



UnB

Universidade de Brasília - UnB

Centro de Desenvolvimento Sustentável - CDS

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável - PPGCDS

**Caminhos para uma estratégia política de exploração
sustentável do lítio no Brasil**

Uma reflexão a partir da análise dos impactos socioambientais e de
experiências internacionais na América do Sul

Fernanda Rodrigues Marciano

Brasília

2025

Fernanda Rodrigues Marciano

Caminhos para uma estratégia política de exploração sustentável do lítio no Brasil

Uma reflexão a partir da análise dos impactos socioambientais e
experiências internacionais na exploração do lítio

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável (PPGCDS) da Universidade de Brasília, na área de concentração Tecnologia, Consumo e Sustentabilidade, para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Strapasson

Brasília
2025

M319c

Marciano, Fernanda

Caminhos para uma estratégia política de exploração sustentável do lítio no Brasil / Fernanda Marciano; orientador Alexandre Strapasson. Brasília, 2025.

141 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico em Desenvolvimento Sustentável) Universidade de Brasília, 2025.

1. Lítio. 2. Políticas públicas. 3. Transição energética. 4. Justiça socioambiental. 5. Minerais críticos. I. Strapasson, Alexandre, orient. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Caminhos para uma estratégia política de exploração sustentável do lítio no Brasil

Uma reflexão a partir da análise dos impactos socioambientais e experiências internacionais na exploração do lítio

Fernanda Rodrigues Marciano

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Alexandre Betinardi Strapasson

Presidente e orientador, Universidade de Brasília

Prof. Dr. Diego Pereira Lindoso

Membro interno, Universidade de Brasília

Profa. Dra. Hirdan Katarina de Medeiros Costa

Membro externo, Universidade Federal da Paraíba e Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Mauro Guilherme Maidana Cappellaro

Membro suplente, Universidade de Brasília

À Carol, luz da minha escuridão.

AGRADECIMENTOS

Não há como começar esse texto de agradecimento se não for expressando gratidão pela valiosa oportunidade de estudar em uma universidade pública, gratuita e de excelência como a Universidade de Brasília. A política pública de educação, por mais desmerecida e maltratada que seja em todos os Governos, segue nos oferecendo tesouros em forma de conhecimento, esperança para quem se acha perdido.

Agradeço aos membros do Centro de Desenvolvimento Sustentável, que mantém o centro de pé, professoras (es), técnicas (os) e prestadoras (es) de serviço, que nos proporcionam uma convivência enriquecedora nas atividades acadêmicas. Agradeço em especial aos professores Diego Lindoso e Frédéric Mertens que possibilitaram minha participação na disciplina/vivência no Tapajós, a qual me alargou enormemente o olhar.

Agradeço a todos os entrevistados que participaram deste trabalho, representantes de instituições governamentais e de organizações da sociedade civil, que ofereceram seu tempo e disposição para me conceder informações fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa. Agradeço em especial à professora Maria Amélia Enríquez, por seu trabalho de toda a vida que me serviu de inspiração, e pela conversa generosa, que me guiou o caminho.

Acredito que tive uma imensa sorte de conviver com o professor Alexandre Strapasson, e mais ainda de ter podido contar com sua orientação nesse processo de pesquisa. Agradeço pelas longas conversas que passavam por tantos temas além da pesquisa, mas que sempre me revigoravam a vontade de saber, de aprender. Agradeço também os momentos de orientação focada, os questionamentos e os comentários construtivos, que retiraram muitas pedras do caminho.

Agradeço, por fim, à Carol, que sempre me ajudou a acreditar que seria possível, que ouviu relatos, leu versões do trabalho, opinou mesmo sem saber, suportou debates, inquietações e ansiedades infinitas. Sem Carol, nada teria sido de fato possível.

“Vou lhe falar. Lhe falo do sertão. Do que não sei. Um grande sertão! Não sei. Ninguém ainda não sabe. Só umas raríssimas pessoas — e só essas poucas veredas, veredazinhas. O que muito lhe agradeço é a sua fineza de atenção.”

Trecho de “Grande Sertão: Veredas”,
João Guimarães Rosa, 1956.

RESUMO

O lítio é considerado um mineral essencial para a transição energética, em razão principalmente do seu uso para a fabricação de baterias de íon-lítio, as quais desempenham um importante papel no processo de eletrificação de automóveis e no armazenamento de energias renováveis intermitentes. Nesse contexto, o presente trabalho analisa a estratégia política de exploração do lítio no Brasil, com o intuito de propor diretrizes que possam promover uma exploração sustentável do minério no país, considerando os aprendizados obtidos na análise das experiências da Bolívia, Chile e Argentina na gestão de seus recursos de lítio. De modo a embasar tal reflexão a respeito das estratégias de gestão do lítio, é desenvolvida uma análise sobre o papel do lítio na transição energética, seus benefícios e impactos socioambientais, e como a exploração do lítio se relaciona com o conceito de neoextrativismo. A investigação é feita a partir de análise documental e revisão da literatura, complementada por entrevistas semiestruturadas que agregam as perspectivas de atores relevantes na atividade de exploração do lítio no Brasil. A pesquisa identificou a ausência de uma política nacional para minerais críticos no Brasil, a replicação de dinâmicas neoextrativistas que limitam a agregação de valor na cadeia produtiva do lítio e desafios significativos na mitigação de seus impactos socioambientais. Esses resultados embasam as propostas de diretrizes políticas apresentadas, que se referem à modernização do marco regulatório, aumento da coordenação na atuação estatal sobre o tema, e fortalecimento das atividades de fiscalização e garantia de direitos de comunidades afetadas pela exploração do lítio.

Palavras-chave: Lítio, políticas públicas, transição energética, justiça socioambiental, neoextrativismo, minerais críticos.

ABSTRACT

Lithium is considered an essential mineral for the energy transition, primarily due to its use in the production of lithium-ion batteries, which play a crucial role in the electrification of automobiles and the storage of intermittent renewable energy. In this context, this study analyses Brazil's national lithium exploration strategy, aiming to propose policy guidelines for the sustainable management of the mineral in the country, considering the lessons learned from analysing the experiences of Bolivia, Chile and Argentina. To support this reflection on lithium management strategies, an analysis is developed on the role of lithium in the energy transition, its socio-environmental advantages and disadvantages, and how lithium exploration relates to the concept of neoextractivism. The research is conducted through document analysis and literature review, complemented by semi-structured interviews that add the perspectives of relevant actors in the lithium exploration activity in Brazil. The research identified the absence of a national policy for critical minerals in Brazil, the replication of neoextractivist dynamics that limit value aggregation in the lithium production chain, and significant challenges in mitigating its socio-environmental impacts. These results underpin the proposed policy guidelines, which refer to the modernization of the regulatory framework, increased coordination in state action on the issue, and the strengthening of surveillance activities and guarantee of rights for communities affected by lithium exploration.

Keywords: Lithium, public policies, energy transition, environmental justice, neoextractivism, critical minerals.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Produtos do lítio.....	42
Figura 2: Recursos de lítio em kt.....	44
Figura 3: Reservas de lítio em kt.....	45
Figura 4: Projeção da demanda mundial por lítio em kt.	49
Figura 5: Cinco maiores produtores de lítio no mundo, em 2023, em kt.	50
Figura 6: Minerais críticos utilizados na produção de veículos, em kg por veículo, em média, no mundo.	58
Figura 7: Mapa dos Salares de Uyuni e Coipasa	73
Figura 8:Salares da região norte do Chile.	85
Figura 9: Exploração de lítio no Salar de Atacama.	90
Figura 10: Principais salares da região noroeste da Argentina.....	94
Figura 11: Principais áreas com ocorrência de minerais de lítio no Brasil.	105
Figura 12: Municípios do Vale do Jequitinhonha.	118
Figura 13: Pilha de rejeitos de lítio próximo à comunidade Piauí Poço Dantas.	121
Figura 14: Pilha de rejeitos da mineradora Sigma Lithium.....	122

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais minerais nos quais se encontra o lítio.....	39
Quadro 2: Síntese dos impactos socioambientais da exploração de lítio.	69
Quadro 3: Síntese das sugestões de aprimoramento da estratégia política de exploração do lítio no Brasil	128
Quadro 4: Síntese dos tipos de atuação estatal nas estratégias nacionais de exploração do lítio.....	129

ABREVIATURAS E SIGLAS

- ACV - Análises de Ciclo de Vida
- ANM - Agência Nacional de Mineração
- APA - Área de Proteção Ambiental
- AR6 - Sexto Relatório de Avaliação
- BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento
- CBL - Companhia Brasileira de Lítio
- CEOL - Contratos Especiais de Operações de Lítio
- CETEM - Centro de Tecnologia Mineral
- CFEM - Contribuição Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais
- CNEA - Comissão Nacional de Energia Atômica
- CNDI - Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial
- CODELCO - Corporación del Cobre
- COMIBOL - Corporación Minera de Bolivia
- COMCIPO - Comité Cívico Potosinista
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CONICET - Conselho Nacional de Investigações Científicas e Técnicas
- CORFO - Corporación de Fomento de la Producción
- DNRE - Dirección Nacional de Recursos Evaporíticos
- EBRE - Empresa Boliviana de Recursos Evaporíticos
- EIA - Estudos de impacto ambiental
- ENAMI - Empresa Nacional de Minería
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética
- FMC - Foote Mineral Company
- FPMin - Frente Parlamentar da Mineração Sustentável
- GEE - Gases de Efeito Estufa
- GNRE - Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos
- IEA - International Energy Agency
- IDHM - Índices de Desenvolvimento Humano Municipal

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima
IRENA - International Renewable Energy Agency
JEMSE - Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado
LCE - Lithium Carbonate Equivalent
LITHCO - Lithium Corporation of America
MAB - Movimento dos Atingidos por Barragens
MAM - Movimento pela Soberania Popular na Mineração
MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MDIC - Ministério do Desenvolvimento da Indústria, Comércio e Serviços
MME - Ministério de Minas e Energia
MRE - Ministério das Relações Exteriores
NIB - Nova Indústria Brasil
OC - Observatório do Clima
ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OIT - Organização Internacional do Trabalho
ONU – Organização das Nações Unidas
ORSTOM - Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
PIB - Produto Interno Bruto
PNM - Plano Nacional de Mineração
SENAI - Serviço Nacional da Indústria
SGB - Serviço Geológico Brasileiro
SIGMINE - Sistema de Informações Geográficas da Mineração
SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente
SQM - Sociedad Química y Minera de Chile
UMSA - Universidad Mayor de San Andrés
USGS - U.S. Geological Survey
YLB - Yacimientos de Litio Bolivianos
YTEC - YPF Tecnología

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. JUSTIFICATIVAS	19
1.2. QUESTÕES DE PESQUISA.....	20
1.3. OBJETIVOS	21
1.4. METODOLOGIA	22
1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	24
2. BASES EPISTEMOLÓGICAS SOBRE SUSTENTABILIDADE, DESENVOLVIMENTO E NEOEXTRATIVISMO.....	27
2.1. SUSTENTABILIDADE.....	28
2.2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	31
2.3. NEOEXTRATIVISMO.....	33
3. FUNDAMENTOS E TENDÊNCIAS DA EXPLORAÇÃO DO LÍTIO.....	39
3.1. CARACTERIZAÇÃO DO LÍTIO.....	39
3.2. PEGMATITOS E EVAPORITOS.....	40
3.3. PRODUTOS DE LÍTIO	41
3.4. RESERVAS DE LÍTIO.....	42
3.5. BREVE HISTÓRIA DO LÍTIO NO BRASIL	46
3.6. MERCADOS E TENDÊNCIAS.....	48
4. O PAPEL DO LÍTIO NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS	53
4.1. PAPEL DO LÍTIO NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E OS BENEFÍCIOS DE SUA EXPLORAÇÃO	53
4.2. IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS	62
4.2.1. <i>Principais impactos socioambientais da exploração do lítio em salmouras</i>	64
4.2.2. <i>Impactos socioambientais da exploração do lítio em pegmatitos</i>	66
5. ANÁLISE DA ESTRATÉGIA DE EXPLORAÇÃO DO LÍTIO NA BOLÍVIA, CHILE E ARGENTINA	70
5.1. A EXPLORAÇÃO DO LÍTIO NA BOLÍVIA	70
5.1.1. <i>A estratégia política de exploração do lítio na Bolívia</i>	76
5.2. A EXPLORAÇÃO DO LÍTIO NO CHILE	82
5.2.1. <i>A estratégia política de exploração do lítio no Chile</i>	86
5.3. A EXPLORAÇÃO DO LÍTIO NA ARGENTINA.....	92

5.3.1. <i>A estratégia política de exploração do lítio na Argentina</i>	96
6. A EXPLORAÇÃO DO LÍTIO NO BRASIL.....	100
6.1. MARCO POLÍTICO LEGAL E ESTRUTURA ESTATAL BUROCRÁTICA RELACIONADAS À EXPLORAÇÃO DO LÍTIO NO BRASIL	100
6.2. A ATUAL PRODUÇÃO DE LÍTIO NO BRASIL.....	104
6.3. A ESTRATÉGIA POLÍTICA DE EXPLORAÇÃO DO LÍTIO NO BRASIL	108
6.4. IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA EXPLORAÇÃO DO LÍTIO NO BRASIL	117
6.5. SUGESTÕES DE APRIMORAMENTO DA ESTRATÉGIA POLÍTICA DE EXPLORAÇÃO DO LÍTIO NO BRASIL – CAMINHOS PARA A SUSTENTABILIDADE	124
6.6. TIPOS DE ATUAÇÃO ESTATAL E ESTRATÉGIAS NACIONAIS DE EXPLORAÇÃO DO LÍTIO – CAMINHOS POSSÍVEIS	129
7. CONCLUSÃO.....	130
REFERÊNCIAS	132
APÊNDICES.....	140

1. Introdução

O aquecimento global é um dos maiores desafios enfrentados pela sociedade contemporânea e já tem demonstrado suas consequências com o aumento da ocorrência de eventos climáticos extremos. Apesar de tal fato ainda ser questionado por setores pontuais da sociedade, a ciência climática acumula evidências de que está em curso uma transformação significativa do clima planetário e de que essa transformação é proveniente da ação antrópica.

O último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2023) aponta que as ações políticas de mitigação das mudanças climáticas têm aumentado em vários países, no entanto, de uma maneira geral, elas ainda se mostram insuficientes para o alcance das metas estabelecidas no Acordo de Paris da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCC). Mesmo não sendo inteiramente cumprido pelos países signatários, o Acordo de Paris é o principal tratado mundial em vigência, que tem por objetivo estimular a atuação dos países membros no equacionamento de problemas relacionados ao aquecimento global. O Acordo apresenta diversas metas relacionadas às mudanças climáticas, sendo uma das principais a meta de manter o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais, com esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C.

Dentre as inúmeras fontes causadoras do aquecimento global, destaca-se o setor de transportes como um dos principais responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa (GEE) no mundo. Somente no Brasil, o setor emitiu 217 Mt de CO₂ equivalente em 2023, superando a maioria dos outros setores econômicos em emissão do GEE, com exceção apenas do setor agropecuário e atividades relacionadas à mudança de uso do solo, que são responsáveis pela maior parte das emissões no país (EPE, 2024). Diante desse cenário, diversos países têm apresentado políticas robustas de transição energética para veículos movidos a combustíveis fósseis, em especial os veículos leves de transporte de passageiros, o que tende a estimular significativamente a demanda por baterias de íon-lítio para a produção desses veículos. Isso porque, entre outros fatores, tais baterias apresentam melhor custo-benefício na relação peso/capacidade de armazenamento de energia, se comparadas com outras tecnologias disponíveis e comercialmente viáveis.

Embora a maior demanda prevista para o uso das baterias de íon-lítio seja na fabricação de veículos elétricos, elas também podem desempenhar um papel importante

no armazenamento de energias renováveis intermitentes, como a eólica e fotovoltaica, além do seu já consistente emprego na indústria de fabricação de equipamentos eletrônicos portáteis. Segundo a *International Energy Agency* (IEA, 2023), a demanda mundial por lítio triplicou entre os anos de 2017 e 2022, e a projeção para 2050 é de que a demanda aumente de 69,8 kt (mil toneladas) para 1.039,5 kt, apenas para o uso na fabricação de veículos elétricos. As informações a respeito do consumo de lítio atual e suas projeções futuras serão mais bem detalhadas ao longo da dissertação.

Dessa forma, a exploração do lítio tende a se intensificar em todo o mundo e no Brasil, uma vez que o país possui grandes reservas exploráveis do minério em seu território. Nesse contexto, mostra-se relevante estudar de que maneira tem ocorrido essa exploração do minério, com o intuito de melhor compreender as oportunidades e desafios que tal atividade pode representar para o país.

Trata-se inicialmente de um caminho para a construção de autonomia nacional na produção de um recurso essencial para a transição energética, que ao mesmo tempo pode gerar desenvolvimento socioeconômico e tecnológico para o país. Por outro lado, tal caminho pode não se concretizar, caso não haja um comprometimento entre os atores envolvidos com a exploração do lítio de maneira sustentável. É possível que se repliquem antigas dinâmicas extrativistas, nas quais recursos minerários são explorados sem a geração de valor agregado aos produtos e desenvolvimento às regiões produtoras, e ainda deixando um rastro de destruição socioambiental nos locais de mineração.

A história da mineração no Brasil apresenta inúmeros exemplos de desastres relacionados à mineração de larga escala, que evidenciam como a atividade exploratória pode gerar prejuízos socioambientais, se não houver a regulação adequada e o compromisso das empresas mineradoras com processos seguros e sustentáveis, assim como uma atuação mais eficiente do poder público. É emblemático o exemplo dos casos de rompimento das barragens de rejeitos de minério de ferro da empresa Samarco, em Mariana-MG em 2015, e da empresa Vale S.A., em Brumadinho-MG em 2019, assim como o colapso das minas de sal-gema exploradas pela mineradora Braskem em Maceió-AL, que teve início em 2018. Foram desastres de grandes proporções, que poderiam ter sido evitados, mas que acabaram afetando a vida de milhares de pessoas e causaram danos irreparáveis aos ecossistemas relacionados às regiões de mineração (Acselrad, 2022; Alonso, 2022; Paim; Furtado, 2024; Angelo, 2024).

Nesse contexto, esta pesquisa considera a ideia de sustentabilidade como um valor abrangente, que caracteriza as atividades capazes de garantir a manutenção das diversas

formas de vida que habitam a terra e que contenham um caráter de justiça social na utilização humana dos recursos limitados existentes no planeta, além do aspecto de viabilidade econômica, indispensável às atividades produtivas humanas no sistema capitalista vigente. Conforme apontado por Veiga (2019), a sustentabilidade pode ser entendida como um valor que deveria ser integrado às políticas públicas, práticas empresariais e escolhas individuais, que teria o papel de orientar a ação humana em um sentido de maior equilíbrio com as dinâmicas da natureza. O debate a respeito dos conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável é amplo, e bastante relevante para o presente trabalho, de modo que será discutido em maior profundidade ao longo da dissertação.

A exploração do lítio no Brasil, por outro lado, representa uma atividade com inegável potencial de gerar externalidades socioambientais positivas, na medida em que contribui com a produção de insumos essenciais para a implementação a curto prazo de uma estratégia de descarbonização das frotas de veículos leves, por meio da eletrificação. No entanto, tais aspectos positivos da atividade são acompanhados de inúmeras outras externalidades, muitas vezes não tão positivas, como os severos impactos socioambientais gerados pela extração mineral na região mineradora ou as injustiças distributivas que podem decorrer da participação do país como provedor apenas de insumos na cadeia global de valor relacionada ao lítio.

Esta pesquisa se propõe a discutir de forma crítica tais aspectos positivos e negativos da exploração do lítio no Brasil, a partir da reflexão a respeito do papel do lítio na transição energética e de como os impactos socioambientais negativos de sua exploração poderiam ser mitigados. É importante ressaltar que a exploração do lítio a que se refere este trabalho não se restringe à atividade mineradora em sentido estrito, mas sim à sua cadeia produtiva analisada de forma ampla, a qual é integrada globalmente, dependente de alta tecnologia, e envolve desde a extração mineral, seu refino, até a fabricação e comercialização de baterias de íon-lítio.

Como se observa, trata-se de uma questão complexa, que exige um olhar ampliado sobre os diversos processos, atores e atividades que a envolve para que possa ser adequadamente analisada. Por essa razão, a proposta desta pesquisa é a elaboração de uma análise estratégica da exploração do lítio no Brasil, capaz de agregar os diferentes interesses e perspectivas dos envolvidos, de modo que se possa construir uma visão integrada das diretrizes políticas que poderiam promover a exploração sustentável do lítio e o desenvolvimento socioambiental do país.

Apesar de se tratar de uma questão desafiadora a ser enfrentada pelo Estado e pela sociedade brasileira, as dificuldades em se promover a sustentabilidade na exploração do lítio não são exclusivas do nosso país. Países vizinhos da América do Sul, possuem reservas identificadas significativamente maiores de lítio em seus territórios e desafios muitas vezes similares aos brasileiros, mesmo que em escalas e contextos diferentes. Dessa forma, esta pesquisa se propõe também a analisar a estratégia de exploração do lítio na Bolívia, no Chile e na Argentina, com o intuito de aprender com suas experiências políticas no endereçamento do tema e identificar possíveis sinergias na atuação política dos países com o Brasil.

A escolha dos três países citados para serem analisados na pesquisa se justifica em grande medida pelo papel de relevância que representam na exploração do lítio não só na região da América do Sul, como em todo o mundo. A Bolívia e Argentina possuem em seus territórios os maiores volumes de recursos de lítio do mundo, que podem chegar a 23 e 22 milhões de toneladas, respectivamente (USGS, 2024). Já o Chile, embora não possua volumes de recursos tão grandes, é um dos maiores produtores de lítio do mundo atualmente, tendo sido o segundo maior produtor mundial em 2023, com a produção de 44 mil toneladas de carbonato de lítio equivalente (USGS, 2024), além de possuir uma vasta experiência no setor mineral, inclusive em outros minerais estratégicos à transição energética, como o Cobre. Pela abundância de lítio existente em tais países, os modelos e estratégias de exploração do minério são questões fundamentais para a gestão pública dos estados, e permanecem em constante debate em suas agendas públicas. Dessa forma, entende-se que muito pode ser aprendido com as experiências práticas desses países na gestão do lítio em seus territórios.

Outro fator determinante para a seleção desse escopo de análise internacional é o fato de fazerem parte do mesmo contexto político regional que o Brasil, o que faz com que os países apresentem proximidades físicas, políticas e culturais, que podem não apenas contribuir para análise da realidade brasileira, como também facilitar a identificação de oportunidades de cooperação política entre as nações, no que diz respeito ao tema da exploração do lítio. Ademais, os países já possuem um histórico de relações bilaterais com o Brasil sobre diversos temas da agenda política, além de serem membros do MERCOSUL e atuarem conjuntamente em outras pautas da agenda multilateral.

1.1. Justificativas

O aumento da exploração do minério em todo o mundo poderá provocar transformações intensas nos mercados, nas cadeias de valor e estruturas políticas relacionadas aos processos de transição energética. Igualmente, há uma tendência natural de que os impactos socioambientais nas regiões produtoras de lítio aumentem, em decorrência do aumento da produção do minério. Dessa forma, observa-se a necessidade de realização de estudos e reflexões críticas sobre o tema, para se alcançar uma melhor compreensão de como tem ocorrido a exploração do lítio no atual contexto de transição energética e como a perspectiva da sustentabilidade pode contribuir para se evitar a replicação de modelos predatórios de mineração na exploração do lítio no Brasil.

A exploração do lítio no contexto da transição energética em curso é um tema que tem sido bastante discutido na esfera acadêmica, nos setores corporativos privados e no âmbito estatal, em razão da importância do tema para a sociedade contemporânea. No entanto, esse debate costuma se dar de maneira parcial e setorializada, uma vez que a maior parte dos estudos existentes sobre o tema aborda questões específicas da cadeia de valor do lítio, como técnicas de extração mineral, análises de mercado e de preços do lítio, tecnologias de fabricação e reciclagem de baterias, entre outros, sem apresentar uma reflexão mais sistêmica, a respeito de como todos esses temas se interconectam, em especial suas correlações com os impactos socioambientais que acarretam. Igualmente, ainda são escassos os estudos que se propõem a construir uma análise crítica, com ênfase em aspectos socioambientais, sobre como tem sido realizada a exploração do lítio no Brasil e suas perspectivas para o futuro. São poucos os estudos que analisam se o modelo de exploração do lítio no Brasil é replicador de desigualdades socioambientais, geopolíticas e econômicas, e se existem alternativas capazes de promover relações mais sustentáveis nos processos produtivos do setor. São essas lacunas de conhecimento que este trabalho se propõe a explorar, de modo a contribuir com o debate acadêmico e político sobre o tema.

O trabalho dos autores Agusdinata *et al.* (2018) nos apresenta informações relevantes a respeito da produção acadêmica sobre o assunto. O autor coordenou uma pesquisa de revisão sistemática da literatura sobre os impactos socioambientais da extração mineral do lítio no mundo. Dois achados específicos se destacam na pesquisa, o primeiro deles é que a grande maioria das publicações encontradas sobre o tema desde

1974 foram elaboradas por autores originários de países apenas consumidores de lítio, ou consumidores e produtores. Somente 2% das publicações encontradas são de autores originários de países majoritariamente produtores do minério, como o Brasil. O segundo achado diz respeito a uma escassez observada nas publicações que tratam dos impactos da atividade minerária nas comunidades próximas à mineração. Segundo os autores, existe um número muito maior de estudos que analisam os impactos das tecnologias das baterias nos mercados e sistemas produtivos, do que dos impactos socioambientais da atividade de mineração.

Ao considerarmos que as propostas de transição energética apresentadas têm como objetivo primordial a contenção do aquecimento global e a obtenção de justiça climática, torna-se imperativo analisar os impactos socioambientais que os novos modelos energéticos podem acarretar, de modo a evitar que tais impactos repliquem injustiças na exploração de recursos naturais e provoquem prejuízos socioambientais ainda piores nas comunidades mais diretamente afetadas pelos novos modelos de produção energética. Por essa razão que o estudo dos impactos socioambientais decorrentes da mineração do lítio se constitui um ponto de destaque na análise estratégica da exploração do minério no Brasil, a que se propõe este trabalho.

Há, ainda, uma outra lacuna de conhecimento observada na literatura sobre a exploração do lítio no Brasil, que diz respeito à análise das interrelações entre as estratégias de gestão da exploração do minério no Brasil com as estratégias realizadas em outros países da América do Sul. Entende-se que tal questão é fundamental para a compreensão das oportunidades de aprimoramento da estratégia política nacional sobre o lítio, em razão da identificação de práticas políticas bem-sucedidas em outros países e de possibilidades de cooperação política entre os países, no âmbito de sua exploração. Por essa razão, este trabalho se propõe a analisar tais questões, de maneira a contribuir para a construção de conhecimento sobre o tema.

1.2. Questões de pesquisa

Os objetivos elencados acima pretendem responder à seguinte questão de pesquisa: Quais diretrizes políticas seriam necessárias para se construir uma estratégia de exploração sustentável do lítio no Brasil?

No intuito de responder a essa questão central, questionamentos secundários se mostram fundamentais, o primeiro deles seria: quais seriam os principais benefícios e impactos socioambientais observados na exploração do lítio no Brasil e especialmente na América do Sul? A partir das respostas encontradas à essa pergunta, uma segunda questão se apresenta: como os países analisados tratam tais questões em suas estratégias nacionais de exploração do lítio? Uma terceira pergunta dá seguimento à análise: o que a experiência política com a gestão do lítio na Bolívia, no Chile e na Argentina poderia agregar em conhecimento para a análise do caso brasileiro, tendo em vista os êxitos e desafios enfrentados pelos países na gestão de seus recursos?

Acredita-se que ao encontrar respostas a esses questionamentos e a partir da análise realizada ao longo da pesquisa, as conclusões do estudo permitirão apontar sugestões de aprimoramento das políticas que tratam da estratégia de exploração do lítio no Brasil.

1.3. Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é “discutir diretrizes políticas estratégicas para a exploração sustentável de lítio no Brasil, à luz da experiência nacional e internacional”. Pretende-se realizar uma análise que envolva não apenas questões relativas à estruturação do mercado de lítio, mas também variáveis socioambientais implicadas na atividade econômica. Ao associar em uma mesma análise as perspectivas de atores com interesses inicialmente conflitantes, como por exemplo empresas mineradoras e comunidades afetadas pela mineração, espera-se identificar caminhos para uma atuação mais eficaz do poder público, que promova a sustentabilidade nos processos de exploração do lítio nacional.

De modo a alcançar o objetivo geral, quatro objetivos específicos servirão de suporte à análise:

- Compreender as relações entre desenvolvimento, extrativismo e sustentabilidade, e em que medida o conceito de neoextrativismo poderia se aplicar aos processos atuais de exploração do lítio.
- Analisar o papel do lítio na transição energética, tendo em vista os benefícios de descarbonização que sua utilização na eletrificação dos veículos pode

proporcionar, assim como os impactos socioambientais que sua exploração pode provocar nas regiões produtoras do minério.

- Analisar as experiências de gestão do lítio na Bolívia, Chile e Argentina, identificando práticas políticas exitosas e desafios enfrentados na promoção da exploração sustentável do minério nesses países.
- Analisar a estratégia de exploração do lítio no Brasil e, considerando a experiência dos outros países estudados, identificar diretrizes políticas que poderiam promover a exploração sustentável do minério no país.

1.4. Metodologia

A pesquisa necessária para a elaboração desta dissertação foi feita por meio da agregação de processos de coleta e análise de dados secundários, e informações primárias obtidas por meio de entrevistas semiestruturadas. Contou-se também com o suporte da revisão narrativa da literatura, que possibilitou acesso a um arcabouço teórico necessário ao embasamento das discussões a respeito dos princípios e conceitos de sustentabilidade e justiça socioambiental, que permeiam todo o trabalho. Todos esses processos metodológicos serão detalhados a seguir.

Inicialmente, foi realizada uma análise documental do marco político legal relacionado à exploração do lítio no Brasil, Bolívia, Chile e Argentina. Tal processo foi utilizado para reunir informações de diversas fontes oficiais dos Governos, por meio das quais foi possível construir um quadro geral sobre a dinâmica de exploração do lítio nos países estudados. Leis, decretos regulamentadores, instruções normativas, resoluções e relatórios são alguns dos documentos oficiais dos Governos nacionais analisados para compreender as políticas públicas já implementadas que tratam do tema em cada nação.

A legislação de cada país foi buscada nos sistemas oficiais dos Governos que disponibilizam seus atos normativos publicados, como o “Portal da Legislação” mantido pelo Governo Federal do Brasil. Cumpre ressaltar que os Governos da Bolívia, Chile e Argentina possuem sistemas semelhantes. As informações a respeito da política de cooperação internacional entre os países, em especial acordos internacionais firmados sobre o tema, foram pesquisadas no sistema “Concordia”¹, que se trata de um acervo

¹ O Sistema Concordia pode ser acessado por meio do link: <https://concordia.itamaraty.gov.br/>

digital de atos internacionais do Brasil, mantido pelo Ministério das Relações Exteriores do Governo Brasileiro.

Foram também analisados relatórios e estudos de organismos internacionais, instituições de pesquisa independentes e governamentais reconhecidas em suas áreas de atuação, com o intuito de reunir informações sobre as cadeias produtivas do lítio; o mercado nacional e internacional do minério; e os impactos socioambientais de sua exploração econômica. As principais bases de dados sobre as reservas e o mercado de lítio utilizadas em tais análises foram provenientes dos relatórios periódicos e estudos realizados pela *International Energy Agency* (IEA), o *U.S. Geological Survey* (USGS), e a *International Renewable Energy Agency* (IRENA), por serem referência em publicação de dados mundiais a respeito do mercado de minerais críticos em geral, entre eles o lítio.

A revisão de literatura foi feita a partir de buscas por artigos científicos realizadas nas plataformas *Web of Science* e *Google Acadêmico*, e nos repositórios públicos de trabalhos acadêmicos de universidades brasileiras, chilenas, argentinas e bolivianas. A busca por artigos considerou apenas trabalhos publicados no período de 2010 a 2025, exceto alguns artigos específicos publicados em data anterior a esse período que foram também considerados em razão de sua relevância para a questão discutida. Ademais, foram acrescidas à pesquisa publicações mais extensas, como livros de autores já consagrados no debate acadêmico e político a respeito do tema.

Com o intuito de complementar a pesquisa realizada em documentos formais, foram feitas entrevistas semiestruturadas com atores relevantes na área, tanto na esfera governamental como na sociedade civil. A realização das entrevistas teve como objetivo captar informações dos atores envolvidos na exploração do lítio, que não estão completamente evidentes nos documentos formais ou no debate político público.

As autoridades políticas, em sua maioria, apresentam posicionamentos mais explícitos na mídia ou em documentos oficiais de Governo, o que facilita a obtenção de informações sobre o papel que representam no sistema de exploração do lítio. Representantes da sociedade civil e das comunidades diretamente afetadas pela mineração, geralmente não manifestam tanta exposição pública, de tal forma que as entrevistas serão de grande valia para a obtenção de informações a respeito de suas perspectivas e posicionamentos sobre o tema da exploração do lítio.

É importante ressaltar que as informações coletadas por meio das entrevistas apresentam caráter assessorio e complementar às outras fontes de informação utilizadas na presente pesquisa, de modo a preencher lacunas de informações não encontradas nos

demais processos metodológicos. Dessa forma, não se trata de uma análise amostral estatística da perspectiva dos atores envolvidos na exploração do lítio, tampouco uma representação exaustiva de suas percepções sobre o tema.

Foram entrevistadas 12 pessoas, entre representantes de órgãos de governo, organizações da sociedade civil e da academia, que apresentam perspectivas relevantes para a compreensão da exploração do lítio no Brasil. As entrevistas foram feitas a partir de questionários pré-estruturados, que se encontram no Apêndice B. Algumas entrevistas foram realizadas por meio de formulários escritos preenchidos de forma remota pelo entrevistado, outras foram realizadas por meio de videoconferências, com a presença da pesquisadora. Em tais entrevistas por videoconferência, além das perguntas estabelecidas nos questionários, foram discutidos outros assuntos pertinentes ao entrevistado e ao tema de exploração de lítio. A lista completa dos entrevistados se encontra no Apêndice C, sem o registro dos nomes dos participantes de modo a resguardar a anonimidade da participação na pesquisa.

O material coletado nas entrevistas foi analisado a partir de técnicas de análise de conteúdo, que consistiram na análise, categorização e interpretação das respostas (Creswell, 2010). Primeiro foram identificados os principais assuntos tratados pelos entrevistados, em seguida foi realizada uma interpretação de seus posicionamentos e, por fim, foi feita uma análise do relacionamento entre os conteúdos dos assuntos tratados pelos entrevistados e as questões trabalhadas na pesquisa. Observa-se assim que os resultados da análise das entrevistas se encontram distribuídos ao longo da dissertação, nas seções que dizem respeito aos assuntos tratados pelos entrevistados, não havendo uma seção específica no texto para apresentação dos resultados das entrevistas.

1.5. Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em seis partes, que seguem um encadeamento lógico de temas que foram investigados e analisados, de modo a se alcançar uma posterior conclusão a respeito das possibilidades de construção de uma estratégia política de exploração sustentável do lítio no Brasil.

O presente capítulo apresenta uma introdução ao trabalho realizado, apresenta os aspectos iniciais do tema selecionado para pesquisa, as justificativas para o recorte

temático construído, os objetivos e questões de pesquisa, assim como a metodologia empregada na investigação empreendida.

No Capítulo 2 são apresentadas as bases epistemológicas que oferecem fundamentação teórica à dissertação, e introduzem as principais discussões teóricas orientadoras das análises realizadas durante a pesquisa. São discutidos os conceitos de sustentabilidade, desenvolvimento e neoextrativismo, e como esses conceitos se relacionam com o contexto atual de exploração do lítio. As discussões sobre neoextrativismo envolvem questionamentos sobre a justiça na repartição e uso de recursos naturais, assim como da socialização dos impactos socioambientais decorrentes, e podem ser úteis na análise política a respeito dos atores privilegiados nos modelos de exploração do lítio.

O Capítulo 3 apresenta o contexto atual e tendências futuras para a exploração do lítio no Brasil e no mundo, com informações relevantes sobre as características do minério e dos processos de extração mineral, as reservas existentes no mundo, as dinâmicas atuais do mercado de lítio e suas tendências projetadas para o futuro. Essa contextualização inicial se mostra importante para a compreensão do funcionamento do setor de mineração do lítio e de seu relacionamento com o mercado internacional de commodities minerais.

O Capítulo 4 está voltado para a discussão sobre o papel do lítio na transição energética e os limites da sustentabilidade em sua exploração. Parte-se do princípio de que nenhuma fonte de energia é completamente limpa ou sustentável, de tal forma que as escolhas de mudanças na matriz energética relacionadas à transição para fontes de baixo carbono sempre implicam uma análise de diversos *trade-offs* simultâneos, uma vez que todas as fontes alternativas de energia apresentam vantagens e desvantagens socioambientais. Nesse sentido, o objetivo deste capítulo do trabalho é refletir a respeito dos possíveis benefícios que o lítio pode proporcionar à transição energética, por meio da descarbonização de veículos, e sobre os impactos socioambientais negativos que sua exploração pode causar, sobretudo para as comunidades diretamente envolvidas na atividade mineradora.

