



**ASSOCIAÇÃO DE POLITÉCNICOS DO NORTE (APNOR)  
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA**

**ANÁLISE DE CUSTOS E BENEFÍCIOS PARA SUPERAR DESAFIOS DE  
GESTÃO E DE SUSTENTABILIDADE: ESTUDO DO CASO DA  
EXPLORAÇÃO DO LÍTIO DO BARROSO**

**Hugo Miguel Chaves Pereira**

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do  
Grau de Mestre em Gestão das Organizações, Ramo de Gestão de Empresas

Orientada por

**Professor Doutor Joaquim Mendes Leite**

Bragança, setembro de 2024.



Instituto Politécnico  
de Viana do Castelo

**ASSOCIAÇÃO DE POLITÉCNICOS DO NORTE (APNOR)  
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA**

**ANÁLISE DE CUSTOS E BENEFÍCIOS PARA SUPERAR DESAFIOS DE  
GESTÃO E DE SUSTENTABILIDADE: ESTUDO DO CASO DA  
EXPLORAÇÃO DO LÍTIO DO BARROSO**

**Hugo Miguel Chaves Pereira**

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do  
Grau de Mestre em Gestão das Organizações, Ramo de Gestão de Empresas

Orientada por

**Professor Doutor Joaquim Mendes Leite**

Bragança, setembro de 2024.

## Resumo

O objetivo deste estudo é compreender como e porquê usar uma Análise Custo-Benefício (ACB) para superar desafios de gestão e de sustentabilidade na Mina do Barroso-Portugal. Nos dias de hoje, é essencial que as organizações adotem práticas de gestão sustentáveis para garantir a sua viabilidade a longo prazo. O enquadramento teórico foi no âmbito da ACB, desafios de gestão e de sustentabilidade. O estudo do caso de uma empresa do setor da mineração, responsável pela prospeção e exploração da Mina do Barroso mostrou-se capaz de responder à pergunta de investigação. A recolha de dados foi realizada através de análise documental, reportagens e entrevistas publicadas online. Os dados recolhidos foram tratados de forma descritiva, tendo sempre como referência a pergunta de investigação. São de destacar os seguintes resultados: o investimento inicial, o preço de mercado, os custos de produção vs o preço de mercado, a análise de riscos e o impacto ambiental e social são alguns critérios da ACB aos quais foi possível associar motivações e desafios de gestão e sustentabilidade. Em termos práticos, este estudo pode servir de base e contributo para outras empresas adotarem uma ACB para superar desafios de gestão e de sustentabilidade, pois, esta avalia de forma sistemática e objetiva os impactos económicos, sociais e ambientais. Assim sendo, a ACB assume-se como uma ferramenta indispensável no planeamento estratégico das organizações contemporâneas, desempenhando um papel preponderante na garantia da sua viabilidade a longo prazo e na promoção da sustentabilidade social e ambiental.

**Palavras-chave:** Análise Custo-Benefício, desafios de gestão e de sustentabilidade, exploração de lítio, estudo de caso, Barroso-Portugal.

## Abstract

The objective of this study is to understand how and why to use a Cost-Benefit Analysis (CBA) to overcome management and sustainability challenges in the Barroso Mine. Nowadays, it is essential for organizations to adopt sustainable management practices to ensure their long-term viability. The theoretical framework encompassed CBA, management challenges, and sustainability. The case study of a mining company responsible for the exploration and exploitation of the Barroso Mine proved capable of answering the research question. Data collection was conducted through document analysis, reports, and interviews published online. The collected data was treated descriptively, always referencing the research question. The following results stand out: initial investment, market price, production costs vs market price, risk analysis, and environmental and social impact analysis are some CBA methods to which it was possible to associate management and sustainability motivations and challenges. In practical terms, this study can serve as a basis and contribution for other companies to adopt a CBA to overcome management and sustainability challenges, as it systematically and objectively evaluates economic, social, and environmental impacts. Therefore, CBA is an indispensable tool in the strategic planning of contemporary organizations, playing a crucial role in ensuring their long-term viability and promoting social and environmental sustainability.

**Keywords:** Cost-Benefit Analysis, management and sustainability challenges, lithium exploration, case study, Barroso-Portugal

## **Agradecimentos**

Agradeço aos meus pais, irmão e namorada pelo apoio que me deram ao longo da execução da dissertação. Sem o seu apoio, este trabalho não teria sido possível. Agradeço-lhes por acreditarem em mim e por me facultarem os recursos e o apoio emocional necessários para concluir esta investigação.

Agradeço ao professor Joaquim Leite, pelo acompanhamento e apoio ao longo desta dissertação. Agradeço pelo tempo dedicado, pelos conselhos, pela paciência e, sobretudo, pelo conhecimento que me transmitiu ao longo da vida académica.

## **Lista de Siglas e Acrónimos**

ACB - Análise Custo-Benefício

ACBA - Análise Custo-Benefício Ambiental

DIA - Declaração de Impacto Ambiental

ESG - *Environmental, Social and Governance*

FAO - Organização para a Alimentação e Agricultura

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU - Organização das Nações Unidas

SCG - Sistemas de Controlo de Gestão

SCGA - Sistemas de Controlo de Gestão Ambiental

TIR - Taxa Interna de Rentabilidade

UE - União Europeia

VAL - Valor Atual Líquido

# Índice Geral

Índice Geral .....	vii
Índice de Figuras .....	ix
Índice de Tabelas .....	x
Introdução .....	1
1. Enquadramento teórico .....	3
1.1 Análise Custo-Benefício .....	3
1.2 Desafios de gestão e sustentabilidade na exploração de lítio .....	6
1.2.1 Exploração de lítio .....	6
1.2.2 Desafios de gestão .....	10
1.2.3 Desafios de sustentabilidade .....	13
1.3 Seleção de Critérios de Decisão – Indicadores .....	17
1.3.1 Valor Atual Líquido (VAL) .....	17
1.3.2 Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) .....	17
1.3.3 Investimento inicial .....	18
1.3.4 Preço de mercado .....	18
1.3.5 Custo de produção vs preço de mercado .....	18
1.3.6 Análise de riscos .....	19
1.3.7 Impacto ambiental e social .....	19
2. Metodologia: Estudo de caso .....	21
3. Custos e benefícios da exploração de lítio no Barroso .....	24
3.1 Contextualização do setor .....	24
3.2 Apresentação das entidades e empresas envolvidas .....	27
3.3 Análise custo benefício .....	28
3.3.1 Investimento Inicial .....	29
3.3.2 Preço de mercado do lítio .....	29
3.3.3 Custo de produção vs preço de mercado .....	29
3.3.4 Riscos geológicos e ambientais .....	30
3.3.5 Impacto ambiental e social .....	31

---

3.4 Desafios de gestão e de sustentabilidade .....	32
3.4.1 Falta de transparência .....	32
3.4.2 Gestão de conflitos .....	32
3.4.3 Investimento .....	33
3.4.4 Conflitos Sociais.....	34
3.4.5 Impactos Ambientais .....	36
3.4.6 Desenvolvimento económico local.....	36
3.4.7 Gestão dos recursos hídricos .....	37
3.5 Critérios da ACB, razões e desafios de gestão e de sustentabilidade a superar: síntese de resultados.....	38
4. Discussão Teórica.....	41
Conclusões, Limitações e Futuras Linhas de Investigação.....	43
Referências Bibliográficas.....	45
Apêndice 1 – Bases de Dados com a Evidência Recolhida em Diversos Documentos .....	56

# Índice de Figuras

Figura 1: Aplicações globais do lítio. ....	9
Figura 2: Evolução do preço do lítio em milhares de euros. ....	12
Figura 3: Consequências adversas na atividade mineira. ....	16
Figura 4: Localização da Mina do Barroso. ....	25
Figura 5: Barroso: Património Agrícola Mundial. ....	25
Figura 6: Área de concessão e localização dos depósitos. ....	26
Figura 7: Proprietários da Mina do Barroso. ....	28
Figura 8: Cartazes contra a mina em Covas do Barroso. ....	35

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Produção mundial de lítio. ....	7
Tabela 2: Fonte de dados. ....	23
Tabela 3: Custo de produção vs preço de mercado. ....	30
Tabela 4: Pressupostos assumidos para as despesas associadas ao investimento, M€. ....	34
Tabela 5: Síntese de resultados. ....	38
Tabela 6: Aspectos críticos da Exploração de Lítio no Barroso. ....	39
Tabela 7: Fatores determinantes da Exploração de Lítio no Barroso. ....	40

## Introdução

A tomada de decisão numa organização acarreta uma grande responsabilidade, pois é crucial para a gestão. Com a globalização e a evolução das empresas, a necessidade de uma estratégia bem definida tornou-se essencial para alcançar os objetivos e resultados pretendidos. Esta abordagem permite que as organizações tracem um caminho claro e se mantenham competitivas face aos seus concorrentes. O mundo mudou, as pessoas mudaram, as empresas mudaram, os objetivos mudaram e, por fim, o clima mudou e é aqui que entra a importância da sustentabilidade.

A transição e orientação de mercado para uma economia verde é uma medida fundamental para a implementação da sustentabilidade nas empresas (Habib et al., 2020). Por isso mesmo este trabalho é desenvolvido com base na questão de investigação: como e porquê usar uma Análise de Custo-Benefício (ACB) para superar desafios de gestão e de sustentabilidade na Mina do Barroso. O objetivo deste trabalho passa por compreender diferentes critérios de análise (como), associando-lhe as motivações e os desafios subjacentes.

Analisados vários estudos anteriores (e.g., Neto & Petter, 2005; Santos, 2018; Quercus 2019), verifica-se que a sustentabilidade, de facto, tem vindo a ser implementada em vários setores,

incluindo na mineração. No entanto, apesar do interesse gradual em incorporar práticas sustentáveis, a literatura existente (e.g., Correia, 2016; Faria et al., 2020), ainda apresenta lacunas significativas no que diz respeito a abordagens específicas e sistemáticas como a ACB para enfrentar os desafios de gestão e sustentabilidade nas operações da mineração. Embora muitos estudos (e.g., Faria et al., 2020; Santos, 2018; Quercus 2019) discutam a importância da sustentabilidade e apresentem exemplos de práticas sustentáveis isoladas, nenhum oferece uma resposta concreta e prática à nossa pergunta de investigação.

O método de investigação selecionado para esta investigação académica foi o estudo de caso aplicado à exploração da Mina do Barroso pela empresa Savannah Resources. Espera-se que este estudo contribua não só para que os profissionais de gestão ponderem a aplicação de diversos critérios de suporte à decisão, mas também que os académicos possam discutir, teoricamente, não só os critérios, mas também as motivações e os desafios de gestão e de sustentabilidade associados a contextos muito específicos.

Esta investigação está estruturada em quatro pontos fundamentais. O primeiro é uma revisão de literatura, que se inicia com a ACB, seguida dos desafios de gestão e de sustentabilidade e dos critérios de decisão. O segundo apresenta, sinteticamente, os argumentos para o método de investigação selecionado. O terceiro ponto começa por caracterizar e apresentar a empresa responsável pela exploração da Mina do Barroso e analisa os indicadores da ACB que auxiliam na tomada de decisão e que ajudam na superação dos desafios de gestão e de sustentabilidade identificados. Por fim, a conclusão apresenta os principais resultados obtidos, as limitações de estudo e as sugestões para futuras investigações.

## 1. Enquadramento teórico

O primeiro subponto desta revisão bibliográfica explora vários aspetos da ACB, nomeadamente a evolução histórica, os processos de certificação, a função de avaliação e a sustentabilidade ambiental. No segundo subponto, são destacados alguns desafios de gestão e de sustentabilidade no setor da mineração. Estes desafios espelham temas complexos que vão para além da própria extração mineral, como as complicações ambientais, sociais e económicas provenientes do setor extrativo. Por fim, no último subponto, são apresentados alguns critérios de decisão que se deve ter em conta numa ACB.

### 1.1 Análise Custo-Benefício

De acordo com Odek e Oluoch (2023), a ACB teve origem na China no século XI e, posteriormente, foi adotada por engenheiros franceses em alguns projetos de infraestruturas públicas. A oficialização da ACB ocorreu nos EUA, no “*Green Book*” de um subcomité dedicado a custos e benefícios. Após a documentação nos EUA, a ACB foi uma ferramenta adotada globalmente. A metodologia ACB revela-se aplicável em praticamente todos os domínios da vida humana (Majerova & Adbdrazakova, 2021).

A ACB é um método de avaliação económica utilizado para auxiliar na tomada de decisões de investimento, visando avaliar o impacto abrangente em toda a sociedade (Majerova & Adbdrazakova, 2021). Para Odek e Oluoch (2023), esta análise pondera os gastos e os ganhos totais. Todos os custos relevantes são calculados e somados, assim como todos os benefícios que surgem da execução de um projeto. A ACB procura mensurar e comparar não apenas os custos e benefícios monetários diretos, mas também os impactos positivos e negativos em áreas como biodiversidade, qualidade do ar, uso sustentável de recursos naturais e equidade social (Fang et al., 2023). Este método identifica o problema a ser resolvido e apresenta soluções alternativas (Ma et al., 2023). Posteriormente, a ACB avalia de forma sistemática e consistente os benefícios e custos potenciais e outros impactos de cada alternativa, apresentando os resultados aos decisores. Desta forma, esta análise é, na realidade, uma ferramenta de apoio à tomada de decisão.

A ACB envolve a avaliação dos custos e benefícios associados a uma ação ou projeto específico, com o propósito de determinar se os benefícios superam os custos (Tišma et al., 2021). O método permite ainda uma avaliação detalhada dos prós e contras associados a cada projeto (Sarkar et al., 2023). Os resultados proporcionam uma base sólida para a tomada de decisões bem fundamentadas que considerem o bem-estar coletivo. Esta análise possibilita que os decisores compreendam as implicações financeiras e sociais das suas escolhas, especialmente quando se trata de integrar tecnologias inteligentes no sistema de energia atual (Åström, 2023). Naturalmente, trata-se da ferramenta mais adequada para avaliar a eficácia da implementação de investimentos (em tecnologias inteligentes, por exemplo) em diversas áreas da vida humana, tais como saúde, transportes e tecnologias de informação e comunicação. Isso enfatiza a sua versatilidade e utilidade na avaliação de inovações tecnológicas em prol da sociedade (Majerova & Adbdrazakova, 2021).

O objetivo principal da ACB é realizar uma avaliação geral do investimento do projeto proposto, considerando todos os fatores de custo e benefício (Åström, 2023). Os resultados são relatados em termos monetários e fornecem informações sobre o impacto económico total e os ganhos positivos e negativos ligados a um investimento específico. Idealmente, para um projeto ser considerado viável, é preciso que a diferença ou a relação entre os benefícios e os custos seja positiva ou superior a 1, pois, caso seja negativa ou inferior a 1, o projeto é rejeitado (Tišma et al., 2021).

A ACB é eficiente para avaliar a viabilidade económica de projetos (Fang et al., 2023). Esta ferramenta é usada regularmente pelos economistas para avaliarem os benefícios e os custos de um projeto ou de uma política para a sociedade (Tišma et al., 2021). Ao analisar e comparar benefícios e custos de forma sistemática, esta responde se um projeto é viável. É de reconhecer que certos benefícios e custos podem não ser facilmente quantificáveis em termos financeiros, mas, ainda assim, desempenham um papel crucial na avaliação global da viabilidade de um projeto (Fang et al., 2023).

Consoante Ma et al. (2023), a ACB ajuda a decidir como os recursos são alocados e se os investimentos feitos nos setores público e privado são pertinentes. Neste contexto, os impactos dos projetos públicos são considerados numa escala nacional (macro), enquanto os dos projetos

privados são avaliados em termos de rentabilidade empresarial (micro). Esta análise pode ser uma ferramenta apropriada se o objetivo for otimizar o valor económico de um projeto (Tišma et al., 2021).

Os custos para a construção de uma infraestrutura podem ser demasiado elevados, mas efetuar uma ACB de forma correta implica planeamento e desenvolvimento de infraestruturas sustentáveis (Biancardo et al., 2023). Esta análise tem como objetivo fornecer resultados numa medida quantitativa para auxiliar o projetista nos cálculos dos custos e benefícios associados à implementação do projeto e entender se vale ou não a pena para a sociedade.

A ACB pode ser aplicada tanto numa perspetiva financeira quanto económica (Wainaina et al., 2020). A análise financeira tem como principal objetivo determinar se um projeto é economicamente viável (Vagdatli & Petroustou, 2021). Ao avaliar investimentos, a prioridade é maximizar os proveitos financeiros. Portanto, a análise financeira baseia-se somente em aspetos monetários que envolvem os custos de construção, conservação e operação do projeto, juntamente com os benefícios que se espera obter com a sua realização. A análise financeira avalia os custos e benefícios de um investimento sob uma perspetiva social (Vagdatli & Petroustou, 2021). A análise económica segue a filosofia de que os recursos do projeto são medidos pelo custo de oportunidade, que nem sempre coincide com o custo financeiro, e os resultados são avaliados pela disposição dos consumidores em pagar. Em ambas as abordagens, os benefícios líquidos de um investimento são calculados pela diferença entre as condições com e sem a implementação do projeto, mantendo os preços estáveis e utilizando métodos de desconto para avaliar custos e benefícios a longo prazo (Wainaina et al., 2020).

De acordo com Hann (2020), a ACB tradicional é realizada da seguinte forma: (i) todos os elementos analisados são transformados em custos e benefícios, permitindo uma comparação direta numa moeda comum, (ii) para levar em conta a variação dos custos e benefícios ao longo do tempo, aplica-se uma taxa de desconto, convertendo os valores em um Valor Atual Líquido (VAL), e (iii) calcula-se a relação benefício-custo. Ocasionalmente, também se pode realizar uma análise de sensibilidade que compara uma ponderação desses custos e benefícios. Um dos aspetos fundamentais levados em conta nesta análise é a equidade (Sarkar et al., 2023). A equidade diz respeito à distribuição justa de benefícios e custos entre os diversos grupos da sociedade. Ao levar em consideração a equidade, as autoridades podem garantir que nenhuma comunidade seja afetada de forma desproporcional pelos custos ou seja excluída dos benefícios de um projeto.

As organizações incentivam o uso da ACB não apenas para promover a eficiência e melhorar o bem-estar económico, mas também para integrar o meio ambiente nas suas políticas económicas (O'Mahony, 2021). A necessidade de integrar a sustentabilidade nas instituições governamentais é crucial para apoiar a transição sustentável. Atualmente, os debates ambientais dentro das organizações têm sido importantes para entender a viabilidade económica dos projetos que foram desenvolvidos em prol dessa discussão (Gudlaugsson et al., 2023). É ainda preciso avaliar e compreender os benefícios sociais e ambientais resultantes da transição de um sistema altamente dependente de combustíveis fósseis para um sistema de energia mais sustentável e que se preocupe com o meio ambiente.

A utilização da ACB na elaboração de políticas visa assegurar uma alocação eficiente dos escassos recursos da sociedade, com o propósito de potenciar o bem-estar (Dehnhardt et al., 2022). Este método proporciona um procedimento lógico e transparente que identifica e compara de maneira sistemática os impactos de políticas ou projetos em todos os agentes da sociedade.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 sublinham a importância de um crescimento económico que seja acompanhado por justiça social e sustentabilidade ambiental (Kopsidas e al., 2023). Portanto, a ACB é considerada uma ferramenta apropriada para analisar a formulação de políticas ambientais, decisões relacionadas a projetos e os seus impactos no bem-estar social (Dehnhardt et al., 2022). A nível nacional, onde as organizações não atribuem valor suficiente aos aspetos ambientais, favorecerá o crescimento mais intensivo em carbono que é prejudicial ao meio ambiente, além da forte diminuição da competitividade económica (O'Mahony, 2021).

