

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA

Thais Anjos Correia



AVALIAÇÃO CRÍTICA DOS NOVOS PROJETOS DE PRODUÇÃO DE
POTÁSSIO NO BRASIL

RIO DE JANEIRO

2023

Thais Anjos Correia

AVALIAÇÃO CRÍTICA DOS NOVOS PROJETOS DE PRODUÇÃO DE POTÁSSIO NO
BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Orientador: Armando Lucas Cherem da Cunha

Rio de Janeiro

2023

CIP - Catalogação na Publicação

C824a Correia, Thais Anjos
 AVALIAÇÃO CRÍTICA DOS NOVOS PROJETOS DE PRODUÇÃO
DE POTÁSSIO NO BRASIL / Thais Anjos Correia. -- Rio
de Janeiro, 2023.
 143 f.

 Orientador: Armando Lucas Cherem da Cunha.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Química, Bacharel em Engenharia Química, 2023.

 1. Fertilizantes potássicos. 2. Indústria de
fertilizantes. 3. Projeto Autazes. 4. Projeto
Carnalita. I. Cunha, Armando Lucas Cherem da ,
orient. II. Título.

Thais Anjos Correia

AVALIAÇÃO CRÍTICA DOS NOVOS PROJETOS DE PRODUÇÃO DE POTÁSSIO NO
BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovado em 02 de agosto de 2023.

Armando Lucas Cherem da Cunha, DSc, UFRJ

Érica de Melo Azevedo, DSc, IFRJ

Marcelo Mendes Viana, DSc, UFRJ

Rio de Janeiro
2023

*Aos meus pais, Wania Regina e José Augusto, por todo amor e apoio
em todos os momentos da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por tornar tudo possível, por colocar as pessoas certas no momento certo em minha vida (algumas delas estão lendo esse trabalho), por me mostrar que sou capaz e sempre me proteger.

Agradeço aos meus pais, Wania e José, e meu irmão, Gabriel, por todo apoio, amor, carinho, orientação, por estarem do meu lado sempre e por acreditarem em mim mesmo quando eu não acreditava.

Agradeço aos meus avós, Dulce e José, Diamantina e Antônio, por sempre estarem torcendo por mim, de onde estiverem.

Agradeço à minha tia Claudia por todo amor, carinho, apoio e conselhos.

Agradeço aos amigos, em especial Eduardo Barbieri e Fernanda Soares, por todo companheirismo durante esses anos, além de toda ajuda, conselhos, apoio e aguentar meus áudios de estresse.

Agradeço às pessoas que cruzaram meu caminho e me ajudaram durante essa graduação, alguns se tornaram amigos e colegas, e tornaram as longas horas de estudo e laboratório mais agradáveis.

Agradeço aos meus professores da graduação e das escolas, suas aulas e seus conhecimentos me possibilitaram realizar alguns dos meus sonhos e eu sou muito grata por isso.

Agradeço aos professores que me orientaram em monitorias e iniciação científica, vocês foram meus primeiros “chefes” e agradeço os conhecimentos e as oportunidades.

Agradeço ao meu estágio e todos os profissionais dele, eu aprendi muito durante esses anos e me considero uma profissional muito melhor depois de todas as experiências.

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para que eu pudesse estar finalizando essa graduação e me tornando engenheira química.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Armando Lucas Cherem da Cunha, por toda ajuda, paciência, orientação e explicações durante as suas aulas e durante a elaboração deste trabalho, principalmente pelo apoio para eu me formar esse período.

Agradeço à banca examinadora, Professor Dr. Armando Lucas Cherem da Cunha, Professora Dra. Érica de Melo Azevedo e Professor Dr. Marcelo Mendes Viana, por aceitarem o convite para participar da banca de defesa do meu projeto final e finalizar esse importante ciclo da minha vida.

Por fim, agradeço à Escola de Química e à Universidade Federal do Rio de Janeiro pela experiência e crescimento adquiridos, durante muitos anos sonhei em frequentar esses corredores como aluna e agora me despeço como engenheira, extremamente grata por tudo, muito feliz e sabendo que é só o começo.

“A estrada de mil léguas começa por uma passada”

Provérbio português

“Enquanto você sonha, você está fazendo o rascunho do seu futuro”

Charlie Chaplin

RESUMO

ANJOS CORREIA, Thais. **Avaliação Crítica Dos Novos Projetos De Produção De Potássio No Brasil**. Rio de Janeiro, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Atualmente, o Brasil ocupa a 4ª posição na classificação de maiores produtores de grãos e, no primeiro trimestre de 2023, o PIB brasileiro cresceu 1,9% principalmente impulsionado pela agropecuária, que apresentou um crescimento de 21,6%. As plantas, não diferentemente dos seres humanos, necessitam de nutrientes para o seu desenvolvimento e manutenção. Qualquer matéria adicionada ao solo com essa finalidade pode ser chamada de fertilizante. Assim, a ótima produtividade das culturas, e perfeito aproveitamento dos solos, está fortemente relacionado com a adubação feita de maneira racional, eficiente e equilibrada. Dessa forma, os fertilizantes são um importante recurso para a produção das culturas e, principalmente, para o aumento da produtividade das mesmas, sem considerar aumento das áreas produtivas. No entanto, 85% dos fertilizantes consumidos no Brasil são importados; no caso dos fertilizantes potássicos, 94% do material é importado. A produção nacional de fertilizantes potássicos à base de cloreto de potássio é insuficiente para suprir a demanda interna, já que se restringe apenas à uma mina de Taquari-Vassouras, localizada em Sergipe. Diante disso, observa-se que o Brasil está em uma situação crítica com forte dependência de importações. Algumas das medidas adotadas pelo governo diante do cenário é investir, tanto em novas fábricas, como também na expansão da capacidade produtiva das instalações já em operação, bem como na reativação de plantas. O objetivo deste trabalho é estudar esse assunto ao avaliar de forma crítica os principais novos projetos para produção de potássio no Brasil: Projeto Potássio Amazonas – Autazes e Projeto Carnalita De Sergipe. Observou-se na pesquisa que há vários desafios na implementação de ambos os projetos, no aspecto técnico e ambiental. Dessa forma, acredita-se que o país, mesmo com a implementação do Novo Plano Nacional de Fertilizantes, terá dificuldades de diminuir seu grau de dependência externa.

Palavras-chave: Fertilizantes potássicos. Indústria de fertilizantes. Projeto Autazes. Projeto Carnalita.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Dependência do Brasil por fertilizantes importados.	3
Figura 2 - Rendimento das colheitas em função da quantidade de nutrientes aplicada ao solo.	5
Figura 3 - Deficiência de nitrogênio em folhas	7
Figura 4 - Deficiência de fósforo em citros	7
Figura 5 - Deficiência de potássio em citros	8
Figura 6 - Efeito do pH do solo na disponibilidade de micronutrientes.	10
Figura 7 - Cadeia produtiva dos fertilizantes	10
Figura 8 - Compatibilidade entre corretivos de pH do solo e fertilizantes minerais básicos para aplicação no solo	13
Figura 9 - Foto do mineral potássico Silvinita	15
Figura 10 - Mineração subterrânea convencional ou por poço	16
Figura 11 - Mineração por dissolução	17
Figura 12 - Produção de potássio no Mar Morto	18
Figura 13 - Diagrama do processamento do potássio a partir da Silvinita.	19
Figura 14 - Variação do preço do fertilizante cloreto de potássio nos últimos anos	21
Figura 15 - Principais empresas no mercado global de fertilizantes em 2022.	25
Figura 16 - Mapa das operações da empresa Nutrien na América do Norte em 2023.	25
Figura 17 - Mapa das operações da empresa Nutrien na América do Norte em 2023.	27
Figura 18 - Cadeia produtiva de potássio utilizada pela Nutrien.	28
Figura 19 - Mapa das operações da empresa Uralkali na Rússia em 2023.	29
Figura 20 - Cadeia produtiva de potássio utilizada pela Uralkali na Rússia em 2023	

Figura 21 - Mapa das operações da empresa Mosaic na América do Norte em 2023

Figura 22 - Mapa das operações da empresa Mosaic na América do Sul em 2023

Figura 23 - Importações de adubos ou fertilizantes químicos (exceto fertilizantes brutos) de 2017 a abril de 2023. 33

Figura 24 - Maiores exportadores para o Brasil de adubos ou fertilizantes químicos (exceto fertilizantes brutos). 34

Figura 25 - Importações de adubos ou fertilizantes químicos, potássicos (exceto os sais de potássio naturais, em bruto) dos principais países de 2019 a abril de 2023. 37

Figura 26 - Principais estados importadores de adubos ou fertilizantes químicos (exceto fertilizantes brutos) no ano de 2022. 38

Figura 27 - Exportações do Agronegócio por Unidade da Federação em 2020. 39

Figura 28 - Empresas presentes no mercado brasileiro de fertilizantes em 2020. 40

Figura 29 - Mapa da produção brasileira de fertilizantes KCl em 2023. 41

Figura 30 - Rocha sedimentar na cor verde em MG 42

Figura 31 - Fluxograma de produção de termo fertilizante 44

Figura 32 - Mapa das perfurações em Autazes 48

Figura 33 - Comparação das bacias de potássio no Amazonas (Brasil), Saskatchewan (Canadá) e nos Urais (Rússia) 49

Figura 34 - Caracterização do Projeto Autazes – algumas estruturas 51

Figura 35 - Principais estruturas e suas localizações 52

Figura 36 - Localização da mina subterrânea 56

Figura 37 - Localizações das alternativas para instalação da planta industrial 57

Figura 38 - Localizações das alternativas para instalação do porto 59

Figura 39 - Localizações das alternativas para instalação da via de ligação entre

planta e porto	61
Figura 40 - Estimativa de empregos gerados na etapa de Implantação	63
Figura 41 - Esquema do processo produtivo do Projeto Autazes	64
Figura 42 - Usina de Processamento de Fertilizante - Autazes	65
Figura 43 - Reivindicação das Terras Indígenas Soares/Urucurituba	75
Figura 44 - Breve histórico do Projeto Autazes	75
Figura 45 - Polígono de lavra do projeto Carnalita de Sergipe	84
Figura 46 - Ilustração da mineração por dissolução adotada no Projeto Carnalita	85
Figura 47 - Alternativas de localização da usina – Projeto Carnalita	86
Figura 48 - Estimativa de empregos gerados na etapa de Implantação	89
Figura 49 - Diagrama de blocos da planta de processamento do projeto Carnalita	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formas de absorção e as respectivas funções dos macronutrientes primários.	6
Tabela 2 - Destino dos nutrientes aplicados ao solo.	8
Tabela 3 - Minerais potássicos e suas fórmulas químicas	15
Tabela 4 – Maiores reservas mundiais de potássio por país em 2021.	22
Tabela 5 - Maiores produtores de potássio (cloreto de potássio) em 2021.	22
Tabela 6 - Maiores exportadores de potássio (cloreto de potássio) em 2021.	23
Tabela 7 - Maiores empresas de fertilizantes classificadas de acordo com seu capital de mercado em maio de 2023.	23
Tabela 8 - Importações de adubos ou fertilizantes químicos, potássicos (exceto os sais de potássio naturais, em bruto) de 2019 a abril de 2023.	36
Tabela 9 - Comparação das alternativas tecnológicas para lavra	53
Tabela 10 - Comparação das alternativas para tratamento do minério de potássio	53
Tabela 11 - Comparação das alternativas para disposição da pilha de rejeitos	54
Tabela 12 - Comparação das alternativas para transporte entre a planta industrial e porto	55
Tabela 13 - Comparação das alternativas para localização da planta industrial	58
Tabela 14 - Comparação das alternativas para localização do porto	60
Tabela 15 - Comparação das alternativas para localizações da via de ligação entre planta e porto	62
Tabela 16 - Etapas de desenvolvimento do Projeto Autazes	62
Tabela 17 - Comparação da evolução prevista com e sem o empreendimento no local	66
Tabela 18 - Principais impactos no meio físico	67

Tabela 19 - Principais impactos no meio biótico	69
Tabela 20 - Principais impactos no meio socioeconômico e cultural	70
Tabela 21 - Todos os impactos avaliados (Autazes)	73
Tabela 22 - Análise de prós e contras do Projeto Autazes	80
Tabela 23 - Comparação de alternativas de localização do salmouroduto e adutora	
88	
Tabela 24 - Característica do produto final - cloreto de potássio (K60)	91
Tabela 25 - Informações da alimentação da planta industrial	91
Tabela 26 - Recuperação total de potássio	92
Tabela 27 - Comparação da evolução prevista com e sem o empreendimento no local	92
Tabela 28 - Principais impactos do Projeto Carnalita de Sergipe e ações mitigadoras	94
Tabela 29 - Principais impactos do Projeto Carnalita de Sergipe - fase de operação	
95	
Tabela 30 - Principais impactos do Projeto Carnalita de Sergipe - fase de construção	97
Tabela 31 - Principais impactos do Projeto Carnalita de Sergipe - fase de operação	
98	
Tabela 32 - Análise preliminar de perigo para usina Carnalita – parte 1	99
Tabela 33 - Análise preliminar de perigo para usina Carnalita – parte 2	100
Tabela 34 - Análise de prós e contras do Projeto Carnalita	104
Tabela 35 - Comparação dos Projetos Autazes e Carnalita	105
Tabela 36 - Comparação Unidade de Taquari-Vassouras com os Projetos Autazes e Carnalita	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP	Ação Civil Pública
ADEMA	Administração Estadual do Meio Ambiente (Sergipe)
B	Boro
Ca	Cálcio
Cl	Cloro
Co	Cobalto
CO ₂	Dióxido de carbono (gás carbônico)
Cu	Cobre
DAP	Fosfato de diamônio
ECI	Estudo do Componente Indígena
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
Fe	Ferro
F&M	<i>Forbes&Manhattan</i>
FOB	<i>Free on Board</i>
FUNAI	Fundação Nacional dos Povos Indígenas
HCl	Ácido clorídrico
H ₂ PO ₄ ⁻	Dihidrogenofosfato
HPO ₄ ⁻²	Hidrogenofosfato
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
IPAAM	Instituto de Proteção Ambiental da Amazônia
K	Potássio
K ₂ O	Óxido de potássio
K ₂ SO ₄	Sulfato de potássio / Arcanita
K ₂ SO ₄ .2MgSO ₄	Langbeinita
K ₂ SO ₄ .2MgSO ₄ .4H ₂ O	Leonita
K ₂ SO ₄ .MgSO ₄ .2CaSO ₄ .2H ₂ O	Polihalita
KCl	Cloreto de Potássio / Silvita
KCl.MgCl ₂ .6H ₂ O	Carnalita
KCl.MgSO ₄ .3H ₂ O	Cainita
KMgSO ₄	Sulfato duplo de potássio e magnésio
KNO ₃	Salitre

LI	Licença de Instalação
LP	Licença Prévia
MAP	Fosfato de monoamônio
Mg	Magnésio
MgCl ₂	Cloreto de magnésio
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
MPF	Ministério Público Federal
N	Nitrogênio
Na	Sódio
NaCl	Cloreto de sódio / Halita
NH ₄ ⁺	Íon amônio
NO ₃ ⁻	Íon nitrato
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio
P	Fósforo
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
PNF	Plano Nacional de Fertilizantes
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
S	Enxofre
Si	Silício
SSP	Superfosfato simples
TI	Terras Indígenas
TR	Termo de Referência
TSP	Superfosfato triplo
UOTV	Unidade Operacional Taquari Vassouras
x NaCl.KCl	Silvinita
Zn	Zinco
3 K ₂ SO ₄ .Na ₂ SO	Glaserita

LISTA DE SÍMBOLOS

g/L	Gramas por litro
h/ano	Horas por ano
km	Quilômetros
km ²	Quilômetros quadrados
m	Metros
m ³ /h	Metros cúbicos por hora
mm	Milímetros
t/a	Toneladas por ano
t/ano	Toneladas por ano
t/h	Toneladas por hora
t/m ³	Toneladas por metros cúbicos
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Histórico	1
1.2 Motivações e justificativas do trabalho	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Fertilizantes: definições e utilização	4
2.1.1 Definições	4
2.1.2 Utilização	4
2.1.3 Nutrientes minerais	5
2.1.3.1 Classificação e funções	5
2.1.3.2 Perdas	8
2.1.4 Solo	9
2.2 Cadeia produtiva dos fertilizantes	10
2.3 Fertilizantes NPK	12
2.4 Fertilizantes K	14
2.4.1 Recursos naturais	14
2.4.1.1 Geologia	14
2.4.1.2 Mineralogia	14
2.4.2 Produção	16
2.5 Mercado Mundial de fertilizantes	20
2.5.1 Preço Internacional Fertilizantes K	21
2.5.2 Países	21

2.5.3 Empresas	23
2.5.3.1 Nutrien	25
2.5.3.2 Uralkali	28
2.5.3.3 Mosaic	30
2.5.3.4 K+S Potash Canada	32
2.5.3.5 Belaruskali	32
2.5.3.6 Israel Chemicals ICL	33
2.6 Mercado Nacional de Fertilizantes	33
2.6.1 Importações	33
2.6.2 Produção	40
2.6.2.1 Empresas	40
2.6.2.2 Tecnologia de produção brasileira de cloreto de potássio	42
2.6.2.3 Tecnologia de produção brasileira com Verdete	44
3 METODOLOGIA	45
3.1 Principais projetos do setor de fertilizantes potássicos	45
3.2 Plano Nacional De Fertilizantes	46
4 RESULTADOS	47
4.1 Análises dos principais empreendimentos	47
4.1.1 Projeto Potássio Amazonas - Autazes	47
4.1.1.1 Características da área do projeto	49
4.1.1.2 Estrutura do projeto	50
4.1.1.3 Avaliação de alternativas	52

4.1.1.4 Etapas do projeto	62
4.1.1.5 Evolução prevista para áreas analisadas	65
4.1.1.6 Principais impactos ambientais do empreendimento	67
a. Principais impactos no meio físico	67
b. Principais impactos no meio biótico	69
c. Principais impactos no meio socioeconômico e cultural	70
4.1.1.7 Análise preliminar de riscos	73
4.1.1.8 Andamento do projeto	74
4.1.1.9 Avaliação crítica do projeto	76
4.1.2 Projeto Carnalita De Sergipe	81
4.1.2.1 Características da área do projeto	81
4.1.2.2 Estrutura do projeto	83
4.1.2.3 Avaliação de alternativas	85
4.1.2.4 Etapas do projeto	88
4.1.2.5 Evolução prevista para áreas analisadas	92
4.1.2.6 Principais impactos ambientais do empreendimento	93
4.1.2.7 Análise preliminar de perigos	98
4.1.2.8 Andamento do projeto	100
4.1.2.9 Avaliação crítica do projeto	101
4.1.3 Comparação dos Projetos	105
4.1.4 Plano Nacional de Fertilizantes	106
5 CONCLUSÕES	111

1 INTRODUÇÃO

1.1 HISTÓRICO

Os registros indicam que a primeira fábrica de fertilizantes do mundo data de 1843 e era responsável pela produção de superfosfato na Inglaterra. Já no caso do potássio, a produção industrial foi iniciada em 1857 (M. RAMOS, 2020).

No Brasil, o primeiro contato das terras com os fertilizantes ocorreu em 1895, na região de Campinas, no período de ouro do café brasileiro (M. RAMOS, 2020). Muitos anos depois, em 1943, surgiu a primeira fábrica de fertilizantes NPK em território brasileiro, a Buschle e Lepper, de capital privado, localizada em Joinville, Santa Catarina (C. NASCIMENTO, 2022).

Logo depois, com a ascensão do regime militar no Brasil, o setor de fertilizantes recebeu incentivo com objetivo de diminuir a dependência externa. Nesse período, foi lançado o II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), com destaque para o I Programa Nacional de Fertilizantes e Calcário Agrícola, em 1974. Como consequência, houve substancial entrada de capital estatal no setor, incluindo a criação da PETROFÉRTIL, que era subsidiária da PETROBRÁS, com a função de coordenação do setor produtivo dos fertilizantes brasileiros (C. NASCIMENTO, 2022).

Em seguida, durante o governo de José Sarney, ocorreram várias privatizações, incluindo a citada PETROFÉRTIL e o setor de fertilizantes brasileiro começou a ser dominado pelas empresas privadas com capital internacional. Concomitante no cenário internacional, o mundo via o fim da União Soviética, o que gerou uma oferta que acabou não sendo consumida pelos ex-membros da mesma em crise; consequentemente, houve redução de preço dos principais fertilizantes (C. NASCIMENTO, 2022).

Seguindo para o ano de 2008, no cenário mundial da crise financeira norte-americana e a “Crise dos Alimentos”, o foco voltou para o setor de fertilizantes brasileiro com muitas deficiências. Houve diversos estudos sobre logística, valores para mineração e construção de fábricas (C. NASCIMENTO, 2022).

O período entre 2008 e 2021 foi tímido para o setor no Brasil, apenas com investimentos estatais pontuais e sem grandes investimentos em novas unidades de produção industrial (C. NASCIMENTO, 2022).

1.2 MOTIVAÇÕES E JUSTIFICATIVAS DO TRABALHO

O Brasil ocupa a 4ª posição na classificação de maiores produtores de grãos (arroz, cevada, milho, soja e trigo) do mundo, sendo superado apenas por: Estados Unidos, China e Índia. Com o ritmo de crescimento brasileiro nos últimos anos, é esperado que o país supere a Índia, em 2023, e passe a ocupar a 3ª posição na classificação acima (EMBRAPA, 2022). No mercado da soja, o Brasil segue na liderança da produção mundial e também da exportação do grão. No caso da produção do milho, o país segue na 3ª posição, sendo superado apenas por Estados Unidos e China. Para o arroz, a posição brasileira é a 9ª colocação, sendo a maior parte para o consumo interno. Para a cevada, a colocação é ainda mais baixa, 46ª, com destaque para Rússia, França, Alemanha e Austrália. Já para o trigo, mesmo com aumento nos últimos anos, a 23ª colocação não foi alterada (EMBRAPA, 2022).

No primeiro trimestre de 2023, o PIB brasileiro cresceu 1,9%, sendo principalmente impulsionado pela agropecuária, que apresentou o crescimento de 21,6%. Esse setor apresentou a maior alta desde 1996 e sua contribuição para a economia do país corresponde a aproximadamente 8% do total (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2023).

De forma resumida, os fertilizantes fornecem nutrientes importantes para o desenvolvimento e sobrevivência dos vegetais (REETZ, 2017). Assim, a ótima produtividade das culturas está fortemente relacionada com a adubação feita de maneira racional, eficiente e equilibrada (ZONTA, STAFANATO, PEREIRA, 2021). Dessa forma, os fertilizantes são um importante recurso para a produção das culturas e, principalmente, para o aumento da produtividade das mesmas, sem considerar aumento das áreas produtivas (REETZ, 2017).

Em meados de 2020, a pandemia de COVID-19 dificultou o comércio internacional como um todo, prejudicando as etapas de transporte e logística para exportações e importações de fertilizantes. Nesse momento, ficou evidente o perigo de ser fortemente dependente das importações desses produtos, que são tão importantes para um dos maiores pilares da economia brasileira: o agronegócio (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021).

Em 2021, o governo já havia reconhecido a importância desse setor para a economia nacional e lançou o “Plano Nacional de Fertilizantes 2050: uma estratégia para os fertilizantes no Brasil”. Os principais objetivos são: aumentar a produção nacional de fertilizantes, reduzir a dependência externa em questões de fornecimento e tecnologia, atenuar as consequências de possíveis crises e tornar o agronegócio mais competitivo no mercado internacional (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021).

Logo no início de 2022, o assunto voltou a ser discutido diante da guerra entre a Rússia e Ucrânia, uma vez que, naquele momento, por volta de 26% dos fertilizantes vinham da Rússia e Bielorrússia (EXAME, 2022). Tais países são alvos de sanções econômicas por parte da União Europeia, Estados Unidos e Reino Unido depois dos ataques, dificultando os embarques de nutrientes (G1, 2022). Os agricultores brasileiros viveram momentos de preocupação, já que há uma grande dependência do insumo importado e existia risco de alta dos preços e, talvez, desabastecimento (EXAME, 2022).

O assunto, de fato, é de grande importância para o país e merece um estudo mais aprofundado já que, de acordo com a Figura 1 abaixo, o volume de importações é muito significativo:

Figura 1 - Dependência do Brasil por fertilizantes importados.



Fonte: GLOBALFERT, 2021

Diante desse cenário, o Brasil está em uma situação crítica com forte dependência de fertilizantes importados, como pode ser observado na Figura 1 acima. Do volume total de fertilizantes consumidos anualmente, 85% são importados (GLOBALFERT, 2023). No caso dos potássicos, a situação é ainda pior, no qual 94% do produto consumido corresponde aos materiais importados. Como será visto em maior profundidade ao longo desse trabalho, o Brasil possui apenas uma mina atualmente em operação para produção de cloreto de potássio, a mina de Taquari-Vassouras (GLOBALFERT, 2023). Com a enorme discrepância entre produção e importação, a única mina não possui capacidade de suprir a demanda nacional.

Algumas das medidas adotadas pelo governo diante do cenário acima é investir, tanto em novas fábricas, como também na expansão da capacidade produtiva das instalações já em operação, bem como reativação de plantas (GLOBORURAL, 2023).

O objetivo deste trabalho é estudar esse assunto ao avaliar de forma crítica os novos projetos para produção de potássio no Brasil. A escolha pelo potássio deve-se justamente ao seu cenário de

importações ser mais crítico em comparação com os demais fertilizantes, e ainda com o seguinte agravante: o nutriente mais aplicado no solo brasileiro é o potássio, com 38%, logo em seguida o fósforo, com 33% e, por último, o nitrogênio, com 29% (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021). Portanto, entende-se que é extremamente importante a pesquisa a seguir.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FERTILIZANTES: DEFINIÇÕES E UTILIZAÇÃO

2.1.1 Definições

As plantas, não diferentemente dos seres humanos, necessitam de nutrientes para o seu desenvolvimento e manutenção. Qualquer matéria adicionada ao solo com essa finalidade pode ser chamada de fertilizante (SOUZA, 2012). Dessa forma, pode-se afirmar que os fertilizantes são compostos, que podem ser: químicos, minerais ou orgânicos; podendo ser também: naturais ou sintéticos, e ainda: combinados ou não; (ZONTA, STAFANATO, PEREIRA, 2021) utilizados com o objetivo de repor um ou mais nutrientes e melhorar a fertilidade dos solos (SOUZA, 2012), causando impacto direto na qualidade e produtividade da colheita (ZONTA, STEFANATO, PEREIRA, 2021).

Focando-se no assunto do presente trabalho, é importante apresentar algumas definições de que serão muito citadas:

- a) Fertilizante mineral: produto mineral capaz de fornecer um ou mais nutrientes às plantas, que pode ser de origem natural ou sintética, sendo obtido por meio de processos químico, físico ou físico-químico (ZONTA, STAFANATO, PEREIRA, 2021).
- b) Fertilizante mineral simples: produto formado por um composto químico (ZONTA, STAFANATO, PEREIRA, 2021).
- c) Fertilizante mineral misto: produto formado pela mistura física de dois ou mais fertilizantes minerais (ZONTA, STAFANATO, PEREIRA, 2021).
- d) Fertilizante mineral complexo: produto formado por dois ou mais compostos químicos contendo dois ou mais nutrientes, um exemplo muito comum é a fórmula NPK de fertilizantes (ZONTA, STAFANATO, PEREIRA, 2021).

Dessa forma, existem outros tipos de fertilizantes e outras definições a serem encontradas em materiais sobre o assunto; porém, aquelas citadas acima foram limitadas pelo tema do presente trabalho.

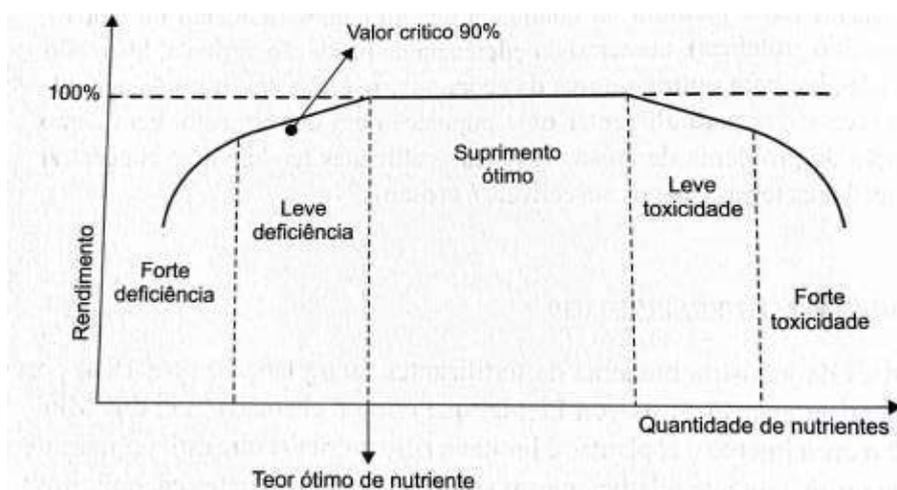
2.1.2 Utilização

A reposição dos nutrientes de forma otimizada é feita através da “Lei dos Mínimos”, lançada pelo alemão Justus von Liebig; segundo a mesma: o fator limitante do crescimento das plantas é o nutriente que estiver presente em menor quantidade relativa, mesmo que os demais se encontrem em um nível adequado ou até mesmo em excesso. Portanto, a quantidade necessária de nutrientes para reposição depende de vários fatores, dentre eles: tipo de plantação, rendimento desejado e a biodisponibilidade natural de nutrientes no solo (SOUZA, 2012).

Deve-se atentar para o fato de que o uso excessivo de fertilizantes causa sérias consequências devido ao excesso de sais e substâncias tóxicas nas plantas; e no meio ambiente pode causar acúmulo de substâncias indesejadas, gerando um possível risco de contaminação hídrica e eutrofização de aquíferos e mananciais hídricos da região (ZONTA, STAFANATO, PEREIRA, 2021).

Nesse contexto, existe um nível crítico de nutrientes necessários para manutenção dos processos bioquímicos dos vegetais. O ideal é que o teor esteja apenas um pouco acima do nível crítico, conforme apresentado na figura abaixo, com atenção para não ter excessos pelos motivos já explicados anteriormente:

Figura 2 - Rendimento das colheitas em função da quantidade de nutrientes aplicada ao solo.



Fonte: SOUZA, 2012

2.1.3 Nutrientes minerais

2.1.3.1 Classificação e funções

É de amplo conhecimento que as plantas obtêm o carbono que necessitam por meio do CO₂ presente no ar; assim como obtêm o hidrogênio e o oxigênio pela água. Além desses, outros 16 elementos são necessários para seu bom crescimento. Tais elementos serão classificados para melhor estudo dos assuntos a seguir:

- macronutrientes primários: Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) – que misturados, compõem as fórmulas NPK (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021);
- macronutrientes secundários: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) (SOUZA, 2012);
- micronutrientes: Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Molibdênio (Mo), Cloro (Cl), Boro (B), Cobalto (Co), Silício (Si), dentre outros (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021);
- nutrientes auxiliares: Sódio (Na), Silício (Si) e Cobalto (Co) (SOUZA, 2012).

Por um lado, os macronutrientes são muito importantes pois constituem muitas estruturas das plantas, como: proteínas, ácidos nucleicos e clorofila. Por essa razão, grandes quantidades são necessárias, cerca de 2 a 30 g/Kg de matéria-seca (SOUZA, 2012). Fazendo uma analogia à alimentação humana, seriam os carboidratos e as proteínas.

Já os micronutrientes são necessários em pequenas quantidades. Eles são constituintes das enzimas e auxiliam no metabolismo da planta. Seguindo a mesma analogia à alimentação humana, seriam as vitaminas (SOUZA, 2012).

Com o objetivo do presente trabalho focado nos macronutrientes, em especial o potássio, a seguir a Tabela 1 com as formas de absorção e as respectivas funções dos macronutrientes primários.

Tabela 1 - Formas de absorção e as respectivas funções dos macronutrientes primários.

Macronutrientes primários	Formas de absorção	Principais funções
Nitrogênio	$\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$	<ul style="list-style-type: none"> ● Essencial para o crescimento uma vez que atua na divisão celular; ● Desenvolvimento de caule e folhas
Fósforo	$\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$	<ul style="list-style-type: none"> ● Acelera formação de frutos ou sementes, ● Compõe os genes, ● Auxilia na fotossíntese e metabolismo de proteínas,
Potássio	K^+	<ul style="list-style-type: none"> ● Responsável pela ativação de mais de 60 enzimas, ● Função central na síntese de carboidratos e proteínas, ● Auxilia na regulação osmótica a iônica, mantendo a concentração de sais no interior das células, ● Necessário para desenvolvimento do amido nas batatas e cereais, dos açúcares dos frutos e das fibras das plantas.

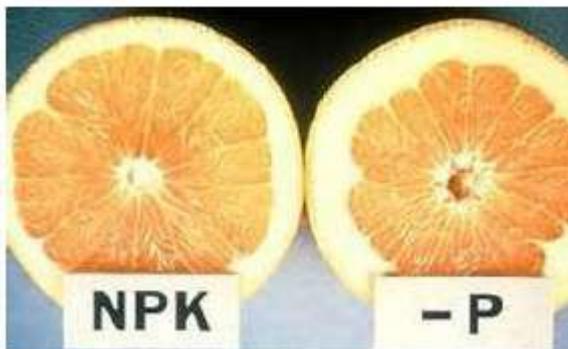
Fonte: SOUZA, 2012

Figura 3 - Deficiência de nitrogênio em folhas

Fonte: (YARA, 2023)

Como consequência da deficiência de N, as folhas envelhecem mais rapidamente, reduzindo seu tempo de vida de 1 a 3 anos para apenas 6 meses. As suas nervuras também apresentam modificação de cor, tendendo ao branco (YARA, 2023).

Figura 4 - Deficiência de fósforo em citros



Fonte: (M. RAMOS, 2020)

A deficiência de P leva à formação de frutos com casca mais grossa e espessa (M. RAMOS, 2020).

Figura 5 - Deficiência de potássio em citros



Fonte: (YARA, 2023)

A deficiência de K leva à formação de uma rachadura vertical no fruto, além de: gerar frutos menores, com casca mais espessa e mais enrugados (YARA, 2023).

2.1.3.2 Perdas

É importante notar que nem toda a quantidade de nutrientes aplicada ao solo é efetivamente utilizada pelas plantas uma vez que ocorrem perdas durante o processo. Há diversas formas de perda:

- perda por erosão: nutrientes adsorvidos aos sedimentos do solo (SOUZA, 2012);
- perda por lixiviação: nutrientes dissolvidos na solução do produto (SOUZA, 2012);
- perda por volatilização: principalmente para o nitrogênio, pela produção de N_2 ou volatilização da amônia (SOUZA, 2012).

Particularmente no caso do potássio, ele normalmente é adicionado em forma solúvel, como cloretos, sulfetos ou fosfatos. Assim que adicionado, ele é rapidamente absorvido pelo solo, tendo pouca perda por lixiviação (SOUZA, 2012).

A seguir, a Tabela 2 mostra os possíveis destinos dos nutrientes aplicados ao solo:

Tabela 2 - Destino dos nutrientes aplicados ao solo.

	K	P	N
Absorvido pelas culturas	50%	10-20%	50-70%
Perdas gasosas	-	-	5-35%
Erosão	45-50%	0-20%	0-20%
Imobilização	-	50-90%	10-40%
Lixiviação	0-5%	0-5%	0-20%

Fonte: SOUZA, 2012

2.1.4 Solo

O solo é o meio a partir do qual as plantas obtêm nutrientes, água e oxigênio através das suas raízes. A sua capacidade de reter nutrientes está diretamente relacionada à fertilidade natural desse solo. Assim, a presença de argila e matéria orgânica forma complexos de adsorção, tendo efeito direto sobre trocas, absorção, estrutura e retenção de água no solo; ou seja, relação direta com a fertilidade natural desse solo (SOUZA, 2012).

A composição principal é: minerais sólidos orgânicos e inorgânicos, matéria orgânica, água e ar. A proporção de cada um desses componentes acima depende diretamente do clima do local (SOUZA, 2012).

Em locais de clima frio e úmido, a decomposição da matéria orgânica é mais lenta e com isso, o solo costuma ter um alto teor da mesma (SOUZA, 2012).

Já em locais de clima quente e seco, é comum os solos serem considerados pobres em matéria orgânica. Por outro lado, possuem abundância de cálcio, o que normalmente garante uma ótima estrutura (SOUZA, 2012).