O Capítulo 5 é dedicado à análise dos regimes extractivos e da produção de lítio na Bolívia, no Chile e na Argentina. São estudadas as principais políticas de regulação e de incentivo à atividade de exploração do lítio, assim como os principais atores envolvidos e os conflitos políticos decorrentes da atividade econômica nesses países. Nessa parte do trabalho, busca-se identificar práticas políticas que tenham o caráter de promover a exploração sustentável do minério e que apresentem conexão com o contexto brasileiro.

De maneira similar ao estudo realizado a respeito dos regimes extractivos de lítio da Bolívia, do Chile e da Argentina no Capítulo 5) é feita uma análise da estratégia de exploração do lítio no Brasil no Capítulo 6. São analisados o marco político legal que sustenta a exploração do lítio no Brasil e a atual estratégia política do Governo Brasileiro a respeito do tema. Por fim, são apresentadas sugestões de aprimoramento na estratégia política de exploração do lítio no Brasil, que possuem o intuito de promover a exploração sustentável do minério no país. Após esse capítulo, são apresentadas as Conclusões e Referências utilizadas na dissertação.

2. Bases epistemológicas sobre sustentabilidade, desenvolvimento e neoextrativismo

O presente capítulo tem por objetivo apresentar as principais discussões teóricas que orientam as análises realizadas durante a pesquisa. Ao analisar a exploração do lítio no atual contexto de transição energética e suas possíveis conexões com ideais de sustentabilidade, questionamentos a respeito do significado de alguns princípios e conceitos relacionados ao tema surgem naturalmente. O primeiro deles é o próprio conceito de sustentabilidade, que longe de ser um consenso, apresenta várias definições e diferentes usos no meio acadêmico.

Ao refletir a respeito dos possíveis benefícios da exploração do lítio no contexto contemporâneo, uma das respostas frequentemente oferecida é que a atividade mineradora poderia proporcionar desenvolvimento, sustentável ou não, para os locais em que a mineração é realizada. Surge então o questionamento a respeito do significado do conceito de desenvolvimento e de seus limites em conectar crescimento econômico com melhores condições de vida locais.

Outra questão fundamental para as análises de situações concretas realizadas neste trabalho diz respeito às discussões sobre os princípios de justiça relacionados à distribuição dos benefícios advindos da exploração do lítio. A cadeia produtiva do lítio conta com a participação de diversos atores no âmbito internacional e dentro das sociedades dos países envolvidos, que são afetados de maneira bastante desigual pela atividade produtiva. Nesse contexto, compreender melhor conceitos de extrativismo e neoextrativismo podem nos auxiliar na análise das relações de desigualdade inerentes à exploração do lítio no mundo atual.

As discussões teóricas apontadas são complexas e contam com um grande arcabouço de trabalhos e debates acadêmicos que buscam esclarecê-las. Dessa forma, não há intenção neste trabalho de esgotar a análise dos temas ou de produzir novas epistemologias a seu respeito. O intuito desta seção da dissertação é tão somente apresentar os pilares teóricos que foram utilizados para o aprofundamento das análises dos casos práticos realizados ao longo do trabalho.

2.1. Sustentabilidade

A conjuntura atual em que vive a sociedade contemporânea, com seus grandes desafios à humanidade, como o aquecimento global, a degradação ambiental e as inúmeras desigualdades e desequilíbrios socioambientais, tornou o conceito de sustentabilidade quase um imperativo no debate público, que permeia esferas que vão da formulação de políticas públicas às estratégias empresariais e às discussões na sociedade civil. Longe de ser um termo consensual, que promova a união junto a um objetivo comum, a sustentabilidade atualmente é um conceito em disputa. Carrega em si uma história complexa e uma variedade de interpretações que refletem diferentes visões de mundo, pautadas por prioridades divergentes.

O conceito de sustentabilidade existe há muitos séculos, ligado à ideia de uso controlado de recursos naturais, em respeito ao seu tempo de regeneração, com o intuito único de garantir a continuidade de sua exploração. A sustentabilidade como a compreendemos atualmente apresenta significados bem mais abrangentes e começou a ganhar destaque a partir do século XX, com a crescente conscientização dos limites do crescimento econômico e dos impactos ambientais da industrialização (Boff, 2012).

As reuniões organizadas pela ONU nos anos 1970 representaram um marco no debate sobre o tema, culminando com a publicação do Relatório Brundtland (Brundtland *et al.*, 1987). Tal relatório popularizou a definição de desenvolvimento sustentável como "aquele que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem a suas necessidades e aspirações". Portanto, trata-se de uma definição relativamente simples, com foco no aspecto intergeracional, embora tenha limitações de aplicação em um contexto mais científico de análise (por exemplo, ciclos biogeoquímicos, circularidade de processos e aumento de entropia). Essa definição encontrou grande repercussão naquele momento e influenciou significativamente a literatura sobre o tema (Acosta, 2016; Boff, 2012).

A partir do Relatório Brundtland, o conceito de sustentabilidade passou a ser utilizado em documentos oficiais, projetos empresariais e no discurso ambientalista. O modelo padrão de sustentabilidade muito referenciado até os dias atuais se baseia na ideia do tripé da viabilidade econômica, justiça social e preservação ambiental, também conhecido como *Triple Bottom Line* ou os três "pês" (*Profit, People, Planet*). Essa abordagem, embora apresente a vantagem de comunicar uma ideia de forma direta, e de

fácil compreensão, é muito criticada por não ser capaz de incorporar de maneira suficiente os elementos éticos e humanísticos que fazem parte do conceito (Boff, 2012).

No debate teórico, emerge a distinção entre sustentabilidade fraca e forte. A sustentabilidade fraca, influenciada pela economia neoclássica, postula a intercambiabilidade entre os diferentes tipos de capital: natural, humano e financeiro. Sob essa perspectiva, a perda de capital natural pode ser compensada pelo aumento de outras formas de capital, desde que o bem-estar geral não diminua. Nessa lógica, defende-se que a sustentabilidade se relaciona com a preservação da capacidade produtiva para o futuro, permitindo a substituição de recursos não renováveis por outros (Enriquez, 2007).

Em contraposição, a sustentabilidade forte argumenta que o capital natural, especialmente seus serviços ecossistêmicos essenciais, não é substituível. Essa visão enfatiza a irreversibilidade de certos danos ambientais e a necessidade de se manter o estoque de capital natural, assim como os modos de vida a ele inter-relacionados (Enriquez, 2007).

O trabalho apresentado nesta dissertação corrobora com a perspectiva de que recursos e formas de vida naturais são únicos e insubstituíveis, no entanto, admite também a impossibilidade de conservação absoluta dos capitais naturais no sistema capitalista moderno, em razão da enorme quantidade de recursos que os níveis de produção e consumo atual exigem, as propostas apresentadas nesta dissertação têm por princípio a busca da implementação da sustentabilidade forte, porém, dentro dos limites impostos pela viabilidade política e econômica do caso concreto.

Existem abordagens que tentam extrapolar essa dicotomia da sustentabilidade fraca e forte, e propor novas formas de organização social, mais alinhadas com a possibilidade de manter níveis de produção capazes de gerar bem-estar, e ao mesmo tempo conservar as formas de vida e recursos naturais. O conceito de ecodesenvolvimento, proposto por Ignacy Sachs, por exemplo, busca conciliar conservação e aproveitamento racional da natureza, enfatizando a justiça social, a eficiência econômica e a prudência ecológica (Sachs, 2009).

Sachs via o ecodesenvolvimento como um projeto de civilização que evoca um novo estilo de vida e um conjunto de valores e objetivos socialmente escolhidos. Ele defendia uma "revolução da suficiência" nos padrões de produção e consumo (Sachs, 2009). Para alcançar tais ideais elevados de sustentabilidade, no entanto, seriam necessárias profundas transformações não só na forma de organização da produção, da

vida social e política da sociedade, mas também nas estruturas de poder, que resistem à alteração de seu *status quo*.

Uma outra perspectiva sobre o conceito de sustentabilidade, que embasou muitas análises do presente trabalho foi a de Jose Eli da Veiga (2019). Para o autor, a defesa da sustentabilidade pode ser entendida como um processo de legitimação de um novo valor na sociedade, que deve abranger as diversas áreas do conhecimento e da prática. Embora o termo sustentabilidade tenha adquirido contornos vagos e suscetível a múltiplas interpretações, para Veiga, essa indefinição teórica não deveria servir de justificativa para a inação de empresas, sociedade civil e poder público. O autor argumenta que conceitos igualmente subjetivos como "preconceito" e "justiça" alcançaram consenso apesar de sua imprecisão conceitual, da mesma forma, a sustentabilidade emerge como um valor essencial para o futuro da humanidade (Veiga, 2019).

Para Veiga, a sustentabilidade implica reconhecer a responsabilidade pelas oportunidades e limites que condicionarão a vida das futuras gerações. Ele critica a visão puramente materialista de qualidade de vida, argumentando que a superação desse paradigma é crucial para mudanças significativas no uso dos recursos naturais. Veiga também se mostra crítico à inércia do Produto Interno Bruto (PIB) como principal indicador de desempenho. Ele propõe a adoção de indicadores que expressem a resiliência dos ecossistemas em índices não monetários relativos às emissões de carbono, biodiversidade e segurança hídrica, avaliados em conjunto com a renda familiar disponível e medidas de bem-estar (Veiga, 2019). Essa perspectiva contribui para o trabalho em especial na construção das recomendações de aprimoramento da estratégia política de exploração do lítio no Brasil.

Entende-se, portanto, que a sustentabilidade deveria ser um valor engendrado em todas as políticas públicas e diretrizes governamentais, não apenas naquelas voltadas aos temas ambientais. A expansão do entendimento sobre a sustentabilidade carrega em si a ideia de que o desenvolvimento vai além do crescimento econômico. Dessa forma, algumas medidas políticas deveriam ser tomadas para resguardar o bem-estar de vidas e ecossistemas, mesmo que em essência não estejam alinhadas com o ideal do crescimento.

2.2. Desenvolvimento sustentável

O conceito de desenvolvimento sustentável, assim como o de sustentabilidade, tem uma origem antiga e uma história marcada pela disputa política sobre seus usos e sentidos, que acabou por polemizar e diminuir a eficácia de seu significado simbólico. Na sociedade contemporânea, em que progressivamente se observa uma maior exigência pela responsabilidade socioambiental dos indivíduos e organizações, é comum encontrar atores sociais que buscam legitimar suas práticas e ideais a partir de versões distorcidas desses conceitos.

No entanto, tais categorias de análise ainda nos são úteis para discutirmos temas complexos, que permanecem sem solução diante das múltiplas e insistentes desigualdades geradas pelo sistema capitalista em que vivemos. Como, por exemplo, as conflituosas relações entre produtividade e melhoria da qualidade de vida humana e não-humana.

O termo desenvolvimento começou a ser largamente utilizado no contexto de reconstrução econômica do pós-Segunda Guerra Mundial e estava fortemente associado à ideia de crescimento econômico e à difusão do modelo de sociedade industrializado. No entanto, essa visão hegemônica de desenvolvimento como crescimento econômico, frequentemente medido pelo PIB, começou a ser questionada por diversos autores, que viam os inúmeros obstáculos para a concretização da utopia do crescimento ilimitado (Acosta, 2016).

A América Latina teve um papel importante na contestação do conceito tradicional de desenvolvimento, com o estruturalismo e as teorias da dependência, construídas a partir dos anos 1950, em grande parte no âmbito da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) (Milanez, 2021a). Em termos gerais, tais perspectivas expunham as desigualdades do comércio internacional e a dificuldade de países periféricos alcançarem o nível de produtividade de países centrais, uma vez que a subordinação dos países periféricos nas cadeias mundiais de valor eram simultaneamente a consequência e o meio de sustentação da alta produtividade dos países centrais.

Conforme já comentado, o conceito de desenvolvimento sustentável se consolidou com a publicação do Relatório Brundtland em 1987 e o movimento de despertar ambiental da década de 1970. Embora apresente diversas interpretações, o conceito pode ser entendido como o resultado de uma tentativa de agregar outros aspectos e valores à ideia tradicional de crescimento econômico, como justiça geracional, bem-estar sociocultural,

resiliência dos ecossistemas e direitos ao território. Com o passar do tempo, algumas iniciativas internacionais se aprofundaram no estabelecimento de valores, princípios e objetivos relacionados ao desenvolvimento sustentável. Uma delas foi a publicação da Carta da Terra em 2000, que se trata de uma declaração internacional de princípios éticos fundamentais para a construção de uma sociedade global justa, sustentável e pacífica no século XXI (Earth Charter Commission, 2000). Outra iniciativa que marcou o conceito de desenvolvimento sustentável foi a publicação pela Organização das Nações Unidas (ONU) da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, em 2015. A Agenda 2030 apresenta um plano de ação global para o planeta, visando a erradicação da pobreza extrema e o fortalecimento da paz universal, detalha 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, construídos sobre o legado dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e propõe uma parceria global revitalizada entre governos, setor privado e sociedade civil para a implementação (ONU, 2015). O tema do lítio, por exemplo, dialoga diretamente com a transição energética (ODS 7 – Energia Limpa e Acessível) e mudança do clima (ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima), entre outros objetivos.

No presente trabalho, esse debate teórico se mostra inevitável ao refletirmos sobre os efeitos negativos e positivos da mineração. A mineração é em essência uma atividade extrativa que altera intensamente o ambiente natural, de maneira irreversível no curto prazo. Por essa razão acarreta impactos socioambientais significativos, sendo a maioria deles inevitáveis (como a alteração da paisagem), embora muitos sejam mitigáveis. Diante de uma atividade produtiva com características tão prejudiciais ao equilíbrio socioambiental, surge o questionamento se seria realmente possível alinhar a mineração com princípios do desenvolvimento sustentável.

A resposta a esse questionamento, que permeia todo este trabalho de pesquisa, dependerá essencialmente dos significados que atribuímos ao conceito de desenvolvimento sustentável. Se adotarmos a perspectiva do desenvolvimento sustentável na qual considera-se que o capital natural, insubstituível, não deveria ser explorado, de fato a mineração é incompatível com o conceito. No entanto, esta pesquisa parte do pressuposto de que existe uma sustentabilidade possível a ser construída na atividade mineradora, por meio da implementação de ações de mitigação de impactos ecossistêmicos e de desenvolvimento socioambiental das comunidades afetadas.

A professora Maria Amélia Enriquez (2007) fez importantes contribuições a esse debate em sua tese de doutorado "Mineração: Maldição ou Dádiva? Os dilemas do

desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira", na qual busca verificar se a mineração em larga escala atua como uma bênção ou uma maldição para o desenvolvimento sustentável dos municípios mineradores no Brasil.

Segundo a autora, existe a possibilidade de a mineração ser considerada sustentável, de acordo com a perspectiva da sustentabilidade sensata ou prudente, caso ela seja capaz de promover a equidade intra e intergeracional. Em seu trabalho, Enriquez (2007) conclui que a mineração não pode ser considerada inherentemente uma dádiva ou uma maldição, mas sim uma atividade cujo resultado precisa ser mediado pela ação pública para que as tendências à destruição socioambiental e a criação de economias de enclave sejam contidas, e as ações de promoção da sustentabilidade estimuladas.

Em consonância com tais ideais, esta pesquisa se alinha à premissa de que a atuação estatal é fundamental para a promoção da sustentabilidade na mineração e na cadeia industrial a ela relacionada. Acredita-se que seja possível a atividade alcançar alguma sustentabilidade - não uma sustentabilidade perfeita, mas a viável dentro do sistema socioeconômico vigente – se forem respeitados os direitos das comunidades locais e seus modos de vida tradicionais; houver mitigação dos impactos nos ecossistemas afetados pela mineração; e justiça distributiva dos benefícios advindos da mineração entre todos os atores envolvidos na atividade, tanto das atuais como das futuras gerações.

2.3. Neoextrativismo

O extrativismo e as relações desiguais de comércio internacional configuraram a história da América Latina desde a origem da formação de seus Estados modernos, no período colonial. O extrativismo histórico pode ser entendido como a atividade de extração em larga escala de recursos naturais de um território, realizada na maioria das vezes por agentes externos ao local, voltada para a acumulação de capital, por meio da exportação de matérias-primas a baixo custo no mercado internacional (Gudynas, 2012).

Esse sistema de exploração dos recursos formou a base da economia colonial e, durante séculos, promoveu o enriquecimento de países colonizadores. Com a independência dos Estados da América Latina, as realidades políticas se alteraram e princípios de autonomia local foram criados, mas as dinâmicas de subordinação econômica permaneceram sob novas configurações.

O século XX foi marcado por transformações geopolíticas, guerras mundiais, mudanças na ordem de poder econômico mundial e descontinuidades nos sistemas extrativistas operantes na América Latina. Políticas nacionalistas e de integração regional, que propunham novos sistemas de exploração de recursos e desenvolvimento da produção local, se alternavam com políticas de caráter neoliberal que promoviam a liberalização do mercado com suas desigualdades distributivas.

Sem ter sido completamente eliminado, o extrativismo deixou marcas profundas na região, como a concentração de riqueza e da posse de terra, a fragilidade da diversificação das economias locais, significativos impactos socioambientais, e constante vulnerabilidade econômica aos preços internacionais das commodities. Alguns autores inclusive entendem o extrativismo não apenas como uma fase do capitalismo ou uma condição das economias subdesenvolvidas a ser superada, mas como um traço estrutural do capitalismo, inerente à sua existência (Svampa, 2019).

Aníbal Quijano (2005), em sua obra "Colonialidade do Poder, Eurocentrismo e América Latina", oferece uma análise da estrutura de poder desigual que caracteriza o sistema econômico mundial, enraizada na formação da América e na constituição do que ele denomina "colonialidade do poder". Para Quijano, a decolonialidade emerge como um imperativo para a superação dessa estrutura hegemônica e a construção de uma nova ordem social e econômica. O autor argumenta que a globalização atual é a culminação de um processo que se iniciou com a constituição da América e a emergência de um novo padrão de poder mundial: o capitalismo colonial/moderno e eurocentrado. Esse padrão de poder é sustentado por dois eixos fundamentais: a ideia de "raça" e a articulação de todas as formas de controle do trabalho em torno do capital e do mercado mundial (Quijano, 2005). A "colonialidade do controle do trabalho" apontada pelo autor teria determinado a distribuição geográfica das formas de trabalho e a "geografia social do capitalismo", concentrando o capital e a relação assalariada na Europa e entre os europeus, tornando a Europa o centro do sistema mundial. A famosa imagem "Centro-Periferia" de Raúl Prebisch capta o caráter histórico desse padrão de controle do trabalho, que é "colonial/moderno e eurocentrado desde o início" (Quijano, 2005). A configuração geopolítica atual alterou um pouco a dinâmica "Centro-Periferia" que apresentava a Europa no centro do poder, com a emergência da China como uma potência econômica, além dos Estados Unidos e outras nações com grande influência geopolítica. Contudo, as dinâmicas econômicas coloniais de exploração de recursos na América Latina para exportação e beneficiamento no exterior permanecem uma constante, especialmente no

setor mineral. Permanece existindo também a concepção subordinada dos povos da América Latina a respeito das possibilidades de inserção na geopolítica mundial.

Dessa forma, a decolonialidade na perspectiva de Quijano não se trata apenas de mudanças nas cadeias produtivas internacionais, inclui a independência na América Latina da visão eurocentrada da produção de conhecimento e subjetividades; das relações sociais e distribuição de poder; e da própria conformação do Estado (Quijano, 2005). No setor mineral, observa-se que a inserção subordinada de países da América Latina nas cadeias globais de valor permanece ocorrendo independente do posicionamento ideológico dos Governos, embora cada um imprima suas especificidades nas políticas econômicas que implementam. Em muitos casos, empresas transnacionais atuam como operadoras dos projetos extrativistas contemporâneos, visando a maximização do lucro, agem influenciando ou até mesmo cooptando Governos na busca por benefícios políticos e econômicos para suas atividades produtivas.

Dentro das continuidades históricas observadas na geopolítica global, o neoextrativismo surge no início do século XXI como uma reconfiguração contemporânea do extrativismo clássico, que em um contexto geopolítico singular, assumiu características distintas que justificam uma nova conceituação. Diversos autores latino-americanos contemporâneos, como Maristella Svampa (2019), Eduardo Gudynas (2012), Alberto Acosta (2016), Bruno Milanez (2014, 2021a) e Henri Acselrad (2022), críticos à conjuntura de desigualdades do atual sistema capitalista e em especial de seus impactos na região da América Latina, estudam as dinâmicas do neoextrativismo e vias alternativas a esse sistema de exploração que entendem como dominante.

De acordo com Milanez e Santos (2014), a consolidação do neoextrativismo foi fortalecida pela ascensão de governos progressistas na América Latina no período. Com o favorecimento das economias da região pelos altos preços internacionais das commodities (o *boom* das commodities), que coincidiu com o questionamento do consenso neoliberal vigente nas décadas de 1980 e 1990, ocorreu uma reemergência do extrativismo como estratégia central de crescimento, embora apresentando uma nova roupagem (Milanez, Santos; 2014).

Nesse contexto, é importante ressaltar a diferenciação que os autores fazem entre os conceitos de neoextrativismo e neodesenvolvimentismo, como duas abordagens políticas coexistentes na América Latina contemporânea. O neodesenvolvimentismo e o neoextrativismo, embora apresentem muitos pontos em comum, como a crença no crescimento ilimitado sendo via para o bem-estar e o entendimento do crescimento

econômico como sinônimo de desenvolvimento, possuem diferenças cruciais em sua natureza e nas suas propostas. Uma das principais diferenças se trata da defesa feita pelo neodesenvolvimentismo da industrialização de bens primários antes de sua exportação, buscando uma estratégia de crescimento liderado por exportações de produtos manufaturados, o que não se observa no neoextrativismo, no qual as economias nacionais dependem fortemente da exportação de bens primários, com pouco ou nenhum processamento (Milanez, Santos; 2014). Assim como no extrativismo clássico, o neoextrativismo contemporâneo se baseia em um modelo de desenvolvimento focado no crescimento econômico a partir exploração de recursos naturais, utilizando redes produtivas pouco diversificadas e resultando em uma inserção econômica internacional subordinada. Essa nova configuração do extrativismo na América Latina, especialmente entre os anos 2000 e 2020, é marcada pela exploração intensiva e extensiva de bens naturais, uma maior tendência à criação de megaprojetos de exploração de recursos naturais e grandes investimentos de capital (Milanez, Santos; 2014).

Uma das características que mais distingue o neoextrativismo do extrativismo clássico é o papel mais ativo do Estado, que atua não apenas como regulador, mas também como promotor desse sistema de exploração econômica. Na lógica neoextrativista, o Estado busca estimular o crescimento produtivo e capturar uma proporção maior do excedente gerado, frequentemente usando parte dos recursos para financiar programas sociais e em consequência gerar legitimização social (Svampa, 2019; Gudynas 2012).

A capacidade de governos pautados por políticas neoextrativistas de alcançarem uma real diminuição das desigualdades sociais, no entanto, é bastante questionável, em razão da amplitude dos impactos socioambientais causados e da concentração de capital que a atividade extractiva naturalmente promove. Svampa (2019) argumenta que a intensificação do modelo neoextrativista está associada ao aprofundamento de assimetrias e conflitos socioambientais, uma vez que a expansão das fronteiras das commodities leva a novas disputas políticas, sociais e ecológicas nos territórios. Há diversas tensões geradas pelo neoextrativismo, tanto econômicas, relacionadas ao menor crescimento de longo prazo, quanto socioambientais, com impactos negativos sobre trabalhadores, comunidades e o meio ambiente (Svampa, 2019).

O contexto do aquecimento global e da necessidade urgente de uma transição energética mundial traz novos aspectos para esse debate. Alguns autores acreditam que no discurso de legitimização do neoextrativismo atual (também chamado de extrativismo verde), que se baseia na utilização dos recursos naturais para financiamento de políticas

sociais, se soma o argumento de combate às mudanças climáticas para legitimar a intensificação sem limites da exploração de recursos estratégicos para a transição energética, como o lítio (Dietz, 2022). Nesse aspecto, os conceitos de justiça climática e transição energética justa ganham relevância, ao incorporar uma visão integral de justiça à transição energética, a qual em princípio deveria considerar as dimensões social, ambiental, étnica, racial e de gênero como inseparáveis na distribuição dos benefícios e desvantagens da implementação de novos sistemas energéticos (Svampa, 2019).

Embora a dinâmica do neoextrativismo seja observada de uma maneira geral em toda a América Latina, no que diz respeito em especial às políticas nacionais de exploração do lítio, existem variados modelos de exploração, que se alinham com maior ou menor intensidade ao conceito. As análises das estratégias de exploração do lítio dos países selecionados, feitas ao longo do trabalho, vão evidenciar aspectos das políticas nacionais que se enquadram em características neoextrativistas, no entanto, também se observam ações políticas que apresentam o intuito específico de reverter tais dinâmicas de exploração predatória do recurso natural.

Existem alternativas à atuação estatal neoextrativista assim como ao paradigma neodesenvolvimentista. Mariana Mazzucato (2024), por exemplo, explora a abordagem orientada por missões como um caminho para o crescimento inclusivo e sustentável impulsionado pela inovação. Para a autora, países como o Brasil podem transformar seus desafios atuais – como a crise climática, as disparidades na saúde e a exclusão digital – em oportunidades para investimento e inovação, redefinindo a relação entre os setores público e privado. Mazzucato propõe uma nova estratégia industrial que se afasta do foco setorial tradicional, enfatizando a colaboração intersetorial e interinstitucional, e buscando uma partilha mais equitativa de riscos e recompensas em parcerias público-privadas para o desenvolvimento do país (Mazzucato, 2024). As sugestões de melhoria na estratégia política de exploração do lítio no Brasil construídas nesta pesquisa se alinham com a perspectiva da autora, no que diz respeito à compreensão de que a política pública não deveria se limitar a corrigir falhas de mercado, mas sim atuar ativamente na conformação de mercados, sem que isso signifique, porém, abrir mão de parcerias com o setor produtivo, na qualidade de operacionalizador das atividades produtivas (Mazzucato, 2024).

A partir das reflexões teóricas apresentadas, podemos chegar à conclusão de que no sistema de produção capitalista em que vivemos os objetivos de crescimento econômico e de concretização da transição energética são fundamentais. Todavia, tais

objetivos não deveriam ser buscados a qualquer custo, já que podem apresentar externalidades extremamente negativas, que podem até neutralizar seus benefícios. Todo processo de desenvolvimento socioeconômico e tecnológico, assim como a criação de novas estruturas produtivas deveriam ser orientados por princípios de equilíbrio e justiça socioambiental, mesmo que isso acabe por implicar uma menor dinamicidade das transformações propostas. Portanto, entende-se que a exploração do setor mineral segue sendo relevante para a sociedade contemporânea, mas requer uma atuação efetiva do Estado, a fim de internalizar nos próprios negócios das empresas, as externalidades intrínsecas da atividade mineral, por meio da regulação.

3. Fundamentos e tendências da exploração do lítio

Este capítulo tem o objetivo de apresentar informações básicas a respeito do lítio, de como é realizada sua exploração, a estrutura atual do mercado e suas tendências futuras, de modo a embasar as discussões que serão desenvolvidas nos próximos capítulos, a respeito das políticas de exploração do lítio no Brasil, Argentina e Bolívia.

3.1. Caracterização do lítio (Li)

O lítio é um metal alcalino, que apresenta o menor peso específico entre os metais da tabela periódica de Mendeleev, com apenas 534 kg/m³, em condições normais de temperatura e pressão, sendo menos denso do que a água (Braga; França, 2013). Em razão de sua alta reatividade com outros elementos, não é encontrado de maneira livre na natureza, sendo muitas vezes observado na forma de composto químico iônico, ligado a silicatos de alumínio, potássio, sódio e ferro.

Pode ser encontrado em mais de 130 tipos de minerais, associados principalmente a pegmatitos e evaporitos (salmouras de lítio). No entanto, quatro minerais são considerados os principais para sua exploração, em razão da viabilidade econômica de extração da substância. São eles a ambligonita, o espodumênio, a lepidolita e a petalita (Santos *et al.*, 2020), suas fórmulas químicas são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Principais minerais nos quais se encontra o lítio.

Minerais	Fórmula
Ambligonita	(Li,Na)AlPO ₄ (F,OH)
Espodumênio	LiAlSi ₂ O ₆
Lepidolita	K(Li,Al) ₃ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH,F) ₂
Petalita	LiAlSi ₄ O ₁₀

Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Brooks (2020).

Assim como todos os metais alcalinos, o lítio possui apenas um elétron em sua camada de valência, que é facilmente cedido para formação de íons. Por essa razão, além de ser facilmente combinado com outros elementos para a formação de compostos,

também se mostra um bom condutor elétrico, com alta densidade energética, características fundamentais para sua utilização na fabricação de baterias.

3.2. Pegmatitos e evaporitos

O lítio pode ser encontrado em diversos tipos de formação geológica, no entanto existem dois tipos principais que apresentam maior viabilidade econômica para a exploração do minério, que são os depósitos de pegmatitos e de evaporitos. As reservas de lítio conhecidas no Brasil são em sua grande maioria formadas por pegmatitos graníticos, que podem ser caracterizados da seguinte forma:

“Os pegmatitos são rochas ígneas com granulometria grossa formadas pela cristalização de líquidos pós-magmáticos. Os pegmatitos estão associados, geneticamente, com seus vizinhos intrusivos. Mineralogicamente, os pegmatitos graníticos contêm feldspato, quartzo e mica, como os componentes principais, e uma variedade de elementos acessórios, como o lítio, o berílio, o tântalo, o estanho e o césio, que podem ocorrer ou não em concentrações economicamente significativas” (Braga; Sampaio, 2008).

Os pegmatitos graníticos são rochas que se formam no estágio final da cristalização de magma, encontrados em solos mais antigos na formação da Terra, e possuem uma ocorrência relativamente comum em todo o mundo (Santos *et al.*, 2020). Os minerais de lítio podem ser lavrados em minas a céu aberto ou em minas subterrâneas, a depender da formação geológica.

Outro tipo de depósito de minerais de lítio que pode ser explorado comercialmente é o de evaporitos, ou salmouras de lítio, que se tratam de águas subterrâneas ricas em lítio. O método tradicional de extração desses depósitos se constitui no bombeamento das salmouras subterrâneas para lagoas de evaporação na superfície, onde os minerais de lítio passam por processos de precipitação e purificação (Braga; Sampaio, 2008).

Segundo Santos *et al.* (2020), a exploração do lítio em depósitos de pegmatitos tende a apresentar um custo operacional mais elevado do que a exploração de depósitos de salmouras, uma vez que para os pegmatitos é necessária a aplicação de alguns processos minerários adicionais, como a concentração física, conversão térmica e reação química para a obtenção do lítio em forma solúvel. Já o produto obtido da evaporação apenas necessita de processos de concentração e purificação, visto que já se encontra na forma solúvel.

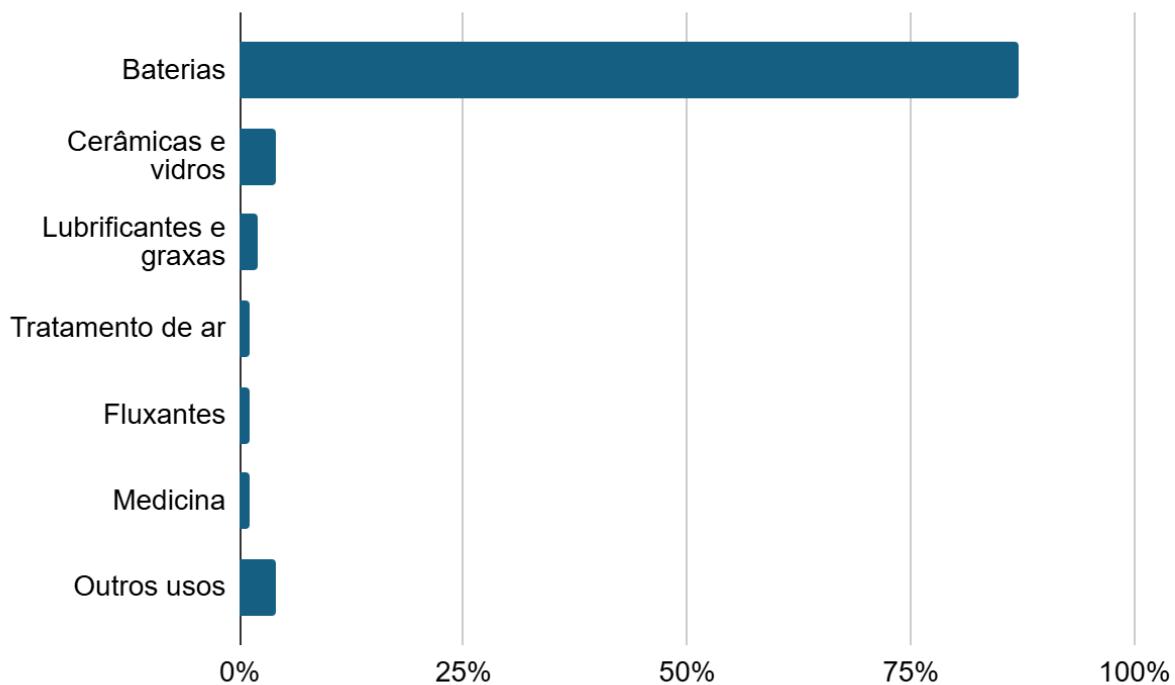
3.3. Produtos de lítio

O lítio é empregado em inúmeros processos produtivos industriais, que vão desde a produção de ligas metálicas na indústria metalúrgica, a fabricação de cerâmicas e graxas, passando pela indústria farmacológica (por exemplo, para produção de medicamentos psiquiátricos) e vários outros processos, além da produção de baterias iônicas, que representa a maior demanda atual por minérios de lítio (Rodrigues; Pádula, 2017).

Produtos tão diversos apresentam processos produtivos bastante singulares, que demandam insumos de lítio em variadas composições, obtidos a partir do refino dos minérios de lítio. Os compostos de lítio mais utilizados industrialmente, no entanto, são o hidróxido de lítio (LiOH) e o carbonato de lítio (Li_2CO_3), que são os insumos principais na produção de baterias iônicas de lítio. O carbonato de lítio é geralmente utilizado na fabricação de baterias tradicionais, já o hidróxido de lítio na fabricação de baterias com densidade mais elevada, em razão do seu maior grau de pureza. Os dois compostos podem ser adquiridos diretamente dos processos de extração das salmouras de lítio, ou a partir dos pegmatitos de lítio, por meio de um processo mais complexo de refino, o qual pode ser feito, por exemplo, pela reação do minério de lítio com ácido sulfúrico e, posteriormente, com o carbonato de sódio, para precipitação e filtragem (Braga; Sampaio, 2008).

A Figura 1 apresenta as proporções de produtos elaborados a partir do lítio e deixa clara a predominância de sua utilização para a fabricação de baterias, que representa 87% do total.

Figura 1: Produtos do lítio.



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados de USGS (2024, ano base 2023).

3.4. Reservas de Lítio

De acordo com o U.S. Geological Survey (USGS, 2024), os recursos de lítio atualmente conhecidos no mundo são de aproximadamente 105 milhões de toneladas. Embora o lítio não seja um mineral de ocorrência rara, podendo ser encontrado em quase todo o planeta, muitas vezes se apresenta de forma dispersa nas formações geológicas, sem a concentração necessária para a viabilidade de sua exploração econômica. As reservas adequadas à exploração econômica estão presentes em todos os continentes, porém muito concentradas em poucos países, em especial na América do Sul. Nos salares do Chile, Bolívia e Argentina, por exemplo, se encontram mais de 50% dos recursos de lítio conhecidos no mundo (USGS, 2024), embora potenciais em países africanos, por exemplo, ainda não sejam bem conhecidos.

Tendo em vista a relevância do lítio e de outros minerais críticos para a transição energética, informações acuradas a respeito das reservas existentes de tais minérios no mundo são fundamentais para a construção dos planos nacionais de transição energética de cada país. Duas questões principais buscam ser respondidas por essas informações, a

primeira delas diz respeito à finitude das reservas minerais e se elas serão suficientes para suprir o aumento exponencial da demanda gerada pelas novas cadeias produtivas desenvolvidas na transição energética. A segunda questão está relacionada à distribuição das reservas de lítio ao redor do globo terrestre, uma vez que a concentração das fontes de extração do lítio em poucos países representa um potencial risco para a segurança da cadeia de suprimento dos produtos de lítio. Os dilemas e conflitos decorrentes de tais questões serão discutidos com maior profundidade ao longo deste trabalho.

O mapeamento de reservas minerais é um trabalho complexo de ser realizado, principalmente porque os dados a esse respeito são dinâmicos. O tamanho das reservas varia ao longo do tempo de acordo com o nível de extração realizada nos depósitos de minérios, a descoberta de novos depósitos, aprimoramentos tecnológicos que viabilizam a exploração de substâncias anteriormente inalcançáveis, entre outros fatores. Dessa forma, os dados divulgados a respeito das reservas de lítio existentes no mundo apresentam variações de acordo com a fonte considerada. Neste trabalho serão consideradas as informações publicadas no relatório Mineral Commodity Summaries 2024, elaborado pelo U.S. Geological Survey (USGS, 2024).