Ao contrário da análise convencional, que se foca principalmente em aspetos económicos, a Análise de Custo-Benefício Ambiental (ACBA) integra variáveis ambientais, procurando atribuir valores monetários aos impactos ambientais (O'Mahony, 2021). Assim, esta análise possibilita uma avaliação mais completa, levando em consideração não apenas os benefícios económicos imediatos, mas também os custos de longo prazo associados à degradação ambiental. Esta metodologia é crucial para assegurar uma decisão bem fundamentada, otimizando os recursos ao dispor e fomentando soluções mais eficazes e equitativas do ponto de vista social para o futuro (Sarlkar et al., 2023).

## **1.2 Desafios de gestão e sustentabilidade na exploração de lítio**

Esta secção de texto desdobra-se em três subtítulos essenciais. O primeiro refere-se à exploração de lítio. Os dois últimos distinguem os desafios de gestão, particularizando a sustentabilidade.

### **1.2.1 Exploração de lítio**

O lítio, cujo símbolo químico é "Li", é um metal que, na sua forma pura, apresenta uma cor prateada e branca (Mishrif & Kham, 2023). É um material leve e tem um forte impacto na produção de tecnologias que combatem as mudanças climáticas que têm sido reconhecidas como uma prioridade global (Janubová, 2023). Devido à sua natureza altamente reativa, o lítio não é encontrado na natureza na sua forma pura. As maiores reservas e principais produtores são a Austrália, Chile, China e Argentina (ver Tabela 1).

Tabela 1: Produção mundial de lítio.

Países	2022		2023	
	t	Quota	t	Quota
<b>Argentina</b>	6,590	4,5%	9,600	5,2%
<b>Austrália</b>	74,700	51%	86,000	46,6%
<b>Brasil</b>	2,630	1,8%	4,900	2,7%
<b>Canada</b>	0,520	0,4%	3,400	1,8%
<b>Chile</b>	38,000	25,9%	44,000	23,8%
<b>China</b>	22,600	15,4%	33,000	17,9%
<b>Portugal</b>	0,380	0,3%	0,380	0,2%
<b>Zimbábue</b>	1,030	0,7%	3,400	1,8%
<b>Total</b>	146,450	100,00%	184,68	100,00%

Fonte: Adaptado de United States Geological Survey (2023).

Hoje em dia, há consenso tanto teórico quanto prático de que o sucesso económico está dependente e interligado com o meio ambiente e com o bem-estar (O'Mahony, 2021). A escassez de recursos de combustíveis fósseis e o aumento contínuo das emissões de gases com efeito estufa, que causam alterações climáticas, são dois grandes desafios que têm estimulado a procura por fontes de energia de baixa emissão de carbono (Fang et al., 2023). Por sua vez, o lítio, devido às suas características físicas, químicas e eletroquímicas, é empregado em inúmeras utilizações (Wang et al., 2022). Mas só recentemente este minério tem recebido atenção a nível global, principalmente como componente chave das baterias de ião de lítio (*lithium-ion*). Espera-se que a procura do lítio provavelmente continuará a crescer à medida que se avança em direção a uma economia mais verde e sustentável (Wang et al., 2022).

Existem duas fontes predominantes de lítio: salmouras e minérios de rocha dura (Alessia et al., 2021). As salmouras são depósitos que contêm quantidades consideráveis de água subterrânea salina enriquecida em lítio e outros elementos como boro, potássio e magnésio (Khakmardan et al., 2023), enquanto os minérios de rocha dura incluem pegmatitos que contêm minerais como o espoduménio (Alessia et al., 2021). Embora as salmouras representem cerca de 65% das reservas, estas apresentam alguns contratempos devido ao longo processo de evaporação.

O lítio não é um recurso renovável e existe uma quantidade limitada na terra, estimada em cerca de 14 milhões de toneladas em contraste com as 230 milhões de toneladas na água do mar (Luong et al., 2022). Contudo, existem divergências nos relatórios sobre as reservas de lítio, pois alguns estimam que essas reservas podem chegar às 22 ou até mesmo 80 milhões de toneladas. É relevante, devido à elevada procura mundial deste mineral, que as reservas de lítio já existentes sejam mais eficientes (Sadik-Zada et al., 2023). A longo prazo, o hidrogénio poderá contribuir para esta transição. Atualmente, devido ao seu alto custo e à falta de infraestruturas, torna-se praticamente impossível tal transição. Porém, espera-se que até 2040 possa haver uma grande coexistência entre estas duas tecnologias.

O lítio é o mineral central para a “transição verde”, uma “transição energética corporativa”, com um aumento estimado de 1500% na procura global até 2050 (Canelas & Carvalho, 2023). A produção deste minério é importante para ajudar as economias a crescer (Janubová, 2023). A regulamentação da exploração de recursos minerais varia de país para país e a posição das principais partes interessadas, sejam elas empresas públicas ou privadas, é influenciada pelas regras estabelecidas em cada um deles. Esta transição é, sem dúvida, uma tarefa colossal que requer uma abordagem multifacetada (Valenta et al., 2023). Uma dessas facetas é a necessidade de uma grande quantidade e variedade de metais e minerais.

Apenas 40% da produção global de lítio provem de minério de pegmatito. Existem mais de 100 tipos de minerais de lítio, mas apenas três são comercialmente extraídos de pegmatitos: espoduménio, petalita (ou petalite) e lepidolita (Garcia et al., 2023). O lítio e os seus derivados possuem características únicas que lhes dão uma ampla gama de aplicações e que dificultam a sua substituição (Alessia et al., 2021). O espoduménio é atualmente a principal fonte de lítio proveniente de minérios com um teor teórico de lítio de 8,1% em óxido de lítio (símbolo químico  $\text{Li}_2\text{O}$ ) e é extremamente importante para o mercado, devido à sua rica concentração de lítio e à sua vasta disponibilidade (Garcia et al., 2023). A petalita tem um papel relevante na diversificação das fontes de lítio com um teor que pode variar entre 1,4% a 2,2%, ou de 3% a 4,7% em óxido de lítio. A lepidolita foi um dos primeiros materiais minerados para obtenção de lítio, especialmente para produção de sal e fabricação de vidro. No entanto, este mineral perdeu importância no mercado devido ao seu alto teor de flúor, que é em torno de 9%, com um teor teórico de 3% a 7,7% em óxido de lítio.

A utilização do lítio vai desde a indústria química até à produção de vidros resistentes, cerâmicas, catalisadores, baterias e medicamentos (Alessia et al., 2021). Nas indústrias de cerâmica e de vidro, os óxidos de lítio têm a propriedade de suportar o calor e são usados para melhorar as suas características e qualidades (Mishrif & Kham, 2023). O lítio tem isótopos que são usados na fabricação de armas e bombas nucleares e alguns também servem para resfriar reatores nucleares, evitando que superaqueçam e causem acidentes. No âmbito médico, o lítio tem um papel preponderante no tratamento de dores de cabeça, no alcoolismo e no suporte a pacientes diabéticos (ver Figura 1). A principal aplicação é no fabrico de baterias de íões de lítio, cuja procura tem aumentado nos setores dos transportes, conectividade e armazenamento de energia (Luong et al., 2022).

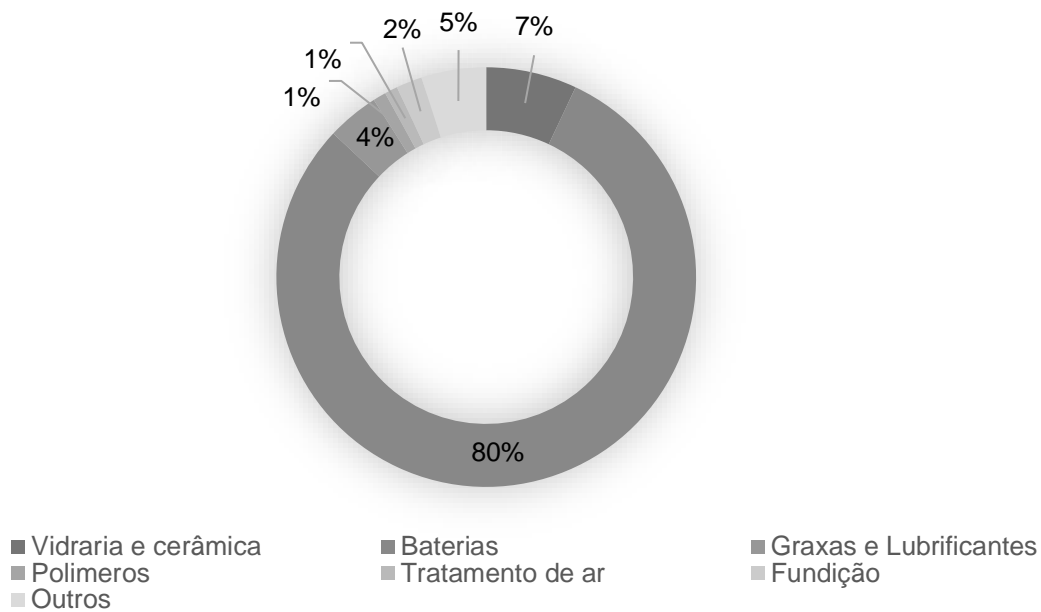


Figura 1: Aplicações globais do lítio.

Fonte: Adaptado de United States Geological Survey (2023).

A exploração do lítio pode ter efeitos significativos na qualidade do ar, da água e do solo (Gu & Gao, 2021). Quando extraído de salmouras, o processo é altamente químico, sendo necessário evaporar meio milhão de litros da salmoura para produzir uma tonelada de carbonato de lítio. A extração de minérios através de lixiviação também tem impactos ambientais relevantes, ainda mais substanciais do que a extração através de salmouras, principalmente porque a extração de minérios via lixiviação exige uma utilização considerável de combustíveis fósseis e produtos químicos para a sua fusão. Segundo Valenta et al. (2023), em muitos locais onde as minas foram encerradas, os resíduos acumulados tornaram-se uma fonte constante de contaminação. A drenagem ácida das minas é frequentemente uma das principais causas de poluição da água nos países em que o setor de mineração é abundante.

À medida que a crise climática se agrava, com uma clara ligação às emissões de gases de efeito de estufa (CO<sub>2</sub>), a transição energética tem-se focado em orientar os esforços para a redução destas emissões e para a substituição dos combustíveis fósseis (Canelas & Carvalho, 2023). Os hábitos de mobilidade individual têm contribuído para este agravamento, gerando problemas económicos e ambientais que vão desde o vasto uso de combustíveis fósseis até aos impactos subsequentes na exploração, em conjunto com as emissões poluentes geradas através dessa atividade (Mishrif & Kham, 2023). Por consequência, nos últimos anos, a procura do lítio disparou exponencialmente, impulsionada, sobretudo, por três acordos internacionais: Kyoto Protocol, Paris Agreement and UN Sustainable Development Goals (Tabelin et al., 2021) que têm como objetivo reduzir significativamente as emissões de dióxido de carbono, através da integração de energias renováveis no setor dos transportes.

A importância tecnológica do lítio, como elemento essencial na fabricação de baterias para veículos elétricos, enfatiza a sua posição como um dos metais mais procurados entre os recursos escassos (Będowska-Sójka & Górka, 2022). Apesar dos obstáculos sociais e económicos da descarbonização, a transição dos veículos a combustíveis fósseis para a eletromobilidade parece ser a única opção realista para a descarbonização rodoviária até 2050 (Sadik-Zada et al., 2023). Apesar das baterias serem usadas para melhorar a sustentabilidade ambiental, existem preocupações ambientais significativas ligadas à sua produção, desde a mineração, extração e purificação, devido ao uso excessivo de combustíveis, eletricidade e substâncias químicas altamente perigosas (Khakmardan, et al., 2023).

As baterias de íão de lítio são essenciais para esta transição por serem consideradas um dos alicerces de uma economia que não dependa de combustíveis fósseis (Wang et al., 2022). Estas são a força motriz por trás dos veículos elétricos, que são uma alternativa mais limpa aos veículos movidos a combustíveis fósseis. Além disso, essas baterias também são usadas em sistemas de armazenamento de energia estacionários, que são vitais para a integração de fontes de energia renováveis, como a solar e a eólica, na rede elétrica.

A mudança para o uso intenso de baterias de lítio na era dos veículos elétricos e dispositivos eletrónicos é muitas vezes questionada em relação à sua sustentabilidade a longo prazo, especialmente devido à degradação dos solos resultante da exploração do mineral, tal como é salientado por Sadik-Zada et al. (2023). Neste contexto, a ligação fundamental entre a sustentabilidade e a gestão eficiente desta transição reside na necessidade de incentivar práticas de reciclagem de baterias (Alessia et al., 2021). Atualmente, a recuperação de baterias recicláveis representa menos de 1% da procura, mas espera-se que, com o avanço das tecnologias, este número possa aumentar significativamente, uma vez que a reutilização também é uma fonte de rendimento. Para isso, é necessário adotar estratégias que sejam eficientes no uso de recursos, para minimizar a extração de minérios primários e os impactos ambientais associados (Valenta et al., 2023).

### **1.2.2 Desafios de gestão**

A União Europeia (UE) é altamente dependente da importação de matérias-primas essenciais para infraestruturas de baixo carbono (Dunlap & Riquito, 2023). Para mitigar esta dependência, a UE iniciou a implementação de legislação e iniciativas para aumentar a produção interna dessas matérias-primas a partir de 2019. A Península Ibérica detém o principal foco como uma região estratégica para as iniciativas de mineração de matérias-primas críticas da UE. O setor de mineração enfrenta atualmente novos desafios e oportunidades, em resultado do aumento significativo na procura de minerais nos últimos anos (An et al., 2023). No entanto, a exploração e a produção precisam de encontrar um equilíbrio entre a exigência de crescimento sustentável e a procura crescente por minerais vitais usados em tecnologias ecológicas.

A poluição resultante das atividades de mineração ameaça ecossistemas inteiros (Watts et al., 2023). Portanto, é aconselhado que seja feito o planeamento de recuperação e reabilitação a partir

da fase operacional de uma mina. A gestão responsável das atividades de mineração torna-se ainda mais crucial quando se consideram os impactos sociais e económicos nas comunidades locais. Existe um fenómeno conhecido como “*Not In My Backyard*”, que é caracterizado pela resistência dos residentes perante a instalação de indústrias perto das suas casas, devido aos potenciais efeitos negativos que estas podem ter sobre a população local (Crespo-Cebada et al., 2020). Estes projetos podem representar riscos à saúde, além de gerar conflitos relacionados à justiça ambiental.

No passado, a gestão inadequada dos resíduos de mineração teve consequências desastrosas a longo prazo, resultando na disseminação prejudicial de contaminantes para além dos limites das áreas de mineração, como é observado por Valenta et al. (2023). A persistência dessas práticas inadequadas de gestão de resíduos levanta preocupações significativas, especialmente considerando o aumento projetado nas atividades de mineração. A menos que ocorra uma transformação significativa nas práticas de gestão de resíduos nas minas, o impacto ambiental negativo é provável que se intensifique ainda mais. No entanto, é encorajador observar que atualmente existe um esforço crescente em direção a técnicas de produção mais sustentáveis (An et al., 2023). Estes avanços, que incluem a implementação de conceitos como reciclagem, reaproveitamento e reparação, têm-se revelado eficientes para prolongar a vida dos recursos e minimizar o desperdício.

As atividades de mineração podem resultar em impactos significativos no meio ambiente e na sociedade, incluindo a destruição de habitats naturais, a degradação do solo e a poluição das fontes de água (An et al., 2023). Perante isto, é necessário que as pessoas sejam conquistadas a nível social, político e emocional antes dos seus territórios serem explorados, abandonados ou comercializados (Dunlap & Riquito, 2023). Os Estados e as empresas podem aplicar estratégias de guerra social para mudar as opiniões públicas, tornando atividades anteriormente reprimidas do ponto de vista ecológico não só possíveis, como também aceites e consideradas admissíveis. De acordo com Domingues (2022), os riscos ligados à prospeção são inúmeros e vastos. A ameaça à saúde das comunidades locais é uma preocupação relevante, com a possibilidade de poeiras em suspensão causarem doenças graves, como silicose, cancro do pulmão e problemas respiratórios. O vasto uso de água potável, ligado ao risco de contaminação de rios, ribeiras e fontes de água utilizadas na agricultura, suscita sérias preocupações ambientais.

A exploração de lítio está associada a várias formas de injustiça energética, perpetuando a violência contra as comunidades locais e perturbando as relações mais amplas entre espécies em territórios rurais historicamente sustentáveis (Canelas & Carvalho, 2023). Neste contexto, a responsabilidade não recai apenas sobre as empresas de mineração, mas também sobre os governos e as entidades reguladoras. Conforme mencionado por Watts et al. (2023), é imperativo que sejam adotadas medidas para garantir que os residentes nas proximidades das zonas de mineração não apenas estejam protegidos contra os impactos negativos da exploração de lítio, mas também tenham acesso a serviços essenciais como saúde e educação.

De acordo com Tsivadze et al. (2023), a extração de lítio apresenta desafios significativos e complexos por duas razões: (1) a maior parte do lítio terrestre, mais de 90%, está localizada nos

oceanos e (2) a água marinha atualmente não é um meio viável para a extração. Estas dificuldades, juntamente com a alta procura, são a causa da escassez do lítio. Conforme Tabelin et al. (2021), com o aumento da procura ao longo dos anos, estima-se que a quantidade de lítio que será necessária para satisfazer o mercado será cada vez mais superior à quantidade disponível, aumentando drasticamente o preço (ver Figura 2).

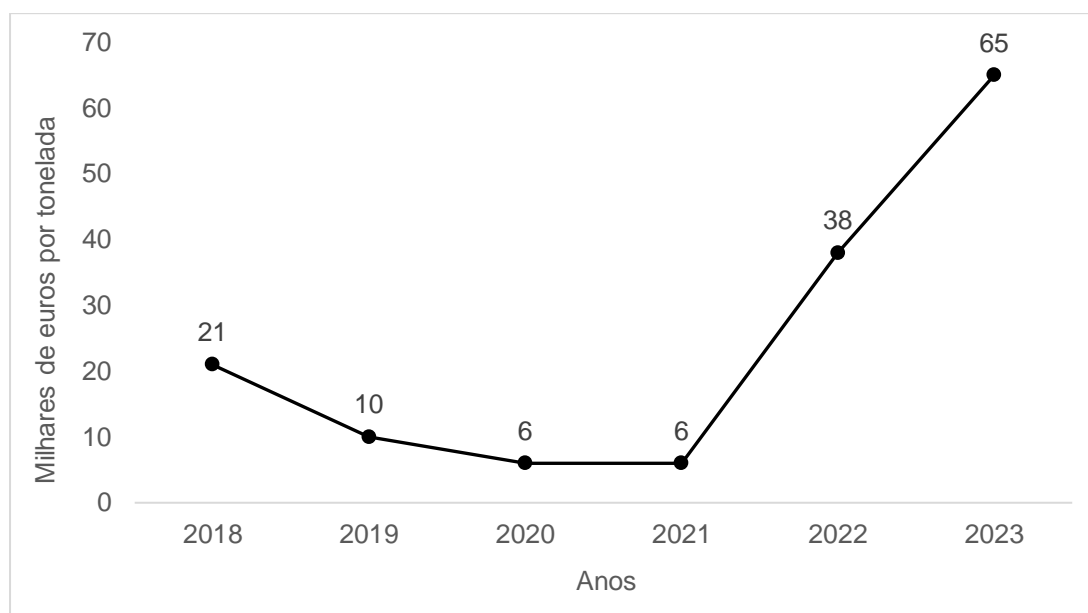


Figura 2: Evolução do preço do lítio em milhares de euros.

