



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS - DEMIN



VINÍCIUS ALEXANDRE MOURA DUARTE

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE LAVRA DE QUARTZITO

Ouro Preto – MG
2023

VINÍCIUS ALEXANDRE MOURA DUARTE

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE LAVRA DE QUARTZITO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Hernani Mota de Lima.

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

D812a Duarte, Vinicius Alexandre Moura.
Análise de viabilidade econômica de lavra de quartzito. [manuscrito]
/ Vinicius Alexandre Moura Duarte. - 2023.
58 f.

Orientador: Prof. Dr. Hernani Mota de Lima.
Coorientador: Dr. Henrique Nogueira Soares.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Minas .

1. Minas e recursos minerais. 2. Plano de Aproveitamento Econômico (PAE) - Minas e mineração. 3. Pedreiras e extração de pedras. 4. Rochas ornamentais. I. Lima, Hernani Mota de. II. Soares, Henrique Nogueira. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 622.013

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
PROGRAMA DE POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA
MINERAL



FOLHA DE APROVAÇÃO

Vinícius Alexandre Moura Duarte

Análise de viabilidade econômica de lavra de quartzito

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas

Aprovada em 28 de agosto de 2023

Membros da banca

Dr. Hernani Mota de Lima - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dra. Rita de Cássia Pedrosa Santos - (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dr. Henrique Nogueira Soares

Hernani Mota de Lima, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 31/08/2023



Documento assinado eletronicamente por **Hernani Mota de Lima, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 31/08/2023, às 18:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0583945** e o código CRC **49345334**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.011647/2023-59

SEI nº 0583945

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35402-163
Telefone: (31)3559-1593 - www.ufop.br

AGRADECIMENTOS

Gostaria de iniciar expressando minha profunda gratidão a Deus, por ter me concedido saúde, fé, coragem e perseverança para enfrentar todos os desafios ao longo desta jornada e me permitir chegar até este momento.

Agradeço imensamente minha família, amigos e, em especial, meus pais, Sirlene e Vanderlei, pela paciência e compreensão demonstradas nos momentos em que não pude estar presente, sempre me apoiando de forma incondicional.

Também sou imensamente grato pelo companheirismo e amizade de todos os moradores e ex-alunos da República Dusmininu, que tive o privilégio de conviver. A convivência com vocês tornou essa trajetória ainda mais especial e memorável.

Aos Engenheiros de Minas Silas Alves e Eustáquio Pires Victoria, gostaria de expressar minha gratidão pelo apoio constante e pelos valiosos conselhos profissionais ao longo de toda a minha graduação. Suas orientações e experiências contribuíram significativamente para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Por fim, minha imensa gratidão se estende a todos aqueles que fizeram parte dessa trajetória, que, embora longa, foi extremamente importante para o meu amadurecimento. Cada pessoa que cruzou o meu caminho, de alguma forma, deixou uma marca positiva e contribuiu para o meu desenvolvimento.

RESUMO

A análise de viabilidade econômica na mineração desempenha um papel essencial ao considerar os aspectos sociais, econômicos e ambientais. Ela avalia a rentabilidade do investimento, considerando custos operacionais, preços de mercado e fluxo de caixa. Além disso, examina os impactos sobre emprego, comunidades locais, saúde e segurança dos trabalhadores, equilibrando oportunidades com desafios sociais. No âmbito ambiental, identifica e mitiga os impactos adversos da mineração, enfatizando a reabilitação de áreas e a sustentabilidade a longo prazo. O objetivo geral deste estudo consiste em apresentar a viabilidade econômica de um empreendimento de mineração de quartzito com alto teor de sílica, com o propósito de subsidiar o processo decisório do projeto de mineração, visando à maximização do retorno econômico. Para construção das informações foram utilizados os seguintes instrumentos: pesquisas bibliográficas, pesquisas de mercado, orçamentos, coleta de dados, apuração e análise dos resultados obtido. Com base nas métricas financeiras avaliadas, constatou-se que o projeto é altamente viável, apresentando uma taxa interna de retorno (TIR) de 84,47% ao ano, valor presente líquido (VPL) de R\$ 17.009.273 e de payback de dois anos. Esses resultados demonstram que o investimento na lavra de rochas ornamentais é mais atrativo do que as opções disponíveis no mercado financeiro, tornando-o um empreendimento promissor e lucrativo.

Palavras-chave: Análise de PAE, Pedreira, Rochas ornamentais.

ABSTRACT

Economic feasibility analysis in mining plays an essential role in considering social, economic, and environmental aspects. It evaluates the investment's profitability, taking into account operating costs, market prices, and cash flow. It also examines the impacts on employment, local communities, worker health and safety, balancing opportunities with social challenges. In the environmental context, it identifies and mitigates the adverse impacts of mining, emphasizing the rehabilitation of areas and long-term sustainability. The overall objective of this study is to present the economic feasibility of a quartzite mining project with a high silica content, with the purpose of supporting the decision-making process of the mining project, aiming to maximize economic return. The following instruments were used to build the information: bibliographic research, market research, budgets, data collection, and analysis of the results obtained. Based on the financial metrics evaluated, it was found that the project is highly feasible, presenting an internal rate of return (IRR) of 84.47% per year, net present value (NPV) of R\$17,009,273, and a payback of two years. These results demonstrate that investment in the quarrying of ornamental rocks is more attractive than the options available in the financial market, making it a promising and profitable venture

Keywords: Economic feasibility analysis, Quarry, Ornamental rocks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquematização de VPL.....	28
--------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros utilizados.	35
Tabela 2: Investimentos listados.	38
Tabela 3: Composição do Capital de Giro.....	39
Tabela 4: Receita bruta anual.	39
Tabela 5: Tributos.	40
Tabela 6: Custos de Mão de Obra e Encargos.	41
Tabela 7: Parâmetros do plano de fogo.	41
Tabela 8: Custo mensal e anual por tipo de explosivo no fogo primário.	42
Tabela 9: Cordel e Espoletim - Custo mensal e anual.	42
Tabela 10: Custo mensais e anuais de retardos no fogo primário.	42
Tabela 11: Custo mensal e anual por tipo de explosivo no fogo secundário.....	43
Tabela 12: Cordel e Espoletim - Custo mensal e anual	43
Tabela 13: Resumo - Custos fogo primário e secundário	44
Tabela 14: Parâmetros.	44
Tabela 15: Custos dos materiais de desgaste (desmonte primário).....	45
Tabela 16 - Consumo médio de materiais.....	45
Tabela 17: Parâmetros.	45
Tabela 18: Materiais de desgaste (desmonte secundário).....	46
Tabela 19: Consumo médio de materiais.....	46
Tabela 20: Resumo - Custos Desmonte primário e secundário	46
Tabela 21: Custos totais dos equipamentos e consumo.	47
Tabela 22: Resumo dos custos diretos.	48
Tabela 23: Depreciação dos bens adquiridos.	49
Tabela 24: Custos de Despesas Gerais.	50
Tabela 25: Custo total de produção.	50
Tabela 26: Demonstrativo de fluxo de caixa.....	51
Tabela 27: Fluxo de Caixa: períodos 0-3.	52
Tabela 28: Fluxo de caixa: anos 4-7	53
Tabela 29: Fluxo de caixa - anos 8-10	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANM	Agência Nacional de Mineração
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa mínima de Atratividade
VPL	Valor Presente Líquido
NBR	Norma Técnica
CONFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
PIS	Programa de Integração Social
CAPEX	Capital Expenditure
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
ICMS	Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços.
OPEX	Operational Expenditure

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Formulação do problema	13
1.2	Justificativa	14
1.3	Objetivos	16
1.3.1	Objetivo Geral	16
1.3.2	Objetivos Específicos	16
1.4	Estrutura do trabalho	16
2	REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1	Legislação Mineral	18
2.2	Mercado	19
2.3	Abertura e Decapeamento	21
2.4	Perfuração e Desmonte	22
2.4.1	Vida útil	22
2.5	Plano de Fogo	22
2.6	Carregamento e Transporte	23
2.7	Britagem	24
2.7.1	Britagem Primária	25
2.7.2	Britagem Secundária	25
2.8	Análise de Investimentos	26
2.8.1	Taxa de Mínima Atratividade (TMA)	26
2.8.2	Valor Presente Líquido (VPL)	27
2.8.3	Taxa Interna de Retorno (TIR)	29
2.8.4	Payback	29
2.8.5	Sobre as ferramentas de avaliação	30
3	MATERIAS E MÉTODOS	32
3.1	Coleta e tratamento de Dados	33
3.2	Método de Determinação dos Investimentos Fixos, Receitas, Custos e Despesas Operacionais	34
4	RESULTADOS E DISCUSÃO	36
4.1	Método de Lavra	36
4.2	Escala de Produção e Vida Útil	37
4.3	Investimentos e Capital de Giro	37
4.4	Receitas e Tributos	39
4.4.1	Receita Bruta	39
4.4.2	Tributos – ICMS, PIS e COFINS	40
4.4.3	Receita Líquida	40

4.4.4	Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM....	40
4.5	Custo de Produção.....	40
4.5.1	Custos diretos.....	40
4.5.2	Custos Indiretos.....	49
4.5.3	Custo Total de Produção	50
4.6	Lucratividade do Empreendimento	50
4.6.1	Lucro Operacional	50
4.6.2	Imposto de Renda	51
4.6.3	Contribuição Social.....	51
4.6.4	Lucro Líquido.....	51
4.7	Rentabilidade do Investimento.....	51
5	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

A análise de viabilidade financeira desempenha um papel crucial no desenvolvimento econômico do setor de mineração. É por meio dessa análise que se obtêm informações essenciais para determinar a atratividade e o potencial lucrativo de empreendimentos minerários (PERSSON, 2016; HUSTRULID *et al.*, 2013).