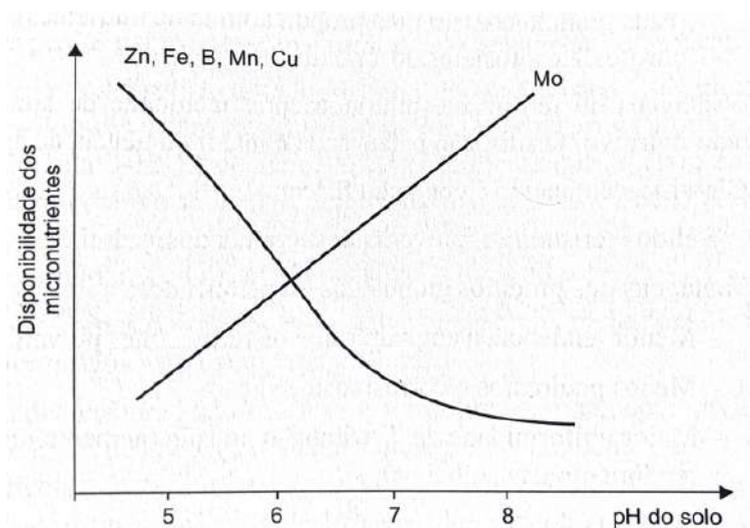
Com isso, o clima tropical contribui fortemente para o solo brasileiro apresentar baixo teor de matéria orgânica, com isso, é considerado pobre em nutrientes essenciais (ZONTA, STAFANATO, PEREIRA, 2021).

Além disso, a acidez ou alcalinidade do solo merece ser avaliada uma vez que é uma importante característica e afeta o processo de fertilização. Para a maioria dos nutrientes, a faixa ideal de pH está entre 5,5 e 7 (SOUZA, 2012).

Por um lado, solo com pH ácido (abaixo de 4,5-5,0) causa, principalmente, toxicidade às plantas (devido aos teores tóxicos de Alumínio, Ferro e Manganês), deficiência de outros minerais (como Fósforo e Magnésio) e difícil absorção de diversos nutrientes. Com isso, conclui-se que o solo ácido pode ser considerado prejudicial aos vegetais (SOUZA, 2012).

Por outro lado, o solo salino (com pH maior do que 8) possui pressão osmótica elevada, gerando uma diminuição na retenção de água (SOUZA, 2012). Além disso, os micronutrientes tendem a ficar indisponíveis para as plantas (imobilizados) (SOUZA, 2012), conforme pode ser observado na Figura abaixo:

Figura 6 - Efeito do pH do solo na disponibilidade de micronutrientes.



Fonte: SOUZA, 2012

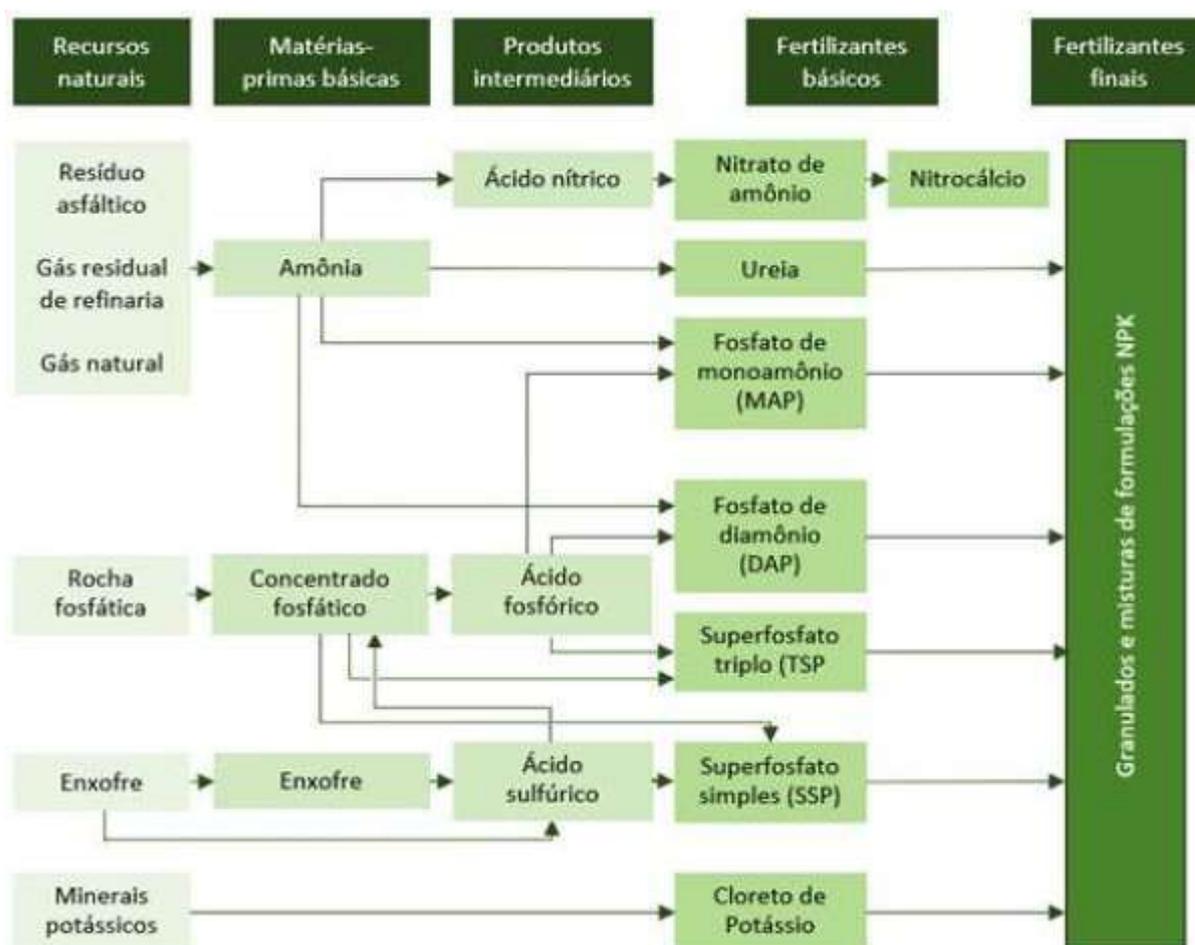
No caso brasileiro, o solo é considerado ácido e essa característica é um fator importante da baixa produtividade. Com isso, explica-se a necessidade da utilização de fertilizantes e também a etapa de correção do pH (SOUZA, 2012).

Essa etapa de correção da acidez do solo, chamada de calagem do solo, implica em diversos benefícios, dentre eles proporcionar maior crescimento das raízes, aumentando a capacidade de obter água e nutrientes pelas plantas (CARVALHO, 2021).

2.2 CADEIA PRODUTIVA DOS FERTILIZANTES

A cadeia produtiva de fertilizantes, como se pode ver na Figura abaixo, envolve diversos setores como: indústria química, mineração, óleo e gás, alimentos, energia, além do comércio exterior.

Figura 7 - Cadeia produtiva dos fertilizantes



Fonte: SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021

A etapa de extração dos recursos naturais é responsável pela primeira etapa cadeia, sendo responsável pelo fornecimento da matéria-prima básica para a produção dos fertilizantes: resíduo asfáltico, gás residual de refinaria, gás natural, rocha fosfática, enxofre e minerais potássicos (COSTA, SILVA, 2012).

Seguindo a cadeia produtiva acima, tem a etapa de fabricação de produtos químicos inorgânicos utilizando os recursos naturais obtidos na etapa anterior. São obtidos como produtos as seguintes matérias-primas básicas: amônia, concentrado fosfático, enxofre. A indústria química também é responsável pela produção dos seguintes produtos intermediários: ácido nítrico, ácido fosfórico e ácido sulfúrico (COSTA, SILVA, 2012).

Logo depois, o próximo elo da cadeia produtiva é composto pela indústria de fabricação de fertilizantes básicos, na qual produzem: nitrato de amônio, nitrocálcio, ureia, fosfato de monoamônio (MAP), fosfato de diamônio (DAP), superfosfato triplo (TSP), superfosfato simples (SSP), e cloreto de potássio (COSTA, SILVA, 2012).

A última etapa consiste na fabricação de granulados e misturas de formulações NPK. Assim, os fertilizantes NPK são os fertilizantes finais que, com base na cadeia produtiva acima, são distribuídos, comercializados e utilizados na produção rural (COSTA, SILVA, 2012).

Analisando o esquema estudado acima, há interação entre os seguintes setores: mineração, energia, óleo e gás e indústria química, além da distribuição e comercialização. Portanto, observa-se que a cadeia de produção de fertilizantes é complexa (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021).

2.3 FERTILIZANTES NPK

Os fertilizantes compostos ou misturas NPK se formulam com os três principais nutrientes: nitrogênio, fósforo e potássio. Essas combinações consistem em diferentes proporções de N, P_2O_5 e K_2O , ou seja, nitrogênio na forma N elementar, fósforo na forma de pentóxido de fósforo e potássio na forma de óxido de potássio (DIAS, FERNANDES, 2016).

A escolha de qual formulação específica deve ser utilizada depende de alguns fatores, por exemplo, como a necessidade nutricional das culturas de interesse, fertilidade e pH natural do solo (SOUZA, 2012).

Como foi apresentado no item Introdução (Histórico) do presente trabalho, as primeiras fábricas de fertilizantes brasileiras formulavam exclusivamente formulações de fertilizantes NPK utilizando como matéria-prima os fertilizantes básicos importados. A principal vantagem era a possibilidade de adaptar tais formulações às necessidades dos solos brasileiros. Nesses anos iniciais,

a produção consistia na simples mistura dos pós dos componentes em questão (DIAS, FERNANDES, 2016).

Atualmente, existem 2 opções para produção de fertilizantes NPK: mistura granulada ou mistura de grânulos (utilizada inicialmente, conforme citado anteriormente). A primeira é caracterizada pelos grânulos homogêneos únicos com todos os nutrientes; já a segunda é caracterizada pela simples mistura física de granulados individuais de fertilizantes minerais básicos. A mistura de grânulos pode ser feita, inclusive, na propriedade agricultora; (ZONTA, STAFANATO, PEREIRA, 2021) o que possibilita uma maior flexibilidade de aplicação justamente por permitir que as misturas sejam adequadas às necessidades das plantações em cada caso. No Brasil, a mistura de grânulos é mais utilizada, enquanto a mistura granulada é mais comum na Ásia e nos Estados Unidos (DIAS, FERNANDES, 2016).

Uma vez que é possível misturar fertilizantes minerais básicos, é importante ter atenção quanto a compatibilidade entre eles. A mistura de compostos incompatíveis é prejudicial pois leva ao comprometimento das suas propriedades, afetando negativamente a sua qualidade e eficiência (ZONTA, STAFANATO, PEREIRA, 2021).

Do ponto de vista físico, é importante manter a compatibilidade do tamanho das partículas para garantir uma adubação eficiente. A diferença de tamanho dos grânulos ocasiona na separação granulométrica das partículas por ordem de tamanho, assim, a aplicação da mistura será irregular (ZONTA, STAFANATO, PEREIRA, 2021).

Por outro lado, do ponto de vista químico e físico-químico, a mistura de componentes incompatíveis pode gerar reações químicas indesejadas entre os mesmos, o que diminui a quantidade de nutrientes disponíveis. As incompatibilidades citadas também podem afetar características das partículas, como por exemplo: pH, solubilidade, agregação e higroscopicidade (ZONTA, STAFANATO, PEREIRA, 2021).

Para auxiliar na compatibilidade das misturas, pode-se observar na Figura abaixo:

2.4.1 Recursos naturais

É válido ressaltar que mais de 95% do potássio extraído tem como destino a indústria de fertilizantes, enquanto o restante encontra aplicação nas indústrias: de detergentes, de cerâmica, de corantes, de pólvora, dentre produtos químicos e farmacêuticos (SOUZA, 2012).

2.4.1.1 Geologia

O ponto de partida da produção é a jazida de minerais potássicos, ou seja, a indústria de fabricação de potássio baseia-se na mineração e etapas posteriores de beneficiamento (SOUZA, 2012).

As principais jazidas de sais potássicos, do tipo evaporito, são formadas da seguinte forma: água do mar represada em lagoas sofre um longo processo de evaporação das águas salinas durante milhões de anos; com isso, os sais dissolvidos se precipitam. Com o tempo, tais camadas foram recobertas por outros depósitos sedimentares. O clima quente e seco favorece a ocorrência do processo explicado acima (SOUZA, 2012).

2.4.1.2 Mineralogia

O potássio está presente nos feldspatos (aluminossilicatos de potássio, sódio e cálcio; é o grupo de minérios mais abundantes na crosta terrestre), contendo teores elevados do mesmo. Entretanto, uma grande parte desse potássio não é de interesse comercial devido à sua insolubilidade, dificultando o processo de extração – tal processo inclui utilização de tratamento térmico juntamente com ataque químico. A relevância econômica se concentra nos cloretos e sulfatos, devido à sua grande facilidade de solubilização e, conseqüentemente, separação dos demais componentes (LUZ, LINS, 2008).

Para melhor compreensão dos assuntos a seguir, abaixo encontra-se a lista dos minerais potássicos mais relevantes:

Tabela 3 - Minerais potássicos e suas fórmulas químicas

Mineral potássico	Fórmula química
Silvita	KCl
Silvinita	x NaCl.KCl
Carnalita	KCl.MgCl ₂ .6H ₂ O
Arcanita	K ₂ SO ₄
Glaserita	3 K ₂ SO ₄ .Na ₂ SO
Leonita	K ₂ SO ₄ .2MgSO ₄ .4H ₂ O
Langbeinita	K ₂ SO ₄ .2MgSO ₄
Cainita	KCl.MgSO ₄ .3H ₂ O
Polihalita	K ₂ SO ₄ .MgSO ₄ .2CaSO ₄ .2H ₂ O
Salitre	KNO ₃

Fonte: LUZ e LINS, 2008.

Dentre os citados na tabela acima, a silvita, a silvinita e a carnalita são os minerais principalmente utilizados. A silvita é aquele com maior porcentagem de potássio. A silvinita, como pode-se observar, é formada pela mistura de silvita e halita (NaCl) (LUZ, LINS, 2008). Com base nas fórmulas químicas acima apresentadas, conclui-se que é possível obter cloreto de potássio (KCl) a partir da silvinita e sulfato de potássio (K₂SO₄) a partir da langbeinita, por exemplo (SOUZA, 2012).

Figura 9 - Foto do mineral potássico Silvinita

Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

O mercado mundial se concentra mais de 90% na produção de KCl, apenas por volta de 5% na produção de sulfato de potássio, enquanto o restante é sulfato duplo de potássio e magnésio

(KMgSO_4). Enquanto isso, no mercado consumidor, utiliza-se o sulfato de potássio em apenas em plantações com sensibilidade ao íon cloreto, como é o caso de uvas, batatas e tabaco, ou então em localizações com clima árido ou semiárido, no qual o íon cloreto afeta a salinização do solo (SOUZA, 2012).

2.4.2 Produção

A primeira etapa para obtenção da matéria-prima é a mineração. A mesma pode ser realizada de diferentes maneiras, que serão explicadas em detalhes a seguir.

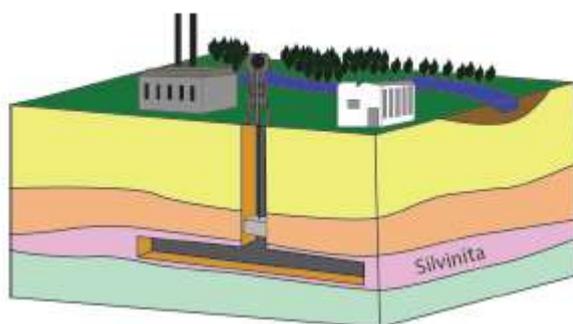
a) Mineração subterrânea convencional ou por poço

Este processo corresponde a 86% da produção de minérios potássicos no mundo e é utilizado em locais onde o corpo de minério está a uma distância de até 1300 km da superfície (SOUZA, 2012).

Um poço central é construído e diversas galerias partem do mesmo. Para obtenção do minério, utiliza-se máquinas de mineração ou explosões nessas galerias secundárias citadas. Após a extração, o minério bruto passa pelo processo de britagem antes do transporte até o poço central, e seguido para a superfície. O transporte subterrâneo é realizado por meio de vagões ou correias transportadoras (SOUZA, 2012).

Posteriormente, segue-se para o processo de flotação, por exemplo (LUZ, LINS, 2008).

Figura 10 - Mineração subterrânea convencional ou por poço



Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

b) Mineração por dissolução

Corresponde ao processo utilizado por 4% da produção mundial de minerais de potássio (SOUZA, 2012) e é utilizado em profundidades superiores a 1300 km da superfície, ou seja, quando

a extração subterrânea é economicamente inviável e, por outro lado, o método com injeção de água é viável (LUZ, LINS, 2008).

A principal vantagem é a redução de custos justamente pela eliminação da perfuração de poços e, além disso, esse método pode ser aplicado em poços convencionais de mineração subterrânea ao final de suas operações para aumentar o aproveitamento (LUZ, LINS, 2008).

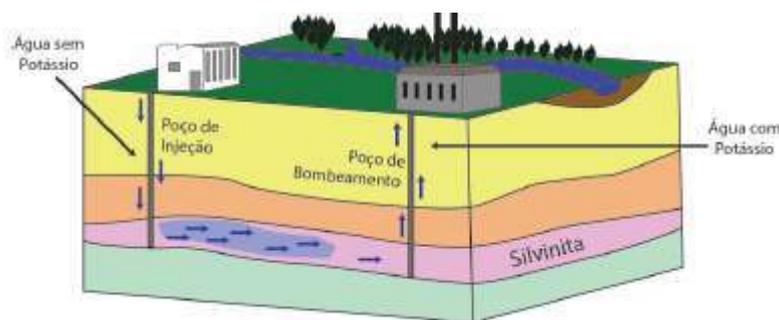
Nesse método, em vez da construção do poço e das galerias, realiza-se a perfuração para construir furos até o corpo do minério. Por meio de alguns desses furos, bombeia-se uma solução aquosa do sal não saturada, que é reciclada do processo. A extração é realizada por meio da dissolução do sal do minério e posterior retirada dessa solução saturada pelos outros furos que não foram utilizados anteriormente (SOUZA, 2012).

Depois, essa solução saturada extraída segue para evaporadores, de onde recupera-se o KCl por meio da cristalização. A salmoura residual é aquecida e utilizada como solução não saturada no início do processo (SOUZA, 2012).

Posteriormente, segue-se para a cristalização fracionada dos sais (LUZ, LINS, 2008).

Nos EUA, mais especificamente em Utah, a mineração convencional foi substituída pela mineração por dissolução, em 1972, devido aos problemas técnicos e geológicos (LUZ, LINS, 2008).

Figura 11 - Mineração por dissolução



Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

c) Recuperação de Salmouras

Corresponde a 10% da produção mundial de minerais de potássio (SOUZA, 2012).

Com esse processo, é possível obter de cloreto de potássio a partir de salmouras naturais, como Mar Morto e Grande Lago Salgado (EUA) (SOUZA, 2012). Dessa forma, Israel e Jordânia utilizam essa técnica em águas do Mar Morto (NASCIMENTO, LOUREIRO, 2004).

Como o clima do local é favorável com alta taxa de evaporação, a salmoura natural é transportada para bacias de evaporação (SOUZA, 2012).

Figura 12 - Produção de potássio no Mar Morto



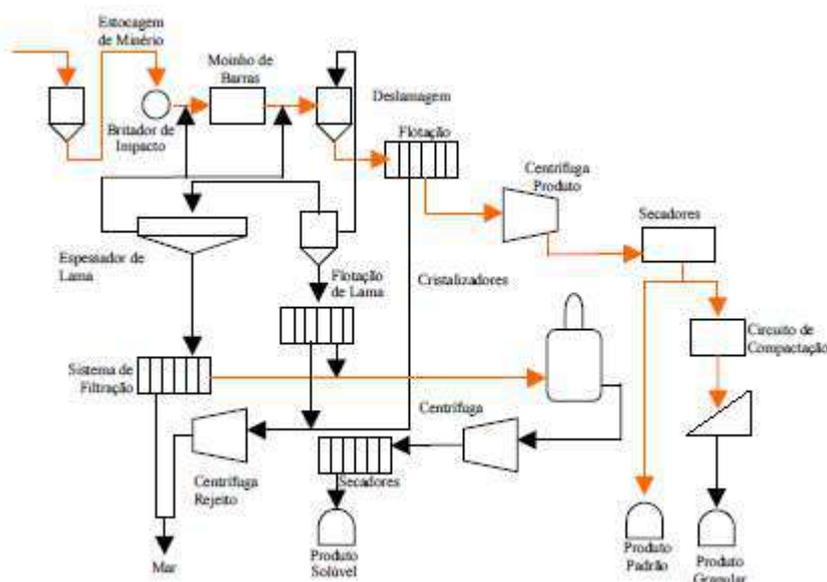
Fonte: (VEILLARD FARIAS, 2020)

Posteriormente, segue-se para: flotação, ou separação eletrostática, ou separação a frio (LUZ, LINS, 2008).

Após a mineração, independente da técnica, o minério segue para as etapas de processamento. Normalmente, britagem, moagem, deslamagem, técnica para separar de maneira seletiva os minerais, técnica de secagem do produto, seguido de compactação ou granulação/peletização (LUZ, LINS, 2008).

i. Produção de Cloreto de Potássio a Partir da Silvinita

Figura 13 - Diagrama do processamento do potássio a partir da Silvinita.



Fonte: LUZ, LINS 2008.

Para processamento da silvinita, as etapas são mostradas acima. Inicia-se com a britagem do minério, seguido do moinho. Após essas etapas iniciais, o minério é levado para etapas de peneiramento, deslamagem, flotação e centrifugação; das quais obtém-se KCl concentrado. Para secagem, utiliza-se secador de leito fluidizado, dando origem a 2 produtos: produto padrão, que corresponde ao KCl com granulometria inferior a 1 mm; e produto granular, passando pelo circuito de compactação. Esse último possui granulometria entre 1mm e 4 mm (CORDEIRO, 2018).

Para a utilização da flotação, é essencial que os minerais apresentem granulometria grossa, o que ocorre muito no Canadá, EUA, países da antiga União Soviética e Alemanha. Nesse processo de flotação, utiliza-se condicionadores e, no caso da silvinita, condicionadores catiônicos ao minério. Os principais exemplos são aminas primárias alifáticas, principalmente, de óleos e gorduras naturais neutralizados com ácido acético ou clorídrico (FARIAS, 2015).

A separação do material de interesse baseia-se nas diferenças de flutuabilidade entre os componentes e reagentes químicos: uma parcela dos materiais fica na parte superior enquanto a outra vai para o fundo (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015). Nesse processo, ocorre adesão entre as bolhas e o KCl. Assim, o sal de cloreto de potássio é levado até a superfície, dessa forma, ele é separado do restante dos minerais e segue para secagem (URALKALI, 2023).

Atualmente, no Canadá, 90% do potássio destinado a produção de fertilizante é beneficiado utilizando o processo de flotação. A cristalização é restrita à utilização em pequena escala, para produção de potássio com alto teor de pureza (VEILLARD FARIAS, 2020).

ii. Produção de Cloreto de Potássio a Partir da Carnalita

A carnalita não é muito explorada no mundo, apesar de ter grandes depósitos em muitos lugares. Esse minério apresenta baixo teor de K_2O , por volta de 17%, mesmo na forma pura. A carnalita não deve ser utilizada diretamente como fertilizantes por ser higroscópica. A exploração mais comum é por dissolução/cristalização, gerando como subproduto cloreto de magnésio em grandes quantidades. Há plantas de exploração desse minério na Alemanha, Israel, Jordânia e Espanha (FARIAS, 2015).

Os processos de dissolução/cristalização baseiam-se na diferença de solubilidade entre KCl e $MgCl_2$ em água. A injeção de água quente dissolve os sais e, depois, a água é resfriada. Assim, quando uma solução saturada é resfriada a partir do seu ponto de fusão, é possível separar os sais. Essa técnica possui a vantagem de possibilitar separar o minério de interesse mesmo com grandes quantidades de argila e materiais insolúveis em água (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Por exemplo, em uma planta produtora da Alemanha, o minério de até 4 mm de diâmetro é lixiviado a $90^\circ C$. O sólido restante e a salmoura de interesse são separados e a última é resfriada a $30^\circ C$ em cristalizadores à vácuo, assim, o KCl precipita. O KCl formado apresenta 40% de K_2O (FARIAS, 2015).

iii. Produção de Sulfato de Potássio

O segundo fertilizante potássico mais produzido é o sulfato de potássio, que é relevante em culturas com solo deficiente em potássio e enxofre ao mesmo tempo. Ele é produzido a partir da reação do KCl com ácido sulfúrico em duas etapas:



Essa primeira etapa é exotérmica, enquanto a segunda, a seguir, é endotérmica:



O KCl reage em baixa agitação no forno Manheim, que é aquecido por óleo combustível ou gás natural. O produto obtido é resfriado, podendo posteriormente ser compactado ou granulado (FARIAS, 2015).

Além desse método explicado, o sulfato de potássio também pode ser obtido de outros minerais naturais como: Cainita ($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) e Langbeinita ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$) (FARIAS, 2015).

2.5 MERCADO MUNDIAL DE FERTILIZANTES

2.5.1 Preço Internacional Fertilizantes K

Abaixo, observa-se os preços do fertilizante cloreto de potássio no mercado internacional ao longo dos últimos 15 anos. A unidade do eixo y é dólares americanos por tonelada métrica.

Figura 14 - Variação do preço do fertilizante cloreto de potássio nos últimos anos



Fonte: (INDEXMUNDI, 2023)

A partir do ano de 2008, os preços oscilaram a preços em patamares abaixo dos valores de 2008 até recentemente, quando os preços tiveram sua maior alta nos últimos quinze anos.

No segundo semestre de 2008, em meio à crise econômica, os produtores diminuíram os investimentos, especialmente, em relação ao uso de fertilizantes e defensivos agrícolas. Assim, começou a ter aumento de estoque e, como consequência, o preço começou a cair. Dessa forma, os produtores de fertilizantes diminuíram o ritmo de produção e importação de matéria-prima (FARIAS, 2015).

No início de 2022, a guerra entre a Rússia e Ucrânia causou mudanças na cotação dos preços, conforme observado no gráfico. Dois dos principais produtores e exportadores de fertilizantes

potássicos, Rússia e Bielorrússia (conforme será mostrado a seguir), começaram a ser alvos de sanções econômicas por parte da União Europeia, Estados Unidos e Reino Unido depois dos ataques. Portanto, as dificuldades encontradas para embarques de nutrientes e escoação dos produtos contribuíram para a alta do preço. Recentemente, o preço já teve uma queda, representando que o mercado está se adaptando e atendendo cada vez mais à demanda.

2.5.2 Países

Em 2021, estimou-se as reservas globais de potássio por países, como pode ser observado abaixo:

Tabela 4 – Maiores reservas mundiais de potássio por país em 2021.

Classificação	País	Óxido de potássio e equivalentes (milhões de toneladas)
1	Canadá	1.100
2	Bielorrússia	750
3	Rússia	400
4	China	350
5	EUA	220
6	Alemanha	150
-	Outros países	530
Total		>3.500

Fonte: adaptado de GOVERNMENT OF CANADA, 2022.

O Canadá ocupa posição de destaque na 1ª colocação, possuindo as maiores reservas do mundo de óxido de potássio e equivalentes. Foram estimadas mais de 3,5 bilhões de toneladas em todo o mundo, sendo, desse total, 1,1 bilhões de toneladas canadenses.

O mercado mundial de potássio é atualmente dominado, principalmente, por 4 países que, juntos, são responsáveis por quase 80% da produção mundial de cloreto de potássio: Canadá, Rússia, Bielorrússia e China.

Tabela 5 - Maiores produtores de potássio (cloreto de potássio) em 2021.

Classificação	País	% da produção mundial
1	Canadá	31,3%
2	Rússia	20,8%
3	Bielorrússia	18%
4	China	9,5%
5	Israel	5,3%
-	Outros países	15,1%
Total		100,0%

Fonte: GOVERNMENT OF CANADA, 2022.

Em 2021, a produção mundial de potássio foi estimada em aproximadamente 71,9 milhões de toneladas. Dentre os principais produtores, o Canadá merece destaque pela 1ª colocação, sendo responsável por 31,3% do total de cloreto de potássio produzido naquele ano. Essa posição é justificada por ser o país com as maiores reservas de minerais potássicos do mundo, como foi mostrado na Tabela 4.

Na Tabela 5, mostrou-se os maiores produtores. Na Tabela 6 abaixo, será apresentado os maiores exportadores de potássio na forma de cloreto de potássio em 2021:

Tabela 6 - Maiores exportadores de potássio (cloreto de potássio) em 2021.

Classificação	País	Toneladas (milhares)	% do total
1	Canadá	21.625	38,0%
2	Bielorrússia	12.317	21,7%
3	Rússia	11,462	20,2%
4	Israel	3.331	5,9%
5	Alemanha	3.153	5,6%
-	Outros países	4.997	8,8%
Total		56.865	100%

Fonte: GOVERNMENT OF CANADA, 2022.

Mais uma vez, a 1ª colocação é canadense. Nenhuma novidade a presença da Bielorrússia e Rússia nas primeiras colocações. Israel, que também é um grande produtor, assume a 4ª posição, seguido da Alemanha, que possui a 6ª maior reserva do minério de potássio.

2.5.3 Empresas

De modo geral, na indústria de fertilizantes, pode-se citar as empresas abaixo com maior capital de mercado em maio de 2023.

Tabela 7 - Maiores empresas de fertilizantes classificadas de acordo com seu capital de mercado em maio de 2023.

Classificação	Empresa	País	Capital de mercado em bilhões de dólares
1	Wesfarmers	Australia	38,97
2	Nutrien	Canadá	27,39
3	Saudi Arabian Fertilizer Company	Arábia Saudita	16,18
4	CF Industries	EUA	12,12
5	The Mosaic Company	EUA	11,13
6	Yara International	Noruega	10,99
7	Israel Chemicals	Israel	7,52
8	Fertiglobe	Emirados Árabes Unidos	7,36
9	OCI	Holanda	4,95
10	GÜBRETAŞ	Turquia	4,53
11	Coromandel	Índia	3,46
12	Chambal Fertilisers	Índia	3,45
13	CVR Partners	EUA	0,87
14	Rashtriya Chemicals and Fertilizers	Índia	0,69
15	National Fertilizers	Índia	0,40
16	Intrepid Potash	EUA	0,24
17	Southern Petrochemical Industries Corp	Índia	0,16
18	Mangalore Chemicals and Fertilizers	Índia	0,13

Fonte: adaptado de COMPANIES MARKETCAP, 2023.

A principal colocação é da australiana Wesfarmers, seguida da canadense Nutrien. Diversos nomes acima serão citados algumas vezes e mais estudados nesse trabalho. Destaque para a Índia, com 6 empresas na classificação acima, sendo o país com mais representantes.

De modo mais específico, pode-se destacar as principais empresas no mercado global de fertilizantes de acordo com dos macronutrientes NPK:

Figura 15 - Principais empresas no mercado global de fertilizantes em 2022.



Fonte: GLOBALFERT, 2022.

Abaixo, apresenta-se mais detalhes das empresas que são destaques na produção de potássio, conforme a Figura acima.

2.5.3.1 Nutrien

A Nutrien, empresa canadense, importante produtora de potássio e com o segundo maior capital de mercado no setor de fertilizantes, concentra toda a sua produção de potássio na província de Saskatchewan (SK), no Canadá, como pode ser observado no mapa abaixo:

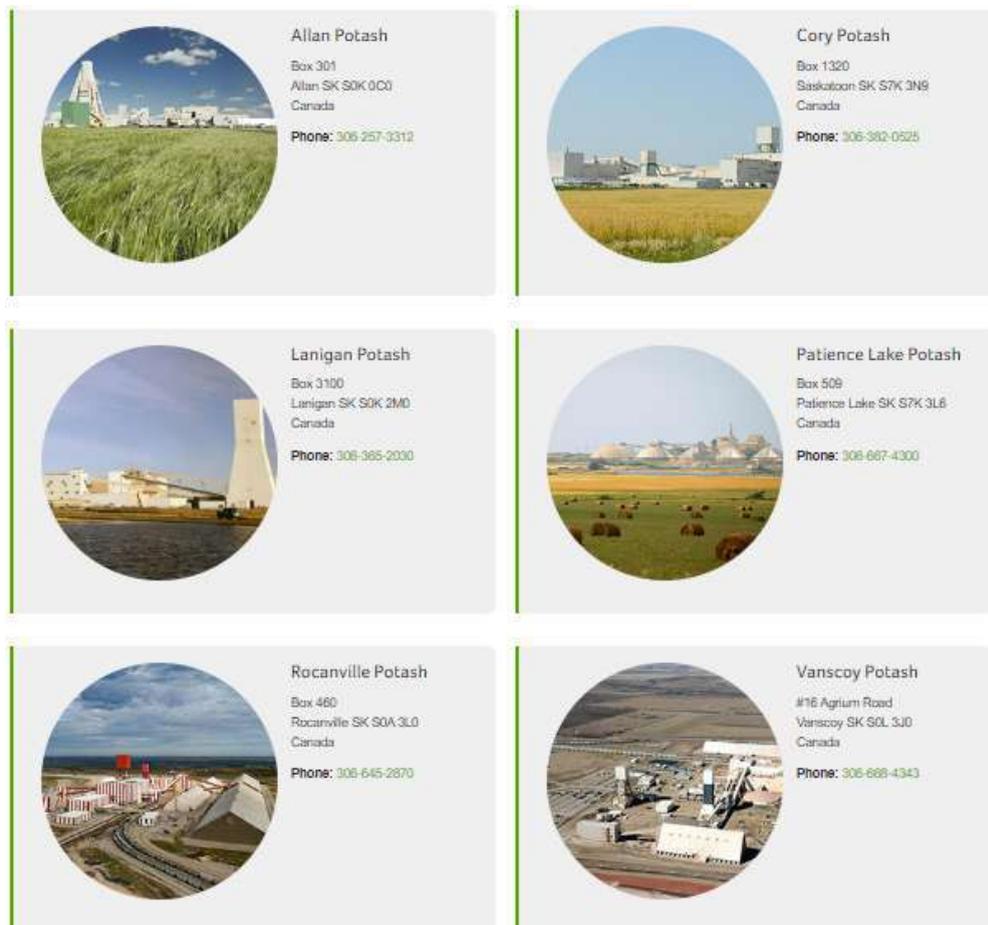
Figura 16 - Mapa das operações da empresa Nutrien na América do Norte em 2023.



Fonte: NUTRIEN, 2023.

Atualmente, a Nutrien possui em atividade 6 instalações produtoras de potássio, evidenciadas no mapa acima na cor laranja. Segundo o site da empresa, as operações envolvendo potássio ocorrem nas seguintes instalações:

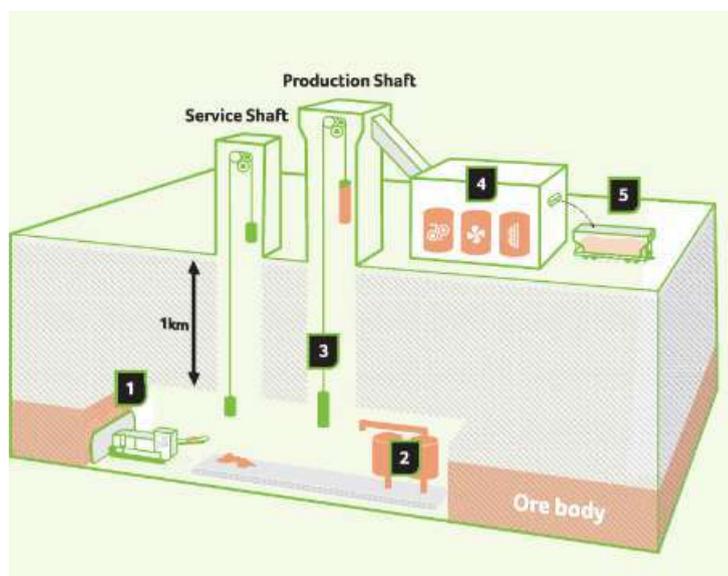
Figura 17 - Mapa das operações da empresa Nutrien na América do Norte em 2023.



Fonte: NUTRIEN, 2023.

