões para 12,13 milhões de toneladas (IBRAM, 2015)

Em 27 de abril de 2017 foi assinado um acordo de cooperação técnico-científico entre o DNPM/SGM/CPRM e Cetem que visa o desenvolvimento de programas, projetos de pesquisa, desenvolvimento e de inovação; para prestação de serviços tecnológicos. No setor de agrominerais, a intenção é que a tecnologia ajude a alavancar a produção nacional e reduzir a dependência da importação de 90% de potássio e 50% de fosfato para fabricação de fertilizantes (Brasil Mineral, 2017).

3.4 PREÇO

O principal uso dos sais de potássio é na agricultura, com mais de 95% da produção mundial sendo usado como fertilizantes(Oliveira,2008). Segundo Branco(2008), o Brasil é uma superpotência agrícola no mercado global de alimentos e um grande produtor e exportador de açúcar, álcool etílico, café, laranja, entre outros. Produtos esses que demandam potássio.

O potássio é agrupado entre as commodities não agrícolas e como produto de origem primária, seu preço é negociado nas bolsas de mercadorias. As commodities são produzidas e comercializadas em grandes quantidades do ponto de vista global que podem ser estocados sem perda significativa em sua qualidade durante determinado período, podendo ser produtos agropecuários e minerais (Ferreira *et. all.*, 2011; Branco, 2008).

Apesar da grande demanda de potássio, os fertilizantes de uma maneira geral vêm sofrendo uma tendência de queda de preço influenciada por menores ganhos dos produtos agrícolas, além de seus altos estoques e elevada oferta mundial. O colapso nos preços das commodities foi um dos motivos para a suspensão do Projeto Carnalita em Sergipe(DNPM, 2016; IBRAM, 2015).

O preço atual do potássio tem-se mantendo relativamente constante entre novembro de 2016 à abril de 2017, tendo um pequeno aumento nos meses de maio à junho para US\$ 218 dólares por tonelada métrica, uma taxa de variação de 0,93%(Indexmundi, 2017)(**Figura 12**).



Figura 12: Evolução do preço do potássio entre novembro de 2016 à maio de 2017. Fonte: Indexmundi.

4. POLÍTICA MINERAL DO POTÁSSIO

O potássio tem grande importância principalmente na agricultura e diante da crescente população mundial (**Figura 13**) e a necessidade para alimentação, os fertilizantes têm contribuído para o aumento da produtividade agrícola, evitando o uso de outras terras para produção de alimentos, melhorando a capacidade, qualidade, e preservação do meio ambiente (Vale, 2008; Oliveira, 2008).

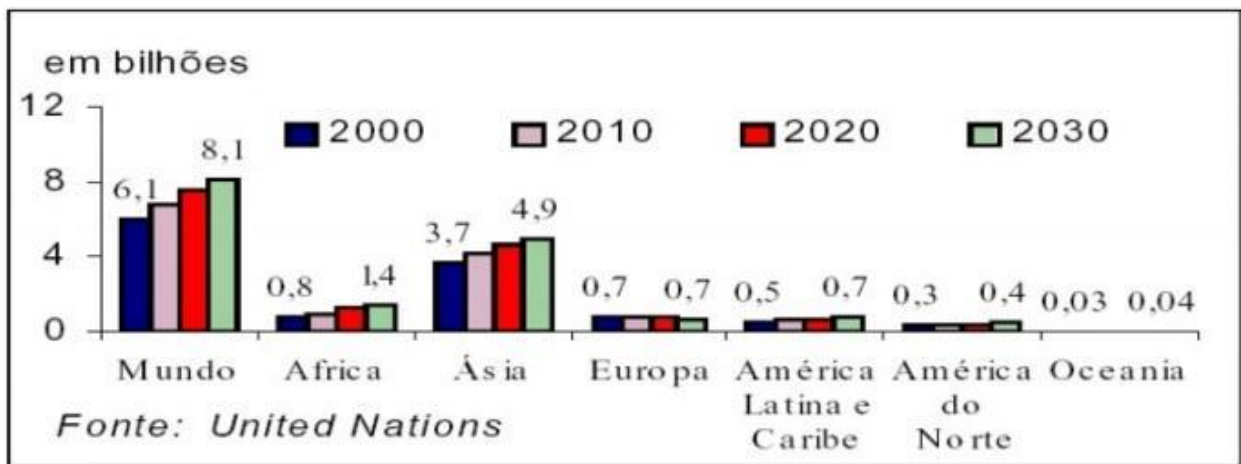


Figura 13: Projeção de crescimento da população mundial entre 2000 a 2030. Fonte: Alves(2008)

4.1 POTÁSSIO, MINERAL CRÍTICO E ESTRATÉGICO

Para um planejamento de uma política mineral duradoura, existe a necessidade de diferenciar os bens minerais, porém essa distinção depende dos interesses nacionais para mineração. Os minerais críticos têm alta dependência externa, imprescindível para setores vitais da economia como o agronegócio, exemplo do potássio que o Brasil importa para consumo interno, cerca de 90% ou equivalente a US\$ 2,2 bilhões (Silveira e Chemele, 2013).

Segundo Machado(2011), a matéria-prima é considerada crítica quando os riscos de pouca oferta e seus impactos na economia são mais altos quando avaliados com outras matérias-primas, considerando dois tipos de risco:

1- Risco da oferta, levando em consideração a estabilidade político-econômica dos países produtores, o nível de concentração da produção, potencial de substituição e a taxa de reciclagem;

2- Risco ambiental do país, avaliando os riscos apresentados por outros países.