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo principal realizar uma análise abrangente da viabilidade financeira de uma lavra de quartzito, uma rocha de grande importância devido à sua pureza e alto teor de sílica. O quartzito é amplamente utilizado nos altos-fornos de siderurgias para a produção de ferro silício.

Para garantir a conformidade com as normas e diretrizes estabelecidas, foi elaborado um plano de aproveitamento econômico em conformidade com os dispositivos legais do Código de Mineração e seu respectivo regulamento, seguindo as diretrizes estabelecidas pela Portaria nº 237 da Agência Nacional de Mineração (ANM), nos Artigos 38, 39, 48 e 49. Análise se baseia nos dados fornecidos pelo Relatório Final de Pesquisa da área, aprovado pela ANM, que é nossa principal referência na elaboração do plano.

Estima-se que a capacidade de produção desse empreendimento seja de aproximadamente 10.000 toneladas por mês de quartzito, atendendo às necessidades de diversas indústrias consumidoras em Minas Gerais. A demanda por esse mineral na região é considerável, uma pesquisa realizada junta as fontes consumidoras da região determinaram que o consumo é em cerca de 50.000 toneladas por mês.

As rochas ornamentais, como o quartzito, têm diversas aplicações na construção civil e no *design* de interiores. Elas são utilizadas em revestimentos de fachadas, pisos, bancadas, esculturas e outros elementos arquitetônicos (MENEZES & LARIZZATTI, 2005). A utilização das rochas de quartzitos, geram um produto final com níveis de impurezas superiores as aceitáveis para a indústria fotovoltaica. Sendo que elas são utilizadas como fontes de silício na produção de ligas ferrosilício, pois nessa produção é tolerado essas impurezas.

A exploração dessas rochas requer métodos de lavra eficientes, que evoluíram ao longo do tempo. As etapas de abertura e decapeamento são essenciais para a

remoção das camadas superficiais e preparação do maciço rochoso (PERSSON, 2016; HUSTRULID *et al.*, 2013). Da mesma forma, a perfuração e o desmonte foram aprimorados com o uso de equipamentos de perfuração e explosivos, resultando em maior produtividade e eficiência na extração das rochas (LUZ *et al.*, 2010).

O processo de beneficiamento do quartzito envolve etapas como britagem primária e secundária, que transformam os blocos de rocha em tamanhos adequados para utilização direta ou posterior processamento. Isso proporciona uma variedade de produtos e aplicações no mercado da construção civil e design de interiores (LUZ *et al.*, 2010).

Além da importância econômica desse empreendimento, é relevante ressaltar seu impacto social. Localização do empreendimento foi preservada em sigilo, devido a medidas legais impostas pelo proprietário, possui como característica a carente de oportunidades de emprego, o projeto visa valorizar a mão-de-obra disponível no local, gerando um total estimado de 15 empregos diretos e contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico da região.

Diante desse contexto, se propõe a utilizar métodos adequados de avaliação econômica, como a elaboração de fluxo de caixa e a aplicação de indicadores financeiros, para determinar a atratividade e o potencial de retorno desse empreendimento no mercado. Serão seguidas as diretrizes de Frezatti (2008), Souza e Clemente (2008) utilizando métricas como Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Líquido Presente (VLP), Taxa Mínima de Atratividade (TMA) e Payback.

1.1 Formulação do problema

A mineração tem desempenhado um papel fundamental na economia de muitos países, proporcionando empregos, receitas fiscais e contribuindo para o desenvolvimento industrial. Entretanto, é inegável que tal atividade também pode acarretar impactos ambientais significativos e custos sociais. Sendo assim, torna-se imperativo realizar uma análise criteriosa dos projetos de mineração, com enfoque na viabilidade econômica, como parte integrante do processo de tomada de decisão.

A avaliação econômica de empreendimentos minerários envolve uma análise abrangente dos custos de instalação, operação e manutenção, além de uma projeção dos potenciais ganhos financeiros ao longo do tempo. A consideração de fatores

externos, como flutuações nos preços das *commodities*, mudanças regulatórias e aspectos socioambientais, também desempenha um papel crucial nesse processo.

Ao efetuar uma análise econômica aprofundada, é possível identificar oportunidades para otimizar a eficiência dos projetos, mitigar riscos financeiros e sociais, além de garantir uma alocação adequada de recursos. Com uma visão holística do empreendimento, os decisores podem tomar medidas estratégicas que contribuam para o desenvolvimento sustentável do setor mineral, favorecendo a preservação do meio ambiente e o bem-estar das comunidades afetadas.

Além disso, uma avaliação econômica detalhada do fluxo de caixa pode proporcionar mais segurança aos investidores, atraindo capital nacional e estrangeiro para o setor de mineração. Isso pode gerar um ciclo virtuoso de crescimento econômico, impulsionando a cadeia produtiva e aumentando a arrecadação de impostos, o que, por sua vez, pode ser investido em infraestrutura, educação e saúde.

Ao considerarmos os aspectos apresentados, surge um questionamento imprescindível: Como a avaliação econômica de qualquer iniciativa de empreendimento mineiro pode se mostrar essencial para o crescimento econômico do país e para mitigar possíveis consequências adversas?

1.2 Justificativa

A avaliação econômica desempenha um papel de extrema importância ao considerar qualquer iniciativa de empreendimento mineiro. Essa análise minuciosa é essencial para garantir o crescimento econômico do país e, ao mesmo tempo, assegurar a sustentabilidade da indústria mineradora.

Em primeiro lugar, a avaliação econômica permite uma análise abrangente dos custos e benefícios associados a projetos de mineração. Isso envolve uma consideração cuidadosa dos investimentos necessários para a instalação e operação da mina, bem como a projeção dos ganhos financeiros ao longo do tempo. Ao conhecerem de forma detalhada os aspectos financeiros do empreendimento, os tomadores de decisão podem identificar oportunidades de melhorias, otimizando a eficiência dos processos e maximizando o retorno sobre o investimento.

Além disso, a avaliação econômica também permite a identificação e mitigação de riscos financeiros e sociais. Projetos de mineração frequentemente enfrentam incertezas relacionadas aos preços das commodities, flutuações do mercado e mudanças regulatórias. Uma análise criteriosa ajuda a antecipar e planejar respostas a essas incertezas, reduzindo potenciais impactos negativos sobre a economia e a sociedade.

Outro aspecto relevante é que uma avaliação econômica sólida pode atrair investidores e financiadores para o projeto de mineração. Investidores estão interessados não apenas nos recursos minerais disponíveis, mas também na viabilidade financeira do empreendimento. Ao apresentar dados embasados e projeções realistas, as chances de atrair capital nacional e estrangeiro aumentam significativamente. Esse influxo de investimento pode impulsionar o crescimento econômico do país, gerando empregos, fomentando a cadeia produtiva e aumentando a arrecadação de impostos.

Outro fator crucial é a responsabilidade socioambiental. A avaliação econômica leva em conta não apenas os aspectos financeiros, mas também os impactos sociais e ambientais do empreendimento mineiro. Com uma análise abrangente, é possível adotar medidas que contribuam para a sustentabilidade do projeto, promovendo o bem-estar das comunidades locais e a preservação do meio ambiente. Dessa forma, é possível evitar conflitos sociais, minimizar danos ambientais e garantir uma atuação responsável da indústria mineradora.

O quartzito, mineral composto principalmente de sílica, é amplamente utilizado nos altos fornos das siderurgias para a produção de ferro silício, devido à sua pureza e alto teor de sílica. Além disso, o quartzito possui propriedades físicas e estéticas que o tornam um material de destaque no setor de rochas ornamentais. Sua aplicação inclui revestimentos de fachadas, pisos, bancadas, esculturas e elementos arquitetônicos, conferindo elegância e durabilidade aos ambientes construídos.

Diante dessa relevância econômica e industrial do quartzito, é fundamental realizar uma análise aprofundada de sua viabilidade financeira como empreendimento de lavra. Essa análise abrange diversos aspectos, como a estimativa da capacidade de produção, a demanda do mercado consumidor, os custos de extração e

beneficiamento, os investimentos necessários, as projeções de receita e os indicadores financeiros.

Portanto, a análise de viabilidade financeira da lavra de quartzito é um tema justificado pelo seu impacto econômico, industrial e social. Ela fornece subsídios valiosos para a tomada de decisões embasadas, visando ao sucesso do empreendimento, à maximização dos resultados financeiros e à promoção do desenvolvimento sustentável do setor de mineração.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo consiste em apresentar a viabilidade econômica de um empreendimento de mineração de quartzito com alto teor de sílica, com o propósito de subsidiar o processo decisório do projeto de mineração, visando à maximização do retorno econômico.

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos foram:

- Explorar brevemente a legislação mineral como parte dos objetivos específicos, a fim de embasar a análise de viabilidade financeira.
- Discutir a importância dos estudos de viabilidade econômica e o plano de aproveitamento econômico de rochas ornamentais;
- Apresentar uma análise de viabilidade econômica por meio de um estudo de caso evidenciando os investimentos necessários e com os benefícios líquidos resultantes.