O método de produção utilizado pela empresa se inicia com a extração dos sais de depósitos subterrâneos profundos, como pode ser observado na Figura abaixo:

Figura 18 - Cadeia produtiva de potássio utilizada pela Nutrien.



Fonte: NUTRIEN, 2023.

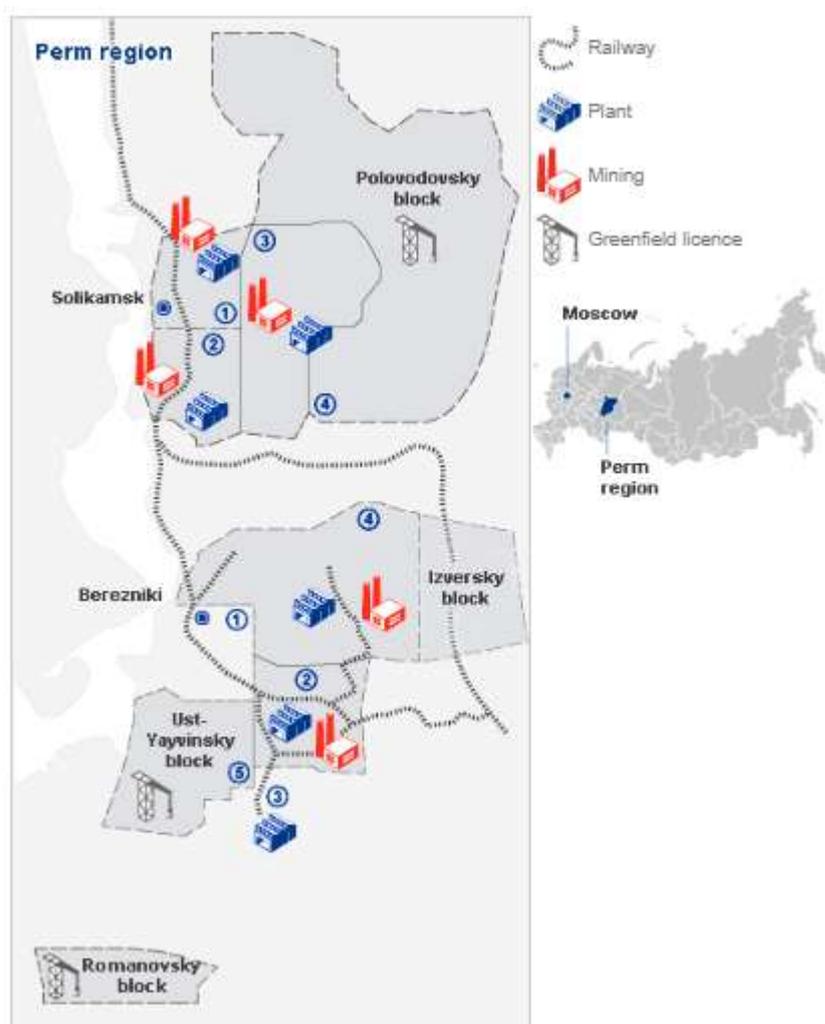
Segundo a figura acima, as etapas estão descritas abaixo:

1. Minério da mina: potássio é extraído utilizando máquinas de perfuração contínua de 2 a 4 rotores;
2. Armazenamento subterrâneo do minério;
3. Minério é içado à superfície;
4. Britagem, moagem e deslamagem → Flotação → Secagem e Classificação → Compactação e cristalização;
5. Produtos finalizados (NUTRIEN, 2023).

2.5.3.2 Uralkali

Produtora de fertilizantes potássicos russa, atualmente, opera 5 minas, 6 plantas de tratamento de minério de potássio e 1 planta específica para tratamento de carnalita, além de 3 licenças para desenvolvimento, como pode ser observado na figura abaixo. Suas operações se concentram nas cidades de Berezniki e Solikamsk, ambas localizadas na Rússia (URALKALI, 2023).

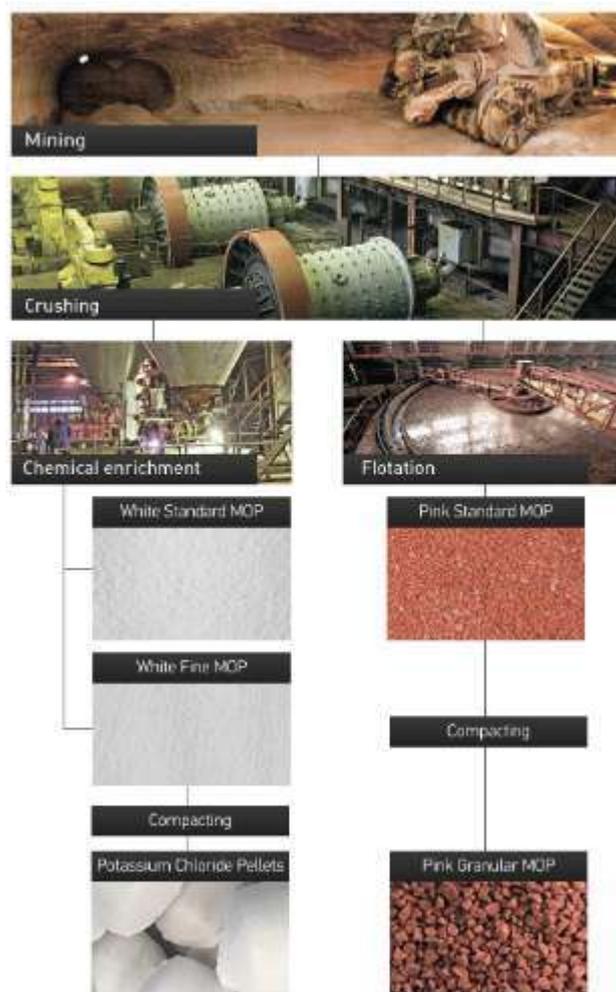
Figura 19 - Mapa das operações da empresa Uralkali na Rússia em 2023.



Fonte: URALKALI, 2023.

O processo de produção de potássio é realizado de acordo com os 2 métodos: químico (halúrgico) e flotação, de acordo com a figura abaixo:

Figura 20 - Cadeia produtiva de potássio utilizada pela Uralkali na Rússia em 2023



Fonte: URALKALI, 2023.

As etapas de produção são:

1. Mineração subterrânea;
2. Britagem;

3.1 Enriquecimento químico (método halúrgico): baseia-se nas diferentes propriedades físico-químicas da mistura NaCl-KCl-H₂O. O KCl e o NaCl se dissolvem em água em temperaturas diferentes, o cloreto de potássio se cristaliza ao esfriar a solução;

3.2 Flotação: baseia-se nas diferenças de fluatibilidade entre halita e silvita em solução aquosa de KCl, NaCl e reagentes químicos. O minério de potássio parcialmente purificado vai para flotação e, nesse processo, ocorre adesão entre as bolhas e o KCl. Assim, o sal de cloreto de

potássio é levado até a superfície, dessa forma, ele é separado do restante dos minerais e segue para secagem;

4. Compactação para granulação ou compactação para peletização (URALKALI, 2023).

2.5.3.3 Mosaic

A norte-americana Mosaic possui operações na América do Norte e na América do Sul, como pode ser observado na Figura abaixo:

Figura 21 - Mapa das operações da empresa Mosaic na América do Norte em 2023



Fonte: MOSAIC, 2023.

Conforme pode ser observado, na América do Norte, a Mosaic possui instalações produtoras de potássio no Novo México (EUA) e Saskatchewan (Canadá).

Nos EUA, assim como no Canadá, a produção de potássio utiliza a mineração convencional (LUZ, LINS, 2008).

Figura 22 - Mapa das operações da empresa Mosaic na América do Sul em 2023



Fonte: MOSAIC, 2023.

Por outro lado, na América do Sul, a sua única produção de potássio é em solo brasileiro, no estado de Sergipe, na mina de Taquari-Vassouras.

2.5.3.4 K+S Potash Canada

Faz parte do grupo alemão K+S, sua produção de potássio se concentra na mina Bethune, localizada na província canadense Saskatchewan. (K+S POTASH CANADA, 2022). Vale ressaltar que as empresas Mosaic e Nutrien, citadas anteriormente neste trabalho, também possuem operação nesse local.

2.5.3.5 Belaruskali

Empresa bielorrussa que concentra suas produções de potássio nas cidades de Soligorsk e Petrikov, ambas na Bielorrússia. Possui 7 minas e 5 plantas de processamento (BELARUSKALI, 2022).

2.5.3.6 Israel Chemicals ICL

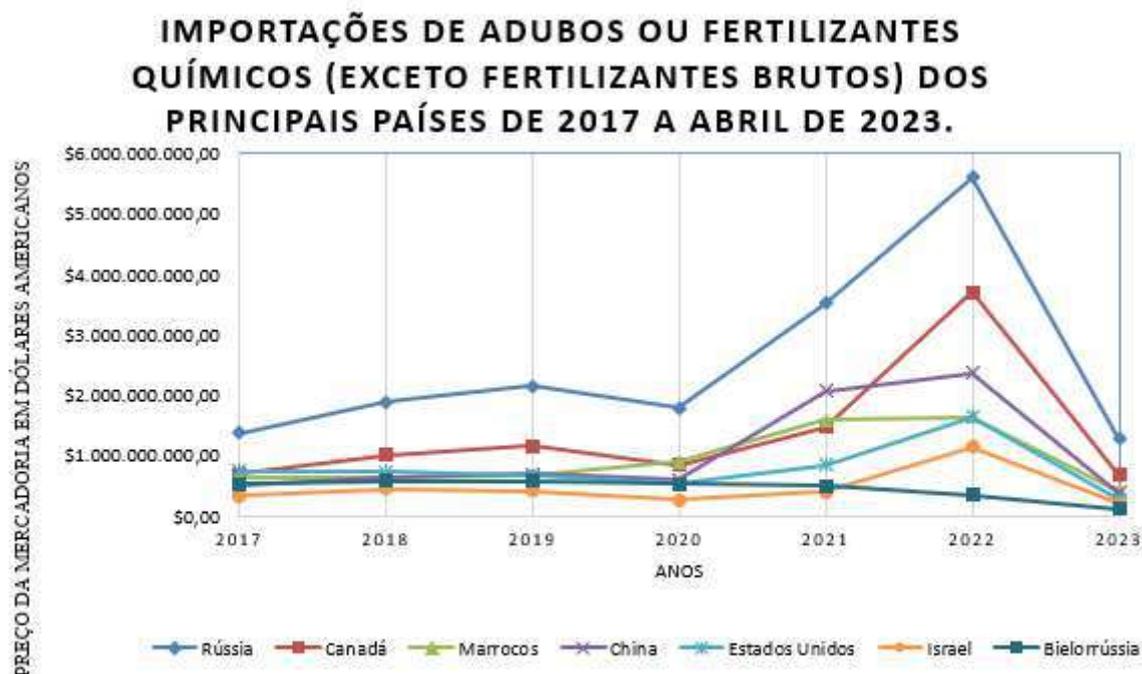
Uma das maiores empresas de Israel é especializada em extrair potássio do Mar Morto, de minas em Israel, de minas subterrâneas localizadas em: Espanha e Reino Unido, no Reino Unido, extrai e produz o “polysulphate” de mina subterrânea (ICL, 2017). Esse último consiste em um fertilizante mineral que contém enxofre, potássio, magnésio e cálcio. (ICL, 2023).

2.6 MERCADO NACIONAL DE FERTILIZANTES

2.6.1 Importações

Nos gráficos a seguir, os valores indicam o preço da mercadoria em dólares americanos sob a modalidade na qual o comprador é responsável pelo pagamento do transporte, seguros e outros custos após o embarque. Nos dados abaixo, o valor mostrado corresponde exclusivamente à mercadoria. No site Comexstat, essa modalidade é indicada por FOB (“Free on Board”). Outro ponto importante é que os valores dos anos anteriores não foram corrigidos.

Figura 23 - Importações de adubos ou fertilizantes químicos (exceto fertilizantes brutos) de 2017 a abril de 2023.



Fonte: elaboração própria com dados (COMEXSTAT, 2023).

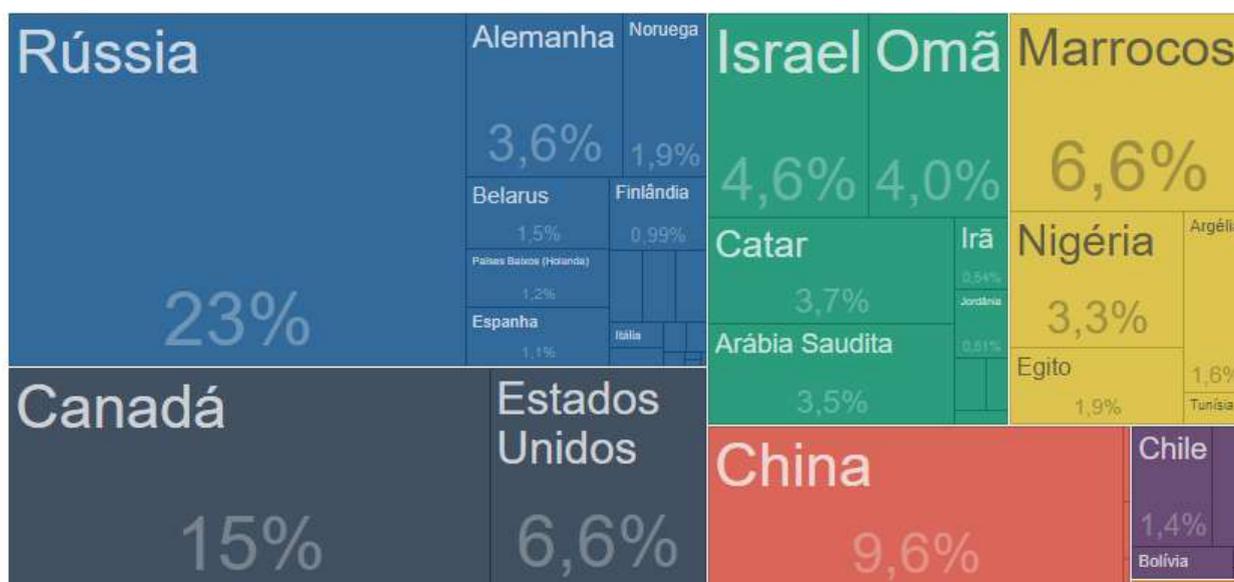
O objetivo da elaboração do gráfico da Figura anterior é analisar o fluxo de importações pelo Brasil dos fertilizantes químicos, excluindo fertilizantes brutos, nos anos de 2017 até abril de 2023. Nesse filtro, estão incluídos os do tipo NPK, nitrogênio, fósforo e potássio separadamente, micronutrientes, dentre outros. Pode-se observar que a Rússia foi o maior parceiro comercial ao longo dos anos estudados. Os outros parceiros mais importantes atualmente são Canadá e China. Houve a especulação de que a Rússia perderia importância devido às sanções consequentes da invasão russa à Ucrânia. De fato, o Canadá ganhou mais importância em 2022 e ultrapassou a China, mas ainda não alcançou o nível russo. Em 2020, observou-se queda geral das importações de fertilizantes, consequência da pandemia da COVID-19, conforme discutido na Introdução desse trabalho. Depois desse período, o Brasil segue importando cada vez mais a cada ano. O resultado parcial de 2023 até abril sugere que o padrão dos anos anteriores deve ser mantido, talvez um destaque crescente canadense seja esperado, diminuindo o protagonismo russo. Por outro lado, a cada ano até 2022, observa-se uma decrescente importância da Bielorrússia.

No ano de 2022, especificamente, pode-se observar abaixo os maiores fornecedores de adubos ou fertilizantes químicos (exceto fertilizantes brutos) do Brasil, mesmo filtro utilizado na Figura

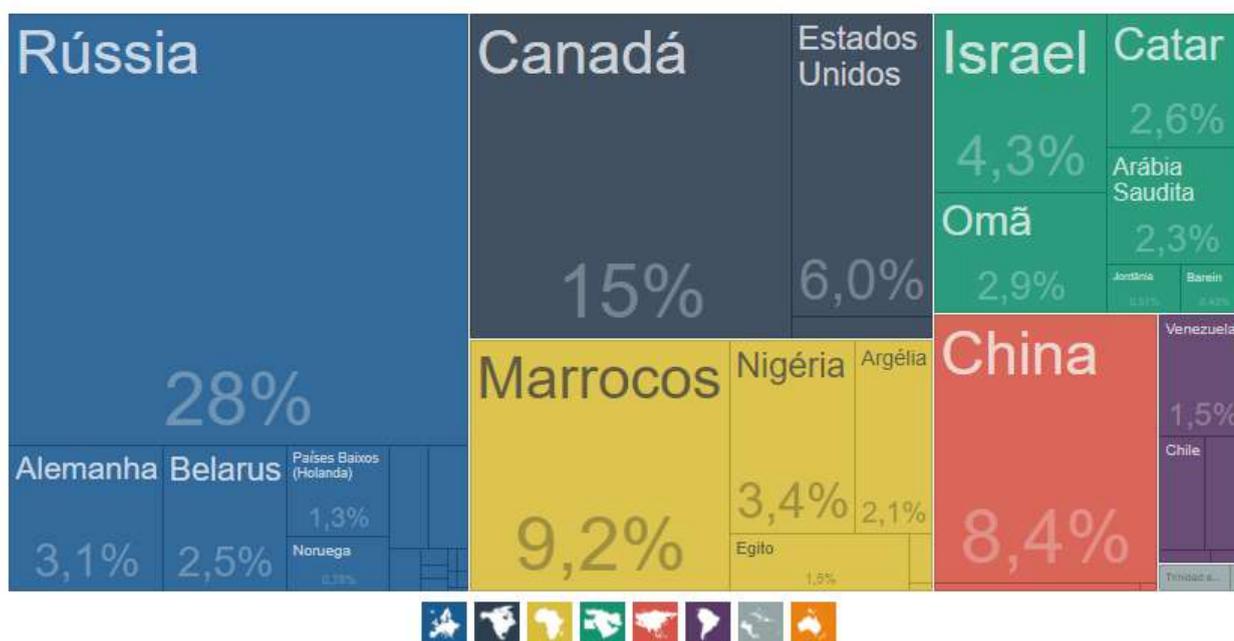
anterior. Nos dados disponíveis do ano de 2023 até o presente momento (de janeiro a abril), segue-se a tendência de parceiros comerciais e porcentagens de participação do ano anterior.

Figura 24 - Maiores exportadores para o Brasil de adubos ou fertilizantes químicos (exceto fertilizantes brutos).

2022:



Janeiro a Abril de 2023:



Fonte: COMEXSTAT, 2023.

Observando mais de perto o ano de 2022 e parcialmente os dados de 2023, pode-se destacar os seguintes principais fornecedores de fertilizantes químicos para o Brasil: Rússia, Canadá,

Marrocos, China e Estados Unidos. Talvez esse ano haja uma maior participação da Bielorrússia, que vinha diminuindo ano após ano. Porém, apenas com dados até abril, é difícil prever se o padrão será mantido ou não.

Ao restringir para o caso do potássio, foi possível obter os seguintes valores em dólar ao longo de alguns anos, como pode ser observado na tabela abaixo:

Tabela 8 - Importações de adubos ou fertilizantes químicos, potássicos (exceto os sais de potássio naturais, em bruto) de 2019 a abril de 2023.

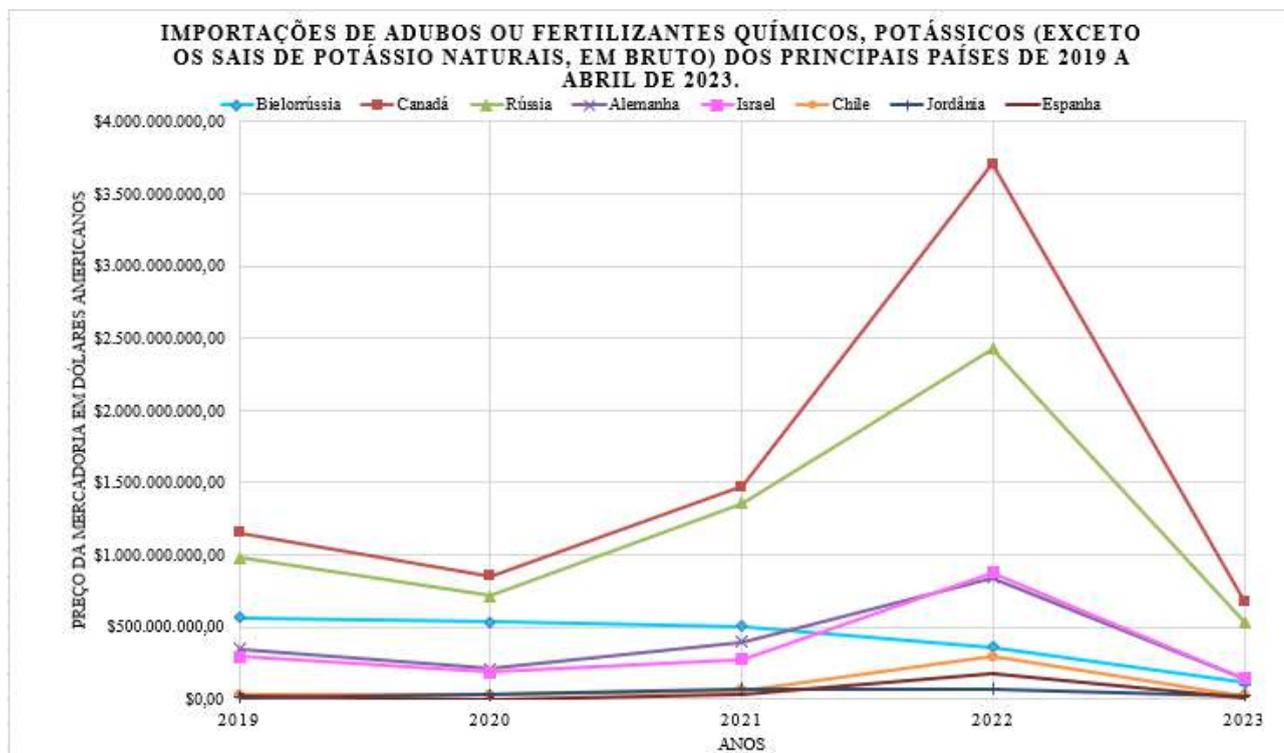
Países	2019	2020	2021	2022	2023 (até abril)
Canadá	\$1.154.544.791,00	\$851.201.179,00	\$1.473.878.147,00	\$3.707.401.956,00	\$676.905.591,00
Rússia	\$980.333.676,00	\$715.183.862,00	\$1.358.714.861,00	\$2.426.351.258,00	\$532.828.753,00
Israel	\$297.317.180,00	\$189.132.101,00	\$275.025.631,00	\$874.848.480,00	\$146.828.473,00
Alemanha	\$351.004.759,00	\$212.313.924,00	\$395.966.122,00	\$843.781.595,00	\$139.878.127,00
Bielorrússia	\$568.135.618,00	\$534.322.495,00	\$507.960.013,00	\$360.496.729,00	\$116.957.498,00
Chile	\$30.452.128,00	\$32.954.807,00	\$60.044.527,00	\$292.408.548,00	\$26.455.212,00
Jordânia	\$13.064.720,00	\$28.532.727,00	\$70.727.805,00	\$73.461.302,00	\$23.393.860,00
Espanha	\$24.870.809,00	\$783.933,00	\$30.823.283,00	\$173.239.562,00	\$15.382.751,00
Uzbequistão	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$10.083.761,00
Reino Unido	\$16.310.998,00	\$14.713.904,00	\$24.469.163,00	\$70.834.631,00	\$8.370.071,00
Bolívia	\$4.099.827,00	\$1.211.026,00	\$5.611.342,00	\$20.552.253,00	\$4.429.315,00
Estados Unidos	\$6.581.734,00	\$12.423.263,00	\$20.956.094,00	\$33.542.125,00	\$711.822,00
Egito	\$3.571.367,00	\$5.146.433,00	\$10.914.919,00	\$17.243.819,00	\$661.709,00
Bélgica	\$11.251.943,00	\$8.603.897,00	\$10.276.568,00	\$13.549.917,00	\$383.769,00
Suécia	\$62.196,00	\$0,00	\$1.056.253,00	\$846.275,00	\$317.147,00
Irlanda	\$495.436,00	\$1.157.130,00	\$1.844.992,00	\$1.474.927,00	\$273.670,00
China	\$1.209.874,00	\$3.119.876,00	\$3.149.579,00	\$5.190.764,00	\$263.193,00
Turquia	\$201.657,00	\$5.491.809,00	\$6.072.400,00	\$5.715.534,00	\$232.830,00
Austrália	\$463.575,00	\$221.806,00	\$364.744,00	\$268.485,00	\$139.766,00
México	\$26.931,00	\$59.478,00	\$129.789,00	\$112.028,00	\$31.593,00
França	\$66.531,00	\$0,00	\$1,00	\$69.575,00	\$28.427,00
República Tcheca	\$809,00	\$11.163,00	\$17.658,00	\$57.270,00	\$8.307,00
Malásia	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$5.270.750,00	\$0,00
Guatemala	\$23.785,00	\$141.337,00	\$3.292.977,00	\$2.822.608,00	\$0,00
Costa Rica	\$0,00	\$0,00	\$46.846,00	\$695.112,00	\$0,00
Suíça	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$318.293,00	\$0,00

Itália	\$194.848,00	\$119.390,00	\$204.790,00	\$217.085,00	\$0,00
Polônia	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$121.445,00	\$0,00
Paraguai	\$0,00	\$142.000,00	\$145.529,00	\$103.278,00	\$0,00
Uruguai	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$20.452,00	\$0,00
Guiana	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$17.463,00	\$0,00
Hong Kong	\$134.907,00	\$88.793,00	\$54.411,00	\$0,00	\$0,00
Coreia do Sul	\$0,00	\$0,00	\$755,00	\$0,00	\$0,00
Índia	\$73.856,00	\$480,00	\$170,00	\$0,00	\$0,00
Taiwan (Formosa)	\$0,00	\$561.583,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Países Baixos (Holanda)	\$1.969,00	\$124,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Malta	\$0,00	\$22,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Letônia	\$1.588.556,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Japão	\$1.126,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00

Fonte: elaboração própria com dados (COMEXSTAT, 2023).

Com os dados obtidos acima especificamente para o caso do potássio e para melhor visualização, foi possível elaborar o gráfico abaixo.

Figura 25 - Importações de adubos ou fertilizantes químicos, potássicos (exceto os sais de potássio naturais, em bruto) dos principais países de 2019 a abril de 2023.



Fonte: elaboração própria com dados (COMEXSTAT, 2023).

Diferentemente do cenário anterior, apresentado pelas Figura 23 e Figura 24, e restringindo os dados para os fertilizantes potássicos de forma específica, a Figura 25 exhibe que o maior exportador para o Brasil é o Canadá, seguido da Rússia. Isso era esperado, já que o Canadá é o país com as maiores reservas, o maior produtor e exportador de potássio do mundo, conforme já mostrado nesse trabalho.

De fato, em 2022, a importação do minério russo foi elevada, inclusive com crescimento em relação ao ano anterior. Em contrapartida, as importações canadenses dispararam nesse mesmo ano e Israel voltou a atingir a mesma importância da Alemanha no mercado brasileiro. No gráfico também é perceptível que a Bielorrússia vem perdendo seu peso cada ano, com a principal queda em 2022. Por outro lado, Chile, Espanha e Jordânia obtiveram maior participação em 2022. É cedo para prever como vai ser durante o resto do ano de 2023, sabe-se que, pelo menos por enquanto, deve-se manter em destaque os mesmos países acima, talvez com algumas variações em suas colocações.

O fator relevante que deve ser o provável motivo para a queda da Bielorrússia no gráfico acima é por problemas de transporte. Sem saída para o mar, os bielorrussos dependem da Lituânia, país integrante da União Europeia, para chegar ao oceano e possibilitar o escoamento das suas

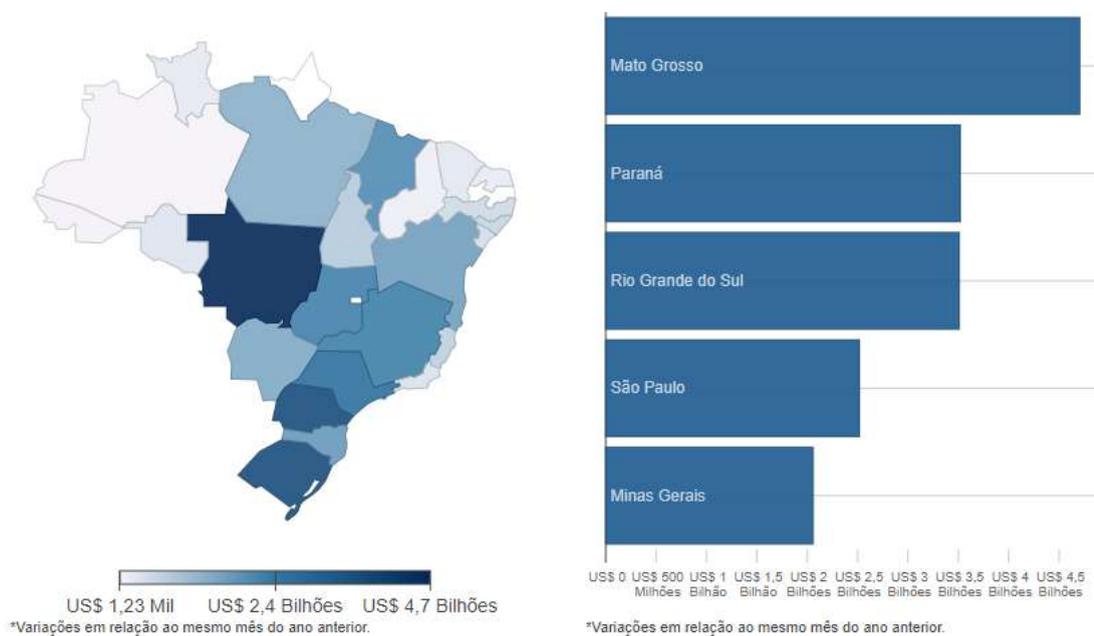
exportações. Com as sanções impostas pela EU, esse transporte foi interrompido (CNN BRASIL, 2022).

Analisando os dados acima, nota-se que a queda das importações russa não aconteceu, consequência essa que era esperada depois das limitações de venda dos nutrientes por parte da Rússia para o exterior, dificuldades encontradas para trazê-los e recusa de muitos portos e companhias marítimas em realizar o frete. Mesmo não conseguindo exportar quantidades consideráveis, navios foram contratados para realizar o transporte e, pelo gráfico acima, essa operação foi bem-sucedida pois não houve desabastecimento do minério russo no mercado brasileiro (EXAME, 2022).

Mesmo com o crescimento exibido pela Rússia, o Canadá conseguiu resultado mais expressivo e disparou como maior fonte de fertilizantes potássicos do Brasil.

Os principais estados brasileiros importadores desses fertilizantes importados podem ser observados abaixo:

Figura 26 - Principais estados importadores de adubos ou fertilizantes químicos (exceto fertilizantes brutos) no ano de 2022.

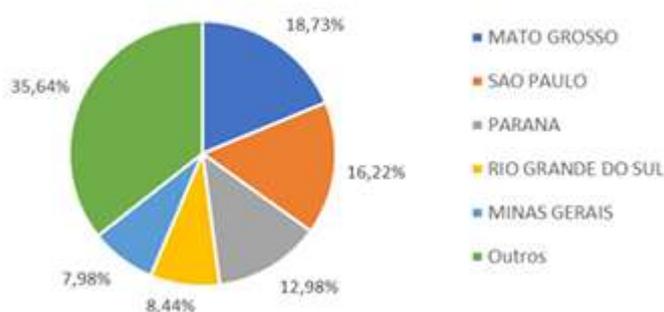


Fonte: COMEXSTAT, 2023.

Em 2022, observa-se que o estado do Mato Grosso foi o campeão de importações de adubos químicos em geral. Seguido de: Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais.

O padrão acima era esperado uma vez que os estados acima estão entre os mais importantes da agricultura brasileira, sendo alguns dos principais produtores de grãos nacionais (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2020). Isso pode ser melhor analisado com a Figura abaixo, com os principais estados exportadores de produtos agropecuários:

Figura 27 - Exportações do Agronegócio por Unidade da Federação em 2020.



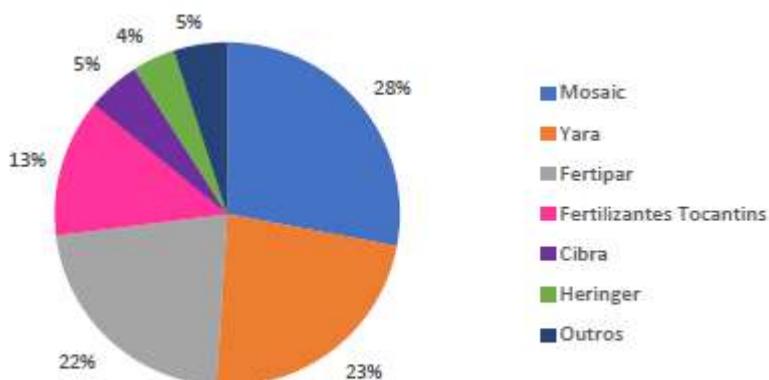
Fonte: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2020.

2.6.2 Produção

2.6.2.1 Empresas

Abaixo, pode-se listar as principais empresas do setor de fertilizantes presentes no mercado brasileiro responsáveis pelas formulações e também operações de transporte e logística no território nacional. Neste momento, estão incluídos os fertilizantes em geral, NPK, dentre outros.

Figura 28 - Empresas presentes no mercado brasileiro de fertilizantes em 2020.



Fonte: SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021.

A Mosaic já foi citada diversas vezes nesse trabalho, está entre as maiores empresas do mundo nesse ramo e também é o principal destaque do cenário nacional, com 28%.

Em 2º lugar com 23%, a norueguesa Yara, possui um dos maiores capitais de mercado mundial. Além de fertilizantes, atua nos setores químico e ambiental (YARA, 2023).

Na 3ª posição, com 22%, o Grupo Fertipar Fertilizantes, que é de capital 100% brasileiro. É composto por 11 empresas localizadas nas principais áreas agrícolas do Brasil e foi fundado em 1980 em Paranaguá, no estado do Paraná (GRUPO FERTIPAR, 2023).

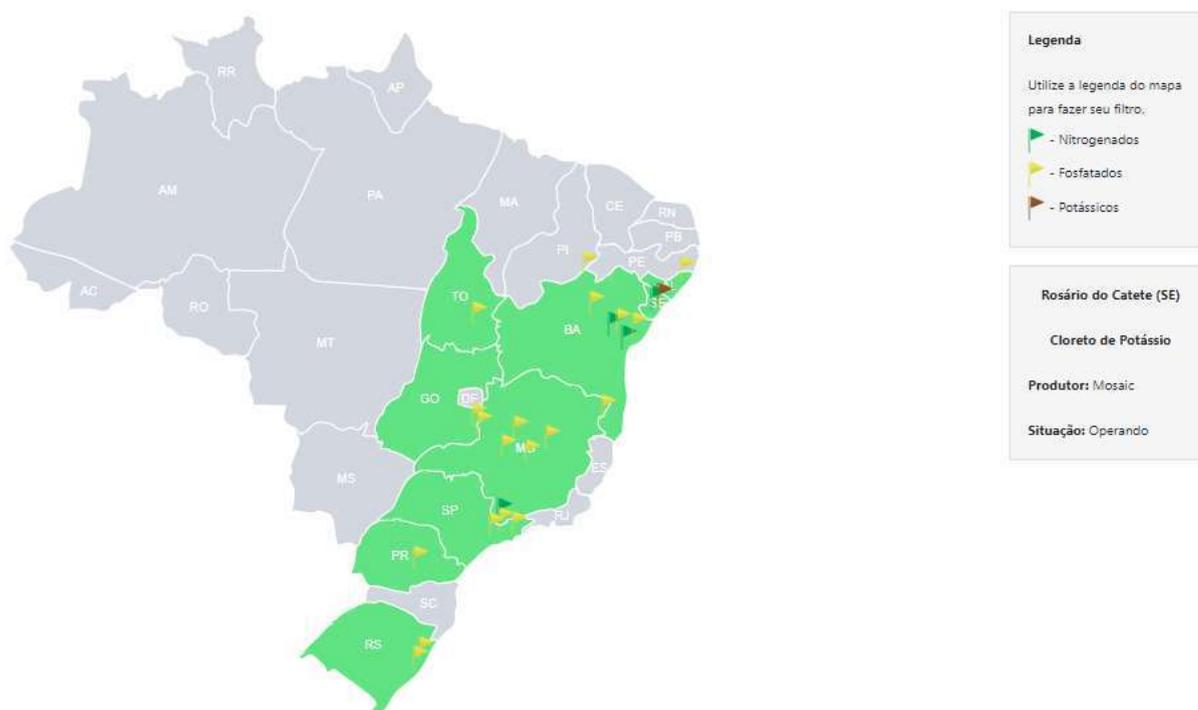
Em 4º lugar, Fertilizantes Tocantins, que foi adquirida pela multinacional EuroChem em 2019, o que levou ao aumento de 6% da sua participação no mercado (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021).