Fonte: Adaptado de Trading Economics (2024).

A indústria do lítio depende de equipamentos e tecnologias que datam do século passado, indicando que as técnicas de mineração são antiquadas (Tsvadze et al., 2023). Neste contexto, a indústria de mineração enfrenta uma transformação com a introdução da Mineração 4.0 (Jiskani et al., 2023). Esta nova era pretende revolucionar a forma como as minas operam, promovendo práticas de mineração seguras, inteligentes, verdes e ambientalmente amigáveis. Embora a extração de lítio seja promissora para o progresso económico, esta suscita algumas preocupações, particularmente quando levamos em conta os processos altamente dependentes de carbono e os métodos de extração (Chaves et al., 2021). O crescimento dos danos ambientais e a exposição a escândalos éticos também têm aumentado as preocupações do público e abalado a confiança na indústria (Klerk & Swart, 2023). Este setor tem sido marcado por falhas de responsabilidade, incluindo desastres ambientais e tragédias relacionadas com a segurança dos trabalhadores.

Klerk e Swart (2023) salientam que o setor da mineração é um dos trabalhos mais perigosos, tendo em conta o número de pessoas expostas a riscos. Esta exposição a riscos é inerente às operações de mineração e aos processos industriais ligados à extração do lítio, o que suscita uma preocupação direta com a saúde dos trabalhadores envolvidos neste processo. Estes trabalhadores podem estar sujeitos a vários riscos, incluindo o uso de produtos químicos nos processos de extração, poeira resultante das operações de mineração, radiação associada a certos depósitos minerais, bem como processos industriais que podem envolver substâncias cancerígenas (Chaves et al., 2021).

Os Sistemas de Controlo de Gestão (SCG) são uma ferramenta organizacional essencial para otimizar o desempenho de uma empresa (Nursyamsir et al., 2023). Através destes sistemas, os gestores pretendem organizar a informação necessária a que os recursos sejam obtidos e usados de forma eficiente e eficaz para atingir os objetivos da organização. Assim, estes procedimentos desempenham uma função fundamental na concretização de estratégias e para manter ou modificar os padrões nas atividades organizacionais (Einhorn et al., 2023; Osma et al., 2023). Uma adoção dos SCG implica a definição de metas claras, a implementação de sistemas de monitorização e avaliação constante do desempenho para assegurar que a execução esteja alinhada com os objetivos estratégicos estabelecidos (Nursyamsir et al., 2023.)

A nível organizacional, os SCG desempenham um papel crucial, representando o processo pelo qual os gestores influenciam os membros da organização na implementação da estratégia (Nursyamsir et al., 2023; Osma et al., 2022). Essa relação intrínseca entre os SCG e as atividades monitoradas estabelece a base para direcionar os esforços organizacionais para o que é considerado crucial. A importância dos SCG vai além das práticas de controlo, desempenhando também um papel significativo no comportamento das pessoas dentro da organização. Nesse cenário, os líderes têm um papel vital na introdução dos SCG (Einhorn et al., 2023). Esses sistemas não servem apenas como mecanismos de controlo, mas também como ferramentas motivacionais. Um líder habilidoso tem a capacidade de implementar SCG que incentivam e estimulam os colaboradores. Ao mesmo tempo, esses sistemas permitem uma avaliação contínua do progresso da organização em direção à consecução dos objetivos organizacionais.

Para as organizações que aspiram a um desempenho financeiro sustentável, a gestão da cadeia de valor é um componente essencial (Dharmayanti et al., 2023). Esta gestão envolve a coordenação de diversas partes interessadas na produção, distribuição e consumo de bens e serviços. Ao implementar práticas sustentáveis na cadeia de valor, as organizações podem otimizar o uso de recursos, reduzir o desperdício e garantir métodos responsáveis de produção. No contexto empresarial, a elaboração de relatórios desempenha um papel fundamental, proporcionando uma visão abrangente das diferentes áreas analisadas. A obtenção de informações, tanto financeiras quanto não financeiras, torna-se crucial não apenas para os gestores internos, mas também para os investidores (Rahi et al., 2022). A transparência nos relatórios não apenas fornece *insights* sobre o desempenho financeiro da empresa, mas também destaca práticas relacionadas à sustentabilidade, responsabilidade social corporativa e outros indicadores não financeiros relevantes.

### **1.2.3 Desafios de sustentabilidade**

A sustentabilidade é percebida como uma estratégia para gerar valor, tanto para a empresa quanto para os seus stakeholders, contribuindo positivamente para o meio ambiente e fazendo uso eficaz dos recursos disponíveis (Frostenson et al., 2022). Este conceito de sustentabilidade tem tido uma influência significativa no mundo ao longo dos últimos anos, uma vez que oferece uma perspetiva

de melhorar a qualidade de vida humana sem ultrapassar os limites naturais do planeta (Bele et al., 2023; Dhayal et al., 2023).

A nível organizacional, é importante ressaltar que a sustentabilidade é um fator decisivo na competitividade, sendo que cada organização ajusta as suas atividades para que estas sejam cada vez mais sustentáveis (Dhayal et al., 2023). Um SCG focado na sustentabilidade estabelece uma conexão intrínseca entre a estratégia empresarial e suas operações, tendo como objetivo central fomentar a incorporação de práticas e procedimentos sustentáveis com intuito de melhorar o desempenho (Beusch et al., 2022). Este comprometimento com a sustentabilidade pode ter impacto positivo em várias áreas, desde a redução dos custos operacionais até à conquista de novos mercados e satisfação dos *stakeholders*.

A crescente tendência das organizações em integrar a sustentabilidade nos SCG reflete um reconhecimento claro da importância estratégica dessa abordagem (Beusch et al., 2022). Esta integração não apenas posiciona as empresas como agentes responsáveis perante o meio ambiente e a sociedade, mas também resulta numa maior vantagem competitiva no cenário empresarial (Mosgaard & Kristensen, 2023). Conscientes dos possíveis impactos negativos das suas ações, as empresas estão cada vez mais atentas às repercussões ambientais e sociais das suas operações.

A sustentabilidade é estabelecida internamente pelas empresas por meio de uma abordagem abrangente que incorpora diversas ferramentas e instrumentos (Frostenson et al., 2022). Isto inclui a definição de metas e objetivos específicos, a implementação de SCG, a elaboração de relatórios, a adoção de códigos éticos e a integração de estratégias de comunicação. Neste assunto, os relatórios de sustentabilidade desempenham um papel crucial (Rahi et al., 2022). Estes relatórios transcendem a meras ferramentas informativas, desempenhando também um papel primordial no auxílio aos investidores. Ao fornecerem informações detalhadas e de alta qualidade sobre as práticas de sustentabilidade da empresa, estes relatórios capacitam os investidores a tomar decisões informadas e éticas.

A sustentabilidade organizacional ultrapassa meros procedimentos projetados dentro das empresas (Frostenson et al., 2022). Em vez disso, o conceito emerge como uma construção social, enraizada nas perceções das atividades e na colaboração com os clientes para encontrar soluções sustentáveis. Esta perspetiva difere significativamente dos controlos formais, como políticas e relatórios, que a gestão utiliza para posicionar a empresa como sustentável. É relevante que as organizações garantam que as suas atividades económicas estejam planificadas de forma a ter em conta as normas *Environmental, Social and Governance* (ESG) e o modo como afetarão a sociedade e o ambiente (Bele et al., 2023). Estas normas têm sido uma tendência no crescimento das comunidades empresarias internacionais, sendo o setor financeiro o principal impulsionador devido aos seus objetivos de proteger o ambiente e promover o investimento responsável.

Os aspetos ESG são fundamentais para direcionar investimentos conscientes na indústria de mineração (Petavratzi et al., 2022). Neste setor, tais aspetos incluem a monitorização das emissões de gases, a relação com as comunidades locais e o empenho na transparência (Cranford, 2023). Estes elementos, ligados ao meio ambiente, às questões sociais e à governança, têm um papel

preponderante na criação e implementação de estratégias sustentáveis na indústria, evidenciando um compromisso com a responsabilidade social e ambiental.

De acordo com Crandford (2023), as dimensões ambientais analisam o impacto que uma organização exerce sobre o meio ambiente através das suas ações e comportamentos. As vertentes sociais dizem respeito à influência de um projeto na sociedade e nos stakeholders. A concretização de tal projeto pode originar efeitos duradouros, quer sejam positivos ou negativos, nas comunidades locais. Estes impactos podem ser consideráveis, alterando o estilo de vida, a saúde, a cultura, a política e os direitos humanos, podendo ser tanto reais como percebidos. A governança é estabelecida pela gestão e organização da empresa, e é avaliada com base no desempenho financeiro, transparência e envolvimento. Acresce que a governança contextual baseia-se no contexto externo, levando em consideração os riscos sociais e ambientais.

Os Sistemas de Controlo de Gestão Ambiental (SCGA), que consideram os aspetos ambientais, fazem parte dos SCG que são procedimentos que utilizam informações para manter ou alterar padrões nas atividades organizacionais (Nashitani et al., 2021). Os SCGA possibilitam que as organizações analisem os efeitos sociais, ambientais e económicos das suas atividades, avaliem o progresso em direção às metas de sustentabilidade e tomem decisões sobre a alocação de recursos e avaliação de desempenho (Dharmayanti et al., 2023). Einhorn et al. (2023) complementam que estes sistemas permitem a integração completa de tópicos ambientais nos processos e estratégias organizacionais, facilitando a interação e incorporação da estratégia ambiental, gestão ambiental e contabilidade ambiental nas práticas e rotinas organizacionais para atingir os objetivos ambientais organizacionais. No entanto, a implementação do SCGA gera custos administrativos significativos (Hennig et al., 2023).

A legislação internacional demonstra um compromisso cada vez maior com a sustentabilidade, evidenciado por marcos como: o Quadro de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, os ODS em apoio à Agenda 2030, o Pacto Verde Europeu e o crucial Acordo de Paris (Watts et al., 2023; Zhou, 2023). A Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), que se centra nos ODS, é uma estrutura que procura alcançar a sustentabilidade social, económica e ambiental de forma simultânea (Mosgaard & Kristensen, 2023). Estes objetivos, essenciais para erradicar a pobreza e preservar o ambiente, são reconhecidos como a fundação da Agenda 2030 (Bele et al., 2023). Face à ameaça das alterações climáticas, o Acordo de Paris destaca-se ao procurar reduzir as emissões de gases de efeito estufa para promover um futuro mais sustentável (Jiskani et al., 2023). Assim, tanto a legislação global como as ações empresariais sublinham a importância da sustentabilidade como um alicerce para o desenvolvimento.

Para atenuar o impacto ambiental ligado à atividade mineira, as empresas do ramo enfrentam a necessidade de adotar as melhores práticas inovadoras (Khakmardan et al., 2023). Estas empresas não se devem limitar a fornecer materiais para apoiar a descarbonização, mas devem assumir um papel ativo na redução das suas emissões e na promoção da sustentabilidade dos ecossistemas locais. As inovações em andamento visam especificamente reduzir os impactos ambientais resultantes da mineração, com estratégias como reciclagem, acondicionamento e remanufatura a

surgirem como eficazes no aumento da vida útil dos recursos e na minimização do desperdício (An et al., 2023). Portanto, as minas atuais e futuras têm de ser consideravelmente mais eficientes, sustentáveis e mais seguras que nunca (Jiskani et al., 2023).

A atividade mineira, enquanto atividade transformadora, tem impactos significativos, tanto positivos como negativos, na economia, sociedade e ambiente (Badakhshan et al., 2023). Embora esta atividade promova o desenvolvimento económico, a construção de infraestruturas e o crescimento das comunidades, a mineração também comporta riscos ambientais consideráveis ao longo do ciclo de vida de uma mina. No caso de uma mina de lítio a céu aberto, esta necessita da utilização de um recurso limitado, como a água, para a dissolução do mineral (Crespo-Cebada et al., 2020). Este processo desencadeia reações químicas que originam lodo e água contaminada, que podem ter um impacto ambiental considerável se não forem adequadamente controlados. Outro processo que ocorre na extração de lítio é a calcinação dos minérios, que gera emissões consideráveis de gases, contribuindo para a poluição atmosférica.

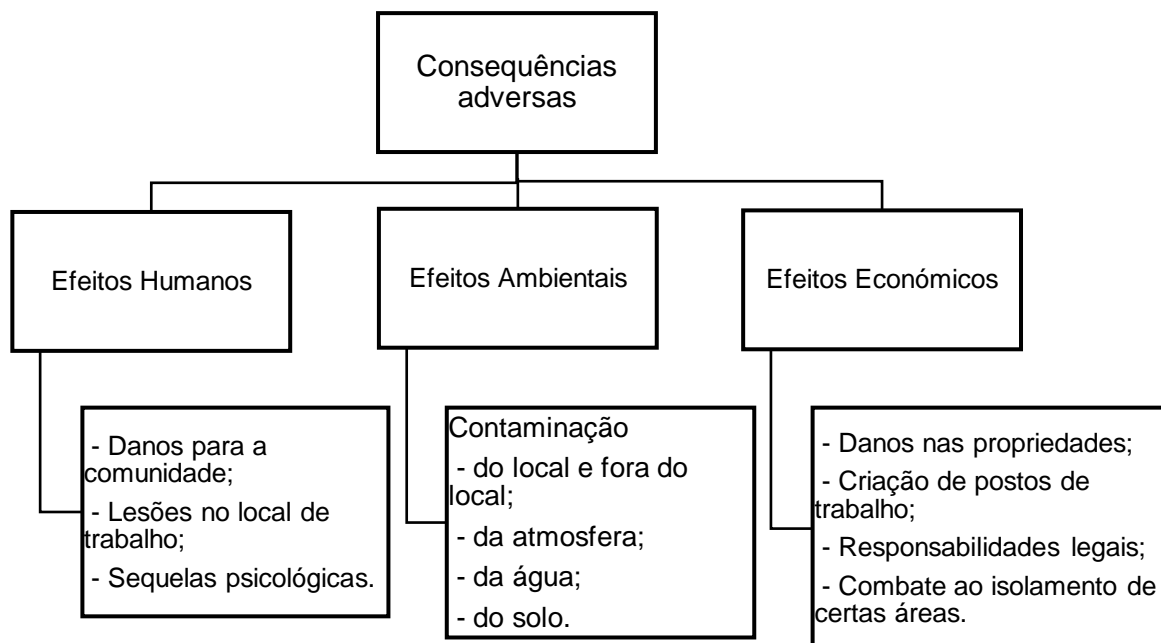


Figura 3: Consequências adversas na atividade mineira.

Fonte: Adaptado de Pino (2002).

Na Figura 3 podemos observar que as empresas que operam nos setores de elevado impacto ambiental deparam-se com desafios extra, tais como sociais, ambientais e financeiros ao procurarem adotar práticas sustentáveis (Kuruppu et al., 2023). Face a esta complexidade, a recuperação de lítio a partir de recursos secundários surge como uma estratégia essencial para satisfazer a crescente procura e assegurar a sustentabilidade na transição para a eletrificação, especialmente através de veículos elétricos (Garcia et al., 2023). Esta abordagem não só procura atenuar os impactos negativos da mineração tradicional, mas também representa um passo crucial

em direção a uma indústria mais responsável e sustentável, em linha com as necessidades atuais e futuras da sociedade e do ambiente.

A ameaça à biodiversidade é um ponto crucial, particularmente em áreas protegidas como Reservas Agrícolas Globais, Reservas da Biosfera Transfronteiriças e Parques Nacionais (Domingues, 2022). A prospeção pode ter um impacto negativo no património cultural, levando à destruição de locais arqueológicos, históricos, arquitetónicos e naturais. Portanto, apesar do lítio exercer um papel crucial na transição para fontes de energia mais limpas e promover a sustentabilidade, é importante equilibrar o seu potencial benefício com as preocupações ambientais e sociais associadas à sua produção e uso (Canelas & Carvalho, 2023).

### 1.3 Seleção de Critérios de Decisão – Indicadores

De acordo com Xirimimbi (2018), a ACB de investimentos em projetos de mineração visa avaliar de forma precisa e coesa os efeitos financeiros e económicos resultantes desse investimento. Essa avaliação pode ser efetuada através de diversos critérios, nomeadamente o Valor Atual Líquido (VAL), a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), o valor do investimento inicial, o preço de mercado, o custo de produção vs preço de mercado, a análise de riscos e o impacto ambiental e social.

#### 1.3.1 Valor Atual Líquido (VAL)

De acordo com Ferreira e Andrade (2010), o VAL foca-se na conversão dos fluxos de caixa de um empreendimento ao longo do tempo num valor equivalente no momento atual, ou seja, no tempo zero. Basicamente, o VAL é a soma dos valores atuais de cada fluxo de caixa ligado à oportunidade de investimento, levando em conta toda a duração da vida útil do projeto. Ao realizar esta análise, o VAL permite medir a diferença entre os fluxos de caixa positivos e os investimentos (fluxos de caixa negativos), todos descontados a uma determinada taxa. Esta metodologia oferece uma avaliação completa da viabilidade financeira do empreendimento, integrando a temporalidade dos fluxos de caixa e considerando a taxa de desconto como um fator crucial na análise de retorno do investimento.

Apresenta-se na Equação 1 a fórmula do VAL:

$$VAL = \sum_{k=0}^n FC_t / (1 + i)^t \cdot \quad (1)$$

Onde,  $FC$  representa o fluxo de caixa em determinado momento,  $i$  corresponde à taxa de atualização,  $n$  corresponde ao horizonte temporal do projeto e  $t$  é um ponto no tempo que, vulgarmente, é um ano.

#### 1.3.2 Taxa Interna de Rentabilidade (TIR)

Para Ebissa et al. (2024), a TIR é uma métrica fundamental para a decisão de investimento, pois assegura se um investimento é rentável ao garantir que a taxa de retorno seja igual ou superior à taxa pretendida, que geralmente é fixada em 10%. Esta ferramenta auxilia os investidores a avaliar

se um negócio proporcionará um retorno adequado em relação ao custo do capital investido. Apresenta-se na Equação 2 a fórmula da TIR:

$$I_0 \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+k)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad (2)$$

Sendo  $I_0$  o montante do investimento no momento 0,  $I$  os montantes previstos de investimento em cada momento subsequente,  $k$  a taxa de rentabilidade equivalente periódica (TIR),  $n$  a quantidade de períodos, e  $FC$  os fluxos previstos de entradas de caixa em cada período de vida do projeto.