O relatório é construído a partir do esforço de identificar e compilar informações de mapeamento geológico e produção mineral do mundo, em uma estrutura de dados que permita a comparação entre os países. O documento faz uma distinção entre os conceitos de recursos minerais e reservas minerais, que precisa ser explicitado para a melhor compreensão dos dados. Recursos minerais podem ser entendidos como depósitos geológicos mensurados de algum tipo de mineral, que não necessariamente apresentem condições de exploração econômica (USGS, 2024):

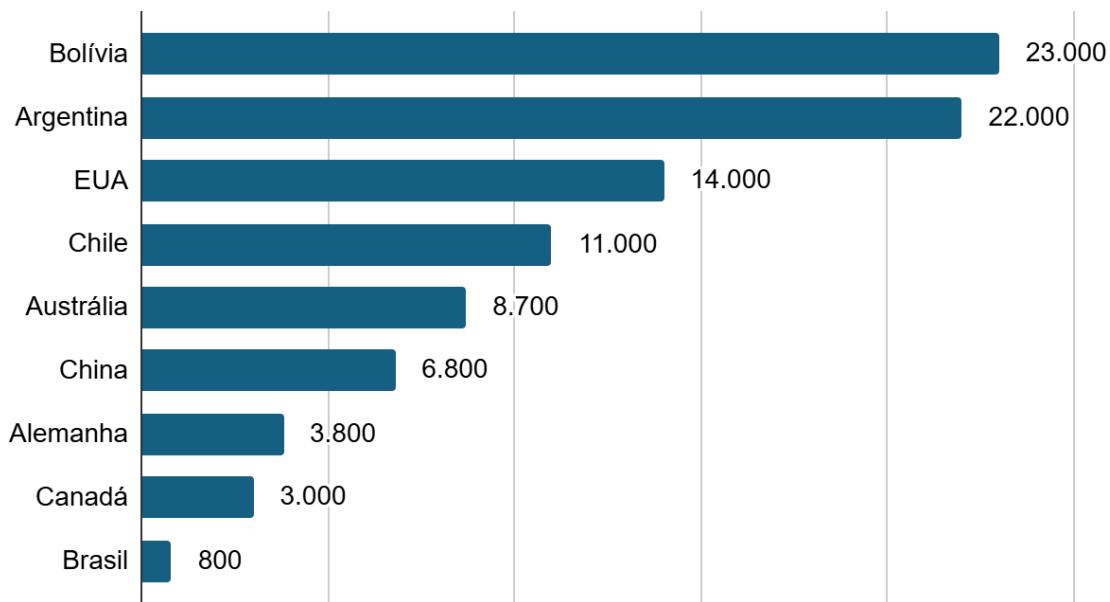
“Resource - A concentration of naturally occurring solid, liquid, or gaseous material in or on the Earth’s crust in such form and amount that economic extraction of a commodity from the concentration is currently or potentially feasible.” (USGS, 2024).

A reserva mineral, por sua vez, é um conceito atribuído à parcela dos depósitos de recursos minerais que atendem a critérios mínimos específicos de mineração e produção particulares de cada substância, que os tornam relevantes e viáveis para a exploração econômica (USGS, 2024):

“Reserve Base - That part of an identified resource that meets specified minimum physical and chemical criteria related to current mining and production practices, including those for grade, quality, thickness, and depth.” (USGS, 2024).

A partir dessa estrutura de classificação, o referido relatório apresenta os seguintes dados para os recursos e as reservas de lítio identificadas no mundo atualmente (Figura 2):

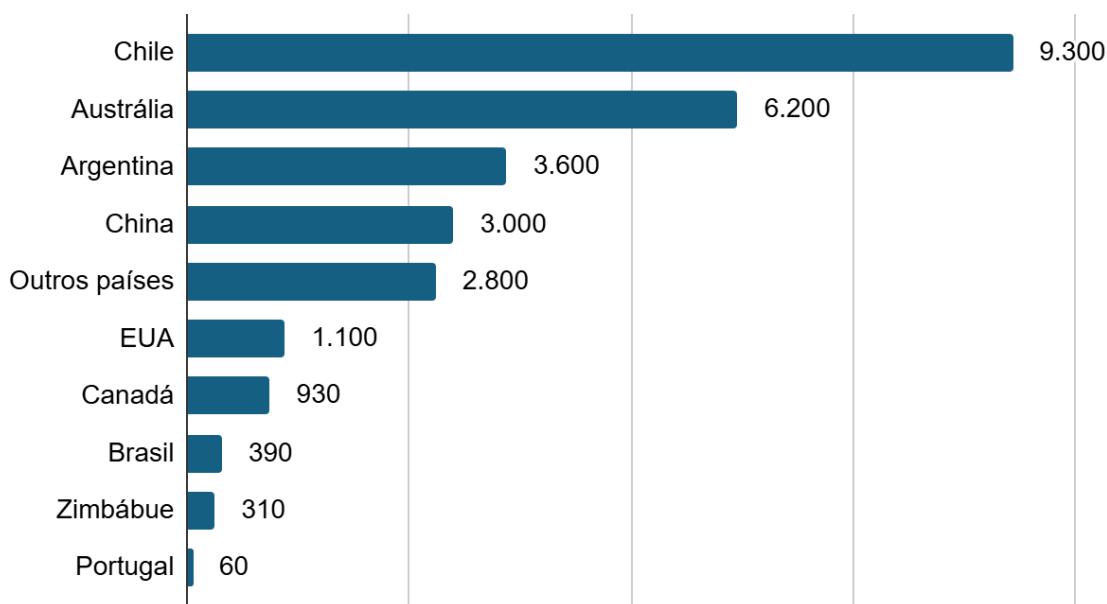
Figura 2: Recursos de lítio em kt



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados de USGS (2024, ano base 2023).

Observa-se que a Bolívia, Argentina e Chile, juntamente com os Estados Unidos possuem as maiores quantidades de recursos de lítio identificados. É preciso ressaltar que esses dados também variam de acordo com a capacidade do país de realizar o mapeamento geológico de seu território, de forma que os países que realizam baixos níveis de mapeamento geológico podem ter recursos minerais sub identificados. Já as reservas de lítio estão descritas na Figura 3.

Figura 3: Reservas de lítio em kt.



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados de USGS (2024, ano base 2023).

A partir desses gráficos é interessante notar que o ranking entre os países é consideravelmente alterado na comparação entre recursos e reservas de lítio existentes. Tal diferença é explicada pela grande variação na composição e localização geográfica dos recursos de lítio, e no contexto político, econômico e tecnológico de cada país, que influenciam a viabilidade econômica da exploração do minério. Além disso, esses valores são estimados (com várias incertezas envolvidas) e podem ser alterados com prospecções geofísicas mais detalhadas. É importante ressaltar que a Agência Nacional de Mineração do Brasil (ANM) apresenta dados um pouco diferentes a respeito da reserva de lítio brasileira, segundo a Agência o país possui reservas de aproximadamente 590 kt.²

A Bolívia, por exemplo, apresenta a maior quantidade de recursos de minério de lítio, porém não foi considerada nos dados de reservas de lítio mundiais, em razão da dificuldade de obtenção de dados precisos sobre seus recursos e, principalmente, pela complexidade tecnológica de extração do minério, que tem dificultado a produção de concentrados de lítio na região. Existem evidências de que os depósitos de lítio bolivianos possuem uma grande concentração de magnésio (Mg), o que torna a extração de lítio mais

² Os dados da ANM podem ser encontrados no Sumário Mineral Brasileiro 2024 (Ano Base 2023). Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/economia-mineral/publicacoes/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2024/litio-2024-ano-base-2023.pdf>

dispendiosa, uma vez que a separação de Mg dos compostos de lítio requer a aplicação de processos químicos mais complexos (Flexer *et al.*, 2018), conforme segue:

*“The biggest problem reported today are magnesium cations, with big trouble being caused by borates, and sulphates as well. The ionic radii of Mg²⁺ and Li⁺ are almost the same (Vikström *et al.*, 2013; Mason and Moore, 1982). Therefore, some chemical properties of Mg²⁺ cations are extremely similar to those of Li⁺, and thus MgCO₃ co-precipitates with Li₂CO₃ when Mg²⁺ concentration has not been heavily depleted in previous steps (Vikström *et al.*, 2013). This property makes the extraction of lithium salts from magnesium rich brines extremely complicated.” (Flexer *et al.*, 2018).*

Segundo o mesmo relatório da USGS, o Brasil possui atualmente recursos de aproximadamente 800 mil toneladas de lítio e reservas de 390 mil toneladas do minério.

3.5. Breve história do lítio no Brasil

A história do lítio está relacionada ao Brasil desde suas primeiras identificações geológicas. O elemento químico foi descoberto em 1817 pelo químico sueco Johan August Arfwedson, ao analisar os minerais petalita e espodumênio, que tinham sido identificados por seu contemporâneo brasileiro José Bonifácio de Andrada e Silva. José Bonifácio ficou muito conhecido no Brasil por sua atuação política no século XIX, sobretudo no processo de independência do país. No entanto, ele foi também um cientista renomado na Europa, especializado nas áreas de química e mineralogia. Durante uma expedição de mineralogia nos países escandinavos, José Bonifácio conseguiu identificar novos minerais ainda não estudados, entre eles os minerais de lítio, que possibilitaram a descoberta do elemento químico (Chagas; Corrêa, 2017).

O conhecimento da presença de pegmatitas litiníferas no Brasil remonta a 1924. No entanto, estudos sistemáticos para o desenvolvimento de uma indústria extrativa desse mineral tiveram início apenas na década de 1940. Essa iniciativa foi resultado de um esforço conjunto entre o Brasil, através do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), e técnicos dos Estados Unidos, culminando na criação do Interdepartmental Committee on Scientific and Cultural Cooperation em 1942. O objetivo era estabelecer metas para o uso de minerais de lítio no suprimento da indústria bélica durante a Segunda

Guerra Mundial. A exploração e lavra de alguns minerais de lítio começaram nesse mesmo ano de 1942 (Santos, 2022).

A exploração comercial do lítio no Brasil iniciou-se de fato em 1966, quando o pesquisador Khalil Afgouni encontrou corpos lenticulares de pegmatitos (espodumênio) na região de Araçuaí, em Minas Gerais. Na década de 1970, o país já utilizava minerais como petalita, lepidolita e espodumênio na fabricação de cerâmicas, esmaltes e vidros especiais. Entre as décadas de 1960 e 1980, a empresa estatal Nuclemon tentou desenvolver uma indústria de compostos de lítio, conhecida como "Indústria de sais de litio". Trabalhando inicialmente com ambligonita e depois com espodumênio, a empresa comprava os concentrados de lítio de terceiros, e os utilizava como insumo para seus processos industriais. Contudo, a Nuclemon encerrou suas atividades em 1987 devido à dificuldade de obter concentrado de lítio, falta de investimento e incertezas políticas (Braga; França, 2013).

Baseado nessa experiência de escassez de insumos de lítio para abastecimento da indústria nacional, o governo federal passou a limitar a comercialização de minérios de lítio, por meio do Decreto 2.413 de 4 de dezembro de 1989, com o intuito de proteger a produção nacional e o desenvolvimento tecnológico do lítio no país, que à época era considerado um mineral de interesse para a energia nuclear (Santos, 2022). O lítio no Brasil permaneceu sob proteção governamental até 2022, quando o Decreto nº 11.120 de 5 de julho de 2022 proibiu qualquer limitação excepcional ao comércio exterior de minérios de lítio.

Apesar da limitação nas operações de comércio exterior de minérios de lítio, no fim da década de 1980 se pôde observar um crescimento significativo na produção de lítio e derivados no Brasil, que ocorreu atrelado ao crescimento da demanda por lítio na indústria produtora de aparelhos eletrônicos portáteis, fabricados com baterias de íon-lítio, bem como, devido à criação da Companhia Brasileira de Lítio (CBL), que recebeu investimentos para intensificar a produção de lítio em Minas Gerais (Braga; França, 2013). A CBL foi criada em 1989, iniciando operações na Mina Cascada (Vale do Jequitinhonha) em 1991. A empresa buscava avançar na produção de carbonato e hidróxido de lítio para o mercado interno, além de outros compostos de lítio (Santos, 2022).

Desde o início do século XXI, essa demanda tem aumentado significativamente, sobretudo pela crescente produção de veículos elétricos e de baterias para armazenamento de energias renováveis de fontes intermitentes. Atualmente, existem três empresas com

projetos de extração de lítio ativos no Brasil, a canadense Sigma Lithium, a holandesa AMG, e a brasileira CBL, todas com operações no estado de Minas Gerais.

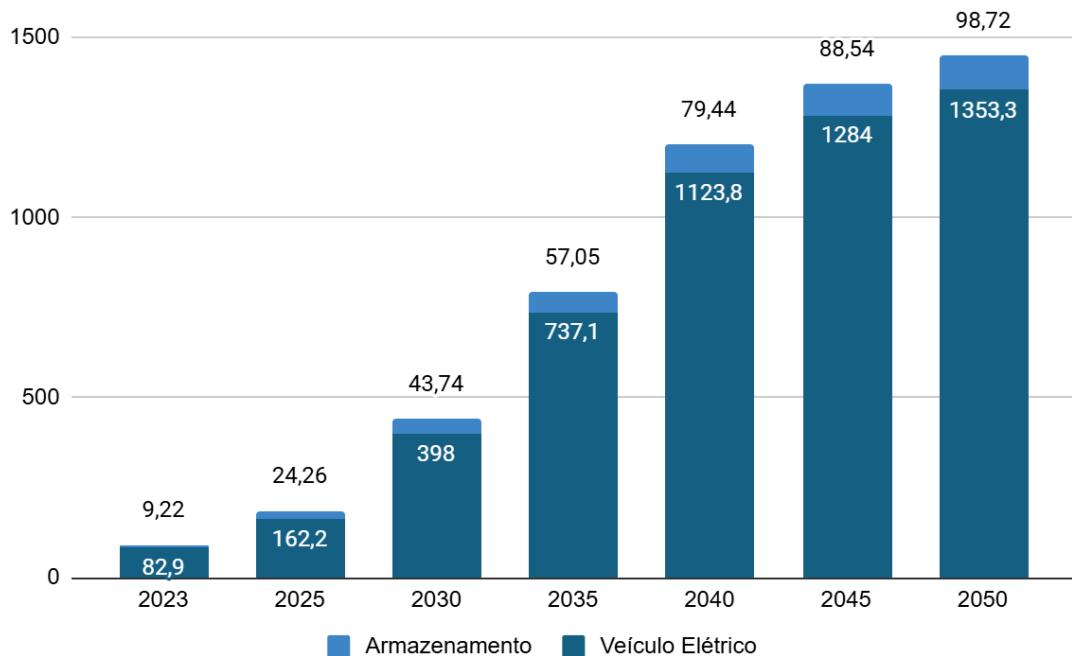
3.6. Mercados e tendências

Como já detalhado nas seções anteriores, a maioria do lítio produzido no mundo atualmente é utilizada na fabricação de baterias de íon-lítio (87% da produção total), segundo dados do Mineral Commodity Summaries 2024 (USGS, 2024). Embora, as baterias de íon-lítio sejam muito utilizadas em aparelhos eletrônicos e no armazenamento de energia advinda de fontes intermitentes, a parte mais significativa de sua demanda provém da indústria de veículos elétricos. Dessa forma, observa-se que o mercado de lítio está profundamente atrelado ao mercado de veículos elétricos, e essa preponderância tende a continuar, de acordo com as projeções de mercado realizadas pela *International Energy Agency* (IEA) para os próximos 25 anos.

O armazenamento de energia se tornou uma questão crítica em um contexto de transição energética no qual se propõe a expansão da eletrificação como alternativa ao uso de combustíveis fósseis. Diante disso, inúmeros investimentos em pesquisas tecnológicas têm sido feitos na busca por soluções de armazenamento mais eficientes e com menor custo, como o desenvolvimento de baterias de lítio de estado sólido ou de baterias de íons de sódio, entre outras tecnologias. No entanto, atualmente as baterias de íon-lítio permanecem sendo a tecnologia que apresenta melhor custo-benefício na relação peso/capacidade de armazenamento de energia, passível de se produzir em escala comercial. Um debate mais aprofundado a respeito do papel do lítio na transição energética e suas vantagens e desvantagens em termos de sustentabilidade é realizado no Capítulo 3 da dissertação.

Diante do volume de investimentos aplicado ao setor, há uma tendência de que novas tecnologias desenvolvidas se tornem mais atrativas no mercado de baterias. Contudo, as projeções da IEA para as próximas décadas sugerem que as baterias de íon-lítio continuarão dominando o mercado (IEA, 2024). As previsões para os próximos 25 anos são de aumento exponencial na demanda por lítio, alavancada pelo aumento da demanda por baterias de íon-lítio, que por sua vez é ocasionado pelo crescimento da produção de veículos elétricos (Figura 4).

Figura 4: Projeção da demanda mundial por lítio em kt.



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da IEA (2024).

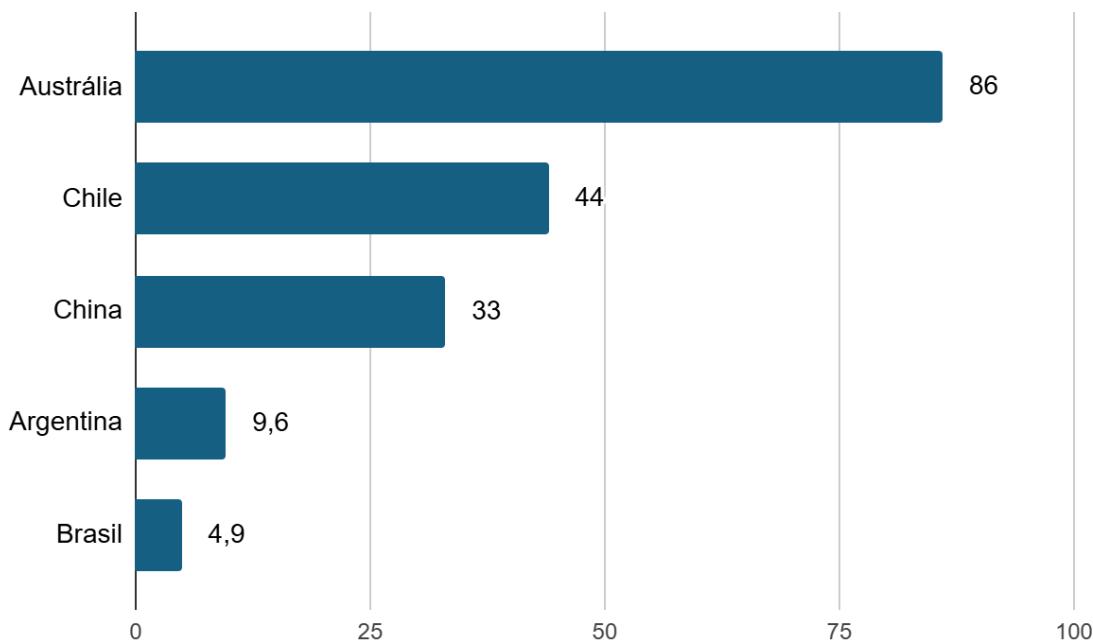
Conforme apresentado na Figura 4, as projeções de crescimento da demanda de lítio para produção de veículos elétricos em 2050 são da ordem de 1.500% em relação à 2023, alcançando a marca de 1.353,3 kt. Essa projeção de aumento acentuado e rápido da curva de demanda do lítio se apresenta como uma oportunidade de investimento no mercado de capitais, o que tem estimulado a produção de minérios de lítio em todo o mundo, sob a alegação da urgência necessária à transição energética no contexto da mudança do clima.

A produção mundial de lítio em 2023 foi de aproximadamente 190 kt de minério, sendo 70 kt provenientes de fontes de salmouras de lítio e 120 kt provenientes de pegmatitos sólidos (IEA, 2024). Os dados apresentados são aproximados, tendo em vista que alguns países não divulgam as informações completas de sua produção nacional, por razões de estratégia política, para garantir sigilo comercial das empresas produtoras, ou por limitações institucionais na política de transparência e divulgação de estatísticas.

Conforme mostra a Figura 5, o principal produtor de lítio no mundo atualmente é a Austrália, que em 2023 produziu 86 kt de concentrado de espodumênio a partir da mineração de pegmatitos. Logo em seguida, encontra-se o Chile, com uma produção de 44 kt extraídos de salmouras de lítio no deserto do Atacama. A China também apresentou uma produção significativa de 33 kt de lítio extraídos de rochas de lepidolita e de

salmouras de lítio existentes no oeste do país. A Argentina produziu 9,6 kt de lítio extraídos de salmouras de lítio de seu território no deserto do Atacama. Já o Brasil produziu 4,9 kt a partir de minas de rochas de espodumênio, localizadas no Vale do Jequitinhonha, no norte de Minas Gerais (USGS, 2024).

Figura 5: Cinco maiores produtores de lítio no mundo, em 2023, em kt.



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados de USGS (2024, ano base 2023).

Como se observa nos dados apresentados, mais de 90% da produção mundial de lítio está concentrada em apenas cinco países. Essa concentração produtiva, além de permitir desequilíbrios no mercado, com a formação de cartéis e controle de preços, implica em riscos para a segurança energética, no contexto de uma transição energética dependente de baterias de lítio, como a eletrificação de veículos leves. Isso porque o suprimento das cadeias produtivas de baterias fica suscetível a instabilidades geopolíticas que podem ocorrer nos poucos países produtores do minério de lítio, de tal forma que o abastecimento pode ser diminuído ou interrompido, e a produção de baterias prejudicada. Além disso, podem ocorrer variações bruscas de preço no mercado internacional, devido a instabilidades de estoques e suprimento, inviabilizando assim o avanço mais célere de determinadas tecnologias. Por essa razão, o lítio é frequentemente considerado um mineral crítico.

Nota-se, ainda, que o setor de mineração, de uma maneira geral, apresenta uma tendência natural para a oligopolização, em razão de características específicas do modelo de produção da atividade econômica. Uma delas se trata do elevado custo de entrada no mercado, um novo empreendimento mineral exige um alto investimento de capital em exploração, infraestrutura e tecnologia para se estabelecer, o que dificulta a entrada de novas empresas no setor produtivo, além dos diversos riscos envolvidos na atividade. Outra característica é a forte dinâmica de economia de escala (custos marginais decrescentes), que permite que as empresas maiores, capazes de produzir em maior escala, consigam reduzir significativamente os seus custos, tornando-se mais competitivas que as empresas menores. Nesse contexto, caso não haja uma atuação estatal que limite ou amenize a concentração de mercado, a tendência é que se torne progressivamente mais oligopolizado e, em alguns casos, até mesmo monopolizado.

Segundo as análises de mercado elaboradas pela IEA (2024), considerando os projetos anunciados de expansão da exploração do lítio, a produção mundial em 2030 chegaria até 450 kt de lítio. Tal incremento na produção seria suficiente para atender ao aumento da demanda por lítio projetada para 2030, no entanto, considerando o cenário até 2050, mais investimentos no setor seriam necessários para garantir o suprimento do minério na fabricação de baterias nesse período (IEA, 2024).

A atividade de refino do minério de lítio apresenta produção ainda mais concentrada geopoliticamente do que a extração mineral. Em 2023, 96% de toda a produção de compostos de lítio utilizados industrialmente foi refinada por apenas três países. A China domina a atividade de refino de concentrados de lítio provenientes de pegmatitos, e recebe grande parte de seu insumo mineral de importações da Austrália e da extração mineral realizada em seu próprio território. O refino de concentrados de lítio na China em 2023 foi responsável pela produção de 114 kt de compostos de lítio, o que representa 64% de toda a produção mundial. Os outros dois maiores produtores de compostos de lítio refinados são o Chile e a Argentina, com produções aproximadas de 46 kt e 9 kt, respectivamente, em 2023 (IEA, 2024).

Nesse contexto, é importante esclarecer que existem diferentes concepções sobre os conceitos de beneficiamento, tratamento e refino de minérios na literatura que trata do assunto. Os conceitos de beneficiamento, tratamento e refino podem ser entendidos como sinônimos, que dizem respeito a todas as etapas de processamento do minério posteriores à extração mineral do solo. Há também uma compreensão mais restrita dos conceitos que considera tratamento e beneficiamento as etapas de separação física para obtenção de

concentrados do minério, e refino uma etapa posterior a essa, que consiste em processos mais complexos de purificação do minério, que geralmente envolvem a alteração da identidade química dos minerais, para a obtenção de produtos a serem utilizados como insumos industriais (Luz; França; Braga, 2018).

A presente dissertação utiliza-se da segunda perspectiva dos conceitos apresentada, na qual os processos de concentração de minérios de lítio são considerados atividades de tratamento e beneficiamento e os processos relacionados à purificação química dos minérios de lítio para transformação em carbonato ou hidróxido de lítio em grau bateria são considerados atividade de refino. No Brasil apenas a Companhia Brasileira de Lítio (CBL) possui uma operação verticalizada na cadeia produtiva do lítio, com processos de extração mineral e de refino de compostos de lítio, que é realizada em sua planta química em Divisa Alegre (MG). A atual produção de compostos de lítio refinados pela empresa, no entanto, é bastante inferior aos valores produzidos em outros países, sendo equivalente a uma média de 1,7 kt de compostos de lítio por ano³.

³ As informações a respeito da produção de compostos de lítio refinados da CBL podem ser encontradas no site da Revista Brasil Mineral, disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/cbl-podera-investir-us-70-milhoes-para-dobrar-producao-em-mg>

4. O papel do lítio na transição energética e seus impactos socioambientais

Este capítulo tem como objetivo desenvolver uma reflexão a respeito das possíveis contribuições positivas e negativas que a exploração do lítio pode oferecer à sociedade, no contexto da transição energética atualmente em curso. Inicialmente é discutida a relevância que o minério apresenta nos novos processos produtivos atrelados à transição energética, e quais benefícios sua exploração poderia agregar aos esforços de descarbonização do setor de transportes. Da mesma forma, são analisados os impactos socioambientais que a exploração do lítio pode acarretar, sobretudo nas regiões em que ocorre a mineração.

As informações reunidas nesta seção fornecem condições para se observar que o crescimento acelerado da exploração do lítio e sua utilização em escala industrial em todo o mundo podem ser significativos para a viabilização de um impulsionamento de curto prazo na transição energética do setor de transportes. Ao mesmo tempo, podem apresentar profundas externalidades negativas, representadas na forma de impactos socioambientais e desigualdades distributivas, que necessitam ser evitadas ou mitigadas.

A análise detalhada desses benefícios e prejuízos socioambientais advindos da exploração do lítio possibilitará a identificação de pontos sensíveis do desenvolvimento da atividade econômica no Brasil. Entende-se que tais questões precisarão ser acompanhados e endereçados de alguma maneira pela atuação estatal, caso haja a intenção de se construir caminhos para a exploração sustentável do minério no país.

4.1. Papel do lítio na transição energética e os benefícios de sua exploração

Transição energética pode ser conceituada como uma transformação nos padrões de produção e consumo de energia em uma sociedade (Paiva, 2024). A transição energética, que atualmente vivenciamos, tem sido intensamente discutida no debate público e tem permeado o imaginário das pessoas como um dos maiores dilemas a ser enfrentado pela humanidade no mundo contemporâneo. Ao longo de sua história, no entanto, a sociedade humana já vivenciou outras transformações nos sistemas de produção e consumo de energia, que provocaram profundas alterações nas estruturas socioeconômicas da sociedade e em suas relações com o ambiente.

Grandes mudanças nas fontes de energia utilizadas já foram ocasionadas por inovações tecnológicas transformadoras, como a invenção da máquina a vapor, que impulsionou a industrialização e o consumo de carvão, ou pela descoberta de fontes alternativas mais eficientes, como o petróleo, que passou a ser amplamente utilizado em diversos setores econômicos.

De uma maneira geral, as transições energéticas ocorridas na história da sociedade foram motivadas pelo esgotamento de fontes de energia utilizadas exaustivamente, pela inovação tecnológica ou pela busca por maior eficiência na produção e consumo de energia. Esse aspecto é o que mais diferencia a atual transição energética das demais já ocorridas, sua motivação primordial não reside apenas na busca por fontes mais eficientes de energia, mas sim na busca por fontes que emitam menos GEE e sejam capazes de mitigar os efeitos de aquecimento global.

O fator da eficiência energética permanece presente na procura por alternativas às fontes de energia fósseis que predominam na matriz energética atual, da mesma maneira que a preocupação com a finitude das matérias-primas de energia, a qual estimula a busca por fontes renováveis. No entanto, em um contexto de emergência climática, que demanda uma urgente descarbonização da matriz energética global para seu equacionamento, a diminuição das emissões de GEE se mostra como principal motor da transição energética em curso.

Essa característica da transição energética atual pode também ser vista como um dificultador para sua implementação. Isso porque no sistema de produção capitalista vigente, a busca pelo aumento da eficiência produtiva, e da acumulação e lucros decorrentes, é o maior princípio orientador da ação corporativa e política. Dessa forma, uma transição energética que não seja movida fundamentalmente por tal princípio encontra diversas barreiras impostas pelos agentes sociais mais intensamente conectados com as formas tradicionais de produção econômica, que são grandes detentores de poder político e financeiro.

Uma transição energética para fontes de energia com baixa emissão de GEE se mostra necessária e urgente, em razão do aumento da temperatura média do planeta já identificado em observações científicas. Segundo o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023), as atividades humanas, principalmente por meio de emissões de GEE, já provocaram um aquecimento global de 1,1°C acima do observado no período de 1850-1900. Dados mais recentes do Programa *Copernicus* da União Europeia mostram que esse aumento global já atingiu

1,6°C em 2024⁴ (em relação ao período pré-industrial), embora novas medições precisem ser realizadas para se confirmar tal tendência. As emissões de GEE continuam a aumentar em diversas regiões do planeta, principalmente em razão de práticas insustentáveis no setor de energia; no uso e alteração do uso do solo; e nos padrões de produção e consumo.

Os efeitos desse aquecimento no planeta têm provocado rápidas mudanças na atmosfera, nos oceanos e em diversos ecossistemas, e afetado a vida de comunidades humanas, principalmente as mais vulneráveis a eventos climáticos extremos. Alterações no clima planetário têm aumentado a ocorrência de ondas de calor, secas, tempestades e ciclones tropicais. Existem evidências de um aumento no nível médio do mar em 0,20 m entre 1901 e 2018, além do observado aquecimento e acidificação das águas dos oceanos. Alguns ecossistemas têm sido intensamente afetados, aproximando-se da irreversibilidade (ponto de não retorno), como os existentes na criosfera, que são impactados pela diminuição de áreas congeladas (IPCC, 2023), em regiões como o ártico, antártica, Groenlândia, *permafrost* (solos congelados) siberiana e geleiras de cadeias montanhosas, como os Andes e Himalaia.

As alterações climáticas também têm gerado inúmeros prejuízos socioeconômicos, como a destruição de moradias e infraestruturas, impactos negativos na agricultura, pescaria, produção de energia e turismo (IPCC, 2023). Os efeitos das mudanças no clima da terra além de serem variados, são dispersos nas diferentes regiões do planeta, e as atingem de forma desigual, sendo muito mais intensos em regiões vulneráveis ao clima, nas quais muitas vezes habitam nações que contribuíram pouco com emissões de GEE ao longo de suas histórias, se comparado com os países do norte global.

Diante desse cenário de impactos concretos se manifestando em uma velocidade crescente, ações de adaptação às mudanças climáticas se mostram indispensáveis para diminuir a vulnerabilidade de sistemas naturais e humanos. Da mesma maneira, mostra-se urgente o aprofundamento e ampliação das ações de mitigação das mudanças climáticas com a redução das emissões de GEE no planeta, de modo que se possa retardar o efeito de aquecimento global, e futuramente equacioná-lo por meio do net-zero de emissões de GEE e possíveis tecnologias de remoção de GEE da atmosfera.

⁴ Informações sobre os dados do Programa Copernicus podem ser encontrados no link: <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024>

Segundo dados do *Climate Watch*⁵, o setor de energia é responsável pela maior parte das emissões de GEE mundiais (37,41 Gt de CO₂eq), seguido pelo setor de agricultura, florestas e alteração e uso do solo (7,14 Gt de CO₂eq). As emissões de GEE relacionadas à energia representam mais de 70% do total de emissões globais, o que faz da transição energética um movimento fundamental para a mitigação do aquecimento global. Dentro do setor de energia, a maior fonte de emissões é a geração de eletricidade e aquecimento (16,30 Gt de CO₂eq), seguida pelo setor de transportes (7,84 Gt de CO₂eq).

A transição energética que se mostra indispensável em todo o planeta não é uma tarefa simples de se realizar, uma vez que implica em transformações profundas na lógica produtiva da sociedade e na infraestrutura física e política que a mantém. Igualmente, não existe uma solução pronta para o aquecimento global, que possa ser implementada e replicada em todas as nações. Existem diversos caminhos possíveis para sua concretização, diante das várias fontes de energia renováveis e de baixo carbono que podem se alternar e se complementar na matriz energética global, em substituição às fontes fósseis.

Embora os dados a respeito das emissões de GEE ilustrem com clareza a necessidade de implementação de uma transição energética, isso não significa que todos os processos a ela relacionados serão essencialmente benéficos à humanidade e ao planeta. Nesse sentido, a reflexão a respeito das formas como a transição energética deve ser realizada é essencial para se evitar que sejam reproduzidas as injustiças e os impactos socioambientais dos sistemas de energia baseados em fontes fósseis.

A exploração de minerais críticos para a transição energética é uma das questões mais sensíveis no que diz respeito ao debate sobre a sustentabilidade dos modelos de transição energética. Nesse contexto, minerais críticos podem ser entendidos como os minérios que figuram como insumos essenciais para a realização de processos produtivos relevantes na transição energética, sem os quais tais processos seriam prejudicados ou interrompidos. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2025), um mineral crítico “é um recurso essencial para a economia, cujo fornecimento está em risco e cuja ausência pode causar graves impactos econômicos, ambientais, de segurança e sociais”, e nesse caso trata-se de recursos relacionados à transição energética. Minerais estratégicos, por sua vez, apresentam um escopo mais abrangente, que englobam três critérios: i) minerais

⁵ A base de dados pode ser consultada por meio do link:
<https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>

que o país importa em grande escala para suprir setores vitais da economia; ii) minerais que têm sua importância crescendo devido à aplicação em produtos e processos de alta tecnologia; iii) minerais essenciais para a economia nacional, capazes de proporcionar vantagens competitivas e contribuir para o superávit na balança comercial do país (EPE, 2025).

A participação dos minerais críticos na transição energética passou a ser um tema bastante presente nas discussões e planejamentos políticos sobre mitigação das mudanças climáticas. O debate ocorre tanto pelo enfoque da segurança energética e do desenvolvimento de mercados, tendo em vista que os minerais críticos são fundamentais nas cadeias produtivas de sistemas energéticos de baixo carbono, como pela ótica dos impactos socioambientais implicados na transição energética, uma vez que a exploração mineral resulta em significativos impactos na região em que ocorre a mineração.

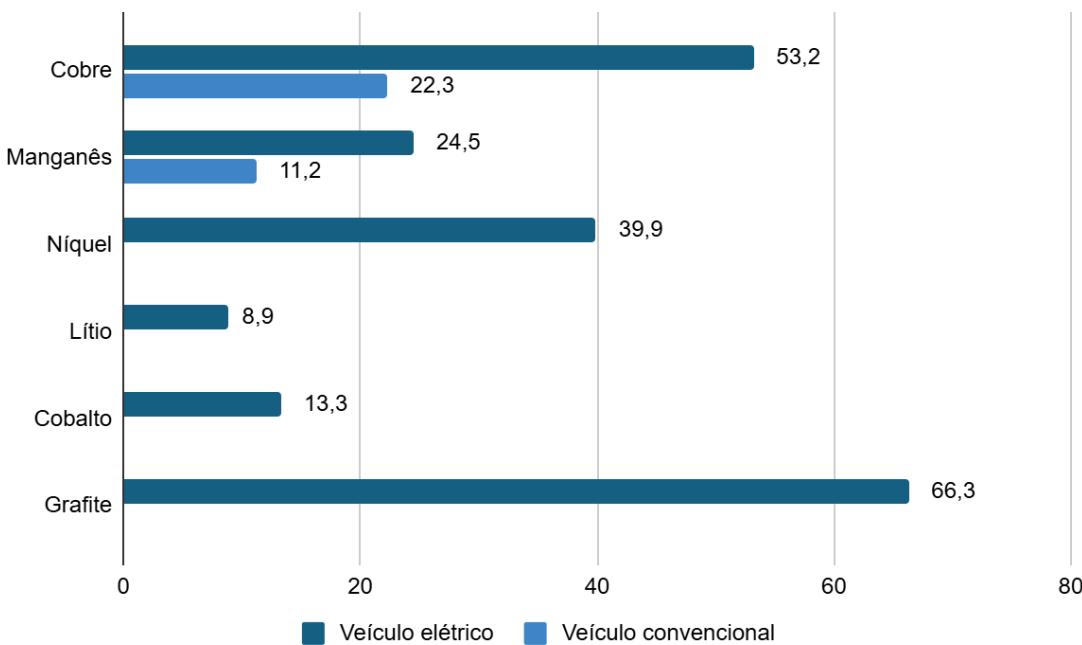
Organizações internacionais comprometidas com a transição e a segurança energética, como a *International Energy Agency* (IEA) e a *International Renewable Energy Agency* (IRENA), têm feito estudos e projeções de mercado, com o intuito de oferecer informações aos governantes e ao setor privado que possam auxiliar no desenvolvimento de mercados capazes de equilibrar a produção de minerais críticos com a sua crescente demanda oriunda da transição energética. As questões relacionadas aos impactos socioambientais que podem ser gerados pelo aumento exponencial da exploração de minerais críticos, no entanto, não recebem igual tratamento. Embora não sejam ignoradas, tampouco são o foco de atuação das instituições.