A Cibra, 5ª colocação, foi adquirida pelos grupos Omimex, norte americano, e Anglo American, britânico do ramo de mineração (CIBRA, 2023).

Por fim, a Heringer, empresa fundada em Minas Gerais no ano de 1968; adquirida em 2022 pela EuroChem (FERTILIZANTES HERINGER, 2023).

Dentre os maiores produtores em atuação no país, apenas o Grupo Fertipar Fertilizantes permanece sendo totalmente de capital nacional em 2023.

Figura 29 - Mapa da produção brasileira de fertilizantes KCl em 2023.



Fonte: GLOBALFERT, 2023.

Pode-se observar o destaque ao lado do mapa acima da única produção nacional de fertilizantes de cloreto de potássio, a mina de Taquari-Vassouras situada no município de Rosário do Catete, no estado de Sergipe. Atualmente, é operada pela norte americana Mosaic (GLOBALFERT, 2023), conforme já foi citado neste trabalho (item Mercado Mundial de Fertilizantes). Até o ano de 2018, pertencia à Vale Fertilizantes (ÉPOCA NEGÓCIOS, 2018).

Esses depósitos foram descobertos em 1963 pela PETROBRÁS durante a pesquisa de prospecção de óleo nesse local. Essa reserva é composta por silvinita e carnalita. A implantação da mina de Taquari-Vassouras foi iniciada em 1979 e entrou em operação em 1985, ainda coordenada pela Petrobrás Mineração SA. Somente em 1991 foi adquirida pela VALE (FARIAS, 2015).

Sua capacidade de instalação chega a 655.000 toneladas ao ano de KCl, equivalente a 379.900 toneladas de K_2O (VEILLARD FARIAS, 2020).

É válido ressaltar que, para obtenção de fertilizantes potássicos, existem as opções convencionais, para obter potássio, e as opções não convencionais, que utilizam a rochagem de solos que possuem minerais com conteúdo significativo de potássio (BRASIL MINERAL, 2022). A rochagem consiste em usar rochas moídas como fontes minerais para fertilização do solo, como pode ser visto a seguir (EMBRAPA, 2012).

O pó da rocha em si é utilizado e possui solubilidade mais lenta em comparação com outras opções convencionais. Essa poção não convencional possui a vantagem de ser mais barata, e pode ser utilizada para minerais potássicos e fosfatados (FARIAS, 2015).

Em Minas Gerais, mais especificamente na região de São Gotardo, há exploração do Silito Glauconítico (“verdete”), que é uma rocha sedimentar na cor verde a partir da qual se obtém potássio. Esse local possui mina e fábrica para produção de fertilizantes potássicos com capacidade para 400 mil toneladas produzidas por ano e está em construção de nova unidade. A projeção é que a produção atinja até 2,4 milhões de toneladas. A planta é operada pela Verde Agritech e possui vantagens, como: o potássio produzido ser livre de cloro (fertilizantes comuns, como KCl, possuem alta concentração de cloro), sem desmatamento (minério não tem cobertura de florestas) e a operação não requerer barragens e nem produzir rejeitos (FOLHA DE SÃO PAULO, 2022).

Figura 30 - Rocha sedimentar na cor verde em MG



Fonte: (GLOBORURAL, 2018)

Além da Verde Agritech, a empresa Kalium Mineração S.A. também está investindo nas minas de exploração do verdete nos municípios de Serra da Saudade e Quartel Geral, já a planta industrial fica na cidade de Dores do Indaiá, todas as localidades em Minas Gerais. A primeira fase do projeto já foi concluída em março de 2021, com o início das operações. A produção de potássio pode chegar a 820 mil toneladas por ano (BRASIL MINERAL, 2022).

2.6.2.2 Tecnologia de produção brasileira de cloreto de potássio

O método utilizado é a mineração subterrânea com 2 poços: um utilizado para serviço e o outro principal, para extração (SOUZA, 2012). Sua profundidade é de 450 m (CETEM, 2011).

O projeto brasileiro para construção da infraestrutura da mina acima precisou levar em consideração características particulares do local, o que tornou complexa a tecnologia de lavra utilizada (SOUZA, 2012).

Primeiramente, a mina está próxima de campos de petróleo, o que justifica a existência de gases explosivos (“grisu”) naquela localidade (ZONTA, STAFANATO, PEREIRA, 2021).

Outra particularidade importante é a presença de aquíferos. O risco de inundação levou a dificuldades para abertura dos poços (SOUZA, 2012). Por isso, foi necessário recobrir os poços com concreto especial e ainda utilizar um tipo de resina epóxi para sustentação e proteção contra inundamento (LUZ, LINS, 2008).

Outros desafios foram: a profundidade de 450 m e a presença de taquidrita logo após a camada mineral de interesse. Essa rocha é muito higroscópica e possui baixa resistência mecânica, duas características que trouxeram dificuldades para a exploração (FARIAS, 2015).

Problemas similares foram encontrados no Reino Unido, na mina de Boulby. O local dos poços principais apresentava gases explosivos e proximidade com aquíferos. Assim como no Brasil, foi utilizada uma construção especial (LUZ, LINS, 2008).

Devido à tecnologia brasileira, a taxa de extração é de 50% do corpo minerável (CETEM, 2011).

Após a mineração, a instalação possui unidades de britagem, concentração, dissolução, secagem, compactação e salmouroduto. Para a etapa de secagem, utiliza-se gás natural de petróleo, o que é possível devido aos gases tóxicos originados de óleos combustíveis, presentes no local (CETEM, 2011). O método operado é a flotação (FARIAS, 2015).

A salmoura é gerada durante o processo de extração e a mesma é lançada ao mar, devido à sua proximidade com o oceano. Segundo estudos, esse rejeito não causa consequências ao ecossistema local. Outros rejeitos líquidos industriais gerados durante esse processo produtivo são recuperados em diques de contenção. Esses são previamente tratados e também lançados no mar através do salmouroduto, juntamente com os efluentes líquidos da flotação (CETEM, 2011).

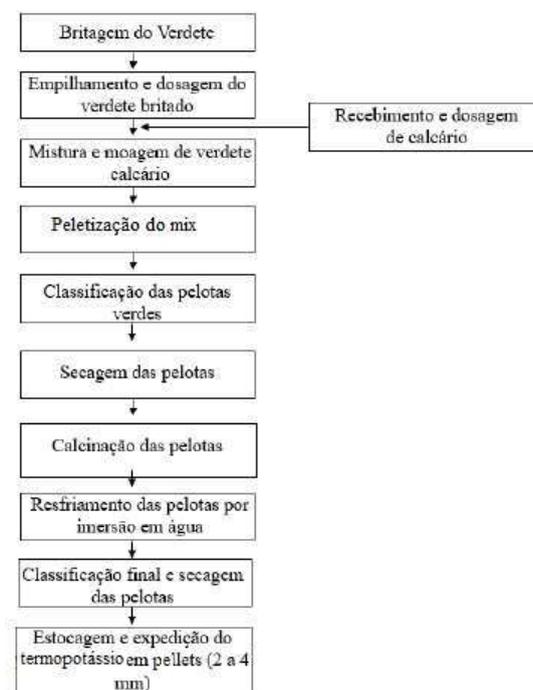
Águas das chuvas são recuperadas e, inicialmente, são direcionadas aos diques. A partir dele, pode ser reutilizada nas etapas de produção ou descartada no mar (CETEM, 2011)

Alguns dos métodos utilizados para redução de impactos ambientais são: filtros para captação de pó e material estéril ficar retido no subsolo. Por outro lado, uma vasta área precisou ser desmatada para tornar possível a extração de minério de potássio (CETEM, 2011).

2.6.2.3 Tecnologia de produção brasileira com Verdete

Projeto da Verde Agritech para produzir um termo fertilizante calcinado em forno rotativo, conforme fluxograma abaixo:

Figura 31 - Fluxograma de produção de termo fertilizante



Fonte: (CORDEIRO, 2018)

A produção inicia-se com a extração do verdete, presente naturalmente à ceu aberto, seguido da planta de beneficiamento.

Na etapa seguinte, o minério passa pela britagem e o produto dessa etapa segue para as pilhas de homogeneização. Em seguida, calcário e verdete são dosados na proporção desejada para alimentar a mistura e a moagem dos mesmos. No próximo passo, a fração moída recebe o agente aglomerante e é encaminhada para os discos peletizadores. Nesse momento é aplicado um spray de água e gera-se péletes com umidade por volta de 18% (CORDEIRO, 2018).

Esses péletes são calcinados em fornos rotativos durante 60 minutos a uma temperatura de 1300 °C. Esse procedimento possui o objetivo de liberar o potássio da estrutura complexa do Verdete com auxílio da alta temperatura. Os péletes calcinados, em seguida, são levados a um

reservatório de água onde sofrem um resfriamento bruto. Então, os péletes obtidos são classificados e secos (CORDEIRO, 2018).

3 METODOLOGIA

Para realizar análise crítica dos novos projetos de potássio no Brasil, a metodologia desse trabalho está baseada na pesquisa para identificação dos principais projetos previstos para o setor de fertilizantes potássicos no Brasil. Foi utilizado o Google, GlobalFert, notícias de jornais e revistas.

Depois, foi feita a análise do Plano Nacional de Fertilizantes para os fertilizantes potássicos. Nesse item, identificou-se os objetivos do plano, bem como suas ações e metas. Os materiais utilizados foram: o próprio PNF e fontes secundárias.

Após toda a análise de resultados encontrados, foram elaboradas tabelas comparativas entre os projetos estudados. Por fim, foi elaborada uma conclusão sobre o cenário brasileiro de fertilizantes potássicos atual e dos próximos anos, contendo algumas sugestões. Dessa forma, conclui-se o objetivo do presente trabalho.

3.1 PRINCIPAIS PROJETOS DO SETOR DE FERTILIZANTES POTÁSSICOS

Nessa etapa da pesquisa o foco é encontrar os principais projetos atuais e dos próximos anos para o setor de fertilizantes potássicos no Brasil. Para isso, utilizou-se o Google para encontrar notícias e informações sobre o assunto, mais fontes utilizadas foram: GlobalFert, IBRAM, EMBRAPA, EXAME, CNN, g1, GLOBO e Plano Nacional de Fertilizantes.

Como resultado, os principais investimentos discutidos na área estudada foram: Projeto Autazes e Projeto Carnalita.

Para obter informações mais recentes sobre os empreendimentos, foram utilizados sites regionais, sites mais específicos sobre mineração e sites das próprias empresas responsáveis por tais projetos.

Para realização da análise desejada nesse trabalho, utilizou-se os documentos de “Relatório de Impacto Ambiental – RIMA”, no qual são divulgados os resultados do “Estudo de Impacto Ambiental – EIA”, o qual foi desenvolvido para a avaliação socioambiental de um novo empreendimento (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Como uma das principais fontes para esse item, foi utilizado o RIMA elaborado para esses projetos. Nesse documento encontra-se as características do projeto, como localização, medidas para evitar, reduzir ou compensar as os impactos negativos do projeto, bem como discutir os impactos positivos, como benefícios sociais e econômicos ao local (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Portanto, as análises de impacto ambiental e de perigos dos Projetos Autazes e Carnalita foram realizadas com base nos seus respectivos estudo e relatório de impacto ambiental. Ambos os documentos foram encontrados mediante uma pesquisa simples utilizando o Google.

3.2 PLANO NACIONAL DE FERTILIZANTES

O documento do PNF foi obtido por meio de uma busca simples diretamente na página do Governo Federal. Dentre as 82 metas e 129 ações propostas, selecionou-se 9 metas e 6 ações que mais causam impacto na indústria de fertilizantes potássicos do Brasil. Nessa etapa, as argumentações foram baseadas quanto à eficácia e também à possibilidade de atingir os objetivos nos períodos de tempo estabelecidos pelo plano.

4 RESULTADOS

4.1 ANÁLISES DOS PRINCIPAIS EMPREENDIMENTOS

Atualmente, há empresas com foco nas jazidas de potássio localizadas na região de Nova Olinda do Norte até a foz do Rio Madeira, no estado do Amazonas, no qual estão localizados os depósitos de Fazendinha, Arari e Autazes, bem como na jazida localizada em Faro/Juruti, no estado do Pará. Em Autazes, a profundidade do minério de interesse varia entre 650 m e 850 m, com teor de 30,7% de KCl. Por outro lado, em Nova Olinda, a profundidade está entre 980 m e 1200 m, com teor de 32,59% KCl (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM, 2020).

No Plano Nacional de Fertilizantes, as principais reservas nacionais citadas são:

- em Sergipe: Taquari/Vassouras e Santa Rosa de Lima (mineral silvinita);
- em Sergipe: Rosário do Catete (mineral carnalita);
- no Amazonas: Itacoatiara, Nova Olinda do Norte e Autazes (mineral silvinita) (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021).

Como projetos futuros para viabilização e entrada em operação, são mencionados no mesmo documento:

- em Sergipe: Projeto Carnalita;
- no Amazonas: Projetos de Autazes, Fazendinha e Arari (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021).

Esses projetos (Carnalita e Autazes) serão analisados de forma mais detalhada a seguinte, com informações sobre os investimentos em cada um, possíveis problemas enfrentados, capacidades de produção, prazo estimado para entrarem em operação, impactos ambientais dentre outros aspectos, tudo com base no seu RIMA respectivo. Para Fazendinha e Arari, não foram encontradas informações sobre possíveis empreendimentos ou empresas elaborando projetos no momento para um futuro próximo.

4.1.1 Projeto Potássio Amazonas - Autazes

O presente empreendimento possui objetivo de exploração e beneficiamento do minério de potássio no município de Autazes, no estado do Amazonas. Nesse local, o potássio é encontrado da rocha silvinita. Esse minério de interesse está localizado cerca de 800 m de profundidade, estando próximo de rochas arenosas e argilosas (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015). Segundo previsões, a produção pode chegar a 8 milhões de toneladas por ano, o

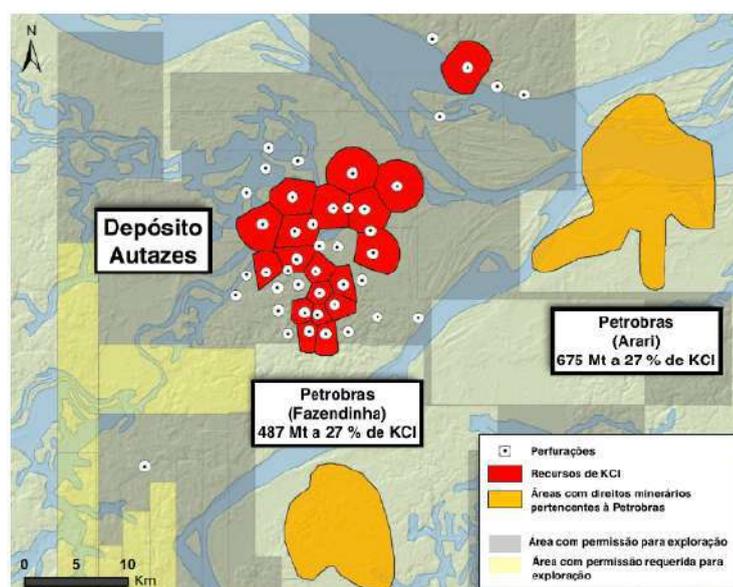
que resulta em 2,16 milhões de toneladas por ano de KCl, atingindo 95,5% de pureza, sendo equivalente a 1,36 milhões de toneladas de K_2O (VEILLARD FARIAS, 2020). A reserva confirmada possui 425 milhões de toneladas com teor de 32% de KCl, sendo equivalente a 19% de K_2O – ainda tem uma parte da reserva não confirmada. (FARIAS, 2015).

Em 2015, foi estimado que o valor do investimento necessário seria, aproximadamente, US\$ 2 bilhões. Estima-se que serão gerados mais de 4700 postos de trabalho durante as obras de implantação e 1050 empregos na fase de operação: 1000 na área industrial e 50 no porto de Urucurituba durante, aproximadamente, os 35 anos de vida útil do empreendimento (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

A empresa interessada nesse investimento é a Potássio do Brasil, que foi fundada em 2009 e é subsidiária da canadense Potash, com sede em Toronto e controlada pelo grupo Forbes&Manhattan (F&M) (VEILLARD FARIAS, 2020).

Os depósitos na região de Nova Olinda (Fazendinha e Arari) foram descobertos em 1955 pela PETROBRÁS e, segundo a Potássio do Brasil, a reserva de Autazes apresenta muitas similaridades geológicas, por exemplo a mesma idade, da bacia de potássio mais importante do mundo em Saskatchewan, no Canadá (FARIAS, 2015).

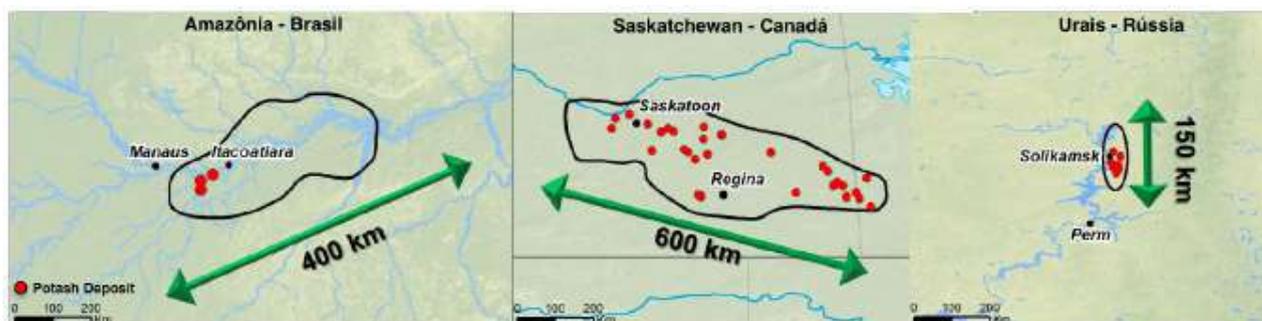
Figura 32 - Mapa das perfurações em Autazes



Fonte: (VEILLARD FARIAS, 2020)

Por isso, segundo a mesma empresa, a Bacia de Potássio do Amazonas está entre as três mais importantes do mundo, juntamente com a de Saskatchewan e de Urais (Rússia) (VEILLARD FARIAS, 2020).

Figura 33 - Comparação das bacias de potássio no Amazonas (Brasil), Saskatchewan (Canadá) e nos Urais (Rússia)



Fonte: (VEILLARD FARIAS, 2020)

Dessa forma, a Potássio do Brasil reivindica a exploração econômica de uma área com 24.300 km², que inclui quatro depósitos: Autazes, Ipiranga, Novo Remanso e Itacoatiara, sendo o primeiro o mais proeminente dentre eles (VEILLARD FARIAS, 2020).

Um fator importante para esse projeto é a proximidade estratégica de grandes regiões consumidoras, como cerrado e MATOPIBA (composta pelos estados Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), para onde a agricultura tem se expandido (FARIAS, 2015).

4.1.1.1 Características da área do projeto

A região do Projeto Autazes inclui importantes rios: Amazonas, Madeira e Madeirinha, e também diversos lagos: Soares, Piranha, Jauary, Munguba, Murutinga, Iguapenu, Iguapenuzinho dentre outros. Além disso, a região também inclui quatro aquíferos principais, dentre eles o Aquífero Solimões e o Aquífero Alter do Chão. Diante disso, muitas comunidades utilizam captação da água subterrânea para utilização, sendo essas vazões consideradas relativamente baixas. Outro aspecto importante é que a localização do empreendimento possui vegetação nativa da Floresta Amazônica, que abriga a maior biodiversidade do planeta compreendendo cerca de 20% de todas as espécies descoberta em todo mundo (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Em relação à infraestrutura básica: os serviços de saneamento básico possuem baixa cobertura, o abastecimento de água é precário, o esgoto sanitário é quase inexistente, com poucos domicílios com acesso à rede geral de esgoto, em geral, a infraestrutura básica é bastante precária (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

A região apresenta propriedades rurais cuja principal atividade econômica é a agropecuária. Mais especificamente, a localização do projeto ocupará 7 propriedades rurais dentre as quais apenas

uma não possui moradores ou atividade produtiva, já as demais são utilizadas para pecuária leiteira e de corte de bovinos e bufalinos. Por outro lado, nas propriedades próximas, observou-se cultivo de mandioca e macaxeira dentre outros (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Nos municípios próximos ao futuro projeto, a maioria dos empregos está vinculado ao setor agropecuário e de serviços. Mais especificamente em Autazes, a taxa de desemprego em 2010 era de 5,33% e a maior expectativa da população local está na geração de empregos (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

As vilas e povoados considerados mais próximos do local da construção são: Lago do Soares, Vila do Urucurituba, Rosarinho, Novo Mastro, Vila de Paricá, Rochedo, Nova União Vale do Sampaio e Remanso. Em relação à população indígena, observou-se que a mesma constitui 21,4% da população do município, sendo que as Terras Indígenas Paracuhuba e Jauary estão dentro de um raio de 10 km do projeto e essas possuem situações fundiárias definidas. O que não é o caso de: Capivara, Guapenu, Muratuba e Pantaleão, que apresentam situação fundiária ainda em estudo (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Observou-se que há vestígios arqueológicos no sítio arqueológico de Urucutiba, exatamente na área onde se pretende instalar o porto do projeto, conforme será visto com mais detalhes a seguir (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

4.1.1.2 Estrutura do projeto

A localidade do empreendimento pode ser acessada utilizando barco/balsa e rodovias asfaltadas (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015). Por outro lado, outros componentes de infraestrutura são necessários, conforme a seguir.

Para as etapas de extração e beneficiamento do minério, é necessário instalar as seguintes estruturas:

a. Mina subterrânea: local de onde será retirado o minério; extração prevista para ser realizada a 800 metros de profundidade, conclui-se que o método utilizado será mineração subterrânea convencional ou por poço;

b. Planta industrial para tratamento do minério: após a extração, o minério necessita passar por etapas de tratamento para aumentar a concentração de potássio no material final; assim, são realizadas operações industriais de separação para obter os sais de potássio desagregados das demais substâncias;

- c. Estrada entre a área industrial e o porto: depois do tratamento industrial, o cloreto de potássio deverá ser conduzido até o porto;
- d. Porto: será a via de escoamento do sal de potássio e terá estruturas capazes de fazer a transferência do minério para barcos que irão realizar o transporte final (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

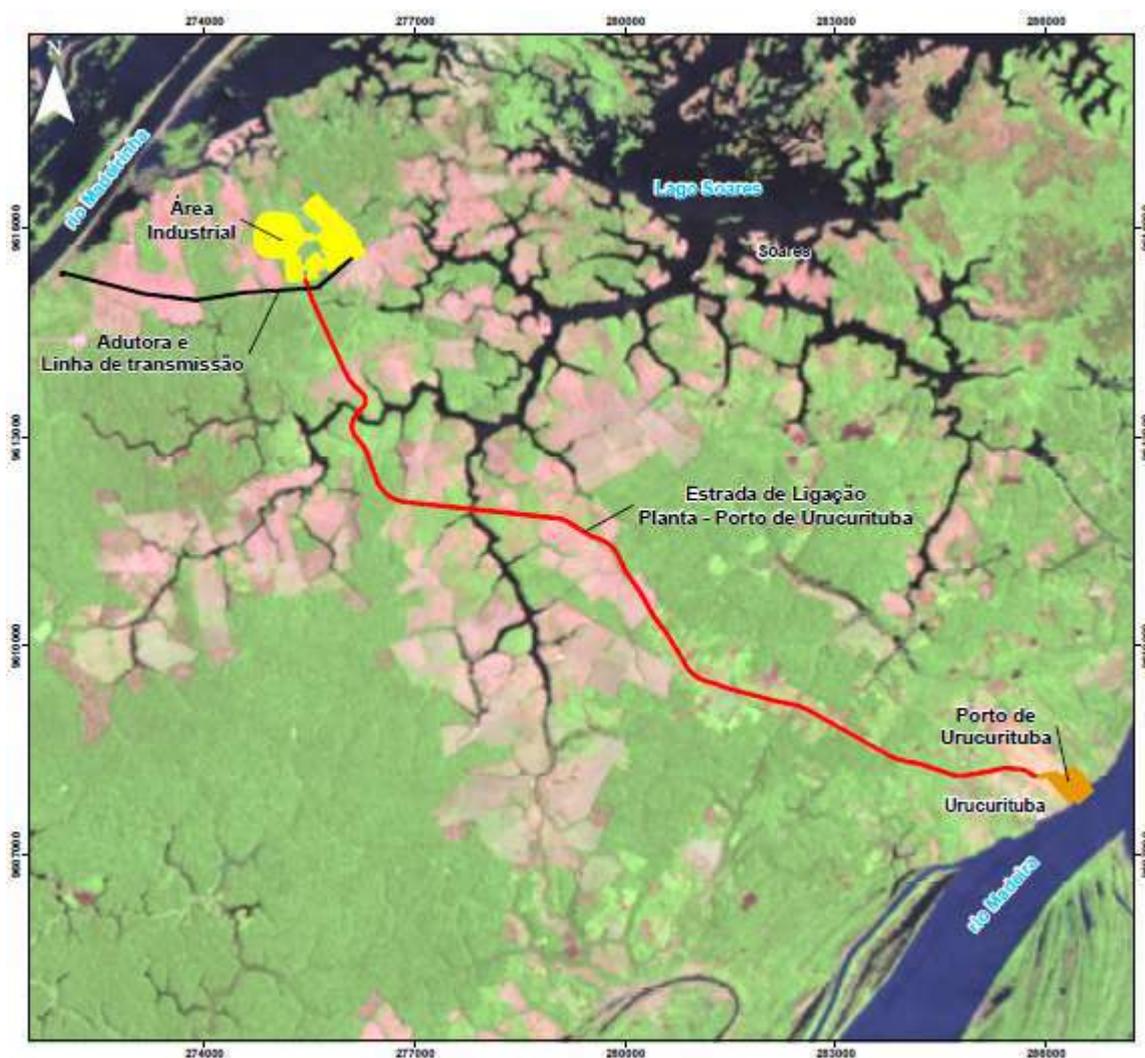
Figura 34 - Caracterização do Projeto Autazes – algumas estruturas



Fonte: (POTÁSSIO DO BRASIL, 2022)

Como discutido nesse trabalho, esse empreendimento possui 4 estruturas principais: mina subterrânea, planta industrial, porto e via de ligação entre porto e planta. Na figura abaixo, pode-se observar essas estruturas com as suas respectivas localizações selecionadas no item anterior desse trabalho.

Figura 35 - Principais estruturas e suas localizações



Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

4.1.1.3 Avaliação de alternativas

O objetivo desse item é testar diferentes opções para escolher aquela que é mais adequada e gerará menor impacto ambiental (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

a. Alternativas tecnológicas para lavra

Há várias opções de tecnologia que podem ser escolhidas para o processo de extração, conforme estudadas nesse trabalho. A primeira opção é a lavra convencional e a segunda é a lavra por dissolução, ambas foram explicadas em detalhes na revisão bibliográfica.

Foi escolhida a tecnologia da mineração convencional para o Projeto Autazes, já que essa apresenta melhor aproveitamento do minério e demanda menor controle ambiental, uma vez que não necessita a instalação de muito poços de injeção e bombeamento de fluidos. Nesse empreendimento, não é prevista a utilização de explosivos para construção das lavras, apenas equipamentos que escavam a rocha (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Tabela 9 - Comparação das alternativas tecnológicas para lavra

Atividade	Alternativa	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Escolha
Lavra subterrânea	Dissolução	São instalados poços de injeção e extração de água. A água injetada dissolve os sais e é recuperada através de um poço tubular.	Não há necessidade de estruturas e movimentação de homens e equipamentos em ambiente subterrâneo;	Grande dificuldade em se aplicar este método em Autazes (pequena espessura e grande extensão da camada);	
	Convencional	Realizada por equipamentos que escavam a rocha. O transporte de equipamentos, pessoas e materiais é realizado a partir de poços de acesso ("shafts")	<p>Melhor aproveitamento do minério;</p> <p>Menor necessidade de sistemas de controle ambiental;</p>	Exige grande controle do comportamento do teto superior, para se evitar o rompimento de leitões aquíferos superiores;	

Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

b. Alternativas para tratamento do minério de potássio

Para as etapas de beneficiamento do minério, há 2 opções: flotação e lixiviação/cristalização. Ambas as técnicas já mencionadas e explicadas na revisão bibliográfica.

Estudos indicam que a metodologia lixiviação/cristalização possui melhor aproveitamento. Porém, em relação ao impacto ambiental, ambas as opções apresentam riscos similares (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Tabela 10 - Comparação das alternativas para tratamento do minério de potássio

Atividade	Alternativa	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Escolha
Tratamento de Minério	Flotação	Separação de materiais com propriedades químicas diferentes. Parte dos materiais fica na parte superior do tanque enquanto outra parte vai para o fundo, separando-se assim o material de interesse.	Menor consumo energético.	Os testes produziram um produto concentrado com teor de KCl abaixo do desejado (mínimo de 95%) e com recuperação em massa também abaixo do esperado	
	Lixiviação / Cristalização	É realizado pela injeção de água quente que dissolve o cloreto de potássio existente na rocha. A seguir, a água é resfriada, fazendo assim que o sal volte ao estado sólido e posteriormente separado da água.	<p>Permite a separação de minério com grande quantidade de argila e material insolúvel em água;</p> <p>Testes indicaram uma recuperação de 97% de KCl.</p>	Grande consumo energético.	

Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

C. Alternativas para disposição da pilha de rejeitos

Rejeitos de cloreto de potássio e materiais insolúveis, como argilas, são produzidos ao longo dos processos de extração e beneficiamento do minério. É esperado que, dentro dos 31 anos estimados de operação, sejam gerados cerca de 227 milhões de toneladas de material sendo 1/3 do cloreto de potássio e os 2/3 restantes de rejeitos. É importante ter planejamento para disposição dessa quantidade de resíduos, já que se estima, após todo o aproveitamento máximo, ainda restem 135 milhões de toneladas que necessitam da destinação adequada (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Assim, apresenta-se 2 opções para essa destinação final de resíduos: disposição total em superfície ou disposição inicialmente na superfície e depois envio à mina subterrânea, após seu fechamento (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Com o uso exclusivo de pilhas de rejeitos na superfície com altura de 30 metros, cálculos sugerem que seria necessária uma área superior a 200 hectares, o que é equivalente à mais de 200 campos de futebol. Obviamente, essa ocupação iria refletir significativamente no meio ambiente (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Por outro lado, os resíduos sem valor comercial seriam transformados em pasta e a mesma seria disposta nas minas subterrâneas ao final da operação, preenchendo os vazios das escavações e das rochas retiradas, técnica chamada de backfill. Caso ainda tivesse material sobrando após esse processo, o mesmo seria disposto na superfície e, claramente, ocuparia uma área muito inferior a alternativa anterior – estima-se que 90% inferior - significando um menor impacto ambiental. Com isso, essa alternativa é a melhor escolha (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Tabela 11 - Comparação das alternativas para disposição da pilha de rejeitos

Atividade	Alternativa	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Escolha
Disposição da pilha de rejeitos	Disposição total em superfície	Todo o rejeito deverá ser armazenado em pilha(s) na superfície	Não há necessidade em se construir uma planta de backfill e realizar atividade de devolução do rejeito a mina;	Necessidade de uma área muito grande para a pilha (cerca de 200 hectares);	
	Devolução de rejeito à mina subterrânea	O rejeito será transformada em uma pasta e devolvida para a mina subterrânea (backfill).	Caso haja sobra de material, ele será depositado em uma pilha que ocupará um espaço bem menor, cerca de 10% daquele previsto na disposição total em superfície;	A atividade de backfill torna os processos na mina subterrânea mais complexos e requer maior número de equipamentos;	

Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

d. Alternativas para transporte entre a planta industrial e porto

Foram analisadas 4 tecnologias de transporte entre a instalação industrial e o porto.

Na primeira, todo o transporte é feito por caminhões em estradas asfaltadas. Possui a vantagem de requerer o menor investimento inicial, mas esses aumentam ao passar dos anos (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

Na segunda, todo o transporte é realizado por correia transportadora. Possui a vantagem de ser a opção mais barata no longo prazo, porém necessita do maior investimento inicial (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Nas alternativas 3 e 4, parte do transporte é feito por caminhões e parte por correia transportadora, como pode ser observado abaixo. Essas opções requerem alto investimento e alta intervenção ambiental (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

No fim, a opção escolhida for a primeira, apesar das condições precárias das estradas, que se tornam intransitáveis durante os períodos de cheia (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Tabela 12 - Comparação das alternativas para transporte entre a planta industrial e porto

Atividade	Alternativa	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Escolha
Transporte entre a planta industrial e o porto	Transporte por caminhões de 35 toneladas em estrada asfaltada	Transporte tanto de cloreto de potássio quanto cloreto de sódio por caminhões de 35 toneladas em estrada asfaltada.	Menor investimento inicial; Beneficiamento da população local que utiliza frequentemente da estrada já existente; Menor intervenção ambiental;	Custo mais alto em longo prazo;	
	Transporte por correias transportadoras	Transporte dos sais cloreto de potássio e cloreto de sódio serão realizados por correia transportadora.	Solução mais barata ao longo prazo; Não há a necessidade de utilização de caminhões; Menor quantidade de emissões atmosféricas	Maior investimento inicial; Maior intervenção no meio ambiente para ser construída.	
	Transporte em parte por caminhões e correias transportadoras	Parte da produção (cloreto de potássio) transportado com correia e o restante (cloreto de sódio) transportado por caminhões	Não há necessidade de se construir uma estrada classe II	Grande intervenção ambiental, investimento muito alto.	
	Transporte em parte por caminhões e correias transportadoras	Parte da produção (cloreto de sódio) transportado com correia e o restante (cloreto de potássio) transportado por caminhões	N/A	Grande intervenção ambiental, investimento muito alto.	

Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

Como observação, é válido observar que não foram avaliadas alternativas para a construção do porto, já que o volume de material estimado para transporte é muito elevado. O transporte fluvial apresenta as vantagens do menor consumo energético, maior eficiência e menor valor por tonelada

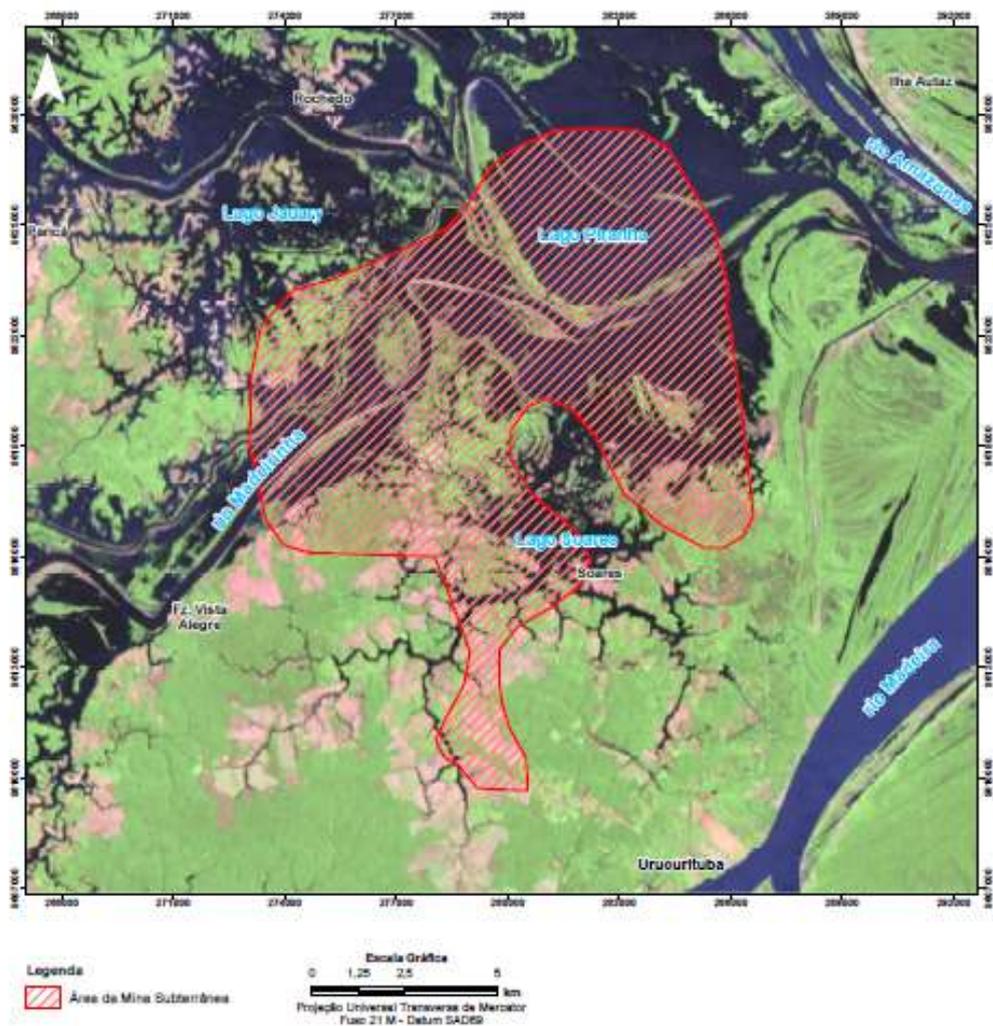
transportada, sendo considerada a melhor opção (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

e. Alternativas de localização

● Mina subterrânea

Não tem sentido estudar alternativas para localização da mina subterrânea, uma vez que a mesma está condicionada à localização dos depósitos de minérios. A empresa Potássio do Brasil determinou por meio de pesquisa quais reservas possuem melhor aproveitamento técnico-econômico. Como pode ser observado abaixo, a área possui 130 quilômetros quadrados e entre 700 e 900 metros de profundidade (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Figura 36 - Localização da mina subterrânea



Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

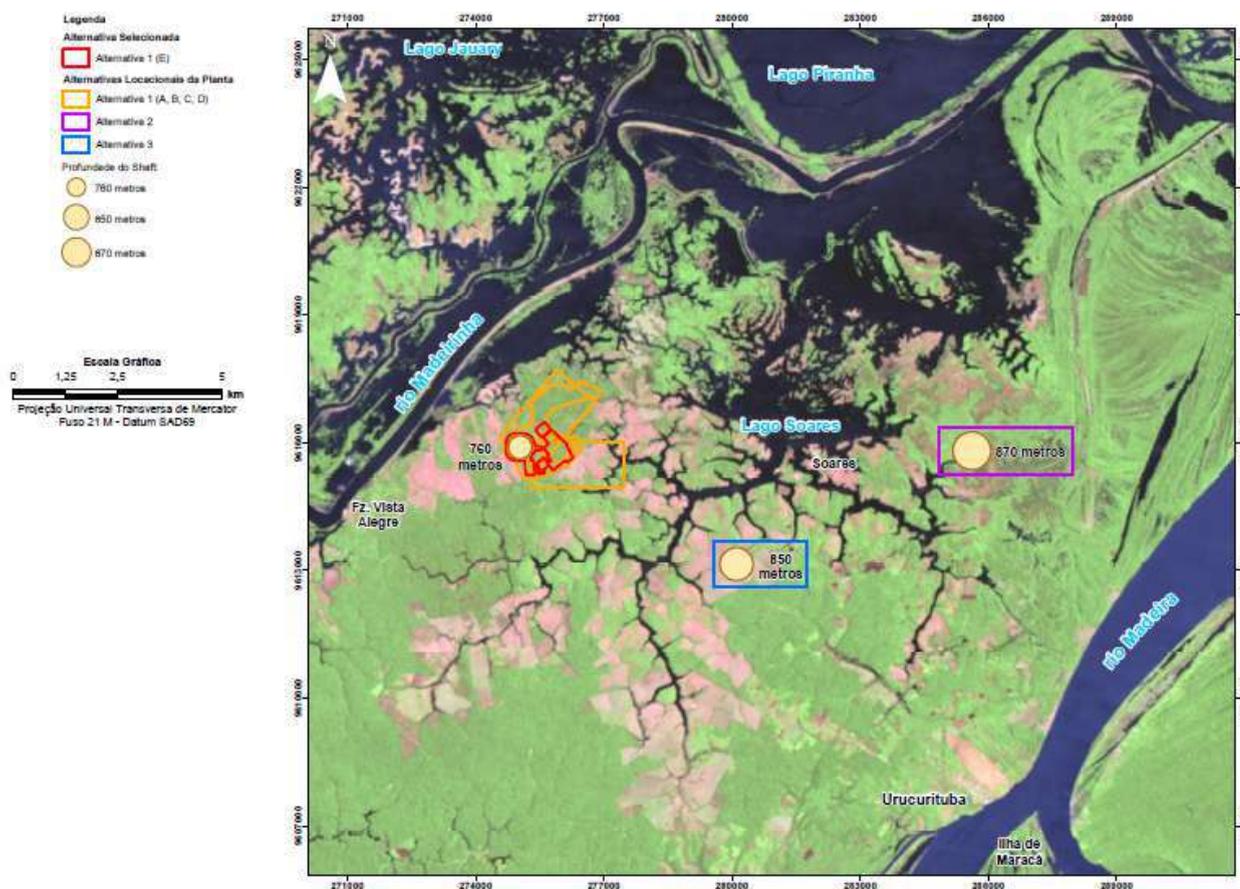
- Planta industrial

Ao contrário da mina, o local da planta pode ser escolhido de acordo com a melhor opção apresentada. A mesma deve ser construída em relação à localização dos poços de acesso à lavra subterrânea, com isso, apresentou-se 3 alternativas.

Na primeira, o local escolhido é entre o Lago Soares e o rio Madeirinha. Na segunda, entre o Lago Soares e o rio Madeira. Na terceira, entre o Lago Soares e uma estrada, vista com mais detalhes abaixo (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

De acordo com a geologia, escolheu-se a alternativa 1, uma vez que possui terras secas, menor interferência no meio ambiente e menor profundidade do minério (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Figura 37 - Localizações das alternativas para instalação da planta industrial



Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

Tabela 13 - Comparação das alternativas para localização da planta industrial

Estrutura	Alternativa	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Escolha
Planta Industrial	Alternativa 1	Localiza-se em uma porção de terra altas entre o Lago Soares e o rio Madeirinha.	Menor profundidade da camada mineralizada. Menores custos e melhores condições para abertura dos poços ; Terras elevadas: melhores condições para a instalação da planta;	Maior distância ao rio Madeira Necessidade de se transportar braços do lago Soares para transporte de material;	
	Alternativa 2	Localizada entre o lago Soares e o rio Madeira.	Menor distância ao rio Madeira	Áreas mais susceptíveis à inundação; Elevada profundidade da zona mineralizada;	
	Alternativa 3	Localizada em uma porção de terras altas entre o lago Soares e a estrada existente que liga Urucurituba ao lago Soares.	Menor distância ao rio Madeira; Terras elevadas: melhores condições para a instalação da planta;	Elevada profundidade da zona mineralizada;	

Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

Observa-se que não foram avaliadas alternativas para localização da pilha de resíduos uma vez que o mais próximo possível da planta industrial é o mais econômico e melhor para o meio ambiente.

●Porto

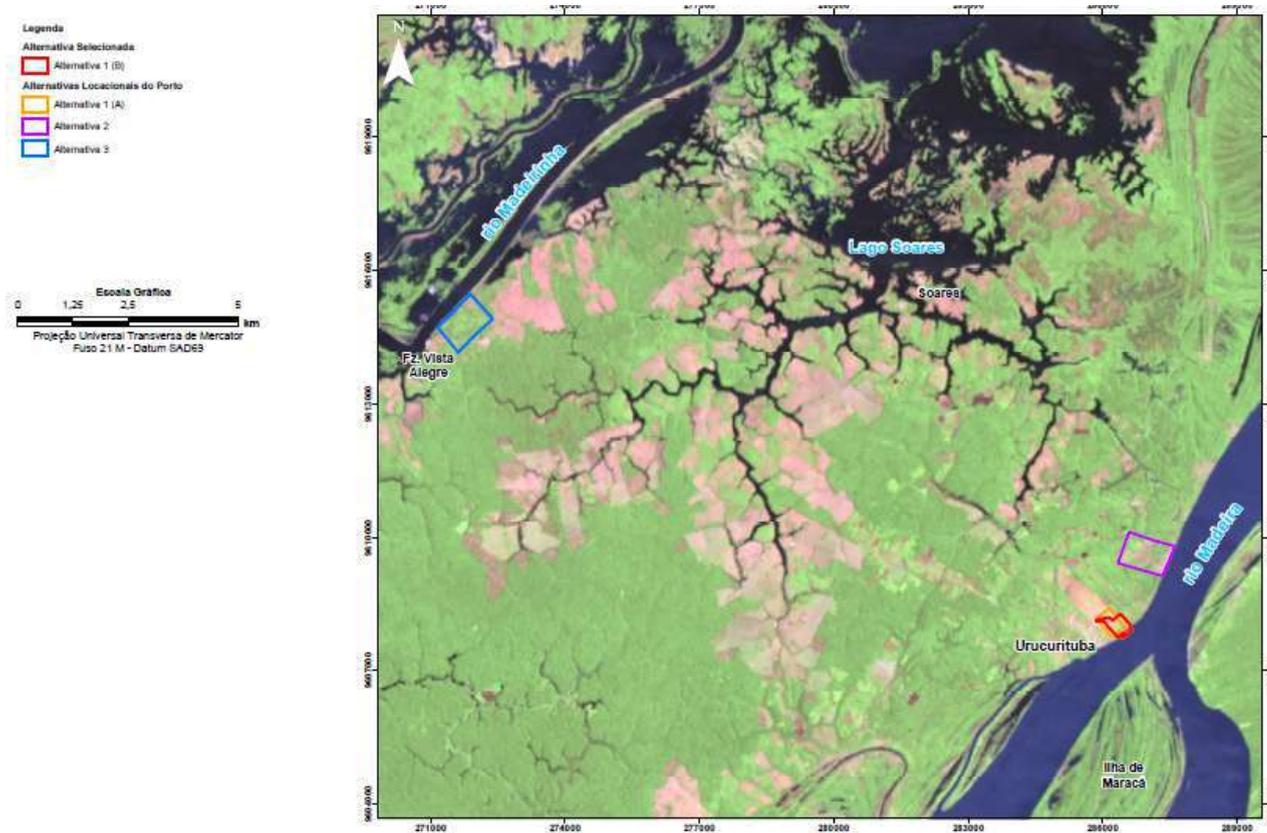
Estudou-se 3 opções para localização do porto. A partir delas, os critérios de avaliação utilizados foram baseados na infraestrutura, distância até a planta industrial, possível interferência nas comunidades locais, regime de áreas inundáveis e capacidade de transporte das embarcações (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Na primeira alternativa, a construção seria no rio Madeira, a apenas 150 metros da comunidade de Urucurituba e iria requerer uma estrada de 14 km. Na segunda, também no rio Madeira, porém a uma distância de 2 km da comunidade citada. Na terceira, o porto seria no rio

Madeirinha e iria requerer uma estrada de 3,7 km (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

A opção 2 foi descartada pois a estradada implicaria em uma maior interferência no local e ainda contaria com riscos de inundação da área do porto. Por outro lado, a opção 3 foi descartada pois não seria possível utilizar as embarcações com capacidades para o volume adequado. Por fim, escolheu-se a alternativa 1, já que, nesse local, já existe um porto conhecido e em operação utilizado para insumos (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Figura 38 - Localizações das alternativas para instalação do porto



Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

Tabela 14 - Comparação das alternativas para localização do porto

Estrutura	Alternativa	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Escolha
Porto	Alternativa 1	Localiza-se no rio Madeira à 50 m da comunidade de Urucurituba.	Já existe um porto em operação; É uma rota conhecida, sendo utilizada por embarcações de médio a grande porte;	Necessidade de transporte à distância superior a 10 Km; Devido à proximidade, a vila de Urucurituba sofrerá efeitos diretos da implantação e operação do porto.	
	Alternativa 2	Considera-se o porto no rio Madeira a dois quilômetros abaixo de Urucurituba.	Menor interferência na Vila de Urucurituba;	Exija-se maior interferência da estrada além de riscos de inundação.	
	Alternativa 3	Considera-se o porto situado no rio Madeirinha.	Menor custo de transporte, pois se localiza próximo à planta; Mais viável economicamente;	Não representa uma rota de embarcações conhecida, necessitando de mais estudos para verificar a viabilidade.	

Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

- Ligação entre a planta industrial e o porto

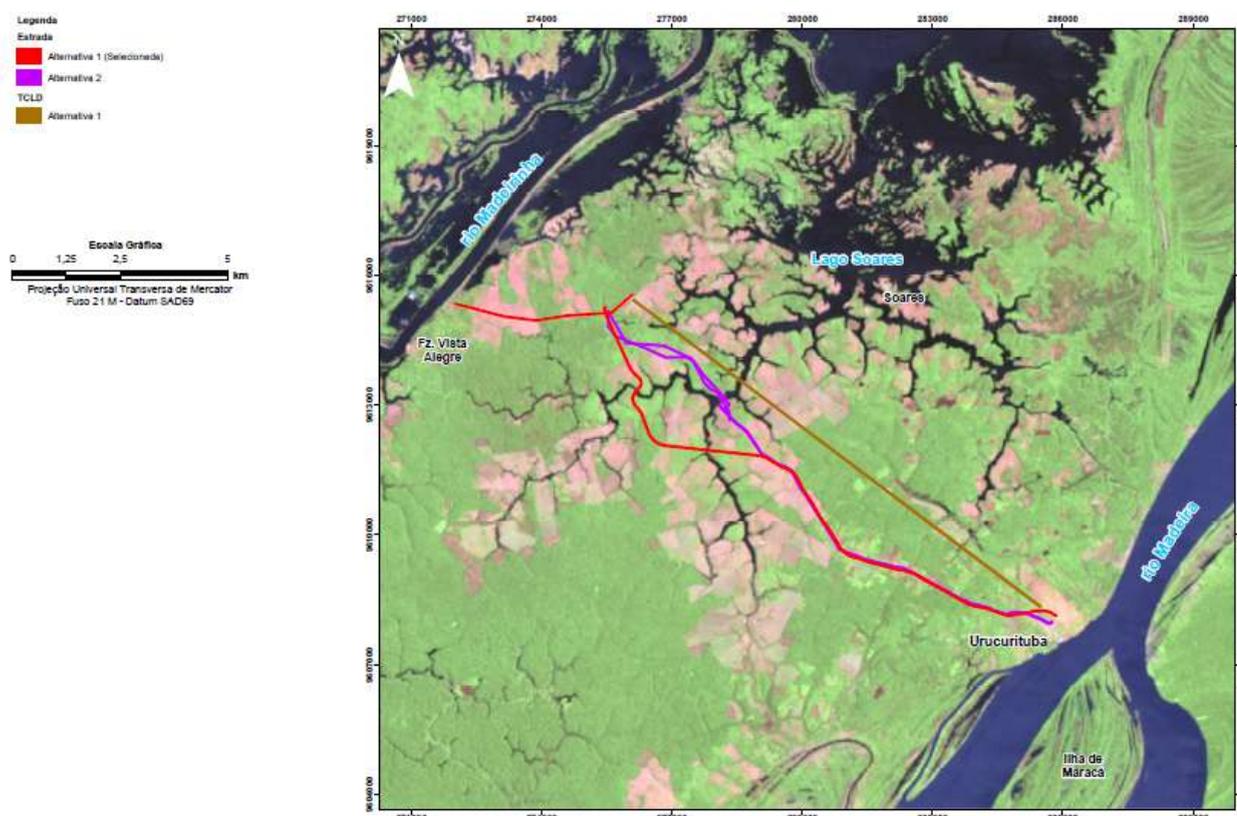
Após a decisão anterior sobre a localização do porto, avaliou-se as opções para localização da via de ligação do mesmo até a planta (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

As alternativas 1 e 2 são semelhantes e aproveitam a estrada já existente. A diferença principal é que a primeira requer duas pontes no Lago Soares, enquanto a outra requer apenas uma ponte. Já a alternativa 3 considerou o transporte por correia transportadora, que foi descartada uma

vez que esse meio de transporte não foi escolhido (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Por fim, a opção 1 foi selecionada devido a sua localização, que é mais próxima da cabeceira da drenagem; isso significa que impactaria menos na paisagem. A mesma contará com a construção de 2 pontes de 70 metros (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Figura 39 - Localizações das alternativas para instalação da via de ligação entre planta e porto



Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

Tabela 15 - Comparação das alternativas para localizações da via de ligação entre planta e porto

Estrutura	Alternativa	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Escolha
Estrada de ligação entre planta e porto	Alternativa 1	Aproveitamento do traçado da estrada já existente entre Urucurituba e o lago Soares e conta com duas pontes. Está previsto uma estrada de serviço da Planta Industrial ao rio Madeirinha.	Localizada mais próxima a cabeceira da drenagem. Menor alteração na paisagem.	Maior Distância	
	Alternativa 2	Aproveitamento do traçado da estrada já existente entre Urucurituba e o lago Soares e conta com uma ponte.	Necessidade de construção de apenas uma ponte	N/A	
	Alternativa 3	Traçado do transporte de correia ligando a planta industrial ao porto em Urucurituba.	Menor distância	Maior interferência ambiental Necessidade de haver também uma estrada;	

Fonte:

(RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

4.1.1.4 Etapas do projeto

O projeto apresenta 3 etapas:

- Implementação: construção estimada em 4 anos e meio;
- Operação: funcionamento estimado em 31 anos;
- Fechamento: encerramento das operações e reabilitação do local estimados em 5 anos.

Tabela 16 - Etapas de desenvolvimento do Projeto Autazes

Etapa do Projeto Autazes	Anos																																									
	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
Implantação	■	■	■	■	■																																					
Operação						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Fechamento																																					■	■	■	■	■	

Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

a. Etapa de Implantação

● Remoção da vegetação: é necessário corte e retirada da vegetação nativa; madeira e solo retirados serão armazenados;

● Terraplanagem: movimentação de solos e rochas para a base superficial de todas as estruturas do projeto;

- Construção da planta industrial: inclui construção de prédios para produção mineral, instalações mecânicas e elétricas, sistemas de distribuição de água e esgoto, drenagem de água da chuva, dentre outros;

- Construção do acesso à mina subterrânea: será utilizado 2 poços de acesso possuindo elevadores que possibilita o transporte de pessoas, materiais, equipamentos da superfície até a camada de extração do minério;

- Construção da infraestrutura de apoio: estacionamento, portaria, prédio com escritórios administrativos, cozinha, refeitório, estoque de materiais, posto de combustível, oficina mecânica, alojamento, canteiro de obras, dentre outros;

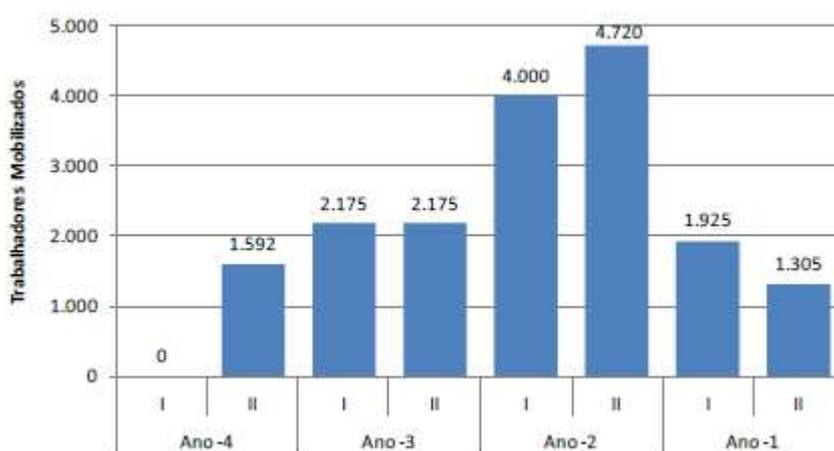
- Construção do porto de Urucurituba: píer flutuante, cais de atracação, ponte para carregar as embarcações, dentre outros;

- Construção da estrada de ligação entre planta e porto: etapas de preparação do solo, pavimentação, construção de pontes, escoamento de água da chuva e instalação de placas de sinalização;

- Construção de sistemas de controle ambiental: depósito de resíduos, estação de tratamento de esgoto, fossa séptica, aterro sanitário, separador água e óleo (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Durante a implementação, estima-se a geração de empregos variando entre os anos dessa etapa, conforme abaixo:

Figura 40 - Estimativa de empregos gerados na etapa de Implantação



Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

b. Etapa de Operação

É o período de atividade do projeto no qual inclui as etapas de extração do minério, beneficiamento e transporte até o porto. O processo produtivo será mais bem explicado a seguir.

Figura 41 - Esquema do processo produtivo do Projeto Autazes



Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

- Lavra subterrânea: extração de potássio com máquinas específicas para corte e desagregação do sal, correias transportadoras transportam o minério em túneis até o poço de acesso e o elevador até a superfície;

- Beneficiamento: primeiramente, o britador faz a moagem do material, seguido de lixiviação/cristalização, segue para secagem e estocagem;

- Captação de água: água utilizada será captada do rio Madeirinha e transportada por tubulações;

- Devolução de rejeito à mina subterrânea: será utilizada técnica de backfill, como já explicado nesse trabalho;

- Empilhamento de rejeitos: durante os primeiros anos de operação não é possível fazer a devolução do rejeito às minas, com isso, o mesmo será armazenado em pilhas. A água da chuva que entrar em contato com essas pilhas e outras estruturas industriais serão captadas e levadas a uma bacia, que não permitirá o contato com rios e igarapés do local;

- Injeção de salmoura em camadas profundas: as águas de chuvas captadas produziram uma salmoura que será armazenada em um grande reservatório; parte da mesma será bombeada para camadas profundas que já são naturalmente salgadas e não possuem utilização para o homem;

- Transporte de material ao porto: por meio de caminhões em estrada asfaltada de 14 km, estima-se fluxo de 700 veículos por dia;

● Carregamento de embarcações no porto: por meio de correias transportadoras (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

Figura 42 - Usina de Processamento de Fertilizante - Autazes



Fonte: (POTÁSSIO DO BRASIL, 2022)

c. Etapa de fechamento

Definição de novas utilizações para o solo nas áreas modificadas pela mineração.

- Implantação de programas sociais: minimização de impactos sobre trabalhadores locais e comunidades vizinhas com o fim da operação;
- Desmontagem das estruturas e equipamentos: caso não haja futura utilização, é realizada a desmontagem das instalações, infraestrutura e edifícios;
- Tamponamento da mina subterrânea: todos os acessos à lavra subterrânea serão fechados;
- Reconformação da área e Revegetação: tornar a paisagem mais próxima possível da original com plantio de mudas e espécies nativas;
- Monitoramento: acompanhar indicadores para garantir a eficiência do fechamento da instalação (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

4.1.1.5 Evolução prevista para áreas analisadas

Será realizada comparação considerando dois cenários possíveis: sem a implantação do empreendimento e com a implantação do mesmo.

Tabela 17 - Comparação da evolução prevista com e sem o empreendimento no local

Meio físico	
Sem o empreendimento	Com o empreendimento
<p>Condições ambientais devem permanecer próximas às atuais, Não é esperado crescimento demográfico, Não é esperado modificações no uso da terra/relevo; Não é esperado aumento da demanda por água; Manutenção da qualidade ambiental atual.</p>	<p>Aumento na concentração de poeira e gases, Aumento de ruídos, Crescimento demográfico, Modificações no uso da terra e do relevo (construção de um platô), Aumento da demanda por água, Desconforto da vila de Urucurituba com a construção do porto bem próximo, Aumento da quantidade de sedimento na água, Interrupção temporária do fluxo de água subterrânea localmente para escavação dos poços (congelamento), Possibilidade de águas com alto teor salino nos aquíferos rasos (modificação da qualidade dessa água), Captação de água - mesmo que pequena.</p>
Meio biótico	
Sem o empreendimento	Com o empreendimento
<p>Caça de animais silvestres é atividade difundida, Exploração de madeira como lenha, Árvores adquirem cada vez maior porte, Floresta em estágios avançados de regeneração, Manutenção de espécies nativas da fauna e flora, Manutenção da diversidade.</p>	<p>Desmatamento da Floresta Amazônica (123,48 hectares), Alteração da paisagem natural, Redução de espécies nativas da fauna e flora, Redução do habitat, Alteração das comunidades, Criação de área protegida.</p>
Meio socioeconômico e cultural	
Sem o empreendimento	Com o empreendimento

<p>Pecuária extensiva como principal atividade econômica,</p> <p>Apenas 4,56% dos trabalhadores com carteira assinada,</p> <p>Economia pouco desenvolvida,</p> <p>Baixa arrecadação tributária municipal,</p> <p>Perda na exploração de 2 milhões de toneladas de cloreto de potássio por ano,</p> <p>Grande disponibilidade de mão de obra não incorporada,</p> <p>Baixa urbanização,</p> <p>População busca oportunidades em outros locais,</p> <p>Saneamento básico precário,</p> <p>Condições de habitação precárias,</p> <p>Educação disponível até o nível médio,</p> <p>Alta taxa de analfabetismo,</p> <p>Baixa oferta de serviços de saúde e educação,</p> <p>Alta dependência de programas de assistência do governo.</p>	<p>Atividade industrial como principal atividade econômica,</p> <p>Maior oferta do setor de serviços,</p> <p>Crescimento populacional,</p> <p>Aumento da renda circulante,</p> <p>Maior oferta de empregos,</p> <p>Aumento da população com carteira assinada,</p> <p>Aumento da arrecadação tributária,</p> <p>Aumento da demanda por terrenos e residências,</p> <p>Aumento da urbanização,</p> <p>Investimento em asfaltamento de estradas,</p> <p>Aumento das ocorrências policiais (necessidade de maior infraestrutura policial),</p> <p>Necessidade de infraestruturas de distribuição e tratamento de água, gestão de resíduos sólidos e tratamento de esgoto (caso contrário, o impacto ambiental seria terrível),</p> <p>Maior disponibilidade de serviços de ensino e saúde,</p> <p>Oportunidades para novos investimentos.</p>
---	--

Fonte: elaboração própria com dados de (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

4.1.1.6 Principais impactos ambientais do empreendimento

a. Principais impactos no meio físico

Tabela 18 - Principais impactos no meio físico

Alteração da Qualidade do Ar			
Causa	Emissão de poeira (material particulado)	Observações	Não excede os limites da legislação
Origem	Tráfego de veículos, Processos da planta industrial, Carregamento das embarcações no porto, Terraplanagem, Veículos e máquinas em operação,	Impacto	Médio nas etapas de implementação e operação, Baixo na etapa de fechamento
		Programas ou Planos associados	Programa de Controle das Emissões Atmosféricas e de Monitoramento da Qualidade do Ar

	Vento na superfície sem vegetação		
Alteração de ruídos			
Causa	Mudança nos níveis acústicos	Observações	Mais relevante para população próxima
Origem	Retirada da vegetação, Terraplanagem, Obras, Trânsito de máquinas e equipamentos, Britagem	Impacto	Médio na etapa de implementação, Baixo nas etapas de fechamento e operação
		Programas ou Planos associados	Programa de Controle e Monitoramento de Ruídos e Vibrações
Alteração da Dinâmica Hídrica Subterrânea			
Causa	Modificação no comportamento e curso das águas subterrâneas	Observações	Baixa significância
Origem	Construção dos poços para acessar a mina, Congelamento das águas para as obras, Poço impermeabilizado, Fluxo da d'água alterado	Impacto	Médio na implantação, Baixo na operação e no fechamento
		Programas ou Planos associados	Programa de Monitoramento Hidrogeológico Quantitativo
Alteração da Disponibilidade Hídrica			
Causa	Consumo de água captada no rio Madeirinha	Observações	Estima-se uma demanda entre 500 e 600 m ³ /h a serem transportados por tubulação até a planta
Motivos	Abastecimento de água, Molhar as vias para controle da emissão de poeira, Construção civil, Uso em instalações e escritórios	Impacto	Baixo na implantação e na operação, muito baixo no fechamento
		Programas ou Planos associados	Programa de Gestão do Uso da Água
Alteração na Qualidade das Águas Superficiais			
Causa	Geração de turbidez nas águas devido a presença de sedimentos	Observações	Medidas de controle escolhidas: Tratamento de efluentes, Reservatórios para água das chuvas, Contenção de sedimentos
Motivos	Supressão da vegetação, Terraplanagem, Obras, Trânsito de máquinas e veículos, Umectação das vias	Impacto	Baixo na implantação, médio na operação e muito baixo no fechamento
		Programas ou Planos associados	Programa de Gestão do Uso da Água Programa de Gestão de Resíduos Sólidos Programa de Gestão da Qualidade das Águas

Alteração na Qualidade das Águas Subterrâneas			
Causa	Injeção de salmoura nas águas subterrâneas e águas salgadas nos aquíferos rasos (apenas na etapa de operação)	Observações	As camadas que receberão as salmouras, possivelmente, já são salinizadas e não são utilizadas pela população, Parte da água da chuva salina entrará no solo, afetando aquíferos rasos próximos
Motivos	Fluido residual das etapas de beneficiamento apresenta cloreto de sódio, sulfatos e cloretos de potássio, Água da chuva que passar pela pilha de rejeitos carregará grande quantidade de sal, Não podem ser destinados aos córregos, rios e ribeirões,	Impacto	Alta na operação
		Programas ou Planos associados	Programa de Gestão e Uso da Água Programa de Gestão da Qualidade das Águas Programa de Monitoramento Hidrogeológico Quantitativo

Fonte: elaboração própria com dados de (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

b. Principais impactos no meio biótico

Tabela 19 - Principais impactos no meio biótico

Redução de números de indivíduos das populações vegetais nativas			
Causa	Desmatamento	Observações	Da área diretamente afetada pelo projeto, 64,5% é vegetação florestal e 31,5% correspondem a áreas de pasto
Consequências	Diminuição das populações de vegetais nas áreas, incluindo aquelas ameaçadas de extinção, com valor comercial e medicinal,	Impacto	Médio na implantação
		Programas ou Planos associados	Programa Operacional de Supressão (POS) e Aproveitamento dos Recursos Florestais. Programa de Resgate e de Reintrodução da Flora. Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD). Programa de Prevenção e Combate a Incêndio Florestal. Plano de Fechamento de Mina. Programa de Compensação Ambiental.
Redução do número de indivíduos das populações da fauna			

Causa	Desmatamento	Observações	Espécies ameaçadas de extinção na área representam grande preocupação
Consequências	Desequilíbrio ecológico devido a implantação do empreendimento, Morte de animais	Impacto	Alto na implantação, médio na operação
		Programas ou Planos associados	Programa Operacional de Supressão (POS) e Aproveitamento de Recursos Florestais Programa de Prevenção e Combate a Incêndio Florestal Plano de Mitigação e Monitoramento da Fauna Programa de Monitoramento e Controle de Insetos Vetores Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) Programa de Compensação Ambiental Plano de Fechamento de Mina

Fonte: elaboração própria com dados de (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

c. Principais impactos no meio socioeconômico e cultural

Tabela 20 - Principais impactos no meio socioeconômico e cultural

Geração de empregos			
Causa	Aumento de postos de trabalho direta ou indiretamente pelo projeto	Observações	O fechamento da mina levará ao fim dos empregos gerados diretamente, bem como indiretamente em serviços e comércios, Vida útil aproximada de 35 anos de operação
Consequências	Geração de empregos com carteira assinada e benefícios nas etapas de na implementação e na operação, Aumento de trabalhadores em setores como hospedagem, alimentação, comércio em geral e prestação de serviços	Impacto	Muito alto na implementação e na operação
		Programas ou Planos associados	Programa de Qualificação de Mão-de-Obra; Programa de Monitoramento dos Indicadores Socioeconômicos; Programa de Desenvolvimento dos Fornecedores; Plano de Comunicação e Informação Socioambiental; Plano de Mobilização e Engajamento das Partes Interessadas;

			Programa de Apoio para o Fortalecimento e Diversificação da Economia Local.
Geração de incômodos à população local			
Causa	Povoados Soares e Urucurituba localizados perto da construção do porto	Observações	O projeto levará a uma grande transformação do local, com chegada de novos trabalhadores
Consequências	Alteração da vida nessas comunidades próximas, Alterações na tranquilidade e segurança do local, Intenso tráfego de veículos e equipamentos pesados, Maiores níveis de poeira e ruídos, Mudança na paisagem natural, Chegada de novos moradores, Pressão ocupacional, Pressão sobre os serviços públicos	Impacto	Muito alto na implementação, alto na operação, baixo no fechamento
		Programas ou Planos associados	Plano de Mobilização e Engajamento das Partes Interessadas; Plano de Comunicação e Informação Socioambiental; Programa de Controle das Emissões Atmosféricas e de Monitoramento da Qualidade do Ar Programa de Controle e Monitoramento de Ruídos; Programa de Segurança e Educação no Trânsito para a Estrada de Ligação da Planta/Mina ao Porto; Programa de Apoio Estratégico para a Readequação da Estrutura de Serviços Públicos Programa de Apoio Estratégico para a Readequação Urbanística, Institucional e Legal de Autazes
Aumento da demanda por serviços públicos			
Causa	Aumento do número de moradores com a chegada de novos trabalhadores	Observações	Autazes precisa de soluções para o saneamento básico e segurança pública, pois a ausência destes representam sérios riscos ambientais e a população
Consequências	Aumento significativo do consumo, Aumento da geração de lixo e esgoto, Pressão sobre sistema de saúde, escolar e de segurança	Impacto	Muito alto na implementação, alto na operação, baixo no fechamento
		Programas ou Planos associados	Plano de Mobilização e Engajamento das Partes Interessadas

			Plano de Comunicação e Informação Socioambiental; Programa de Apoio Estratégico para a Readequação Urbanística, Institucional e Legal de Autazes; Programa de Apoio Estratégico para a Readequação da Estrutura de Serviços Públicos
Descaracterização do patrimônio histórico e natural			
Causas	Especulação imobiliária e aumento do número de moradores	Observações	A área do projeto inclui seringais, que são considerados patrimônios naturais. Com destaque para o seringal na Fazenda Sol Nascente, onde está prevista a construção do porto. Assim, é prevista a perda do seu acervo natural
Consequências	Demolição de imóveis, Destruição de seringais, Construções mais modernas e com mais andares, Ampliação de áreas construídas, Valorização da terra	Impacto	Muito alto na implementação e médio na operação
		Programas ou Planos associados	Plano de Mobilização e Engajamento das Partes Interessadas; Plano de Comunicação e Informação Socioambiental Programa de Educação Patrimonial;
Comprometimento do Parque Arqueológico Nacional			
Causa	Sítio Arqueológico de Urucurituba está na área diretamente afetada pelo projeto (porto)	Observações	Todos os materiais arqueológicos encontrados na pesquisa estão na futura área do porto
Consequências	Perda de objetos que são evidências do passado histórico (artefatos cerâmicos inteiros ou fraturados)	Impacto	Muito alto na implementação e na operação
		Programas ou Planos associados	Programa de Prospecção e Resgate Arqueológico Programa de Educação Patrimonial
Interferência cultural nas comunidades tradicionais			
Causas	Terras indígenas não delimitadas próximas ao empreendimento e aumento da população local	Observações	Dentre as 21 Terras Indígenas em Autazes (2 estão em um raio de 10 km do projeto), 4 não possuem terras delimitadas, 5 estão delimitadas e o restante, regularizadas

Consequências	Aumento da pressão ocupacional, Incômodos como: ruídos, poeira no ar, rios assoreados, disposição de resíduos, Redução na quantidade de peixes, Alteração na qualidade das águas, Aumento de problemas sociais e de saúde	Impacto	Muito alto na implementação e na operação, baixo no fechamento
		Programas ou Planos associados	Plano de Mobilização e Engajamento das Partes Interessadas; Plano de Comunicação e Informação Socioambiental; Programa de Proteção Etnoambiental.

Fonte: elaboração própria com dados de (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

Todos os impactos avaliados pelo estudo foram listados abaixo com suas respectivas classificações em cada etapa do empreendimento: Não significativo (sem impacto sobre o meio ambiente), Baixa, Média, Alta e Muito Alta significância.