### 1.3.3 Investimento inicial

O montante a investir deve incluir os custos de capital de todos os ativos fixos (por exemplo, terrenos, construções, planta e maquinaria, equipamentos, etc.) e ativos não fixos (como custos de estruturação, tais como estudos de engenharia e ambientais, assessoria técnica, supervisão da construção, publicidade, entre outros) (Faria et al., 2020). Quando relevante, o investimento inicial também deve considerar os custos de adaptação ambiental e/ou das alterações climáticas que possam ocorrer durante a construção, conforme definido nos estudos ambientais.

Para Wattanajatra (2021), o investimento inicial é a base para comparar os custos integrais com as vantagens futuras. Sem este dado, não se pode determinar se os lucros previstos compensam as despesas. O investimento inicial é essencial para calcular o ponto de equilíbrio em que os benefícios acumulados igualam os custos. Isto auxilia na previsão do período necessário para que o projeto comece a gerar lucro.

### 1.3.4 Preço de mercado

A Comissão Europeia (2014) explica que o preço de mercado de um determinado bem é o valor pelo qual um ativo ou serviço pode ser vendido num mercado competitivo. Este pode ser afetado pela procura e pela oferta, ou seja, quando a procura aumenta, o seu preço tende a aumentar e quando a oferta aumenta o preço tende a baixar.

Considerar o preço de mercado é essencial, pois este representa o valor potencial de venda do produto, que é determinado pela sua procura e aceitação no mercado (Boardman et al., 2018). Além disso, compreender o preço de mercado ajuda a avaliar a competitividade do produto e a identificar possíveis riscos financeiros, como as oscilações de preços que podem afetar a rentabilidade do projeto. Portanto, a inclusão do preço de mercado na ACB é essencial para garantir a viabilidade económica, a sustentabilidade e a rentabilidade do projeto.

### 1.3.5 Custo de produção vs preço de mercado

A Comissão Europeia (2014) expressa que a ACB é uma ferramenta crucial na gestão de empresas, e a comparação entre o custo de produção e o preço de mercado tem um papel preponderante neste processo. Esta comparação é essencial para determinar a rentabilidade de um produto, uma vez que a diferença entre o custo de produção e o preço de mercado estabelece o lucro bruto. Se o

custo de produção for demasiado elevado, pode ser necessário encontrar formas de o reduzir para manter a competitividade. Portanto, a comparação entre o custo de produção e o preço de mercado é uma ferramenta indispensável para uma gestão eficaz.

Boardman et al. (2018) acrescenta que comparar este preço com os custos de produção é um passo crucial para avaliar se o projeto é economicamente viável. Se o preço de mercado for superior aos custos, o projeto tem potencial para ser lucrativo, indicando uma margem de lucro positiva. Esta análise é útil na tomada de decisões estratégicas, como a alteração dos níveis de produção, a definição de preços e a elaboração de estratégias de marketing.

### **1.3.6 Análise de riscos**

Para realizar uma análise dos riscos, o primeiro passo é identificar os eventos adversos que o projeto pode enfrentar (Comissão Europeia, 2014). A elaboração de uma lista de possíveis eventos negativos é um exercício excelente para compreender as complexidades do projeto, nomeadamente aqueles que podem provocar aumento de custos e atrasos na sua implementação. Estes podem incluir deslizamentos de terras, impactos adversos de fenómenos meteorológicos extremos, falta de obtenção de licenças, oposição pública, litígios, entre outros.

A análise de riscos permite ao gestor do projeto perceber como os impactos estimados podem afetar algumas das variáveis-chave do projeto (Comissão Europeia, 2015). É crucial prestar especial atenção às alterações climáticas e aos fatores ambientais, pois estes podem ter um impacto significativo em todas as fases do projeto. Uma análise de riscos eficiente pode ajudar a minimizar potenciais impactos negativos, assegurar a sustentabilidade do projeto e aumentar a resiliência face a imprevistos. Assim, a avaliação de riscos não só melhora a viabilidade e a eficiência do projeto, mas também contribui para a sua aceitação e sucesso a longo prazo.

### **1.3.7 Impacto ambiental e social**

Os efeitos externos de um projeto decorrem das suas consequências ambientais em todas as etapas da sua vida útil (Comissão Europeia, 2014). Projetos de infraestruturas públicas costumam gerar impactos negativos e positivos, tais como poluição sonora, emissões de gases com efeito de estufa, e degradação da biodiversidade e paisagem. As mudanças na qualidade ou quantidade de bens e serviços ambientais influenciam os benefícios sociais, resultando em ganhos ou perdas. É crucial avaliar e mitigar esses impactos, incluindo riscos tecnológicos e naturais, para garantir a sustentabilidade ambiental e maximizar os benefícios sociais e económicos do projeto.

A ACB de qualquer projeto deve incorporar os impactos ambientais e sociais, uma vez que estes influenciam diretamente a sustentabilidade e a aceitação do projeto (Boardman et al., 2018; FasterCapital, 2024). É crucial avaliar os impactos ambientais, nomeadamente a poluição, a perda de biodiversidade e as alterações climáticas, para evitar danos ecológicos que possam ter consequências a longo prazo e gerar custos adicionais, como multas e a necessidade de recuperação ambiental. Da mesma forma, é vital considerar os impactos sociais, como o

deslocamento de comunidades, os efeitos na saúde pública e as mudanças nas condições de vida, para garantir que o projeto não prejudique a população local e mantenha o apoio da comunidade.

## **2. Metodologia: Estudo de caso**

A metodologia científica examina os princípios, normas e procedimentos que orientam a realização de uma investigação científica, visando auxiliar o investigador na elaboração, execução e comunicação eficaz de uma investigação (Firme & Miranda, 2022). O processo (fases) de investigação deve ser controlado, rigoroso, sistemático, válido, fiável, empírico e crítico, servindo como um guia metodológico independente do método utilizado e é tão crucial quanto os resultados obtidos (Bloise, 2020).

A exploração de recursos minerais desempenha um papel crucial na economia global, impulsionando setores como o energético e o tecnológico. No entanto, é fundamental reconhecer que esta atividade, apesar do impacto positivo na geração de riqueza e desenvolvimento, enfrenta diversos desafios relacionados com a gestão e sustentabilidade. Para Markoni e Lakatos (2003), qualquer investigação parte de um problema teórico/prático que vai desencadear a pesquisa, devendo ser definido com objetividade, clareza e na forma de questão de investigação. Assim, em concordância com a pergunta de investigação, o objetivo deste estudo é compreender como e porquê usar a ACB para superar desafios de gestão e de sustentabilidade na exploração de lítio no Barroso. É pertinente um enquadramento teórico no âmbito da ACB e desafios de gestão e de

sustentabilidade, particularizando a exploração do lítio. A metodologia adotada é o estudo de um caso de extração de lítio, localizado no norte de Portugal, no município de Boticas, região do Barroso.

De acordo com Yin (2017), o método de investigação selecionado foi o estudo de caso único holístico por ser adequado para responder a perguntas do tipo como e porquê, típicas em investigação qualitativa. O método do estudo de caso visa compreender fenómenos num contexto real, englobando eventos, indivíduos, empresas ou até mesmo contextos políticos (Elstub & Pomatto, 2022). Para que um estudo de caso seja eficaz, é crucial que o contexto e os objetivos estejam devidamente definidos. Um estudo de caso consiste numa análise meticulosa e pormenorizada de um caso específico que se destaca por apresentar características particulares ou excecionais (Vieira et al., 2017). Este método procura descrever e estudar o caso em questão de forma aprofundada. Segundo Holanda (2006), o estudo de um caso divide-se em quatro grandes etapas: em primeiro lugar, escolhe-se o caso; de seguida, efetua-se a recolha de dados, com diversas fontes de informação; a terceira etapa é a análise dos dados e, por último, a quarta fase trata da interpretação final.

A pesquisa qualitativa, na sua essência, está envolta em subjetividade, ou seja, implica a interação de múltiplas disciplinas, utilizando diversos métodos para a recolha e análise de dados (Gonçalves et al., 2021; Patias & Hohendorff, 2019). A pesquisa qualitativa amplia a compreensão em diversas disciplinas científicas. Para levar a cabo tal investigação, é imprescindível que o pesquisador recolha dados em ambientes naturais, sendo sensível às pessoas e aos locais envolvidos. A análise destes dados é caracterizada por uma abordagem tanto indutiva como dedutiva, identificando e estabelecendo padrões ao longo do processo (Rodrigues et al., 2021).

A empresa Savannah Lithium, Lda, promotora do projeto de extração do lítio no Barroso, alvo da presente investigação académica é uma subsidiária detida a 100% pela Savannah Resources Plc., que assumiu uma participação no projeto de 75% em 2017, participação essa que aumentou para 100% em 2020 com a aquisição dos 25% da participação da Slipstream Resources da Austrália e de outros detentores (Visa, 2021a). Isto espelha a crescente importância do lítio na indústria global, nomeadamente na indústria das baterias (Mateus, 2020). Contudo, apenas em 2020 é que a empresa apresentou o Estudo do Impacto Ambiental (EIA) à Agência Portuguesa do Ambiente (APA), entidade reguladora do ambiente em Portugal que, a 31 de maio de 2023, emitiu uma Declaração de Impacto Ambiental (DIA) favorável condicionada ao projeto de lítio no Barroso. A empresa celebrou em 2006 um contrato de concessão mineiro de 30 anos que estima uma produção média anual de 175 mil toneladas de concentrado de espodumena e um investimento inicial de 98,11 milhões de euros.

Os dados necessários foram recolhidos através da análise de conteúdo de sites, documentos, relatórios e projetos (ver Tabela 2). O tratamento da evidência foi feito através da análise das informações recolhidas, dado tratar-se de uma metodologia qualitativa.

Tabela 2: Fonte de dados.

<b>Categoria</b>	<b>Fonte de dados</b>
Contextualização do Setor	Carballo-Cruz & Cerejeira (2020); Canelas & Carvalho, (2023); Savannah Resources (2023b) e Visa (2021a).
Apresentação das entidades e empresas envolvidas	Carballo-Cruz e Cerejeira (2020); MINOB (2023) e Savannah Resources (2023a).
Parâmetros da ACB	Carballo-Cruz e Cerejeira (2020); Visa (2020); MINOB, (2023); Interior do Avesso (2021); Prado (2023); APA (2023); ZERO (2023); Quercus (2019) e Lusa (2023c)
Identificação dos desafios de gestão e de sustentabilidade	Visa (2021b); Carter (2021); Savannah Resources (2022); Santiago e Pereira (2023); Biscaia (2023); Lusa (2023b); Biscaia (2023); Esteves (2024); Araújo (2024); Visa (2022) e Carballo-Cruz e Cerejeira (2020)

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 2 apresenta uma lista abrangente das fontes de dados. A diversidade de fontes de dados pode contribuir para resultados mais fundamentados e mais robustos.

### **3. Custos e benefícios da exploração de lítio no Barroso**

Neste ponto do trabalho, apresenta-se a mina em estudo, bem como a empresa responsável pela sua concessão. Seguidamente, abordam-se as fases práticas, salientando o "como", e o "porquê", subjacentes à aplicação da ACB. Esta abordagem procura ultrapassar desafios relacionados com a gestão e sustentabilidade, sempre com o propósito de encontrar respostas à pergunta de investigação. Para terminar, efetua-se uma breve discussão teórica, com o intuito de comparar a revisão bibliográfica com os resultados obtidos neste estudo de caso.

#### **3.1 Contextualização do setor**

A Mina do Barroso está localizada nas freguesias de Dornelas e Covas do Barroso, no concelho de Boticas, distrito de Vila Real (ver Figura 4). Trata-se de uma área de concessão que abrange propriedades privadas, bem como áreas designadas como baldios, todas caracterizadas como propriedades rurais (Carballo-Cruz & Cerejeira, 2020).



Figura 4: Localização da Mina do Barroso.

Fonte: Adaptado de Savannah Resources (2022).

A região do Barroso, conhecida como o “reino maravilhoso”, é uma área montanhosa com uma economia dependente da agricultura, pecuária, apicultura e ecoturismo (Canelas & Carvalho, 2023). A maior parte do território é composta por áreas seminaturais, florestas e terras agrícolas. Apesar da histórica atividade de pedreiras, como a Mina Borralha, que deixou marcas profundas na paisagem e na memória coletiva, as comunidades rurais mantêm práticas tradicionais de gestão da terra e da água. A região, rica em biodiversidade e património cultural, é um dos sete locais na Europa reconhecidos pela ONU como Património Agrícola Mundial, destacando a resiliência e sustentabilidade dos modos de vida do Barroso (ver Figura 5).

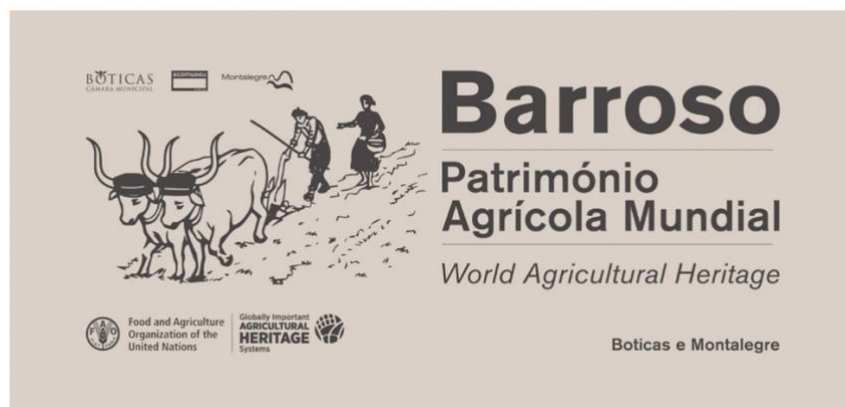


Figura 5: Barroso: Património Agrícola Mundial.

Fonte: Campos (2020, p.51).

O projeto foca-se na extração de concentrados de espodumena, não diretamente no lítio propriamente dito (Savannah Resources, 2023b). A espodumena é um mineral semelhante ao

quartzo e ao feldspato, que contém lítio. O processo envolve a trituração e moagem da rocha para separar os minerais com base na densidade, concentrando-se exclusivamente na espodumena e no aumento do teor de lítio, nomeadamente por meio do uso de água.

Este empreendimento não só visa satisfazer a crescente procura por lítio, essencial para baterias de veículos elétricos e armazenamento de energia renovável, mas também contribui para o desenvolvimento económico local, criando empregos e fornecendo matérias-primas para outros setores industriais (Carballo-Cruz & Cerejeira, 2020). É um exemplo de como os recursos naturais podem ser utilizados de forma estratégica, alinhando interesses económicos com a transição energética global.

A projeção para a mina aponta para uma média anual de extração de aproximadamente de 1,45 milhões de toneladas de pegmatito litinífero nas quatro áreas de exploração (Carballo-Cruz & Cerejeira, 2023; Savannah Resources, 2023b). Esse material será encaminhado para uma unidade de beneficiamento localizada na área de concessão, onde será processado para a produção de concentrado de espodumena. Além disso, a mina contará com entre duas a quatro instalações dedicadas ao tratamento de resíduos mineiros, destinadas a receber os materiais rejeitados. O projeto terá uma produção anual estimada em cerca de 200 mil toneladas de concentrado de espodumena. Este concentrado conterá lítio em quantidade suficiente para a produção de aproximadamente meio milhão de baterias para veículos elétricos por ano.

A área de mineração estende-se por mais de 680 hectares e o projeto tem uma duração prevista de 11 anos (ver Figura 6). Este projeto está em licenciamento há vários anos e já obteve uma DIA (Declaração de Impacto Ambiental) desfavorável em 2022, que obrigou a empresa responsável a reformular o estudo de impacto ambiental, agora aprovado com condições (Prado, 2023).

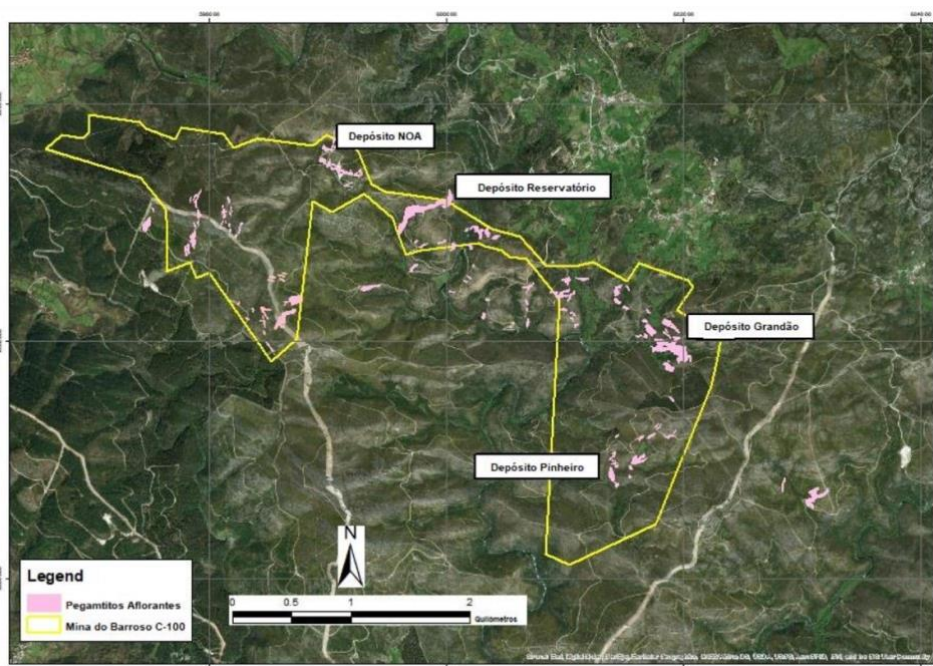


Figura 6: Área de concessão e localização dos depósitos.

Fonte: Visa (2021a, p.9).

Na Figura 6, podemos observar que a Mina do Barroso contempla quatro cortas de exploração: o depósito Grandão, NOA, Pinheiro e Reservatório (Visa, 2021a).

O depósito Grandão, marcado pela prevalência de pegmatitos, sobressai pela sua ampla dimensão e pelo potencial considerável na produção de minerais de lítio (Visa, 2021a). Com uma estrutura tabular e uma inclinação ligeira, este depósito é identificado como uma fonte vital de recursos minerais para a operação da mina. A sua vastidão e as características geológicas propícias tornam-no um ativo crucial no cenário da exploração mineral na região.

O depósito NOA, localizado no setor nordeste da zona de mineração, é notável pela sua riqueza em minerais como o feldspato e o quartzo (Visa, 2021a). Esta corta de exploração tem sido assunto de estudos detalhados, demonstrando um elevado potencial para exploração mineira.

O depósito Pinheiro destaca-se pela sua grande dimensão e pela abundância de minerais para a produção de lítio (Visa, 2021a). A sua localização estratégica dentro da concessão realça a viabilidade económica do projeto, constituindo-se como um dos pilares essenciais do mesmo.

O depósito Reservatório, localizado na parte sul da concessão, é notável pelas suas características geológicas singulares (Visa, 2021a). Esta corta de exploração alberga formações específicas que contêm minerais preciosos, incluindo lítio, desempenhando um papel fundamental no enriquecimento do portfólio de recursos da Mina do Barroso.