Já os minerais estratégicos são vitais para a soberania do Poder nacional e é conhecido como “portadores do futuro”(Silveira e Chemele, 2013). Para IBRAM(2015), os minerais estratégicos estão relacionados com a importância que alguns minerais têm para o Comércio Externo Brasileiro, exemplo do nióbio, ferro, bauxita, caulim, potássio, entre outros(**Figura 14**). Destaca-se para os minerais agroindustriais que são de extrema importância, proporcionando que o Brasil atinja grandes volumes na produção sem expandir necessariamente, outras áreas plantadas. Segundo CPRM(2010), o potássio do Amazonas é estratégico para o Brasil, devido a existência de somente dois depósitos no país, em Taquari/Vassouras(SE) e Fazendinha/Ariri(AM).



Figura 14: Minerais estratégicos para o Brasil. Fonte: IBRAM, 2013.

Para Machado e Valério(2011, 2013), nem todo mineral crítico é estratégico, mas todo mineral estratégico é crítico. Portanto, a lista dos minerais críticos depende do rol dos minerais estratégicos de cada nação, depende da importância econômica do mineral, do grau de desenvolvimento tecnológico e por fim difere ao longo do tempo.

4.2 POLÍTICA BRASILEIRA PARA O POTÁSSIO

Apesar de ser considerado um dos produtos mais significativos na produção mineral, o Brasil dificilmente sairá da condição de dependência de importações de potássio devido à raros investimentos e regras fiscais desiguais para os minerais extraídos no país e os que vêm de fora. As importações dos principais compostos fertilizantes, NPK (Nitrogênio, Potássio e Fósforo), chega a 75%, utilizado para o consumo interno e somente o cloreto de potássio atinge mais de 90% da demanda nacional(IBRAM, 2013).

Em 2013, a Vale Fertilizantes tinha a intenção de investir no projeto de extração do minério de potássio no Estado de Sergipe a cifra de US\$ 4 bilhões, mas por causa da política fiscal diferenciada, favorável aos produtos importados em detrimento a produção interna, a empresa suspendeu o projeto (IBRAM, 2015a).

O Projeto Carnalita era um dos vários planos de produção de potássio que diminuiria a dependência externa, mas devido a não deliberação pelo Congresso Nacional de uma lei que permitiria dar isonomia tributária a extração desse mineral, inviabilizou a sua concretização, uma vez que o ICMS de 8,4% que é pago pela indústria nacional em média, não incide ou é distinto para o produto importado. Sem a isonomia fiscal entre a produção de potássio nacional e os importados, fica mais barato comprar no exterior a produzir no Brasil, colocando os produtores brasileiros em desigualdade em relação aos fornecedores. Outra desvantagem dos produtores brasileiros é a compensação financeira pela exploração de recursos minerais, também chamados de royalties, de 2% que não é utilizado na maioria dos países produtores de potássio(IBRAM, 2015b).

A estimativa do Projeto Carnalita era adicionar pelo menos 1,2 milhão de toneladas a produção nacional, economizando aproximadamente US\$ 17 bilhões em divisas ao longo de 29 anos, segundo os cálculos (IBRAM, 2015).

No caso do Projeto da mina de Autazes, estado do Amazonas, a avaliação é que a produção de cloreto de potássio inicie em 2018, segundo informações da empresa (Potássio do Brasil S.A), produzindo aproximadamente 2 milhões de toneladas, correspondendo cerca de 21% do consumo aparente de 2014. No entanto, a mineradora está com sua licença ambiental suspensa, devido a um acordo com o Ministério Público Federal (MPF) que recomendou uma consulta sobre o projeto da mina aos povos indígenas e as comunidades da região. Em julho de 2016, o órgão federal recomendou ao Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (Ipaam) que cancelasse a licença até a realização das consultas nos padrões da legislação (ABPM, 2015; GlobalFert, 2017).

As áreas com direitos minerários ativos em Autazes estão próximas e algumas foram identificadas em terras indígenas, por isso é importante avaliar com maior detalhe essa interferência (Figura 15). Onde está demarcada terras indígenas, a área foi bloqueada para realização de pesquisa e exploração mineral (Nascimento e Miranda, 2015).