De qualquer maneira, tais organizações desempenham um importante papel de divulgação de informações sobre as dinâmicas mundiais de mercado da transição energética em curso. Segundo relatório publicado pela IRENA (2021), é possível observar um rápido crescimento da demanda por materiais pouco utilizados nos sistemas produtivos tradicionais, induzido pelas mudanças geradas pela transição energética, em especial em razão do crescimento da implementação de sistemas de produção de energia renovável, principalmente de fonte solar e eólica, construção de redes elétricas e eletromobilidade, que necessitam de maior quantidade de minerais em sua produção.

Análises publicadas pela IEA (2024) apontam que um carro elétrico típico pode demandar até seis vezes mais insumos minerais do que um carro convencional a combustão. Como se observa na Figura 6, a produção de veículos convencionais utiliza apenas dois dos seis minerais críticos apresentados (cobre e manganês), e ainda assim em quantidade bastante inferior a utilizada na produção de veículos elétricos. Já uma planta

de produção de energia eólica *onshore* pode demandar nove vezes mais insumos minerais do que uma planta de produção de energia termoelétrica a gás. No caso de torres eólicas, há, ainda, outros minerais importantes, embora não necessariamente críticos, como o Zinco, utilizado em processos de galvanização. A transição energética tem transformado o setor de energia em um dos principais demandantes da produção de minérios no mundo, o que antes representava uma parcela pequena da demanda do mercado (IEA, 2024).

Figura 6: Minerais críticos utilizados na produção de veículos, em kg por veículo, em média, no mundo.



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados de IEA (2024).

Não existe um consenso absoluto a respeito de quais são os minerais críticos para a transição energética, já que as análises envolvem projeções futuras de mercado e dos sistemas energéticos a serem implementados, as quais apresentam incertezas e consequentemente divergências entre si. Muitos estudos que tratam de minerais críticos, no entanto, citam principalmente os seguintes elementos: cobalto, cobre, níquel, lítio, manganês, grafite e terras raras.

De uma maneira geral as tecnologias relacionadas à transição energética são complexas e envolvem a utilização de vários minérios em seus processos produtivos, mas pode-se destacar a utilização de lítio, cobalto, níquel e grafite na produção de baterias de veículos elétricos (além do cobre em bobinas e cabos elétricos), terras raras são essenciais para produção turbinas eólicas e cobre é muito utilizado na construção de redes de energia elétrica.

O lítio tem ocupado um papel de destaque entre os minerais críticos, em grande medida pelo rápido aumento observado em sua demanda no mercado mundial e que tende a se manter em crescimento até 2050, segundo as projeções de mercados elaboradas pela IEA (2024), conforme previamente ilustrado na Figura 4. A projeção de crescimento da demanda por lítio se mostra mais acelerada do que a projeção para os demais minerais críticos, em razão do crescimento também acelerado da produção de veículos elétricos no mundo.

Um estudo foi realizado pela IRENA (2024) com intuito de elaborar um ranking dos materiais mais críticos para a transição energética, em seu resultado o lítio ocupa o primeiro lugar do ranking, como mineral mais crítico. A metodologia utilizada se baseia em seis indicadores: tendências encontradas na literatura sobre o tema, diversificação de mercados, abundância dos minerais na crosta da terra, cenários de demandas futuras, potencial de reciclagem e potencial de substituição do material. Em todos os indicadores analisados, o lítio apresenta um alto nível de criticidade.

Diante do exposto, pode-se observar o papel fundamental que o lítio tem a desempenhar na transição energética em curso. Como já apontado anteriormente, a grande quantidade de GEE emitidos na atmosfera têm causado um aumento da temperatura planetária que já demonstra seus efeitos, por meio do agravamento dos eventos climáticos extremos, de tal forma que a transição energética para fontes de energia não fósseis se mostra urgente e necessária.

Tendo em vista que um dos maiores emissores de GEE é o setor de transportes, o movimento em curso em diversos países no sentido de substituir veículos movidos à combustão por soluções de eletromobilidade pode contribuir significativamente para os esforços de mitigação do aquecimento global. É nesse aspecto da transição energética que o lítio revela sua importância, uma vez que se trata de um mineral essencial para a produção das baterias de armazenamento de energia dos veículos elétricos produzidos atualmente.

Nesse sentido se evidencia o principal benefício socioambiental advindo da exploração do lítio, que se trata da contribuição para a descarbonização da mobilidade. Outros benefícios, no entanto, podem ser observados, como o crescimento da renda na região mineradora, com o aumento da produtividade local (Agusdinata *et al.*, 2018). Esse crescimento econômico não se materializa em melhoria de condições de vida para todos, uma vez que os benefícios socioeconômicos costumam ser distribuídos de maneira desigual nas comunidades, mas ainda assim pode representar uma oportunidade para o

desenvolvimento da realidade socioeconômica local, caso haja incentivos para a redistribuição de renda, a diversificação da atividade produtiva local e a realização de investimentos na infraestrutura da região (Enríquez, 2007; Enriquez; Ferraz, 2023).

Outro benefício da exploração do lítio, que não pode ser ignorado, são as vantagens geopolíticas decorrentes do fato de uma nação possuir recursos valorizados no mercado internacional. Além de garantir o abastecimento interno do país com seus próprios insumos de lítio, a disponibilidade para a exportação do minério poderia representar uma vantagem competitiva do país no mercado internacional, que poderia se materializar em poder de influência na determinação de preços e condições de comércio do lítio, e em negociações internacionais a respeito de outros temas comerciais.

O Brasil apresenta uma tendência de aumento não apenas de veículos leves híbridos no curto e médio prazo, mas também de veículos leves 100% elétricos, em médio e longo prazos, seguindo a tendência internacional de diversos países europeus, além de China, Japão e outras nações. É importante ressaltar, contudo, que a eletrificação de veículos não é a única estratégia possível para a descarbonização do setor de transportes. Existem outras iniciativas que apresentam o intuito de reduzir as emissões de GEE no transporte de passageiros, como por exemplo a utilização de biocombustíveis ou de hidrogênio verde.

O etanol, por exemplo, se mostra uma fonte de energia promissora, a ser utilizada como alternativa aos combustíveis fósseis. Se trata de uma fonte de energia renovável, que embora provoque emissões de GEE com a combustão realizada nos veículos, são parcialmente compensadas no processo produtivo do etanol, pela captura de carbono que ocorre no crescimento das plantas cultivadas para serem utilizadas como matéria-prima em sua fabricação.

No Brasil em especial, a utilização do etanol em veículos leves se mostra um caminho viável para a descarbonização desse setor de transportes, em razão das grandes áreas cultiváveis que o país possui, o que diminuiria o risco de concorrência com outras produções agrícolas, como a produção de alimentos, e a necessidade de desmatamento de áreas com vegetação nativa para o cultivo dos insumos do etanol. Também é relevante o histórico que o país apresenta com a produção de cana-de-açúcar para diversos fins, que remonta a era colonial do Brasil, e que se estende à era moderna com as políticas de incentivo ao setor sucroalcooleiro que visavam estimular a produção de etanol para fazer frente às crises internacionais do petróleo da década de 1970.

Conforme comentado inicialmente, se mostra evidente que não há uma solução única para a transição energética, da mesma forma que não existe apenas um caminho para a descarbonização de veículos leves. As soluções propostas para a descarbonização do setor devem ser analisadas com olhar crítico, considerando as realidades locais e os possíveis impactos de toda sua cadeia produtiva, para se alcançar uma avaliação realista das propostas mais adequadas a cada contexto. Nesse sentido, as “Análises de Ciclo de Vida” (ACV) são ferramentas úteis, que permitem a sistematização de avaliações abrangentes a respeito dos impactos causados em cada etapa produtiva de um produto ou fonte de energia (Sanches, 2021).

Existem diversos estudos e ACVs que se propõem a investigar os impactos das variadas alternativas de fontes de energia não fósseis para veículos leves. A dissertação de mestrado de Sanches (2021), por exemplo, apresenta uma ACV realizada com o objetivo de comparar o impacto ambiental causado por veículos elétricos e por veículos à combustão no Brasil. Como resultado da pesquisa, o autor aponta que o carro elétrico apresenta uma redução geral de impactos ambientais em relação ao carro a combustão. Segundo Sanches, observou-se uma redução de 11,8% na demanda de energia primária, 41,35% no potencial de aquecimento global e 27,3% no potencial de depleção abiótica (consumo de recursos naturais não bióticos) para o carro elétrico (Sanches, 2021).

Um outro exemplo é a pesquisa realizada por Carvalho (2024) para a construção de sua tese de doutorado. O Autor utiliza a metodologia de ACV para analisar comparativamente o impacto da eletrificação da frota de veículos leves no consumo energético e no potencial de aquecimento global (GWP) no Brasil, considerando veículos 100% elétricos, veículos híbridos e veículos movidos à combustão interna com bioetanol. Os resultados da pesquisa indicaram que em uma análise comparativa das emissões por quilômetro rodado, veículos com motores à combustão interna e híbridos abastecidos com bioetanol apresentaram menores emissões em comparação com os veículos elétricos a bateria, principalmente em razão das emissões da fase de fabricação das baterias elétricas. De uma maneira geral, contudo, os resultados sugerem que investimentos tanto na ampliação do uso do bioetanol quanto na eletrificação da frota são caminhos promissores para a transição energética e a descarbonização do setor de transportes no Brasil (Carvalho, 2024).

No Brasil há um debate acadêmico e político a respeito das vantagens e desvantagens da utilização de biocombustíveis e da eletromobilidade para a descarbonização do setor. Essa discussão, no entanto, não é o foco deste trabalho, que

parte do princípio que existe um movimento já em curso no mercado internacional, de aumento exponencial na produção de veículos elétricos, que tende a se manter em crescimento nos próximos anos, conforme detalhado no Capítulo 2. O objeto da presente pesquisa está relacionado à análise de um dos efeitos de tal movimento, que se trata do aumento da exploração do lítio no Brasil e no mundo, mas não tem como cerne a comparação entre alternativas ao modelo de transição em curso.

Diante desse cenário, a disponibilidade de lítio no mercado global mostra-se indispensável para a manutenção das cadeias globais de produção de veículos elétricos, todavia, a segurança no fornecimento do insumo mineral não pode ser buscada a qualquer custo. A exploração de lítio pode implicar em inúmeros impactos socioambientais e injustiças socioeconômicas, que precisam ser endereçadas, para que o propósito de promover a transição energética não se torne um estímulo para a manutenção de antigos modelos de exploração predatória de recursos naturais. Tais impactos e injustiças serão discutidas de forma mais aprofundada nas sessões seguintes do trabalho. Além disso, pode-se investir em processos de maior eficiência energética e uso racional da energia, assim como de reciclagem de baterias e outros componentes, de maneira a reduzir o ritmo de crescimento da demanda mineral de lítio.

4.2. Impactos socioambientais

Conforme detalhado na seção anterior, o crescimento da demanda pelos insumos de lítio tem sido fortemente estimulado pelos processos produtivos associados à transição energética, que é alimentada por uma preocupação com a sustentabilidade do futuro socioambiental do planeta. No entanto, as questões relativas à sustentabilidade não estão no centro do debate acadêmico a respeito da exploração do lítio, como se poderia esperar nesse contexto.

A partir da realização de revisão da literatura sobre o tema, é possível observar a existência de um predomínio de publicações que tratam de análises sobre temas relacionados à exploração econômica do lítio, como seu mercado, possíveis fragilidades na cadeia de valor global relacionada ao minério, tecnologias de extração e aproveitamento do lítio, análises de ciclo de vida de baterias de íon-lítio e métodos de reciclagem, entre outras. Poucas, no entanto, tratam especificamente dos impactos socioambientais da exploração do lítio na região em que o minério é extraído.

Na revisão sistemática da literatura coordenada por Agusdinata *et al.* (2018) foi encontrada uma discrepância na distribuição geográfica das publicações sobre o tema. Segundo os autores, 44% das publicações foram realizadas em países que são tanto consumidores de baterias de íon-lítio para produção de veículos elétricos, quanto produtores dos insumos de lítio, 54% das publicações são provenientes de países que apenas consomem insumos de lítio, e apenas 2% das publicações são provenientes de países apenas produtores de minérios de lítio. Tal discrepância apresenta relação com o baixo número de publicações que tratam dos impactos socioambientais da exploração do lítio nas comunidades diretamente afetadas, uma vez que os impactos são avaliados localmente.

O estudo em questão aponta alguns temas identificados como relevantes para a temática de impactos socioambientais da exploração do lítio, mas que foram negligenciados pela produção acadêmica no período de realização da pesquisa. Entre eles estão o estabelecimento de padrões de referência para a capacidade de carga da água da região em que o lítio é explorado (Agusdinata *et al.*, 2018). Uma parte significativa do lítio produzido no mundo é proveniente de salmouras existentes em regiões áridas da América do Sul, e seu processo produtivo demanda uma grande quantidade de água, o que faz com que seja indispensável uma criteriosa avaliação dos impactos nos sistemas hídricos das regiões afetadas.

Um outro tema negligenciado, segundo os autores é o impacto da exploração mineira sobre a vida selvagem e os ecossistemas da região em que ocorre a exploração (Agusdinata *et al.*, 2018). Tais impactos estão diretamente ligados ao uso indiscriminado da água nas regiões mais áridas, mas também podem ser ocasionados pela alteração das paisagens e do uso do solo provocadas pelos diversos tipos de mineração de lítio existentes.

Conforme esclarecido no Capítulo 2, existem dois principais tipos de depósitos de lítio atualmente explorados comercialmente, os depósitos constituídos de salmouras de lítio, e os depósitos encontrados em rochas ígneas, chamadas de pegmatitos. Os dois tipos de depósitos se encontram em formações geológicas bastante diferentes, que exigem métodos de extração também específicos para cada um, o que implica em impactos socioambientais distintos em seus processos de mineração.

Diante da dessemelhança dos processos de mineração de lítio em depósitos de salmouras e de pegmatitos, há também uma dificuldade de comparação entre seus impactos socioambientais decorrentes. De uma maneira geral, a exploração de salmouras

de lítio apresenta um impacto visual mais aparente, em razão da construção das piscinas de evaporação que ocupam grandes extensões do território. Contudo, os métodos de extração do lítio desses depósitos contam com etapas de transformação naturais dos compostos, como a evaporação e precipitação, que faz com que seja possível se considerar um potencial menor impacto desse tipo de extração mineral, se comparado com os métodos tradicionais de extração de metais de minérios (Flexer *et al.*, 2018; Gu e Gao 2021).

Os impactos socioambientais que a exploração de lítio pode causar apresentam significativa variação de acordo com o tipo de reserva da qual o lítio é extraído e da realidade ambiental e social da localidade em que a exploração mineral é realizada. No entanto, existem características gerais que podem ser observadas, e que podem auxiliar a construção de um panorama dos desafios de sustentabilidade relacionados ao setor. Tais características gerais serão tratadas nas seções seguintes. Os impactos sociais em especial, em razão de suas peculiaridades locais, são tratados com maior profundidade nas seções da dissertação que tratam das regiões específicas em que ocorre a mineração.

4.2.1. Principais impactos socioambientais da exploração do lítio em salmouras

Os depósitos de lítio em salmouras, como a maioria das formações geológicas, não são homogêneos, apresentam significativas diferenças em suas composições, concentrações de lítio e estruturas de interface com os sistemas geológicos adjacentes. A maior parte das reservas de lítio em salmouras se encontra na América do Sul, no Platô de Puna, onde está localizada a tríplice fronteira entre Argentina, Bolívia e Chile, mas também são encontrados grandes depósitos na China e nos Estados Unidos (Kaunda, 2020).

O método tradicional de exploração do lítio em salmouras se dá por meio de processos de evaporação para concentração da salmoura e posterior separação química do minério para obtenção de maior pureza do produto final. Inicialmente, é feita uma perfuração na superfície do salar, que permite o bombeamento da salmoura de lítio dos aquíferos salinos subterrâneos para piscinas de evaporação construídas na superfície. As salmouras ficam expostas ao vento e irradiação solar e sofrem um processo de evaporação

e precipitação, que promovem a separação do lítio de outros sais presentes na salmoura, como Na, K, Mg (Flexer *et al.*, 2018).

Esse processo apresenta alterações que variam principalmente em razão de especificidades na composição das salmouras, das condições climáticas do ambiente em que são extraídas e do desenvolvimento tecnológico dos métodos de extração da empresa mineradora. No entanto, de uma maneira geral, tais processos apresentam alguns impactos socioambientais comuns, entre eles se destaca as alterações no sistema hidrológico das regiões em que a mineração ocorre.

Sobre esse aspecto é importante ressaltar a existência de dois tipos de recursos hídricos que são intensamente utilizados no processo de exploração do lítio em salmouras: um deles é composto da água altamente salinizada existente nas salmouras dos aquíferos salinos subterrâneos; e o outro de água fresca que é retirada de reservas encontradas nas proximidades dos salares (Flexer *et al.*, 2018). Embora não seja própria para o consumo humano, consumo animal ou para irrigação, a água proveniente das salmouras é extremamente importante para o equilíbrio dos sistemas hídricos em que se encontram e para os ecossistemas relacionados.

Nos sistemas de evaporação para concentração das salmouras de lítio, aproximadamente 95% da água das salmouras é perdida para a evaporação; enquanto para a água fresca, até 50.000 litros de água são utilizados para a obtenção de uma tonelada de carbonato de lítio grau bateria (Flexer *et al.*, 2018). A extração de grandes volumes de água do ambiente pela indústria de mineração se releva prejudicial em regiões áridas como o Platô de Puna, pois, além de desequilibrar o sistema hídrico, afetam a sobrevivência de animais característicos da região como os flamingos andinos, camelídeos e chinchilas (Pérez, *et al.* 2023).

O uso indiscriminado da água pela indústria mineradora em tais regiões pode comprometer a manutenção de formas de vida tradicionais de comunidades que ocupam a região há muitos anos, e que dependem da disponibilidade de água para a produção agrícola e a criação de camelídeos para subsistência (Jerez, 2018). A implementação de grandes projetos mineradores altera a estrutura social da região, prejudicando a organização autodeterminada tradicional do território, com a propriedade das empresas mineradoras sobre grandes terrenos, e a gestão comunitária da água que passa a ser restringida pelas concessões de uso para utilização na mineração. Ademais, fontes de renda dos povos da região como a extração artesanal de sal dos salares para

comercialização e o ecoturismo são inviabilizados pela presença das empresas mineradoras (Pérez *et al.*, 2023).

Uma outra externalidade negativa da produção de lítio a partir de depósitos de salmouras é a grande quantidade de resíduos que o processo de extração produz. Os elementos que compõem as salmouras variam em cada depósito, mas, de uma maneira geral, além do lítio, há uma grande quantidade de sais dissolvidos na solução aquosa. No processo de evaporação e precipitação da extração do lítio, esses sais retornam ao estado sólido e se transformam em resíduos do processo. São formados principalmente sais de Na e K, e após a adição de óxido de cálcio para a separação do Mg, também são formados compostos de Mg(OH)₂ (hidróxido de magnésio) com CaSO₄ (sulfato de cálcio) (Flexer *et al.*, 2018).

Em um exemplo de uma salmoura com características regulares, com concentração de lítio de 700 ppm e taxa de aproveitamento de 70%, a produção de uma tonelada de carbonato de lítio pelo processo de evaporação produziria em torno de 115 kg de resíduos (Flexer *et al.*, 2018). Embora os resíduos produzidos não sejam considerados materiais altamente tóxicos, que poderiam provocar contaminação severa no ambiente, o grande volume de materiais exige um tratamento adequado pelas empresas mineradoras, de modo a não afetar o equilíbrio da paisagem e dos ecossistemas da região minerada.

4.2.2. Impactos socioambientais da exploração do lítio em pegmatitos

Os depósitos de pegmatitos que contém reservas de lítio fazem parte de formações geológicas bem diferentes das regiões em que se encontram as salmouras de lítio. Pegmatitos são encontrados em solos mais antigos do que as salmouras e apresentam uma ocorrência menos localizada, sendo comuns em várias regiões do planeta. Na maioria dos casos não se encontram em regiões tão áridas como nos salares do Platô de Puna. Em razão de sua ocorrência comum em variadas formações geológicas, os fatores climáticos, ambientais e ecossistêmicos que os cercam variam bastante de acordo com a região do planeta em que se encontram.

As variações geográficas da paisagem se mostram relevantes, uma vez que os impactos socioambientais mais intensos da exploração do lítio são decorrentes da interação entre a atividade mineradora e as comunidades humanas e os ecossistemas que

a cercam. Nesse contexto, é importante ressaltar que as maiores extrações de lítio a partir de depósitos de pegmatitos são realizadas na Austrália, China, Brasil e Canadá (Kaunda, 2020).

Outra distinção fundamental a se fazer na análise dos impactos socioambientais da extração de lítio em pegmatitos é a diferença entre os impactos oriundos dos processos de extração do minério do solo, assim como os impactos advindos dos processos de refino do minério. Isso porque, no atual desenho da cadeia global de valor do lítio, a extração dos pegmatitos do solo em forma bruta é feita em regiões diferentes dos locais em que se realiza o tratamento do minério, para que ele se torne um insumo direto da fabricação de baterias.

A maior parte da extração do minério do solo é realizada na Austrália, China, Brasil e Canadá, enquanto cerca de 64% do refino de lítio para produção de insumos da fabricação de baterias é realizado na China (IEA, 2024). As duas etapas do processo de produção de compostos de lítio grau bateria apresentam diferentes interações com o meio ambiente e, consequentemente, diferentes impactos socioambientais.

A partir da elaboração de uma análise de ciclo de vida da produção dos insumos de lítio, realizada por Feng *et al.* (2024), considerando as atividades produtivas realizadas na China e Austrália, foi observado que as atividades relacionadas ao refino de lítio são as principais causadoras de impactos ambientais, sendo responsáveis por 43% dos impactos, enquanto o refino causaria 32% dos impactos e a mineração, propriamente dita, apenas 24%. Segundo os autores, a prevalência de impactos ambientais associados aos processos de refinamento se daria em razão do elevado consumo de energia e de insumos químicos nos processos (Feng *et al.*, 2024).

Cabe observar que, todas as etapas do processo produtivo de lítio para fabricação de baterias apresentam significativas externalidades negativas, que precisam ser internalizadas ou mitigadas pelos atores responsáveis. A extração dos minérios de lítio em pegmatitos pode ser feita em minas a céu aberto ou em minas subterrâneas, e se assemelha aos processos tradicionais de extração mineral de metais. É preciso ressaltar que os processos de extração e refino dos minérios de lítio podem variar de acordo com as características de composição das reservas das quais são retirados, e das tecnologias de mineração utilizadas pelas empresas envolvidas, as quais não costumam divulgar inteiramente seus processos produtivos.

De uma maneira geral, no entanto, a extração mineral de pegmatitos ocorre por meio das seguintes etapas: inicialmente as rochas de minério são extraídas do solo por

meio de escavadeiras, explosivos ou outros equipamentos mecânicos, produzindo fragmentos de rochas. Em seguida os fragmentos são triturados, peneirados e moídos, de modo a se alcançar um tamanho específico em suas partículas. Depois disso, o material passa por processos de separação de meio denso e flutuação para separá-lo de outras substâncias indesejadas, e em seguida o concentrado de minério de lítio resultante é enviado para a indústria de refino do mineral (Feng *et al.*, 2024).

Um significativo impacto socioambiental decorrente da atividade de extração mineral diz respeito a ocupação do território e a alteração de sua paisagem. As empresas mineradoras não possuem total liberdade na escolha do local para a construção de suas instalações, uma vez que são limitadas pelo espaço onde há ocorrência das reservas do minério a ser explorado. Muitas vezes as reservas mais economicamente promissoras se encontram em territórios já ocupados por comunidades humanas ou muito próximas a elas, ou em sítios de grande sensibilidade ecossistêmica.

Essa sobreposição de interesses na ocupação do território é uma das principais causas de conflitos fundiários, que são geralmente marcados pela violação de direitos de povos tradicionais e desrespeito à proteção ambiental. Trata-se de uma disputa desigual, uma vez que as grandes empresas mineradoras possuem mais recursos e poder político para impor seus interesses sobre os demais.

Além do conflito fundiário, a operação de extração mineral de lítio pode gerar prejuízos diretos para as comunidades humanas e não humanas que habitam o território minerado. Entre eles, pode-se citar a poluição sonora e do ar, causadas pelas explosões e operações de maquinários pesados na extração das rochas do solo; formação de grandes pilhas de rejeitos secos, que embora não sejam compostos de substâncias tóxicas, ocupam o território e alteram a paisagem; alteração nos sistemas hídricos da região, gerada pela captação de água para utilização no sistema produtivo; precarização da renda de comunidades, que pela mudança na ocupação do território com frequência se tornam impossibilitadas de exercer atividades de subsistência como o ecoturismo e atividades agropastoris de pequeno porte. Ademais, embora a atividade mineral possa contribuir com tributos e empregos aos municípios afetados, também está frequentemente associada ao aumento de criminalidade local e de assentamentos irregulares (Enriquez; Ferraz, 2023).

O processo de refino do minério de lítio apresenta um impacto menor na ocupação do território do que a extração mineral, no entanto implica em um grande consumo de energia e de reagentes químicos. A principal técnica utilizada é chamada de rota ácida,

na qual o concentrado de minério de lítio é submetido a um processo de calcinação de alta temperatura, em seguida é acrescentado ácido sulfúrico ao material para solubilização do minério, que então passa por processos de lixiviação, precipitação, filtragem, cristalização e secagem, para enfim se obter os compostos de lítio grau bateria (Feng *et al.*, 2024).

As altas temperaturas necessárias ao processo de refino do minério implicam em um alto consumo de energia agregado, o que pode ter um impacto significativo no volume de emissões de GEE associadas ao processo. Esse impacto é ainda mais agravado quando consideramos que a maior parte do refinamento de minérios de lítio é realizado na China, com a utilização de fontes não renováveis de energia como o gás natural e o carvão mineral (Gu e Gao, 2021), além dos impactos de transporte terrestre e cabotagem até os locais de refino. O processo de refino por meio da rota ácida, além de consumir grandes quantidades de insumos químicos como o ácido sulfúrico, produz grandes volumes de resíduos químicos tóxicos, que exigem tratamento adequado e podem ser prejudiciais ao meio ambiente e a saúde humana em caso de vazamentos indesejados (Feng *et al.*, 2024).

Quadro 2: Síntese dos impactos socioambientais da exploração de lítio.

Tipos de Depósito	Impactos associados
Salmouras	<ul style="list-style-type: none"> • Alteração da paisagem; • Alteração do sistema hídrico – escassez hídrica; • Dificuldade de manutenção de modos de vida tradicionais; • Produção de grandes quantidades de resíduos sólidos; • Desequilíbrio no ecossistema local; • Ameaça à sobrevivência de espécies endêmicas; • Conflitos fundiários; • Contaminação de aquíferos subterrâneos.
Pegmatitos	<ul style="list-style-type: none"> • Alteração da paisagem; • Alteração do sistema hídrico – escassez hídrica; • Precarização da renda das comunidades próximas; • Produção de grandes quantidades de resíduos sólidos; • Desequilíbrio no ecossistema local; • Elevado consumo de energia na fase de refino do minério; • Conflitos fundiários; • Poluição sonora e do ar.

Fonte: Elaboração própria.

5. Análise da estratégia de exploração do lítio na Bolívia, Chile e Argentina

Este capítulo apresenta uma análise das estratégias políticas de exploração do lítio na Bolívia, no Chile e na Argentina, com o intuito de identificar práticas políticas exitosas e desafios enfrentados na promoção da exploração sustentável do minério nesses países. A partir de uma contextualização sociopolítica do histórico de exploração do minério nos países, são apresentadas as principais medidas políticas tomadas por seus Governos para a promoção do desenvolvimento da atividade no país, assim com a estratégia atual adotada para a exploração do minério, e o marco político legal que a sustenta. A análise internacional realizada no presente capítulo promove reflexões basilares para as discussões a respeito da estratégia de exploração do lítio no Brasil, elaboradas no Capítulo 6.

5.1. A exploração do lítio na Bolívia

A Bolívia possui uma história marcada por relações estreitas entre suas instituições sociopolíticas e a mineração, uma vez que a atividade mineradora sempre ocupou um lugar de destaque em sua economia. A riqueza mineral do país foi determinante para o seu crescimento econômico, mas também para a criação de relações de poder e desigualdades estruturais na sociedade, que persistem até os dias atuais.

Durante o período colonial, a Espanha criou estruturas de exploração mineral no território boliviano que seguiram influenciando o sistema produtivo do país por muitos anos após a sua independência. Nesse sistema extrativista, a matéria-prima era extraída do solo boliviano por meio da exploração da força de trabalho de povos originários da região, e exportada para a Europa para que lá fosse transformada em produtos com maior valor agregado. Nos séculos XVII e XVIII, Potosí foi um dos maiores produtores de prata do mundo, sob a administração colonial da Espanha (Ströbele-Gregor, 2015).

Desde sua independência, que ocorreu em 1825, até a década de 1950, houve a predominância de um modelo extrativista mineral, no qual grande parte da atividade produtiva do país estava relacionada à extração e exportação de prata e estanho, como matérias-primas para a produção industrial de outras nações (Larrazabal, 2018):

“Hasta la mitad del siglo XX, Bolivia fue un país cuya economía tuvo una dependencia casi total de la minería. Como lo comentamos anteriormente, primero fue la dependencia a las exportaciones de la plata, posteriormente el estaño. Como dato, entre el periodo [1925-1952] la minería representó el 95 por ciento de las exportaciones totales y el estaño constituyó el 76 por ciento de las exportaciones mineras y el 73 por ciento de las exportaciones totales” (Del Barco, 2012).

Nos anos seguintes, a partir das especificidades de suas características socioculturais, que influenciaram os processos de mudança institucional do país, a história política da Bolívia acompanhou as dinâmicas de transformação social que ocorreram de maneira geral nos países da América Latina, influenciados pelo contexto histórico global.

De meados de 1950 até o fim da década de 1970 foram instituídos modelos de Governo com forte presença estatal, que se baseavam em princípios nacionalistas de desenvolvimento. Nesse período, embora existissem diferenças entre as políticas econômicas adotadas em cada Governo, é possível observar uma mesma diretriz de posicionamento da atuação estatal na qual o Estado passa a representar um papel fundamental na promoção da industrialização do país, com políticas restritivas de comércio exterior e substituição de importações (Larrazabal, 2018).

Nas décadas de 1980 e 1990, com as dificuldades de sustentabilidade fiscal enfrentadas pelos Estados de bem-estar social, políticas de caráter neoliberal ganham força nos Governos, com a imposição de restrições fiscais nos orçamentos públicos, privatizações e diminuição do aparato burocrático do Estado de maneira geral. Nesse período, muitas atividades de exploração mineral que eram desempenhadas por instituições estatais foram transferidas para a iniciativa privada.

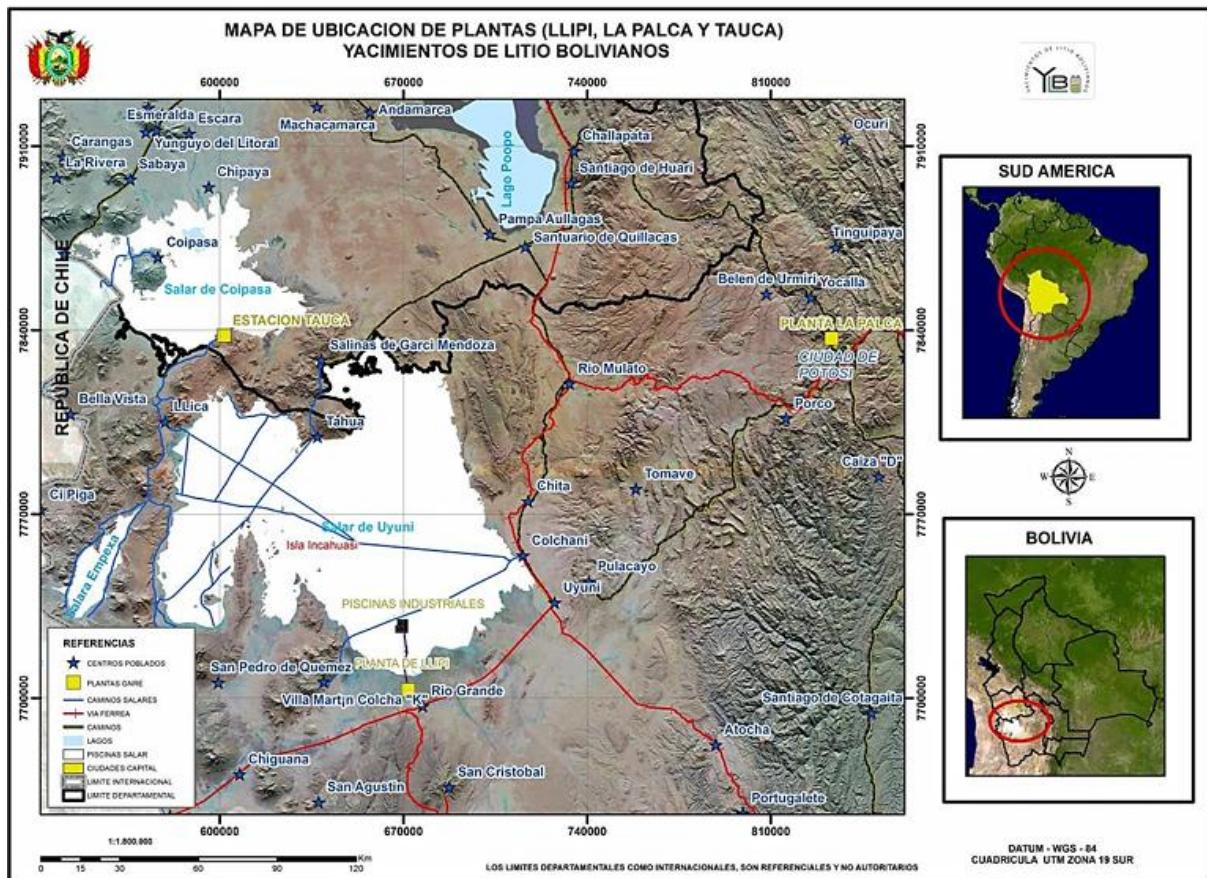
A partir do início do século XXI, inicia-se um movimento político de fortalecimento do Estado na região, que retoma os princípios do Estado desenvolvimentista do século XX e que, por muitos autores, é considerado neo-desenvolvimentista (Del Barco, 2012; Fornillo, 2018; Larrazabal, 2018; Soares, 2023; Ströbele-Gregor, 2015). Na história da Bolívia, a eleição do presidente Evo Morales em 2005 representa um marco, por ser o primeiro presidente indígena da nação, que levou ao debate político nacional os ideais de bem-viver da cosmologia indígena boliviana e implementou uma ruptura na política econômica de orientação neoliberal que dominava o país anteriormente. Uma das primeiras ações de Morales na presidência foi a

nacionalização do petróleo e do gás em 2006, com impactos inclusive sobre a Petrobras, revertendo as privatizações do período neoliberal. Isso sinalizou uma mudança na forma como o país lidava com seus recursos naturais, buscando um maior controle estatal. Essa ação foi um sinal de que o governo estaria disposto a enfrentar interesses estrangeiros em busca de maior autonomia sobre as riquezas do país (Ströbele-Gregor, 2015).

A exploração do lítio na Bolívia se insere nesse contexto sociopolítico, sendo significativamente afetada pelas transformações nas orientações políticas dos Governos. Isso porque o lítio representa para a sociedade boliviana um valioso recurso natural disponível em seu território, com um valor de mercado que carrega um grande potencial de crescimento futuro. Ao redor desses recursos que podem se transformar em fonte de riqueza para o país, se forma uma disputa de poder político, relativo a decisões sobre como deve ser feita sua exploração e sobre quem poderá se beneficiar dos processos exploratórios.

Conforme descrito no Capítulo 2, a Bolívia possui um dos maiores volumes de recursos de lítio do mundo. Tais recursos estão localizadas principalmente em salares, com destaque para o *Salar de Uyuni* e o *Salar de Coipasa*, que se localizam no *Platô de Puna*, nos departamentos de Potosí e Oruro. O *Salar de Uyuni*, em particular, é um dos maiores salares do mundo, com uma área de 10.582 km² e uma altitude média de 3.653 metros acima do nível do mar (Larrazabal, 2018). A extensão dos salares é ilustrada pela Figura 7.

Figura 7: Mapa dos Salares de Uyuni e Coipasa



Fonte: YLB (2017).

Os salares são compostos de uma superfície dura de cloreto de sódio e abaixo dela camadas de salmoura e lodo, ricas em lítio, potássio, boro, magnésio e sódio. O *Salar de Uyuni* apresenta uma concentração média de lítio de 350 ppm, uma taxa de evaporação 1.500 mm/ano e altas taxas de magnésio em sua composição (cerca de 22 vezes a quantidade de lítio), tais características tornam a extração do lítio mais complexa e custosa do que a extração de lítio no *Salar de Atacama* e no *Salar del Hombre Muerto*, localizados no Chile e Argentina, respectivamente (Del Barco, 2012).

As pesquisas de mapeamento geológico no *Salar de Uyuni* começaram a ser feitas de maneira mais estruturada na década de 1970. Estudos realizados em parceria entre a *Universidad Mayor de San Andrés* (UMSA) e a instituição de pesquisa francesa *Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer* (ORSTOM) identificaram a presença de lítio em altas concentrações na salmoura do Salar, com valores significativos de recursos de lítio, potássio e boro (Arrese, 2019).