### **3.2 Apresentação das entidades e empresas envolvidas**

Em 2001, a empresa Saibrais Areias e Caulinos, SA, obteve do governo português a autorização para prospeção e pesquisa de depósitos minerais, incluindo feldspato, quartzo, lítio, estanho, tungsténio, nióbio e tântalo (Carballo-Cruz & Cerejeira, 2020). Segundo os termos do contrato, aquela empresa realizou estudos para identificar afloramentos de aplito-pegmatito com feldspato. Estes estudos confirmaram a existência de reservas economicamente viáveis e um grande potencial para a exploração de feldspato naquela área. Descobriu-se ainda que os aplito-pegmatitos continham minerais de lítio, como a petalita e a espodumena.

Em 2008, a Saibrais AS passou os direitos do contrato de concessão da Mina de Barroso para a Imerys Ceramics Portugal, SA (Carballo-Cruz & Cerejeira, 2020). Como parte deste processo, o Plano de Lavra da mina foi revisto e atualizado para incluir os direitos de exploração das áreas minerais identificadas desde 2006. Isso deu à empresa a permissão legal necessária para explorar as áreas anteriormente identificadas como ricas em minerais.

Em 2017, a concessão foi adquirida pela Slipstream Resources Portugal, Lda., que formou uma parceria com a Savannah Lithium, Lda., no mesmo ano (Carballo-Cruz & Cerejeira, 2020). De acordo com o estabelecido, a Savannah Lithium, Lda., ficou encarregada de liderar e desenvolver os trabalhos de prospeção e pesquisa para determinar o potencial das jazidas de lítio, com o objetivo de processar e comercializar o mineral posteriormente. Ao longo do tempo, a empresa foi aumentando a sua quota no projeto e, por volta de meados de 2019, comprou a restante participação

de 25% que estava nas mãos da Slipstream Resources Portugal Unipessoal, Lda., e de outros investidores minoritários, alcançando assim a propriedade plena do projeto (ver Figura 7).

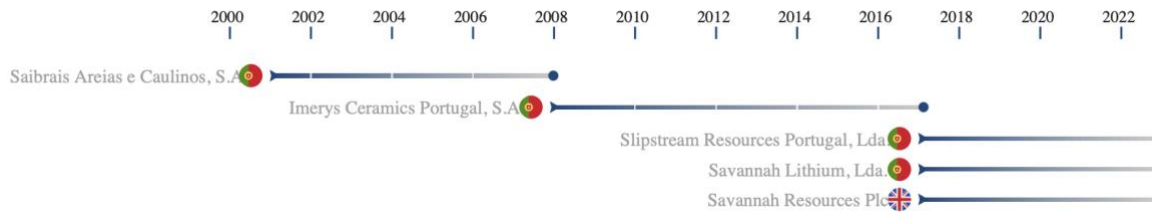


Figura 7: Proprietários da Mina do Barroso.

Fonte: MINOB (2023).

A Savannah Resources é uma empresa dedicada à exploração de minerais e é a única proprietária do Projeto de Lítio do Barroso, localizado no norte de Portugal (Savannah Resources, 2023a). Esta tem como objetivo iniciar a produção em 2026. Este projeto é um marco importante tanto para a Savannah Resources como para Portugal, pois está em linha com os objetivos de fomentar a sustentabilidade e estimular o crescimento económico regional.

A Savannah Resources, está comprometida com o desenvolvimento e gestão sustentável do Projeto de Lítio do Barroso, com a finalidade de minimizar o impacto ambiental e maximizar os benefícios socioeconómicos para todas as partes envolvidas (Savannah Resources, 2023a). Com este projeto, a empresa tem a possibilidade de transformar Portugal num fornecedor de lítio para a crescente indústria europeia de baterias de iões de lítio, contribuindo para a segurança energética a longo prazo.

A Savannah Resources, tem como objetivo impulsionar de forma responsável a revolução da energia na Europa (Savannah Resources, 2023a). A empresa detém a visão de facilitar a transição da Europa para uma energia sustentável. Para atingir isso, a missão é ser o fornecedor de lítio de eleição na Europa. A Savannah Resources, irá atuar como operadora justa e responsável, comprometida com a neutralidade de carbono, enquanto melhora as perceções do setor. A empresa está empenhada em liderar pelo exemplo, impulsionando a inovação e adaptando práticas que promovam não apenas o crescimento económico, mas também o bem-estar social e ambiental em toda a cadeia de valor da energia.

Em termos financeiros, a Savannah Resources, está cotada na ImmunoTech Inc. Common Stock (AIM), que faz parte da Bolsa de Valores de Londres, e as suas ações também estão disponíveis no Quotation Board da Bolsa de Valores de Frankfurt, sob o símbolo “FWB: SAV”, e na Börse Stuttgart, sob o código “SAV” (Savannah Resources, 2023a).

### 3.3 Análise custo benefício

Neste tópico, abordam-se alguns indicadores de decisão fulcrais para uma ACB, nomeadamente o investimento inicial, o preço de mercado do lítio, o custo de produção vs preço de mercado, os riscos geológicos e ambientais e o impacto ambiental e social.

### 3.3.1 Investimento Inicial

De acordo com Carballo-Cruz e Cerejeira (2020), o projeto terá um investimento inicial de 98,11 milhões de euros que será aplicado nas áreas fundamentais para o arranque do projeto, desde custos operacionais até investimentos em infraestruturas e equipamentos. Assim, o investimento inicial é distribuído da seguinte forma:

- Equipamento de extração: 7,4 milhões de euros;
- Equipamento de processamento: 24,7 milhões de euros;
- Infraestruturas: 40,2 milhões de euros;
- Instalação de armazenamento de rejeitos a seco: 5,0 milhões de euros;
- Estudos e obras ambientais: 8,9 milhões de euros;
- Engenharia e gestão: 10,0 milhões de euros;
- Metalurgia: 0,9 milhões de euros.

### 3.3.2 Preço de mercado do lítio

Para a Visa (2020), o objetivo é acelerar o arranque da produção do projeto num momento em que se prevê que os preços do lítio no mercado se mantenham elevados. É relevante salientar que, até à data, a Savannah Resources, não celebrou qualquer contrato nem comprometeu parte da produção através de um acordo formal. Esta abordagem espelha uma estratégia prudente da empresa, permitindo flexibilidade para tirar partido das condições favoráveis do mercado enquanto avalia meticulosamente as oportunidades de parceria e comercializações futuras.

As previsões para o preço do lítio são fornecidas por analistas independentes do setor, bem como por bancos de investimento e corretores (Visa, 2020). Segundo as projeções, o preço médio para a espodumena está estimado em 634 € por tonelada. Uma análise dos preços divulgados por empresas como a Kidman Resources (18 de março de 2018) e a Altura (30 de abril de 2018) mostrou que aplicaram preços de 634 € e 639 € por tonelada, respetivamente.

Durante os estudos da Visa (2020), realizados para a Savannah Resources, o preço por tonelada para o feldspato, quartzo e pegmatito foi fixado em 36,1 €, 30,5 € e 13,8 €, respetivamente. Estes valores são essenciais para avaliar o potencial económico do projeto e fornecem uma base sólida para as análises financeiras e estratégicas relacionadas com a exploração e comercialização dos recursos minerais envolvidos.

### 3.3.3 Custo de produção vs preço de mercado

Ao longo dos 12 anos de exploração, está prevista a extração e o encaminhamento para a lavaria de uma quantidade de mineralização que oscila entre 1,3 e 1,5 milhões de toneladas por ano (Visa 2020). Isto resultará numa produção anual estimada de 175 mil a 200 mil toneladas de concentrado de espodumena, além de 100.000 a 300.000 toneladas por ano de subprodutos de quartzo e

feldspato. O custo de produção foi estimado em 255 € por tonelada de concentrado, tendo em conta os benefícios obtidos com os subprodutos (ver Tabela 3).

Tabela 3: Custo de produção vs preço de mercado.

Produto	Produção t/ano	Custo da produção €/t	Preço de mercado €/t
Espodumena	~175 000		634
Quartzo	~173 000	255	30,5
Feldspato	~276 000		36,1

Fonte: Baseado em Visa (2020).

É importante ter em conta a qualidade do concentrado de espodumena produzido e a sua aceitação no mercado, bem como a procura prevista para o quartzo e feldspato, que são subprodutos valiosos da operação (Visa 2020). Estes fatores terão um impacto direto na rentabilidade e no sucesso do projeto.

### 3.3.4 Riscos geológicos e ambientais

Quanto aos riscos geológicos, foram identificados os seguintes (MINOB, 2023):

- Depósito de lítio – o plano prevê a exploração de vários jazigos de lítio a céu aberto, em buracos de até 600 por 500 metros e 150 metros de profundidade, levando à remoção de 27 milhões de toneladas de rocha;
- Barragem de Rejeitos – o projeto inclui uma barragem de rejeitos com 193 metros de altura, que armazenaria 50,1 milhões de toneladas de resíduos rochosos e 14,0 milhões de toneladas de rejeitos. Essa barragem seria a maior barragem de rejeitos filtrados do mundo;
- Risco de Rutura – se a barragem de rejeitos fracassasse, 8,5 milhões de metros cúbicos de rejeitos da mina seriam libertados, afetando inúmeras comunidades ao longo dos rios Tâmega e Douro;
- Exploração Agressiva – durante a fase de exploração, foram realizadas 135 perfurações em terras comunitárias, sem a devida recuperação. Esta exploração excessiva foi alvo de críticas por parte de geólogos e foi considerada “exploração suja”.

Em relação aos riscos ambientais, foram identificados os seguintes (Interior do Aveso, 2021):

- Deslizamento de materiais – a exploração mineira no Barroso pode levar ao deslocamento de terra e de rochas, o que pode resultar em deslizamentos de terra;
- Contaminação das linhas de água, solos e aquíferos – derrames acidentais de substâncias químicas utilizadas durante a mineração podem contaminar as fontes de água e os solos circundantes;

- Elevada pluviosidade – a precipitação pode aumentar o risco de inundações e erosão do solo;
- Incêndios florestais – a exploração mineira pode aumentar o risco de incêndios florestais.

A Savannah Resources está sujeita a várias condições impostas pela DIA. Estas incluem a proibição de captação de água do Rio Covas, a implementação de uma zona de proteção, ao longo do mesmo rio, e a limitação do desmatamento fora do período crucial de nidificação das aves locais (APA, 2023; Prado, 2023). Embora a DIA seja favorável ao projeto, este ainda enfrenta uma oposição considerável por parte da comunidade local e de diversos grupos ambientalistas. Estes grupos manifestam preocupações significativas acerca dos possíveis impactos no ambiente, na paisagem local e na qualidade de vida dos habitantes de Covas do Barroso. A mina suscita dúvidas acerca da sua sustentabilidade a longo prazo. Existem receios de que os danos ambientais possam ser irreparáveis e de que os benefícios económicos anunciados não sejam suficientes para compensar os danos causados.

### 3.3.5 Impacto ambiental e social

A ZERO (2023) destaca alguns problemas a nível ambiental e social, nomeadamente:

- A construção e operação da mina exigem a remoção de vegetação, resultando na perda de habitats para várias espécies animais e vegetais;
- A biodiversidade local pode ser significativamente afetada devido à destruição de habitats;
- Impacto muito significativo na paisagem durante um período que pode durar até 17 anos;
- O passivo ambiental, resultante da localização dos rejeitados da lavaria, levanta muitas dúvidas devido à orografia do local e à proximidade de linhas de água, podendo existir consequências imprevisíveis sobre o comportamento daqueles sedimentos de granulometria fina;
- O Plano de Partilha de Benefícios e o Plano de Boa Vizinhança foram impostos e não negociados com os interessados, tornando difícil perceber qual será o alcance dos planos e quais os aspetos positivos que permanecerão após o encerramento da Mina do Barroso.

Além destes impactos, a Quercus (2019) acrescenta ainda:

- Dano e poluição dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) pelos produtos químicos utilizados na extração de minérios;
- Contaminação dos solos por elementos tóxicos;
- Disseminação e proliferação de processos erosivos;
- Poluição do ar, com elevadas quantidades de emissões de gases;
- Poluição sonora nas localidades em entorno das instalações.

Para mitigar alguns destes efeitos, a Savannah Resources, viu-se obrigada a alterar alguns aspetos no projeto (Lusa, 2023c). Uma das condições impostas para essa aprovação foi a restrição da remoção da vegetação da área do projeto a certos meses do ano, uma medida destinada a proteger a fauna e flora locais durante períodos críticos de reprodução e crescimento. Além disso, foi estabelecido que não haverá captação de água do rio Covas, preservando assim os recursos hídricos naturais da região e minimizando o impacto sobre os ecossistemas aquáticos e as comunidades que dependem desse rio. Outro aspeto importante é o compromisso com o preenchimento e a recuperação paisagística das áreas de extração de minério, assegurando que, após a exploração, as áreas afetadas sejam restauradas e reintegradas ao ambiente natural, promovendo a sustentabilidade e a mitigação dos impactos ambientais a longo prazo.

### **3.4 Desafios de gestão e de sustentabilidade**

A exploração de lítio no Barroso apresenta uma série de desafios de gestão e sustentabilidade que merecem uma análise cuidadosa. Nesta secção, exploram-se mais profundamente alguns desses desafios, tais como: falta de transparência, gestão de conflitos, investimento, conflitos sociais, impactos ambientais, desenvolvimento económico local e gestão de recursos hídricos (Chaves, 2023; Lusa, 2021; Santos, 2020; Green Savers, 2020).

#### **3.4.1 Falta de transparência**

De acordo com a Câmara Municipal de Boticas (2024), o Ministério Público aponta várias falhas no ato administrativo representado pela DIA que podem levar à sua anulação. Uma das principais preocupações é que a expansão da mineração na área pode ameaçar o Sistema Agro-Silvo-Pastoril do Barroso, alterando sua característica e, conseqüentemente, causando sua desclassificação como Sistema Importante do Património Agrícola Mundial. Isso violaria os compromissos internacionais assumidos pelo Estado Português com a ONU para a alimentação e a agricultura, nomeadamente o compromisso de proteger, apoiar e melhorar a qualidade de vida na região do Barroso. O Presidente da Câmara Municipal de Boticas, Fernando Queiroga numa entrevista ao Porto Canal (2024), mostrou o seu agrado com a nulidade da DIA por parte do Ministério Público:

“(…) na questão dos prejuízos ambientais, quer das poeiras, quer mesmo nos recursos hídricos, não são avaliados os prejuízos e as infiltrações que vai prejudicar quer as águas subterrâneas, quer as águas do Rio Covas e relembro que nesta zona foi inviabilizada uma barragem da Cascata do Tâmega, a quarta barragem, pelo facto de existir uma espécie em vias de extinção que nós temos no centro interpretativo para reprodução do mexilhão de água doce” (Porto Canal, 2024).

#### **3.4.2 Gestão de conflitos**

A Mina do Barroso é reconhecida pelo seu evidente potencial mineiro, albergando vastas reservas de lítio, um dos minerais mais ambicionados na Europa (Visa, 2021b). O lítio, elemento fundamental para a indústria de baterias e tecnologias limpas, oferece uma oportunidade única de dinamizar a

economia local e circundante. A exploração consciente e sustentável destes depósitos pode ser a chave para inverter a tendência de decréscimo populacional e negligência agrícola, revitalizando a região com novas oportunidades de emprego e progresso tecnológico. Esta exploração pode ainda estimular investimentos em infraestruturas e investigação, consolidando a região como um centro inovador no setor energético.

O projeto traz várias perspetivas e expectativas sobre os benefícios económicos que pode proporcionar à região (Savannah Resources, 2022). Estes benefícios incluem o aumento dos rendimentos dos prestadores de serviços ligados ao projeto, a melhoria dos salários e a criação de mais postos de trabalho. Estes fatores são vistos como um sinal de prosperidade e crescimento para as comunidades locais. Contudo, a implementação de salários mais elevados no âmbito do projeto pode causar um desequilíbrio na competitividade salarial em relação a outros empregadores na região. Empresas que não estão diretamente ligadas ao projeto podem ter dificuldades em competir com os salários oferecidos pelos prestadores de serviços que estão ligados ao projeto, o que pode resultar numa fuga de talentos e numa diminuição da competitividade por parte dessas empresas.

De acordo com a agência Lusa (2023b) durante a campanha de prospeção de 2023, registou-se um aumento significativo do confronto entre a empresa proponente e os residentes locais. Os habitantes e os proprietários dos baldios de Covas do Barroso denunciaram a realização de trabalhos de máquinas em propriedades privadas e áreas comunitárias sem autorização. Aida Fernandes, presidente da Comunidade Local dos Baldios de Covas do Barroso demonstrou total descontentamento:

“A empresa está a tentar entrar em terrenos, em que não tem autorização, à força e nós vimo-nos obrigados a vir para aqui defender os nossos terrenos. (...) temos que estar cá todos os dias, porque as ordens que têm, se nós não estivermos cá, é para avançar e, por isso, temos que estar cá a defender o que é nosso (...)” (Lusa, 2023b).

### **3.4.3 Investimento**

Na Tabela 4 são descritos os pressupostos considerados para a realização deste estudo. O ano 1 corresponde ao ano de investimento e os anos 2 a 12 ao período de exploração.

Tabela 4: Pressupostos assumidos para as despesas associadas ao investimento, M€.

<b>Rubrica</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2 - 12 (média anual)</b>
<b>Investimento</b>	98,91	2,49
<b>Despesas Operacionais</b>		
Salários (119 trabalhadores)		4,55
Movimentação de terras		22,84
Combustíveis e reagentes		13,7
<b>Fretes</b>		
Transporte		6,65
Expedição para exportação		5,99
<b>Royalties</b>		3,6
<b>Imposto s/lucro</b>		15,98

Fonte: Baseado em Carballo-Cruz e Cerejeira (2020, p.66).

No primeiro ano, o investimento inicial atinge 98,91 milhões de euros, com um acréscimo médio de 2,49 milhões nos anos seguintes. Salientam-se os custos com os salários, que totalizam 4,55 milhões de euros, bem como os royalties, que chegam a 3,60 milhões, e o imposto sobre o lucro, que representa 15,98 milhões de euros. Estes elementos são de extrema importância, não só para o negócio, mas também como indicadores relevantes para a economia nacional e local.

### 3.4.4 Conflitos Sociais

Fernando Queiroga, presidente da Câmara Municipal de Boticas (citado por Euronews, 2021), foi confrontado com a situação da empregabilidade associada ao projeto da Mina do Barroso:

“95% da população está contra a mina porque não temos tanta gente desempregada e, portanto, virá gente de fora que vem de manhã numas carrinhas e vai embora ao fim do dia, de outros concelhos. Portanto, isso não traz mais riqueza, vai sim destruir outros empregos que nós temos, os turismos rurais, a questão gastronómica, os nossos agricultores” (Euronews, 2021).

A elevada oposição ao projeto indica um consenso significativo contra a mina, refletindo um sentimento de ameaça à identidade e ao modo de vida da região. Na aldeia de Covas do Barroso, o descontentamento e a frustração da população são evidentes, tal como espelham os cartazes contra a mina (ver Figura 8).



Figura 8: Cartazes contra a mina em Covas do Barroso

Fonte: Lusa (2023a)

Numa reportagem concebida pela RTP1 (2023), os habitantes de Romainhos expressaram o seu descontentamento com as condições a que foram sujeitos, revelando as dificuldades que enfrentam diariamente:

“Tenho lá (local da mina) a maior parte dos terrenos e, portanto, ao tirarem-me os terrenos é tirar o chão dos pés. (...) Tenho uma vinha de qualidade que vai ser abrangida pela mina, uma vinha que fabrico com o trator onde tenho figos, ameixas, toda a qualidade de fruta, tenho la batatas que dão para colher 3 ou 4 mil quilos de batata e vai tudo pela água abaixo. (...) Tenho ovelhas, tenho terrenos lá em baixo perto da mina e se a mina vem fico sem terrenos para alimentar os animais” (RTP1, 2023).