Tabela 21 - Todos os impactos avaliados (Autazes)

Impactos Ambientais	Significância dos Impactos Ambientais por Etapa do Empreendimento		
	Implantação	Operação	Fechamento
Impactos do Meio Físico			
Alteração da Qualidade do Ar	Média	Média	Muito Baixa
Alteração dos níveis de Ruído	Média	Alta	Baixa
Alteração no Terreno e Dinâmica Erosiva	Alta	Média	Baixa
Alteração das Taxas de Recarga	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixa
Alteração da Dinâmica das Águas Subterrâneas	Média	Baixa	Baixa
Disponibilidade Hídrica	Baixa	Baixa	Muito Baixa
Qualidade de Águas Superficiais	Baixa	Média	Muito Baixa
Qualidade de Águas Subterrâneas (Aqüíferos Profundos)	-	Alta	-
Qualidade de Águas Subterrâneas (Aqüíferos Rasos)	-	Alta	-
Impactos do Meio Biótico			
Alteração das Comunidades Aquáticas	Alta	Baixa	Baixa
Alteração das Comunidades de Dípteros Vetores de Endemias	Baixa	Baixa	Baixa
Incremento da Pressão de Caça e Captura Não Autorizada da Fauna	Muito Alta	Alta	Média
Atropelamento da Fauna	Média	Baixa	Baixa
Alteração das Comunidades Faunísticas Terrestres	Alta	Média	Baixa
Afugentamento da Fauna	Média	Baixa	Baixa
Redução e Fragmentação do Habitat da Fauna	Alta	-	-
Redução do Número de Indivíduos das Populações Faunísticas	Alta	Média	-
Perda de Biomassa	Média	-	-
Fragmentação Florestal e Aumento do Efeito de Borda	Média	-	-
Redução do Número das Populações Vegetais Nativas	Média	-	-
Impactos do Meio Socioeconômico			
Geração de Empregos Diretos e Indiretos do empreendimento	Muito Alta	Muito Alta	Alta
Aumento da Arrecadação Municipal	Muito Alta	Muito Alta	Alta
Aumento da Pressão Ocupacional	Muito Alta	Muito Alta	Muito Baixa
Geração de Expectativas na População	Muito Alta	Muito Alta	Muito Alta
Aumento da Ocorrência de Problemas Sociais e de Saúde	Muito Alta	Alta	Baixa
Alteração da Paisagem	Muito Alta	Alta	Baixa
Geração de Incômodos à População	Muito Alta	Alta	Baixa
Geração de Renda	Muito Alta	Muito Alta	Média
Aumento da Pressão sobre serviços públicos	Muito Alta	Alta	Baixa
Dinamização do perfil da economia municipal	Muito Alta	Muito Alta	Baixa
: Aumento na circulação de veículos leves e pesados	Muito Alta	Muito Alta	Muito Baixa
Aquisição de Terras e Remoção de Proprietários Insritos na ADA	Média	-	-
Descaracterização do patrimônio histórico edificado e natural	Muito Alta	Média	-
Comprometimento de bens constituintes do patrimônio arqueológico nacional	Muito Alta	Muito Alta	-
Interferência nos referenciais socioespaciais e culturais das comunidades tradicionais	Muito Alta	Muito Alta	Baixa

Fonte: (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015)

4.1.1.7 Análise preliminar de riscos

Foram estudados possíveis cenários de acidentes para o projeto nas etapas de implantação, operação e fechamento, dependendo das atividades realizadas em cada uma delas. Com isso, foram identificados os principais perigos, causas e possíveis efeitos ambientais, considerando critérios de severidade (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

De acordo com o documento, apenas um cenário foi identificado como severidade catastrófica: o afundamento da embarcação em frente ao porto de Urucurituba com carregamentos de sal. Segundo estimativas feitas, as concentrações de cloreto nas águas do rio Madeira seriam muito menores ao limite superior estabelecido na legislação ambiental atual para águas superficiais. Nessa situação acidental, a severidade foi classificada como marginal sendo, no máximo, crítica (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

De modo geral, a classificação do Projeto Autazes, na etapa de licenciamento de implantação, deve ser de baixa periculosidade, requerendo somente a preparação do Programa de Gerenciamento de Riscos para a etapa de licenciamento da instalação do projeto (RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES, 2015).

4.1.1.8 Andamento do projeto

Em 2010, a Potássio do Brasil recebeu autorização para início das sondagens na área de interesse. Em 2013, começaram os estudos ambientais e em 2015 o EIA/RIMA foi apresentado ao Instituto de Proteção Ambiental da Amazônia (IPAAM), que concedeu a licença prévia. Nos anos 2016 e 2017, foram concluídos: o estudo de viabilidade técnica e econômica e os planos e programas sociais/ambientais, respectivamente. Até esse último ano, o investimento já realizado nessas etapas iniciais era de 180 milhões de dólares (VEILLARD FARIAS, 2020).

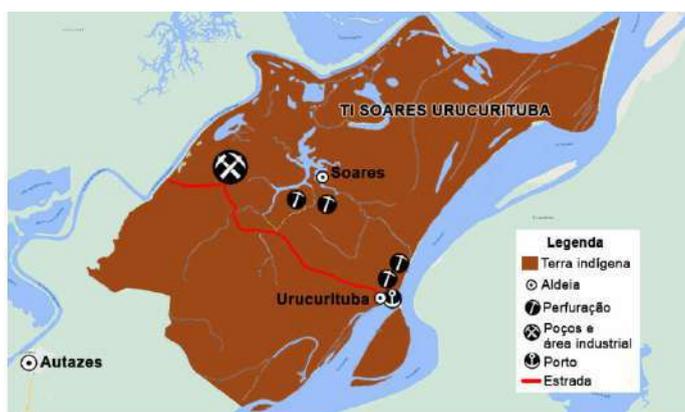
Em 2016, a justiça acatou a ação do Ministério Público Federal (MPF), acusando que a licença emitida pelo IPAAM era irregular e ficou decidido que o povo Mura de Soares e de Urucurituba deveria ser consultado antes do início de qualquer atividade na região (AMAZÔNIA REAL, 2022).

Atualmente, o projeto está na fase de licenciamento ambiental junto ao IPAAM. O empreendimento já possui Licença Prévia (LP) e aguarda a Licença de Instalação (LI) (REVISTA MINERAÇÃO & SUSTENTABILIDADE, 2022).

O presente projeto é cercado de notícias polêmicas. Há denúncias de moradores locais alegando que a empresa assediou a comunidade para que seus terrenos fossem vendidos, alguns

cederam a pressão e outros, não. Há casos de proprietários alegando que representantes da Potássio do Brasil fizeram perfurações na terra para estudos de prospecção sem a autorização. Muitos habitantes que sobrevivem da pesca e criação de animais enxergam o empreendimento como uma ameaça ao seu estilo e qualidade de vida. Diferentemente do que mostra o estudo de impacto ambiental, a comunidade local argumenta que a futura mina estaria dentro das terras TI Soares/Urucurituba, que aguarda demarcação há mais de 20 anos. É argumentado que o EIA/RIMA tenta “desqualificar a territorialidade” dos indígenas. As reivindicações por essas terras, a princípio, foram enviadas à FUNAI em 2003, e depois mais outras duas tentativas nos anos de 2007 e 2018, já contendo mapa de autodemarcação. Caso as TI já fossem demarcadas, a tentativa de compra de propriedades pela empresa seria proibida. Nenhuma dessas informações foi citada no Relatório de Impacto Ambiental de 2015 (AMAZÔNIA REAL, 2022).

Figura 43 - Reivindicação das Terras Indígenas Soares/Urucurituba



Fonte: (AMAZÔNIA REAL, 2022)

Abaixo, pode-se observar uma breve linha do tempo com os principais acontecimentos e o atual momento do projeto:

Figura 44 - Breve histórico do Projeto Autazes



Fonte: (POTÁSSIO DO BRASIL, 2022)

4.1.1.9 Avaliação crítica do projeto

A construção do empreendimento e a entrada em operação disponibilizará KCl para o mercado consumidor interno a um preço menor, devido ao menor custo de transporte. É uma grande vantagem o projeto ser próximo de áreas com atividade agrícola, como cerrado e MATOPIBA.

Nessa região, a maioria dos empregos está vinculado ao setor agropecuário e de serviços. Com o início da construção, haverá geração de postos de trabalho com carteira assinada e benefícios (na implantação serão, em média, mais de 2600 e na operação, 1050), além de dos empregos gerados de forma indireta. Sendo, inclusive, necessária a mobilização de trabalhadores de outras regiões.

Com novos moradores, há aumento da ocupação do solo com grande demanda por imóveis, tanto para fins residenciais como comerciais. Com isso, há o risco de loteamentos irregulares em condições precárias e sem conforto em áreas invadidas. Tais locais não contam com sistemas viário, fornecimento de energia, iluminação, saneamento, coleta e destinação do lixo, unidades escolares, postos de saúde e departamentos de polícia e de bombeiros. Todo esse processo de ocupação irregular, caso não receba recursos públicos para a infraestrutura adequada, tendem a causar problemas sociais e ambientais. O município precisa se adequar implantando soluções para atender às essas demandas por infraestrutura, capacitar profissionais para o controle e fiscalização das construções e qualificação de professores, bem como ampliação das escolas e das unidades de saúde. Além disso, é fundamental a construção de linha de transmissão de energia para atender ao aumento do consumo nessa região.

Outra consequência da chegada de novos residentes é a demolição de imóveis antigos para dar espaço às construções mais modernas e mais verticais. A ampliação da área construída juntamente com as construções do empreendimento causará alteração da paisagem atual, com a qual as comunidades convivem durante várias gerações, ocasionando o rompimento do sentimento de enraizamento. Essa “industrialização” da paisagem afetará o patrimônio arqueológico nacional e o patrimônio natural da região, o último representado pelos seringais. Dentre eles, o seringal na Fazenda Sol Nascente deverá ser o mais impactado, já que se encontra na propriedade escolhida para a construção do porto. Logo, haverá necessidade de supressão do seu acervo natural.

Por outro lado, o patrimônio arqueológico nacional do local é representado pelo sítio arqueológico de Urucurituba, o qual é constituído por um registro arqueológico importante, contendo milhares de pedaços de vasilhames e objetos cerâmicos e até peças inteiras com mais de mil anos.

Com aumento da população e início da etapa de operação, será maior a circulação de máquinas pesadas, veículos, ônibus e caminhões. Isso causará impacto nas comunidades ao elevar os níveis de ruído e de material particulado no ar, além de certa insegurança com o aumento de circulação de pessoas. A geração de ruídos também causa afugentamento da fauna. Aconselha-se que o município realize obras de adequação e pavimentação para facilitar a mobilidade dos moradores.

Dentre as 21 Terras Indígenas em Autazes (2 estão em um raio de 10 km do projeto), 4 não possuem terras delimitadas, 5 estão delimitadas e o restante, regularizadas. O estudo de impacto ambiental classificou como muito alta a interferência socioespacial e cultural das comunidades indígenas e tradicionais de Autazes e regiões próximas. Alguns dos possíveis efeitos indesejados estão nas áreas sociais e de saúde. Sugere-se a que haja mobilização e engajamento promovendo a inclusão das comunidades diretamente afetadas para garantir a assistência e atendimento às necessidades sociais das mesmas e orientação aos novos moradores a respeitar a população e cultura locais. É necessário que o poder público garanta a proteção territorial das terras indígenas da área de influência do projeto e respeito aos direitos legítimos sobre as terras tradicionalmente ocupadas pelas populações indígenas. É aconselhável a estruturação de postos da FUNAI para apoio, vigilância e proteção. Há muitas notícias polêmicas, com casos de desrespeito à comunidade, e inconsistências entre as áreas indígenas reivindicadas e aquelas representadas no estudo de impacto ambiental, como já discutido no item anterior.

Apesar de diversas características interessantes e favoráveis em relação ao empreendimento, (com destaque para a matéria prima com teor considerável de potássio), o fato desses depósitos estarem localizados na região da Amazônia é um fator que pesa muito contra.

Primeiramente, a preocupação com meio ambiente é considerável, uma vez que o projeto Autazes está a menos de 8 km do sistema de rios que inclui o rio Amazonas e outros rios navegáveis. Tais rios são utilizados pelas comunidades locais e indígenas como abastecimento de água e também para pesca, além dos animais que dependem diretamente dos mesmos. Um acidente que cause contaminação das águas da região teria consequências catastróficas para as populações locais e para a fauna.

Fora situações inesperadas, está previsto no projeto a injeção de cerca de 800 m³/h de salmoura nas águas subterrâneas e águas salgadas nos aquíferos rasos com a justificativa de que tais camadas subterrâneas “já são salinizadas e não são utilizadas pela população”. Está prevista essa injeção durante a operação do projeto, ou seja, durante 31 anos, aproximadamente. Considerando a estrutura hídrica do local que inclui o aquífero Alter do Chão, é pretensioso afirmar que a alteração na qualidade das águas de aquíferos rasos e profundos não causará consequências que podem ser graves, uma vez que o próprio RIMA classificou esse impacto como alto. Não há no RIMA qualquer medida sugerida caso haja graves alterações; bem como não há uma alternativa de destinação dessa salmoura gerada.

Também é esperado alteração no comportamento das águas subterrâneas, devido à modificação do curso da água pontualmente no local do poço. O RIMA classifica esse impacto entre médio e baixo. Assim, não há uma previsão se afetará aquíferos, rios ou mesmo o abastecimento das comunidades locais.

Da mesma forma, está previsto no projeto a formação de uma pilha salina de rejeitos com, aproximadamente, 30 m de altura. Parte da mesma será desfeita na etapa de fechamento do empreendimento. Ações como: tratamento de efluentes, drenagem fluvial, contenção de sedimentos, reservatórios de rejeitos serão adotadas para evitar que a água da chuva contaminada com sal atinja os corpos d'água e cause danos de grandes proporções. Mesmo assim, parte dessa água salina entrará no solo e poderá impactar na qualidade de aquíferos próximos à planta industrial. E, como se sabe, o clima equatorial da região possui uma curta estação seca, sendo a precipitação média anual de, aproximadamente, 1900 mm. Dessa forma, mais uma vez, a qualidade da água da região seria afetada. Uma vez que o ecossistema dos rios é adaptado à água doce, o aumento da salinidade tem grande potencial de afetar significativamente esses ecossistemas. Além disso, a subsistência muitas das comunidades locais depende da água e dos peixes. Ou seja, não é benéfico e nem desejado esse aumento da concentração de sais, assim, é primordial realizar obras para canalização das chuvas.

Além disso, outros fatores que podem afetar a qualidade dos rios e reduzir a diversidade de peixes e insetos são: assoreamento, sistema de tratamento de esgoto ineficiente, destinação incorreta

de resíduos sólidos. O primeiro é possível consequência direta do projeto devido à geração de material particulado de diversas fontes. Os outros dois fatores estão relacionados à estrutura precária de Autazes, o que necessita de soluções urgentes, principalmente com a chegada de novos moradores à região para os novos postos de trabalho. A ineficiência desses serviços representa sérios riscos de poluição ambiental.

Ainda no aspecto ambiental, o desmatamento na área de inserção do projeto leva a diversos resultados, como diminuição das populações de espécies vegetais, incluindo aquelas em extinção ou de relevância medicinal e comercial. É recomendável produzir mudas para reflorestamento a partir de sementes coletadas, principalmente dessas espécies citadas anteriormente. A floresta será fragmentada em áreas menores e separadas, dessa forma, menor a sua diversidade biológica e maior o efeito de borda (menor umidade do ar e do solo, temperaturas mais elevadas e mais luz solar e vento); alterando ainda mais as espécies que compõem o local. Toda essa perda de biomassa diminui a fixação de carbono e o mesmo vai sendo liberado para a atmosfera pela decomposição ou queima.

Logicamente, o desmatamento também leva à redução do habitat da fauna, diminuindo os ambientes disponíveis para circulação, alimentação e abrigo dos animais, com isso, o número de espécies presentes na região é menor, alguns indivíduos sofrendo até isolamento. As espécies mais afetadas são aquelas que requerem grandes áreas para sobrevivência, ambientes específicos e aquelas com baixa capacidade de dispersão (recomendável coletar colmeias de abelhas, ninhos de pássaros, orquídeas e bromélias). Por outro lado, animais com maior capacidade de dispersão fugirão para localidades próximas. Com a fuga para ambientes vizinhos, ocorre o desequilíbrio ecológico, que afeta mais fortemente as espécies ameaçadas, muitas registradas nessa área. Recomenda-se o resgate, tratamento e destinação adequada de animais possivelmente desorientados ou machucados.

Nas áreas receptoras desses animais, haverá competição por alimentos (haverá mais predadores do que presas), abrigos, território e parceiros reprodutores. Podem chegar, juntamente com os bichos, novas doenças e parasitas. Todo esse cenário leva ao estresse dos animais até que um novo equilíbrio seja atingido.

Acidentes devem ser mais frequentes, como atropelamentos de animais, devido ao aumento do trânsito de máquinas e veículos juntamente com a evasão de muitas espécies. Recomenda-se monitoramento e sinalização eficiente das vias, bem como controle de velocidade e meios de fornecer cuidados aos animais atropelados. Infelizmente, deve ser mais frequente também a caça e captura não autorizada da fauna destinada à domesticação ou comércio ilegal, com a classificação de impacto alto pelo RIMA do projeto.

Nos depósitos do empreendimento poderá ocorrer acúmulo de água, bem como formação de poças, o que facilita a reprodução de mosquitos, inclusive aqueles que transmitem doenças. Com a diminuição de ratos e gambás, é muito possível que os mosquitos incluam o homem como fonte de alimentação. Recomenda-se controle e ações de eliminação de água parada, bem como aplicação de larvicidas biológicos.

Mais uma vez, fica compreensível a necessidade da presença do corpo de bombeiros treinado e equipado para evitar que acidentes industriais ou domésticos terminem em incêndios florestais. Além dessa, outras medidas podem e devem ser adotadas para prevenção e controle de incêndios.

Logo, sabe-se que, com o fim das operações e fechamento do empreendimento, após aproximadamente 35 anos totais, os postos de empregos por ele gerados, bem como alguns indiretamente gerados, serão extintos.

Por fim, a análise preliminar de riscos realizada identificou apenas um perigo (afundamento de embarcação carregada de sal) em um empreendimento do porte do Projeto Autazes na floresta Amazônica. Acredita-se que muitas variáveis, possíveis cenários e potenciais efeitos negativos foram desconsiderados ou então subestimados nessa etapa do estudo de impacto ambiental e, com isso, essa análise, possivelmente, não reflete com clareza os reais riscos e perigos da iniciativa proposta. Algumas dessas circunstâncias foram discutidas no presente item desse trabalho.

Portando, conclusão do estudo de impacto ambiental é pela viabilidade do Projeto Potássio Amazonas – Autazes, uma vez que “os benefícios decorrentes da instalação do empreendimento serão notados pela sociedade, de certa maneira justificando os impactos ambientais causados”. Assim, “de maneira que as mudanças causadas pelo empreendimento ocorram dentro de limites considerados aceitáveis pela legislação ambiental vigente e, principalmente, pela sociedade”.

Conforme dito anteriormente, muitos potenciais efeitos negativos foram desconsiderados ou subestimados nesse estudo. Assim, uma análise mais detalhada, abrangente e rigorosa dos mesmos poderia alterar a conclusão acima.

Alguns exemplos de riscos gerados pela mineração que não foram considerados ou foram subestimados no estudo de impacto ambiental: a possibilidade de infiltração inesperada de águas subterrâneas na mina, que poderia gerar uma cratera na qual tornaria muito improvável a recuperação da mina; afundamento da superfície da mina subterrânea com potencial danos aos trabalhadores, prédios, construções e vilarejos próximas; abertura de uma série de crateras que, posteriormente, acabam inundadas; acúmulo de gases dentro da mina decorrentes do maquinário utilizado (mistura de metano, hidrogênio, dióxido de carbono, monóxido de carbono, dentre outros) que pode levar à explosões; túneis subterrâneos que colapsam e geram terremotos na superfície da

região. Uma possível medida mitigadora para a infiltração inesperada de água na mina poderia ser o bombeamento artificial dessa salmoura gerada para o reservatório de rejeitos.

Esse reservatório recebe temporariamente as salmouras geradas pelas chuvas sobre a pilha de rejeitos e outras estruturas industriais, depois, ela será bombeada para camadas profundas, como já foi visto. Poderia ter sido estudado na Análise Preliminar de Perigo qual severidade, frequência, possíveis efeitos e modos de detecção desse tanque romper, inundando terras, salinizando o solo e águas superficiais.

Tabela 22 - Análise de prós e contras do Projeto Autazes

Prós	Contras
Geração direta de 1050 novos postos de trabalho (etapa de operação)	Riscos de contaminação pela atividade mineradora ou rejeitos do processo de operação
Diminuição da dependência da importação de fertilizantes potássicos	Desconsideração das comunidades indígenas e locais
Aumento da produção nacional de fertilizantes	Ameaça às atividades de agropecuária
Maior oferta nacional do fertilizante mais caro no comércio internacional	Diminuição da qualidade do ar e da água
Pode suprir até 45% da demanda brasileira, mediante expansão da capacidade de produção	Desmatamento do bioma Amazônico com a maior biodiversidade do planeta
Dinamização da economia local	Aumento do nível de ruídos
Criação de área ambiental protegida	Redução da diversidade da fauna e flora
Aumento da renda da população	Ameaça aos patrimônios natural e histórico

Fonte: elaboração própria

4.1.2 Projeto Carnalita De Sergipe

Esse projeto tem o objetivo de explorar carnalita na cidade de Capela, em Sergipe. Inicialmente, a empresa interessada era Vale, mas o projeto foi vendido à Mosaic Fertilizantes em 2019 (VEILLARD FARIAS, 2020). Lembrando: a carnalita é um sal duplo de potássio e magnésio ($KCl.MgCl_2.6H_2O$) o qual é utilizado como matéria-prima para produzir fertilizantes potássicos no mundo, o cloreto de potássio (KCl) (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

Os depósitos de carnalita foram considerados inviáveis economicamente de exploração em função do baixo preço do produto, do teor baixo de KCl e da exigência de novas tecnologias para o aproveitamento desse minério. À medida que houve aumento da demanda por fertilizantes e poucos projetos a base de silvinita, a exploração de carnalita passou a ser atrativa do ponto de vista

econômico. O processamento de salmouras proposto é por meio de lavra por dissolução (*solution mining*) (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

Esses depósitos possuem um total de 14,4 bilhões de toneladas possuindo teor de 10,40% de KCl ou 6,0% de K₂O. Na produção anual brasileira, estima-se que esse projeto leve a um acréscimo inicialmente de 1,2 milhões de toneladas de KCl por ano, o que é equivalente a 700.000 toneladas de K₂O. Esse empreendimento possui vida útil estimada de 40 anos e necessita de um investimento inicial de R\$ 4 bilhões, possivelmente com ampliações de investimento e produção (FARIAS, 2015).

Há previsão da expansão da capacidade produtiva para 2,5 milhões de toneladas de cloreto de potássio e há a possibilidade de aproveitamento dos seguintes subprodutos: MgCl₂ e NaCl (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

Considerando o processamento químico e também as etapas de secagem e acabamento, a recuperação de potássio total é de 83,3% (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

A geração de postos de trabalho esperada é de 1000 empregos na fase de operação, sem contar os empregos indiretos. Para infraestrutura, é necessária a construção de 44 km de salmourodutos e adutoras, bem como 604 poços de perfuração (FARIAS, 2015).

Como a reserva principal em questão é do mineral carnalita, a produção requer a uma cadeia produtiva que encarece o gasto para produção, em comparação ao mineral silvinita (VEILLARD FARIAS, 2020).

4.1.2.1 Características da área do projeto

As águas superficiais da região do projeto, atualmente, são aplicadas em algumas utilizações, como: abastecimento para uso urbano, abastecimento de vilas e povoados rurais, consumo agroindustrial (cultivo e usina de cana de açúcar; cultivo de coco, feijão mandioca e milho; indústria de exploração de petróleo e gás natural), consumo por animais, pesca, bem como turismo e lazer (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

Já no caso das águas subterrâneas, as principais utilizações incluem: consumo urbano, consumo por animais, irrigação e consumo agroindustrial (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

O bioma da região é a Mata Atlântica, considerada de elevada diversidade, mas existem poucas áreas remanescentes ainda preservadas, incluindo a situação do estado de Sergipe. Essa

situação é resultado da Mata Atlântica ter sido a principal floresta desmatada em todo continente americano desde a colonização do Brasil. Como consequência, o litoral brasileiro é a única região que ainda possui características originais (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

Destacando a situação de Sergipe, juntamente com Alagoas, esse bioma foi quase totalmente desmatado para atividades como: monocultura latifundiária de cana de açúcar e pecuária extensiva de corte, principalmente. Isso se deve ao relevo plano, solo fértil e clima quente e úmido. Mais especificamente no município de Capela, as áreas de florestas são pequenas e separadas, pois boa parte da região é ocupada justamente por pastos e plantação de cana. Essa fragmentação causa desequilíbrio nas populações faunísticas por falta de áreas para alimentação e reprodução (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

Na área de influência do projeto, encontram-se também duas usinas de álcool, de pequeno e médio portes, e todos os fragmentos de floresta encontram-se degradados por desmatamento e poluição. Dentro das matas observa-se desmatamento seletivo para extrair lenha e madeiras para construções. Por outro lado, na área entorno desses fragmentos, os principais fatores para o desmatamento são: plantações, estradas, lixeiras e presença sítios/fazendas. Como é esperado, o avanço do desflorestamento tem levado à uma diminuição acelerada da biodiversidade (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

As atividades do campo, como agricultura e pecuária, são as maiores geradoras de emprego nas comunidades afetadas pelo empreendimento. Diante disso, muitos empregos acabam sendo apenas temporários, uma vez que os canaviais ao redor dos povoados geram empregos duas vezes ao ano: na plantação e na colheita da cana de açúcar. Além disso, na maioria dos casos e pela natureza do trabalho, há preferência por empregar homens, enquanto as mulheres costumam ficar desempregadas por mais tempo (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

A educação oferecida pelo poder público é muito limitada, sendo que, em algumas localidades, o estudante precisa se deslocar até a sede municipal ou até a capital para poder concluir seus estudos. A situação da saúde não é diferente: a infraestrutura é insuficiente para suprir satisfatoriamente a demanda. Por exemplo, apenas as cidades Rosário do Catete e Japarutuba possuem unidades de saúde com funcionamento 24 horas. Por último, a estrutura de segurança civil é quase inexistente nos povoados (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

A política pública tem se atentado para oferecer condições de morarias melhores, uma vez que há famílias que residem em casas de taipa. Há residências sem acesso à água ou acessam águas poluídas e de má qualidade. Também são precários os sistemas de saneamento básico e distribuição de eletricidade, bem como o lixo coletado é despejado em lixões a céu aberto, fora o alto percentual

de moradias que jogam em locais inadequados (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

O setor industrial é pouco expressivo nos municípios: Capela, Japaratuba, Maruim e Rosário do Catete. Vale o destaque para a Unidade de Produção de Potássio Taquari-Vassouras, localizada em Rosário do Catete. Já em Japaratuba, há exploração de petróleo, gás natural, sal gema e sais de magnésio. Em Maruim, estão localizadas a Planta Piloto do Projeto Carnalita e as indústrias de fertilizantes e carbonatos (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

Na área dos quatro municípios citados acima, existem dois remanescentes de quilombos. Já as comunidades urbanas são: Carmópolis, Rosário do Catete e Capela, enquanto os povoados são: Boa Vista, Sirizinho, Terra Dura e Miranda, esse último está localizado bem no centro da região de exploração (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

4.1.2.2 Estrutura do projeto

Para as etapas de extração e beneficiamento do minério, é necessário instalar as seguintes estruturas:

- a. Poços de lavras por dissolução de rochas carnalíticas: de 40 a 50 cavernas em operação simultaneamente para obter salmoura com teor de 11,5% de KCl, aproximadamente;
- b. Usina de beneficiamento de potássio: operações principais são evaporação e cristalização,
- c. Secagem e compactação,
- d. Sistema de transporte de concentrado,
- e. Sistema de disposição de salmoura,
- f. Sistema de abastecimento de água,
- g. Sistema de abastecimento de energia,
- h. Sistema de abastecimento de gás,
- i. Sistema de telecomunicações e transmissão de dados.

Além disso, estão incluídas nas estruturas a serem construídas: escritórios, oficinas, sala de controle e portaria (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

O escoamento da produção deve ocorrer da seguinte forma: 75% da produção deve escoar por meio do transporte rodoviário e o restante, por meio de sistema multimodal (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

O Polígono de lavra do projeto Carnalita de Sergipe inclui os seguintes municípios desse mesmo estado: Rosário do Catete, Capela, Japaratuba e Maruim. O local da Usina será no município de Japaratuba (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

Figura 45 - Polígono de lavra do projeto Carnalita de Sergipe

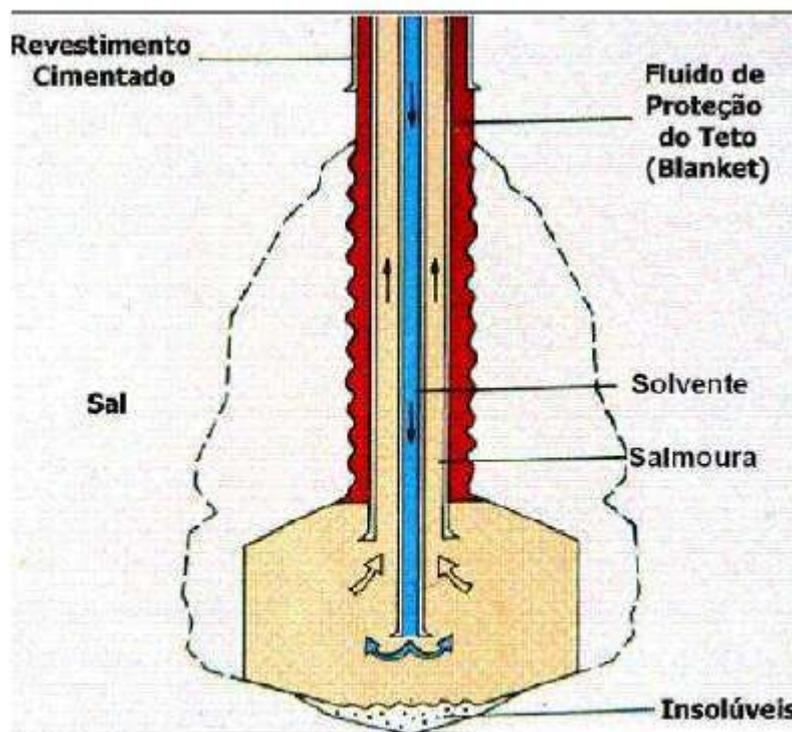


Fonte: (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

Um importante rejeito do projeto é a salmoura concentrada, a qual será transportada até o mar através do salmouroduto. Esse procedimento já é feito na Unidade de Taquari-Vassouras e, historicamente, mostrou ser seguro e de baixo impacto ambiental (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

A metodologia de mineração escolhida foi a Mineração por Dissolução, consistindo na injeção de solvente no minério, dissolução de sais do mesmo e produção de salmoura, a qual é redirecionada para a usina de beneficiamento ambiental (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

Figura 46 - Ilustração da mineração por dissolução adotada no Projeto Carnalita



Fonte: (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

Vale ressaltar que a figura acima é apenas ilustrativa, uma vez que no projeto, a injeção de solvente ocorre em um poço e a produção, no outro (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

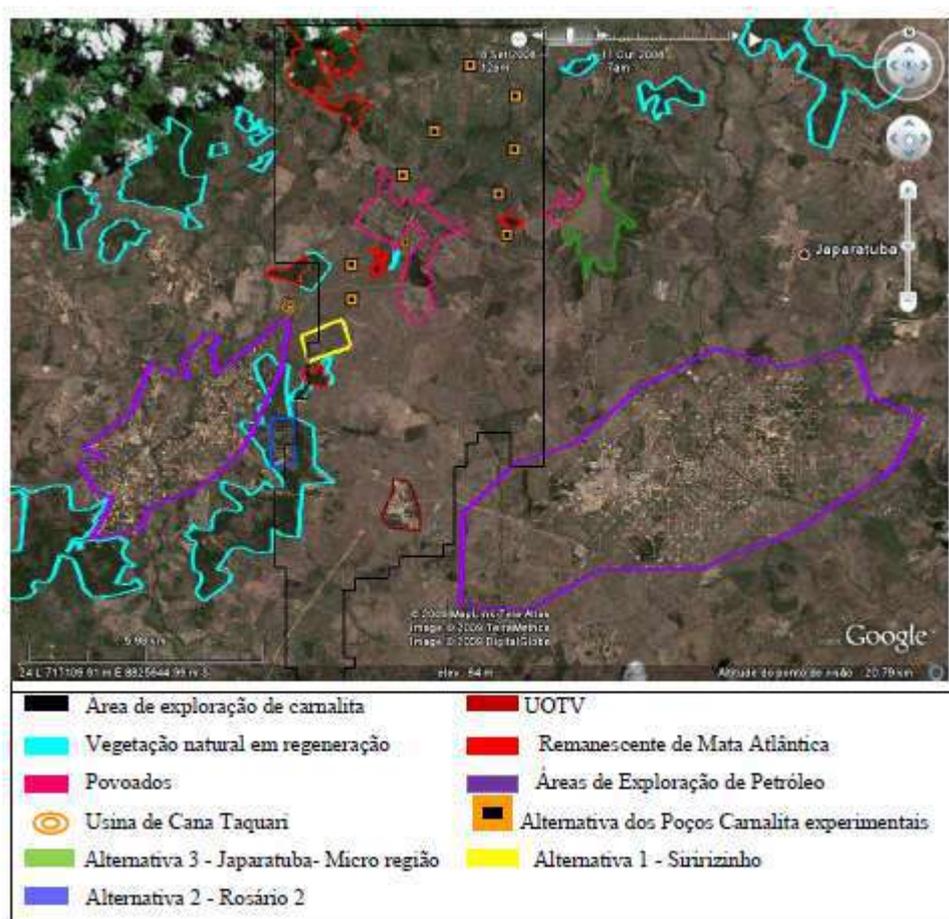
O local do projeto pode ser acessado pela rodovia federal BR-101, já o acesso à região de lavra e planta de processamento serão feitos por estradas de terra. Outra rota de acesso é via ferrovia, pela Ferrovia Centro-Atlântica (FCA) ou via marítima, através do Terminal Portuário de Sergipe (TPS) (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

4.1.2.3 Avaliação de alternativas

O objetivo desse item é testar diferentes opções para escolher aquela que é mais adequada e gerará menor impacto ambiental.

- a. Alternativas de localização da usina

Figura 47 - Alternativas de localização da usina – Projeto Carnalita



Fonte: (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

● Alternativa 1 – Sirizinho

Local próximo ao campo de exploração de petróleo, entre os municípios: Capela e Rosário do Catete.

A principal vantagem é não necessitar desmatar vegetação primária, além de estar no centro de massa da região de lavra, proximidade da Planta Piloto, localizada na borda do Polígono da Carnalita e ausência de comunidades locais nas proximidades. Como desvantagens: necessário realizar a correção da topografia e requer a construção de uma estrada para escoar a produção. Esses dois fatores seriam responsáveis por fortes impactos ambientais e levariam ao aumento do prazo e custos de implantação do projeto. Por esses motivos, essa opção foi descartada (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

● Alternativa 2 – Rosário

Local próximo da rodovia estadual SE-230 e da Unidade de Potássio Taquari-Vassouras, em Rosário do Catete.

As suas vantagens: topografia favorável, centro de massa de lavra, proximidade da planta piloto, ausência de comunidades próximas e localizada na borda do Polígono da Carnalita. Única desvantagem: presença de uma parte com vegetação primária em processo de regeneração. Mesmo com várias vantagens, essa única desvantagem observada levou ao descarte dessa alternativa, já que a preservação da mata nativa remanescente é importante para o projeto (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

- Alternativa 3 – Japarutuba

Local próximo da BR 101, entre os municípios: Capela e Japarutuba.