1.4 Estrutura do trabalho

No primeiro capítulo, é apresentada uma breve introdução à avaliação de viabilidade econômica da extração de quartzito, contendo a formulação do problema, a justificativa, os objetivos, geral e específicos bem como a estrutura do trabalho. O segundo capítulo aborda uma revisão bibliográfica sobre as legislações minerais

relacionadas ao PAE, como a análise de investimento aplicada ao estudo de caso. No terceiro capítulo, descreve-se sucintamente os materiais e métodos utilizados no estudo de caso referente à análise de viabilidade de implementação de uma pedreira de quartzito. No quarto capítulo, os resultados e discussões são apresentados. Por fim, o último capítulo abrange a conclusão deste trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Legislação Mineral

O pretendente à Concessão de Lavra, depois que tiver aprovado pelo DNPM o seu relatório final de pesquisa mineral (artigo 30 DL-227/67), tem um prazo de um ano (art.31) para apresentar o Requerimento de Lavra e os documentos que os instruem, conforme o artigo 38, que incluem:

- I - Certidão de registro, no Departamento Nacional de Registro do Comércio, da entidade constituída;
- II - Designação das substâncias minerais a lavrar, com indicação do Alvará de Pesquisa outorgado, e de aprovação do respectivo Relatório;
- III - denominação e descrição da localização do campo pretendido para a lavra, relacionando-o, com precisão e clareza, aos vales dos rios ou córregos, constantes de mapas ou plantas de notória autenticidade e precisão, e estradas de ferro e rodovias, ou ainda, a marcos naturais ou acidentes topográficos de inconfundível determinação; suas confrontações com autorização de pesquisa e concessões de lavra vizinhas, se as houver, e indicação do Distrito, Município, Comarca e Estado, e, ainda, nome e residência dos proprietários do solo ou posseiros;
- IV - Definição gráfica da área pretendida, delimitada por figura geométrica formada, obrigatoriamente, por segmentos de retas com orientação Norte-Sul e Leste-Oeste verdadeiros, com 2 (dois) de seus vértices, ou excepcionalmente 1 (um), amarrados a ponto fixo e inconfundível do terreno, sendo os vetores de amarração definidos por seus comprimentos e rumos verdadeiros, e configuradas, ainda, as propriedades territoriais por ela interessadas, com os nomes dos respectivos superficiários, além de planta de situação;
- V - Servidões de que deverá gozar a mina;
- VI - Plano de aproveitamento econômico da jazida, com descrição das instalações de beneficiamento;
- VII - prova de disponibilidade de fundos ou da existência de compromissos de financiamento, necessários para execução do plano de aproveitamento econômico e operação da mina.

Parágrafo único. Quando tiver por objeto área situada na faixa de fronteira, a concessão de lavra fica ainda sujeita aos critérios e condições estabelecidas em lei. O artigo 39 determina que o Plano de Aproveitamento Econômico da jazida deva ser apresentado em duas vias e constará de:

- I - Memorial explicativo;
- II - Projetos ou anteprojetos referentes:
 - a) ao método de mineração a ser adotado, fazendo referência à escala de produção prevista inicialmente e à sua projeção;
 - b) à iluminação, ventilação, transporte, sinalização e segurança do trabalho, quando se tratar de lavra subterrânea;
 - c) ao transporte na superfície e ao beneficiamento e aglomeração do minério;
 - d) às instalações de energia, de abastecimento de água e condicionamento de ar;

- e) à higiene da mina e dos respectivos trabalhos;
- f) às moradias e suas condições de habitabilidade para todos os que residem no local da mineração;
- g) às instalações de captação e proteção das fontes, adução, distribuição e utilização da água, em se tratando de água mineral.

Os Artigos 48 e 49 da Portaria nº 237 são particularmente relevantes para o plano de aproveitamento econômico da lavra de quartzito. Esses artigos abordam aspectos como o programa de lavra, que estabelece as metodologias e técnicas de extração a serem utilizadas, e o programa de recuperação ambiental, que define as medidas mitigatórias e compensatórias necessárias para minimizar os impactos ambientais decorrentes da atividade de mineração.

2.2 Mercado

A partir dos avanços e intensificação das atividades nos principais segmentos da cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais na década de 1990, o Brasil conquistou uma posição destacada no cenário mundial. As projeções apresentadas pela Abirochas (Peiter *et al*, 2001) apontam para a continuação da trajetória ascendente no mercado global de rochas, juntamente com as perspectivas de ampliação do envolvimento do Brasil nesse cenário.

Antes de tomar a decisão de implantar um projeto na indústria da mineração, é imprescindível assegurar que o produto a ser produzido e elaborado tenha sua demanda garantida, em uma quantidade definida, dentro de determinados padrões de tempo e preço. Nesse sentido, faz-se necessário realizar um estudo de mercado abrangente, que englobe conhecimentos atualizados sobre a política mineral do setor e as dinâmicas do mercado internacional.

O estudo de mercado envolve a análise detalhada de diversos aspectos relacionados às peculiaridades do material em questão, levando em consideração tanto o mercado nacional quanto o internacional. É essencial examinar minuciosamente a futura unidade extrativa em seus contextos nacional e regional, evidenciando informações relevantes como infraestrutura viária, disponibilidade de rede elétrica, localização de cidades, instalações de transformação, portos, aeroportos, bem como a viabilidade dos meios de transporte, serviços e canais de

comercialização do material. Ademais, é crucial considerar as conexões internacionais pertinentes.

Esses dados e informações são fundamentais para embasar a tomada de decisão e a implantação do empreendimento mineiro, uma vez que fornecem *insights* valiosos sobre a viabilidade e as condições essenciais para o sucesso do projeto. Tais elementos são imprescindíveis para a compreensão do contexto de mercado, assim como para a formulação de estratégias sólidas e embasadas em dados concretos, que possibilitam uma análise abrangente e criteriosa do empreendimento minerário.

Em vista do mercado nacional, Chiodi Filho (2020) relata que em 2019, a produção nacional desse segmento atingiu a marca de 9,2 milhões de toneladas, mantendo-se estável em relação ao ano de 2017.

No âmbito das exportações, o setor ultrapassou a cifra de US\$ 1 bilhão, experimentando um incremento no faturamento, em virtude do aumento da participação de produtos com maior valor agregado nas operações de comércio exterior. Por sua vez, o consumo interno registrou um aumento de 2,7%, totalizando 70,5 milhões de metros quadrados equivalentes.

Além disso, observou-se uma reconfiguração no perfil de produção, com uma diminuição na extração de granitos, quartzitos foliados e ardósias, em contrapartida ao crescimento significativo dos quartzitos maciços e mármore. As indústrias consumidoras de quartzito industrial estão distribuídas em várias regiões do Estado de Minas Gerais, incluindo as cidades de João Monlevade, Nova Era, São João Del Rey, Ouro Preto, Sete Lagoas, Itaúna, Barbacena, Santos Dumont, Várzea da Palma e Pirapora. Essas indústrias, em sua maioria, estão voltadas para siderurgia, produção de ferrosilício e outras ligas de silício.

Atualmente, o mercado de quartzo e quartzito na região próximo ao empreendimento tem um consumo médio de aproximadamente 40.000 toneladas por mês. No entanto, é importante notar que essa quantidade está abaixo da capacidade total do mercado, em virtude do impacto da pandemia, que resultou na desativação ou redução da produção de muitos fornos.

Apesar desse cenário, as análises realizadas com o quartzito da jazida demonstraram que sua qualidade atende a grande parte das especificações exigidas pelo mercado. Isso indica que, mesmo com a atual redução na demanda, o material

disponível possui características que o tornam competitivo e promissor para futuras retomadas na indústria.

Tais conclusões evidenciam a dinâmica e a importância do setor de rochas ornamentais e industriais no contexto nacional, assim como apontam para a necessidade de análises aprofundadas que embasem estratégias de crescimento sustentável no futuro.

2.3 Abertura e Decapeamento

A fase inicial da exploração de uma pedreira envolve a remoção da cobertura que recobre o maciço rochoso, permitindo sua posterior extração. Durante esse processo, é necessário separar e armazenar cuidadosamente o solo arável, a fim de utilizá-lo posteriormente na recuperação da área degradada. O material estéril que cobre o maciço precisa ser transportado para locais designados como "bota-foras" e disposto em pilhas que ofereçam estabilidade geotécnica. Esses bota-foras, quando prontos, são cobertos com o solo arável, preparado com calagem e adubação, e em seguida revegetados (LUZ *et al.*, 2009).

De acordo com Luz *et al.* (2009), a preparação da área para o início das operações de lavra em uma pedreira é uma etapa crucial para o bom desenvolvimento dos trabalhos futuros de desmonte da rocha. Nesse estágio, é essencial preservar uma porção do solo removido para a posterior recuperação da área degradada pela lavra. Portanto, durante o planejamento das operações, é fundamental reservar uma área adequada para o armazenamento do solo. As espessuras da camada de solo e o desenvolvimento dos horizontes do solo variam de acordo com as condições climáticas e topográficas, o que pode demandar diferentes abordagens no processo de remoção da cobertura.

Em alguns casos, é necessário adotar técnicas específicas para a remoção de camadas espessas de solo, enquanto em outros locais a camada de solo é fina ou até mesmo inexistente, facilitando as operações iniciais. Nessa fase de decapeamento, são utilizados tratores de esteira, carregadeiras frontais, escavadeiras e caminhões. A remoção do solo residual ou de outros materiais de cobertura da rocha geralmente resulta em uma superfície irregular, o que pode dificultar as operações iniciais de perfuração e desmonte.

Por isso, é recomendável realizar uma limpeza da superfície, removendo todos os fragmentos de rocha, a fim de evitar interferências durante as etapas subsequentes (LUZ *et al.*, 2009).