Com a divulgação dos achados geológicos a respeito do lítio, na década de 1980, empresas transnacionais como a *Lithium Corporation of America* (LITHCO),

posteriormente transformada na *Foote Mineral Company* (FMC), dos Estados Unidos, tentaram firmar contratos com o Governo Boliviano para a exploração do minério. No entanto, enfrentaram forte resistência popular, liderada pelo *Comité Cívico Potosinista* (COMCIP)⁶, com apoio da *Universidad Autónoma Tomás Frías*, de Potosí (Fornillo, 2018).

Durante as negociações para a concessão de exploração do lítio nos salares bolivianos, os termos propostos pelas empresas concediam extensos benefícios às mineradoras. A LITHCO, por exemplo, apresentou um plano de exploração que estabelecia o monopólio exclusivo da empresa em toda a área do *Salar de Uyuni* por quarenta anos, com opção de prorrogação automática por mais quarenta anos, extraíndo e exportando o lítio apenas como *commodity*, sem previsão de desenvolvimento de sua cadeia produtiva no país (Arrese, 2019).

Diante desse cenário, as organizações civis de Potosí entenderam que a estratégia de exploração do lítio por meio da concessão irrestrita às empresas estrangeiras que estava sendo proposta seria desvantajosa aos povos da região e que não promoveria o desenvolvimento esperado pela sociedade local com a exploração do minério. O descontentamento provocou grande mobilização social, que aumentou as pressões políticas contrárias às licitações internacionais no Governo. A instabilidade política que se formou ao redor das decisões sobre os termos das licitações internacionais e alterações na regulação tarifária do setor acabaram por impossibilitar a concretização dos contratos de exploração (Fornillo, 2018).

A resistência popular e de suas organizações sociais foi fundamental para a construção da estratégia nacionalista de exploração do lítio a ser exercida pelo poder Estatal na Bolívia. A mobilização social foi determinante para impedir que contratos desvantajosos de exploração do minério por empresas estrangeiras fossem firmados em um momento histórico em que se predominavam políticas neoliberais de privatização da exploração de recursos na região e, posteriormente, também desempenhou papel relevante na criação do plano de exploração do lítio por organizações estatais. O trecho abaixo ilustra essa relação:

“Esta dinámica acontecida en Bolivia representa el fondo histórico que hizo de la cuestión del litio un problema social compartido y la condición inicial para que en 2007 fuera la propia Federación Regional Única de Trabajadores

⁶ O COMCIP é um comitê de organizações da sociedade civil boliviana, criada em 1976 no Departamento de Potosí, que tem como objetivo a defesa dos interesses dos povos da região de Potosí, frente à atuação estatal e das empresas mineradoras.

del Altiplano Sur (FRUTCAS) la que le presentara al poder ejecutivo —del cual el sindicato se siente parte orgánica— el proyecto de impulsar el control del litio bajo mando estatal. En ese sentido, el origen del actual proyecto litífero boliviano es subalterno y popular, tal como atestiguan numerosos testimonios recabados en el trabajo de campo; y aunque la gobernabilidad pasó a ser rápidamente paseña aún existe un vínculo fluido entre el poder ejecutivo y las estructuras comunal-sindicales aledañas al salar de Uyuni” (Fornillo, 2018).

Com a ascensão de Evo Morales ao poder em 2006, a política de recursos naturais da Bolívia passou por uma transformação significativa, caracterizada por um aumento do controle estatal e pela busca de industrialização. Em 2007, o governo formalizou essa visão através do Decreto Soberano nº 29.117, que conferia um caráter estratégico aos recursos evaporíticos⁷ do Salar de Uyuni, estabelecendo o Estado como o detentor do direito de administração, processamento e comercialização do lítio (Fornillo, 2018).

Inicialmente, a gestão do projeto de recursos evaporíticos estava inserida na *Corporación Minera de Bolivia* (COMIBOL), uma das principais empresas estatais bolivianas, responsável pela exploração mineral no país. Em 2008, o governo declarou a industrialização do Salar de Uyuni como prioridade nacional e encarregou a COMIBOL de impulsioná-la através da criação da *Dirección Nacional de Recursos Evaporíticos* (DNRE), que mais tarde se tornou a *Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos* (GNRE) (Romero *et al.*, 2019).

O Governo elaborou o projeto “*Desarrollo Integral de las Salmueras del Salar de Uyuni*”, prevendo três fases: piloto experimental, produção industrial de sais (carbonato de lítio e cloreto de potássio) e fabricação de materiais catódicos e baterias de íon-lítio. As duas primeiras fases seriam de iniciativa estatal, enquanto a terceira considerava a participação de sócios estrangeiros. Em março de 2010, buscando dar maior autonomia ao projeto, foi criada a Empresa Boliviana de Recursos Evaporíticos (EBRE), que seria responsável por sua implementação (Romero *et al.*, 2019).

Em 2017, o Governo de Evo Morales realizou uma significativa alteração em sua estrutura administrativa, com a criação do *Ministerio de Energía*, que passou a ser responsável pelo projeto estatal de exploração do lítio, anteriormente vinculado ao *Ministerio de Minería*. No mesmo ano foi criada a *Empresa Pública Nacional Estratégica de Yacimientos de Litio Bolivianos* (YLB), sob a jurisdição do novo ministério, assumindo o controle total da cadeia dos recursos evaporíticos do Salar de Uyuni

⁷ O termo “recursos evaporíticos” é utilizado na legislação do país para fazer referência a todas as substâncias extraídas de seus salares, sendo o lítio a principal delas.

(Valenzuela, 2018). Até a data de elaboração desta dissertação a YLB permanece sendo a instituição governamental responsável pela operacionalização da exploração do lítio no país.

5.1.1. A estratégia política de exploração do lítio na Bolívia

A estratégia política de exploração do lítio na Bolívia se destaca da política de exploração dos demais países vizinhos da América do Sul por ser a única construída a partir do ideal de controle estatal integral da atividade econômica. O projeto de exploração do lítio idealizado pelo Governo Boliviano parte do pressuposto fundamental de protagonismo da atuação das instituições governamentais do país em todas as fases da cadeia produtiva do lítio, desde a extração do minério das salmouras, até a fabricação de baterias de íon-lítio.

O movimento de nacionalização dos recursos naturais bolivianos observado no Governo de Evo Morales tinha como papel de fundo uma longa história da Bolívia com o extrativismo colonial e pós-colonial, em que processos de desigualdades distributivas das cadeias de produção internacional relacionadas à mineração forjaram a estagnação socioeconômica do país, e sua depredação socioambiental. O intuito principal do novo paradigma de Governo proposto por Morales, em especial para a exploração do lítio, era impedir que organizações estrangeiras se beneficiassem da exploração do minério boliviano, em detrimento do desenvolvimento de interesses nacionais e locais da Bolívia, como é comum ocorrer em sistema extrativistas internacionais.

Os princípios de defesa dos recursos naturais bolivianos se encontravam tão fortemente presentes no imaginário e na agenda política da época, que se tornaram parte da construção da Constituição Política do Estado Plurinacional da Bolívia, promulgada em 2009, a qual apresenta um capítulo específico para dispor sobre os direitos atribuídos ao povo boliviano sobre os recursos naturais do país e sua administração pelo Estado:

“Artículo 349. I. Los recursos naturales son de propiedad y dominio directo, indivisible e imprescriptible del pueblo boliviano, y corresponderá al Estado su administración en función del interés colectivo.” (...)

“Artículo 351. I. El Estado, asumirá el control y la dirección sobre la explotación, explotación, industrialización, transporte y comercialización de los recursos naturales estratégicos a través de entidades públicas, cooperativas o comunitarias, las que podrán a su vez contratar a empresas privadas y constituir empresas mixtas.” (BOLÍVIA, 2009, art. 349 e 351).

Como se observa nos trechos destacados acima, a Constituição Boliviana permite a contratação de empresas privadas para a exploração de recursos naturais estratégicos do país, mediante critérios específicos, porém o controle de todas as fases da atividade econômica deve permanecer a cargo do Estado. Nesse contexto, é importante ressaltar que os recursos evaporíticos das salmouras são configurados como recursos naturais estratégicos pela própria Constituição do país, em seu artigo 369:

“Artículo 369. II. Los recursos naturales no metálicos existentes en los salares, salmueras, evaporíticos, azufres y otros, son de carácter estratégico para el país.” (BOLÍVIA, 2009, art. 369).

Em diversos normativos infralegais e manifestações de autoridades públicas bolivianas, o lítio é apontado com um recurso estratégico do Governo e uma prioridade em seu projeto de desenvolvimento nacional. Esse é um dos principais aspectos positivos da estratégia política de exploração do lítio na Bolívia, por ser considerado um recurso estratégico para a nação, foi elaborado um detalhado planejamento de como deve ser desenvolvida sua exploração, industrialização e comercialização pelo país.

Esse planejamento, por mais que não seja plenamente implementado, e nem mesmo completamente factível em algumas de suas etapas, como veremos adiante, possui o mérito de oferecer direcionamento e limitação para a atuação dos diversos atores envolvidos na cadeia de exploração do lítio. Em um sistema de livre mercado, a cadeia produtiva do lítio conta com atores que agem a partir de interesses diversos e muitas vezes conflitantes entre si; portanto, apenas um planejamento político estratégico do Estado seria capaz de garantir que os interesses de atores com menor poder político (como os países do sul global diante de países desenvolvidos, e as comunidades diretamente afetadas pela mineração) sejam também considerados.

A estratégia política da Bolívia de estatização integral da exploração do lítio pode ser considerada um posicionamento de nacionalismo extremo, fundado na tentativa de reversão do histórico de extrativismo colonial que ainda assombra o país. No entanto, tal estratégia levou o Estado a assumir a responsabilidade de estabelecer as premissas e diretrizes para a exploração do lítio no país, em todas as fases de sua cadeia produtiva. É preciso reconhecer a relevância do planejamento estatal coordenado para o setor, mesmo em países nos quais a exploração do minério é realizada por empresas privadas.

O projeto de exploração do lítio na Bolívia foi delineado em três fases principais. A primeira fase tinha como objetivo o desenvolvimento tecnológico inicial e a produção piloto. Essa fase focou na investigação geológica, na definição do processo metalúrgico

boliviano para a produção de carbonato de lítio e cloreto de potássio, e na instalação de uma planta piloto. O objetivo era testar e aperfeiçoar as técnicas de extração e separação, buscando uma tecnologia própria baseada nas condições específicas do Salar de Uyuni (Romero *et al.*, 2019). A planta piloto foi construída na localidade Lipi, ao sul do Salar de Uyuni. A técnica de extração a ser empregada no Salar, porém, foi um grande desafio enfrentado pelos órgãos estatais responsáveis, em razão das altas taxas de magnésio na composição do Salar e de seus baixos índices de evaporação. Inicialmente foi experimentada uma técnica de extração que utilizava cal no início do processo de separação do lítio, que se mostrou ineficiente por gerar volumes exorbitantes de resíduos. Posteriormente foi desenvolvida uma técnica nacional, que aplica a cal apenas no final do processo de evaporação e concentração dos compostos, gerando bem menos resíduos e permitindo a comercialização do magnésio excedente, que foi considerada rentável o suficiente para a produção em grande escala (Fornillo, 2018).

A segunda fase do projeto previa a produção industrial de carbonato de lítio e de cloreto de potássio. Após a fase piloto, o objetivo era aumentar a escala da produção, construir e operar plantas industriais em grande escala para maximizar a produção de carbonato de lítio (com uma meta inicial de 30.000 toneladas anuais) e cloreto de potássio (com uma meta de 700.000 toneladas anuais). O financiamento para esta fase, segundo o plano inicial, proviria das reservas internacionais do Banco Central da Bolívia. O foco era consolidar a produção de recursos evaporíticos, começando com a extração de potássio para gerar receita e, posteriormente, extrair o lítio em grande volume (Arrese, 2019; Fornillo, 2018).

As plantas industriais de carbonato de lítio e de cloreto de potássio foram construídas no Complexo Industrial da YLB, em Lipi, na mesma localidade em que foi construída a planta piloto. A produção em larga escala, no entanto, não foi alcançada conforme o planejado para nenhum dos dois compostos. Segundo a prestação de contas pública da YLB, em 2024 foram produzidas apenas 2.064 toneladas de carbonato de lítio, e 89.349 toneladas de cloreto de potássio (YLB, 2025).

A terceira e última fase do projeto de exploração da cadeia produtiva do lítio da Bolívia ambicionava a instalação de fábricas para a produção de diferentes tipos de baterias de íon-lítio, incluindo materiais catódicos e eletrólitos. Para esta etapa, o governo boliviano planejava buscar cooperação financeira e tecnológica com empresas privadas nacionais e internacionais ou com outros Estados que pudessem aportar a tecnologia necessária. A ideia era vincular a produção de baterias com o mercado de energia solar

na Bolívia, aproveitando as condições naturais do país para a produção de energia renovável intermitente (Ströbele-Gregor, 2012).

Foi criado o *Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Materiales Evaporíticos de Bolivia* para aumentar a produção de conhecimento local nesta área. Segundo a YLB, foram implementadas plantas piloto de purificação de sais (o processo tem o intuito de beneficiar o carbonato de lítio de modo a alcançara a concentração de grau bateria); de materiais catódicos (insumos para a produção de bateria); e de baterias de íon-lítio. Nesse processo, foram firmadas parcerias com empresas privadas internacionais, porém ainda não foi alcançada a produção industrial em larga escala de baterias de íon-lítio na Bolívia⁸.

Como se pode observar a partir dos resultados obtidos na implementação do projeto boliviano de exploração integral da cadeia produtiva do lítio, alguns avanços significativos foram alcançados, tanto no que diz respeito à criação da estrutura político-burocrática necessária para a implementação do projeto pelo Estado, como na própria estrutura operacional das atividades produtivas em si. No entanto, o desempenho estatal na condução do projeto é considerado insatisfatório por diversas vozes da opinião pública tanto boliviana como internacional. Isso se dá principalmente em razão da lentidão do processo de implementação do projeto, que após quase duas décadas de execução ainda não foi capaz de concretizar a produção industrial em larga escala de lítio proposta, e muito menos de baterias de íon-lítio para comercialização.

Outro agravante são os inúmeros desafios que a Bolívia ainda precisa superar para que esses objetivos finais do projeto sejam alcançados, alguns inclusive difíceis de se transpor a curto prazo. Um dos principais desafios reside nas limitações tecnológicas e industriais do país. A extração e o processamento do lítio, especialmente em um Salar com as características do Uyuni (alta concentração de magnésio e regime climático menos árido que os demais salares da região), exigem tecnologias eficientes e sustentáveis, que gerem rentabilidade suficiente para concorrer com os demais países.

A proposta boliviana de desenvolver tecnologias nacionalmente e capacitar cidadãos bolivianos para atuação nos complexos processos produtivos do lítio se mostra louvável, porém são iniciativas que exigem aplicação de recursos consistentes por extenso período, para que se obtenha os resultados esperados. Nesse sentido, a necessidade de cooperação para assimilação de expertise e tecnologias estrangeiras é inevitável, e levanta

⁸ As informações podem ser encontradas no site oficial da YLB: <https://www.ylb.gob.bo/>

questões sobre a transferência efetiva de conhecimento e a autonomia tecnológica a longo prazo, mesmo que a intenção do Governo Boliviano seja manter o total controle estatal sobre o projeto.

As deficiências de infraestrutura bolivianas representam um outro desafio fundamental. A região do Salar de Uyuni, apesar de sua vasta riqueza mineral, carece de infraestrutura adequada em termos de energia, transporte e recursos hídricos. Tal infraestrutura tem um alto custo de implementação e manutenção, que implicaria em robustos investimentos. Ademais, o país não possui em seu território uma saída direta para o mar, nem um corredor logístico que facilite o escoamento da produção do Salar (Arrese, 2019).

A escalabilidade da produção piloto para níveis industriais massivos também se mostra um obstáculo significativo, com históricos de atrasos e dificuldades técnicas. Dessa forma, a necessidade de atrair investimentos e financiamento para as fases de produção industrial e fabricação de baterias, mantendo a soberania estatal, configura um delicado equilíbrio a ser alcançado.

Igualmente relevantes são os desafios de equacionar ou mitigar os inúmeros impactos socioambientais que um projeto dessa magnitude tende a provocar em uma região ambientalmente vulnerável como a do Salar de Uyuni. A exploração de lítio, em salmouras como é feita no Salar de Uyuni, apresenta riscos significativos para ecossistemas frágeis e recursos naturais essenciais. Um dos principais pontos de preocupação é o consumo intensivo de água, um recurso escasso em regiões semiáridas e áridas como o sudoeste da Bolívia. A extração de salmoura, necessária para a obtenção do lítio, pode afetar o equilíbrio hidrológico dos salares e das bacias hidrográficas adjacentes, impactando a disponibilidade de água para outros usos, como a agricultura, a pecuária e o consumo humano (Ströbele-Gregor, 2012).

Ademais, o processo de produção do lítio pode gerar contaminação do solo e da água através do uso de produtos químicos e da disposição inadequada de resíduos industriais. Como já comentado, a separação do magnésio do lítio, por exemplo, pode produzir grandes quantidades de resíduos que impactam o ambiente nos quais são armazenados. A poluição pode também ser aumentada em razão do incremento do tráfego de veículos e máquinas pesadas ao redor do parque industrial de lítio (Jerez, 2018).

A exploração de lítio no Salar de Uyuni acarreta significativa alteração da paisagem natural, em razão da construção das piscinas de evaporação das salmouras, que ocupam grandes áreas do território, e das instalações industriais adjacentes. Tais

alterações impactam diretamente a biodiversidade única dos ecossistemas salinos, incluindo microrganismos, flora e fauna adaptadas às condições extremas em que vivem. Impactam também a atividade de ecoturismo no Salar de Uyuni, que é uma importante fonte de renda para as comunidades que vivem na região.

A exploração de lítio na Bolívia incide diretamente sobre as comunidades que habitam as áreas próximas aos Salares, muitas das quais são comunidades indígenas, com fortes laços culturais e econômicos com o território. Um dos principais desafios é o potencial para conflitos sobre direitos territoriais e o controle dos recursos naturais. A Constituição boliviana prevê a consulta à sociedade civil em decisões sobre a exploração de recursos naturais e, no caso de comunidades indígenas, o respeito a normas e costumes locais. Contudo, a falta de participação efetiva e de consulta prévia, livre e informada dessas comunidades no processo de tomada de decisões sobre os projetos de lítio tem sido apontada como uma preocupação (Romero *et al.* 2019).

Ao analisar a estratégia de exploração do lítio na Bolívia, pode-se concluir que sua maior fragilidade reside na pouca factibilidade da implementação integral do Projeto de exploração do lítio pelo Estado Boliviano conforme idealizado pelo Governo. Diante dos principais desafios de implementação do Projeto apontados anteriormente, e da dificuldade do Governo em superá-los, mesmo após décadas de execução em andamento, é possível observar a existência de barreiras políticas e operacionais que o Governo Boliviano provavelmente não conseguirá transpor sem alterar sua estratégia de exploração do lítio integralmente estatal.

Mesmo diante dessa fragilidade na execução do Projeto, não se pode deixar de reconhecer que sua premissa inicial, de garantir que o povo boliviano seja o maior beneficiário da exploração dos recursos de lítio de seus territórios, parte de um posicionamento ético louvável. Trata-se de uma tentativa de desconstruir dinâmicas persistentes de extrativismo mineral, que deixaram marcas profundas na história e no sistema político boliviano. Contudo, o país ainda tem encontrado dificuldades em viabilizar seus investimentos.

5.2. A exploração do lítio no Chile

A atividade mineradora possui uma forte presença na história sociopolítica do Chile, antes mesmo de sua formação como Nação moderna. Assim como em outros países andinos da região, desde a era pré-colombiana seus povos originários extraiam ouro e cobre do solo para a produção de ferramentas e adornos. Durante o período colonial e após a sua independência em 1810 a exploração de cobre em território Chileno foi crescendo progressivamente e, atualmente, o país é o maior produtor mundial de cobre, com uma produção média de mais de 5 milhões de toneladas por ano (USGS, 2024).

De maneira similar aos demais países da região, durante o século XX, o país passou por períodos históricos em que se observava governos com tendências políticas nacionalistas e desenvolvimentistas, alternados com momentos políticos dominados por ideais de liberalismo econômico e político. De uma maneira geral, no entanto, a mineração na história do Chile apresentou um caráter de enclave exportador, caracterizada pela predominância de capital estrangeiro e pela exportação da matéria-prima com baixo valor agregado, gerando benefícios limitados para a economia local (Dujisin *et al.*, 2018).

O Chile foi o primeiro país da América do Sul a produzir lítio em larga escala e continua sendo o maior produtor da região até os dias atuais. Os primeiros indícios da presença de altas concentrações de lítio no Salar de Atacama datam de 1962, durante prospecções realizadas pela empresa mineira norte-americana Anaconda, em busca de água para suas operações de cobre em Chuquicamata. A análise química das salmouras encontradas revelou a existência significativa de lítio, além de potássio, magnésio e boro. Essa descoberta inicial despertou o interesse de pesquisadores chilenos, levando a estudos acadêmicos sobre a cristalização de sais por evaporação solar, que futuramente seriam essenciais no desenvolvimento das técnicas de extração do lítio das salmouras. No final da década de 1960, a *Corporación de Fomento de la Producción* (CORFO), uma agência governamental de desenvolvimento produtivo chilena, já empregava profissionais especializados com o objetivo de desenvolver a futura indústria do lítio no país (Arrese, 2019).

A partir de então, foram feitos vários estudos pelos órgãos de pesquisa geológica do Chile que confirmaram as excelentes condições de produção de lítio existentes no Salar de Atacama e em outros salares da região. A divulgação de tais informações começaram

a chamar a atenção de empresas mineradoras internacionais, interessadas no grande potencial de rentabilidade na produção do minério que se observava no local. Nesse contexto, em 1975 foi feito o primeiro convênio entre a empresa *americana Foote Minerals Company* e o Governo Chileno para realização de pesquisas minerais com o intuito de avaliar a viabilidade econômica da exploração de lítio no Salar de Atacama (Arrese, 2019).

Um marco na história da exploração do lítio no Chile ocorreu durante o regime militar de Augusto Pinochet (1973-1990). Em 1979, o lítio foi classificado como um material indispensável para as energias nucleares, através do Decreto nº 2886, conferindo-lhe um caráter prioritário para a segurança nacional. Essa decisão estatal estabeleceu um modelo no qual a propriedade do lítio era exclusiva do Estado, sendo controlado por instituições governamentais como a CORFO no Salar de Atacama, a *Corporación del Cobre* (CODELCO) nos salares de Pedernales e Maricunga, e a *Empresa Nacional de Minería* (ENAMI) no Salar de Aguilar (Arrese, 2019; Soares, 2023).

Isso não significa, no entanto, que a exploração do lítio fosse realizada diretamente pelo Estado, como proposto pelo Regime Boliviano. Na estrutura governamental chilena as instituições que controlam a propriedade dos salares de lítio podem fazer Contratos Especiais de Operações de Lítio (CEOL) ou Contratos de Arrendamento Administrativo com empresas privadas para a extração de minério dos depósitos, por um período específico e volumes de extração pré-determinados (Jerez, 2018).

Segundo os autores Ariel Slipak e Santiago Reveco (2019), o Decreto nº 2886 foi criado em um contexto político marcado pelo controle autoritário das decisões políticas estatais, combinado com um caráter neoliberal de livre mercado na orientação econômica do Governo:

“El Decreto Ley nº 2.886 de 1979 constituye un primer hito en el marco regulatorio del litio en Chile y se complementó con las disposiciones de la Constitución de 1980 –de marcado carácter autoritario en lo político y neoliberal en lo económico– (...)

Esta disposición reconocía un sistema mixto el cual admitía que el Estado poseyera el dominio absoluto, exclusivo e inalienable de todas las minas, pero permitía y promovía la incorporación de capitales privados, nacionales y extranjeros, en las empresas mineras nacionalizadas. En otras palabras, se trataba de concretar el principio neoliberal del “Estado subsidiario” que el régimen proclamó con ahínco en cada uno de sus discursos y políticas públicas en la actividad que históricamente ha constituido la base económica del país: la minería. (Slipak; Reveco, 2019)”

Tendo como base o disposto no Decreto nº 2.886/79 e seus normativos regulamentadores, nas décadas seguintes foram realizados contratos de exploração do

lítio entre as instituições públicas chilenas e empresas mineradoras internacionais. Ao longo dos anos foram firmados diferentes contratos com empresas multinacionais, que fizeram aquisições de outras empresas, fusões e transferências entre si, em um movimento que se mostra recorrente do mercado de mineração internacional (Soares, 2023).

Duas empresas, no entanto, se destacaram na história da exploração do lítio no Chile e, atualmente, são as maiores produtoras de lítio do país: a *Sociedad Química y Minera de Chile* (SQM), de capital chileno e canadense, e a norte-americana *Albermale Corporation*. As duas empresas têm suas plantas de mineração no Salar de Atacama, que é onde se encontram as maiores reservas de lítio do país (Jerez, 2018). A Figura 8 ilustra a localização do Salar de Atacama e demais salares da região norte do Chile.

Figura 8:Salares da região norte do Chile.



Fonte: Cabello (2021).

Durante a segunda presidência de Michelle Bachelet (2014-2018), foi criada a *Comisión Nacional del Lítio*, em 2014, que recomendou a manutenção do caráter estratégico dos recursos de lítio na legislação do país. A comissão também propôs diretrizes para maximizar a renda econômica do lítio, impulsionar a industrialização

através da agregação de valor e fortalecer a pesquisa e desenvolvimento nacionais no setor (Slipak; Reveco, 2019).

Em consonância com algumas das recomendações da *Comisión Nacional del Lítio*, a CORFO implementou uma nova política em relação ao lítio, baseada em novos acordos com a Albemarle e a SQM. Esses acordos estenderam a quantidade de matéria-prima que as empresas podem extrair e o prazo para essa exploração. Em contrapartida, as empresas se comprometeram a realizar investimentos, aumentar os royalties pagos ao Estado, destinar uma parcela da produção ao mercado nacional a preços preferenciais (visando a agregação de valor), e contribuir para pesquisa e desenvolvimento, além de levar benefícios para as comunidades locais (Slipak; Reveco, 2019).

5.2.1. A estratégia política de exploração do lítio no Chile

Conforme se observa nos dados apresentados em detalhe no Capítulo 2, o Chile é o segundo maior produtor de lítio do mundo, tendo produzido 44 mil toneladas de lítio em 2023, ficando atrás apenas da Austrália em capacidade de produção do minério. Diante do papel de relevância que a mineração sempre ocupou na matriz econômica do país e do potencial produtivo de suas reservas de lítio, é natural que a estratégia política de exploração do minério seja assunto constantemente presente nos debates políticos e nas agendas administrativas dos Governos.

Desde o início da exploração do lítio em território chileno, a regulamentação da disposição do recurso mineral se encontra em disputa política. A classificação do lítio como um recurso estratégico, de propriedade do Estado, ocorreu durante a ditadura militar de Pinochet, que tinha um forte caráter nacionalista, de tal forma que resguardar a posse nacional de recursos estratégicos era essencial para a lógica de defesa da autonomia do Estado, proposta pelo regime. Porém, ao mesmo tempo, o Governo mantinha uma orientação econômica liberal e forte alinhamento com interesses do mercado internacional.

Nesse contexto se forjaram as fundações do atual modelo chileno de exploração do lítio, no qual o minério é considerado um valioso bem da população chilena, administrado pelo Estado, que, no entanto, tem a sua extração operacionalizada por empresas multinacionais, a partir de direitos de exploração garantidos em contratos temporários. As condições estabelecidas às empresas mineradoras em tais contratos são

motivo de constante debate público e, ao longo do tempo, variaram em níveis de permissividade e benefícios oferecidos às empresas. Os contratos não seguiram um formato único, permitindo ajustes nas condições de acordo com as características do mercado e das empresas no momento da negociação (Slipak; Reveco, 2019).

A execução dos contratos tampouco foi estável ao longo dos anos, o relacionamento das mineradoras com as instituições públicas chilenas administradoras dos recursos foi marcado por conflitos e quebras contratuais. Casos de corrupção de agentes públicos, fraudes empresariais, práticas monopolistas, desrespeito às leis ambientais e até mesmo exportação ilegal de salmoura foram observados durante as décadas de exploração do lítio no Chile (Soares, 2023; Jerez, 2018).

A experiência chilena nos mostra que o modelo de concessão da exploração mineral por meio de contratos individuais temporários não é uma estratégia perfeita de operacionalização da extração mineral de um país, pelos muitos problemas evidenciados em sua execução. No entanto, apresenta uma vantagem valiosa em cenários de instabilidade nas instituições políticas governamentais e nos mercados internacionais de minério, que é a flexibilidade para ajustes dos termos dos contratos.

Em uma estratégia política na qual o Estado opta por conceder a exploração mineral à iniciativa privada, é necessário que sejam estabelecidas contrapartidas às empresas mineradoras, de modo que haja justiça na distribuição dos benefícios advindos da utilização privada de um recurso não-renovável, que faz parte do patrimônio natural do povo de um país. Nesse contexto, uma das questões mais importantes a serem buscadas no desenho institucional das concessões de exploração mineral é o ponto de equilíbrio entre os benefícios de exploração mineral oferecidos às empresas e as obrigações exigidas em contrapartida.

Existe um risco político de que as instituições públicas sejam cooptadas pelo interesse privado e estabeleçam direitos de exploração demasiadamente benevolentes para as empresas mineradoras, sem a cobrança de contrapartidas significativas, configurando um sistema de concessão de privilégios à grandes corporações mineradoras internacionais. O contrário, no entanto, também pode ocorrer caso sejam feitas exigências exageradamente severas às empresas mineradoras, de modo que os encargos impostos à atividade mineira cheguem a inviabilizar economicamente a exploração mineral.

Trata-se de um equilíbrio delicado e difícil de ser alcançado, uma vez que não são decisões puramente técnicas a serem tomadas por gestores públicos. Pelo contrário, são debates que se baseiam em múltiplas perspectivas a respeito de princípios éticos e das

concepções de justiça na distribuição de recursos, os quais são ainda permeados por conflitos de interesses oriundos das estruturas de poder que reproduzem desigualdades na sociedade.

Ainda assim, a flexibilidade nos contratos de concessão mineral se mostra interessante, porque permite o reajuste das condições acordadas diante de mudanças no cenário político nacional e das condições econômicas do mercado mineral, sem que isso signifique uma voluntariedade unilateral na mudança dos termos dos contratos, que precisem passar por processos formais de negociação para serem alterados. Dessa forma, as exigências de contrapartidas podem ser ajustadas de acordo com os anseios da sociedade e das instituições públicas vigentes, e igualmente respeitando os limites da viabilidade econômica da exploração do minério determinadas pelas condições do mercado no momento, garantindo assim a internalização dos benefícios do desenvolvimento da produção no país.

Esse movimento de reajuste das condições dos contratos de exploração do lítio ocorreu no Chile a partir das recomendações publicadas pela Comissão Nacional do Lítio, instaurada em 2014. As repactuações feitas com as empresas SQM e *Albermale Corporation* ampliaram os limites de exploração das empresas no Salar de Atacama, mas também aumentaram as exigências de contrapartidas a serem oferecidas pelas empresas (Obaya, 2021).

Em sintonia com as recomendações da *Comisión Nacional del Lítio* de buscar aumentar a apropriação nacional dos benefícios da exploração do lítio no país, o atual presidente do Chile, Gabriel Boric, publicou em 2023 a “*Estrategia Nacional del lítio*” (Chile, 2023). Trata-se de uma política nacional que reafirma o caráter estratégico do lítio para o país e estabelece diretrizes de planejamento para a atuação estatal na exploração do minério nos próximos anos, tendo como premissa fundamental a utilização de suas riquezas minerais para o desenvolvimento sustentável do Chile.

A estratégia política se baseia na ideia de fortalecer a atuação estatal na cadeia produtiva do lítio. Propõe-se que o Estado ocupe o papel de líder de um projeto amplo de desenvolvimento da indústria do lítio no país, que, além da extração mineral, promova o estímulo à indústria de refino dos minerais e desenvolvimento de pesquisa e tecnologia para toda a cadeia produtiva. Nesse desenho institucional, operacionalizado por parcerias público-privado, o setor privado ocuparia a posição de “sócio estratégico” em todo o processo produtivo, que se responsabilizaria por respeitar valores socioambientais, de

transparência e livre concorrência (Chile, 2023). As parcerias público-privado são a aposta fundamental da estratégia chilena:

“La colaboración público-privada es la forma de aprovechar esta oportunidad histórica. En concreto, el Estado pondrá visión estratégica de largo plazo en todo el ciclo productivo, desde la exploración hasta la agregación de valor, además de regulaciones claras para asegurar la sostenibilidad y la reinversión en el desarrollo del país. Por su parte, los privados podrán aportar su conocimiento y experiencia en la industria, capital, innovación tecnológica y redes en el mercado.” (Chile, 2023).

A implementação da *Estrategia Nacional del lítio* inclui a criação da *Empresa Nacional del Lítio*, uma empresa estatal que teria por competência a condução do planejamento de longo prazo para o setor e a operacionalização das parcerias público-privado nas diferentes etapas da cadeia do lítio. Também está prevista a criação de institutos públicos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia relacionada ao desenvolvimento da indústria do lítio. A ambição da proposta chilena é avançar na produção nacional da cadeia de valor da indústria de baterias, produzindo, por exemplo, materiais catódicos, anódicos e eletrólitos (componentes da bateria de lítio) em território chileno (Chile, 2023).

É interessante notar que a estratégia de exploração do lítio chilena possui, como principal enfoque, a agregação de valor na cadeia produtiva do lítio no país. Há uma intenção clara presente na política de alterar o posicionamento histórico do país na cadeia global de valor do lítio, passando de um país exportador de matéria-prima, para um produtor de produtos diversificados e com tecnologia agregada. A longo de sua história econômica, desde que iniciou a extração de lítio de seus salares, o Chile sempre atuou como produtor e exportador de produtos primários da cadeia do lítio, compostos de lítio com pouco refinamento. Dessa forma, um dos principais objetivos da política chilena é desenvolver a incipiente indústria nacional de lítio, para aumentar a fabricação no país de produtos que apresentem maior valor agregado.

A mitigação dos impactos socioambientais da extração do lítio também é uma questão endereçada pela política chilena para o minério. Os impactos socioambientais decorrentes da extração de lítio no Chile são similares aos observados no Salar de Uyuni, na Bolívia, descritos em detalhe na seção anterior desta dissertação. Trata-se, principalmente, de impactos ecológicos nos delicados ecossistemas conectados aos salares; consumo intensivo de água em uma região que já sofre por escassez hídrica; risco de contaminação do solo e das salmouras subterrâneas; alteração da paisagem; conflito fundiário com povos tradicionais; e a inviabilização de modos de vida tradicionais de

comunidades da região. A Figura 9 se trata de uma foto de satélite, que ilustra a dimensão da alteração da paisagem gerada pela exploração de lítio no Salar de Atacama.

Figura 9: Exploração de lítio no Salar de Atacama.



Fonte: Soares (2023).

A *Estrategia Nacional del lítio* do Chile apresenta sete objetivos orientadores de seu planejamento, um deles é o objetivo “*Sostenibilidad Social y Ambiental*” que propõe diretrizes para a mitigação dos impactos socioambientais da exploração do lítio no país. Entre elas estão as seguintes propostas (Chile, 2023):

- Desenvolver um novo marco institucional para atualizar as normas e regulamentações existentes, considerando especialmente aspectos de

sustentabilidade como minimizar o consumo de água doce local e assegurar o uso de energias renováveis (solar fotovoltaica e eólica);

- Criar uma Rede de Salares Protegidos: um percentual representativo da superfície total de salares do país será protegido, em sintonia com o Marco Global para a Biodiversidade da Convenção da Diversidade Biológica. Áreas já protegidas ou sítios prioritários para a conservação da biodiversidade permanecerão excluídos da exploração. Serão propostos critérios de classificação dos salares para assegurar uma proteção efetiva, considerando a análise a nível de sistema de salares e evitando o seu fracionamento;
- Exigência de Tecnologias de Baixo Impacto Ambiental: Nos salares em que a exploração for permitida, será exigida a implementação de tecnologias que minimizem o impacto ambiental na recuperação do lítio e a redução do consumo de água doce;
- Engajamento de Comunidades e Povos Indígenas: A estratégia enfatiza a necessidade de definir instâncias de diálogo e participação com todos os atores interessados, especialmente as comunidades de povos indígenas vinculados aos salares. Será realizado um processo de diálogo e participação para recolher preocupações e expectativas em torno do desenvolvimento da indústria do lítio, que servirá de insumo para o processo de modernização institucional e para as atividades de pesquisa do Instituto Tecnológico e de Investigação Público de Lítio e Salares (Chile, 2023).

Em uma análise da *Estrategia Nacional del lítio* chilena, podemos observar que há uma intenção declarada de endereçar os principais impactos socioambientais gerados pela exploração do lítio no país, com propostas concretas para seu equacionamento. No entanto, é preciso ressaltar que a proposta se trata de um planejamento político, que se aproxima mais de uma carta de intenções do que de um instrumento de implementação de ações concretas. Dessa forma, permanece ainda a dúvida se o Governo Chileno terá condições de se sobrepor aos interesses privados de atores do mercado da mineração e implementar as ações propostas de mitigação dos impactos socioambientais advindos da exploração do lítio.