As suas vantagens: ausência de vegetação nativa (local é utilizado pelo cultivo de cana-de-açúcar), proximidade da BR 101, localizada na borda do Polígono da Carnalita, menor correção da topografia e menor intervenção com tubulações aparentes. Suas desvantagens: não está no centro de massa de lavra; maior distância até a Planta Piloto, a Unidade de Taquari-Vassouras e os poços (mais difícil a manutenção e operação); proximidade do Povoado Terra Cura (significa mais cuidados com emissão de poluentes atmosféricos). Mesmo assim, essa opção foi considerada a mais adequada para instalar a usina, uma vez que os impactos ambientais e sociais observados são menores, podendo ser minimizados e controlados (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

b. Alternativas de localização do salmouroduto e adutora

Escolha do melhor projeto para salmouroduto e adutora. Por motivos econômicos e ambientais, os traçados dos mesmos serão paralelos. O salmouroduto se estenderá da Usina de Beneficiamento do Projeto Carnalita de Sergipe até o oceano Atlântico, nas vizinhanças da praia do Jatobá. Os critérios econômicos e ambientais foram considerados os mais relevantes para essa avaliação (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

- Alternativa 1

Proposta é uma linha reta ligando a usina ao litoral. A principal vantagem é ser a escolha mais econômica mas, por outro lado, é a opção mais complicada do ponto de vista ambiental porque passaria por manguezais (áreas de proteção), rios, riachos e pela Reserva Santa Isabel em Pirambu. Por esses motivos, essa opção foi descartada (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

- Alternativa 2

Nessa proposta, o salmouroduto e a adutora seguiriam pelo lado não habitado da SE 240, não afetando as comunidades que moram do lado oposto. Porém, na BR-101, não seria possível evitar as áreas habitadas, com o agravante de planos futuros para duplicação dessa rodovia nesse trecho. Como essa previsão dificultaria ainda mais a implementação dessa opção, a mesma foi descartada (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

● Alternativa 3

Essa proposta é semelhante à alternativa 2, só que o salmouroduto e a adutora seguiriam por baixo da BR-101. Logo, essa opção é economicamente viável, assim como a anterior, porém não possui as questões relacionadas às populações beirando a BR-101 e nem à expansão desta.

Tabela 23 - Comparação de alternativas de localização do salmouroduto e adutora

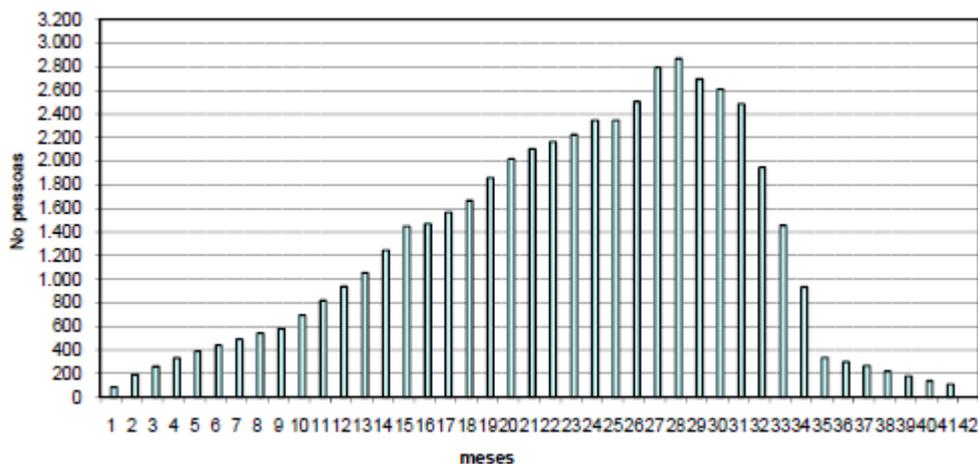
Traçado	Comprimento (metros)	Incidência Social	Incidência Ambiental
A	27.800	Relocação involuntária (reassentamentos em cidades povoados)	Alto impacto por uso de bens ambientais em elementos singulares, atingindo ecossistemas e reserva biológica Santa Isabel.
B	46.500	Relocação involuntária (povoados)	Alto impacto por uso de bens ambientais, atingindo ecossistemas e manguezais
C	46.500	Sem incidência	Impacto insignificativo

Fonte: adaptado de (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

4.1.2.4 Etapas do projeto

a. Etapa de Implantação

A instalação do empreendimento está prevista para durar 42 meses, incluindo serviços de: infraestrutura, terraplanagem, obras civis, perfuração de poços e montagem das operações na lavra e na planta de beneficiamento, que serão iniciadas no 42º mês.

Figura 48 - Estimativa de empregos gerados na etapa de Implantação

Fonte: (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

b. Etapa de Operação

●Mineração

Para essa etapa de injeção de solvente, as seguintes estruturas serão utilizadas:

- Tanques para armazenamento de solventes,
- Estação de bombeamento de solventes nos poços,
- Trocadores de calor,
- Tanques para armazenamento de salmoura,
- Sala de controle de processos,
- Oficina mecânica: manutenção da lavra (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE

SERGIPE, 2009).

A ordem do processo:

1. Solvente é armazenado nos tanques de solvente;
2. Aquecimento do solvente em um trocador de calor e enviado para a estação de bombeamento;
3. O fluido é injetado nos poços onde ocorre a dissolução dos sais;
4. A salmoura é armazenada nos tanques de salmoura e, depois, é bombeada para a usina de processamento (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

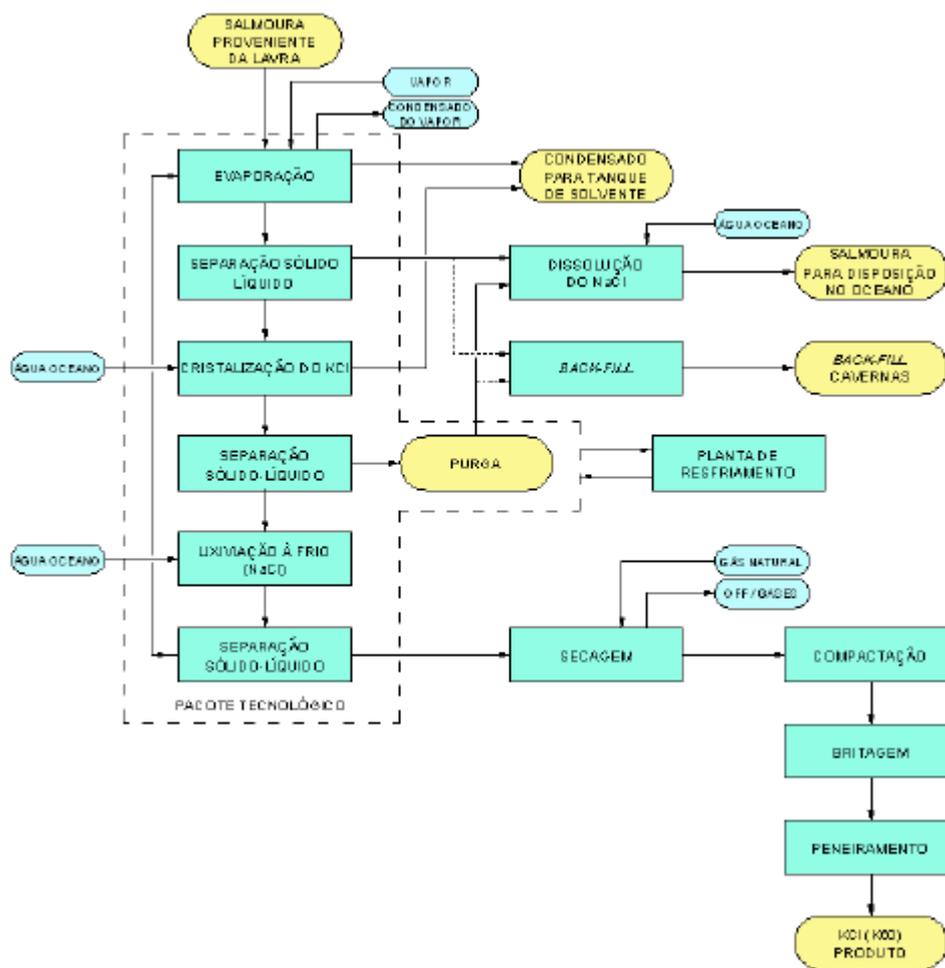
●Beneficiamento

As etapas incluirão as operações: evaporação, cristalização e lixiviação. A temperatura final esperada de cristalização será próxima de zero graus (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

De forma mais detalhada, a planta de processamento do projeto Carnalita envolverá as seguintes operações unitárias:

- Armazenamento da salmoura obtida na etapa anterior de mineração;
- Separação do NaCl: evaporação em multiestágios e cristalização do NaCl,
- Redissolução do NaCl e encaminhado ao oceano através do salmouroduto (opção alternativa: técnica backfill– tecnologia proposta para o Projeto Autazes);
- Obtenção do intermediário de cloreto de potássio (K40): resfriamento à vácuo, seguido de cristalização do KCl,
- Obtenção do KCl: lixiviação aquosa a frio (sistema contracorrente) para purificar o KCl (K40) até classe de fertilizante (K60),
- Leito fluidizado utilizado para secagem do sal,
- Compactação e ajuste granulométrico do produto,
- Armazenamento do produto.

Figura 49 -Diagrama de blocos da planta de processamento do projeto Carnalita



Fonte: (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

A partir da rota tecnológica escolhida para o projeto, os insumos necessários são: água e gás natural/ óleo combustível.

Água do mar será utilizada na planta de processamento para armazenamento e distribuição nas seguintes operações: injeção nos poços, dissolução da salmoura e disposição no mar, lixiviação e sistema de resfriamento. Por outro lado, a água salgada tratada será utilizada para: refrigeração, serviço, selagem de bombas, geração de vapor, combate a incêndios e água potável (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

Gás natural e óleo combustível serão insumos para geração de vapor para a etapa de evaporação e para a etapa de secagem do produto cristalizado (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

Ao final da etapa de operação, é obtido como produto final o cloreto de potássio do tipo granulado. Mais detalhes do mesmo estão na tabela abaixo (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

Tabela 24 - Característica do produto final - cloreto de potássio (K60)

Item		
Produção anual	(t/a)	1.200.000
Densidade aparente	(t/m ³)	1,1
Umidade	(%)	0,3 (máx)
- Passante 4 mm	(%)	96 (mín)
- Passante 1 mm	(%)	0,5 (máx)
Teor médio de KCl	(%)	95,4
- KCl	(%)	95,0 (mín)
- NaCl	(%)	3,8 (máx)
- Ca	(%)	0,17 (máx)
- Mg	(%)	0,08 (máx)
- Sulfato	(%)	0,41 (máx)
- RI	(%)	0,61 (máx)

Fonte: (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

A capacidade produtiva inicial será de 1,2 milhões de toneladas de KCl (K60) e já há previsão de expansão para chegar a 2,4 milhões de toneladas. Mais detalhes da alimentação da planta industrial abaixo (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

Tabela 25 - Informações da alimentação da planta industrial

Item		
Produção	(t/ano de KCl)	1.200.000
Horas efetivas de operação	(h/ano)	7.600
Capacidade produtiva	(t/h de KCl)	157,89
Rendimento global	(%)	83,3
KCl contido na alimentação	(t/h de KCl)	189,54
Concentração de KCl na salmoura	(g/L)	97,77

Fonte: (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

Como resultado final a recuperação de potássio por etapas e total:

Tabela 26 - Recuperação total de potássio

Item		
Processamento químico	(%)	85,0
Secagem e acabamento	(%)	98,0
Total	(%)	83,3

Fonte: (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

Como efluente líquido da usina de beneficiamento, é gerada a salmoura, que tem origem na etapa anterior de mineração. A mesma é transferida para um sistema de dissolução e é interessante utilizar adicionalmente a técnica de backfill para reduzir em 15% o volume da salmoura a ser disposta no oceano (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

4.1.2.5 Evolução prevista para áreas analisadas

Tabela 27 - Comparação da evolução prevista com e sem o empreendimento no local

Meio físico	
Sem o empreendimento	Com o empreendimento
Condições ambientais devem permanecer próximas às atuais, Não é esperado crescimento demográfico, Não é esperado modificações no uso da terra/relevo; Não é esperado aumento da demanda por água; Manutenção da qualidade ambiental atual.	Aumento na concentração de poeira e gases, Aumento de ruídos, Crescimento demográfico, Modificações no uso da terra e do relevo; Aumento da demanda por água, Aumento da quantidade de sedimento na água, Possibilidade de águas com alto teor salino, Captação de água
Meio biótico	
Sem o empreendimento	Com o empreendimento
Exploração de madeira como lenha, Árvores adquirem cada vez maior porte, Floresta em estágios avançados de regeneração, Manutenção de espécies nativas da fauna e flora, Manutenção da diversidade.	Desmatamento da Mata Atlântica, Alteração da paisagem natural, Redução de espécies nativas da fauna e flora, Redução do habitat, Alteração das comunidades.
Meio socioeconômico e cultural	

Sem o empreendimento	Com o empreendimento
<p>Agropecuária como principal atividade econômica,</p> <p>Empregos sazonais que dão preferência à mão de obra masculina,</p> <p>Economia pouco desenvolvida,</p> <p>Baixa arrecadação tributária municipal,</p> <p>Perda na exploração de 1,2 milhões de toneladas de cloreto de potássio por ano,</p> <p>Grande disponibilidade de mão de obra não incorporada,</p> <p>Baixa urbanização,</p> <p>População busca oportunidades em outros locais,</p> <p>Saneamento básico precário,</p> <p>Condições de habitação precárias,</p> <p>Educação disponível até o nível médio,</p> <p>Alta taxa de analfabetismo,</p> <p>Baixa oferta de serviços de saúde e educação,</p> <p>Alta dependência de programas de assistência do governo.</p>	<p>Atividade industrial como principal atividade econômica,</p> <p>Maior oferta do setor de serviços,</p> <p>Crescimento populacional,</p> <p>Aumento da renda circulante,</p> <p>Maior oferta de empregos,</p> <p>Aumento da população com carteira assinada,</p> <p>Aumento da arrecadação tributária,</p> <p>Aumento da demanda por terrenos e residências,</p> <p>Aumento da urbanização,</p> <p>Investimento em asfaltamento de estradas,</p> <p>Aumento das ocorrências policiais (necessidade de maior infraestrutura policial),</p> <p>Necessidade de infraestruturas de distribuição e tratamento de água, gestão de resíduos sólidos e tratamento de esgoto (caso contrário, o impacto ambiental seria terrível),</p> <p>Maior disponibilidade de serviços de ensino e saúde,</p> <p>Oportunidades para novos investimentos.</p>

Fonte: elaboração própria com dados de (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

4.1.2.6 Principais impactos ambientais do empreendimento

De acordo com o estudo de impacto ambiental e considerando os meios físico, biótico e socioeconômico, os principais impactos ambientais gerados pelo projeto Carnalita são apresentados:

Tabela 28 - Principais impactos do Projeto Carnalita de Sergipe e ações mitigadoras

ATIVIDADE	IMPACTO AMBIENTAL	SETOR ATINGIDO	MEDIDAS MITIGADORAS
Movimentação de pequenos médios e grandes automóveis como caminhões, tratores e máquinas.	Risco de acidentes com veículos e de atropelamento de humanos e outros animais; alta suspensão de poeira em pistas de piçarra; poluição atmosférica gerada por queima de óleo diesel e gasolina; geração de ruídos.	Meios físico-químico, biótico e antrópico. Meio rural e UC "Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco".	Calçamento das vias de piçarra com paralelepípedo ou asfalto; sinalização das vias e implantação de redutores de velocidade; utilização de filtros nas descargas gasosas dos automóveis; reflorestamento para uma maior captura de Carbono da atmosfera.
Geração de efluente sanitário	Lançamento de efluentes poluentes. No caso de utilização de sistemas anaeróbicos de captura de efluentes, causa poluição do corpo receptor final, lençol freático e aquíferos.	Meios físico-químico, biótico e antrópico. Meio rural e UC "Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco".	Tratamento aeróbico de efluentes em estação compacta.
Geração de resíduos sólidos comuns	Poluição do solo e corpos d'água. Desequilíbrio ecológico que provoca proliferação de bactérias e vírus nocivos, e atração de animais vetores destes microorganismos, assim como mosquitos da Dengue. As lixeiras da Região são ilegais, sobre solo desprotegido e a céu aberto.	Meios físico-químico, biótico e antrópico.	Coleta seletiva de resíduos encaminhando-os para cooperativa de reciclagem de Aracaju: CARE. Aterro sanitário operando sob normas e legislação para resíduos orgânicos comuns.
Geração de resíduos sólidos perigosos, como sais, graxas e resíduos contaminados com óleo. Além de pilhas e baterias.	Risco de poluição irreversível do solo e corpos hídricos, gerando grave passivo ambiental, crime inafiançável. Comprometimento dos recursos naturais das presentes e futuras gerações.	Meios físico-químico, biótico e antrópico. Meio rural e UC "Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco".	Armazenamento de sais em compartimento fechado impermeabilizado. Rigor na segurança de transporte de sais seguindo as normas técnicas e legislação. Pavimentação e sistema de drenagem na área de processamento da salmoura da carnalita. O efluente da drenagem deve ser incorporado ao salmouróduto de rejeito que lançará o efluente salino na plataforma continental de Sergipe. Já os resíduos contaminados por óleos e graxas devem ser segregados e tratados segundo as Normas Técnicas e Legislação.

Queima de diesel e gasolina na usina de processamento de carnalita	Poluição atmosférica	Meios físico-químico, biótico e antrópico. Meio rural e UC "Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco".	Utilização de filtros nas descargas gasosas dos automóveis; reflorestamento para uma maior captura de Carbono da atmosfera.
Alto consumo de energia elétrica	Demanda de maior geração de energia elétrica no Estado, que será gerada por hidroelétricas e termoeletricas podendo gerar poluição atmosférica.	Meios físico-químico, biótico e antrópico.	Priorizar a queima de gás natural e a energia elétrica. Criar metas para geração da energia elétrica sustentável ecologicamente, como energia solar e eólica.
Destocamento	Perda de área de bosques de Mata Atlântica remanescentes ou em fase de regeneração, que se configura em crime ambiental, principalmente em zona de amortecimento de Unidades de Conservação, como é o caso. A fragmentação da mata causa danos à biodiversidade (flora e fauna em primeira instância), à atmosfera e clima, aos recursos hídricos e, conseqüentemente, ao meio antrópico.	Meios físico-químico, biótico e antrópico. Meio rural e UC "Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco".	Implantação de corredores ecológicos minimizando os efeitos da fragmentação da mata no entorno do Refúgio da Vida Silvestre Mata do Junco.
Desapropriação de terras	Interferência no planejamento, costumes e bens da comunidade local.	Meio Antrópico	Indenização compatível com o incômodo e danos causados aos proprietários das terras
Geração de ruído nos poços e usina	Incômodo constante aos moradores que transitam pela proximidade da usina e poços; afugentamento da fauna silvestre justamente na zona de amortecimento do Refúgio da Vida Silvestre, necessitando assim de sérias e eficientes medidas compensatórias a este dano, ou impacto ambiental, à fauna da Mata Atlântica remanescente do Estado de Sergipe.	Meios físico-químico, biótico e antrópico. Meio rural e UC "Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco".	Utilizar barreiras acústicas em áreas próximas a fragmentos florestais e a comunidades. Realizar manutenção em equipamentos para evitar geração de ruídos desnecessários. As medidas devem garantir o atendimento da legislação em relação à geração de ruído de acordo com a classificação da área. Implantação de corredores ecológicos minimizando os efeitos da fragmentação da mata no entorno do Refúgio da Vida Silvestre Mata do Junco.

Fonte: (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

Mais especificamente para a fase de operação usina, foram observados os seguintes impactos:

Tabela 29 - Principais impactos do Projeto Carnalita de Sergipe - fase de operação

ATIVIDADES	ASPECTOS	IMPACTOS
Processamento da Carnalita	Emissão de gases	Poluição atmosférica
Processamento da Carnalita (Estocagem de Salmoura	Consumo de combustível	Esgotamento de recursos naturais
Evaporação	Consumo de água	Esgotamento de recursos naturais
Resfriamento e Cristalização do KCl	Geração de efluentes	Poluição das águas
Lixiviação	Emissão de particulados	Poluição atmosférica
Resfriamento e Cristalização da Carnalita		
Decomposição da carnalita sintética		
Dissolução e descarte	Queima de combustível	Poluição atmosférica
Secagem e compactação		
Expedição		
Resfriamento de água		
Geração de vapor		
Confeção de solvente)		
Aumento da demanda por serviços	Abastecimento de água	Aumento da demanda de volume de água
	Resíduos sólidos urbanos	Aumento do volume dos resíduos e demanda por coleta
	Saneamento básico	Aumento da pressão por coleta e tratamento de esgotos
	Energia elétrica	Aumento da demanda de energia elétrica
	Saúde da população	Aumento da demanda para os serviços de saúde (postos de saúde e hospitais)
	Comércio e serviços	Aumento do número e variedade da oferta de serviços e lojas comerciais
	Habitação	Aumento da demanda por habitações
	Conflitos culturais	Introdução de novos valores culturais e modo de vida estranhos a população
	Segurança	Aumento da necessidade de policiamento, inclusive ostensivo
	Vias públicas	Aumento da demanda por vias de circulação e ordenamento de tráfego
Edificações e terrenos	Valorização dos imóveis	Aumento de alugueis e preços dos imóveis
		Aumento da demanda mão-de-obra na construção civil
		Aumento do número de loteamentos
Contratação de pessoal para operação da usina	Criação de postos de trabalho	Geração de emprego e renda
		Geração de Tributos
		Aumento da demanda por infraestrutura urbana
	Atração de novos empreendimentos relacionados à operação e manutenção da usina	Surgimento de novos empreendimentos
		Aumento da arrecadação de impostos e tributos
		Geração de empregos indiretos

Fonte: (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

Abaixo, observa-se todos os impactos observados e analisados no EIA/RIMA. A classificação foi realizada quanto: ao tipo (benéfico ou adverso); natureza (direto ou indireto); periodicidade (permanente, temporário ou cíclico); efeito (imediato ou não imediato); reversibilidade (reversível ou irreversível) e alcance (local, regional ou global).

Tabela 30 - Principais impactos do Projeto Carnalita de Sergipe - fase de construção

AÇÃO IMPACTANTE	IMPACTO	ATRIBUTOS AMBIENTAIS			CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS QUANTO AO													
		MEIO FIS.	MEIO BIOT.	MEIO ANT.	TIPO		NATUREZA		PERIODICIDADE			EFEITO		REVERSIBILIDADE		ALCANCE		
					BEN	ADV	IND	DIR	PERM	TEM	CICL	IMED	NÃO IMED	REV	IRREV	LOC	REG	
Limpeza do terreno, (terraplanagem, destocamento)	Poluição do ar	X	X	X		X		X		X		X		X		X		
	Poluição do solo e águas	X	X	X		X		X	X		X				X	X		
	Poluição sonora	X	X	X		X		X		X		X		X		X		
	Redução da flora	X	X			X		X	X		X				X	X		
	Alteração da paisagem	X	X			X		X	X		X				X	X		
	Perda do potencial da fauna e flora	X	X			X		X	X		X				X	X		
	Erosão	X	X	X		X		X	X		X				X	X		
	Poluição do ar e do solo	X	X	X		X		X		X		X		X		X		
	Poluição do solo	X	X	X		X		X	X		X				X	X		
Geração de vetores		X			X		X		X		X			X		X		
Instalação do canteiro de obras	Poluição do solo / água	X	X	X		X		X	X		X				X	X		
	Poluição sonora		X	X		X		X		X		X		X		X		
	Poluição do ar (Poeira, gases)		X	X		X		X	X		X				X	X		
	Poluição visual	X	X	X		X		X		X		X			X		X	
	Geração de vetores		X			X		X		X		X			X		X	
Aterro	Riscos de acidentes	X	X	X		X		X		X		X		X		X		
	Poluição do ar	X	X	X		X		X		X		X		X		X		
	Poluição do solo e dos cursos de água	X	X	X		X		X	X		X				X	X		
	Poluição sonora	X	X	X		X		X		X		X		X		X		
	Afugentamento de animais		X			X		X		X		X		X		X		
	Alteração dos padrões ambientais	X	X	X		X		X	X		X				X	X		
	Risco de acidentes	X	X	X		X		X		X		X		X		X		
	Poluição das águas (aumento da turbidez)	X	X	X		X		X	X		X				X	X		
	Eliminação da Fauna e Flora no Local do Aterro	X	X			X		X	X			X				X	X	
Desmobilização das obras	Poluição do ar		X	X		X		X		X		X		X		X		
	Poluição dos solos e dos cursos de água	X	X	X		X		X	X		X				X	X		
	Risco de acidentes			X		X		X		X		X		X		X		
	Melhoria do visual local			X	X			X		X		X		X		X		
	Poluição sonora	X	X	X		X		X		X		X		X		X		
Pavimentação	Poluição dos recursos hídricos	X	X	X		X		X	X		X				X	X		
	Poluição atmosférica	X	X	X		X		X		X		X		X		X		
	Contaminação de solos	X	X	X		X		X	X		X				X	X		
	Poluição do solo	X	X	X		X		X	X		X				X	X		
	Poluição sonora	X	X	X		X		X		X		X		X		X		
	Risco de acidentes	X	X	X		X		X		X		X		X		X		
	Afugentamento de animais		X			X		X		X		X		X		X		
Pessoal necessário para as atividades	Aumento de Capital da População			X	X		X			X		X		X		X		
	Geração de Tributos			X	X		X			X		X		X				X
	Aumento da demanda de infra-estrutura urbana	X		X	X		X			X		X		X		X		
	Criação de outros empreendimentos	X		X	X		X			X		X		X		X		
	Aumento de arrecadação de impostos			X	X		X			X		X		X		X		
Aumento da atividade de serviços			X	X		X			X		X		X		X			

Fonte: (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

Tabela 31 - Principais impactos do Projeto Carnalita de Sergipe - fase de operação

AÇÃO IMPACTANTE	IMPACTO	ATRIBUTOS AMBIENTAIS			CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS QUANTO AO													
		MEIO FIS.	MEIO BIOT.	MEIO ANT.	TIPO		NATUREZA		PERIODICIDADE			EFEITO		REVERSIBILIDADE		ALCANCE		
					BEN	ADV	IND	DIR	PERM	TEM	CICL	IMED	NÃO IMED	REV	IRREV	LOC	REG	
Processamento da Carnalita	Poliuição do solo	X	X	X		X		X	X				X			X	X	
	Poliuição dos recursos hídricos	X	X	X		X		X	X				X			X	X	
	Poliuição atmosférica	X	X	X		X		X		X			X		X		X	
	Esgotamento dos recursos naturais	X	X	X		X		X	X				X			X	X	
Aumento da demanda por serviços	Aumento da demanda de volume de água	X	X	X		X	X		X				X			X	X	
	Aumento do volume dos resíduos e demanda por coleta pública	X	X	X		X	X		X				X			X	X	
	Aumento da pressão por coleta e tratamento de esgotos	X	X	X		X	X		X				X			X	X	
	Aumento da demanda de energia elétrica	X	X	X		X	X		X				X			X		X
	Aumento da demanda para os serviços de saúde (postos de saúde)			X		X	X		X				X			X	X	
	Aumento do número e variedade de oferta de serviços	X	X	X		X	X		X				X			X	X	
	Aumento da demanda por habitações	X	X	X		X	X		X				X			X	X	
	Introdução de novos valores culturais e modo de vida estranhos à população			X		X	X		X				X			X	X	
	Aumento da necessidade de policiamento, inclusive			X		X	X		X				X			X	X	
	Aumento da demanda por vias de circulação e orientação do tráfego.	X	X	X			X					X	X			X		X
Edificações e terrenos	Aumento de aluguéis e preços dos imóveis.			X		X		X	X				X			X	X	
	Aumento da demanda de mão de obra na	X	X	X	X		X			X			X			X	X	
Contratação de pessoal para operação da usina	Geração de emprego e			X	X				X	X			X			X	X	
	Geração de Tributos			X	X				X	X			X			X	X	
	Aumento da demanda por infra-estrutura			X	X				X	X			X			X	X	
	Surgimento de novos empreendimentos	X	X	X	X		X				X		X			X	X	
	Aumento da arrecadação de			X	X		X		X				X			X	X	X
Geração de empregos indiretos			X	X		X		X				X			X	X	X	

Fonte: (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

Na fase de construção, a maioria dos impactos é negativa (na tabela: adversos), com efeito imediato, reversível e de alcance local. Por outro lado, na fase de operação, a maioria dos impactos é negativa (na tabela: adversos), com efeito imediato, irreversível, permanente e de alcance local. Em ambas as fases, os impactos benéficos são observados apenas para o meio antrópico (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

4.1.2.7 Análise preliminar de perigos

Foram determinadas as principais origens que podem levar a acidentes com graves consequências:

- a. Vazamento nos tanques de combustíveis;
- b. Vazamento nos tanques de lubrificantes;
- c. Vazamento nas linhas de combustível;
- d. Vazamento nas linhas de lubrificantes;
- e. Vazamento de óleo dos transformadores;
- f. Geração de resíduos perigosos;
- g. Geração de efluentes sanitários;
- h. Geração de efluentes industriais;
- i. Geração de Ruído.

Os perigos observados abaixo foram classificados quanto à severidade e à frequência:

- Severidade: I. Desprezível, II. Marginal, III. Crítica e IV. Catastrófica.
- Frequência: A. Extremamente remota, B. Remota, C. Improvável, D. Provável, E. Frequente.

Frequente.

Abaixo, as planilhas de análise preliminar de perigo para usina desse projeto:

Tabela 32 - Análise preliminar de perigo para usina Carnalita – parte 1

PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CATEG. FREQ.	CATEG. SEVERID.	RECOMENDAÇÃO
Vazamento no tanque de combustível, lubrificante e gás natural	Corrosão, Perfuração (Furo), Soldas falhas, Super enchimento, Ruptura do tanque (falha mecânica ou acidente), Ação de terceiros	Sensor de nível do tanque. Alarme de nível sonoro e visual; Inspeção visual.	Contaminação do solo e lençol freático; Incêndio em poça (Material retido na contenção); Dique de contenção; Incêndio em Poça não confinado.	D	II	. Instalação de sistema fixo de combate ao incêndio com espuma; . Manutenção Preventiva; . Gamagrafia nas soldas; . Proteção catódica; . Proteção a sobrepressão; . Teste de estanqueidade; . Satisfazer Norma PNB 98; . Impermeabilização da área de descarga do material vazado.
Vazamento nas linhas e acessórios (bombas, válvulas, flanges, cotovelos, expansões, contrações) do sistema para combustível, óleo lubrificante e gás natural.	Ação de Terceiros; falha nas válvulas, falha nos mangotes, bombas, flanges, cotovelos; Corrosão nos dutos e acessórios; Soldas falhas; Rosqueamento ruim; Excesso de Pressão nas linhas	Balanço de Massa considerando o volume demandado e o consumido; Alarme de queda de pressão. Inspeção Visual	Incêndio de poça (Material retido na contenção); Incêndio em Poça não confinado.	C	I	. Instalação de válvulas de bloqueio manual ou automática; . Proteção Catódica; . Manutenção Preventiva rigorosa; Gamagrafia das soldas, se existirem; . Seguir especificação de projeto.
Vazamento de óleo nos transformadores	Corrosão, Perfuração, Soldas falhas, Ruptura dos tubos de circulação do óleo; Ação de terceiros	Inspeção Visual; Manutenção Preventiva	Contaminação do solo e lençol freático	C	II	. Instalação de válvulas de bloqueio manual ou automática; . Proteção Catódica; . Manutenção Preventiva; Gamagrafia das soldas se existirem; Seguir especificação de projeto.
Transbordamento de material	Enchimento excessivo dos tanques	Visual; Odor	Contaminação do solo e lençol freático	B	III	Efetuar a operação de enchimento com pelo menos dois operadores experientes Colocar bóias ou dispositivos para impedir o enchimento excessivo

Fonte: (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

Tabela 33 - Análise preliminar de perigo para usina Carnalita – parte 2

PERIGO	CAUSA	MODO DETECÇÃO	EFEITO	CATEG. FREQ.	CATEG. SEVERID	RECOMENDAÇÃO
Geração de lixo Industrial (Risco de contaminação)	Não aplicação dos 3 R's Reduzir, Reaproveitar e Reciclar.	Observação visual das áreas industriais: área de processamentos (operações Unitárias), pátios...	Poluição das águas superficial e subterrânea, poluição do solo e do ar	C	III	. Incinerar o lixo em incineradores que satisfazem a RES. CONAMA N°316/02; . Evitar destinação inadequada em aterros, mesmo os aterros sanitários
Geração de efluentes sanitários.	Podem estar contaminados com vírus e bactérias patogênicas	Análises micro-biológicas quando houver indícios detectados.	Doenças transmissíveis por veiculação hídrica. Surto epidemiológicos.	C	III	. Construção de ETE's compactas aeróbicas, de alta eficiência, clorando o efluente tratado antes de ser lançado no meio ambiente; . Evitar Fossas Sépticas.
Geração de efluentes industriais.	Podem estar contaminados com Metais Pesados e outras substâncias tóxicas	Análises químicas e físicas – químicas.	Doenças causadas por substâncias tóxicas.	C	III	. Construção de ETE's compactas aeróbicas, de alta eficiência, ou tratamento químico
Geração de Ruído	Motores turbo-hélice ou a jato; Bombeamentos de combustível	Para os funcionários: Dosimetria Para a comunidade no entorno medida dos níveis de pressão sonora	Problemas de audição nos funcionários, incômodo à população. Diminui a Qualidade de vida gerando afugentamento	A	II	Barreiras acústicas para proteção da comunidade e EPI's p/ funcionários. Manutenção preventiva nos equipamentos.
Impermeabilização do pátio industrial e equipamentos	Alteração no microclima	Medição da temperatura do ar, umidade relativa...	Desconforto térmico	C	III	Plantação de Árvores. Aumento da Área Verde

Fonte: (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009)

Menos da metade dos perigos apresentou categoria crítica (III) com frequência improvável de acontecer (C). Apenas um perigo foi classificado como provável (Vazamento no tanque de combustível, lubrificante e gás natural) mas sua severidade foi dada como marginal.

Mais de 60 medidas preventivas foram apresentadas no estudo de impacto ambiental com base nas análises acima.

4.1.2.8 Andamento do projeto

Em julho de 2006, ADEMA concedeu a Licença de Instalação da lavra piloto. Em dezembro do mesmo ano, iniciou-se a perfuração dos poços nesse local (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

Em 2008, a licença para operação da lavra piloto foi concedida e no mesmo ano as atividades foram iniciadas. No ano seguinte, foram iniciadas as reuniões com as comunidades da localidade do projeto (EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE, 2009).

Em 2010, a ADEMA concedeu a licença prévia de empreendimento (EXTRA GLOBO, 2010).

Em 2014, o projeto foi aprovado pela câmara dos vereadores de Capela (GLOBALFERT, 2014).

Em 2018, a Mosaic finalizou a aquisição da Vale Fertilizantes, ficando com responsabilidades sobre a Usina de Taquari-Vassouras e Projeto Carnalita. Foi sinalizado seu

interesse em retomar esse projeto, mas ele segue parado e sem nenhuma previsão próxima para andamento. O principal problema é que a produção nacional de fertilizantes, que é relativamente pequena, está em desvantagem em relação à matéria-prima internacional. O produto importado possui isenção de tributos, como o ICMS, enquanto a indústria nacional é taxada entre 5% e 8,4% (G1, 2022). Assim, sem incentivo, esse importante projeto segue sem previsão para entrar em operação. Com o passar do tempo, alguns dados apresentados e utilizados no estudo de impacto ambiental ficam cada vez mais desatualizados.

4.1.2.9 Avaliação crítica do projeto

A construção do empreendimento e a entrada em operação disponibilizará KCl para o mercado consumidor interno a um preço menor, devido ao menor custo de transporte

Para início da construção do empreendimento, é necessário realizar a remoção da cobertura vegetal presente (cana de açúcar), bem como terraplanagem (remoção e armazenamento do solo). Caso haja regiões com vegetação natural, é muito importante que o desmatamento retire apenas o estritamente necessário (recomendável coletar colmeias de abelhas, ninhos de pássaros, orquídeas e bromélias). Nesse caso, também é importante verificar se há animais no local, se sim, é preciso certificar que eles conseguem se deslocar de forma natural para outras áreas. Caso negativo, é preciso auxiliá-los nesse processo.