2.4 Perfuração e Desmonte

A etapa de perfuração na exploração de pedreiras consiste na realização de furos no piso da bancada, os quais serão carregados posteriormente com explosivos. Tal procedimento é conduzido por meio de perfuratrizes rotativas. É crucial que os furos ultrapassem ligeiramente (aproximadamente 30% da altura da bancada) o nível do piso da berma, a fim de assegurar a horizontalidade do pé da bancada e evitar o surgimento de desalinhamentos no solo, conhecidos como "repé" (LUZ *et al.*, 2009).

Uma vez efetuados os furos, ocorre o carregamento desses com explosivos, uma operação de extrema sensibilidade que requer a presença de profissionais especializados e devidamente habilitados pelo Ministério do Exército. O explosivo, ao entrar em combustão, gera em um curto período de tempo volumes substanciais de gases aquecidos, que, ao expandirem, têm potencial para causar destruição.

Para promover a detonação do explosivo, é necessária a utilização de um componente adicional chamado iniciador ou escorvador. Trata-se de um explosivo de menor capacidade de desmonte, porém com uma taxa de combustão mais rápida, que tem por finalidade iniciar a detonação do explosivo principal (LUZ *et al.*, 2009).

2.4.1 Vida útil

Devido à variabilidade encontrada na estimativa de custo, existem metodologias diferenciadas para a sua determinação, onde cada uma é baseada em um ponto principal (Guazzelli, 2013). Para Paterson (1999), o custo de perfuração é a soma da relação entre o custo do bit e sua vida útil, o custo operacional do equipamento e a taxa de perfuração

2.5 Plano de Fogo

De acordo com Ash (1963), é necessário não apenas compreender as fenomenologias presentes no processo de detonação, mas também adquirir

conhecimento sobre o controle dos efeitos dessas detonações. Dessa forma, ao desenvolver uma estratégia para ignição ao ar livre, é essencial considerar vários parâmetros geométricos que devem ser selecionados com rigor.

Em linhas gerais, o arranjo da estrutura para ignição pode adotar formatos como quadrado, retângulo, escalonado, triângulo equilátero ou alongado. Contudo, é fundamental ajustar a configuração geométrica e suas variáveis de modo a alcançar a fragmentação desejada de acordo com as necessidades operacionais. Isso, por sua vez, viabiliza uma utilização eficiente dos materiais, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais e sociais na área sujeita ao desmonte.

Hustrulid (1999) identifica desafios relacionados ao controle de variáveis durante a execução de um desmonte, como a complexidade da geologia, tensões nos materiais, presença de formações naturais na rocha, condições meteorológicas locais e influência da água, esta última sendo, em certas situações, um fator controlável.

Portanto, cabe aos responsáveis pela operação de desmonte desempenhar um papel crucial na coleta e análise dos dados locais, levando em consideração as características do maciço rochoso, a fim de elaborar um plano de detonação da maneira mais eficaz possível.

2.6 Carregamento e Transporte

As atividades de escavação e carregamento têm a flexibilidade de serem executadas pelo mesmo equipamento ou por máquinas diferentes. Quando ambas as tarefas são desempenhadas por um único equipamento, essa configuração é conhecida, de acordo com RICARDO & CATALANI (2007), como unidades escavocarregadoras, sendo mais frequentemente empregadas em corpos de minério friável.

Os equipamentos mais amplamente utilizados para realizar tanto a escavação quanto o carregamento, de forma simultânea ou independente, abrangem uma variedade que inclui escavadeiras a cabo, escavadeiras hidráulicas, retroescavadeiras hidráulicas, carregadeiras sobre pneus ou esteiras, *motoscrapers*, dragas e monitores hidráulicos.

O sistema de carregamento e transporte mais comumente utilizado em pedreiras é baseado em caminhões, e representa um fator significativo de custo nas operações de produção de brita. Os engenheiros de minas costumam optar pelo sistema de transporte por caminhões devido à sua alta flexibilidade e mobilidade (LUZ *et al.*, 2009).

Segundo Germani (2002), o custo operacional mais significativo em nossas minas está relacionado à atividade de transporte interno. A estratégia de empregar unidades de maior tamanho em menor quantidade é adotada visando à redução desses custos.

2.7 Britagem

A etapa de britagem constitui o primeiro estágio mecânico no processo de cominuição. Seu propósito principal é diminuir as dimensões dos fragmentos minerais provenientes das operações de desmonte, lavra e transporte da mina, a fim de alcançar dimensões adequadas para a subsequente etapa de processamento e separação de materiais de valor econômico daqueles que não possuem utilidade nos estágios de beneficiamento.

Gupta e Yan (2016) abordam minuciosamente o procedimento de redução do tamanho dos minerais. Geralmente, essa redução é planejada para ocorrer em uma única fase, sem recirculação, ou então em um circuito fechado. Em algumas situações, uma combinação desses métodos é adotada. Em um circuito simples, no qual o material passa por um único britador ou uma sequência de britadores, o produto resultante abrange uma variedade de tamanhos de partículas que frequentemente não atingem o grau de liberação desejado.

A necessidade de circuitos com dois ou três estágios se manifesta conforme a dureza e quantidade do material introduzido, a capacidade mecânica dos britadores e a taxa de produção desejada para o circuito de britagem. Esses circuitos múltiplos são essenciais para progressivamente reduzir o tamanho residual das partículas ao patamar desejado para as próximas etapas de beneficiamento (GUPTA e YAN, 2016).

2.7.1 Britagem Primária

Na etapa de britagem primária, a alimentação consiste na rocha resultante do desmonte, com dimensões que variam de 0,50 m a 1,20 m, aproximadamente. Os britadores utilizados nesse processo possuem dimensões consideráveis e atuam fragmentando a rocha principalmente através de forças de choque e compressão. Conforme indicado por Xavier (2012), a britagem primária é executada sem o uso de água e apresenta uma taxa de redução aproximada de 8:1. Nessa fase, são empregados britadores de mandíbulas, giratórios e de impacto.

Essa etapa desempenha um papel crucial na preparação do material para as subseqüentes etapas de processamento. Os britadores mais comumente utilizados na britagem primária são os britadores de mandíbulas e os britadores giratórios.

Durante a britagem primária, o objetivo principal é reduzir o tamanho do material bruto para uma granulometria controlada e adequada para as etapas subseqüentes do processamento mineral.

2.7.2 Britagem Secundária

A britagem secundária, também conhecida como etapa de pós-britagem, compreende todas as fases subseqüentes à britagem primária, com o propósito de promover a redução da granulometria do material para a etapa de moagem. Uma prática comum nessa etapa é a remoção prévia da fração fina da alimentação, denominada "escalpe", com o intuito de aumentar a capacidade de produção. Os equipamentos empregados na britagem secundária incluem britadores giratórios secundários, britadores de mandíbulas secundários, britadores cônicos, britadores de martelos e britadores de rolos.

De acordo com Luz *et al.* (2010), os britadores giratórios secundários, britadores de mandíbulas secundários e britadores de martelos são similares aos utilizados na britagem primária, porém apresentam dimensões menores. Esses equipamentos atuam por meio da compressão e fraturamento do material, proporcionando uma redução adicional na granulometria. Já os britadores cônicos e britadores de rolos são especialmente adequados para a britagem secundária, oferecendo eficiência na fragmentação de materiais de média a alta dureza.

2.8 Análise de Investimentos

Um investimento pode ser caracterizado como a alocação de recursos escassos, que possuem diversas aplicações alternativas em um negócio, com o objetivo de sacrificar o presente em busca de benefícios futuros (REMER; NIETO, 1995). De acordo com Queiroz (2001), a análise de investimentos é essencial para a eficiente alocação dos recursos limitados em um ambiente organizacional. Além disso, Securato (2007) ressalta que as decisões financeiras em condições de risco são determinantes para avaliar o sucesso ou fracasso da gestão financeira de uma empresa

A sobrevivência das empresas em mercados altamente competitivos está intrinsecamente relacionada à forma como essas organizações planejam estrategicamente seus negócios e dedicam a devida atenção às suas finanças (MOTTA; CALÔBA, 2002). Nesse contexto, de acordo com Lima *et al.* (2008), a geração de riqueza é a base fundamental que motiva as empresas a realizarem investimentos, buscando alcançar retornos lucrativos e sustentáveis. Moyen e Platikanov (2012) corroboram essa ideia, argumentando que para a criação de valor ou riqueza, os retornos desses investimentos devem exceder o custo dos capitais empregados, resultando em valores líquidos de resultados positivos, o que agrega riqueza tanto para os investidores quanto para os próprios investimentos.

A realização de um projeto de investimento requer uma análise econômica e financeira criteriosa e rigorosa, a qual evita abordagens empíricas que possam levar a insucessos e prejuízos. Conforme orientam Brigham e Ehrhardt (2012), é essencial considerar aspectos como custo de capital, custos operacionais, preços, rentabilidade, volumes operados, oportunidades, taxas de risco e taxas de atratividade na avaliação do projeto. Esses elementos são fundamentais para uma avaliação eficiente, reduzindo incertezas e maximizando a criação de valor para os investidores, a sociedade e a concretização bem-sucedida do projeto.

2.8.1 Taxa de Mínima Atratividade (TMA)

Segundo Gitman (2010), a TMA representa a taxa de juros que os investidores usam para calcular o valor presente dos fluxos de caixa futuros esperados de um

projeto. O TMA é uma medida importante para avaliar um projeto, pois pode determinar se o projeto é financeiramente viável, dados os riscos envolvidos.

Além disso, o TMA é usado para calcular outras métricas financeiras, como: B. Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). O VPL é calculado subtraindo o investimento inicial do valor presente dos fluxos de caixa futuros descontados usando o TMA. A TIR é a taxa de desconto que leva o VPL a zero.