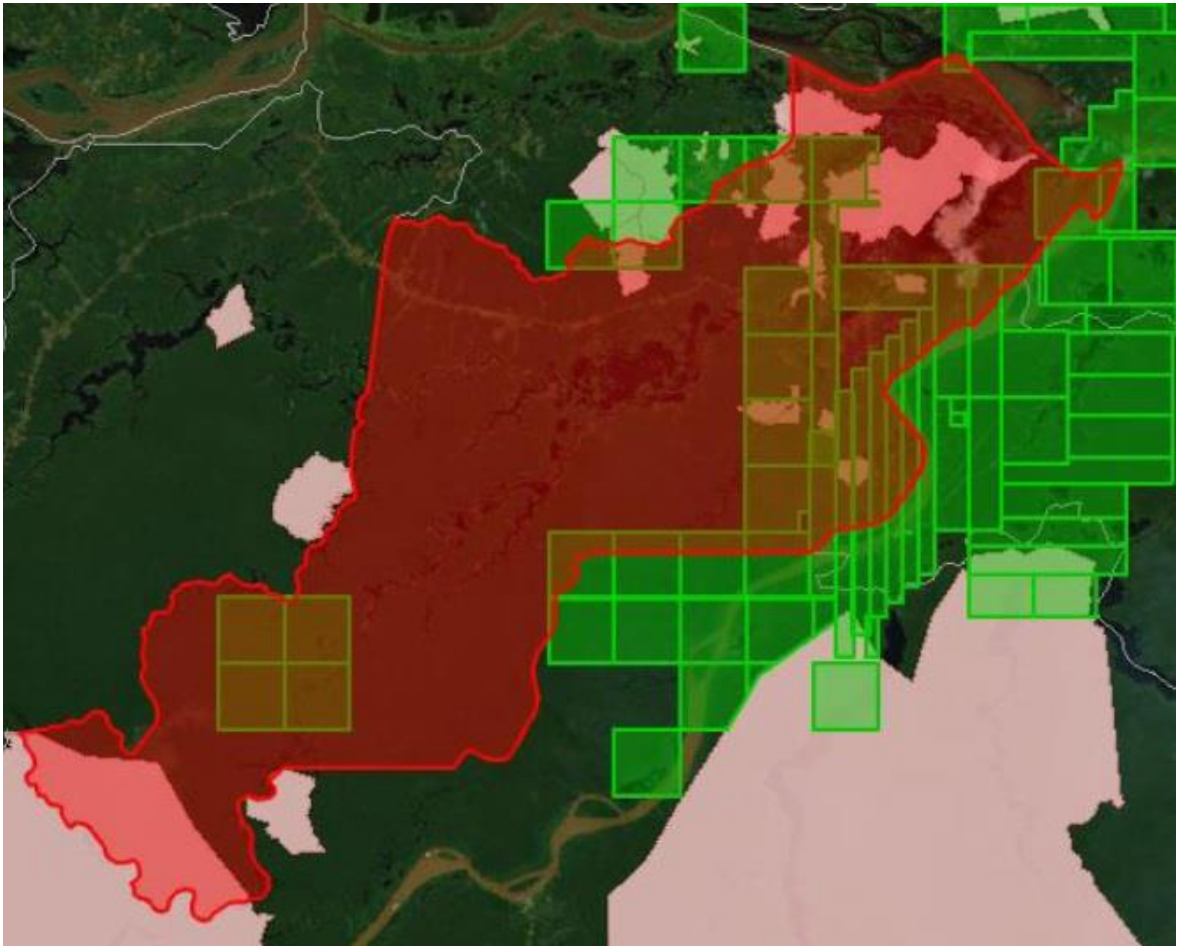


Figura 15: Recursos minerais em Autazes em terras indígenas. Fonte: Nascimento e Miranda(2015).

Segundo Adimb(2016), as reservas de potássio da Petrobrás(Fazendinha/Ariri) e da empresa Potássio do Brasil(Autazes) são imensas e têm a perspectiva de ser explorada por muitos anos, dependendo da vontade política do governo para criar as condições para viabilizar a execução da exploração.

No Estado do Pará, os principais investimentos nas pesquisas de potássio estão localizadas na região da Calha Norte, Bacia do Amazonas(**Figura 16**). Na Oficina realizada na SEDEME(Secretária de Estado de Indústria, Comércio e Mineração do Pará), o pesquisador da CPRM, Marcelo Vasquez, apresentou o mapa geológico dos recursos minerais do Pará com 75 jazimentos de agrominerais, entre eles está o calcário, fosfato, gipsita, anidrita e o potássio. Também destacou as pesquisas feitas em pó de

rocha(“rochagem”) como alternativa no uso na agricultura(PARÁ, 2012, 2013; Braga, 2012).