5.3. A exploração do lítio na Argentina

A Argentina é uma das maiores economias da América Latina, em 2023 foi considerada a terceira maior economia da região, com um Produto Interno Bruto (PIB) de US\$ 641.701 milhões (Argentina, 2024). Diferentemente dos outros dois países já analisados, no entanto, a atividade de mineração desempenha um papel de menor relevância na composição atual de sua produção econômica e na história da formação econômica do país. É interessante observar que a estrutura econômica da Argentina apresenta maior proximidade com a economia brasileira, do que com a realidade econômica dos outros países estudados.

Ainda assim, pode-se considerar que a Argentina possui significativas riquezas minerais em seu território. O país apresenta a terceira maior reserva de lítio do mundo, segundo dados da USGS (2024), a décima maior reserva de ouro e figura entre os dez maiores produtores mundiais de prata (Argentina, 2024). Considerando a participação dos demais setores econômicos em sua produção nacional, contudo, observamos que a atividade mineradora apresenta menor destaque na composição do PIB nacional. Em 2023, a mineração representou apenas cerca de 4% da produção nacional, o que foi resultado de um progressivo aumento ao longo da história econômica do país, já que em 1980 a produção minerária representava apenas 2% do PIB nacional⁹.

De maneira similar ao Brasil, a Argentina se destaca na produção agropecuária, sendo um dos maiores produtores e exportadores de soja e seus derivados, e referência na produção de limões, azeite vegetal, leite, carnes, entre outros produtos alimentares. A indústria de produtos manufaturados também desempenha um papel relevante na produção nacional argentina, com especial destaque para o setor automotivo (Argentina, 2024).

A história da exploração de lítio na Argentina remonta à primeira metade do século XX, marcada inicialmente pelo reconhecimento do potencial do recurso por iniciativas estatais. O lítio, no entanto, começa a se tornar uma questão relevante para o Estado apenas no contexto do pós-Segunda Guerra Mundial, quando o controle de recursos naturais estratégicos, especialmente aqueles ligados à energia nuclear, ganhou importância global (Fornillo, 2019).

⁹ Dados sobre a produção econômica da Argentina podem ser encontrados no site oficial do *Instituto Nacional de Estadística y Censos*, do Governo Argentino, disponível em: <https://www.indec.gob.ar/>.

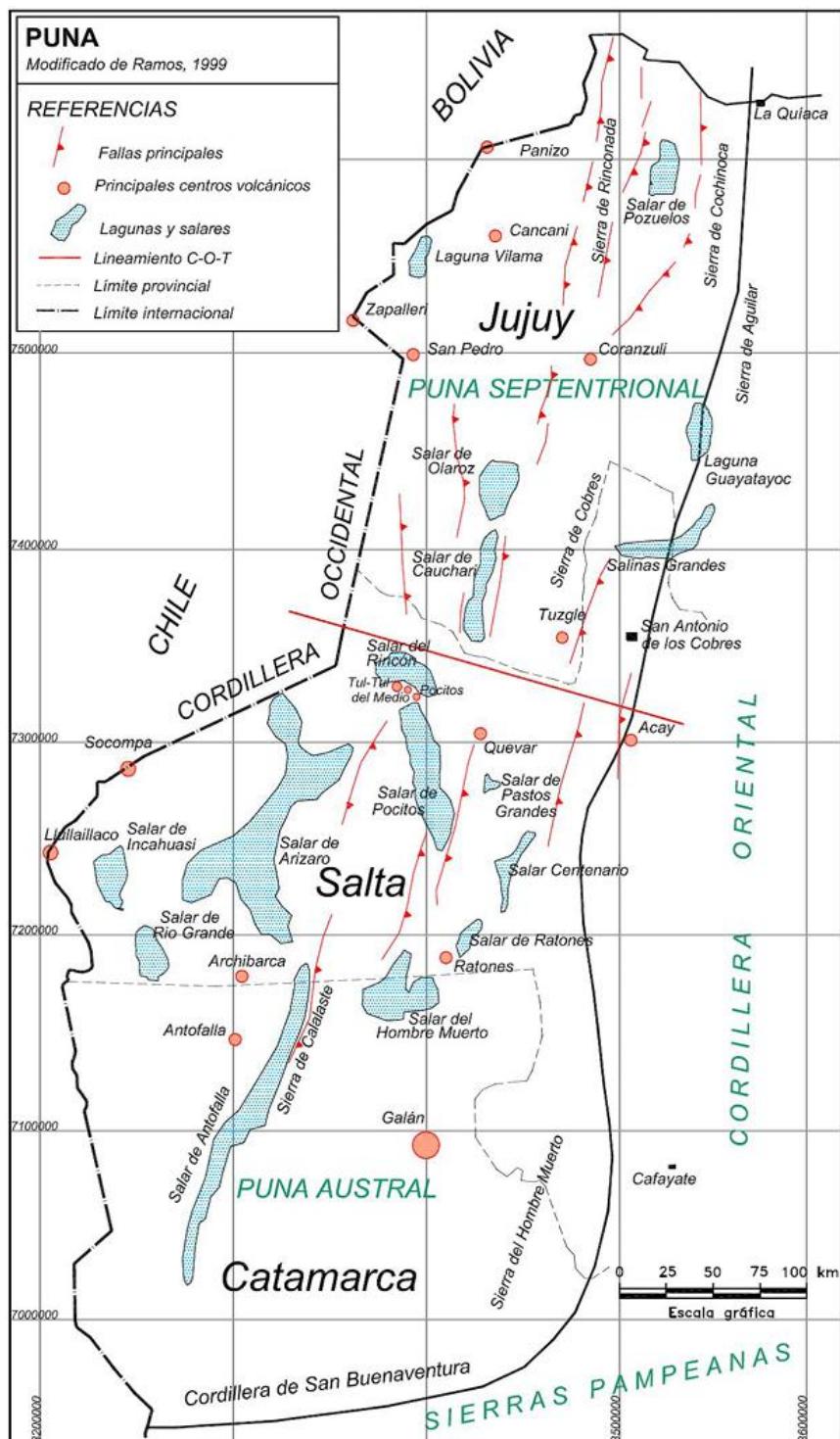
Nesse período, Luciano Catalano, um químico e especialista em geologia e mineralogia, que foi Chefe de Geologia da Nação entre 1922 e 1930, desempenhou um papel fundamental ao explorar e catalogar os recursos dos salares do noroeste argentino. Já em 1965, Catalano defendia que o Estado deveria ter monopólio sobre as reservas de lítio, dada a sua importância estratégica para a indústria nuclear, tal como o urânio, tório e berílio (Fornillo, 2019; Arrese, 2019).

Entre 1969 e 1974, a empresa estatal argentina *Fabricaciones Militares* realizou o "Plan Salares", uma exploração dos salares do altiplano, confirmado a existência de lítio em muitos deles. O objetivo inicial era garantir o fornecimento de baixo custo desse insumo para ligas da indústria aeroespacial, dada a sua natureza estratégica. Contudo, a ditadura militar que se instalou em 1976 tomou a decisão de concessionar o *Salar del Hombre Muerto*, localizado na fronteira entre as províncias de Catamarca e Salta, através de uma licitação pública internacional (Fornillo, 2019; Arrese, 2019).

A concessão foi adjudicada à firma *Minera del Altiplano*, subsidiária da empresa multinacional estadunidense FMC (posteriormente FMC *Lithium Corp.*). Apesar de um avanço lento, o projeto não enfrentou grande resistência local, como ocorreu na Bolívia, devido ao ambiente pouco povoados e à diferente tradição de engajamento político das comunidades. Desde 1998, este Salar está em produção, tornando-se a maior exploração de lítio argentino (Fornillo, 2019; Arrese, 2019). Segundo Arrese (2019), toda a produção do Salar é exportada, tendo como rota de saída ao Pacífico o porto de Antofagasta, no Chile.

Após a década de 1990, a exploração de lítio na Argentina ganhou maior dinamismo, praticamente toda a superfície dos salares das províncias de Catamarca, Salta e Jujuy registrou concessões outorgadas para prospecção, exploração ou exploração, muitas vezes sem o conhecimento das comunidades locais que deveriam ter o direito à consulta prévia, livre e informada. A partir de 2014, a Sales de Jujuy, uma *joint venture* entre a australiana Orocobre (66,5%), a japonesa Toyota Tsusho (25%) e a estatal jujeña Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE) (8,5%), iniciou a extração no Salar de Olaroz (Arrese, 2019; Soares, 2023). A Figura 10 ilustra a localização dos principais salares da região noroeste da Argentina.

Figura 10: Principais salares da região noroeste da Argentina.

Fonte: De la Hoz *et al.* (2013).

Paralelamente à atividade extractiva, surgiu um interesse científico significativo pelo lítio na Argentina, especialmente a partir dos anos 2005 e 2006, quando a Comissão Nacional de Energia Atômica (CNEA) do país foi encarregada de fabricar a bateria de um satélite argentino. Essa iniciativa, embora não tenha prosperado, despertou na

comunidade científica o interesse pelo potencial das baterias de lítio, muito antes das baterias se tornarem um produto de grande demanda do setor automotivo, para a fabricação de veículos elétricos (Fornillo, 2019).

Posteriormente, o CONICET (Conselho Nacional de Investigações Científicas e Técnicas) se tornou um importante polo de pesquisa em lítio, com um número considerável de pesquisadores dedicados ao tema. A criação da *YPF Tecnología* (YTEC), uma empresa mista entre a petrolífera estatal YPF e o CONICET, também foi um marco no desenvolvimento científico a respeito da cadeia produtiva do lítio na Argentina. A instituição conseguiu agregar vários especialistas em eletroquímica no país, na tentativa de impulsionar a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias para a produção de baterias de lítio (Fornillo, 2018).

Apesar desses avanços científicos e tecnológicos, ao longo de sua história na exploração do lítio nacional, a Argentina não conseguiu verticalizar a cadeia do lítio e nem consolidar uma indústria para a produção em larga escala de baterias no país. Na avaliação de Fornillo (2018), o conhecimento em eletroquímica complexa desenvolvido nas instituições públicas do país se tornou um conhecimento "aplicável não aplicado", uma vez que não foram desenvolvidas as capacidades industriais para aplicação do conhecimento para a produção em larga escala de baterias. As empresas privadas que exploraram os Salares nunca tiveram interesse em investir em outras etapas da cadeia do lítio além da extração mineral, já que a exportação dos compostos de lítio primários se mostrava mais lucrativa, e o Estado tampouco se encarregou de viabilizar tais investimentos a partir de outras fontes.

No âmbito político e legislativo, foram apresentados diversos projetos de lei para declarar o lítio um recurso natural estratégico em nível nacional e para criar empresas estatais para sua exploração e industrialização. No entanto, essas iniciativas não lograram alterar significativamente o modelo de exploração predominante, de concessão da extração mineral para empresas privadas internacionais, que exportam materiais primários na cadeia do lítio (Fornillo, 2018).

5.3.1. A estratégia política de exploração do lítio na Argentina

A Argentina possui reservas estimadas de 3.600 kt de lítio em seus salares do Platô de Puna, considerada a terceira maior reserva do mundo. Em 2023, alcançou uma produção de aproximadamente 9,6 kt de lítio na região, a quarta maior produção mundial (USGS, 2024). Mesmo diante de números tão significativos para sua mineração, a Argentina não possui normativos legais específicos que regulamentem e estabeleçam diretrizes para a exploração do lítio em seu território, como ocorre no Chile e na Bolívia (Fornillo, 2019; Obaya, 2021). O marco legal que rege a exploração do lítio na Argentina é composto pelas leis gerais de mineração do país. A base do sistema normativo argentino para a exploração mineral, incluindo o lítio, assenta-se em uma tríade jurídica promulgada principalmente na década de 1990. Essa tríade é composta pelo Artigo 124 da Constituição Nacional, o Código de Mineração (reformado em 1997) e a Lei nº 24.196 de Investimentos Mineiros (1993) (Soares, 2023; Aresse, 2019; Fornillo, 2018).

O Artigo 124 da Constituição Nacional, reformada em 1994, estabelece que as províncias do país detêm o domínio originário dos recursos naturais existentes em seus territórios. Esta descentralização de competências outorga às autoridades subnacionais a administração de seus recursos minerais, incluindo a capacidade de ditar suas próprias normas processuais em matéria mineira, respeitando as regras gerais da legislação federal.

“Artículo 124. Las provincias podrán crear regiones para el desarrollo económico y social y establecer órganos con facultades para el cumplimiento de sus fines y podrán también celebrar convenios internacionales en tanto no sean incompatibles con la política exterior de la Nación y no afecten las facultades de legadas al Gobierno federal o el crédito público de la Nación; con conocimiento del Congreso Nacional. La ciudad de Buenos Aires tendrá el régimen que se establezca a tal efecto.

Corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio.” (Argentina, 2016)

Consequentemente, as províncias de Catamarca, Salta e Jujuy, onde se concentram as principais reservas de lítio da Argentina, possuem regulamentações específicas para a concessão de licenças de exploração mineral para o capital privado.

O Código de Mineração, promulgado originalmente em 1886 e reformado em 1997, reafirma os direitos jurisdicionais das províncias sobre seus recursos minerais, no entanto, faz uma diferenciação entre a propriedade dos bens do solo e do subsolo, de tal forma que apenas o solo é considerado um bem do Estado, o subsolo é considerado de propriedade de quem descobrir a mina de recursos. Dessa forma, caso um ator privado

prospecção uma nova mina, basta que sejam seguidos os procedimentos burocráticos de concessão de exploração estabelecidos pelo Governo da província para que tenha o direito de explorar os recursos minerais encontrados (Arrese, 2019).

A Lei nº 24.196 de Investimentos Mineiros, sancionada em 1993, regula as atividades de prospecção, exploração, desenvolvimento, preparação e extração de substâncias minerais, abrangidas pelo Código de Mineração. A lei oferece incentivos para os empreendimentos mineiros, incluindo estabilidade fiscal por 30 anos a partir da apresentação do estudo de viabilidade. Isso implica que as empresas não podem ser afetadas por novos tributos nacionais, provinciais ou municipais durante esse período. A lei também concede outros benefícios fiscais para o desenvolvimento da atividade mineradora (Arrese, 2019; Soares, 2023). Esse marco legal geral, caracterizado pela ênfase na atração de investimentos privados, representa uma diferença significativa em relação aos outros países analisados, na Bolívia, o lítio é declarado recurso estratégico com exploração estatal predominante, e o Chile, historicamente considerou o lítio um material de interesse nuclear e não suscetível de concessão mineira sob as normas gerais de mineração.

Na avaliação de Slipak e Reveco (2019), a ausência de uma norma específica para o lítio na Argentina permite que sua extração e processamento se regulem por um regime que desregulamentou o setor mineiro na década de 1990, outorgando amplos benefícios às empresas mineradoras. Essa liberalização, somada à descentralização da administração dos recursos para as províncias, resultou em um cenário onde grandes firmas privadas internacionais lideram os projetos de extração.

Apesar de o governo nacional e algumas províncias aludirem ao lítio como um "recurso estratégico" e destinarem fundos para pesquisa relacionada ao mineral, essa visão não se traduziu em políticas nacionais robustas para controlar a extração ou fomentar a agregação de valor na cadeia produtiva. A falta de articulação entre a política pública, a indústria e o sistema científico argentino resultam em um modelo predominantemente extrativista, com a exportação de carbonato de lítio sem maior processamento (Slipak; Reveco, 2019).

Segundo Obaya (2021), coexistem na Argentina duas visões distintas a respeito da estratégia política ideal para a exploração do lítio no país, que são impulsionadas por diferentes coalizões de atores. Uma das perspectivas apresenta um caráter mais extrativista, uma vez que prioriza a atração de investimentos para o desenvolvimento de atividades de extração e processamento do lítio. Para o autor, tal visão encontra grande

apoio do Governo Nacional e das províncias de Salta e Catamarca, e parte do princípio de que o desenvolvimento local se concretizaria naturalmente, a partir do investimento privado na exploração do lítio nos salares, com a movimentação econômica e os aumentos na arrecadação promovidos pela instalação dos empreendimentos minerários.

A segunda perspectiva apontada pelo autor (Obaya, 2021), teria um caráter industrialista, uma vez que se baseia da ideia de que a estratégia para exploração do lítio no país deveria ser capaz de criar capacidades tecnológicas e produtivas locais em torno de atividades que utilizem o lítio como insumo, principalmente para a produção de baterias. Essa visão política é liderada pela província de Jujuy, e encontra apoio dos atores do sistema de ciência e tecnologia do país, em especial os pesquisadores do CONICET e das universidades nacionais (Obaya, 2021).

O sistema de descentralização da regulamentação da mineração para as províncias, conforme estabelecido na Argentina, parece ser interessante uma vez que aproxima a competência para a criação de regras de exploração mineral da realidade local em que a atividade produtiva será desenvolvida. Imagina-se que tal proximidade poderia facilitar a adaptação das exigências regulatórias feitas às empresas mineradoras das reais necessidades das comunidades locais e dos ecossistemas afetados pelos projetos minerários.

No entanto, é possível que essa descentralização tenha um efeito negativo em um cenário de competição pela atração de investimentos entre as províncias. Na busca por atrair a instalação de projetos minerários para seu território, os governos provincianos teriam um estímulo de aumentar a desregulamentação do setor, de maneira a facilitar a instalação dos projetos e atrair investimentos de empresas privadas. Tal dinâmica poderia estimular o crescimento da produção mineral da região, porém aumentando igualmente os riscos de impactos socioambientais advindos da atividade produtiva, em razão da tendência de precarização da regulamentação estatal.

Em razão da proximidade geográfica, e das semelhanças socioambientais das comunidades que ocupam os territórios do Platô de Puna, os impactos socioambientais decorrentes da extração de lítio nos salares do noroeste argentino são similares aos observados no Salar de Uyuni na Bolívia, e no Salar de Atacama no Chile, descritos em detalhe em seções anteriores da dissertação. Como nas demais localidades uma das preocupações diz respeito ao uso intensivo da água doce pelas empresas mineradoras, em razão da escassez hídrica da região. São também pontos de preocupação os impactos na

fauna e flora endêmicas da região, a contaminação dos aquíferos subterrâneos, a alteração da paisagem e os conflitos territoriais com as comunidades originárias.

Na Argentina, a falta de informações abrangentes e independentes sobre os impactos a médio e longo prazo da extração massiva de minerais dos salares é outro ponto crítico. Os estudos de impacto ambiental (EIAs) realizados pelas empresas mineradoras antes da implementação do projeto de extração mineral frequentemente não analisam de maneira integral os ecossistemas complexos dos salares, deixando de lado aspectos culturais, sociais e políticos que são centrais nos conflitos socioambientais (Romero *et al.*, 2019).

A informação mais atualizada disponível a respeito da produção mineral e dos impactos que ela causa nos salares é, muitas vezes, produzida pelas próprias empresas mineradoras e o acesso do Estado a esses dados pode ser limitado por questões de confidencialidade. Essa lacuna no conhecimento científico independente dificulta a implementação efetiva do princípio da precaução, uma vez que não costuma haver informações confiáveis disponíveis para se avaliar a veracidade das informações oferecidas pelas empresas mineradoras (Romero *et al.*, 2019).

6. A exploração do lítio no Brasil

Este capítulo analisa a estratégia brasileira de exploração de lítio, propondo diretrizes políticas para sua sustentabilidade. Para isso, examina as estruturas burocráticas, o marco político-legal e a produção atual do minério no Brasil, além de discutir os desafios e vantagens estratégicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva e a estrutura da política de exploração. Os impactos socioambientais são destacados como cruciais para uma abordagem sustentável, culminando em sugestões para aprimorar a atuação estatal e intensificar a promoção da sustentabilidade na exploração do lítio no país.

É importante ressaltar que os resultados das entrevistas aplicadas durante a pesquisa se encontram distribuídos nos tópicos com os quais se relacionam dentro da discussão a respeito da estratégia de exploração do lítio no Brasil, de acordo com a análise de conteúdo previamente realizada. A experiência dos demais países estudados na gestão de seus recursos de lítio é utilizada como referência para a reflexão a respeito da realidade brasileira ao longo de todo o trabalho e, em especial, na construção das propostas de aprimoramento da estratégia nacional de exploração do lítio apresentadas ao final deste capítulo.

6.1. Marco político legal e estrutura estatal burocrática relacionadas à exploração do lítio no Brasil

Ao considerarmos a cadeia produtiva do lítio como um todo, desde a extração mineral do solo até a fabricação de baterias de íon-lítio (seu principal produto final) obtemos um objeto de análise bastante transversal, que engloba diversas áreas de governo, seus respectivos órgãos estatais e normativos específicos. Incluem-se nessa cadeia produtiva políticas de mineração, de inovação e tecnologia, de indústria, de comércio exterior, de regulação ambiental, de financiamento, entre outros temas. Dessa forma, o intuito desta seção não é descrever todas as políticas e órgãos públicos em detalhe, mas sim apresentar as principais instituições públicas e normativos legais que atuam nos processos de exploração do lítio no Brasil, de modo a construir um panorama geral da estrutura da atuação estatal brasileira a respeito do tema.

O principal órgão do Governo Federal que trata de mineração no Brasil é o Ministério de Minas e Energia (MME), a quem compete, entre outros temas, estabelecer as diretrizes nacionais estratégicas para a atividade mineradora no país. Segundo o Decreto nº 11.492/2023, que estabelece a Estrutura Regimental do Órgão, estão entre suas competências construir as políticas nacionais de geologia, de exploração e de produção de recursos minerais, além do Plano Nacional de Mineração (PNM).

Diretamente vinculado ao MME se encontra a Agência Nacional de Mineração (ANM), que se trata de uma autarquia federal em regime especial, que tem como finalidade “(...) promover a gestão dos recursos minerais da União, bem como a regulação e a fiscalização das atividades para o aproveitamento dos recursos minerais no País (...)” (Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017).

A Constituição Federal Brasileira determina que os recursos minerais, inclusive os existentes no subsolo, são bens da União, embora os demais Entes da Federação tenham o direito de receber compensação financeira pela exploração mineral em seus territórios:

“Art. 20. São bens da União:

(...)

IX - Os recursos minerais, inclusive os do subsolo;

(...)

§ 1º É assegurada, nos termos da lei, à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios a participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por essa exploração.

(...)

Art. 176. As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra.” (CF, 1988).

Dentro dessa estrutura legal, a ANM é responsável por gerir os recursos minerais da União, principalmente por meio da concessão de direitos de exploração mineral para entidades privadas interessadas, e da fiscalização das atividades de mineração. Para acessar os direitos de exploração mineral, primeiro a empresa mineradora necessita obter, junto à ANM, uma Autorização de Pesquisa Mineral, que se trata de investigação geológica a ser feita pela empresa para identificação das características do depósito mineral a ser explorado.

Após a realização da pesquisa mineral pela empresa e identificada a viabilidade econômica da exploração do depósito de minério, é possível a solicitação à ANM da Concessão de Lavra do depósito. A empresa que receber o Título de Lavra passa a ter o

direito de explorar os minérios do subsolo da área especificada por prazo indefinido, enquanto houver viabilidade econômica na exploração, tendo que pagar em contrapartida ao Estado a Contribuição Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais (CFEM), calculada sobre a receita de venda do minério pela empresa¹⁰.

Para obter o Título de Lavra a empresa precisa entregar à ANM diversos documentos que têm o intuito de garantir a sustentabilidade do projeto mineral, como o Plano de Controle dos Impactos Ambientais na Mineração, o Plano de Fechamento de Mina, e a Licença de Instalação do Projeto, essa última, no caso da exploração do lítio, emitida pelo órgão ambiental do Governo Estadual, no âmbito do processo de licenciamento ambiental. As principais regras relativas ao processo de concessão mineral são estabelecidas pelo Código de Mineração Brasileiro (Decreto-Lei nº 227/1967).

O processo de licenciamento ambiental é regulado principalmente pela Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981), que estabelece regras gerais para a gestão ambiental do país, e pelas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em especial a Resolução nº 237/1997, que determina os procedimentos e critérios a serem observados no licenciamento ambiental. O CONAMA é um órgão colegiado, presidido pelo Ministério do Meio Ambiente, que conta com a participação de representantes das três esferas de Governo, do setor privado e da sociedade civil. Trata-se de um importante órgão do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), que tem por função assessorar e propor diretrizes ao Governo Federal na formulação e execução da política ambiental. Dessa forma, suas resoluções podem afetar diretamente as atividades de mineração no que diz respeito ao estabelecimento de regras de licenciamento e fiscalização ambiental das atividades mineradoras.

Também vinculado ao MME está o Serviço Geológico Brasileiro (SGB), uma empresa pública que tem por principal competência subsidiar a formulação da política mineral e geológica do país, gerando conhecimento geológico e hidrológico sobre o território nacional. No campo da produção de conhecimento relacionado à mineração, atua, também, o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), uma unidade de pesquisa integrante da estrutura administrativa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), que tem por principais competências desenvolver tecnologias de caracterização de materiais minerais, de extração e processamento de minérios, e de aumento da eficiência e redução de impactos na indústria mineral.

¹⁰ As informações a respeito do processo de Concessão de Lavra podem ser encontradas no site oficial da ANM: <https://www.gov.br/anm/pt-br>.

O Ministério do Desenvolvimento da Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) também apresenta papel relevante para a cadeia produtiva do lítio. Em primeiro lugar, por ser o órgão responsável por formular as políticas de comércio exterior brasileiras e ter participação nas negociações internacionais relativas ao comércio exterior, o que se mostra essencial para o setor produtivo de lítio no Brasil, uma vez que a maior parte da produção de lítio nacional é exportada, e não consumida nacionalmente. Em segundo lugar, pela competência de estabelecer a política de desenvolvimento da indústria do país. Tal política teria um papel essencial a desempenhar em uma proposta de verticalização da cadeia produtiva do lítio no Brasil, tendo em vista que a indústria de refino e de produção de baterias de lítio no país ainda são incipientes.

Na atuação política internacional do Estado Brasileiro, não se pode deixar de considerar a relevância das contribuições do Ministério das Relações Exteriores (MRE). Embora a competência para negociar acordos comerciais, estabelecer a política de comércio exterior e gerir os processos de alteração tarifária sejam do MDIC, toda a atuação internacional do país deve contar com a participação do MRE. Ademais, o Órgão é responsável pela manutenção das relações diplomáticas e por promover a cooperação política com os demais países, o que se mostra fundamental na busca do Brasil por parcerias internacionais para o desenvolvimento da cadeia produtiva do lítio em seu território.

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) também pode ser entendido como um ator estatal relevante na cadeia produtiva do lítio, por atuar como um facilitador do financiamento de projetos. O BNDES é uma empresa pública federal, que tem como uma de suas principais competências oferecer apoio financeiro ao desenvolvimento econômico nacional, por meio de financiamentos de longo prazo. Oferta taxas mais atrativas que o mercado financeiro privado, e garantias a financiamentos de pequenas e médias empresas, que geralmente não são oferecidas pelo mercado privado.

O financiamento de projetos é uma questão sensível na cadeia produtiva do lítio, isso porque que todas as suas etapas, desde a extração mineral à produção de baterias de íon-lítio exigem significativos valores de investimento inicial para serem implementadas. A atividade de extração mineral e a indústria de refino do minério são geralmente projetos de larga escala que exigem um volume alto de despesa de capital (CAPEX) para a instalação das operações produtivas, já a indústria de produção de baterias, além do alto valor de CAPEX necessita também de constantes investimentos de longo prazo em pesquisa e desenvolvimento tecnológico para que a produção se mantenha competitiva

no mercado. Dessa forma, a disponibilidade de fontes de financiamento acessíveis é indispensável ao desenvolvimento das atividades produtivas da cadeia do lítio.

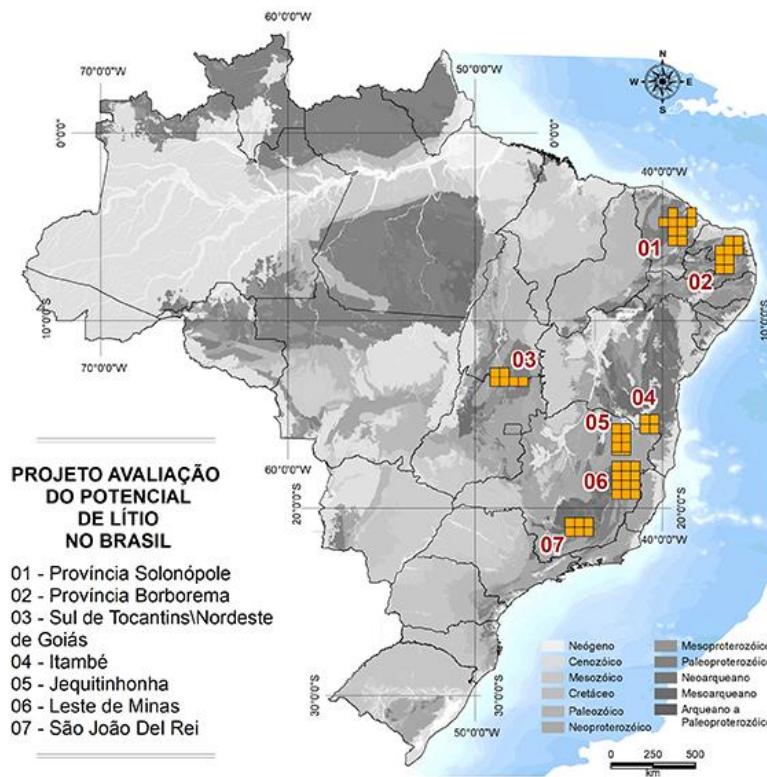
6.2. A atual produção de lítio no Brasil

O Brasil possui significativas reservas de lítio exploráveis em seu território, que tem sido extraído e comercializado em grande escala, desde o ano de 2023. Conforme esclarecido em maior detalhe no Capítulo 2, os dados a respeito dos volumes de reservas e recursos de minérios podem divergir bastante em razão da variabilidade natural dos depósitos e dos critérios utilizados para contabilização dos volumes. Segundo o relatório da USGS, utilizado como referência internacional neste trabalho (USGS, 2024), o Brasil possui reservas identificadas de aproximadamente 390 kt de lítio, sendo que a quantidade de lítio produzida no ano de 2023 foi de 4,9 kt de *Lithium Carbonate Equivalent* (LCE).

O Serviço Geológico do Brasil (SGB) tem feito um esforço em mapear as áreas do território nacional que apresentam potencial para a existência de reservas exploráveis de lítio. A partir do estudo da literatura especializada, de análise dos bancos de dados do Órgão e das referências dos processos minerários cadastrados no Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE), o SGB identificou as principais regiões com ocorrência de minerais de lítio no Brasil, independente da análise de viabilidade econômica de sua exploração (Paes *et al.*, 2016).

As áreas identificadas foram a Província Pegmatítica de Borborema, nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba; a Subprovíncia de Solonópole, no Ceará; a região leste de Minas Gerais; a região de São João Del Rei, no sul de Minas Gerais, o noroeste do Rio de Janeiro e sudeste de Minas Gerais; a região de Itambé, no sul da Bahia; e a região no sul do estado de Tocantins, conforme ilustrado pela Figura 11 (Paes *et al.*, 2016). Os quadrados em amarelo na figura equivalem ao potencial tamanho dos depósitos de lítio encontrados em cada região.

Figura 11: Principais áreas com ocorrência de minerais de lítio no Brasil.



Fonte: Paes *et al.* (2016).

Em 2012, o SGB lançou o “Projeto de Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil”¹¹, com o objetivo de aprofundar o conhecimento geológico do solo das regiões em que foi identificada a ocorrência de minerais de lítio. Segundo o SGB, a primeira fase do Projeto foi concluída em 2016 e analisou o Distrito Pegmatítico de Araçuaí, no Médio Rio Jequitinhonha, em Minas Gerais. A segunda fase do Projeto estudou a Província Pegmatítica da Borborema, na Paraíba e Rio Grande do Norte, e teve seus resultados publicados em 2023. A terceira fase do Projeto foi lançada em 2023 e segue em andamento, o estudo abrange uma extensa área no leste de Minas Gerais, que inclui o Distrito Pegmatítico de São José da Safira e a Subprovíncia Pegmatítica de Solonópole, no Ceará.

O mapeamento geológico do território é um trabalho essencial para a mineração, uma vez que produz as informações básicas necessárias para a realização da fase seguinte do processo mineral, que se trata da pesquisa mineral. A etapa da pesquisa mineral,

¹¹ As informações a respeito do Projeto de Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil podem ser encontradas no site oficial do SGB: <https://www.sgb.gov.br/w/brasil-tem-potencial-para-ampliar-producao-de-litio-de-2-para-25->

realizada pelas próprias empresas mineradoras, consiste em análises técnicas aprofundadas, que avaliam as características do depósito e as condições de viabilidade econômica de sua exploração.

Nesse contexto, observamos que o SGB apresenta um trabalho consistente ao longo dos anos em construir um arcabouço de conhecimento a respeito dos minérios de lítio no território brasileiro. No entanto, é possível também perceber que o trabalho se desenvolve de maneira lenta, e talvez insuficiente, diante do emergente crescimento da busca por novos sítios de exploração do lítio no território nacional e da ambição política brasileira de aumento da exploração do lítio a curto prazo.

A atual produção de lítio no Brasil se encontra concentrada na região do Vale do Jequitinhonha, no norte de Minas Gerais, onde foram identificadas as reservas com maior potencial de exploração econômica. Em pesquisa realizada no sistema de consultas de processos da ANM¹² foram encontrados dezesseis processos ativos de Concessão de Lavra de minérios de lítio, doze deles são de depósitos localizados em Itinga/MG ou Araçuaí/MG, cidades vizinhas na região do Vale do Jequitinhonha; dois estão localizados em Nazareno/MG, cidade no sul do Estado de Minas Gerais; um processo se encontra em Solonópole/CE; e o último em Parelhas/RN.

Embora exista um número maior de processos de Concessão de Lavra, apenas três empresas apresentam projetos minerários em operação no Brasil atualmente, isso em razão de algumas empresas possuírem mais de um título de Concessão de Lavra e pelo fato de algumas possuírem o Título sem ter alcançado a operacionalização da produção. As três empresas produtoras de lítio no Brasil são a Sigma Lithium, a Companhia Brasileira de Lítio (CBL) e a AMG Lithium.

A Sigma Lithium é uma empresa multinacional de origem canadense, com ações listadas nas bolsas de valores no Canadá e na Nasdaq, dos Estados Unidos. A empresa, porém, tem sede no Brasil e uma forte presença de brasileiros em seu *Board of Directors*. Começou sua produção em larga escala em 2023, com um projeto minerário localizado entre Itinga e Araçuaí, no Vale do Jequitinhonha, após algumas expansões da planta de mineração a céu aberto, alcançou a produção de aproximadamente 240 mil toneladas de concentrado de espodumênio em 2024.¹³

¹² O Sistema de consultas de processos da ANM pode ser acessado por meio do seguinte endereço eletrônico: <https://sistemas.anm.gov.br/SCM/Extra/site/admin/pesquisarProcessos.aspx>.

¹³ As informações sobre a Sigma Lithium podem ser encontradas no site da empresa: <https://sigmalithiumresources.com/>.

A Companhia Brasileira de Lítio (CBL) é uma empresa brasileira, que opera na extração de lítio desde 1991, a partir de uma mina subterrânea, localizada na mesma região da Sigma Lithium, entre Itinga e Araçuaí. Sua capacidade de produção anual é de 45 mil toneladas de concentrado de espodumênio. Embora produza volumes bem menores de concentrado de espodumênio que as demais empresas, é a única que possui também uma planta industrial de refino de minério de lítio, que fica localizada em Divisa Alegre/MG, e produz carbonato e hidróxido de lítio a partir do concentrado de espodumênio retirado de sua mina¹⁴.

A terceira mineradora em atividade na cadeia do lítio no Brasil é a AMG Lithium, uma multinacional holandesa, subsidiária da empresa AMG Critical Materials N.V., especializada na produção de minerais críticos ao redor do mundo. A empresa possui um projeto de minério de lítio em atividade no município de Nazareno, ao sul de Minas Gerais, com capacidade produtiva de 130 mil toneladas de concentrado de espodumênio por ano. Também possui uma planta industrial de refino do minério de lítio, porém localizada na Alemanha, uma vez que a empresa tem por um de seus objetivos abastecer o mercado europeu com insumos para produção de baterias de íon-lítio¹⁵.

A respeito da fabricação de baterias, não existe ainda uma produção em larga escala no país. Segundo relatos de representantes do MDIC e do MME entrevistados, algumas empresas como a WEG S.A. e a BYD, realizam em seus processos produtivos a montagem de baterias para utilização em seus produtos finais, porém a montagem das baterias é feita a partir de células de baterias importadas, fabricadas em outros países. Ademais, existem alguns projetos incipientes de desenvolvimento de tecnologias para a produção de baterias no país, porém nenhum deles alcançou ainda a escala de produção industrial.

De acordo com os dados da balança comercial brasileira, disponibilizados pelo MDIC¹⁶, no ano de 2024, o Brasil exportou o equivalente a US\$ 9.087.313,00 em minérios de lítio. Os principais destinos das exportações de minérios de lítio são a China e Alemanha. No mesmo ano, contudo, o país importou o equivalente a US\$ 654.043.820,00 em baterias de lítio. As principais origens das importações de baterias de

¹⁴ As informações sobre a CBL podem ser encontradas no site da empresa: <https://www.cblitio.com.br/nossas-operações>

¹⁵ As informações sobre a AMG Lithium podem ser encontradas no site da empresa: <https://amglithium.com/home>.