De acordo com Ross *et al.* (2015), o TMA é uma medida subjetiva que varia de acordo com o perfil do investidor e os riscos associados ao projeto. Por exemplo, uma empresa com maior risco de falência pode exigir um TMA mais alto, enquanto uma empresa mais estável pode exigir um TMA mais baixo.

É importante ressaltar que a escolha de uma TMA é uma decisão estratégica que deve ser ponderada com os objetivos e a estratégia de investimentos da empresa. O TMA deve refletir a taxa de retorno esperada do investidor e deve levar em consideração os custos de oportunidade associados a outras opções de investimento disponíveis.

Em resumo, o índice mínimo de atratividade é um indicador importante na avaliação de projetos de investimento e representa o índice mínimo que um investidor exige como retorno sobre o capital investido. É uma medida subjetiva que varia de acordo com o perfil do investidor e os riscos associados ao projeto e é utilizada para calcular outras medidas financeiras como VPL e TIR. A escolha de um TMA deve ser uma decisão estratégica considerando os objetivos da empresa e a estratégia de investimentos.

2.8.2 Valor Presente Líquido (VPL)

De acordo com Ross *et al.* (2015), o VPL é calculado descontando os fluxos de caixa futuros de um projeto para a data atual. A taxa mínima de atratividade é utilizada como fator de desconto. O Valor presente Líquido é determinado pela equação abaixo:

$$PL(i) = \sum_{j=0}^n F C_j / (1 + i)^j \quad (1)$$

Onde:

- i é taxa de desconto;
- j é o período genérico ($j = 0$ a $j = n$), percorrendo todo o fluxo de caixa;
- FC_j é o fluxo genérico para $t = (0 \dots n)$ que pode ser positivo (ou seja, receitas) ou negativo (custos);
- $VPL(i)$ é o valor presente líquido descontado a uma dada taxa i ;
- n é o número de períodos

A partir disso, o valor presente do fluxo de caixa é subtraído do investimento inicial para dar o VPL do projeto.

Na Figura 1, observa-se a esquematização de VPL.

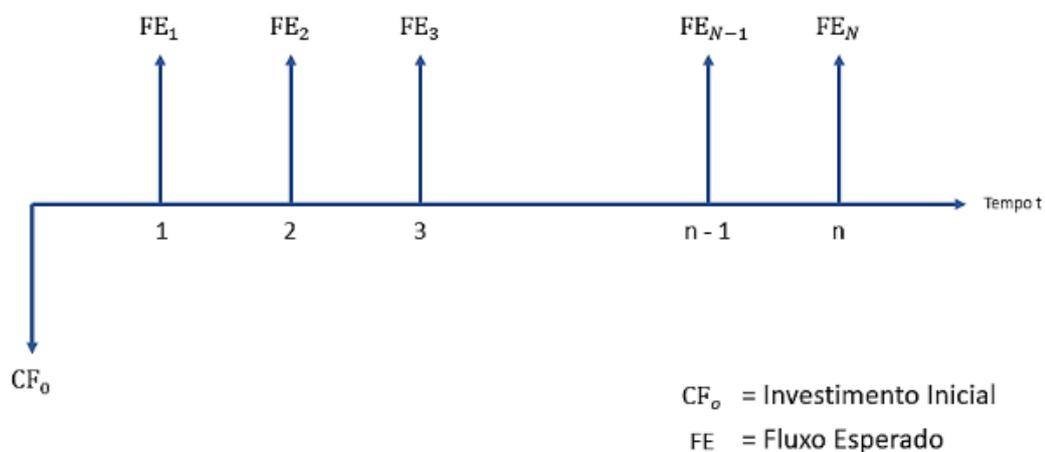


Figura 1: Esquematização de VPL.

Fonte: (NAVIO, 2021).

O VPL é uma medida muito importante porque indica a viabilidade econômica de um projeto e permite avaliar quais projetos oferecem o melhor retorno sobre o capital investido. Se o VPL for positivo, o projeto é considerado financeiramente viável, pois os fluxos de caixa futuros excedem o investimento inicial. Se o VPL for negativo, o projeto não é viável financeiramente porque os fluxos de caixa futuros não são suficientes para cobrir o investimento inicial.

Segundo Gitman (2010), o VPL supera a TIR porque leva em consideração o tamanho e a atratividade mínima de um projeto, permitindo uma avaliação mais

precisa da viabilidade financeira. Além disso, o VPL é menos suscetível a problemas como retornos múltiplos e mudanças nas taxas de juros.

2.8.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Segundo Gitman (2010), a TIR é a taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas de caixa com o valor presente das saídas de caixa, ou seja, é o valor que faz com que o fluxo de caixa descontado seja igual a zero.

Para calcular a TIR, é necessário estimar os fluxos de caixa futuros do projeto e, a partir desses valores, realizar os cálculos a partir da equação abaixo:

$$\sum_{j=0}^n FC_j \times \left[\frac{1}{1+i} \right]^j = 0 \quad (2)$$

Onde:

- i é a taxa de retorno, ou TIR;
- FC_j é o fluxo de caixa genérico para $j = [0; n]$;

Unidades devem ser % ao ano ou % ao mês.

A TIR é uma importante medida para avaliar a viabilidade de um projeto, já que indica a taxa de retorno esperada sobre o capital investido. Se a TIR for maior do que a taxa mínima de atratividade, o projeto pode ser considerado viável. Caso contrário, o projeto não é viável financeiramente.

De acordo com Brigham e Houston (2013), a TIR é uma medida importante para comparar projetos alternativos de investimento, já que permite avaliar qual projeto oferece a maior taxa de retorno sobre o capital investido. Nesse sentido, é importante destacar que a TIR deve ser utilizada em conjunto com outras medidas de avaliação financeira, como o Valor Presente Líquido (VPL), para uma análise mais completa e precisa dos projetos.

2.8.4 Payback

Segundo Gitman (2010), o retorno sobre o investimento é calculado como a soma dos fluxos de caixa gerados pelo projeto até que o valor acumulado seja igual

ao investimento inicial. A partir disso, você pode determinar o tempo necessário para amortizar o investimento inicial.

O Payback é uma métrica importante, pois permite avaliar o tempo necessário para avaliar os riscos associados ao projeto e amortizar o investimento inicial. Se o retorno do investimento for menor que a vida útil do projeto, o investimento inicial se paga em um período de tempo razoável e o projeto é considerado financeiramente viável.

Porém, é importante ressaltar que o Payback não considera o valor do dinheiro no tempo, ou seja, a taxa de desconto. Além disso, ele não pode avaliar a rentabilidade de um projeto após o período inicial de retorno do investimento.

De acordo com Ross *et al.* (2015), o retorno sobre o investimento é uma métrica útil combinada com outras métricas financeiras, como VPL e TIR. O payback pode ser usado para determinar a rapidez com que o investimento inicial será recuperado. O VPL e a TIR também podem ser usados para avaliar a rentabilidade do projeto e a viabilidade financeira ao longo do tempo.

2.8.5 Sobre as ferramentas de avaliação

Na análise de viabilidade de um negócio, a utilização da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do Valor Presente Líquido (VPL) é fundamental para a avaliação das despesas de capital. De acordo com Buarque (2011), a TIR é mais indicada para determinar o ponto de equilíbrio dos fluxos de caixa do investimento, enquanto o VPL auxilia na identificação dos excedentes que o projeto possivelmente irá gerar.

A TIR é expressa em porcentagem, enquanto o VPL apresenta um valor em dólares dos fluxos de caixa do projeto. Ross *et al.* (2011) consideram que o VPL é uma ferramenta mais eficiente para tomada de decisão em novos investimentos, uma vez que proporciona um retorno em dólares.

Por outro lado, a TIR tem sua utilidade reduzida na escolha de investimentos, pois suas taxas podem levar a uma interpretação inadequada dos fluxos de caixa futuros (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 2017).

A TIR é uma técnica mais simples de ser calculada, pois é derivada diretamente do custo original do projeto. Além disso, não é necessário determinar

previamente a taxa de desconto para utilizar a TIR, já que ela utiliza um método de tentativa e erro para descontar os fluxos de caixa até chegar a um valor presente líquido. Por outro lado, o cálculo do VPL é mais complexo, uma vez que exige a determinação de taxas de desconto, o que pode ser difícil devido a diversas variáveis que devem ser consideradas pelos planejadores financeiros.

Sendo assim, cada técnica de orçamento de capital tem suas vantagens e limitações, devendo ser utilizada de acordo com o objetivo e contexto específico da análise financeira.

Nesse estudo, a ferramenta utilizada para a avaliação econômica e determinação dos indicadores financeiros foi o Microsoft Excel. O Excel é uma poderosa ferramenta de planilha eletrônica que permite a elaboração de fluxo de caixa, cálculos de rentabilidade, projeções financeiras e análise de viabilidade de projetos. Sua versatilidade e capacidade de realizar cálculos complexos de forma eficiente e precisa tornam-no uma escolha ideal para a avaliação da viabilidade financeira da lavra de quartzito.

Utilizando o software Excel, foi possível realizar análises detalhadas dos investimentos necessários, estimativa de receitas e custos, e aplicar os indicadores financeiros relevantes para embasar a tomada de decisões estratégicas.

3 MATERIAS E MÉTODOS

No presente estudo, foi realizado um levantamento de informações pertinentes à lavra de quartzito em uma pedreira. Para a coleta e análise dos dados, foram empregados diferentes materiais e métodos, a fim de embasar de forma consistente a pesquisa realizada.