De acordo com Venes, numa entrevista realizada à Setenta e Quatro (2023), tanto a Savannah Resources como o governo alegam que a mina será uma potencial solução para combater a desertificação e a redução da população na região do Barroso:

“(...) Quando a Savannah [Savannah Resources] e até o próprio governo dizem que esta mina ajudará a combater a desertificação e a tendência de declínio populacional na região do Barroso, estão a mentir. A mina não só não resolverá o problema de envelhecimento populacional que existe como o vai acelerar” (Setenta e Quatro, 2023).

Também os habitantes de Covas do Barroso manifestaram as seguintes preocupações:

“(...) a mina irá alterar as dinâmicas económicas, irá afastar as pessoas das atividades tradicionais e, depois, deixará um vazio. O projeto da mina terá, no máximo, uma duração de 17 anos, e não trará pessoas para viver no Barroso” (Setenta e Quatro, 2023).

### 3.4.5 Impactos Ambientais

Aida Fernandes, produtora de gado, numa reportagem realizada pela SIC Notícias (2024), mostrou o seu desagrado em relação às minas e as suas preocupações com o meio ambiente local:

“Temos uma floresta que vai ser destruída, água que vai ser poluída, habitats que vão ser destruídos, uma comunidade que não está a ser respeitada e que está a ser sacrificada” (SIC Notícias, 2024).

São inúmeras as causas de desagrado da população em geral que pede uma maior consciência e ação na proteção do ambiente local:

“É impossível vivermos com uma mina à porta de casa. A gente vê pelos outros lados que, às vezes, nem muito próximo, dá problemas, quanto mais próximo (...) As explosões, eu já ouvi e era da parte de Covas e ouvia-as dentro de minha casa. Parece que se alagava tudo, quanto mais quando for aqui mesmo próximo” (SIC Notícias, 2024).

Numa entrevista do Canal Alto Tâmega (2024), Nelson Gomes, presidente da associação Unidos em Defesa de Covas do Barroso, declara que, apesar da mina estar ainda na fase de prospeção, sente já os impactos sociais e ambientais:

“(...) a decapação das florestas, plataformas com 200 e 300 metros onde as máquinas removem o solo todo, fazem uma decapagem total do terreno, altera por completo a paisagem. O barulho dessas máquinas, a poeira, isso é bem visível aos olhos da população que vive lá todos os dias” (Canal Alto Tâmega, 2024).

Estes efeitos visíveis e tangíveis ressaltam a importância de considerar cuidadosamente os impactos ambientais e sociais das atividades de mineração, justificando-se procurar medidas para mitigar estes efeitos adversos:

“A região tem muito mais a perder que a ganhar com este projeto, (...) Depois, também temos que perceber uma coisa: a região está classificada por um modo de vida que as pessoas têm que é: a agricultura, o turismo, a apicultura, (...) No nosso entender, o caminho é esse para a região se desenvolver. É por aí que temos de ir e não pela exploração mineira que destrói esse tipo de empregos e destrói a paisagem” (Canal Alto Tâmega, 2024).

É preciso ponderar as consequências duradouras das ações económicas e de optar por trajetórias que fomentem a sustentabilidade e a prosperidade das comunidades locais. Isto serve como um alerta de que o avanço da mina deve ser harmonizado com a conservação e a responsabilidade ecológica.

### 3.4.6 Desenvolvimento económico local

A falta de conhecimento sobre os benefícios da mineração pode levar a uma perceção negativa desta atividade (Visa, 2020). Muitas pessoas desconhecem os empregos, investimentos e oportunidades económicas que a mineração pode trazer para determinada região. Esta desinformação pode resultar numa falta de apoio público e compreensão dos objetivos e benefícios

do projeto. Assim, é essencial abordar estas preocupações através de uma comunicação transparente e educativa. Isto pode incluir programas de educação pública, consultas comunitárias e iniciativas de responsabilidade social corporativa. Ao fazer isto, pode-se construir uma base mais sólida de apoio e aceitação para projetos de mineração sustentáveis e socialmente responsáveis.

Embora a mina possa ser uma potencial fonte de crescimento económico, pode não trazer benefícios para uma grande parte da população local que está fora da idade ativa de trabalho. Isto sugere a existência de uma população envelhecida que pode não ser capaz de beneficiar diretamente dos empregos diretos e indiretos gerados pela mina (Visa, 2020). A falta de mão-de-obra e de trabalhadores especializados pode limitar a capacidade da mina de operar de forma eficiente e segura. Estes desafios sublinham a necessidade de estratégias abrangentes de desenvolvimento da força de trabalho e de infraestrutura para garantir que a operação da mina seja benéfica e sustentável para a comunidade local.

### 3.4.7 Gestão dos recursos hídricos

A não contaminação das águas é um elemento crucial de se abordar e é amplamente discutido em alguns debates. Num debate na redação da TVI24 (2018), que colocou frente a frente o presidente da Câmara Municipal de Boticas, o representante da Savannah Resources e o presidente da Quercus, foi abordado este tema onde o presidente da Quercus começou por dizer:

“Claro que há contaminação das águas em grande escala, porque o lítio é mais ou menos 1% da massa mineral extraída, ou seja, para obter 10kg de lítio é preciso ter que se desfazer uma tonelada de massa mineral e, portanto, nesse processo, é necessária muita água, não só na própria extração, como depois na própria refinação de primeira fase” (TVI24, 2018).

O representante da Savannah Resources explica:

“Há efetivamente necessidade de água. (...) Já agora, explicando, basicamente será recolhida a água numa primeira fase e, depois, ficará completamente em ciclo fechado, não são utilizados químicos, haverá apenas a utilização de algo semelhante àquilo que é utilizado nas piscinas para concentrar os metais. Mas isto está em ciclo fechado, não será colocada nenhuma água novamente nos rios ou nas ribeiras na região, (...) a água que se vai perdendo ano após ano é na humidade que vai no concentrado” (TVI24, 2018).

O presidente da Câmara Municipal de Boticas conclui:

“Não sei se é verdade que só enchem uma vez o tal tanque, mas basta ver os níveis freáticos. Veem-se, no nosso território, poças de água que, depois, no Verão, ficam sem água nenhuma. Portanto, vai-lhe acontecer rigorosamente igual, (...) Nós somos um concelho conhecido por termos excelente água. Aliás, temos das melhores águas do país” (TVI24, 2018).

Este debate evidencia a necessidade de uma análise rigorosa e transparente das práticas de gestão de água na mineração de lítio no Barroso, considerando tanto os benefícios económicos quanto os eventuais impactos ambientais e sociais.

### 3.5 Critérios da ACB, razões e desafios de gestão e de sustentabilidade a superar: síntese de resultados

Nos subpontos anteriores foram abordados alguns critérios da ACB, as suas razões de utilização, bem como alguns desafios de gestão e de sustentabilidade a superar. Na Tabela 5 foi possível sintetizar esses resultados obtidos.

Tabela 5: Síntese de resultados.

<b>Critérios da ACB (como?)</b>	<b>Razões (porquê?)</b>	<b>Desafios de gestão e de sustentabilidade a superar</b>
Investimento Inicial (Faria et al., 2020; Wattanajantra, 2021)	- Comparar os custos com as vantagens futuras - Determinar o ponto de equilíbrio	- Rentabilidade do investimento inicial
Preço de mercado (Boardman et al., 2018; Comissão Europeia, 2014)	- Avaliar a competitividade do lítio - Identificar possíveis riscos financeiros	- Oscilações dos preços
Custo da produção vs preço de mercado (Boardman et al., 2018; Comissão Europeia, 2014)	- Determinar a rentabilidade do projeto - Auxiliar na tomada de decisões estratégicas	- Aquisição/apropriação de terrenos - Oscilações dos preços
Análise de riscos (Comissão Europeia, 2014; Comissão Europeia, 2015)	- Compreender as complexidades do projeto - Minimizar possíveis impactos negativos	- Exploração agressiva - Qualidade das águas - Contaminação dos solos
Impacto ambiental e social (Boardman et al., 2018; Comissão Europeia, 2014; FasterCapital, 2024)	- Compreender as consequências ambientais do projeto - Evitar danos ecológicos e sociais	- Poluição do ar - Poluição sonora - Oposição social - Empregabilidade

Fonte: Elaboração própria.

Inicialmente, foram englobados os critérios da ACB e as razões subjacentes com o intuito de responder, respetivamente, à pergunta de investigação: “como e porquê usar uma ACB para superar desafios de gestão e de sustentabilidade?”. Ao aliar os resultados conseguidos, foi possível, em termos práticos, apontar alguns desafios de gestão e de sustentabilidade. Destes, salienta-se a qualidade das águas e dos solos que podem ficar afetados, a destruição de florestas para eventuais furos de exploração de lítio e a oposição social, que mais faz frente ao empreendimento e que está determinada a defender os seus terrenos e tradições.

A Tabela 6 apresentada diversos custos associados ao projeto da Mina do Barroso, proporcionando uma ampla visão dos impactos económicos, sociais e ambientais que suscitam alguma preocupação. Estes custos podem ser substanciais, afetando a viabilidade económica do projeto a longo prazo.

Tabela 6: Aspectos críticos da Exploração de Lítio no Barroso.

<b>Custos</b>
Afastamento da população emigrante (Costa, 2020)
Perda do património natural (Lusa, 2023d)
Desmorte de rocha nas cortas (Lusa, 2023e)
Custos de manutenção (Visa, 2021a)
Elevado consumo de água (Lusa, 2022)
Impactos na saúde humana (Green Savers, 2023)
Aumento do tráfego rodoviário (Visa, 2021a)
Remoção e tratamento de resíduos (Silva, 2023)
Custo de desativação e reabilitação da mina (Visa, 2021a)
Impacto na atividade turística da região (Euronews, 2023)

Fonte: Elaboração própria.

Um dos aspetos mais preocupantes é o possível afastamento de residentes, particularmente os emigrantes que mantêm ligações com a região. Este fenómeno pode ter consequências graves para o tecido social da comunidade, enfraquecendo os laços comunitários e alterando a dinâmica populacional local. A perda destes residentes pode afetar negativamente a coesão e a identidade da comunidade. Outro ponto crítico é o aumento previsto do tráfego de veículos pesados que acarreta diversos riscos, nomeadamente a degradação das estradas, a poluição sonora e ambiental.

A questão da preservação da biodiversidade e dos ecossistemas na região do Barroso emerge como um ponto fulcral nesta análise. Esta região é reconhecida pela riqueza natural e pelo seu sistema agro-silvo-pastoril único, reconhecido internacionalmente. A manutenção deste equilíbrio ecológico é vital não apenas para a conservação da natureza, mas também para a sustentabilidade das práticas agrícolas tradicionais e para o turismo rural que dependem diretamente da integridade destes ecossistemas.

O elevado consumo de água é particularmente preocupante nas áreas onde os recursos hídricos são limitados, podendo levar à diminuição da disponibilidade de água potável para as comunidades locais. Este consumo excessivo de água também afeta a agricultura, que é uma atividade essencial para a subsistência das populações rurais do Barroso.

A Tabela 7 apresenta alguns benefícios associados ao projeto da Mina do Barroso, expressando benefícios económicos, sociais e tecnológicos.

Tabela 7: Fatores determinantes da Exploração de Lítio no Barroso.

<b>Benefícios</b>
Criação de novos postos de trabalho (Cabrita-Mendes, 2021)
Investimento económico (Cabrita-Mendes, 2021)
Distribuição de royalties pela população (Lusa, 2023d)
Minimizar a pegada de carbono (Carballo-Cruz & Cerejeira, 2020)
Plano de partilha de benefícios (MINOB, 2024)
Desenvolvimento de projetos educativos (MINOB, 2024)
Fortalecimento da posição de Portugal e da Europa na cadeia de valor do lítio (Carballo-Cruz & Cerejeira, 2020)
Exportações no valor de 1,212M/€ (Carballo-Cruz & Cerejeira, 2020)
Construção de novas estradas (Carballo-Cruz & Cerejeira, 2020)
Atração de novos investimentos para a região (Carballo-Cruz & Cerejeira, 2020)

Fonte: Elaboração própria.

A criação de empregos diretos e indiretos pela mina pode beneficiar a economia local, estimando-se a criação de cerca de 1500 postos de trabalho na fase operacional (Carballo-Cruz & Cerejeira; Cabrita-Mendes, 2021). No entanto, essa afluência de novos trabalhadores também pode afetar a dinâmica social da comunidade, gerando conflitos e tensões sociais. A mina pode impulsionar a economia local ao aumentar o volume de negócios e criar novas oportunidades de emprego e investimento. Aliás, a mina pode gerar receitas adicionais para os cofres municipais através de impostos e taxas que podem ser reinvestidos em serviços públicos e projetos comunitários

## 4. Discussão Teórica

Perante os resultados do presente estudo aplicado a um caso concreto, a utilização de uma ACB para superar desafios de gestão e de sustentabilidade revela-se bastante útil, permitindo comparar os custos com os benefícios de um certo empreendimento e avaliar a sua viabilidade, tanto a nível económico, como a nível social e ambiental (Fang et al., 2023). O investimento inicial, o preço de mercado do lítio, o custo de produção vs o preço de mercado, a análise de riscos e o impacto ambiental são alguns critérios (como), com motivações (porquê) associadas, para superar desafios de gestão e sustentabilidade. Este resultado está em linha com a literatura onde a ACB se tem mostrado eficaz na avaliação de projetos de grande escala (Majerova & Adbdrazakova, 2021).

Os resultados deste estudo corroboram que uma ACB em projetos mineiros deve sempre ponderar todos os impactos positivos e negativos (Carballo-Cruz & Cerejeira, 2020; Fang et al., 2023; Odek & Oluoch. 2023; Sarkar et al., 2023; Tišma et al., 2021) em termos económicos, ambientais e de equidade social (Åström, 2023; Valenta et al., 2023). Por outras palavras, a exploração mineira tem impactos em toda a sociedade envolvente (Majerova & Adbdrazakova, 2021), sendo crucial a criação

de medidas compensatórias para os residentes próximos das áreas mineiras (Watts et al., 2023). Ao fornecer uma estrutura clara para avaliar e comparar os diferentes aspetos do projeto, a ACB facilita a identificação de soluções que equilibram o desenvolvimento económico com a conservação ambiental e a responsabilidade social (Cranford, 2023).

A produção de lítio é essencial na transição energética para fontes de energia com baixo teor de carbono e para a economia verde (Valenta et al., 2023; Wang et al., 2022), proporcionando crescimento económico numa vasta gama de indústrias (Alessia et al., 2021; Janubová, 2023; Wang et al., 2022). No entanto, o sucesso económico está interligado com o ambiente (Gudlaugsson et al., 2023; O'Mahony, 2021), sendo necessário combinar sustentabilidade e gestão eficiente (Alessia et al., 2021) para minimizar os impactos ambientais (Badakhshan et al., 2023; Valenta et al., 2023), reais ou percebidos (Crandford, 2023), nomeadamente a degradação dos solos resultante da extração de lítio (Sadik-Zada et al., 2023). O sector mineiro continuará assim a enfrentar novos desafios e oportunidades (An et al., 2023), cabendo à gestão identificar soluções alternativas (Ma et al., 2023).

A exploração mineira envolve uma complexa teia de interesses económicos, sociais e ambientais (Mishrif & Kham, 2023). A extração de recursos naturais, quando gerida de forma consciente e sustentável, pode servir como um estímulo para o desenvolvimento económico e tecnológico (An et al., 2023). No entanto, também levanta questões críticas sobre sustentabilidade, equidade social e impactos ambientais (Biancardo et al., 2023; Fang et al., 2023). Para combater partes destes impactos, a literatura sugere a adoção de práticas de mineração sustentável, que incluem uma gestão eficiente dos recursos naturais, a minimização de resíduos e emissões, e a reabilitação das áreas afetadas pela mineração (Carballo-Cruz & Cerejeira, 2020; Valenta, et al., 2023; Watts et al., 2023;).

As normas ESG são fundamentais na indústria de mineração (Petavratzi et al., 2022), pelos seus efeitos económicos, sociais e ambientais (Badakhshan et al., 2023), tentando equilibrar potenciais benefícios com os custos associadas à sua produção e uso dos minérios (Canelas & Carvalho, 2023). Justificam-se, pois, as preocupações relativas à eficiência, segurança e sustentabilidade da exploração mineira atual e futura (Jiskani et al., 2023). Por conseguinte, os SCG, para além da vertente económico-financeira, procuram integrar os tópicos da sustentabilidade social e ambiental nos processos e estratégias organizacionais (Einhorn et al., 2023), nomeadamente através da inovação (Khakmardan et al., 2023).

---

## **Conclusões, Limitações e Futuras Linhas de Investigação**

A presente investigação pretendeu compreender como e porquê usar uma ACB para superar desafios de gestão e de sustentabilidade na mina do Barroso. Esta análise é fundamental devido à necessidade de equilibrar o desenvolvimento económico com a preservação ambiental e social da região. O enquadramento teórico recaiu no âmbito da ACB, desafios de gestão e de sustentabilidade. Foi analisado o caso da Mina do Barroso e a recolha de dados fez-se essencialmente através de documentos, reportagens e entrevistas publicadas online, sempre no sentido de dar resposta à pergunta de investigação. Esta abordagem qualitativa permitiu identificar as perceções e expectativas dos diferentes intervenientes, desde autoridades locais e empresas envolvidas até aos residentes da área afetada. Este estudo sobre a exploração de lítio no Barroso oferece uma visão valiosa que pode servir como um modelo para outras empresas do setor mineiro, não apenas em Portugal, mas também a nível mundial. A identificação dos custos e dos benefícios

associados a este projeto pode inspirar a implementação de práticas mais sustentáveis em toda a indústria da extração de lítio e outras.

O estudo permitiu perceber quais os critérios da ACB que ajudam a superar os desafios de gestão e de sustentabilidade identificados na Mina do Barroso, constituindo-se como um dos principais resultados obtidos. O investimento inicial, o preço de mercado, o custo de produção vs preço de mercado, a análise de riscos e o impacto ambiental e social foram os critérios de ACB identificados (como). Estes critérios não só ajudam a garantir a viabilidade económica do projeto, mas também promovem a sua aceitação social e a minimização dos impactos ambientais, contribuindo assim para um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável. Acresce que o estudo também identificou as razões (porquê) subjacentes, nomeadamente a comparação de custos com futuras vantagens, a determinação do ponto de equilíbrio, a avaliação da competitividade do lítio, a determinação da rentabilidade do projeto, a compreensão da complexidade e das consequências do mesmo, assim como das formas de evitar danos ecológicos e sociais. Por fim, em termos dos principais desafios de gestão e de sustentabilidade, foram identificados os seguintes: rentabilidade do capital inicial, oscilação dos preços, aquisição/apropriação de terrenos, qualidade das águas, contaminação dos solos, poluição ambiental e a oposição social.