¹⁶ Os dados estatísticos da balança comercial brasileira podem ser consultados no sistema “Comex Stat”, disponível em: <https://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>.

lítio são a China e os Estados Unidos. É interessante notar essa discrepância entre exportações e importações, que evidencia a perda de valor agregado na produção nacional. Tal discrepancia se observa em razão do papel que o país tem ocupado na cadeia global de valor do lítio, no qual se apresenta como produtor e exportador de minérios de lítio como commodity primária e importador de seus produtos manufaturados com maior valor agregado.

6.3. A estratégia política de exploração do lítio no Brasil

O Brasil ocupa uma posição peculiar no cenário da América Latina no que se refere à exploração do lítio. Em comparação com os outros países analisados, o Brasil possui volumes de recursos de lítio bem menores, a Argentina por exemplo possui recursos estimados de 22 milhões de toneladas de lítio, enquanto o Brasil possui apenas 800 mil toneladas de recursos estimados de lítio (USGS, 2024), resguardadas eventuais descobertas futuras.

Os dados de produção de lítio, no entanto, mostram uma outra perspectiva, na qual o Brasil apresenta maior relevância no cenário regional e mundial. Enquanto a Argentina produziu 9,6 mil toneladas de lítio em 2023, ocupando a posição de quarta maior produtora mundial, o Brasil produziu um volume não tão distante, de 4,9 mil toneladas do minério, ocupando a posição seguinte, de quinto maior produtor mundial (USGS, 2024).

Dessa forma, embora os níveis de produção atual reforcem a compreensão de que existe um potencial de o Brasil se inserir na cadeia internacional do lítio de maneira qualificada no médio prazo, esse potencial não tem sido entendido pelos atores governamentais como uma oportunidade de investimento sustentada a longo prazo, como nos demais países latino-americanos analisados, possuidores de volumes bem maiores de recursos em seus territórios. Tal perspectiva sobre o posicionamento do país na conjuntura internacional do mercado de lítio parece desestimular a atuação governamental na construção de políticas de planejamento estruturadas para o desenvolvimento da cadeia produtiva do minério no Brasil.

Sobre esse aspecto, observamos que os Governos da Bolívia e do Chile, cada um à sua maneira, elaboraram políticas formais contendo a estratégia nacional de exploração do lítio em seus territórios, as quais apresentam ações de estímulo ao desenvolvimento

das diversas etapas da cadeia produtiva do lítio, desde a extração mineral à indústria de produção de baterias. A atuação do Governo Brasileiro, em sentido contrário, se aproxima mais da postura do Governo Argentino, que não criou políticas ou planejamentos específicos para a exploração do lítio no país, dessa forma as atividades são reguladas pelos normativos que estabelecem as regras gerais dos países para os setores econômicos envolvidos.

A partir de uma perspectiva mais ampla, no Brasil foi criado um planejamento estratégico para a transformação ecológica de toda sua economia, que engloba iniciativas de estímulo à transição energética e de maneira indireta a exploração de minerais críticos. Trata-se do Plano de Transformação Ecológica (PTE), lançado em 2023 pelo Ministério da Fazenda, o qual apresenta o objetivo de alinhar o desenvolvimento econômico do país com a sustentabilidade ambiental e a justiça social. É constituído de políticas públicas e ações estratégicas, algumas já em curso, outras ainda a serem construídas, que abrangem seis eixos principais: i) Finanças sustentáveis; ii) Adensamento tecnológico; iii) Bioeconomia; iv) Transição energética; v) Economia circular; vi) Infraestrutura verde e adaptação. No eixo ii, sobre adensamento tecnológico, é previsto o objetivo de incentivar o beneficiamento nacional de minerais e da produção agrícola, para exportação de produtos mais complexos, o que pode estimular o adensamento da cadeia produtiva do lítio no país.¹⁷

Embora não exista uma política específica para o lítio no Brasil, desde o início do atual Governo em 2023, foi realizado um trabalho pelo Ministério de Minas e Energia (MME), de construção de um programa nacional com diretrizes estratégicas para a exploração de minerais críticos para a transição energética no país. A construção da proposta de programa foi concluída no âmbito técnico do Ministério e inclui em seu escopo os minérios de lítio, porém, em razão de divergências internas no Governo de origem não revelada, a política ainda não foi publicada.¹⁸

Apesar de não haver a formalização do programa com a publicação de uma política nacional para os minerais críticos, representantes do MME entrevistados informaram que os trabalhos atualmente realizados no Ministério a respeito do tema têm

¹⁷ O Plano de Transformação Ecológica não foi publicado em um documento oficial específico, as informações sobre a iniciativa podem ser encontradas no site do Ministério da Fazenda: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica>.

¹⁸ Uma vez que a proposta de programa de diretrizes para a exploração de minerais críticos no Brasil não foi publicada, não temos acesso ao conteúdo do programa. As informações a respeito do tema foram colhidas por meio das entrevistas realizadas com representantes do MME.

sido orientados pelas diretrizes estabelecidas na proposta de programa desde sua concepção. A proposta de programa apresenta duas diretrizes gerais que são: i) ampliar a oferta de minerais críticos no mercado, como forma de contribuir para a transição energética mundial; e ii) estimular o desenvolvimento da indústria de transformação mineral de minerais críticos no Brasil.

Nesse aspecto, é interessante notar que as etapas mais avançadas das cadeias produtivas dos minerais críticos, que dizem respeito às indústrias de produtos manufaturados, como as baterias de lítio, painéis solares e aerogeradores, não são abrangidas pela proposta de programa para minerais críticos do MME, o qual entende que o tema apresenta maior alinhamento com as competências do Ministério do Desenvolvimento da Indústria, Comércio e Serviços (MDIC).

De acordo com os representantes do MME entrevistados, no escopo das duas diretrizes estabelecidas pela proposta de programa criada, a atuação do MME a respeito do tema de minerais críticos tem seguido as seguintes prioridades:

- Atuar conjuntamente com a Agência Nacional de Mineração (ANM) para priorizar a concessão de direitos minerários para projetos de extração de minerais críticos, dentre os processos analisados pela Agência;
- Oferecer apoio e informações para empresas privadas sobre os processos de licenciamento ambiental para a realização de projetos de extração de minerais críticos;
- Atuar conjuntamente com o SGB para o estabelecer a priorização do mapeamento geológico de áreas com potencial de existência de reservas de minerais críticos;
- Atuar conjuntamente com o BNDES e outros agentes financeiros internacionais para a construção de instrumentos de financiamento para as atividades de pesquisa, extração e transformação mineral de minerais críticos;
- Impulsionar a formação de força de trabalho, e o desenvolvimento de tecnologias para aumentar a eficiência e a sustentabilidade da extração e da transformação mineral de minerais críticos;
- Melhorar a infraestrutura logística de regiões em que é realizada a exploração de minerais críticos;

- Buscar parcerias internacionais para a atração de investimentos de empresas privadas e governos estrangeiros interessados na importação de minerais críticos brasileiros;
- Estimular a sustentabilidade nas atividades de exploração dos minerais críticos e o desenvolvimento de uma economia circular em suas cadeias produtivas.

Algumas dessas ações foram implementadas, tais como: a priorização das atividades da ANM e do SGB em processos relacionados aos minerais críticos; a criação de um Fundo de Investimento em Participações (FIP), pelo BNDES, para investimentos em projetos de pesquisa mineral de minerais críticos; o fortalecimento de parcerias para impulsionar os projetos do Serviço Nacional da Indústria (SENAI), para a formação de força de trabalho e desenvolvimento tecnológico nas cadeias de minerais críticos; e diversas ações de atração de investimentos estrangeiros.

Um ponto que chama a atenção na lista de ações prioritárias apresentada é a proposta de atuar no desenvolvimento da economia circular das cadeias produtivas dos minerais críticos. Nas estratégias de exploração do lítio dos demais países analisados a economia circular do minério, ou o desenvolvimento de rotas de reciclagem do lítio das baterias, não foi tratada como prioridade em seus planejamentos, e nem ao menos citada em alguns casos. No Brasil, embora não existam ações concretas de estímulo ao desenvolvimento da circularidade da cadeia produtiva de minerais críticos, seu estabelecimento como uma prioridade política representa um sinal positivo de estímulo ao desenvolvimento do setor. Nesse contexto, foi lançado pelo Governo Brasileiro em maio de 2025 o Plano Nacional de Economia Circular 2025-2034, que tem o objetivo de “promover a transição de um modelo econômico linear (“extrair, produzir, consumir, descartar”) para um sistema circular e sustentável” (Brasil, 2025). O Plano, porém, não faz menções diretas à cadeia produtiva de minerais críticos, nem apresenta ações concretas de implementação da economia circular para tais minerais no país.

De maneira semelhante, a sustentabilidade é apontada como um princípio a ser buscado na lista de ações prioritárias da proposta de programa para minerais críticos do MME. No entanto, não são detalhados os caminhos pelos quais se pretende estimular a sustentabilidade na exploração dos minerais, nem tampouco estabelecidas ações concretas para sua implementação.

Além desta iniciativa do MME de tentar construir uma política com visão estratégica para a exploração dos minerais críticos no Brasil, que teria impacto direto na

exploração do lítio no país, existem outras iniciativas políticas dispersas no âmbito do Governo Federal, que apresentam relação com o desenvolvimento da cadeia produtiva do lítio. Uma delas é a política de desenvolvimento industrial chamada “Nova Indústria Brasil” (NIB), lançada em 2024, por meio da Resolução nº 1, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI).

O principal objetivo estabelecido na NIB é modernizar e impulsionar o desenvolvimento da indústria brasileira até 2033. Embora seu detalhamento, assim como seus planos de ação setoriais ainda estejam em construção, as diretrizes gerais da política fazem menção à expansão da produção e utilização de minerais críticos:

“Art. 10º São objetivos específicos da missão - bioeconomia, descarbonização, e transição e segurança energéticas para garantir os recursos para as gerações futuras:

I. expandir a capacidade produtiva da indústria brasileira por meio da produção e da adoção de insumos, inclusive materiais e minerais críticos, tecnologias e processos de baixo carbono, com eficiência energética;” (CNDI, 2024).

Representantes do MDIC, durante a realização das entrevistas, esclareceram que o desenvolvimento das indústrias da cadeia produtiva do lítio, tanto de refino mineral, quanto das etapas mais avançadas de produção de baterias de lítio, são objeto de atuação do Ministério, e que existem projetos em gestação dentro desse escopo de ação, mas que ainda não podem ser divulgados por estarem em preparação. Ademais, o Ministério até o momento tem realizado um trabalho de articulação política, que consiste em uma comunicação ativa com os atores envolvidos na cadeia do lítio para a identificação de entraves ao desenvolvimento industrial do setor, encaminhamento de demandas do setor produtivo aos órgãos públicos responsáveis, e consolidação de parcerias para o estímulo ao investimento privado.

Uma das principais dificuldades para a expansão da produção de insumos de lítio no Brasil, segundo representantes do MME, se trata da pouca disponibilidade de mecanismos de financiamento acessíveis para que as empresas tenham condições de investir em novos projetos. Tais recursos são necessários em especial nas fases de pesquisa mineral, por ser uma atividade de maior risco financeiro (caso o potencial mineral pesquisado não se concretize, não há o retorno financeiro esperado), e a fase de transformação mineral, que por ser intensiva em tecnologia, requer maior investimento de capital para a instalação de novos projetos.

Nesse contexto, o BNDES informou que tem atuado para ampliar a oferta de crédito acessível com o intuito de estimular o desenvolvimento do setor. Além da criação do Fundo de Investimento em Participações para minerais críticos, já comentado, existem outras linhas de crédito oferecidas pelo Banco, como a BNDES Finem Crédito para projetos Direto – voltada para projetos de geração e aumento de capacidade produtiva; BNDES Máquinas e Serviços – voltada para aquisição de equipamentos e serviços; BNDES Mais Inovação – voltada para projetos de inovação e digitalização; Fundo Clima – para apoio a projetos relacionados à redução de emissões de gases do efeito estufa e à adaptação às mudanças do clima.

Apesar da relevância dada ao tema de financiamento pelos representantes do Governo para o alcance de seus objetivos de desenvolvimento da cadeia produtiva do lítio, apenas um grande projeto de financiamento no setor foi aprovado pelo BNDES até o momento. Trata-se do financiamento aprovado em setembro de 2024, com recursos do Fundo Clima, para a empresa Sigma Lithium, no valor de R\$ 486.765.000,00, que tem como objetivo a ampliação de sua produção de concentrado de espodumênio no Vale do Jequitinhonha, com crescimento da capacidade produtiva em 250 mil toneladas por ano.

Essa operação de financiamento tem sido questionada por organizações da sociedade civil e pela mídia, em razão do baixo impacto que teria em impulsionar a transição energética. Isso porque a fase de extração do minério, para a qual foi concedido o empréstimo, é a fase dentro da cadeia produtiva do lítio que menos necessitaria de financiamentos subsidiados por dinheiro público, uma vez que se trata de uma atividade com menores riscos comerciais e altas taxas de lucratividade associadas, ademais são realizadas por grandes empresas que geralmente possuem capital para investimento, como é o caso da Sigma Lithium. A empresa também tem sido criticada por sua relação com a imprensa (ABA, 2025).

A política internacional do Estado Brasileiro tampouco possui uma orientação estratégica estruturada para o tema de exploração do lítio no país. Segundo informações coletadas em entrevistas, a atuação tanto do Ministério das Relações Exteriores (MRE) como da Secretaria de Comércio Exterior do MDIC é de defesa dos interesses nacionais a respeito das cadeias de minerais críticos do país de maneira difusa, nos espaços políticos de diálogo com outros países já existentes, e que seguem a lógica do multilateralismo adotada na política internacional brasileira, sem estabelecer preferências por regiões ou nações específicas.

Segundo contatos feitos com o MRE, um dos maiores desafios para o país é conseguir internalizar os elos com maior valor agregado das indústrias associadas aos minerais críticos, como as de energia limpa e descarbonização. No entanto, até o momento não existem ações específicas do Ministério com o intuito de construir cooperações internacionais que auxiliem no alcance de tais objetivos. Conforme se observa no trecho de entrevista ressaltado abaixo, a atuação do MRE se mostra voltada à defesa de princípios éticos na exploração de minerais críticos, sem que isso signifique, no entanto, a implementação de ações políticas robustas para o desenvolvimento do setor:

“O Ministério das Relações Exteriores tem defendido, em fóruns multilaterais e em relações bilaterais, que a produção de minerais críticos e estratégicos deve ser acompanhada de medidas que assegurem a transparência, o combate a atividades ilícitas e à corrupção, a agregação de valor nos países em desenvolvimento, a justiça, a responsabilidade no financiamento, os direitos humanos e a proteção ambiental.”

De acordo com representantes do Ministério, não há registro recente de ato jurídico internacional relacionado à exploração do lítio ou ao desenvolvimento de sua cadeia produtiva no país. Em buscas realizadas no Sistema Concórdia¹⁹ foi encontrado apenas um documento a respeito do tema, que se trata de um Memorando de Entendimento firmado entre a Bolívia e o Brasil em 2009 (Bolívia; Brasil, 2009), para promover a cooperação na pesquisa e desenvolvimento de processos para a industrialização dos recursos evaporíticos do Salar de Uyuni. Tal Memorando, porém, não se desenvolveu em projetos concretos de cooperação.

O Poder Legislativo brasileiro também tem trabalhado no sentido de normatizar políticas estratégicas para a exploração de minerais críticos no país. Segundo o regramento do Estado Brasileiro, a competência original de formulação de políticas públicas e construção de planos nacionais estratégicos para o desenvolvimento do país é do Poder Executivo, ao Poder Legislativo caberia a criação de leis em sentido amplo, com o intuito de estabelecer regras gerais e abstratas para a definição da atuação do Estado e a delimitação da conduta do cidadão.

No entanto, diante da inércia do Poder Executivo em formalizar um plano estratégico para a exploração dos minerais críticos no Brasil, Deputados Federais, integrantes da Frente Parlamentar da Mineração Sustentável (FPMin), apresentaram o Projeto de Lei nº 2.780/2024, que propõe a instituição da Política Nacional de Minerais

¹⁹ O Sistema Concórdia, mantido pelo MRE, reúne e disponibiliza o acervo de atos internacionais firmados pelo Brasil desde o ano de 1822. Disponível em: <https://concordia.itamaraty.gov.br/>

Críticos e Estratégicos (PNMCE). O Projeto de Lei cria uma governança específica para tratamento do tema no Governo Federal, o Comitê de Minerais Críticos e Estratégicos, vinculado ao Conselho Nacional de Política Mineral (CNPM), e estabelece algumas diretrizes de ação a serem realizadas pelo Poder Executivo para o desenvolvimento do setor.

As principais propostas constantes no PL nº 2.780/2024 dizem respeito à criação de incentivos fiscais para empresas mineradoras de minerais críticos, e a determinação de que o Poder Executivo apoie as empresas e priorize os processos de licenciamento ambiental e de concessão mineral de minerais críticos. Embora a proposta tenha sido apresentada por uma Frente Parlamentar que alega defender a mineração sustentável, não foram identificados na proposição normativa instrumentos concretos de promoção da sustentabilidade na exploração de minerais críticos.

Outra proposta apresentada pelo Poder Legislativo, que trata especificamente do lítio, é o Projeto de Lei nº 2.809/2023, o qual estabelece a certificação voluntária para o lítio verde. A proposta foi apresentada por oito Deputados Federais, entre eles a Deputada Adriana Ventura, do partido NOVO/SP, o Deputado Kim Kataguiri do partido UNIÃO/SP e o Deputado Coronel Chrisóstomo do partido PL/RO. Segundo a proposta legislativa, ao cumprir determinados requisitos socioambientais e de mitigação de emissão de carbono a serem estabelecidos em regulamento, as empresas receberiam uma certificação de “lítio verde”, que poderia ser utilizada como vantagem comercial em suas estratégicas de negócios.

A proposta tem sido criticada por atores da sociedade civil, defensores da sustentabilidade na mineração, porque não prevê critérios detalhados para a emissão dos certificados e tampouco estabelece mecanismos de auditoria independente para confirmação das informações prestadas pelas empresas. Na maneira como a proposta foi apresentada, acredita-se existir um risco significativo de que as empresas mineradoras adquiram o selo “lítio verde” sem que de fato tenham incluído processos de sustentabilidade consistentes em suas atividades produtivas, prática conhecida como *greenwashing*.

Por fim, uma terceira proposição legislativa que trata especificamente da exploração do lítio foi apresentada em setembro de 2023 pela Deputada Federal Dandara Castro, do partido PT/MG. O Projeto de Lei nº 4.367/2023 propõe a majoração da alíquota da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) relativa à exploração do lítio de 2% para 4% sobre o valor do faturamento líquido da venda do

minério. A proposta se mostra meritória e pertinente à realidade da legislação brasileira que exige poucas contrapartidas das empresas mineradoras para a concessão da exploração mineral. Na justificativa do Projeto de Lei apresentado, a Deputada compara a alíquota brasileira com as de outros países para demonstrar que o atual valor brasileiro se encontra abaixo da média global; na Austrália, por exemplo, a alíquota foi definida em 5% sobre o valor de venda do minério e, na Argentina, em 3%.

A proposição legislativa falha, no entanto, em endereçar uma das questões fundamentais relacionadas ao recolhimento da CFEM, que é a qualidade da destinação dos recursos recolhidos, realizada pelos Entes da Federação. Muitas vezes os recursos são desviados ou mal-empregados pelas administrações públicas locais, de modo que não atinge o seu fim primordial de promover o desenvolvimento dos locais afetados pela mineração. Dessa forma, acredita-se que uma majoração da alíquota da CFEM, para que tenha maior efetividade, deveria ser acompanhada da construção de diretrizes e delimitações mais detalhadas a respeito de como os recursos recolhidos deveriam ser empregados pelos Governos locais.

Outra proposição legislativa, que não regulamenta a exploração do lítio em específico, mas que pode afetá-la diretamente, tem ocupado o debate político do país. Trata-se do Projeto de Lei nº 2.159/2021, que dispõe sobre o licenciamento ambiental e encontra-se em tramitação no Congresso Nacional. O PL propõe o estabelecimento de regras menos rígidas para o processo de licenciamento ambiental, que podem acarretar severos impactos socioambientais futuros e risco de aumento da judicialização nos processos. O PL dispensa a exigência de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) para uma série de empreendimentos com risco reconhecido e permite a Licença por Adesão e Compromisso (LAC), baseada na autodeclaração empresarial, ignorando impactos socioambientais cumulativos. Essa modalidade esvazia o papel do órgão ambiental, transformando o licenciamento em mera formalidade sem análise técnica prévia. A LAC poderia ser aplicada em empreendimentos de médio porte e médio potencial poluidor, nos quais se enquadram muitos projetos minerários, que teriam o processo de licenciamento ambiental fragilizado, caso o PL seja aprovado²⁰.

Na estrutura política do Estado Brasileiro, de maneira similar ao Poder Legislativo, o Poder Judiciário complementa o Poder Executivo, na relação de três poderes independentes e constituintes do Estado Democrático de Direito. No entanto, o

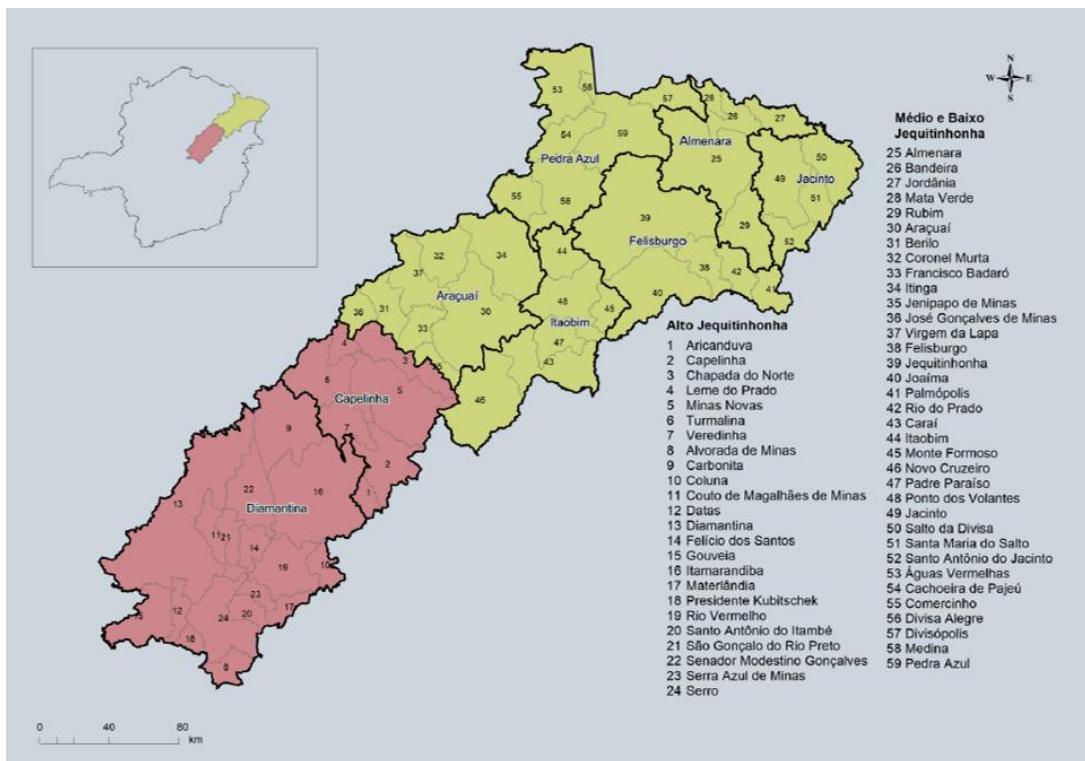
²⁰ No momento de conclusão desta dissertação, em julho de 2025, o PL nº 2.159/2021 foi aprovado no Congresso Nacional e encontra-se em análise de sanção ou veto pelo Presidente da República.

Poder Judiciário não possui competência direta para a formulação de políticas e estratégias nacionais para o desenvolvimento do país. A competência principal do Poder Judiciário é interpretar leis e aplicar o direito para resolver conflitos na sociedade (Brasil, 1988). Dessa forma, não há participação direta das instituições jurídicas do país na construção de uma estratégia nacional para a exploração do lítio. O Ministério Público não faz parte do Poder Judiciário, mas desempenha função essencial à justiça, sendo que uma de suas principais competências é a defesa dos direitos difusos e coletivos, e dos direitos individuais indisponíveis. Nesse aspecto, pode exercer um papel de relevância no enfrentamento aos impactos socioambientais advindos da exploração do lítio no Brasil. A instituição apresenta condições de fiscalizar os processos de licenciamento e de consulta pública às comunidades, realizados para a implementação de projetos minerários e após a instalação dos projetos, tem a competência para atuar na mediação de conflitos e garantia de direitos das comunidades afetadas pela mineração (Acselrad, 2022; Paim; Furtado, 2024).

6.4. Impactos socioambientais da exploração do lítio no Brasil

A maior parte dos projetos de extração de minérios de lítio em operação atualmente no Brasil, assim como dos projetos em elaboração, se localizam na região do Vale do Jequitinhonha, no nordeste do Estado de Minas Gerais. A região é conhecida como Vale do Jequitinhonha porque o rio Jequitinhonha atravessa toda sua extensão, desde a nascente até a foz no Estado da Bahia. Com territórios de aproximadamente 85.000 km², a região é dividida entre Alto, Médio e Baixo Jequitinhonha e possui 59 municípios, conforme ilustrado na Figura 12 (Angelo, 2024; Santos, 2022).

Figura 12: Municípios do Vale do Jequitinhonha.



Fonte: Guimarães (2017).

Os projetos de extração de lítio se concentram principalmente entre os municípios de Itinga e Araçuaí (números 30 e 34 no mapa da Figura 12), na região do médio Jequitinhonha. Se trata de uma região bastante árida, que possui uma baixa disponibilidade natural de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, além de apresentar uma baixa pluviosidade média e áreas sujeitas à desertificação. Os principais biomas ocorrentes são o cerrado e a caatinga (Guimarães, 2017). Segundo o Plano de Desenvolvimento para o Vale do Jequitinhonha, coordenado pelo Estado de Minas Gerais:

“A escassez hídrica afeta crescentemente a população e a atividade econômica e vem sendo intensificada pelos danos ambientais causados pela monocultura do eucalipto, pela mineração, pelo desmatamento, pelo consumo crescente de água e por outras atividades econômicas.” (Guimarães, 2017).

A região apresenta municípios com Índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) considerados baixos, além de taxas de pobreza e extrema pobreza maiores que a média estadual. A vulnerabilidade é agravada pelo baixo grau de escolarização e o pouco dinamismo do mercado de trabalho. As principais atividades econômicas estão relacionadas ao setor de serviços, à administração pública e agricultura

familiar, com grande participação da produção para subsistência. Na avaliação apresentada no Plano de Desenvolvimento para o Vale do Jequitinhonha, a indústria possui uma participação muito pequena na economia local, em especial a indústria de transformação, em razão principalmente das lacunas de infraestrutura e falta de força de trabalho qualificada (Guimarães, 2017).

O difícil acesso aos municípios é um gargalo de infraestrutura para desenvolvimento econômico da região, uma vez que não existe transporte ferroviário e a rede de transportes viária é precária. As rodovias federais e estaduais que conectam os territórios do Jequitinhonha apresentam problemas recorrentes como falta de pavimentação em importantes trechos e mal estado de conservação em outros, essa deficiência de rodovias dificulta a integração entre os territórios (Guimarães, 2017).

Todas essas características tornam o Vale do Jequitinhonha uma região com considerável vulnerabilidade socioambiental e ecossistêmica, e com muitas necessidades de desenvolvimento a serem supridas. Assim como em boa parte da América Latina, a história da região é marcada pela exploração de seus recursos naturais, desde a época colonial, em especial a partir do século XVIII, período em que se intensificaram as atividades de extração de ouro e diamantes em Minas Gerais (Angelo, 2024; Santos, 2022). Nesse sentido, é também uma região com presença marcante de comunidades quilombolas²¹.

Desde então, a região tem recebido diversos projetos extrativistas, que historicamente foram apresentados com a promessa de levar o progresso e melhores condições de vida para as comunidades. No entanto, a realidade experimentada pelas populações do Vale do Jequitinhonha ao longo desses séculos contrasta dramaticamente com tais promessas, configurando um paradoxo entre a riqueza de recursos da região e a pobreza em que vive a maioria de seus habitantes. Esse ciclo histórico se materializou em processos concretos de apropriação territorial e degradação socioambiental (Santos, 2022).

A expansão de projetos de mineração de larga escala e a consolidação do monocultivo de eucaliptos são dois exemplos de atividades extrativas que produzem grande impacto socioambiental no Médio Jequitinhonha, em especial pela apropriação do território e do uso intensivo de água que realizam. A escassez hídrica, exacerbada pelas

²¹ O projeto “Quilombos do Vale do Jequitinhonha: Música e Memória” pesquisou e registrou as manifestações culturais nas comunidades quilombolas do Vale do Jequitinhonha. Disponível em: <http://quilombosdojequitinhonha.com.br/>

atividades extractivas, compromete a produção no campo e o trabalho rural, sendo um fator significativo que impulsiona a emigração da população da região. Essa situação de déficit hídrico é particularmente preocupante em uma área já caracterizada por longos períodos de seca (Santos, 2022).

A exploração do lítio na região se insere nesse contexto como mais uma onda de projetos extractivos de recursos naturais, que altera a ocupação dos territórios e aumenta o consumo da pouca água disponível no cenário de escassez hídrica local. Um dos principais impactos decorrentes desse movimento são os conflitos fundiários entre tradicionais ocupantes dos territórios e as empresas que pretendem extraír lítio.

Segundo informações obtidas por meio de entrevista à representante do Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB), que atua na defesa de direitos socioambientais na região, empresas mineradoras de lítio se mobilizaram para obter autorização de pesquisa e exploração em áreas sensíveis, como a Área de Proteção Ambiental (APA) Chapada do Lagoão, uma área com muitas nascentes e comunidades tradicionais.

Nesse mesmo intuito, foi apresentada pelo prefeito do município de Araçuaí, Tadeu Oliveira, uma proposta de alteração da Lei Municipal nº 89/2007, a qual criou a APA da Chapada do Lagoão, que tem por objetivo diminuir o território da APA em 23% e, dessa forma, ampliar as áreas passíveis de concessão de direitos minerários para exploração de lítio em Araçuaí. O Projeto de Lei foi fortemente criticado pelas comunidades locais e atores da sociedade civil que atuam na região, mas permanece em tramitação na Câmara Municipal de Araçuaí.

Os projetos de extração de lítio já instalados e em operação também apresentam impactos socioambientais evidentes, sendo que o mais visível deles é a alteração da paisagem provocada nas grandes extensões dos territórios ocupadas pelas minas, em especial nas minas a céu aberto, como são as maiores instaladas no Jequitinhonha, construídas pela empresa Sigma Lithium. Também são produzidas grandes pilhas de rejeitos sólidos, decorrentes dos processos de separação mineral realizado nas minas, que muitas vezes são armazenados em áreas próximas a residências de moradores de comunidades locais, que produzem poeira e atrapalham a organização territorial das comunidades. A Figura 13 mostra a proximidade da pilha de rejeitos de lítio da mineradora Sigma Lithium de casas da comunidade Piauí Poço Dantas.

Figura 13: Pilha de rejeitos de lítio próximo à comunidade Piauí Poço Dantas.



Fonte: Guatelli, (2024).

Além do impacto nos cursos de água da região pela retirada de água para a utilização nos processos mineradores, a comunidade indígena Cinta Vermelha, que se localiza próxima à região minerada pela Sigma Lithium, relata que observaram um processo de assoreamento do curso de água e o desaparecimento de morcegos que eram comumente avistados pela comunidade. A Figura 14 mostra, em amarelo, o tamanho da pilha de rejeitos da mineradora Sigma Lithium em setembro de 2023 e, em vermelho, o crescimento da mesma pilha após um ano, quando chegou a apenas 60 metros do riacho Piauí representado pela linha em azul.

Figura 14: Pilha de rejeitos da mineradora Sigma Lithium.



Fonte: Guatelli, (2024).

Outro grave impacto às comunidades locais relatado ao MAB é a poluição sonora e do ar, que atrapalha a vida cotidiana dos moradores. Segundo eles, muitas explosões para a abertura das minas são realizadas durante a madrugada. Há, também, um intenso fluxo de caminhões transportando os minérios, gerando muito barulho durante a noite e nuvens de poeira que incomodam os moradores da zona rural próxima às minas.

Com a instalação dos projetos de mineração, muitos trabalhadores de outras regiões foram morar na cidade para trabalhar nas minas de lítio próximas. Segundo moradores de Araçuaí, esse movimento de pessoas gerou um processo inflacionário na cidade, com um aumento significativo dos preços de aluguéis e do custo de vida de maneira geral. Também acarretou impactos na qualidade dos serviços públicos prestados pelo município, principalmente os serviços de saúde, em razão do repentino aumento da demanda pelos serviços, causado pelo aumento populacional.

Alguns impactos socioambientais relatados poderiam ser amenizados pelas empresas mineradoras, caso realizassem ações de mitigação específicas, como limitar atividades de explosão de mina no período noturno. No entanto, o relacionamento entre as empresas de mineração e as comunidades afetadas por seus projetos minerários

costuma ser conflituoso na região e as demandas das comunidades geralmente não são consideradas.

O Instituto Cáritas atua na região prestando consultoria jurídica e esclarecendo as comunidades a respeito de seus direitos diante da atuação das empresas. Segundo eles, a Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) não costuma ser cumprida pelas mineradoras na construção de novos projetos minerários ou expansão dos já existentes. A Convenção nº 169 estabelece a necessidade de consulta livre, prévia e informada (CLPI) às comunidades tradicionais afetadas para decisões a respeito das alterações a serem realizadas no território. De acordo com o Cáritas, as empresas promovem a realização de algumas audiências públicas e as apresentam como espaços de diálogo aberto com as comunidades, porém, tais audiências não são percebidas como um espaço genuíno de escuta e sim como um meio de convencer as comunidades a aceitar os projetos sem alterações.

A partir das informações apresentadas, pode-se observar que, de uma maneira geral, as comunidades locais são os atores mais afetados pelos impactos socioambientais da atividade de mineração do lítio na região. Isso porque precisam se adaptar às alterações no território provocadas pelos projetos minerários e suportar as dificuldades que tais alterações representam para a manutenção de seus modos de vida tradicionais, sem receberem os benefícios socioeconômicos que poderiam advir do incremento da atividade econômica, uma vez que não é observado o aumento da renda real ou de empregos qualificados para a população local.

Os relatos obtidos por meio das entrevistas apontam para uma insuficiência na atuação de órgãos públicos locais e federais no acompanhamento das atividades das empresas mineradoras e no tratamento dos impactos socioambientais decorrentes, assim como na mediação dos conflitos com as comunidades locais. Os órgãos de fiscalização como a ANM e a Secretaria de Meio Ambiente Estadual se mostram ausentes, e os órgãos do Ministério Público e Defensorias Públicas apresentam uma atuação pontual na defesa de direitos e mediação de conflitos na região, agindo apenas em casos específicos, quando requisitados.

6.5. Sugestões de aprimoramento da estratégia política de exploração do lítio no Brasil – Caminhos para a sustentabilidade

Conforme discutido no Capítulo 3, que apresenta o referencial epistemológico, a presente análise parte da premissa de que é possível a construção de processos alinhados a práticas sustentáveis, até mesmo em atividades com intensos impactos socioambientais atrelados, como é o caso da mineração. Nesses casos, não se trata de uma sustentabilidade perfeita, em que todas as formas de vida serão mantidas em suas dinâmicas naturais, porém, a atuação estatal pode promover a atenuação dos severos impactos socioambientais decorrentes da atividade mineradora, bem como atuar na fiscalização e responsabilização das empresas.

Para que isso ocorra, acredita-se ser necessário que as políticas estratégicas do Estado para a exploração mineral sejam capazes de garantir o respeito aos direitos das comunidades locais e seus modos de vida tradicionais; a mitigação dos impactos nos ecossistemas afetados pela mineração; e justiça distributiva dos benefícios advindos da mineração entre todos os atores envolvidos na atividade, tanto das atuais como das futuras gerações.

A partir da análise apresentada nas seções anteriores, podemos observar que a atuação estatal brasileira falha em promover muitos desses objetivos de sustentabilidade na exploração do lítio no Brasil. A política do país para o lítio, mesmo sob diferentes governos, tem se caracterizado por incentivos fiscais que beneficiam, em grande medida, as grandes empresas transnacionais, reforçando um padrão de dependência econômica e inserção pouco qualificada nas cadeias globais de valor do minério.

A ausência de uma política nacional ou de um plano estratégico claro e público para minerais críticos no Brasil tem gerado um espaço vazio na definição de diretrizes para o desenvolvimento da atividade no país. Tal lacuna tem sido, em parte, ocupado pelo setor privado, facilitando sua influência na formulação de políticas e diminuindo a independência da ação estatal (Angelo, 2024).

Dessa forma, a primeira sugestão de aprimoramento apresentada é a publicação formal de uma política nacional para minerais críticos, que inclua diretrizes para a exploração do lítio. Conforme apresentado, o trabalho de elaboração da política já foi iniciado pelo MME e conta com o estabelecimento de ações para o desenvolvimento das cadeias produtivas dos minerais, no entanto, a proposta parece carecer de maior

detalhamento a respeito das diretrizes para a promoção da sustentabilidade nos processos de exploração.