Dentre os materiais utilizados, destaca-se a consulta a fontes literárias especializadas na área de mineração e rochas ornamentais. A revisão de livros, artigos científicos e publicações especializadas proporcionou um aprofundamento teórico sólido acerca dos aspectos técnicos, geológicos e ambientais relacionados à extração de quartzito em pedreiras.

Adicionalmente, foram consultados relatórios técnicos e documentos específicos referentes a pedreiras de quartzito. Esses relatórios, provenientes de empresas especializadas, consultorias ou órgãos reguladores, forneceram informações detalhadas sobre a localização da pedreira, o contexto geológico da região, os métodos de lavra empregados, os impactos ambientais e as boas práticas utilizadas na extração do quartzito.

Para enriquecer a pesquisa, foram solicitados orçamentos e realizadas consultas junto a especialistas da área de mineração e extração de rochas ornamentais. Essas interações proporcionaram a obtenção de informações práticas, tais como os custos envolvidos na lavra do quartzito, as técnicas de perfuração e desmonte adotadas, os equipamentos utilizados e outros aspectos relevantes relacionados à operação de uma pedreira de quartzito.

A partir dessa abrangente revisão bibliográfica e da coleta de informações práticas, foi possível realizar uma análise detalhada dos custos envolvidos na lavra dessa rocha, abordando aspectos técnicos, econômicos, ambientais e de segurança. Ressalta-se que os materiais e métodos empregados constituíram a base sólida que fundamentou a presente pesquisa, contribuindo para o desenvolvimento de um estudo consistente e embasado.

3.1 Coleta e tratamento de Dados

Algumas informações foram obtidas por meio de entrevistas não padronizadas com duas empreiteiras que gentilmente se disponibilizaram para participar da pesquisa. Durante essas entrevistas, foram discutidas as dificuldades enfrentadas na abertura do negócio, o porte da empresa, os preços da mão de obra e a capacidade produtiva.

Além disso, os custos fixos foram levantados por meio de pesquisas de mercado e consulta a sindicatos, a fim de obter informações sobre os valores relativos a salários, manutenção do escritório, custos de transporte e depreciação do patrimônio.

Após a coleta dos dados, eles foram organizados e apresentados em tabelas, de forma a compor o fluxo de caixa, que demonstra as entradas e saídas de dinheiro ao longo de um ano. Os dados incluíram informações sobre investimentos iniciais, como os custos de aquisição do local físico, móveis para o escritório e ferramentas de trabalho. Também foram considerados os custos das ferramentas utilizadas pela equipe, equipamentos de proteção, despesas fixas, como salários dos pedreiros e equipe de construção por metro quadrado construído, custos de transporte dos funcionários e manutenção do espaço físico. Além disso, foram registradas as receitas de produção e construção com base na demanda apresentada pelas construtoras entrevistadas.

A fim de determinar os custos relacionados à implantação do projeto mineiro, foi realizada uma pesquisa de mercado. Essa pesquisa abrangeu os preços dos equipamentos necessários e também o valor da brita. Para a elaboração das planilhas, foram considerados os seguintes parâmetros. O método de lavra foi determinado com base em pesquisas bibliográficas, levando em consideração os custos envolvidos e as características geológicas do local em estudo.

A definição da mão de obra e dos equipamentos foi estabelecida com base na produção mínima requerida para garantir a sustentabilidade do empreendimento em análise. Essa produção mínima foi calculada através do fluxo de caixa, considerando as receitas e despesas estimadas.

A definição da produção foi estabelecida a partir da análise do fluxo de caixa.

O fluxo de caixa foi elaborado levando em consideração os custos envolvidos, como impostos e tributos, e foi agregado a planilhas eletrônicas para uma análise mais precisa.

Os índices de remuneração do capital investido foram utilizados como um atributo-chave para a determinação da viabilidade do empreendimento, avaliando a rentabilidade esperada em relação ao investimento realizado.

3.2 Método de Determinação dos Investimentos Fixos, Receitas, Custos e Despesas Operacionais

O conhecimento do *Capital Expenditure (CAPEX)* e *Operational Expenditure (OPEX)*. O CAPEX são os custos despendido com aquisição em bens de capital, por exemplo, frota de veículos. Ademais, os gastos do OPEX estão relacionados com os gastos das atividades rotineiras da empresa, como despesas tributárias, despesas com funcionários, contas, manutenção de equipamentos e outros. dos benefícios futuros esperados, expressos em termos de fluxos de caixa, assim como a distribuição desses ao longo da vida prevista do projeto é de suma importância no processo de investimento.

Conforme os conceitos de Assaf Neto e Lima (2009) os principais eventos de caixa atribuíveis às decisões de investimentos, presentes em um fluxo de caixa são: investimento inicial, receitas, custos e despesas operacionais e despesas não desembolsáveis.

Investimento inicial, de acordo com Assaf Neto e Lima (2009) é todo o desembolso inicial referente ao volume gasto de capital direcionado à geração de resultados operacionais futuros.

Os custos e despesas operacionais, segundo Assaf Neto e Lima (2009) referem-se a todas as alterações verificadas no consumo operacional de caixa determinadas pela decisão de implementação de um investimento.

É estabelecida para o intervalo de tempo anual, onde são considerados os conjuntos de itens que compõe a receita e os custos com investimentos e produção, definindo-se assim a rentabilidade do empreendimento, Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros utilizados.

Parâmetros	Valores
Produção Mensal	120.000 t / ano
Rendimento Médio	95%
Número de Turno	1 turno / dia
Número de Horas/Turno	8h
Número de Horas	176 h / mês

Fonte: (AUTOR, 2023).

4 RESULTADOS E DISCUSÃO

4.1 Método de Lavra

O responsável técnico, o qual definiu que o método céu aberto, utilizando o clássico sistema de bancadas sucessivas descendentes. A altura média das bancadas será de 10 metros, adequada para o equipamento de perfuração a ser utilizado e para garantir a segurança da mina.

Observando uma distância mínima de 10 metros entre as bancadas, ou seja, uma nova bancada só será iniciada após o avanço da bancada superior. As plataformas de apoio terão uma largura mínima de 5 metros. Determinou-se que os taludes finais com um ângulo de 70 graus em rocha.

A rocha desmontada será transferida para a bancada inferior, de onde será carregado por uma escavadeira do tipo FIAT ALLIS FH-200 e transportado por caminhões basculantes MB 1620 ou similares até a instalação de beneficiamento.

A lavra conduzida de forma escalonada, começando pelos corpos de quartzito mais próximos da instalação de beneficiamento e avançando para os corpos mais distantes. Caso seja identificada alguma dificuldade de acesso aos corpos mais distantes durante o avanço, a empresa deverá realocar a instalação de beneficiamento para uma localização mais adequada.

O desmonte do quartzito realizado com o uso de explosivos convencionais, e os furos de desmonte serão abertos por uma perfuratriz acionada por um compressor móvel a diesel. No desmonte primário, os blocos maiores serão desmontados com o auxílio de uma perfuratriz RH 658.

Na instalação de beneficiamento, o quartzito passará por um processo de britagem e classificação granulométrica, garantindo que os produtos estejam dentro das especificações de mercado.

O carregamento do produto final será realizado por uma pá carregadeira do tipo CASE W 20 ou similar, e o minério será transportado por caminhões de terceiros.

4.2 Escala de Produção e Vida Útil

Com a previsão de aquecimento do mercado a perspectiva para este tipo de produto é boa, principalmente devido á qualidade e volume das reservas desta jazida

Dentro desta perspectiva, espera-se que a empresa tenha mercado para uma produção, nos primeiros anos, de 10.000 t/mês ou 120.000 t/ano de produtos comercializados.

Considerando-se como sendo de 22 dias úteis no mês, tem-se uma produção diária de 500 t, ou seja, 45,5 t/h, prevendo-se uma jornada de trabalho efetivo de 8 h/dia, de segunda a sexta feira.

O regime de operação de trabalho na mina:

Nº de horas dia = 8 h (1 turno diurno)

Nº de Dias trabalhados = 22 dias/mês

Nº de Horas/mês = 176 h

O horário será de 7:30 h às 11:00 h e das 12:00 h às 18.00 h de segunda a sexta feira.

4.3 Investimentos e Capital de Giro

Como investimentos foram considerados despesas relacionadas com os pontos abaixo e relacionados com a Tabela 2.

- Atividades prévias (trabalhos técnico-legais para regularizações no ANM e obtenção de licenças ambientais, demais documentos legais e taxas incidentes);
- Implantação e avanço do empreendimento (pátios, acessos e sistema de drenagem);
- Aquisição de máquinas e equipamentos (extração e beneficiamento);
- Infraestrutura de apoio à produção (refeitório, banheiros, pátio manutenção e abastecimento);

- Recuperação ambiental da área (retirada de equipamentos, acertos topográficos em pátio e acessos, recuperação de solos e reposição vegetal);
- Contingências (5% do total de investimentos para cobrir eventualidades orçamentárias ou de procedimentos).
- Capital de giro

Tabela 2: Investimentos listados.

Atividades	Descrição	Total (R\$)
Atividades Prévias	Regularizações na ANM e obtenção de licenças ambientais e demais documentos legais; taxas incidentes	120.000,00
Avanços do empreendimento	Pátios, acessos e sistema de drenagem	60.000,00
Aquisição de máquinas e equipamentos	Tabela 23	3.073.800,00
Edificação de apoio	Escritório/Refeitório/Banheiro/Oficina/etc	80.000,00
Recuperação ambiental da área	Retirada de equipamentos, acertos topográficos, recomposição de solos e enriquecimento arbóreo da APP	100.000,00
Contingência	5% do total de investimentos	171.690,00
Total		3.605.490,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

O capital de giro corresponde à injeção inicial de recursos, que será recuperado ao final da vida útil, sendo calculado com base nos elementos a seguir:

- a) Recursos financeiros em caixa e depósitos bancários que permitam financiar cerca de um mês de produção;
- b) Reposição de peças;
- c) Contas a pagar referentes a compras a prazo (crédito com fornecedores) e descontos bancários;
- d) Imprevistos e eventuais.