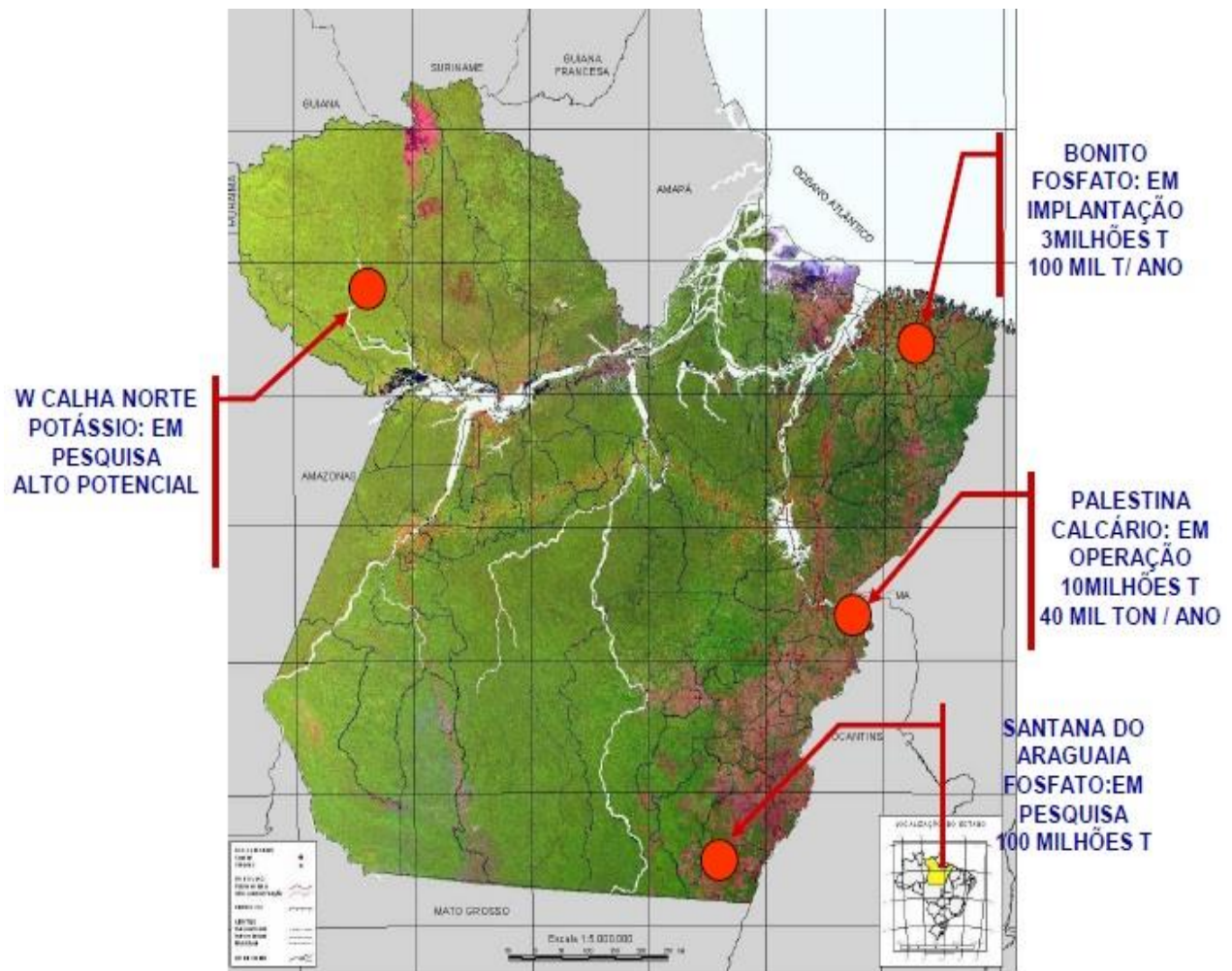


Figura 16: Principais pesquisas para insumos minerais para agricultura no Estado do Pará.
Fonte: Braga(2012).

5. IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DO POTÁSSIO

A mineração faz parte da economia brasileira e tem grande influência no desenvolvimento da sociedade, desde que seja realizada com responsabilidade social e desenvolvimento sustentável(Farias, 2002). Pois a destinação indevida de resíduos industriais no meio ambiente gerado através de processos naturais ou antrópicos causam prejuízos a natureza e à saúde humana, devendo ser cuidadosamente avaliada a forma de produção e alocação dos rejeitos(Garcia *et al.*, 2002).

Segundo Alves(2015), os principais impactos decorrentes de atividades mineradoras relaciona-se a contaminação de lençóis freáticos, rios, poluição do ar e solo, impactos na fauna e flora, assoreamento, erosão, mobilização de terra, instabilidade de taludes, vibrações, poluição visual e sonora, entre outros.

5.1 IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NOS PRINCIPAIS DEPÓSITOS

5.1.1 FAZENDINHA/ARIRI(AM)

O depósito da localidade Fazendinha está situado no município de Nova Olinda do Norte no estado do Amazonas abrangendo uma área de 5.586,253 km² com uma população estimada em 2016 de 35.800 hab.(IBGE, 2016a).

O maior desafio na exploração de potássio na Bacia do Amazonas é avaliar os impactos ambientais que pode ser causado com a geração de um grande volume de resíduos, pois o pequeno volume de rejeito aproveitado é apenas uma fração da produção total. A exploração de potássio em Sergipe está nas proximidades do oceano, onde o rejeito é lançado sem perturbar o ecossistema, não podendo ser feito o mesmo na bacia de água doce, exemplo dos rios do Amazonas(Gomes, 2009).

5.1.2 AUTAZES (AM)

O depósito em Autazes no estado do Amazonas têm o mesmo contexto do depósito de Fazendinha/Ariri e está nas proximidades do Rio Madeira. Quando a mina/usina de Autazes estiver em operação, o rejeito do potássio conhecido como cloreto de sódio, será recolocado na própria cava, esse método é denominado de *backfill*, método diferente da mina de Taquari/Vassouras, onde o rejeito é enviado ao mar(ABPM, 2015).

O Relatório de Impactos ambientais realizado pela empresa que explora o minério de potássio em Autazes abordou alguns fatores de impactos ambientais e apontou algumas medidas para contrapor a essas influencias como o controle para emissões atmosféricas, qualidade do ar, gestão do uso e qualidade da água, gestão dos resíduos sólidos, aproveitamento dos recursos florestais suprimidos, resgate e reintrodução da flora e manejo da fauna, combate a incêndio florestais, recuperação de áreas degradadas e estação de tratamento de esgoto. O diretor da empresa ressaltou que foram realizadas sondagens e desenvolvidas tecnologias para isolar a área da mina para não contaminar a água dos lençóis freáticos da região(Adimb, 2016).

5.1.3 TAQUARI/VASSOURAS(SE)

A mina/usina de Taquari/vassouras está localizado no município de Rosário de Catete no estado de Sergipe, distante de Aracaju cerca de 37 km, com uma população estimada em 2016 de 10.533 hab.(IBGE, 2016b). A economia da cidade é forte na monocultura de cana-de-açúcar e ocupa grande parte das áreas agricultáveis, ganhando espaço da pecuária do município, mas o que move a economia é a extração de minério de potássio, operada pela empresa Vale Fertilizantes Ltda. que sozinha emprega em torno de duas mil pessoas direta e indiretamente e ainda paga royalties pela extração. Em média, Rosário de Catete recebe R\$ 3 milhões em royalties (Rosário do Catete, 2017).