A atuação do Governo Brasileiro a respeito da exploração de minerais críticos é composta de ações independentes dos variados órgãos e instituições públicas competentes para tratar do tema, mas que apresentam pouco alinhamento e coordenação entre si. A falta de alinhamento entre iniciativas que deveriam ser conectadas pode gerar repetição desnecessária de esforços, desperdício de oportunidades de potencialização de resultados e lacunas na atuação política. Acredita-se que um plano estratégico para a exploração dos minerais críticos no país poderia auxiliar a alinhar os esforços dispersos engendrados pelo Governo, de modo que passem a seguir um mesmo direcionamento político.

A experiência da Argentina pode nos revelar um aprendizado nesse contexto, uma vez que a desconexão entre as políticas de desenvolvimento tecnológico e as políticas de desenvolvimento industrial acarretaram desperdício do potencial de conhecimento construído a respeito da exploração do lítio no país. O investimento em pesquisa tecnológica levou à formação de um significativo arcabouço de conhecimento a respeito dos processos industriais da cadeia do lítio. Tal conhecimento, no entanto, não é completamente aplicado, porque não há um investimento correspondente em projetos de produção industrial da cadeia, que o conectem a uma aplicação em escala produtiva industrial.

Outro aspecto da estratégia política de exploração do lítio no Brasil que poderia ser aprimorado faz parte de uma discussão ampla, que extrapola o tratamento dado aos minerais críticos e diz respeito à necessidade de modernização de todo o modelo de concessão mineral brasileiro. O Código de Mineração brasileiro (Decreto-Lei nº 227/1967) é uma norma originária de 1967, que passou por algumas alterações pontuais ao longo tempo, mas precisa ter seus princípios estruturantes também reformulados.

A norma estabelece que os recursos minerários são propriedade da União, de modo que a exploração mineral depende de autorização do poder público, a qual é outorgada em regime de concessão ao interessado que cumprir os requisitos legais. O Código estabelece o direito de prioridade, que assegura a preferência ao primeiro requerente que cumprir as exigências legais para obter a autorização de pesquisa ou a concessão de lavra. O título de concessão de lavra não possui prazo de validade determinado, permanecendo válido enquanto o depósito de minério for economicamente lavrável.

Esse modelo de concessão por prioridade na apresentação do pleito e com prazo de validade vitalício pode, em tese, desestimular a inclusão da perspectiva da sustentabilidade nas propostas de exploração mineral das empresas mineradoras, que não recebem estímulos nesse sentido, para além do cumprimento das obrigações legais de licenciamento. Com base na experiência internacional analisada em seções anteriores, é possível entender que modelos de contratação temporária para a concessão mineral, de maneira similar ao modelo chileno, permitiriam a inclusão nos contratos de exigências de contrapartidas socioambientais das empresas, as quais poderiam ser renegociadas durante a execução dos contratos.

Ademais, em substituição ao direito de prioridade na apresentação do pleito de concessão mineral, poderia ser instituído um processo de seleção de empresas aptas a receber os direitos de exploração mineral por meio de licitação. Nesse caso, a competição entre as empresas mineradoras para vencer as licitações estimulariam a construir projetos de exploração mineral mais alinhados aos interesses nacionais e às práticas de sustentabilidade estabelecidas pelo poder público, com regras claras de *compliance* socioambiental para poderem participar de licitações.

A análise das informações reunidas por esta pesquisa nos faz refletir que na fase de extração mineral, as empresas mineradoras obtêm acesso a recursos naturais públicos valiosos, capazes de lhes gerar grandes lucros privados, no entanto, não são oferecidas contrapartidas significativas às regiões exploradas, tampouco os impactos socioambientais são mitigados satisfatoriamente pelas empresas. Dessa forma, sugere-se que seja buscado um reequilíbrio dessa relação de concessão de benefícios e exigências de contrapartidas nos processos de concessão mineral do Estado para empresas privadas.

Além dos requisitos legais de licenciamento já estabelecidos, poderia ser exigido das empresas investimentos em instituições autônomas de pesquisa, orientados para a elaboração de estudos a respeito dos impactos ecossistêmicos de seus projetos minerários. Da mesma forma, poderia ser requerida a construção de infraestrutura básica de apoio aos trabalhadores externos dos projetos de mineração, de modo que a chegada de novos trabalhadores nos municípios não sobrecarregue os serviços públicos municipais. Uma outra possibilidade seria a exigência de que parte das receitas obtidas pelas empresas fosse investida em projetos de agregação de valor nas cadeias produtivas dos minerais explorados.

Nesse contexto, a Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) representa um importante papel como instrumento que tem o intuito de reverter parte dos

lucros da extração mineral para aplicação nas políticas de desenvolvimento local. Entende-se, no entanto, que o mecanismo precisa ser fortalecido com o aumento das alíquotas cobradas e com uma melhor regulamentação de como os recursos deveriam ser aplicados pelos entes públicos, para que os valores não sejam mal-empregados ou desviados para outras finalidades, como é comum ocorrer em alguns municípios.

Ao analisarmos a estratégia política de exploração do lítio no Brasil, observamos que não há um trabalho estruturado e consistente de construção de parcerias internacionais para o desenvolvimento das cadeias produtivas do lítio no país. Entende-se que essa frente de atuação do Governo poderia gerar grandes oportunidades para o setor, especialmente na área de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias da cadeia do lítio. Uma possibilidade de atuação seria a negociação de acordos internacionais que oferecessem condições especiais de exportação do minério aos países, condicionadas ao estabelecimento de parcerias para a internalização de tecnologias estrangeiras.

Outro aprimoramento fundamental a ser realizado na política de exploração do lítio no Brasil diz respeito ao fortalecimento dos órgãos responsáveis pela fiscalização das atividades minerárias. A própria ANM, responsável pelas atividades de fiscalização, considera que a estrutura do órgão é insuficiente para o desempenho adequado de suas competências institucionais. Ao ser questionada a esse respeito, a Agência informou que não possui atualmente recursos adequados, mas que “segue em busca de melhor dotação orçamentária e realização de novos concursos para aprimorar seu quadro funcional ao cenário ideal de regulação do setor”. Em razão do quantitativo insuficiente de colaboradores trabalhando na Agência, suas fiscalizações são feitas em caráter remoto por controle de documentação e amostragem de trabalhos de campo, o que poderia comprometer a efetividade do trabalho de fiscalização. Nesse aspecto, a modernização tecnológica dos sistemas de monitoramento e controle digitais poderiam auxiliar a ANM em suas funções de fiscalização, com a utilização, por exemplo, de ferramentas de cruzamento de informações, sensores, monitoramento com drones e satélites, processos de rastreamento em block-chain e uso de inteligência artificial.

Por fim, acredita-se que seja igualmente essencial o fortalecimento da atuação do Ministério Público na defesa dos direitos das comunidades afetadas pela mineração do lítio e na mediação dos conflitos existentes entre as comunidades locais e empresas mineradoras da região. Os moradores de áreas rurais, comunidades quilombolas e indígenas próximas a zona de mineração muitas vezes carecem do conhecimento e

recursos necessários para exigirem o cumprimento de seus direitos sobre o território, perante os possíveis abusos de grandes empresas mineradoras.

Nesse contexto, a presença constante de representantes do Ministério Público acompanhando as atividades mineradoras da região poderia auxiliar na garantia do cumprimento dos processos de fiscalização da ANM e dos órgãos ambientais estaduais, além de mediar a comunicação entre as empresas mineradoras e os moradores locais, garantindo a efetividade das consultas às comunidades afetadas na implementação dos projetos de mineração e disseminar conhecimento entre o moradores da região a respeito de seus direitos ao território e à manutenção de suas culturas e modos de vida tradicionais.

Quadro 3: Síntese das sugestões de aprimoramento da estratégia política de exploração do lítio no Brasil

Categoría	Sugestões de aprimoramento
Atuação estratégica	<ul style="list-style-type: none"> • Publicar formalmente uma política nacional para minerais críticos; • Alinhar e coordenar os diversos órgãos e instituições públicas que atuam na cadeia produtiva do lítio; • Construir parcerias internacionais estruturadas e consistentes para o desenvolvimento das cadeias produtivas do lítio no Brasil; • Reequilibrar a relação entre concessão de benefícios e exigências de contrapartidas nos processos de concessão mineral para empresas privadas.
Regulação	<ul style="list-style-type: none"> • Modernizar o modelo de concessão mineral brasileiro; • Substituir o direito de prioridade na apresentação do pedido de concessão mineral por um processo de seleção de empresas via licitação, com o estabelecimento de contratos por tempo determinado; • Fortalecer os órgãos responsáveis pela fiscalização das atividades minerárias, como a Agência Nacional de Mineração (ANM); • Fortalecer a atuação do Ministério Público na defesa dos direitos das comunidades afetadas pela mineração do lítio.
Política de desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecer a CFEM – Melhorar a regulamentação sobre a aplicação dos recursos pelos entes públicos, para evitar mau uso ou desvio de valores; • Exigir das mineradoras investimento em instituições autônomas de pesquisa para a elaboração de estudos sobre os impactos dos projetos minerários e desenvolvimento de tecnologia para sua mitigação; • Requerer das mineradoras a construção de infraestrutura básica de apoio aos trabalhadores externos dos projetos, para evitar sobrecarga dos serviços públicos municipais; • Exigir que parte das receitas obtidas pelas empresas seja investida em projetos de agregação de valor nas cadeias produtivas dos minerais explorados.

Fonte: Elaboração própria.

6.6. Tipos de atuação estatal e estratégias nacionais de exploração do lítio – Caminhos possíveis

Diante das estratégias políticas nacionais de exploração do lítio em cada um dos países analisados podemos observar que não há um caminho único a ser seguido na busca pela promoção do desenvolvimento sustentável na exploração do minério. Assim como não existe apenas uma alternativa viável para a transição energética, e sim várias possibilidades muitas vezes complementares entre si, a promoção da sustentabilidade na exploração do lítio pode ser alcançada por meio de diferentes formas de atuação estatal e privada. A experiência na América do Sul analisada neste trabalho nos permite compreender a atuação estatal sendo orientada em três eixos principais: um contexto de alta intervenção estatal, uma atuação apenas reguladora e uma postura liberal com maior autonomia do setor privado. Tais eixos são sintetizados no Quadro 4.

Quadro 4: Síntese dos tipos de atuação estatal nas estratégias nacionais de exploração do lítio.

Tipo de atuação estatal	Características
Alta intervenção estatal	<ul style="list-style-type: none"> Instituições governamentais operacionalizam todas as fases da cadeia produtiva do lítio; Busca a nacionalização dos benefícios da exploração dos recursos nacionais do país; Encontra dificuldades na implementação dos projetos por falta de financiamento e infraestrutura adequada.
Atuação reguladora	<ul style="list-style-type: none"> Estado estabelece diretrizes estratégicas operacionalizadas por meio de parcerias com o setor privado; Maior facilidade de implementação dos projetos em razão do aporte de investimentos privados; Risco de cooptação do Estado pelo interesse privado e de fiscalização insuficiente das atividades produtivas.
Atuação liberal	<ul style="list-style-type: none"> Atividade pouco regulada pelo Estado, que foca sua atuação na atração de investimentos privados; Estimula a atuação extrativista de exploração e exportação da commodity mineral, sem agregação de valor; Pouco controle estatal sobre os impactos socioambientais da atividade produtiva, que tendem a ser mal administrados pelas empresas privadas.

Fonte: Elaboração própria.

7. Conclusão

A presente dissertação dedicou-se a analisar a complexa intersecção entre a exploração do lítio, a transição energética global e a busca por uma gestão sustentável do minério no Brasil. O lítio, um mineral necessário para a fabricação de baterias de íon-lítio, assume um papel-chave na eletrificação de automóveis e no armazenamento de energias renováveis intermitentes, componentes fundamentais para enfrentar o aquecimento global e cumprir as metas do Acordo de Paris. No entanto, o rápido aumento da demanda e exploração do lítio em nível mundial traz consigo desafios significativos, particularmente relacionados aos seus impactos socioambientais e à maneira como a atividade se insere nas dinâmicas globais de valor, muitas vezes replicando estruturas de neoextrativismo.

A análise empreendida reforça que, embora o lítio seja um recurso vital para a transição energética, sua exploração também apresenta várias externalidades negativas. Os impactos socioambientais da extração, seja a partir de salmouras na Bolívia, Chile e Argentina, ou em pegmatitos no Brasil, são consideráveis e incluem o uso intensivo de água em regiões frequentemente áridas, alterações na paisagem, impactos na fauna e flora local, e conflitos com povos e comunidades tradicionais dos territórios. Tais impactos recaem majoritariamente sobre as regiões produtoras e as comunidades a elas vinculadas, levantando questionamentos sobre justiça socioambiental na cadeia produtiva do lítio.

A investigação das experiências de gestão do lítio na Bolívia, Chile e Argentina revelou abordagens políticas distintas, cada qual com seus êxitos e desafios na promoção da sustentabilidade e do desenvolvimento das cadeias de valor relacionadas ao lítio. A análise comparativa dessas experiências ressalta a importância da atuação estatal e de planejamentos estratégicos para orientar e fiscalizar a atividade minerária, evitando tendências à destruição socioambiental e à criação de economias de enclave.

O modelo de exploração do lítio predominante no Brasil se concentra na concessão da extração mineral para empresas privadas e na exportação de minérios de lítio como commodity primária, importando produtos manufaturados com maior valor agregado, como as baterias de lítio. As contrapartidas socioambientais oferecidas pelas empresas mineradoras são pouco significativas diante dos impactos que suas atividades provocam nas regiões diretamente afetadas pela mineração de lítio.

Dessa forma, a pesquisa nos leva a conclusão de que a atuação estatal brasileira tem sido insuficiente diante do propósito de se alcançar uma exploração sustentável do lítio no país. A análise da estratégia política brasileira para a exploração do lítio revela a ausência de uma política nacional formal e integrada para minerais críticos, incluindo o lítio. A estrutura estatal relacionada à exploração do lítio é transversal, envolvendo diversos ministérios e órgãos, mas a atuação é frequentemente dispersa e falta articulação entre políticas de mineração, indústria, tecnologia, meio ambiente e cooperação internacional.

Nesse contexto, como um dos resultados do trabalho, são apresentadas sugestões de aprimoramento da estratégia política de exploração do lítio no Brasil. Entre elas, estão as propostas de formalização de uma política nacional de minerais críticos que apresente um planejamento estratégico para desenvolvimento sustentável das cadeias produtivas dos minérios, capaz de integrar e orientar os esforços dispersos da atuação governamental; o aprimoramento do modelo de concessão mineral brasileiro, que reequilibre a relação entre a concessão de recursos públicos e as contrapartidas exigidas das empresas; o fortalecimento de instituições públicas de fiscalização, para que sejam capazes de garantir o cumprimento dos normativos de proteção ambiental e o respeito aos direitos socioambientais das comunidades afetadas pela mineração; entre outras iniciativas.

Diante de todas as análises realizadas ao longo da pesquisa, conclui-se que existem caminhos institucionais possíveis para se promover a exploração sustentável do lítio no país. Embora não seja possível a produção de lítio e dos demais produtos de sua cadeia sem a geração de impactos socioambientais significativos, ainda assim é possível a construção de mecanismos institucionais que sejam capazes de minimizar e mitigar tais impactos, ao mesmo tempo que estimulam as externalidades positivas do desenvolvimento da atividade produtiva, como a descarbonização de veículos leves, a inovação tecnológica e a agregação de emprego e renda ao país. Tais caminhos somente se mostram viáveis por meio de uma atuação estatal consistente e integrada aos princípios de sustentabilidade.

Referências

- ACOSTA, A. O Bem Viver: Uma Oportunidade Para Imaginar Outros Mundos. Tradução de Tadeu Breda. São Paulo: Autonomia Literária, Elefante, 2016. 264 p.
- ACSELRAD, H. Neoextrativismo e autoritarismo: afinidades e convergências. 2022, Rio de Janeiro: Garamond.
- AGUSDINATA, D. B. et al. Socio-environmental impacts of lithium mineral extraction: Towards a research agenda. *Environmental Research Letters*, v. 13, n. 12, dez. 2018.
- ALONSO, A. A. (Coord.). Litio en América Latina: demanda global contra daño socioambiental. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, 2022.
- ANGELO, M. G. Enquanto durarem os estoques: contradições da mineração como pilar da transição energética justa. 199 f. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2024.
- ARGENTINA. Panorama Económico Argentino. Centro de Economía Internacional. Buenos Aires, 2024. Disponível em: https://cancilleria.gob.ar/userfiles/ut/panorama_economico_argentino_-_abril_2024_0.pdf
- ARGENTINA. Constitución de la Nación Argentina. 1^a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación. Secretaría de Derechos Humanos y Pluralismo Cultural, 2016.
- ARRESE, F. J. Litio y desarrollo en América del Sur Un análisis comparativo de las políticas de Chile, Bolivia y Argentina. 2019. 161 f. Universidade Nacional do Centro da Província de Buenos Aires, Tandil, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ANTROPOLOGIA (ABA). Nota de repúdio: mineradora tenta censurar a imprensa e impedir a divulgação de resultados de pesquisa. Brasília, DF, 19 maio 2025. Disponível em: www.portal.abant.org.br.
- BALCÁZAR, R. Crisis y minería del litio en el salar de Atacama. La necesidad de una mirada desde la justicia climática. In: Salares andinos. Ecología de saberes por la protección de nuestros salares y humedales. p. 69-82, 2021.
- BARANDIARÁN, J. Lithium and development imaginaries in Chile, Argentina and Bolivia. *World Development*, [s. l.], v. 113, p. 381-391, 2019.
- BORGES, E. A. G.; SALOMÃO, P. E. A. Extração de Lítio nos municípios de Itinga e Araçuaí no Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais. *Research, Society and Development*, v. 9, n.1, out. 2019. ISSN 2525-3409.

- BOFF, L. Sustentabilidade: o que é - o que não é. 5. ed. Petrópolis: Vozes, 2016.
- BOLÍVIA. Constituição Política do Estado Plurinacional da Bolívia. La Paz, 7 de fevereiro de 2009.
- BOLÍVIA; BRASIL. Memorando de entendimento em matéria de pesquisa e desenvolvimento de processos para a industrialização dos recursos evaporíticos do Salar de Uyuni. Villa Tunari, 22 ago. 2009.
- BRAGA, P. F.A.; FRANÇA, S. C. A. Lítio: um mineral estratégico. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. 41 p. Série Estudos e Documentos, 81. ISSN 0103-6319.
- BRAGA, P. F., SAMPAIO, A. J. Lítio. In: LUZ, A. B.; LINS F. A. F. (Orgs.). Rochas & minerais industriais, usos e especificações. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. p. 585-604.
- BRAGA, P. F. A.; FRANÇA, C. A.; DOS SANTOS, R. L. C. Panorama da indústria de lítio no Brasil. Salta: Argentina, 2010. X Jornadas Argentinas de Tratamiento de Minerales.
- BRANNSTROM, C. Descarbonização com justiça? Conceitos e abordagens. In: BRANNSTROM, C.; SEGHEZZO, L.; GORAYEB, A. (Orgs.). Descarbonização na América do Sul: Conexões entre o Brasil e a Argentina. Mossoró, RN: EDUFRN, 2022. p. 232–248.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm.
- BRASIL. Plano Nacional de Economia Circular 2025 – 2034. Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/enec/plano-nacional>.
- BRINGEL, B; SVAMPA, M. Del "Consenso de los Commodities" al "Consenso de la Descarbonización". Nueva Sociedad, n. 306, 2023.
- BROOKS, K. Lithium minerals. *Geology Today*, v. 36, n. 5, p. 192–197, 1 set. 2020.
- BRUNDTLAND, G. H. *et al.* Our common future; by world commission on environment and development. Oxford: Oxford University Press, 1987.
- CABELLO, J. Lithium brine production, reserves, resources and exploration in Chile: An updated review. *Ore Geology Reviews* 128:1-5, 2021.
- CARVALHO, E. N. Avaliação dos impactos energéticos e emissões dos veículos elétricos no cenário brasileiro de transição energética e de uso do bioetanol. 145 p. Tese (Doutorado em Ciências Mecânicas). Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2024.
- CHILE. Estrategia Nacional del Litio. Santiago, 2023. Disponível em: <https://www.gob.cl/chileavanzaconlitio/>.

CRESWELL, J. W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto / 3. ed. - Porto Alegre: Artmed, 2010.

DE LA HOZ, M.; MARTÍNEZ, V. R.; VEDIA, J. L. El litio: desde los salares de la Puna a nuestros celulares. Temas de Biología y Geología del NOA. n. 12-2013; p. 58-67, 2013. ISSN: 1853-6700.

DEL BARCO, R. O Papel do Lítio no Desenvolvimento Boliviano. 2012. 315 f. Tese (Doutorado em Estudos do Desenvolvimento) - Universidade Autônoma de Zacatecas, Zacatecas, México, 2012.

DUJISIN, J. C.; SALAZAR, C. R.; PERALTA, D. F.; HIDALGO, K. C. La economía política de la explotación de litio en Chile: 1980-2018. *Revista de Ciencias Sociales*, Bernal, n. 34, p. 83-100, primavera 2018. Disponível em: <http://www.unq.edu.ar/catalogo/474-revista-de-ciencias-sociales-n-34.php>.

EARTH CHARTER COMMISSION. A Carta da Terra. 2000. Disponível em: <www.EarthCharter.org>.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional. Relatório Síntese. 2024. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_S%C3%ADntese_2024_PT.pdf

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Minerais críticos e estratégicos para a transição energética. Rio de Janeiro: EPE, 2025. Disponível em: <www.epe.gov.br>.

ENRÍQUEZ, M. A. Maldição ou Dádiva? Os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira. Tese de doutorado. Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, 2007.

ENRÍQUEZ, M. A.; FERRAZ, L. Mineração: dinâmicas socioeconômicas no Pará e alternativas para contrapor à maldição dos recursos. Florianópolis: Habitus, 2023. 360 p. ISBN 978-65-5035-078-9.

FLEXER, V.; BASPINEIRO, C. F.; GALLI, C. I. Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. *Science of The Total Environment*, [s. l.], v. 639, p. 1188-1204, 2018.

FENG, Y. *et al.* Environmental impacts of lithium supply chains from Australia to China. *Environmental Research Letters*, [s. l.], v. 19, n. 9, p. 094035, 2024.

FORGET, M; BOS, V. Harvesting lithium and sun in the Andes: Exploring energy justice and the new materialities of energy transitions. *Energy Research & Social Science*, [s. l.], v. 87, p. 1-11, 2022.

FORNILLO, B. La energía del litio en Argentina y Bolivia: comunidad, extractivismo y posdesarrollo. *Colombia Internacional*, n. 93, p. 179-201, 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.7440/colombiaint93.2018.07>

FORNILLO, B. (coord.). Litio en Sudamérica: Geopolítica, energía y territorios. 1. ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: El Colectivo; CLACSO; IEALC - Instituto de Estudios de América Latina y el Caribe, 2019. 320 p.; (Colección Chico Mendes). ISBN 978-987-47280-0-5

FORNILLO, B. El litio latinoamericano en las post-pandemia. Revista Internacional de Comunicación y Desarrollo, [s. l.], v. 4, n. 17, p. 1-16, 2022.

FORNILLO, B. (coord.). Geopolítica del Litio: Indústria, Ciência y Energia na Argentina. 1. ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: El Colectivo; CLACSO, 2015. 212 p. (Colección Chico Mendes). ISBN 978-987-1497-75-1

GUATELLI, C. Comunidades do Vale do Jequitinhonha, vizinhas da mineração de lítio, queixam-se de doenças. Folha de São Paulo, São Paulo, 26 nov. 2024. Ambiente. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2024/11/comunidades-do-vale-do-jequitinhonha-vizinhas-da-mineracao-de-litio-queixam-se-de-doencas.shtml>.

GU, G.; GAO, T. Sustainable production of lithium salts extraction from ores in China: Cleaner production assessment. Resources Policy, [s. l.], v. 74, p. 102261, 2021.

GUDYNAS, E. O novo extrativismo progressista na América do Sul: teses sobre um velho problema sob novas expressões. In: P. Léna & E. P. do Nascimento (Orgs.). Enfrentando os limites do crescimento: Sustentabilidade, decrescimento e prosperidade (pp. 75-90), 2012. Garamond.

GUIMARÃES, A. Q. Plano de Desenvolvimento para o Vale do Jequitinhonha (PDVJ): Desafios e Direções Prioritárias para o Desenvolvimento da Região. [S.l.]: Governo de Minas Gerais, 2017.

IEA - International Energy Agency. Critical Minerals: Market Review 2023. Paris: IEA 2023b. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/critical-minerals-market-review-2023>>.

IEA - International Energy Agency. Global Critical Minerals outlook 2024. Paris: IEA 2024. Disponível em:< <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>>.

IEA - International Energy Agency. Critical Minerals Data Explorer, 2024, Paris. Disponível em: <<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/critical-minerals-data-explorer>>.

IEA - International Energy Agency. Global CO2 emissions by sector, 2019-2022, 2023, Paris. Disponível em : <<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-co2-emissions-by-sector-2019-2022>>, Licence: CC BY 4.0.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. 2023, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001

IRENA - International Renewable Energy Agency. Critical minerals for the energy transition. Gielen, D., 2021, Abu Dhabi. Disponível em: <<https://www.irena.org/Publications>>

IRENA - International Renewable Energy Agency. Constructing a ranking of critical materials for the global energy transition. 2024, Abu Dhabi. Disponível em: <www.irena.org/publications>.

JEREZ, B. H. Impacto socioambiental de la extracción de litio en las cuencas de los salares altoandinos del Cono Sur. Santiago de Chile: Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina (OCMAL), 2018.

KAUNDA, R. B. Potential environmental impacts of lithium mining. *Journal of Energy & Natural Resources Law*, [s. l.], v. 2020, 2020.

LARRAZABAL, L. A. A Industrialização do Lítio e o Desenvolvimento na Bolívia. 2018. 117 f. Dissertação (Mestrado em Políticas Públicas e Desenvolvimento) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2018.

LUZ, A. B.; FRANÇA, Silvia C. A.; BRAGA, P. F. A. (Ed.). Tratamento de Minérios. 6. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018. 984 p.

MAZZUCATO, M. Challenges and opportunities for inclusive and sustainable innovation-led growth in Brazil: a mission-oriented approach to public-private partnerships. London: UCL Institute for Innovation and Public Purpose, 2024. (UCL Institute for Innovation and Public Purpose, Working Paper Series, IIAPP WP 2024-17). ISSN 2635-0122. Disponível em: <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/public-purpose/wp2024-17>.

MESA, C. Breve historia de las políticas públicas en Bolivia. La Paz: Gisbert, 2014.

MILANEZ, B. Economias Extrativas e Desenvolvimento: contradições e desafios. GEOgraphia, vol: 23, n. 51, 2021a, UFF. DOI:10.22409/GEOgraphia2021.v23i51.a50163

MILANEZ, B. Crise climática, extração de minerais críticos e seus efeitos para Brasil. 2021b. Caderno Diálogo dos Povos. Disponível em: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.16903480.v3>

MILANEZ, B.; DOS SANTOS, R. S. P. “Neodesenvolvimentismo e Neoextrativismo: duas faces da mesma moeda”. 37º Encontro Anpocs. 2014.

OBAYA, M. Estudio de caso sobre la gobernanza del litio en el Estado Plurinacional de Bolivia. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2019. 65 p.

OBAYA, M. Una mirada estratégica sobre el triángulo del litio: marco normativo y políticas productivas para el desarrollo de capacidades en base a recursos naturales. Buenos Aires: Fundar, 2021.

ONU – Organização das Nações Unidas. Transformando Nossa Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org>.

PAES, V. J. C.; SANTOS, L. D.; TEDESCHI, M. F.; BETIOLLO, L. M. (Org.). Informe de Recursos Minerais. Série Minerais Estratégicos, nº 03. Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil: Área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais. Belo Horizonte: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2016. 261 p. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17451>.

PAIM, E. S.; FURTADO, F. P. (org.). Em nome do clima: mapeamento crítico: transição energética e financeirização da natureza. São Paulo: Fundação Rosa Luxemburgo, 2024. PDF. ISBN 978-65-89834-08-3

PAIVA, T. C. Materiais críticos para a transição energética: análise global e implicações ambientais. 2024. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Instituto Universitário, Barcarena, 2024.

PÉREZ, Alfons et al. La mina, la fábrica y la tienda: Dinámicas globales de la “transición verde” y sus consecuencias en el “triángulo del litio”. 1. ed. Barcelona: Observatori del Deute en la Globalització, 2023. 108 p.

PONCE, S. ¿El mineral de la economía verde?: Costos ambientales en el triángulo del litio y desempoderamiento indígena. Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile, p. 1-18, 2019.

QUIJANO, A. Colonialidade do poder, eurocentrismo e América Latina. In: CLACSO. A colonialidade do saber: eurocentrismo e ciências sociais. Perspectivas latino-americanas. Buenos Aires: CLACSO, 2005. p. 117-142. Disponível em: http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/sur-sur/20100624103322/12_Quijano.pdf.

RODRIGUES, B. S.; PÁDULA, R. Geopolítica do lítio no século XXI. Revista Brasileira de Estratégia e Relações Internacionais, v.6, n.11, p.197-220, jun. 2017. ISSN 2238-6262.

ROMERO, A.; AYLWIN, J.; DIDIER, M. Globalización de las empresas de energía renovable: Extracción de litio y derechos de los pueblos indígenas en Argentina, Bolivia y Chile (“Triángulo del Litio”). Santiago, Chile: OBSERVATORIO CIUDADANO, dez. 2019. ISBN: 978-956-9315-12-1.

SACHS, I. A terceira margem: em busca do ecodesenvolvimento. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

SANCHES, L. S. Contexto energético da mobilidade individual urbana no Brasil: análise do ciclo de vida e avaliação do impacto ambiental de carros elétricos. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) - Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2021.

SANTOS, E. Debates y enfrentamientos: historia y políticas de la explotación del litio en Brasil. In: ALONSO, A. A. (Org.). Litio en America Latina, demanda global contra daño socioambiental. Ciudad de México: DCSH publicaciones, 2022. p. 161-196.

SANTOS, L. L., et al. Valorização da cadeia produtiva do lítio: alternativas sustentáveis para extração de lítio do espodumênio. Natal, RN: EDUFRN. 2020. ISBN 978-65-5569-035-4.

SLIPAK, A. M.; REVECO, S. U. Historias de la extracción, dinámicas jurídico-tributarias y el litio en los modelos de desarrollo de Argentina, Bolivia y Chile. In: FORNILLO, B. (Coord.). Litio en Sudamérica. Geopolítica, energía y territorios. 1. ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: El Colectivo; CLACSO; IEALC - Instituto de Estudios de América Latina y el Caribe, 2019. p. 84-112.

STRÖBELE-GREGOR, J. Desigualdades estructurales en el aprovechamiento de un recurso estratégico: La economía global del litio y el caso de Bolivia. *desiguALdades.net Working Paper Series*, n. 79, 2015. Berlim: desiguALdades.net International Research Network on Interdependent Inequalities in Latin America, 2015.

STRÖBELE-GREGOR, J. Litio en Bolivia: El plan gubernamental de producción e industrialización del litio, escenarios de conflictos sociales y ecológicos, y dimensiones de desigualdad social. 1. ed. Santiago de Chile: Ediciones Böll, 2012.

SVAMPA, M. Jujuy, postal de la Argentina frágil y en peligro. Anfibía, p. 1, 17 jul. 2023. Disponível em: <https://www.revistaanfibia.com/jujuy-postal-argentina-fragil-y-en-peligro-maristella-svampa/>.

SVAMPA, M. As Fronteiras do Neoextrativismo na América Latina: Conflitos Socioambientais, Giro Ecoterritorial e Novas Dependências. [S. l.]: Editora Elefante, 2019. 186 p.

WANDERLEY, L. J. M. Do Boom ao Pós Boom das commodities: o comportamento do setor mineral no Brasil. Versos - Textos para Discussão PoEMAS, 1(1), 1-7, 2017. ISSN: 2526-9658.

U.S. Geological Survey. Mineral commodity summaries 2024: U.S. Geological Survey, 212 p., <https://doi.org/10.3133/mcs2024>.

VALENZUELA, J. R. Las perspectivas locales sobre la gobernanza del litio boliviano. La Paz, Bolívia: FRIEDRICH EBERT STIFTUNG, dez. 2018. ISBN: 978-99974-0-163-2.

VEIGA, J. E. Sustentabilidade: a legitimação de um novo valor. 3. ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2019.

YLB. Breve Reseña Histórica. In: Yacimientos de Litio Bolivianos. Portal YLB. Bolívia, 2022. Disponível em: https://www.ylb.gob.bo/inicio/acerca_de_YLB

YLB. Memoria 2017. In: Yacimientos de Litio Bolivianos. Portal YLB. Bolívia, 2017. Disponível em: <https://www.ylb.gob.bo/memorias?page=0>

YLB. Rendición Pública de Cuentas Final 2024. In: Yacimientos de Litio Bolivianos. Portal YLB. Bolívia, 2025. Disponible em: <https://www.ylb.gob.bo/rendicion>.

Apêndices

Apêndice A - Termo de consentimento livre e esclarecido

Você está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada “Caminhos para uma estratégia política de exploração sustentável do lítio no Brasil”, de responsabilidade de Fernanda Rodrigues Marciano, estudante de mestrado na Universidade de Brasília.

Você receberá todos os esclarecimentos necessários antes, durante e após a finalização da pesquisa, e seu nome não será divulgado, sendo mantido o mais rigoroso sigilo mediante a omissão total de informações que permitam identificá-lo (a). Os dados provenientes de sua participação na pesquisa, tais como questionários, entrevistas, arquivos de gravação, ficarão sob a guarda da pesquisadora responsável pela pesquisa.

- **Objetivo da pesquisa:** Discutir diretrizes políticas estratégicas para a exploração sustentável de lítio no Brasil.
- **Procedimentos:** A coleta de dados será realizada por meio de entrevista semiestruturada, na qual será apresentado um questionário pré-elaborado, mas outras questões e tópicos podem ser introduzidos durante a entrevista.
- **Riscos:** Sua participação na pesquisa pode implicar em riscos tais como de constrangimento durante a conversa. Estes riscos serão minimizados com as seguintes estratégias: consentimento informado, garantia de anonimato e a possibilidade de o participante solicitar o encerramento da pesquisa a qualquer tempo.

Sua participação é voluntária e livre de qualquer remuneração ou benefício. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper sua participação a qualquer momento.

Caso tenha interesse, os resultados do estudo serão devolvidos aos participantes por meio de envio do estudo final, podendo ser publicados posteriormente na comunidade científica.

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com a pesquisadora responsável pela pesquisa e a outra com você. Se tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, pode entrar em contato por meio do telefone +55 61 981177641 ou pelo e-mail fernanda.rodrigues36@gmail.com.

Brasília, ____ de _____ de _____

Assinatura do/da participante

Assinatura da pesquisadora

Apêndice B - Questionário das entrevistas

1. Como você vê o papel do lítio na transição energética, especialmente no que diz respeito à eletrificação dos veículos e à descarbonização da economia?
2. Quais os principais impactos socioambientais que a exploração de lítio pode causar nas regiões produtoras do Brasil/Chile/Bolívia/Argentina?
3. Quais medidas poderiam mitigar tais impactos?
4. Quais são os maiores desafios enfrentados pelas comunidades afetadas pela mineração de lítio no Brasil? Como essas comunidades têm sido incluídas nos processos decisórios sobre a exploração do minério?
5. Na sua opinião, como a exploração do lítio no Brasil/Chile/Bolívia/Argentina poderia contribuir para o desenvolvimento do país?
6. Na sua percepção, quais são os principais atores envolvidos na cadeia produtiva do lítio no Brasil/Chile/Bolívia/Argentina e quais são seus interesses e perspectivas em relação à exploração sustentável do recurso?
7. Como você avalia o marco regulatório do Brasil/Chile/Bolívia/Argentina para a exploração de lítio em termos de promoção da sustentabilidade?
8. Que tipo de políticas públicas você considera mais eficazes para promover a agregação de valor à produção de lítio no Brasil/Chile/Bolívia/Argentina e o desenvolvimento de uma cadeia produtiva nacional sustentável, desde a extração mineral à fabricação de baterias?

Apêndice C - Lista de entrevistados

Nº	Instituição	Categoria	Formato	Data
1	Secretaria de Economia Verde (MDIC)	Governo Federal	videoconferência	12/02/2025
2	Secretaria de Desenvolvimento Industrial, Inovação, Comércio e Serviços (MDIC)	Governo Federal	videoconferência	25/04/2025
3	Departamento de Transformação e Tecnologia Mineral (MME)	Governo Federal	videoconferência	11/02/2025
4	Coordenação-Geral de Minerais Estratégicos e Transição Energética no Setor Mineral (MME)	Governo Federal	videoconferência	04/02/2025
5	Professora da Universidade Federal do Pará (UFPA)	Academia	videoconferência	14/04/2025
6	Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB)	Sociedade Civil	videoconferência	18/02/2025
7	Cáritas Minas Gerais	Sociedade Civil	videoconferência	11/03/2025
8	Agência Nacional de Mineração (ANM)	Governo Federal	formulário escrito	17/02/2025
9	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)	Governo Federal	formulário escrito	18/03/2025
10	Ministério das Relações Exteriores (MRE)	Governo Federal	formulário escrito	30/04/2025
11	Centro de Tecnologia Mineral (CETEM)	Governo Federal	formulário escrito	07/04/2025
12	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)	Governo Federal	formulário escrito	05/05/2025