Conforme pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3: Composição do Capital de Giro.

Descrição	Valor	TOTAL (R\$)
Peça de Reposição	5% dos valores das máquinas	117.940,00
1 mês de Produção	Custo máquinas	141.989,00
	Custo mão-de-obra	71.020,00
Contas a Pagar (Compras a Prazo)	*Estimado em 10% dos custos variáveis anuais	31.578,00
Contas a Pagar (Desconto bancário)	*Estimado em 10% dos custos variáveis	31.578,00
SUBTOTAL		394.105,00
Imprevisto, eventuais	Estimado em 5% do Subtotal	19.705,25
Capital de Giro		413.810,25

*Percentual estimado com base na taxa Selic

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.4 Receitas e Tributos

4.4.1 Receita Bruta

Os valores de comercialização do quartzito foram obtidos com pesquisa do mercado de Minas Gerais, junto as principais empresas de ferro-liga as quais utilizam a sílica em altos forno na composição dessa liga.

Assim, os preços médios em junho de 2021 foram de R\$ 95,00/t. No total deverão ser comercializadas 120.000 t / ano de quartzito, gerando uma receita bruta global de R\$ R\$ 11.400.000,00. Exemplificado na Tabela 4.

Tabela 4: Receita bruta anual.

DESCRIÇÃO	QUARTZITO (t)
Volume	120.000 / ano
Preço	95,00
Receita Bruta Anual	R\$ 11.400.000,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.4.2 Tributos – ICMS, PIS e COFINS

As despesas tributárias que incidem diretamente sobre a receita bruta anual são discriminadas na Tabela 5, correspondem a ICMS, PIS e COFINS.

Tabela 5: Tributos.

TRIBUTOS	ALÍQUOTA (12%)	TOTAL ANUAL (R\$)
ICMS	12 %	1.368.000,00
PIS	3 %	342.000,00
COFINS	0,65 %	74.100,00
	TOTAL	1.784.100,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.4.3 Receita Líquida

A receita líquida anual de R\$ 9.615.900,00 é obtida subtraindo os tributos anuais da receita bruta anual.

4.4.4 Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM

O percentual da CFEM para quartzito é de 2%, aplicado sobre o valor da receita líquida. A CFEM é descontada do lucro operacional.

$$\text{CFEM} = \text{Receita Líquida Anual} \times 0,02$$

$$\text{CFEM} = \text{R\$ } 192.318,00 / \text{ano}$$

4.5 Custo de Produção

São considerados os custos diretos e custos indiretos de produção e os custos de administração.

4.5.1 Custos diretos

Custo direto refere-se aos gastos diretamente atribuídos à produção de um bem ou prestação de um serviço específico, como matéria-prima, mão de obra direta e outros insumos diretamente utilizados no processo produtivo. Esses custos são

facilmente identificáveis e mensuráveis, permitindo uma análise precisa dos recursos financeiros empregados em uma atividade específica, contribuindo para uma gestão eficiente dos recursos e tomada de decisões estratégicas.

Observa-se na Tabela 6 os custos diretos.

Tabela 6: Custos de Mão de Obra e Encargos.

Mão de Obra	Quantidade	*Total Anual (R\$)
Engenheiro de Minas	1	144.000,00
Encarregado de Mina	1	72.000,00
Gerente Administrativo	1	57.600,00
Operador de Escavadeira	1	57.600,00
Operador Pá carregadeira	2	115.200,00
Operador da Perfuratriz AT-1159	1	43.200,00
Marteleteiro + Blaster	1	43.200,00
Motorista de Caminhão Caçamba	1	40.800,00
Motorista Caminhão Pipa	1	40.800,00
Operador de Britagem	1	57.600,00
Mecanico Soldador	1	57.600,00
Eletricista	1	57.600,00
Serviços Auxiliares	2	28.800,00
Vigia	1	37.440,00
TOTAL		853.440,00

* Valores anuais englobam 13º salário

* Os encargos sociais incidentes sobre os diferentes profissionais foram considerados como 100%, mesmo considerando o 13º salário nos montantes

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.5.1.1 Custos desmonte

Na Tabela 7, observa-se os parâmetros utilizados no plano de fogo.

Tabela 7: Parâmetros do plano de fogo.

Tipo de Cordel:	Cordel Detonante NP-10: 1.215,3 metros
Nº de retardos de 17 milissegundos	36 retardos
Nº de retardos de 42 milissegundos	08 retardos
Nº de espoletim	4 peças de espoletim de 100 metros.

Fonte: (AUTOR, 2023).

Tais parâmetros foram definidos pelo o fornecedor mediante apresentação do plano de fogo. Ademais os custos dos materiais empregados no fogo primário,

secundários e nos desmontes primários e secundários foram obtidos através dos consultores da empresa em eles serão adquiridos.

4.5.1.2 Fogo Primário

Observa-se na Tabela 8 custos anuais e mensais envolvidos no fogo primário.

Tabela 8: Custo mensal e anual por tipo de explosivo no fogo primário.

Tipo de explosivo	Massa (Kg)	Preço (R\$/Kg)	Total mensal (R\$)	Total anual (R\$)
Granulado	1.010	6,50	6.565,00	78.780,00
Emulsão	476	12,35	5.879,00	70.543,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

Observa-se na Tabela 9 os gastos mensais e anuais com cordel e espoletim no fogo primário.

Tabela 9: Cordel e Espoletim - Custo mensal e anual.

Material	Unidades utilizadas	Preço (R\$/m)	Custo mensal (R\$)	Custo Anual (R\$)
Cordel	1.215,30 metros	1,37	1.665,00	19.980,00
Espoletim	4 unidades	12,50	50,00	600,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

Observa-se na Tabela 10 os custos mensais despendidos com retardos.

Tabela 10: Custo mensais e anuais de retardos no fogo primário.

Tipo	Quantidade	Preço por unidade	Total mensal (R\$)	Total anual (R\$)
17 milissegundos	36	21,60	778,00	9.336,00
42 milissegundos	8	24,40	195,00	2.340,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

O consumo anual total de explosivos no fogo primário chega a R\$ 181.579,00.

4.5.1.3 Fogo secundário

Na Tabela 11, observa-se os cálculos do que foi despendido mensalmente e anualmente com cada tipo de explosivo.

Tabela 11: Custo mensal e anual por tipo de explosivo no fogo secundário.

Tipo de explosivo	Massa (Kg)	Preço (R\$/Kg)	Total mensal (R\$)	Total anual (R\$)
Granulado	21,77	6,50	141,00	1.695,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

Tabela 12: Cordel e Espoletim - Custo mensal e anual

Material	Unidades utilizadas	Preço (R\$/m)	Custo mensal (R\$)	Custo Anual (R\$)
Cordel	1.442 metros	1,37	1.976,00	23.706,00
Espoletim	4 unidades	12,50	50,00	600,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

Portanto, Tabela 13, observa-se o total dos custos envolvidos no fogo primário e secundário.

Tabela 13: Resumo - Custos fogo primário e secundário

Item	Preço Anual(R\$)
Granulado	78.780,00
Emulsão	70.543,00
Cordel (Fogo primário)	19.980,00
Espoletim (Fogo primário)	600,00
17 milissegundos (Fogo primário)	9.336,00
42 milissegundos (Fogo primário)	2.340,00
Granulado (Fogo secundário)	1.695,00
Cordel (Fogo secundário)	23.706,00
Espoletim (Fogo secundário)	600
Total	207.580,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.5.1.4 Desmonte Primário

Observa-se na Tabela 14 os parâmetros utilizados:

Tabela 14: Parâmetros.

Tipo	Custo horário produtivo de compressor alugado (R\$)	Trabalho médio mensal (h)	Total mensal (R\$)	Total anual(R\$)
Ar comprimido	150,00	146	13.140,00	157.680,00
Perfuratriz AT- 1159	32,00	146	4.672,00	56.064,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

Na Tabela 15, observa-se os custos dos materiais de desgaste utilizados no desmonte primário.

Tabela 15: Custos dos materiais de desgaste (desmonte primário).

MATERIAL	CUSTO R\$	VIDA ÚTIL
Bit	2.400,00	300
Luvas	600	500
Haste	5.400,00	500
Punho 2	.800,00	1.000

Fonte: (AUTOR, 2023).

Avanço médio mensal: 968 m.

Na Tabela 16, observa-se o consumo médio desses materiais.

Tabela 16 - Consumo médio de materiais.

Material	Unidade/Mês	Total de Unidades
Bit: 968/300	3,23	38,7
Conjunto luva / haste: 968 / 500	1,94	23,23
Punho: 968 / 1000	0,97	11,62

Fonte: (AUTOR, 2023).

O custo anual de materiais de desgaste é de R\$ 264.796,00, somando-se ao total de R\$ 478.540,00 do custo anual do desmonte primário.

4.5.1.5 Desmonte Secundário

Observa-se na Tabela 17 os parâmetros utilizados no desmonte secundário:

Tabela 17: Parâmetros.