A mina de potássio de Taquari/Vassouras está situada entre os campos petrolíferos de Carmópolis e Siriri na porção sul da bacia sedimentar Sergipe-Alagoas, e pela proximidade, situada a grandes profundidades e em uma zona geológica onde há

ocorrência de gases explosivos, a mina demandou investimentos em tecnologia de lavra subterrânea complexa para exploração do depósito. Outro problema encontrado foi a possibilidade de inundação da mina, pois existe na região da lavra formações aquíferas. Também ocorre a presença de uma rocha higroscópica com baixa resistência mecânica situada logo abaixo da camada de minério a ser extraído(Monte *et al.*, 2002).

Segundo Nascimento *et. all.*(2008), com problemas na abertura dos poços devido a presença de lençóis aquíferos, houve a necessidade de uma cobertura por concreto especial e um tipo de resina epóxi para sustentação e com isso evitar a inundação.

No processo de beneficiamento do potássio é gerado um rejeito rico em cloreto de sódio, cerca de 70% do minério(Garcia *et. all.*, 2002), esses líquidos industriais são recuperados em diques de contenção com capacidade de 90 mil m³ e bombeados com os resíduos da flotação para o mar através de salmouroduto. As águas pluviais também são drenados para os diques de contenção de resíduo sólidos para o aproveitamento na usina ou o descarte com os rejeitos transportados para o mar(Baltar *et al.*, 2001).

Segundo Macedo(1998), quando os sais de potássio são lavrados por dissolução *in situ*, em grandes profundidades e bombeados para a superfície, os impactos ambientais são quase nulos.

Na secagem do concentrado ocorre com gás natural de petróleo, pretendendo eliminar a emissão de gases tóxicos produzidos por óleos combustíveis. Os sistemas de aspersão de água, sistemas de confinados e filtros de captação de pó reduzem bastante os impactos da poluição atmosférica.(Baltar *et al.*, 2001).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade dos recursos naturais e os impactos ambientais nas últimas décadas, levaram a uma crescente preocupação devido ao um grande aumento populacional e a produção industrial em diversos setores, acarretando impactos em todos os ecossistemas do planeta.

O potássio é um dos macronutrientes chave para a vida na Terra, demandando em grandes quantidades pelas plantas e animais. Ela é obtida pelas plantas através do solo e depois removida nas colheitas em produtos vegetais. O potássio absorvido do solo precisa ser repostado para manter a fertilidade e a capacidade produtiva na agricultura, essencial para sustentação e segurança alimentar mundial.

Os sais de potássio usado como fertilizantes não é reciclado e de fato é perdido quando aplicado na agricultura, onde 95% da produção mundial é destinado para esse fim.

Diante dos levantamentos de dados realizados em instituições de ensino, pesquisa, órgãos de fiscalização de atividades de mineração(DNPM), etc, fica evidente a necessidade de uma política nacional que favoreça os produtores de sais de potássio, setores do agronegócio e a sociedade de uma maneira geral, haja vista que 90% das importações de potássio corresponde em dividendos que o Brasil deixa de poupar para comprar um produto que existe no território nacional, mas não é explorado satisfatoriamente.

No Brasil existem duas empresas que possuem concessões para explorar os principais depósitos de potássio de origem evaporítica, a Vale Fertilizantes Ltda. e a Potássio do Brasil S.A. A companhia Vale Fertilizantes possui uma usina/mina em operação em Rosário do Catete(SE) que produz potássio do minério silvinita desde 1985(data de sua inauguração) e já apresenta sinais de exaustão da mina, sendo imprescindível abertura de outros projetos.

Apesar desse cenário, o Projeto Carnalita que está localizado no mesmo contexto da Bacia Sergipe-Alagoas, encontra-se suspenso por causa de situações tributárias que o Congresso Nacional ainda não colocou em pauta. A Lei de estabilidade fiscal para extração de minerais daria isonomia e produtividade aos produtores brasileiros em

relação aos produtores estrangeiros. Já o depósito de Fazendinha/Ariri, Estado do Amazonas, ainda não existe previsão para extração/beneficiamento do minério pela companhia Vale.

A mineradora Potássio do Brasil S.A está com o projeto de extração de sais de potássio em Autazes, Estado do Amazonas, com todas as informações geológicas da jazida, processo junto ao DNPM avançado ou quase concluído, porém têm esbarrado com as questões ambientais, sendo exigido pelo Ministério Público Federal(MPF) que faça uma consulta pública com os indígenas e as comunidades da região afetada pelo projeto, tornando a execução da mina incerta.

O agronegócio no Brasil representa aproximadamente um terço do PIB e liga vários setores da economia como a indústria de confecções de roupas, produtos de higiene pessoal e principalmente o setor dos produtos alimentícios. Ela emprega milhões de trabalhadores de forma direta e indiretamente, gerando diversos insumos, riquezas e bem estar para as famílias. Visto a importância do agronegócio para a economia brasileira, os sais de potássio usado como fertilizante têm a mesma importância para o agronegócio, porém ainda não reconhecido de fato pelos governos municipais, estaduais e federal.

Existem poucos trabalhos referente a exploração de potássio no Brasil, no caso da UFPa, não foi encontrado em seus acervos nenhum trabalho de conclusão de curso, dissertação ou tese relacionado aos depósitos de potássio, somente dois livros, sendo isso um reflexo da necessidade de criar mais trabalhos de pesquisas através de formação de grupos de estudo.

Este grupo teria a responsabilidade de produzir os resultados das pesquisas e mapear os depósitos atuais e os surgentes em forma de artigos periódicos, servindo como base para a comunidade acadêmica e principalmente para incentivos da exploração do minério. Os frutos desse trabalho será um acervo mais rico e detalhado em conhecimento desse importante minério para agricultura e a indústria química, posto que é um mineral estratégico para economia brasileira.