Por se tratar de um estudo de caso em apenas uma mina, os resultados não podem ser generalizados, tratando-se apenas da análise de um empreendimento concreto. Por conseguinte, as conclusões tornam-se limitadas à mina analisada uma vez que a cultura organizacional e a quantidade de recursos disponíveis são fatores que podem condicionar os resultados do estudo noutras minas e noutros setores de atividade. Acresce que esta investigação apresenta outras limitações metodológicas, nomeadamente o facto de ter utilizado apenas dados secundários relativos ao caso de um único projeto de exploração de lítio em Portugal. Consequentemente, como sugestão para investigações futuras, propõe-se a triangulação de dados de fontes primárias complementares e o estudo de outros casos de exploração mineira, para além do lítio, noutras áreas geográficas do mundo. Sugere-se também a realização de investigações adicionais utilizando metodologias quantitativas.

## Referências Bibliográficas

- Alessia, A., Alessandro, B., Maria, V. G., Carlos, V. A., & Francesca, B. (2021). Challenges for sustainable lithium supply: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 300(Junho), 126954. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126954>
- An, Z., Zhao, Y., & Zhang, Y. (2023). Mineral exploration and the green transition: Opportunities and challenges for the mining industry. *Resources Policy*, 86(Outubro), 104263 <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104263>
- APA. (2023). AIA da ampliação da Mina do Barroso. [https://apambiente.pt/sites/default/files/A\\_APA/Comunicacao/Media/NotasOCS2023/NotaOCS\\_42-2023\\_AIA\\_MinaBarroso.pdf](https://apambiente.pt/sites/default/files/A_APA/Comunicacao/Media/NotasOCS2023/NotaOCS_42-2023_AIA_MinaBarroso.pdf)
- Åström, S. (2023). Perspectives on using cost-benefit analysis to set environmental targets: A compilation and discussion of arguments informed by the process leading to the 2016 EU air pollution emission targets. *Environmental Impact Assessment Review*, 98(Janeiro), 106941. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106941>
- Badakhshan, N., Shahriar, K., Afraei, S., & Bakhtavar, E. (2023). Determining the environmental costs of mining projects: A comprehensive quantitative assessment. *Resources Policy*, 82(Maio), 103561. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103561>
- Będowska-Sójka, B. B., & Górka, J. (2022). The lithium and oil markets: Dependencies and volatility spillovers. *Resources Policy*, 78(Setembro), 102901. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102901>
- Bele, A. M., Abău-Popa, C. D., & Secară, O. M. (2023). Sustainable development goals and the triangle of ESG investments. *Studies and Research*, 8(14), 11-23. <http://dx.doi.org/10.55654/JFS.2023.8.14.1>
- Beusch, P., Frisk, J., Rosén, M., & Dilla, W. (2022). Management control for sustainability: Towards integrated systems. *Management Accounting Research*, 54(Março), 100777. <https://doi.org/10.1016/j.mar.2021.100777>
- Biancardo, S. A., Gesualdi, M., Savastano, D., Intignano, M., Henke, I., & Pagliara, F. (2023). An innovative framework for integrating Cost-Benefits Analysis (CBA) within Building Information Modeling (BIM). *Socio-Economic Planning Sciences*, 85(Fevereiro), 101495. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101495>
- Bloise, D. M. (2020). A importância da metodologia científica na construção da ciência. *Revista científica multidisciplinar núcleo do conhecimento*, 6(6), 105-122. <https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/educacao/metodologia-cientifica>
- Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2018). *Cost benefit analysis: concept and practice* (5ª ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108235594>

- Cabrita-Mendes, A. (2021). Lítio. Mina do Barroso implica investimento de 110 milhões e a criação de 215 postos de trabalho diretos. *O Jornal Económico*. <https://jornaleconomico.sapo.pt/noticias/litio-mina-do-barroso-implica-investimento-de-110-milhoes-e-a-criacao-de-215-postos-de-trabalho-diretos-727750/>
- Câmara Municipal de Boticas. (2024). Ministério público considera que dia da Mina do Barroso “é ilegal e padece de invalidades várias”. <https://www.cm-boticas.pt/noticias/default.php?id=Keb>
- Campos, C. C. (2020). Valores contemporâneos do património: A paisagem cultural das terras do Barroso. *Cadernos de Geografia*, 42, 43-57. [https://doi.org/10.14195/0871-1623\\_42\\_3](https://doi.org/10.14195/0871-1623_42_3)
- Canal Alto Tâmega. (2024, 15 de Fevereiro). Associação garante que permitir a Mina do Barroso é “abrir as portas” à destruição da região [Vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=fhcWsETT2XY&t=18s>
- Canelas, J., & Carvalho, A. (2023). The dark side of the energy transition: Extractivist violence, energy (in)justice and lithium mining in Portugal. *Energy Research & Social Science*, 100 (Junho), 103096. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103096>
- Carballo-Cruz, F. C., & Cerejeira, J. (2020). O projeto da Mina do Barroso: Impactos económicos e desenvolvimento. *Universidade do Minho*. [https://www.savannahresources.com/media/zn0l0fbr/the-mina-do-barroso-project-economic-development-impacts\\_universityofminho\\_portuguese\\_final-compressed.pdf](https://www.savannahresources.com/media/zn0l0fbr/the-mina-do-barroso-project-economic-development-impacts_universityofminho_portuguese_final-compressed.pdf)
- Chaves, C., Pereira, E., Ferreira, P., & Dias, A. G. (2021). Concerns about lithium extraction: A review and application for Portugal. *The Extractive Industries and Society*, 8(3), 100928. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.100928>
- Chaves, L. R. (2023). O desafio de reciclar baterias de lítio. *Revista pesquisa fapest*. <https://umsoplaneta.globo.com/clima/noticia/2023/11/05/o-desafio-de-reciclar-baterias-de-litio.ghtml>
- Comissão Europeia. (2014). Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects. [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/studies/cba\\_guide.pdf](https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/studies/cba_guide.pdf)
- Comissão Europeia. (2015). Metodologia para realização da análise custo benefício. *Jornal oficial da União Europeia*. [https://poseur.portugal2020.pt/media/40473/regulamento-de-execução-ue-2015207-da-comissão\\_anexo-iii.pdf](https://poseur.portugal2020.pt/media/40473/regulamento-de-execução-ue-2015207-da-comissão_anexo-iii.pdf)
- Correia, L. (2016). *Análise custo benefício das scuts na Ilha de São Miguel*. [Dissertação de mestrado, Faculdade de Economia e Gestão da Universidade dos Açores]. Repositório Aberto da Universidade dos Açores. <https://repositorio.uac.pt/bitstream/10400.3/4094/1/DissertMestradoLuisaFatimaMonizCorreia2017.pdf>
- Costa, P. (2020). Lítio: Emigrantes de Boticas temem cortar laços com a sua terra caso Mina do Barros avance. *Observador*. <https://observador.pt/2020/08/15/litio-emigrantes-de-boticas->

[temem-cortar-lacos-com-a-sua-terra-caso-mina-do-barros-avance/?cache\\_bust=1719396951191](https://doi.org/10.3389/fieng.2023.1223989)

- Cranford, R. (2023). Conceptual application of digital twins to meet ESG targets in the mining industry. *Frontiers in Industrial Engineering*, 1(Julho), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fieng.2023.1223989>
- Crespo-Cebada, E., Díaz-Caro, C., Gil, M. T., & Sanguino, A. S. (2020). Does water pollution influence willingness to accept the installation of a mine near a city? Case study of an open-pit lithium mine. *Sustainability*, 12(24). <https://doi.org/10.3390/su122410377>
- Dehnhardt, A., Grothmann, T., & Wagner, J. (2022). Cost-benefit analysis: What limits its use in policy making and how to make it more usable? A case study on climate change adaptation in Germany. *Environmental Science & Policy*, 137(Novembro), 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.08.005>
- Dharmayanti, N., Ismail, T., Hanifah, I., A., & Taqi, M. (2023). Exploring sustainability management control system and eco-innovation matter sustainable financial performance: The role of supply chain management and digital adaptability in Indonesian context. *Journal of Open Innovation: Technology, Market and Complexity*, 9(3), 100119. <https://doi.org/10.1016/j.oiotmc.2023.100119>
- Dhayal, K. S., Giri, A. K. Esposito, L., & Agrawal, S. (2023). Mapping the significance of green venture capital for sustainable development: A systematic review and future research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 363(Abril), 136489. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136489>
- Domingues, N. (2022). Lithium prospection in Portugal for e-mobility and solar pv expansion. *Commodities*, 1(2), 98-114. <https://doi.org/10.3390/commodities1020007>
- Dunlap, A., & Riquito, M. (2023). Social warfare for lithium extraction? Open-pit lithium mining, counterinsurgency tactics and enforcing green extractivism in northern Portugal. *Energy Research & Social Science*, 95(Janeiro), 102912. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102912>
- Ebissa, G., Desta, H., & Fetene, A. (2024). Assessing economic sustainability and resilience of tomato farming ventures in Addis Ababa: A project-based evaluation. *Heliyon*, 10(5), 27250. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27250>
- Einhorn, S., Fietz, B., Guenther, T. W., & Guenther, E. (2023). The relationship pf organizational culture with management control systems and environmental management control systems. *Review of Managerial Science*, 17(Setembro), 1-52. <https://doi.org/10.1007/s11846-023-00687-0>
- Elstub, S., & Pomatto, G. (2022). Case study research. In *Research Methods in Deliberative Democracy* (pp. 406-420). Oxford Academic. <https://doi.org/10.1093/oso/9780192848925.003.0028>
- Euronews. (2021, Abril 23). *Mina do Barroso ilustra paradoxos do Pacto Ecológico Europeu* [Vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=yuLKPNLY8jc>

- Euronews. (2023). Portugal wants to exploit its lithium reserves. But at what cost to the environment. *Euronews*. <https://www.euronews.com/2023/06/09/portugal-wants-to-exploit-its-lithium-reserves-but-at-what-cost-to-the-environment>
- Fang, Y., Li, X., Ascher, S., Li, Y., Dai, L., Ruan, R., & You, S. (2023). Life cycle assessment and cost benefit analysis of concentrated solar thermal gasification of biomass for continuous electricity generation. *Energy*, 284(Dezembro), 128709. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.128709>
- Faria, D. M., Caetano, S. M., Andrade, R. B., Benevenuto, R. G., Martins, A.T., & Morato, R. A. (2020). Guia prático de análise custo benefício de projetos de investimentos em infraestruturas. [https://portal.crea-sc.org.br/wp-content/uploads/2020/08/guia-acb-infraestrutura\\_vcp\\_2.pdf](https://portal.crea-sc.org.br/wp-content/uploads/2020/08/guia-acb-infraestrutura_vcp_2.pdf)
- FasterCapital. (2024, 1 de Março). Análise de custo benefício como usar a análise de custo benefício para comparar os custos e benefícios de uma decisão ou projeto. <https://fastercapital.com/pt/contente/Analise-de-custo-beneficio--como-usar-a-analise-de-custo-beneficio-para-comparar-os-custos-e-beneficios-de-uma-decisao-ou-projeto.html>
- Ferreira, G. E., & Andrade, J. G. (2010). Elaboração e avaliação económica de projetos de mineração. In Luz, B. A., Sampaio, J. A & França, S. C (eds.), *Tratamento de minérios* (pp. 899-932). CETEM. <https://doi.org/CCL00420010/mineralis.cetem>
- Firme, S. M., & Miranda, A. C. (2022). Metodologia científica no ensino superior: Mapeamento da produção científica na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), Catálogo da CAPES e Directory of Open Access Journal (DOAJ). *Revista do programa de pós-graduação em educação*, 31(2), 693-713. <https://doi.org/10.14295/momento.v31i02.13928>
- Frostenson, M., Helin, S., & Arbin, K. (2022). Organizational sustainability identity: Constructing oneself as sustainable. *Scandinavian Journal of Management*, 38(3), 101299. <https://doi.org/10.1016/j.scaman.2022.101229>
- Garcia, L. V., Ho, Y. C., Than, M. M., Han, D. S., & Lin, J. W. (2023). Lithium in a sustainable circular economy: A comprehensive review. *Processes*, 11(2), 418. <https://doi.org/10.3390/pr11020418>
- Gonçalves, S. P., Gonçalves, J. P., & Marques, C. G. (2021). *Manual da investigação qualitativa*, (1ª ed.). PACTOR. <https://doi.org/9789896931148>
- Green Savers. (2020). Exploração de lítio em Portugal: Quais são os riscos ambientais? *Sapo*. <https://greensavers.sapo.pt/exploracao-de-litio-em-portugal-quais-sao-os-riscos-ambientais/>
- Green Savers. (2023). A população sente-se abandonada: Associação denuncia impactos das minas do Barroso e inação das autoridades. <https://greensavers.sapo.pt/a-populacao-sente-se-abandonada-associacao-denuncia-impactos-das-minas-no-barroso-e-inacao-das-autoridades/>

- Gu, G., & Gao, T. (2021). Sustainable production of lithium salts extraction from ores in China: Cleaner production assessment. *Resources Policy*, 74(Dezembro), 102261. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102261>
- Gudlaugsson, B., Ahmed, T. G., Dawood, H., Ogwumike, C., Short, M., & Dawood, N. (2023). Cost and environmental benefit analysis: An assessment of renewable energy integration and smart solution technologies in the InteGRIDy project. *Cleaner Energy Systems*, 5(Agosto), 100071. <https://doi.org/10.1016/j.cles.2023.100071>
- Habib, Md. A., Bao, Y., & Ilmudeen, A. (2020). The impact of green entrepreneurial orientation, market orientation and green supply chain management practices on sustainable firm performance. *Cogent Business & Management*, 7(1), 1743616. <https://doi.org/10.1080/23311975.2020.1743616>
- Hann, V. (2020). Transition to decentralised electricity storage: The complexities of consumer decision-making and cost-benefit analyses. *Energy Policy*, 147(Dezembro), 111824. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111824>
- Hennig, J. C., Firk, S., Wolff, M., & Coskun, H. (2023). Environmental management control systems: Exploring the economic motivation behind their implementation. *Journal of Business Research*, 169(Dezembro), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.114283>
- Holanda, A. (2006). Questões sobre pesquisa qualitativa e pesquisa fenomenológica. *Análise psicológica*, 24(3), 363-372. <https://doi.org/10.14417/ap.176>
- Interior do Avesso. (2021). Avaliação de impacte ambiental da Mina do Barroso em consulta pública até junho. <https://interiordoavesso.pt/interior-do-avesso/avaliacao-de-impacte-ambiental-da-mina-do-barroso-em-consulta-publica-ate-junho/>
- Janubová, B. (2023). Green extractivism in lithium triangle. *Medzinárodné vzťahy – Slovak Journal of International Relations*, 21(2), 109-134. <https://doi.org/10.53465/SJIR.1339-2751.2023.2.109-134>
- Jiskani, I. M., Zhou, W., Hosseini, S., & Wang, Z. (2023). Mining 4.0 and climate neutrality: A unified and reliable decision system for safe, intelligent, and green & climate-smart mining. *Journal of Cleaner Production*, 410(Julho), 137313. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137313>
- Khakmardan, S., Rolinck, M., Cerdas, F., Herrmann, C., Giurco, D., Crawford, R., & Li, W. (2023). Comparative life cycle assessment of lithium mining, extraction, and refining technologies: A global perspective. *Procedia CIRP*, 116, 606-611. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2023.02.102>
- Klerk, M., & Swart, B. (2023). Paradoxes and dilemmas of responsible leadership in the mining industries of emerging economies: It is complex. *Emerald Open Research*, 1(11), 1-26 <https://doi.org/10.1108/EOR-11-2023-0001>

- Kopsidas, O., Giannopoulou, D., & Zarotiadis, G. (2023). Methodological notes for cost and benefit analysis of drilling in eastern Mediterranean. *E3S Web of Conference*, 436(Outubro), 04002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343604002>
- Kuruppu, S., Milne, M., & Tilt, C. A. (2023). Sustainability control systems in short-term operational and long-term strategic decision-making. *Meditari Accountancy Research*. <https://doi.org/10.1108/MEDAS-12-2021-1548>
- Luong, J. H., Tran, C., & Ton-That, D. (2022). A Paradoxo over electric vehicles, mining of lithium for car batteries. *Energies*, 15(21), 7997. <https://doi.org/10.3390/en15217997>
- Lusa. (2021). Relatório ambiental para exploração de lítio no centro e norte do país identifica "alguns riscos". *Expresso*. <https://expresso.pt/sociedade/2021-09-29-Relatorio-ambiental-para-exploracao-de-litio-no-centro-e-norte-do-pais-identifica-alguns-riscos-978cb4c3>
- Lusa. (2022). Lítio: PSD questiona Governo sobre água e exploração mineira no Barroso. *Agroportal*. <https://www.agroportal.pt/litio-psd-questiona-governo-sobre-agua-e-exploracao-mineira-no-barroso/>
- Lusa. (2023a). Movimento Não às Minas: Contratos do lítio com ilegalidades devem ser "declarados nulos". *Sic Notícias*. <https://sicnoticias.pt/pais/2023-11-07-Movimento-Nao-as-Minas-contratos-do-litio-com-ilegalidades-devem-ser-declarados-nulos-7ddff6c1>
- Lusa. (2023b). População de Covas do Barroso acusa empresa mineira Savannah Resources de entrar à força nos terrenos. *Eco Sapo*. <https://24.sapo.pt/economia/artigos/populacao-de-covas-do-barroso-acusa-empresa-mineira-savannah-resources-de-entrar-a-forca-nos-terrenos>
- Lusa. (2023c). Projeto de lítio do Barroso recebe Declaração de Impacte Ambiental favorável. *Eco Sapo*. <https://eco.sapo.pt/2023/05/31/projeto-de-litio-do-barroso-recebe-declaracao-de-impacte-ambiental-favoravel/>
- Lusa. (2023d). Lítio: Associação alerta que o Barroso "é alvo privilegiado" da mineração. *País ao minuto*. <https://www.noticiasao minuto.com/pais/2332461/litio-associacao-alerta-que-o-barroso-e-alvo-privilegiado-da-mineracao>
- Lusa. (2023e). Lítio: consulta pública do projeto da Mina do Barroso alargada por dez dias. *Publico*. <https://www.publico.pt/2023/04/03/azul/noticia/litio-consulta-publica-projecto-mina-barroso-alargada-dez-dias-2044776>
- Ma, T., Zhang, S., Xiao, Y., Liu, X., Minghao, W., Wu, K., Shen, G., Huang, C., Fang, Y. R., & Xie, G. (2023). Costs and health benefits of the rural energy transition to carbon neutrality in China. *Nature Communications*, 14(1), 6101. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41707-7>
- Majerova, I., & Adbdrzakova, A. (2021). A bibliometric mapping of Cost-Benefit Analysis: Three decades of studies. *Economies*, 9(3), 110. <https://doi.org/10.3390/economies9030110>