Outros fatores importantes de serem analisados são: a produção de esgotos sanitários e a disposição do lixo. Eles podem modificar a qualidade do solo, das águas superficiais e subterrâneas e reduzir a diversidade de peixes e insetos. É preciso que o município se adeque ao aumento da demanda por saneamento básico e disposição ambientalmente correta dos rejeitos. A ineficiência desses serviços representa sérios riscos de poluição ambiental.

No projeto, garante-se que não haverá modificações na hidrologia local, uma vez que o estudo de impacto ambiental ressalta a importância do tratamento dos efluentes e de medidas de monitoramento ambiental. Um acidente que cause contaminação das águas da região teria consequências catastróficas para as populações locais (impossibilitando o consumo e pesca) e para a fauna.

Em relação à qualidade do ar, a terraplanagem, o aumento do trânsito de veículos e máquinas nas estradas não pavimentadas, a queima de combustíveis e a operação de secagem/armazenamento do minério foram as atividades mais propensas a aumentarem a presença dos materiais particulados no ar. É fortemente recomendável o uso de equipamentos para controle da poluição atmosférica (filtros), uso de catalisadores nos veículos, uso de EPIs pelos trabalhadores e manutenção

preventiva nos veículos e equipamentos. Em caso de acidentes com o uso dos filtros, é preciso estabelecer um plano de emergência. A medida mitigadora de aspergir água para minimizar a emissão de particulados das estradas não asfaltadas pode contribuir para o assoreamento de rios, afetando a qualidade dos mesmos e reduzindo a quantidade de peixes. Essa possível consequência afetaria diretamente as comunidades locais que dependem da pesca.

Outros impactos estudados em relação à fauna: afugentamento de animais e acidentes de atropelamento em estradas. É aconselhável instalar: sinalização especial, controladores de velocidade, também recomenda-se o resgate, tratamento e destinação adequada de animais possivelmente desorientados ou machucados. Infelizmente, deve ser mais frequente também a caça e captura não autorizada da fauna destinada à domesticação ou comércio ilegal.

A implantação do projeto Carnalita possui alguns riscos de poluição, com destaque para o risco de salinização de aquíferos e contaminação dos lençóis freáticos. Como forma de prevenção, os poços de lavra serão impermeabilizados. A população da região, assim como esse empreendimento, conta com ótimas condições de fornecimento e armazenamento de água nesse local, logo, a salinização dessas águas seria uma grande perda e deve ser fortemente evitada.

Além disso, nos poços e na usina do projeto, óleos e graxas são muito utilizados e precisam ser muito bem gerenciados para manutenção da qualidade das águas e solos do local.

O projeto inclui a operação do salmouroduto para despejar a salmoura no oceano, que é a forma menos ambientalmente agressiva para destinação desse efluente. Essa salmoura apresenta uma mistura de sais dissolvidos e será lançada a uma profundidade de 10 metros e aproximadamente 3 km da costa. Essa operação deverá ter baixa interferência na fauna marinha, podendo ocorrer uma mudança apenas local onde a salinidade será maior. Assim, o principal risco é um acidente, que poderia salinizar uma área ao longo do salmouroduto. Portanto, os rejeitos salinos devem ser tratados de maneira adequada e o salmouroduto deve receber toda a manutenção necessária. O estudo recomenda o uso de modelagem matemática para controle de possíveis consequências marinhas.

Na estrutura física do projeto, é necessária a instalação de mantas protetoras no solo, em especial nas áreas de estocagem de produtos e disposição de resíduos. O objetivo é reduzir ao máximo a contaminação do solo com soluções salinas, em especial no período de chuvas. Além dos impactos ambientais já estudados, a recuperação de solos salinizados envolve altos custos.

O estudo de impacto ambiental recomenda uso de simulações matemáticas para dispersão de particulados salinos e também para gases de combustão, com o objetivo de melhor detalhar e reconhecer possíveis problemas. O RIMA também faz previsões de possíveis cenários (otimista, realista e pessimista) para análise e melhor discussão dos problemas encontrados.

O estudo de impacto ambiental considera o empreendimento amplamente benéfico do ponto de vista socioeconômico, citando a geração de empregos, aumento da renda e aumento da arrecadação de impostos. É esperado que todos esses fatores contribuam para melhoria na qualidade de vida dos residentes.

A geração de postos de trabalho é um grande atrativo para a implantação do projeto. Deve-se observar que a presença de mão de obra desqualificada e sem experiência nos municípios não garante a contratação da população local em idade de trabalho. Assim, um impacto que deveria ser benéfico para os habitantes pode acabar absorvendo trabalhadores mais experientes de outras localidades. Portanto, problemas sociais relacionados ao desemprego não seriam amenizados. É preciso adotar medidas de incentivo à contratação de mão de obra local, bem como oferecimento de capacitação para qualificar esses trabalhadores.

Com a mobilização de trabalhadores de outras regiões, há aumento da ocupação do solo com grande demanda por imóveis, tanto para fins residenciais como comerciais. Com isso, há o risco de loteamentos irregulares em condições precárias e sem conforto em áreas invadidas. Tais locais não contam com sistemas viário, fornecimento de energia, iluminação, saneamento, coleta e destinação do lixo, unidades escolares, postos de saúde e departamentos de polícia e de bombeiros. Todo esse processo de ocupação irregular, caso não receba recursos públicos para a infraestrutura adequada, tendem a causar problemas sociais e ambientais. O município precisa se adequar implantando soluções para atender às essas demandas por infraestrutura, capacitar profissionais para o controle e fiscalização das construções e qualificação de professores, bem como ampliação das escolas e das unidades de saúde. Além disso, é fundamental a construção de linha de transmissão de energia para atender ao aumento do consumo nessa região e aconselha-se que o município realize obras de adequação e pavimentação para facilitar a mobilidade dos moradores.

Outra consequência da chegada de novos residentes é a demolição de imóveis antigos para dar espaço às construções mais modernas e mais verticais. A ampliação da área construída juntamente com as construções do empreendimento causará alteração da paisagem atual, com a qual as comunidades convivem durante várias gerações, ocasionando o rompimento do sentimento de enraizamento.

Logo, sabe-se que, com o fim das operações e fechamento do empreendimento, após aproximadamente 40 anos totais, os postos de empregos por ele gerados, bem como alguns indiretamente gerados, serão extintos.

Foi observada a necessidade da presença do corpo de bombeiros treinado e equipado para evitar que acidentes industriais ou domésticos terminem em incêndios florestais. Além dessa, outras medidas podem e devem ser adotadas para prevenção e controle de incêndios.

Por fim, a análise preliminar de perigos realizada identificou 9 possíveis perigos, devidamente classificados quanto à severidade e frequência, assim como apresentou recomendações para cada um deles e mais de 60 medidas mitigadoras e preventivas.

Portando, o estudo de impacto ambiental concluiu que o projeto Carnalita é viável dos pontos de vista econômico, técnico e ambiental, considerando-o como “politicamente correto trazendo benefícios para a comunidade nas suas áreas de influência direta e indireta”.

A Análise Preliminar de Perigos e avaliação dos impactos ambientais foi bem completa e detalhada nesse projeto, estudando diversas causas para acidentes, incluindo modelos de simulação matemática para corroborar as afirmações feitas. A instalação de uma planta piloto no Polígono da Carnalita para operação da lavra já permite tirar conclusões sobre a viabilidade do método da mineração por dissolução. O despejo de salmoura no oceano já realizado pela Unidade de Taquari-Vassouras permite concluir a viabilidade desse destino para esse efluente. Muitas variáveis imprescindíveis para o sucesso desse empreendimento foram analisadas pelo RIMA ou já estão em operação na planta piloto ou em Taquari-Vassouras.

A Análise Preliminar de Perigos poderia ter se aprofundado nos riscos em relação à Mineração por dissolução, que é uma tecnologia até então inédita no Brasil para produção de potássio. Esse método demanda maior controle ambiental, principalmente pela presença de aquíferos na região. É extremamente perigoso que a salmoura gerada durante o processo penetre até aquíferos ou que haja inundamento indesejado no Polígono de lavra. Esses perigos merecem relevância no estudo do projeto.

Tabela 34 - Análise de prós e contras do Projeto Carnalita

Prós	Contras
Geração direta de até 1000 novos postos de trabalho (etapa de operação)	Riscos de contaminação por rejeitos do processo de operação
Diminuição da dependência da importação de fertilizantes potássicos	Desmatamento da mata Atlântica
Aumento da produção nacional de fertilizantes	Ameaça às atividades de agropecuária
Maior oferta nacional do fertilizante mais caro no comércio internacional	Risco à qualidade do ar e da água
Dinamização da economia local	Aumento do nível de ruídos
Aumento da renda da população	Redução da diversidade da fauna e flora
Planta Piloto em operação	Risco de salinização do solo
Gasoduto próximo para fornecimento de gás natural	Esgotamento de recursos naturais

Fonte: elaboração própria

4.1.3 Comparação dos Projetos

Tabela 35 - Comparação dos Projetos Autazes e Carnalita

Projeto Autazes	Projeto Carnalita
Silvinita	Carnalita
2,16 milhões de toneladas de KCl por ano	1,2 milhões de toneladas de KCl por ano
Investimento: U\$ 2 bilhões	Investimento: R\$ 4 bilhões
Local: Amazonas	Local: Sergipe
Vida útil: 35 anos	Vida útil: 40 anos
Geração direta de 1050 novos postos de trabalho (etapa de operação)	Geração direta de até 1000 novos postos de trabalho (etapa de operação)
Desmatamento do bioma Amazônico com a maior biodiversidade do planeta	Desmatamento da mata Atlântica
Risco de salinização das águas	Risco de salinização do solo
Desconsideração das comunidades indígenas e locais	Reuniões com as comunidades locais
Ameaça aos patrimônios natural e histórico	Mais opções de escoamento da produção
Criação de área ambiental protegida	Gasoduto próximo para fornecimento de gás natural
Geração de resíduos salinos na Floresta Amazônica, com rios de água doce	Planta Piloto em operação
Técnica backfill	Salmouroduto
Mineração convencional	Mineração por dissolução
Beneficiamento: lixiviação/cristalização.	Beneficiamento: evaporação, cristalização e lixiviação
Consulta ao povo Mura	Parado

Fonte: elaboração própria

Tabela 36 - Comparação Unidade de Taquari-Vassouras com os Projetos Autazes e Carnalita

	Unidade de Taquari-Vassouras	Projeto Autazes	Projeto Carnalita
Capacidade:	655.000 toneladas de KCl por ano (379.900 toneladas de K ₂ O)	2,16 milhões de toneladas de KCl por ano (1,36 milhões de toneladas de K ₂ O)	1,2 milhões de toneladas de KCl por ano (700.000 toneladas de K ₂ O)
Minério	Silvinita	Silvinita	Carnalita
Mineração	Mineração subterrânea convencional	Mineração subterrânea convencional	Mineração por dissolução
Beneficiamento	Flotação	Lixiviação Cristalização	Evaporação Cristalização Lixiviação

Destino dos rejeitos	Salmouroduto para o Oceano Atlântico	Backfill	Salmouroduto para o Oceano Atlântico
----------------------	--------------------------------------	----------	--------------------------------------

Fonte: elaboração própria

4.1.4 Plano Nacional de Fertilizantes

O presente trabalho irá focar em discutir as principais metas e ações que afetam de maneira direta a cadeia produtiva dos fertilizantes potássicos.

Depois de uma análise do PNF, destaca-se as ações 14 e 15:

“Formalização de acordos bilaterais de fornecimento de potássio para o mercado brasileiro com, Rússia, Canadá, Alemanha, Bielorrússia, Jordânia e Israel,”

“Formalização de acordo bilateral e atração de investimentos privados, em parceria com a Argentina, para a produção e fornecimento de potássio para o Brasil” (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021)

Ambas as ações refletem a importância de parcerias internacionais no mercado de fertilizantes potássicos. A ação 14 especificamente estabelece a importância de parcerias sólidas com os maiores produtores e exportadores mundiais de potássio, principalmente em situações de instabilidade geopolítica internacional e risco de desabastecimento interno.

A ação 15 prioriza a relação com a Argentina, por sua proximidade geográfica e grande parceira comercial dentro do Mercosul. É interessante essa cooperação entre países vizinhos, principalmente porque o Brasil já adquiriu mais de 42 milhões de dólares em fertilizantes químicos argentinos em 2019, ou seja, é um fornecedor estratégico.

Seguindo a análise para as metas 4 e 5 do PNF:

“Elevar a produção nacional de K_2O a, pelo menos, 2,0 milhões de toneladas até 2030; 4,0 milhões de toneladas até 2040 e 6,0 milhões de toneladas até 2050, em termos de capacidade instalada;”

“Produzir, a partir de fontes alternativas, pelo menos: 1,0 milhão de toneladas de K_2O até 2030; 2,0 milhões de toneladas de K_2O até 2040 e 3,0 milhões de toneladas de K_2O até 2050” (SECRETARIA ESPECIAL DE

ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021)

As metas acima são bem específicas quanto à capacidade de produção nacional de fertilizantes potássicos. De forma bem clara, fica estipulado que até 2030 deve-se ter uma capacidade de 2 milhões de toneladas de K_2O ; até 2040, 4 milhões de toneladas e até 2050, 6 milhões de toneladas.

Além disso, o PNF também estabelece metas para fontes alternativas de potássio, como por exemplo o Verdete. Pretende-se expandir sua capacidade produtiva que até 2030 deve-se ter uma capacidade de 1 milhão de toneladas de K_2O ; até 2040, 2 milhões de toneladas e até 2050, 3 milhões de toneladas. Dessa forma, para atingir esses valores, será necessário acelerar o crescimento da capacidade de produção de potássio e fontes alternativas desse.

Diante desses dados colocados como metas acima, não houve nenhuma ação citada diretamente no PNF sobre incentivos financeiros e desburocratização para início da operação ou incentivo à projetos de expansão para os potássicos. Parece contraditório, pois no caso dos fosfatados e nitrogenados são citados projetos que receberão atenção direcionada do PNF para serem viabilizados ou terem sua capacidade expandida.

Nesse trabalho, foi apresentado pelo menos dois projetos para potássicos (Autazes e Carnalita) que ainda estão em processo para serem implementados e esses poderiam ter atenção direcionada no PNF.

As metas apresentadas para os potássicos foram 18 e 22:

“Aumentar, pelo menos, de 5 para 10 agentes produtores de fertilizantes potássicos e matérias-primas em novas áreas minerárias até 2030 e mais 10 agentes produtores até 2040”

“Viabilizar, até 2030, pelo menos, cinco leilões das áreas de mineração para fertilizantes fosfatados e, pelo menos, cinco leilões das áreas de mineração para fertilizantes potássicos” (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021)

Atualmente, sabe-se que a produção de fertilizante KCl no Brasil está restrita à Unidade de Operação de Taquari-Vassouras, em Sergipe. Além disso, há os produtores de fontes alternativas, como já mencionado anteriormente. Já existem depósitos comprovados de minerais potássicos em Sergipe, Amazonas e Pará, alguns deles ainda não possuem empresas interessadas na sua exploração. Como também a PETROBRÁS possui direitos minerários relativos à exploração de

potássio no Amazonas. Essas metas 18 e 22 podem ser alternativas interessantes para estimular novos empreendimentos nesse setor.

Com o objetivo de viabilizar projetos novos e em andamento, uma ação relevante é a 38:

“Adequação de alíquotas de importação de máquinas, equipamentos e insumos sem similar nacional, visando à modernização do parque industrial e conseqüentemente a produtividade e competitividade da indústria, assim como mecanismo de incentivo ao desenvolvimento de produtos nacionais e transferência de tecnologia” (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021)

Uma parte do investimento de todo empreendimento vai diretamente para todo os equipamentos que irão possibilitar os processos produtivos. Com o incentivo fiscal, será possível obter os melhores maquinários para que se atinja o melhor desempenho possível. Assim, as plantas produtoras poderão atingir suas capacidades máximas.

Além de importar os equipamentos, é importante estimular esse setor da indústria nacional que possui qualidade equivalente ao internacional. A partir desse objetivo, destaca-se a ação 70:

“Incentivo ao fortalecimento da indústria nacional de equipamentos utilizados na adequação de subprodutos ao uso agrícola e produção de fertilizantes a partir desses e à sua aplicação no campo” (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021)

Assim, essa meta vai fortalecer a produção nacional de equipamentos industriais.

Além do maquinário, um empreendimento de grande porte depende da qualificação dos seus trabalhadores. Assim, destaca-se a meta 35:

“Atrair investimentos, por meio de fontes privadas, pelo menos cinco vezes a proporção dos valores públicos aplicados para incorporar a pesquisa mineral de fósforo/potássio ao longo dos ciclos do PNF” (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021)

E também a ação 55:

“Ampliação e modernização da capacidade instalada e de recursos humanos especializados do Serviço Geológico do Brasil e do Centro de Tecnologia Mineral em pesquisa e transformação mineral para a cadeia dos fosfato, potássio e enxofre” (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021)

Ambas ressaltam a importância de investir em conhecimentos em recursos minerais e também pesquisa mineral de potássio, estabelecendo um objetivo para investimentos provenientes da iniciativa privada.

Abaixo, destaca-se a meta 60:

“Promover a capacitação de, pelo menos, 150 mestres e 50 doutores especializados em pesquisa e transformação mineral, tecnologias de novos produtos fosfatados/potássicos, tecnologias para mitigação de impacto ambiental cadeia de fertilizantes e insumos para a nutrição de plantas e sustentabilidade ambiental, em centros de pesquisa referenciados no Brasil e no exterior, até 2030” (SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS, 2021)

Com essa meta, visa-se atingir os objetivos de obter pesquisadores nacionais capacitados e especializados no assunto, bem como desenvolver tecnologias para a mineração e etapas posteriores de beneficiamento, desenvolvimento de novos produtos fertilizantes e geração de menores impactos ambientais nos processos produtivos. Com isso, haverá desenvolvimento de pesquisa justamente nesse setor que o Brasil necessita.

Por fim, as metas 74, 77 e 80, juntamente com a ação 121, expõem a importância de melhorar a logística ao mesmo tempo que há expansão do setor de fertilizantes. Nelas, são traçadas propostas para os transportes por via ferroviária, fluvial e marítima para escoamento dos fertilizantes. Também haverá incentivo para estruturas centrais de armazenamento, que facilitam a estocagem e distribuição em regiões estratégicas. Além disso, o objetivo é reduzir os custos de transporte em pelo menos 50% até 2030. Por último, a ação 121 evidencia o que todo produtor necessita: a integração das ações de infraestrutura para o setor de fertilizantes de forma associada às ações do Plano Nacional de Logística.

Portanto, percebe-se que o PNF cobre, de maneira completa, todos os problemas e fatores

determinantes para o sucesso da expansão nacional de fertilizantes.

Por conseguinte, com todas as metas e ações estudadas acima, é bem possível que o Brasil consiga fortalecer a indústria nacional de fertilizantes e, assim, diminuir a dependência de importações.

Caso fosse possível viabilizar a implantação dos Projetos Autazes e Carnalita até 2030, a produção nacional somaria 2,439 milhões de toneladas de K_2O . Assim, seria possível atingir a meta 4: 2,0 milhões de toneladas de K_2O até 2030. Já para os anos de 2040 e 2050, mais estudos e novos projetos seriam necessários no setor de fertilizantes potássicos.

5 CONCLUSÕES

Ao longo desse estudo, ficou comprovada a forte dependência brasileira por importações no setor de fertilizantes. Com esse assunto amplamente discutido recentemente devido à guerra entre Rússia e Ucrânia e também ao lançamento pelo governo do Plano Nacional de Fertilizantes, há uma grande expectativa que haja maiores investimentos na indústria nacional com incentivo à novos projetos de exploração, melhora na infraestrutura, logística e tecnologia.

Para o caso específico de fertilizantes à base de cloreto de potássio, analisou-se em profundidade os projetos Autazes e Carnalita. Ambos representam grandes possibilidades de produção, de forma a diminuir a dependência por fertilizantes potássicos, que são aqueles com maiores preços no mercado internacional e que o Brasil menos produz.

Assim, em um cenário possível no qual ambos os projetos são implantados, a primeira capacidade produtiva estabelecida no PNF possivelmente seria alcançada dentro do prazo. Entretanto, é necessário que mais projetos para potássicos sejam desenvolvidos, bem como atingir as outras metas determinadas para as áreas de transporte, logística e desenvolvimento de mão de obra. Assim, será possível alcançar o cenário com alta capacidade produtiva que é eficientemente escoada e entregue até a agricultura.

Dentre os dois projetos estudados, aquele que apresenta mais empecilhos à sua implantação é o Projeto Autazes, que apesar de possuir vários benefícios estudados nesse trabalho, apresenta muitas possibilidades de problemas ambientais que podem causar acidentes catastróficos no bioma da Floresta Amazônica afetando comunidades e povoados indígenas. Ele também possui o estudo de impacto ambiental menos detalhado, sem uso de simulações matemáticas e observando apenas um possível perigo na sua Análise Preliminar de Perigos.

Por outro lado, o Projeto Carnalita parece bem promissor, apesar de suas claras desvantagens em relação à Autazes. O processo produtivo já conta com planta piloto no local, a mina de Taquari-Vassouras no município vizinho e gasoduto com fornecimento de gás natural pela PETROBRÁS. Os riscos ambientais são menores e seu estudo de impacto ambiental foi muito mais detalhado, usando artifícios das modelagens matemáticas e sua Análise Preliminar de Perigos foi mais aprofundada. Apesar disso tudo, o projeto permanece parado e não saiu do papel.

Esse presente trabalho recomenda, em um primeiro momento, a implantação do Projeto Carnalita. Inicialmente, já representará um excelente avanço no setor de fertilizantes nacional.

Para o Projeto Autazes, a recomendação é que vários aspectos sejam reavaliados antes de dar prosseguimento à sua implantação. Segundo o presente estudo, não é seguro seguir com esse projeto da forma como ele foi apresentado no seu RIMA. Há muitas possibilidades de falhas e acidentes

com possíveis consequências terríveis. Deve-se rever a rota tecnológica e diversas decisões em relação aos efluentes gerados, que não são as mais seguras considerando todas as particularidades que envolvem esse empreendimento.

Diante disso, o futuro brasileiro para o mercado nacional de fertilizantes é promissor e espera-se que as decisões sejam tomadas com base em dados técnicos e não na euforia para se tornar um player internacional. Com isso, a expectativa é que o Brasil possa explorar seus recursos minerais da forma mais segura possível, com a menor possibilidade de acidentes e com a rota tecnológica mais adequada para o meio ambiente e comunidades. Portanto, acredita-se que o país, mesmo com a implementação do Novo Plano Nacional de Fertilizantes, terá dificuldades de diminuir seu grau de dependência externa.

6 REFERÊNCIAS

AMAZÔNIA REAL. **A guerra do potássio em Autazes**. 27 de março de 2022. Disponível em: <https://amazoniareal.com.br/especiais/projeto-autazes/>. Acesso em: 13 jul. 2023.

BELARUSKALI. **Ore Resources 2022**. Disponível em: <https://www.belaruskali.by/en/company/proizvodstvo/>. Acesso em 5 jun. 2023.

BRASIL MINERAL. **Kalium conclui planta e projeta escala maior**. 2022. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/kalium-conclui-planta-e-projeta-escala-maior>. Acesso em: 30 jun. 2023.

CARVALHO, MARIA DA CONCEIÇÃO SANTANA. **Calagem**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/calagem>. Acesso em: 22 mai. 2023.

CETEM. **Tecnologia usada em mina de potássio em Rosário do Catete (SE) diminui impactos ambientais da atividade**. 2011. Disponível em: <http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbete.aspx?verid=26>. Acesso em: 14 jun. 2023.

CIBRA. **Nossa história**. 2023. Disponível em: <https://www.cibra.com/quem-somos/#nossa-historia>. Acesso em: 13 jun. 2023.

CNN BRASIL. **Como crise na Rússia e Belarus encarece os fertilizantes para o Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/como-crise-na-russia-e-belarus-encareceu-os-fertilizantes-para-o-brasil/>. Acesso em: 14 jun. 2023.

COMEXSTAT. **Importações de adubos ou fertilizantes químicos (exceto fertilizantes brutos) de 2017 a abril de 2023**. 2023. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral/84185>. Acesso em: 31 mai. 2023.

COMEXSTAT. **Importações de adubos ou fertilizantes químicos, potássicos (exceto sais de potássio naturais, em bruto) de 2019 a abril de 2023**. 2023. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral/84132>. Acesso em: 31 mai. 2023.

COMEXSTAT. **Maiores exportadores para o Brasil de adubos ou fertilizantes químicos (exceto fertilizantes brutos)**. 2023. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>. Acesso em: 30 mai. 2023.

COMEXSTAT. **Principais estados importadores de adubos ou fertilizantes químicos (exceto fertilizantes brutos)**. 2023. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>. Acesso em: 30 mai. 2023.

COMPANIES MARKETCAP. 2023. **Largest companies by market cap: fertilizer**. Disponível em: <https://companiesmarketcap.com/fertilizer/largest-companies-by-market-cap/>. Acesso em: 30 mai. 2023.

CORDEIRO, LARYSSA CHRISTINA BATISTA. **Análise da viabilidade de recuperar potássio de siltitos**. 2018. Disponível em:

<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/22720/3/An%C3%A1liseViabilidadeRecuperar.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2023.

COSTA, LETICIA MAGALHÃES DA e MARTIM FRANCISCO DE OLIVEIRA E SILVA. A **indústria química e o setor de fertilizantes**. BNDES, 2012. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2025>. Acesso em: 26 mai. 2023.

DIAS, VICTOR PINA e EDUARDO FERNANDES. 2016. **Fertilizantes: uma visão global sintética**. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2657>. Acesso em: 26 mai. 2023.

EIA-RIMA - PROJETO CARNALITA DE SERGIPE. 2009. Disponível em: https://adema.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/03/eia_-_carnalita_rev.00.pdf. Acesso em: 14 jul. 2023.

EMBRAPA. **Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas**. 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76755/1/Alvaro-Dissertacao-Eduane.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2023.

EMBRAPA. **Brasil pode superar a Índia em 2023 na produção de grãos**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/73611968/brasil-pode-superar-a-india-em-2023-na-producao-de-graos>. Acesso em: 11 jun. 2023.

ÉPOCA NEGÓCIOS. **Vale conclui venda da Vale Fertilizantes para a Mosaic**. 2018. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Empresa/noticia/2018/01/epoca-negocios-vale-conclui-venda-da-vale-fertilizantes-para-a-mosaic.html>. Acesso em: 8 jun. 2023.

EXAME. **Brasil busca potássio na Bielorrússia em meio a sanções à Rússia**. 2022. Disponível em: <https://exame.com/agro/brasil-busca-potassio-na-bielorrussia-em-meio-a-sancoes-a-russia/>. Acesso em: 14 jun. 2023.

EXAME. **Com a guerra na Ucrânia, vai faltar fertilizante no Brasil?**. 4 de março de 2022. Disponível em: <https://exame.com/brasil/com-a-guerra-na-ucrania-vai-faltar-fertilizante-no-brasil/>. Acesso em: 11 jun. 2023.

EXTRA GLOBO. **Vale recebe licença prévia para projeto em Sergipe**. 2010. Disponível em: <https://extra.globo.com/economia-e-financas/vale-recebe-licenca-previa-para-projeto-em-sergipe-113469.html>. Acesso em: 19 jul. 2023.

FARIAS, PEDRO IGOR VEILLARD. **Aspectos técnicos e econômicos da indústria de fertilizantes npk no brasil**. 2015. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/14819>. Acesso em: 11 jun. 2023.

FERTILIZANTES HERINGER. **História**. 2023. Disponível em: <https://ri.heringer.com.br/a-companhia/historia/>. Acesso em: 13 jun. 2023.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Empresa de adubos de MG decide elevar 7 vezes capacidade de produção**. 2022. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2022/03/empresa-de-adubos-de-mg-decide-elevar-7-vezes-capacidade-de-producao.shtml>. Acesso em: 30 jun. 2023.

G1. **Fertilizante feito do Brasil pode sofrer com nova isenção a importados, diz sindicato da indústria.** 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2022/03/10/fertilizante-do-brasil-pode-sofrer-com-nova-isencao-a-importados-alerta-sinprifert.ghtml>. Acesso em: 19 jul. 2023.

G1. **Guerra econômica: como funcionam as sanções contra a Rússia – e como o país tenta superá-las.** 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2022/03/01/guerra-economica-como-funcionam-as-sancoes-contr-a-russia-e-como-o-pais-tenta-supera-las.ghtml>. Acesso em: 14 jun. 2023.

GLOBALFERT. **Mapa de Produção.** 2023. Disponível em: <https://globalfert.com.br/mapa-de-producao/>. Acesso em: 07 jun. 2023.

GLOBALFERT. **País retomará Plano Nacional de Fertilizantes.** Maio de 2023. Disponível em: <https://globalfert.com.br/noticias/producao/pais-retomara-plano-nacional-de-fertilizantes/>. Acesso em: 11 jun. 2023.

GLOBALFERT. **Principais empresas produtoras de fertilizantes no mundo em 2022.** 2022. Disponível em: <https://globalfert.com.br/boletins/principais-empresas-produtoras-de-fertilizantes-no-mundo-em-2022-globalfert/>. Acesso em: 30 mai. 2023.

GLOBALFERT. **Projeto Carnalita é aprovado pela Câmara dos Vereadores de Capela, SE.** 2014. Disponível em: <https://globalfert.com.br/noticias/negocios/projeto-carnalita-e-aprovado-pela-camara-dos-vereadores-de-capela-se/>. Acesso em: 19 jul. 2023.

GLOBALFERT. **Tendências no mercado global de Fertilizantes.** 2021. Disponível em: <https://globalfert.com.br/colunistas/tendencias-no-mercado-global-de-fertilizantes/>. Acesso em: 30 mai. 2023.

GLOBORURAL. **Setor de fertilizantes do Brasil vai investir R\$ 21 bi na indústria nacional em 4 anos.** 2023. Disponível em: <https://globorural.globo.com/negocios/noticia/2023/03/setor-de-fertilizantes-do-brasil-vai-investir-r-21-bi-na-industria-nacional-em-4-anos.ghtml>. Acesso em: 11 jun. 2023.

GLOBORURAL. **Produtores apostam em agrominerais para fortalecer as plantas e melhorar o solo. 2018.** Disponível em: <https://globorural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2018/12/produtores-apostam-em-po-de-rocha-para-fortalecer-plantas-e-melhorar-o-solo.html>. Acesso em: 20 jul. 2023.

GOVERNMENT OF CANADA. **Potash facts.** 31 de outubro de 2022. Disponível em: <https://natural-resources.canada.ca/our-natural-resources/minerals-mining/minerals-metals-facts/potash-facts/20521>. Acesso em: 12 jun. 2023.

GRUPO FERTIPAR. **Nossa história.** 2023. Disponível em: <https://fertipar.com.br/nossa-historia/>. Acesso em: 13 jun. 2023.

ICL. **Essential Minerals Division.** 2017. Disponível em: <https://www.iclisrael.com/about-icl/structure/essential-minerals-division/>. Acesso em: 5 jun. 2023.

ICL. **Polysulphate: fertilizante orgânico**. 2023. Disponível em: <https://polysulphate.com/br-pt/>. Acesso em: 5 jun. 2023.

INDEXMUNDI. **Potassium Chloride Monthly Price - US Dollars per Metric Ton**. 2023. Disponível em: <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=potassium-chloride&months=180>. Acesso em: 20 jul. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PIB cresce 1,9% no primeiro trimestre, impulsionado pela Agropecuária**. 01 de junho de 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37030-pib-cresce-1-9-no-primeiro-trimestre-impulsionado-pela-agropecuaria>. Acesso em: 11 jun. 2023.

K+S POTASH CANADA. **Our Business**. 2022. Disponível em: <https://www.ks-potashcanada.com/our-business/>. Acesso em: 5 jun. 2023.

LIMA FILHO, OSCAR FONTOA DE. **Uso de escórias de siderurgia na agricultura**. 2011. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/899229>. Acesso em: 28 mai. 2023.

LUZ, ADÃO BENVINDO DA, e FERNANDO ANTONIO FREITAS LINS. **Rochas & Minerais Industriais: usos e especificações**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM-MCT, 2008.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Agropecuária brasileira em números**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros/agropecuaria-brasileira-em-numeros-abril-de-2020#:~:text=2%3A%20%20Mato%20Grosso%20ocupa,57%2C5%2C%20bilh%C3%B5es>. Acesso em: 13 jun. 2023.

MOSAIC. **North America Business**. 2023. Disponível em: <https://www.mosaicco.com/North-America-Business>. Acesso em: 5 jun. 2023.

MOSAIC. **South America Business**. 2023. Disponível em: <https://www.mosaicco.com/South-America-Business>. Acesso em: 5 jun. 2023.

NASCIMENTO, CLARISSA DIAS. **Os impactos da guerra entre a Rússia e a Ucrânia no mercado de fertilizantes brasileiro**. 2022. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/32683>. Acesso em: 14 jun. 2023.

NASCIMENTO, MARISA e FRANCISCO E. LAPIDO LOUREIRO. **Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira**. 1. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004.

NUTRIEN. **Maps**. 2023. Disponível em: <https://www.nutrien.com/locations/maps>. Acesso em: 5 jun. 2023.

NUTRIEN. **Potash**. 2023. Disponível em: <https://www.nutrien.com/what-we-do/our-business/potash>. Acesso em: 5 jun. 2023.

NUTRIEN. **Potash operations**. 2023. Disponível em: <https://www.nutrien.com/locations/potash-operations>. Acesso em: 5 jun. 2023.

- POTÁSSIO DO BRASIL. **Projeto Potássio Autazes**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/PotssiodoBrasil.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2023.
- RAMOS, MATEUS PINHEIRO. **Estudo da cadeia produtiva de fertilizantes no Brasil**. 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11422/12628>. Acesso em: 14 jun. 2023.
- REETZ, HAROLD F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. 1. ed. São Paulo: ANDA, 2017.
- REVISTA MINERAÇÃO & SUSTENTABILIDADE. **Potássio do Brasil apresenta Projeto Autazes para governo e empresas canadenses**. 13 de setembro de 2022. Disponível em: <https://revistamineracao.com.br/2022/09/13/potassio-do-brasil-apresenta-projeto-autazes-para-governo-e-empresas-canadenses/>. Acesso em: 13 jun. 2023.
- RIMA - PROJETO POTÁSSIO AMAZONAS - AUTAZES. 2015. Disponível em: <http://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2022/02/Relatorio-de-Impacto-Ambiental-Pot%C3%A1ssio-do-Brasil-Mina-de-Silvinita-IPAAM-site.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2023.
- SECRETARIA ESPECIAL DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS. **Plano Nacional de Fertilizantes 2050**. 2021. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2022/03/plano-nacional-de-fertilizantes-brasil-2050.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2023.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Avaliação do potencial de potássio no Brasil: área Bacia do Amazonas, setor centro-oeste, estados do Amazonas e Pará**. 2020. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21740>. Acesso em: 30 jun. de 2023.
- SOUZA, MARIANA DE MATTOS VIEIRA MELLO. **Processos Inorgânicos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2012.
- URALKALI. **Methods**. 2023. Disponível em: <https://www.uralkali.com/buyers/production/methods/>. Acesso em: 6 jun. 2023.
- URALKALI. **Production**. 2023. Disponível em: https://www.uralkali.com/about/?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com#production. Acesso em: 5 jun. 2023.
- URALKALI. **Production**. 2023. Disponível em: <https://www.uralkali.com/buyers/production/>. Acesso em: 5 jun. 2023.
- VEILLARD FARIAS, PEDRO IGOR. **Indústria de fertilizantes NPK no Brasil sob a ótica de cenários prospectivos**. 2020. Disponível em: Acesso em: 11 jun. 2023.
- YARA. **Deficiência de nitrogênio em citros**. 2023. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/nutricao-de-plantas/citros/deficiencias-citros/deficiencia-de-nitrogenio-em-laranja-citros/?activeSlide=4402>. Acesso em: 24 jul. 2023.
- YARA. **Deficiência de potássio em citros**. 2023. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/nutricao-de-plantas/citros/deficiencias-citros/deficiencia-de-potassio-em-laranja-citros/?activeSlide=6568>. Acesso em: 24 jul. 2023.
- YARA. **YARA**. 2023. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/>. Acesso em: 13 jun. 2023.

ZONTA, EVERALDO, JULIANO BAHIENSE STAFANATO, e MARCOS GERVASIO PEREIRA. **Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais**. EMBRAPA. 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1134679>. Disponível em: 9 mai. 2023.