REFERÊNCIAS

ABPM - Associação Brasileira de empresas de Pesquisa Mineral. 2015. Notícia: Mineradora pede licença prévia para projeto de potássio no Amazonas. Publicado em 22/01/2015. Disponível em: <<http://www.abpm.net.br/noticia/mineradora-pede-licenca-previa-para-projeto-de-potassio-no-amazonas>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

Acanthe, T. 2014 – Polo mineral do Amazonas. Disponível em: http://www.ahkbrasilien.com.br/fileadmin/ahk_brasilien/portugiesische_seite/departamentos/Cooperacao_e_Desenvolvimento/Polo_Mineral_do_Amazonas.pdf Acesso em 10 jul. 2017.

ADIMB – Agência para o Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Mineral Brasileira. 2016 – Desoneração de impostos do potássio é destaque do Parlamento Amazônico. Disponível em: <http://www.adimb.com.br/site/admin/inc/clipping/339.pdf> Acesso em: 10 jul. 2017

AGROLINK - 2016 - Fertilizantes - Potássio. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/potassio_361446.html Acesso em 19/07/2017.

Alves, A. 2015 - *Proposição de um Modelo para a Avaliação do ciclo de vida do Nióbio*. PhD Thesis, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, SP.

Alves, E.A. 2008 - Produção de potássio. Panorama do Brasil e no mundo. Vale S.A. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/agrominerais/livros/producaopotassio.pdf> Acessado em 27/06/2017.

Baltar, C.A.M.; MONTE, M.B.de M.; Andrade, M.C.; Moura, R.L. - 2001 - Cloreto de potássio CVRD/Mina de Taquari *In*: Usinas de Beneficiamento de Minérios do Brasil. CETEM-Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro.

Bobco, F. E.R. 2014 - Caracterização faciológica, petrográfica e isotópica dos evaporitos do Membro Ipubi, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. Porto Alegre, IGEO/UFRGS.

Braga, J.B.P. 2012 - O setor mineral paraense e suas potencialidades de investimento. DNPM. Belém-Pará. Disponível em: <http://sedeme.com.br/portal/> Acesso em 19/07/2017.

Branco, A. L. de C. 2008 - A produção de soja no Brasil: Uma análise econométrica no período de 1994-2008. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas.

Brasil Mineral - 2017 - Tecnologia Mineral - MME e Cetem selam acordo de cooperação. Disponível em: <http://www.brasilmineral.com.br/noticias/mme-e-cetem-selam-acordo-de-coopera%C3%A7%C3%A3o> Acesso em 04/07/2017.

CBMM – 2014 – Agrominerais In: Minerais estratégicos e terras raras. Centro de Estudo e Debates Estratégicos. Brasília.

Cerqueira, R.M. de; Chaves, A.de P.V.; Pessoa, A.F.C.; Monteiro, J.L.de A.; Pereira, J.C.; Wanderley, M.de L. 1997 - Potássio *In*: Principais depósitos minerais do Brasil, volume IV parte C cap. 21 DNPM e CPRM. Brasília.

Coasul - 2013 - Potássio do Brasil anuncia descoberta de duas novas jazidas de potássio no AM. Disponível em: <http://www.coasul.com.br/potassio-do-brasil-anuncia-descoberta-de-duas-novas-jazidas-de-potassio-no-am/> Acesso em 05/07/2017.

Conrado, F.de O. 2010 - Controle da caçemia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em www.ufrgs.br acesso em: 21/06/2017

CPRM - Companhia de pesquisa de recurso mineral. 2010 - Geodiversidade do Estado do Amazonas. Programa Geologia do Brasil. Manaus.

Dardenne, M.A.; Schobbenhaus, C. 2001 - Metalogênese do Brasil. Ed. Universidade de Brasília.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. 2016 - Informe Mineral do primeiro semestre. Brasília. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/estatisticas-e-economia-mineral> Acesso em 25/05/2017.

ECYCLE - O que é a avaliação de ciclo de vida(ACV) de produtos e quais seus impactos sobre o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35-atitude/3074-o-que-e-avaliacao-analise-ciclo-vida-produto-acv-ferramenta-metodologia-estudo-etapas-cadeia-produtiva-extracao-producao-embalagem-transporte-uso-deposicao-impactos-efeitos-riscos-poluicao-meio-ambiente-saude-sustentabilidade.html> Acesso em 05/07/2017.

Fanton, J. 2013 - Reservas de Potássio no Estado do Amazonas - FIAM. Potássio Brasil. Disponível em: <http://www.suframa.gov.br/FIAM/arquivos/seminarios-2013-palestras/palestras-s2/2013-PBL-APRESENTACAO-FIAM-29112013-JF.pdf> Acesso: 10/07/2017.

Farias, C.E.G. 2002 - Mineração e meio ambiente no Brasil. Relatório. Disponível em http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/minera.pdf Acesso em 26/06/2017.

Ferreira, L.G.; Reis, E.A.; Tavares, M.; Lemes, S. 2011 - Um estudo da relação entre os preços de petróleo, minério de ferro, superfosfato, uréia e potássio e o custo de produção da commodity

café nas principais regiões produtoras do país. In: 18º Congresso Brasileiro de Custos. Rio de Janeiro, *Anais*.

Garcia, C.A.B.; Aragão, K.A.S.; Garcia, H.L.; Alves J.do P. H. 2002 - Caracterização de efluente hipersalino de indústrias mineradoras do Estado de Sergipe. 25ª Reunião Anual da SBQ. Poços de Caldas-MG. Disponível em: <http://www.s bq.org.br/25ra/editorial.htm> Acesso em 05/07/2017.