- Markoni, M. A., & Lakatos, E. V. (2003). Fundamentos da metodologia científica (5ª ed.). Editora Atlas. <https://doi.org/85-224-3397-6>
- Mateus, A. (2020). Recursos naturais de lítio. *Revista de Ciência Elementar*, 8(03), 1-37. <https://doi.org/10.24927/rce2020.034>
- MINOB – Observatório Ibérico da Mineração. (2024). Mina do Barroso. <https://minob.org/portugues/mina-do-barroso.html>
- Mishrif, A., & Kham, A. (2023). Clean energy transition through the sustainable exploration and use of lithium in Oman: Potential and challenges. *Sustainability*, 15(20), 15173. <https://doi.org/10.3390/su152015173>
- Mosgaard, M., & Kristensen, H. S. (2023). From certified environmental management to certified SDG management: New sustainability perceptions and practices. *Sustainable Futures*, 6(Dezembro), 100144. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2023.100144>
- Nashitani, K., Nguyen, T. B., Trinch, T. Q., Wu, Q., & Kokubu K. (2021). Are corporate environmental activities to meet sustainable development goals (SDGs) simply greenwashing? An empirical study of environmental management control systems in Vietnamese companies from the stakeholder management perspective. *Journal of Environmental Management*, 296(Outubro), 113364. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113364>
- Neto, R., & Petter, C. (2005). A abordagem da economia ambiental no contexto da mineração. *Ouro Preto*, 58(1), 71-75. <https://www.scielo.br/j/rem/a/mtmhpXbVzTdPDHBmBp7xCVn/?format=pdf&lang=pt>
- Nursyamsir, R., Ismail, T., & Ismawati, L. (2023). Management Control System, Innovation Dan Organizational Performance. *Owner*, 7(4), 3481-3493. <https://doi.org/10.33395/owner.v7i4.1839>
- O'Mahony, T. (2021). Cost-benefit analysis and the environment: The time horizon is of the essence. *Environmental Impact Assessment Review*, 89(Julho), 106587. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106587>
- Odek, R., & Oluoch, J. (2023). Cost benefit analysis origin and applicability of its recent advances: A critical review. *Management and Economics Research Journal*, 9(1), 1-11. <https://doi.org/10.18639/MERJ.2023.9900075>
- Osma, B. G., Gomez-Conde, J., & Lopez-Valeiras, E. (2022). Management control systems and real earnings management: Effects on firm performance. *Management Accounting Research*, 55(Junho), 100781. <https://doi.org/10.1016/j.mar.2021.100781>
- Patias, N. V., & Hohendorff, J. V. (2019). Critérios de qualidade para artigos de pesquisa qualitativa. *Psicologia em estudo*, 24, 43536. <https://doi.org/10.4025/psicoestud.v24i0.43536>
- Petavratzi, E., Sanchez-Lopez, D., Hughes, A., Stacey, J., Ford, J., & Butcher, A. (2022). The impacts of environmental, social and governance (ESG) issues in achieving sustainable

- lithium supply in the Lithium Triangle. *Mineral Economics*, 35(2), 673-699. <https://doi.org/10.1007/s13563-022-00332-4>
- Pino, E. M. (2022). *Riesgos en la minería subterránea*. Serviço nacional de geologia e mineração, Governo do Chile. [https://www.academia.edu/31755727/RIESGOS\\_EN\\_LA\\_MINERÍA\\_SUBTERRÁNEA](https://www.academia.edu/31755727/RIESGOS_EN_LA_MINERÍA_SUBTERRÁNEA)
- Porto Canal. (2024, 2 de Agosto). *Fernando Queiroga: Mina do Barroso*. [Vídeo]. Porto Canal. <https://www.youtube.com/watch?v=AwBWZsIWFLs>
- Prado, M. (2023). Exploração de lítio no Barroso recebe “luz verde da Agência Portuguesa do Ambiente. *Expresso*. <https://expresso.pt/economia/empresas/2023-05-31-Exploracao-de-litio-no-Barroso-recebe-luz-verde-da-Agencia-Portuguesa-do-Ambiente-7f9092eb>
- Quercus – Associação Nacional de Conservação da Natureza. (2019). O custo Ambiental do lítio português. <https://alortalitio.quercus.pt/wp-content/uploads/2019/08/O-Custo-Ambiental-do-Lítio-Português.pdf>
- Rahi, A. F., Johansson J., Fagerström, A., & Blomkvist, M. (2022). Sustainability reporting and management control system: A structured literature review. *Journal of Risk and Financial Management*, 15(12), 562. <https://doi.org/10.3390/jrfm15120562>
- Rodrigues, T. D., Oliveira, G. S., & Santos, J. A. (2021). As pesquisas qualitativas e quantitativas na educação. *Revista Prisma*, 2(1), 154-174. <https://revistaprisma.emnuvens.com.br/prisma/article/view/49>
- RTP1. (2023, Junho 1). *Exploração de lítio no Barroso* [Vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=pV21wtVlz8I>
- Sadik-Zada, E. R., Gatto, A., & Scharfenstein, M. (2023). Sustainable management of lithium and green hydrogen and long-run perspectives of electromobility. *Technological Forecasting and Social Change*, 186(Part A), 121992. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121992>
- Santos, A. M. (2020). Uma oportunidade, um desafio ou um problema? O lítio é tudo isso. *Sapo*. <https://24.sapo.pt/atualidade/artigos/uma-oportunidade-um-desafio-ou-um-problema-o-litio-e-tudo-isso>
- Santos, T. E. (2018). *Análise dos impactes ambientais da exploração de ouro: caso de estudo da mina de Chipindo, Angola*. [Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Nova de Lisboa]. Repositório Aberto da Universidade Nova de Lisboa. [https://run.unl.pt/bitstream/10362/56271/1/Santos\\_2018.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/56271/1/Santos_2018.pdf)
- Sarkar, D., Sheth, A., & Ranganath, N. (2023). Social benefit-cost analysis for electric BRTS in Ahmedabad. *International Journal of Technology*, 14(1), 54-64. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i1.3028>
- Savannah Resources. (2022). Projeto lítio do Barroso: Folha de informação à comunidade. *Community Insights Group*.

- [https://www.savannahresources.com/media/ukinupay/savannah\\_projeto-lítio-do-barroso-folha-de-informação-à-comunidade.pdf](https://www.savannahresources.com/media/ukinupay/savannah_projeto-lítio-do-barroso-folha-de-informação-à-comunidade.pdf)
- Savannah Resources. (2023a). *Apresentação atualizada da empresa*. <https://www.savannahresources.com/media/5asjb2dv/apresentação-actualizada-da-empresa.pdf>
- Savannah Resources. (2023b). *Lítio no Barroso: Os principais tópicos do projeto para a comunidade*. [https://www.savannahresources.com/media/4cvnah2c/barrosolithiumnewspaper\\_final\\_dec23\\_pt.pdf](https://www.savannahresources.com/media/4cvnah2c/barrosolithiumnewspaper_final_dec23_pt.pdf)
- Setenta e Quatro. (2023). Francisco Venes: A mina de lítio em Covas do Barroso vai “escancarar as portas” para a mineração em todo o país. *Setenta e quatro*. <https://setentaequatro.pt/entrevista/francisco-venes-mina-de-litio-em-covas-do-barroso-vai-escancarar-portas-para-mineracao>
- SIC Notícias. (2024, 4 de Maio). “Tesouro ou Maldição”? O lítio e o peso da transição energética [Vídeo]. SIC Notícias. <https://sicnoticias.pt/programas/reportagemespecial/2024-05-04-video-tesouro-ou-maldicao--o-litio-e-o-peso-da-transicao-energetica-a7a0b597>
- Silva, M. (2023, 13 de Outubro). A exploração de lítio na Mina do Barroso: Minimização de impacto. *Nova Centre on Business, Human Rights and the Environment Blog*. <https://novabhre.novalaw.unl.pt/%F0%9F%87%B5%F0%9F%87%B9-a-exploracao-de-litio-na-mina-do-barroso-minimizacao-de-impacto/>
- Tabelin, C. B., Dallas, J., Casanova, S., Pelech, T., Bournival, G., Saydam, S., & Canbulat, I. (2021). Toward a low-carbon society: A review of lithium resource availability, challenges and innovations in mining, extraction and recycling, and future perspectives. *Mineral engineering*, 163(Março), 106743. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106743>
- Tišma, S., Škrtić, M. M., Maleković, S., & Jelinčić, D. A. (2021). Cost-Benefit Analysis in the eventual of culture heritage project funding. *Journal Risk Financial Management*, 14(10), 466. <https://doi.org/10.3390/jrfm14100466>
- Trading Economics. (2024, 23 02). *Lítio: contrato futuro: preços*. <https://pt.tradingeconomics.com/commodity/lithium>
- Tsivadze, A. Y., Bezdomnikov, A. A., & Kostikova, G. V. (2023). The lithium boom: Lithium sources and prospects for the Russian lithium industry. *Geology of Ore Deposits*, 65(5), 463-469. <https://doi.org/10.1134/S1075701523050094>
- TVI24. (2018, 29 de Novembro). Fernando Queiroga | Debate: "Mina Lítio" Covas do Barroso | 2018 | TVI24 | BOTICAS. *Youtube*. <https://www.youtube.com/watch?v=KiRo609PqtA>
- United States Geological Survey. (2023). Mineral Commodity Summaries 2023. U.S. Geological Survey, 1-210. <https://doi.org/10.3133/mcs2023>

- Vagdatli, T. & Petroutsatou, K. (2021). CBA and probabilistic risk analysis tool for non-revenue generating infrastructure projects. The case of Greece. *Case Studies on Transport Policy*, 9(1), 103-124. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.10.004>
- Valenta, R. K., Lèbre, E., Antonio, C., Franks, D. M., Jokovic, V., Micklehwaite, S., Pharbhakkar-Fox, A., Rung, K., Savinova, E., Segura-Salazar, J., Stringer, M., Verster, I., & Yahyaee, M. (2023). Decarbonisation to drive dramatic increase in mining waste—Options for reduction. *Resources, conservation and recycling*, 190(Março), 106859. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106859>
- Vieira, A. A., Clemente, A., Dias, G. A., & Filho, M. T (2017). Metodologia científica no Brasil: Ensino e interdisciplinaridade. *Educ. Real*, 42(1), 237-260. <https://doi.org/10.1590/2175-623654484>
- Visa. (2020). Estudo do impacte ambiental: Relatório síntese, I. <https://siliamb.apambiente.pt/anexo/?extern=true&code=a56eb6413cb8b285529d66eb8d396d18>
- Visa. (2021a). Estudo de Impacte Ambiental: Ampliação da Mina do Barroso. <https://siaia.apambiente.pt/AIADOC/AIA3353/rnt2021421141822.pdf>
- Visa. (2021b). Estudo do impacte ambiental: Relatório síntese, II. <https://siliamb.apambiente.pt/anexo/?extern=true&code=70c700488e5376a65b1b7eb0251b870e>
- Wainaina, W., Minang, P. A., Gituku, E., & Duguma, L. (2020). Cost-benefit analysis of landscape restoration: A stocktake, *Land*, 9(11), 465. <https://doi.org/10.3390/land9110465>
- Wang, C., Bayer, J., Dang, T., & Hsu, H. (2022). Evaluation of world lithium mining projects using hybrid MCDM model. *Minerals Engineering*, 189(Novembro), 107905. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107905>
- Wattanajanttra, A. (2021, 1 de Julho). Análise custo benefício: como utilizar esta ferramenta de gestão- SAGE. <https://www.sage.com/pt-pt/blog/analise-custo-beneficio-como-utilizar-esta-ferramenta-de-gestao/>
- Watts, B. A., Zago, V. C., Gopakumar, L., Ghazaryan, K., & Movsesyan, H. (2023). Uncharted risk measures for the management of sustainable mining. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 19(4), 949-960. <https://doi.org/10.1002/ieam.4769>
- Xirimimbi, A. (2018). *Avaliação de projetos de investimentos em contextos de riscos e incerteza* [Dissertação de mestrado, Instituto Politécnico de Setúbal]. RCAAP. <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/20862/1/Dissertação-Américo%20Luheto.pdf>
- Yin, R. (2017). *Case study research: Design and methods* (7 th ed.). Sage Publications.
- ZERO. (2023). ZERO alerta para 6 pontos negativos para a exploração de lítio no Barroso. <https://zero.org/noticias/zero-alerta-para-6-pontos-negativos-na-exploracao-de-litio-no-barroso/>

Zhou, Z. (2023). Evaluation of the Effectiveness of Paris Agreement: An Angle from the Determining of Normative Framework. *Education Psychology and Public Media*, 11(1), 18-25. <https://doi.org/10.54254/2753-7048/11/20230705>

## **Apêndice 1 – Bases de Dados com a Evidência Recolhida em Diversos Documentos**

### **Fernando Queiroga numa entrevista ao Porto Canal (2024)**

“(…) na questão dos prejuízos ambientais, quer das poeiras, quer mesmo nos recursos hídricos, não são avaliados os prejuízos e as infiltrações que vão prejudicar quer as águas subterrâneas, quer as águas do Rio Covas. E relembro que, nesta zona, foi inviabilizada uma barragem da Cascata do Tâmega, a quarta barragem, pelo facto de existir uma espécie em vias de extinção que nós temos no centro interpretativo para reprodução do mexilhão de água doce. Portanto, essas águas também irão ser afetadas, assim como muito a jusante a barragem do Alto Tâmega também vai ser afetada por esta exploração”.

### **Aida Fernandes numa entrevista à Lusa (2023b)**

“A empresa está a tentar entrar em terrenos, em que não tem autorização, à força e nós vimo-nos obrigados a vir para aqui defender os nossos terrenos. (...) temos que estar cá todos os dias, porque as ordens que têm, se nós não estivermos cá, é para avançar e, por isso, temos que estar cá a defender o que é nosso (...). Isto mexe com a vida da gente, não é só o tempo que aqui passamos, é esta ansiedade que a gente traz de dia e de noite. É chato e atrasa-nos a vida, porque a nossa vida é o trabalho no campo e temos que deixar o trabalho para trás para vir para aqui”.

### **Fernando Queiroga numa reportagem da Euronews (2021)**

“95% da população está contra a mina porque não temos tanta gente desempregada e, portanto, virá gente de fora que vem de manhã numas carrinhas e vai embora ao fim do dia, de outros concelhos. Portanto, isso não traz mais riqueza, vai sim destruir outros empregos que nós temos, os turismo rurais, a questão gastronómica, os nossos agricultores”.

### **Testemunho de 3 habitantes numa reportagem da RTP1 (2023)**

“Tenho lá (local da mina) a maior parte dos terrenos e, portanto, ao tirarem-me os terrenos é tirar o chão dos pés. (...) Tenho uma vinha de qualidade que vai ser abrangida pela mina, uma vinha que fabrico com o trator onde tenho figos, ameixas, toda a qualidade de fruta, tenho la batatas que dão para colher 3 ou 4 mil quilos de batata e vai tudo pela água abaixo. (...) Tenho ovelhas, tenho terrenos lá em baixo perto da mina e se a mina vem fico sem terrenos para alimentar os animais”.

### **Nelson Sousa numa reportagem da RTP1 (2023)**

“Estamos aqui a cerca de 300 metros das populações. As populações têm uma forma de vida que escolheram e não aquela que lhes querem impor. Mais uma vez, a APA cedeu aos interesses económicos e desrespeitou completamente esta população. (...) Quando a Savannah [Savannah Resources] e até o próprio governo dizem que esta mina ajudará a combater a desertificação e a tendência de declínio populacional na região do Barroso, estão a mentir. A mina não só não resolverá o problema de envelhecimento populacional que existe como o vai acelerar. As pessoas

em Covas do Barroso percebem isso. Num curto prazo de tempo, a mina irá alterar as dinâmicas económicas, irá afastar as pessoas das atividades tradicionais e, depois, deixará um vazio. O projeto da mina terá, no máximo, uma duração de 17 anos, e não trará pessoas para viver no Barroso”.

**Aida Fernandes numa reportagem à SIC Notícias (2024)**

“Temos uma floresta que vai ser destruída, água que vai ser poluída, habitats que vão ser destruídos, uma comunidade que não está a ser respeitada e que está a ser sacrificada. Acho que nos tempos em que vivemos não é possível”.

**Elisabete Pires numa reportagem à SIC Notícias (2024)**

“É impossível vivermos com uma mina à porta de casa. A gente vê pelos outros lados que, às vezes, nem muito próximo, dá problemas, quanto mais próximo (...) As explosões, eu já ouvi e era da parte de Covas e ouvia-as dentro de minha casa. Parece que se alagava tudo, quanto mais quando for aqui mesmo próximo. (...) Alguém da empresa disse-me que me punha vidros triplos na casa para evitar o ruído, por isso conhecem a situação. (...) Eu disse que não, que não sou santo nenhum para ficar dentro de uma redoma de vidro fechada, não poder vir à rua, não poder viver a minha vida”.

**Nelson Gomes numa entrevista ao Canal Alto Tâmega (2024)**

“Basta ver o que tem acontecido só na fase de prospeção. As imagens acho que são públicas. Toda a gente tem oportunidade de ver, quem tem ido ao terreno. Só a agressividade que tem causado esta prospeção no terreno: nas áreas e nos terrenos das populações, nos baldios, na floresta, isso é bem visível, (...) a decapação das florestas, plataformas com 200 e 300 metros onde as máquinas removem o solo todo, fazem uma decapagem total do terreno, altera por completo a paisagem. O barulho dessas máquinas, a poeira, isso é bem visível aos olhos da população que vive lá todos os dias”.

“Para nós, a região tem muito mais a perder do que a ganhar com este projeto. Temos que ver que estamos a falar de um projeto que dura apenas 12 anos. Como é que alguém pode dizer que a região se vai desenvolver com este projeto com a duração de 12 anos? (...) Depois, também temos que perceber uma coisa: a região está classificada por um modo de vida que as pessoas têm que é: a agricultura, o turismo, a apicultura, (...) No nosso entender, o caminho é esse para a região se desenvolver. É por aí que temos que ir e não pela exploração mineira que destrói esse tipo de empregos e destrói a paisagem”.

**João Branco, representante da QUERCUS num debate na TVI24 (2018)**

“Claro que há contaminação das águas em grande escala, porque o lítio é mais ou menos 1% da massa mineral extraída, ou seja, para obter 10kg de lítio é preciso ter que se desfazer uma tonelada de massa mineral e, portanto, nesse processo, é necessária muita água, não só na própria extração, como depois na própria refinação de primeira fase. Essas águas, depois, ficam contaminadas com os resíduos minerais que podem ser só sílica, mas também não se sabe ainda que outros metais aparecerão nesses resíduos, uma vez que ainda não temos acesso às análises da matéria”.

**José Pedro Luís, representante da Savannah Resources num debate na TVI24 (2018)**

“Há efetivamente necessidade de água. Os estudos que são feitos relativamente aos minerais são maioritariamente inertes e a água vai estar em ciclo fechado. Já agora, explicando, basicamente será recolhida a água numa primeira fase e, depois, ficará completamente em ciclo fechado, não são utilizados químicos, haverá apenas a utilização de algo semelhante àquilo que é utilizado nas piscinas para concentrar os metais. Mas isto está em ciclo fechado, não será colocada nenhuma água novamente nos rios ou nas ribeiras na região, (...) a água que se vai perdendo ano após ano é na humidade que vai no concentrado”.

**Fernando Queiroga, presidente da Câmara Municipal de Boticas num debate na TVI24 (2018)**

“Não sei se é verdade que só encham uma vez o tal tanque, mas basta ver os níveis freáticos. Veem-se, no nosso território, poças de água que, depois, no Verão, ficam sem água nenhuma. Portanto, vai-lhe acontecer rigorosamente igual, (...) Nós somos um concelho conhecido por termos excelente água. Aliás, temos das melhores águas do país. (...) Na foz do Rio Covas é onde está a maior comunidade de Mexilhão de Água Doce, que é o mesmo mexilhão que inviabilizou uma quarta barragem”.