Globalfert - 2017 - Potássio do Brasil pede suspensão de licença prévia. Notícia de Mineração publicada em 21/03/2017. Disponível em: <https://globalfert.com.br/noticia.php?n=potassio-do-brasil-pede-suspensao-de-licenca-previa> Acesso em 11/07/2017.

Gomes, F. 2009 - Rejeitos de potássio são problemas na Amazônia. Disponível em <http://www.estadao.com.br/noticias/geral,rejeitos-de-potassio-sao-problema-na-amazonia,463209> Acesso em 23/06/2017.

Harben, P.W. Feldspar. In: The industrial mineral handy book - A guide to markets, specifications, & prices, 2º Ed. 62-65p. 1995.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2016a - Município de Rosário de Catete. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/> Acesso em 24/06/2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2016b - Município de Nova Olinda do Norte. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/> Acesso em 24/06/2017.

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. 2011 - Sondagem intercepta mineralização de potássio na Bacia Amazônica. Disponível em: http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD_CHAVE=150261 Acesso em 05/07/2017.

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. 2013 - Produção mineral Brasileira X Mundial 1930-2012. Brasília-DF. Disponível em <http://www.ibram.org.br/> Acesso em: 26/06/2017

IBRAM, Instituto Brasileiro de Mineração - Informações sobre a economia mineral brasileira 2015a. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/> Acesso em: 06/06/2017

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. 2015b - Oficina Técnica para debater a importância da exploração de potássio para agricultura brasileira. Disponível em <http://www.ibram.org.br/> Acesso em: 26/06/2017

Indexmundi. 2017 – Cloreto de Potássio, preço mensal. E.U. dólares por tonelada métrica. Disponível em: <http://www.indexmundi.com/pt/pre%C3%A7os-de-mercado/?mercadoria=cloreto-de-pot%C3%A1ssio> Acesso em 06/06/2017.

IPI - Instituto Internacional do Potássio. 2013 - Potássio, um nutriente essencial para a vida. 60 Anniversary 1952-2012. Disponível em: <https://www.ipipotash.org/udocs/397-potassio-um-nutriente-essencial-para-a-vida.pdf> Acessado em 05/07/2017.

Kendall, A.C. 1984 - Evaporites. Em: Walker, R.G.(ed.), Facies Models. Second Editions. Geoscience Canada Reprint Series 1, Cap. 17, 259-296p.

Kinpara, D.L. 2003 - A importância estratégica do potássio para o Brasil. Embrapa. Documentos 100. Planaltina, DF.

K+S KALI: banco de dados. 2014. Disponível em: <http://www.kali-gmbh.com/ptpt/company/news/charts/chart-of-the-month-201403-die-weltweiten-kalivorkommen.html> Acesso em 28/06/2017.

Kulaif, Y.; Góes, A. M. 2016 Potássio no Brasil. In: Melfi, A.J.; Misi, A.; Campos, D. de A.; Cordani, U.G. Recursos Minerais no Brasil (1ª Ed.) Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-7006.pdf> Acesso em 26 jun. 2017.

Kulaif, Y. 2009 - Perfil do potássio. Relatório técnico nº52 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia - Projeto Estal. Brasília: SGM/MME: BIRD. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P29_RT52_Perfil_do_Potxssio.pdf/4971d20d-6612-4882-b131-450e15524ff8 Acesso em: 27/06/2017.

Lobo, V. 2008 - Mercado e o Desafio da indústria de Fertilizantes no Brasil. Disponível em: http://www.ibram.org.br/cbminas/palestras/25_11_00_Vicente%20Lobo.pdf. Acessado em: 27/06/2017.

Loureiro, F.E.L.; Melamed, R.; Neto, J. F. 2009 - *Fertilizantes agroindústria e sustentabilidade*. Rio de Janeiro, CETEM. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br> Acesso em: 04 jul. 2017.

Macedo, A.B. 1998 - Recursos minerais não-metálicos. Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v12n33/v12n33a05.pdf> Acessado em 05/07/2017.

Machado, I. 2011 - A demanda Mundial de minerais críticos. IG/Unicamp.

Martins, E.de S.; Oliveira, C.G. de; Resende, A.V.de; Matos, M.S.F. de 2008 - Agrominerais - rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para agricultura In: Rochas e Minerais Industriais, cap. 9. p. 208 CETEM-MCT. Rio de Janeiro.

MSPC - Informações Técnicas. 2017 - Potássio - K. Disponível em: <http://www.mspc.eng.br>. Acessado em 28/06/2017.

Nascimento, M.; Monte, M.B.M.; Lápido-Loureiro, F. E. 2008 - Agrominerais: potássio. In: Luz A. B. & Lins F. (eds.). *Rochas e minerais industriais: usos e especificações*. 2. ed. Rio de Janeiro, CETEM/MCT, p. 175-200.

Nascimento, M; Monte, M.B. de M.; Loureiro, F.E.L. - 2005 Agrominerais: Potássio In: Rochas e Minerais Industriais: Usos e especificações. 1ª ed. Rio de Janeiro: CETEM-MCT. p 173.

Nascimento, R.L.; Miranda, L.A. 2015 - Exploração de potássio no Brasil. Consultoria Legislativa. Câmara dos Deputados. Brasília-DF. Disponível em: http://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/estudos-e-notas-tecnicas/areas-da-conle/tema2/2015-13726_exploracao-de-potassio-no-brasil_rodrigo-limp-e-luiz-miranda. Acesso em 28/06/2017.

Oliveira, L.A.M.de, 2008 - Potássio. DNPM. Brasília. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/> Acesso em 22/06/2017

Oliveira, L.A.M. 2015 Potássio. In: Sumário Mineral v. 35 p. 94 ISSN 0101 2053: DNPM. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2015>. Acesso em: 27/06/2017.

Pará. Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração – SEDEME. 2012. *Relatório da 4ª Oficina: insumos minerais para agricultura*. Disponível em: <<http://sedeme.com.br/portal/mineracao/plano-de-mineracao/oficinas/>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

Pará. Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração – SEDEME. 2013 - *Relatório da 8ª Oficina: royalties minerais e o desenvolvimento regional*. Disponível em: <<http://sedeme.com.br/portal/mineracao/plano-de-mineracao/oficinas/>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

Peixoto, E.M.A. 2004 - Elemento Químico Potássio. Química Nova na Escola. nº 19, Disponível em <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a14.pdf> Acesso em 27/06/2017.

Pomerol, C.; Lagabrielle, Y.; Renard, M.; Guillot, S. (ed.) 2013 - Princípios de geologia: Técnicas, modelos e teorias. 14. Ed. Porto Alegre: Bookman, 1017 p. 2013.

Potássio do Brasil, 2016 O potássio da Bacia do Amazonas: Avanços nas pesquisas e perspectivas. Disponível em: http://www.adimb.com.br/simexmin2016/palestra/auditorio_sao_joao_delrey_17/16h40%20Jose%20Fanton.pdf Acesso em 06/06/2017.

Rezende, N.G.A.M. 2001 - Insumos minerais para agricultura e áreas potenciais nos Estados do Pará e Amapá. Belém: CPRM, p. 50 (Informe de Recursos Minerais. Série Insumos minerais para agricultura, n. 10)

Roberts, T.L. 2008 - Global Potassium Reserves and Potassium Fertilizer Use. Symposium-Global Nutrient Cycling in october 6, 2008. IPNI(International Plant Nutrition Institute). Disponível em:

[http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/0/9c5cff1af71db2ce852574e8004ecc00/\\$FILE/Roberts%20-%20ASA%20Nutrient%20Cycling%20Symposium%20Potash.pdf](http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/0/9c5cff1af71db2ce852574e8004ecc00/$FILE/Roberts%20-%20ASA%20Nutrient%20Cycling%20Symposium%20Potash.pdf) Acesso em 12/07/2017.

Rosário do Catete. Prefeitura Municipal. 2017. *Economia*. Disponível em: <http://www.rosariodocatete.se.io.org.br/economia>. Acesso em: 29 jun. 2017.

SAD, A.R.; CAMPOLINA, A.C.; COSTA, A.M.da; LIMA, F.R.T.; CARVALHO, R.S. 1997 - Potássio *In: Principais depósitos minerais do Brasil, volume IV parte C cap. 21 DNPM e CPRM. Brasília.*

Searls, J.P. 1992 - Potash. Disponível em: <http://images.library.wisc.edu/EcoNatRes/EFacs2/MineralsYearBk/MinYB1992v1/reference/econatres.minyb1992v1.jsearls2.pdf> Acesso: 12/07/2017.

Shinotsuka, L. Y.; Nakagawa, M.I. 2014 - Avaliação do ciclo de vida da incineração de um resíduo sólido urbano. Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em <http://sites.poli.usp.br/p/augusto.neiva/TCC/TCCs-finais-2014/2014-13.pdf> Acesso em 05/07/2017.

Silva, A.A.S. da; Medeiros, M.E.; Sampaio, J.A.; Garrido, F.M. - 2012 - Caracterização do Verdete de Cetro do Abaeté para o desenvolvimento de um material com liberação controlada de potássio. *Holos* ISSN 1807-1600. Disponível em <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1093> Acesso em 06/07/2017.

Silva, M.A.M. da; Schreiber, B.C.; Santos, C.L.dos - 2001 - Evaporitos como recursos minerais. *Revista Brasileira de Geofísica*, vol. 18(3) p. 337-349
Disponível em: <http://www.scielo.br> Acesso em 14/06/2017.

Silva, D.R.G. - 2012 - Caracterização e avaliação agrônômica de rochas silicáticas com potencial de uso como fontes alternativas de nutrientes e corretivos da acidez. Programa de Pós-Graduação-UnB. Brasília-DF.

Silva, M.A.M. da; Schreiber, B.C.; Santos, C.L.dos - 2001 - Evaporitos como recursos minerais. *Revista Brasileira de Geofísica*, Vol. 18(3)
Disponível em: <http://www.scielo.br> Acesso em 14/06/2017.

Silveira, F.V.; Chemale, L.T. 2013 - Minerais, Projetos estratégicos. CPRM. Brasília.
Disponível em: <http://sedeme.com.br> Acesso em 14/06/2017

Suguió, K. 2003 - Geologia Sedimentar. Editora: Blucher. São Paulo.

Tuker, M.E. 2001. Sedimentary Petrology-An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks. Oxford, Blackwell, 262 p.

Vale - Companhia Vale S.A. 2008 - Produção de potássio. Panorama no Brasil e do mundo. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/agrominerais/livros/producaopotassio.pdf>
Acesso em 26/06/2017.

Valério, M. 2013 - Minerais estratégicos: Definição e Utilização. Departamento de Física da UFS. Disponível em:
http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:5wvODbd_EsAJ:legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento/download/27b8c1c3-e78a-4a6c-985d-885c3d938054+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br Acesso em 30/05/2017.

Warren, J.K. (Ed.) 2005 - Evaporites - Sediments, resources an hydrocarbons. Book. Department Petroleum Geoscience. University Brunei Darussalam. p. 791-888