Tipo	Custo horário produtivo de compressor alugado (R\$)	Trabalho médio mensal (h)	Total mensal (R\$)	Total anual(R\$)
Ar comprimido	150,00	146	13.140,00	157.680,00
Perfuratriz RH-658	10,41	107 h	1.114,00	13.366,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

Observa-se na Tabela 18 os custos dos materiais de desgaste utilizados no desmonte secundário.

Tabela 18: Materiais de desgaste (desmante secundário).

MATERIAL	CUSTO R\$	VIDA ÚTIL
Bit	1.300,00	300
Luvras	400,00	500
Haste	2.400,00	500
Punho 2	950,00	1.000

Fonte: (AUTOR, 2023).

O consultor disponibilizado pelo fabricante determinou a vida útil desses materiais a partir desses parâmetros; gral de abrasividade, regime de operação e rotina de manutenção. Tais foram disponibilizados pelo responsável técnico.

Na Tabela 19, observa-se o consumo médio desses materiais.

Tabela 19: Consumo médio de materiais

Material	Unidade/Mês	Total de Unidades
Bit 321 / 300	1,1	13,2
Conjunto luva / haste: 321 / 500	0,64	7,7
Punho: 321 / 1000	0,32	3,9

Fonte: (AUTOR, 2023).

Na Tabela 22, observa-se os custos totais envolvidos no desmante primário e secundário.

Tabela 20: Resumo - Custos Desmante primário e secundário

Descrição	Valor anual(R\$)
Desmante primário	478.540,00
Desmante secundário	247.716,00
Total	726.256,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.5.1.6 Equipamentos e consumo

Na Tabela 21, observa-se os custos dos equipamentos e consumo.

Tabela 21: Custos totais dos equipamentos e consumo.

equipamento	descrição	custo mensais (R\$)	custo anual (r\$)
Unidade de beneficiamento	Peças desgaste/manu	50.000,00	693.600,00
	E. elétrica	7.800,00	
Duas pás carregadeira	Manutenção	5.800,00	498.912,00
	Combustível	15.925,00	
Escavadeira FH 200	Manutenção	5.800,00	260.700,00
	Combustível	15.925,00	
Caminhão caçamba	Manutenção	2.500,00	167.592,00
	Combustível	11.466,00	
Caminhonete	Manutenção	900,00	16.680,00
	Combustível	490,00	
Caminhão pipa	Manutenção	1.800,00	39.564,00
	Combustível	1.497,00	
Van ducato fiat	Manutenção	1.500,00	26.820,00
	Combustível	735,00	
		Total	1.703.868,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.5.1.7 Quota de Exaustão

A quota de exaustão é função da relação entre produção anual e reserva recuperável, relação que determina o índice a ser aplicado sobre o custo de aquisição ou obtenção do direito minerário. O custo da quota de exaustão é composto:

- Regularização ANM e licenças ambientais
- Reserva (medida)

A regularização ANM e as licenças ambientais foram orçadas em R\$ 120.000,00. Ademais, a reserva medida foi determinada em 26.793.600 toneladas.

Portanto, o valor de exaustão é de R\$ 32,42/ano

4.5.1.8 Meio ambiente

Despesas mensal prevista = R\$ 8.333,00, portanto a despesa anual é aproximadamente R\$ 100.000,00

4.5.1.9 Participação do Proprietário do Solo

Taxa de 50% do CFEM, portanto a despesa anual é determinada pelo cálculo:
 $50\% \times R\$ 270.504,00 = R\$ 135.252,00$

4.5.1.10 Imprevistos

Os custos são de difícil estimar, sendo considerados como 5% das despesas acumuladas.

- Custo acumulado: R\$ 3.692.128,00.
- Custo unitário: 5% de R\$ 3.692.128,00 = R\$ 184.606,00.
- Custo Anual Imprevisto: R\$ 184.606,00.

4.5.1.11 Resumo - Custos Diretos

Na Tabela 22, observa-se o resumo dos custos diretos.

Tabela 22: Resumo dos custos diretos.

Tipo de Custo	Descrição	Total Anual (R\$)
Custos Diretos	Mão de Obra	853.440,00
	Custos Desmonte	726.256,00
	Custos Equipamentos	1.703.868,00
	Cota de Exaustão	32,42
	Meio Ambiente	100.000,00
	Royalty Proprietário do Solo	135.252,00
	Imprevistos	184.606,00
Total		3.702.254,42

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.5.2 Custos Indiretos

Custos indiretos são despesas ou gastos que não podem ser diretamente atribuídos a um produto, serviço ou projeto específico. Esses custos são compartilhados entre várias atividades ou departamentos de uma organização e não são facilmente identificáveis ou mensuráveis de forma direta, por exemplo; despesas administrativas e depreciação de equipamentos.

O percentual de depreciação dos equipamentos foi determinado pela orientação da empresa que fornecerá os equipamentos. Foi adotado a taxa Selic descontada o imposto de renda como percentual base, sendo ele de 10%

Observa-se na Tabela 23 a depreciação do investimento despendido na aquisição de equipamentos.

Tabela 23: Depreciação dos bens adquiridos.

Custos e Investimentos	Valor dos Investimentos (R\$)	Depreciação Anual (R\$)
01 Escavadeira FH-200 (usada)	600.000,00	60.000,00
01 Unidade de Britagem Completa (usada)	1.100.000,00	110.000,00
02 Pás Carregadeira W20 (usada)	600.000,00	60.000,00
01 Van FIAT Ducato (usada)	100.000,00	10.000,00
01 Veículo de Apoio VW Caminhonete (usado)	50.000,00	5.000,00
01 Perfuratriz AT-1159 (usada)	60.000,00	6.000,00
01 Perfuratriz RH-658(usada)	3.800,00	380,00
01 Caminhão Caçamba MB-1620 (usado)	200.000,00	20.000,00
01 Caminhão Pipa de 10.000 l (usado)	150.000,00	15.000,00
01 Estação de Força 350 KVA	60.000,00	6.000,00
Instalações de Apoio	80.000,00	8.000,00
Tanque óleo diesel de 10.000 l c/ bomba	70.000,00	7.000,00
TOTAL	3.073.800,00	307.380,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

Vida útil dos equipamentos – 10 anos

O valor total Depreciação = R\$ 307.380,00 /ano

Na Tabela 24, são observados os custos de despesas gerais.

Tabela 24: Custos de Despesas Gerais.

ITENS	DESPESAS
Uniformes e EPIs	10.000,00
Telefone	1.080,00
Segurança do Trabalho	15.800,00
Material Escritório	4.800,00
TOTAL ANUAL	31.680,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

Os custos totais indiretos totais, os quais são a soma das despesas gerais e depreciação, são de 339.060,00 reais ano.

4.5.3 Custo Total de Produção

Observa-se na Tabela 25 o custo total de produção.

Tabela 25: Custo total de produção.

Tipo de Custo	Total
Direto	3.702.254,42
Indireto	339.060,00
Custo Total de Produção Anual	4.041.314,42

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.6 Lucratividade do Empreendimento

A lucratividade do empreendimento é considerada antes e depois da incidência de imposto de renda e contribuição social no lucro operacional ou tributável.

4.6.1 Lucro Operacional

O lucro operacional anual de R\$ 5.382.267,58 é calculado subtraindo o custo de produção anual e a CFEM da receita líquida anual.

4.6.2 Imposto de Renda

O imposto de renda: 25%

Imposto de Renda = R\$ 1.475.560,00 / ano

4.6.3 Contribuição Social

A contribuição social é calculada com base em uma alíquota de 9% sobre o lucro operacional anual, resultando em um valor de R\$ -R\$ 484.404,08 por ano.

4.6.4 Lucro Líquido

O lucro líquido é determinado ao subtrair os valores de imposto de renda e contribuição social do lucro operacional. No presente trabalho, o lucro líquido anual é de R\$ 3.422.303,50.

4.7 Rentabilidade do Investimento

A rentabilidade anual do empreendimento está sintetizada na tabela abaixo, sendo considerada também como um demonstrativo de fluxo de caixa, observado na Tabela 26.

Tabela 26: Demonstrativo de fluxo de caixa.

Elemento financeiro	Valor (R\$)
(1) Receita Bruta Anual (Receita anual)	11.400.000,00
(2) Tributos – ICMS, PIS, COFINS	1.784.100,00
(3) Receita Líquida Anual (1-2)	9.615.900,00
(4) CFEM	192.318,00
(5) Custo de Produção Anual	4.041.314,42
(6) Lucro Operacional (3-4-5)	5.382.267,58
(7) Imposto de Renda	1.475.560,00
(8) Contribuição Social	484.404,08
(9) Lucro Líquido Anual (6-7-8)	R\$ 3.422.303,50

Fonte: (AUTOR, 2023).

Para determinar o fluxo de caixa do empreendimento, considerou-se um horizonte de 10 anos de vida útil e uma Taxa Mínima de Atratividade de 10%, que corresponde à taxa SELIC descontada pela alíquota do imposto de renda.

Conforme apresentado na Tabela 27, os cálculos para os anos de 0 a 3.

Tabela 27: Fluxo de Caixa: períodos 0-3.

DESCRIÇÃO / ANO	0	1	2	3
INVESTIMENTO	-R\$ 3.605.490,00			
REINVEST. EQUIPAMENTO				
VENDAS DE ATIVO				
CAPITAL DE GIRO	-R\$ 413.810,25			
VENDAS				
(1) RECEITA BRUTA		R\$ 11.400.000,00	R\$ 11.400.000,00	R\$ 11.400.000,00
(2) ICMS, COFINS, PIS		-R\$ 1.784.100,00	-R\$ 1.784.100,00	-R\$ 1.784.100,00
RECEITA LÍQUIDA (1-2)		R\$ 9.615.900,00	R\$ 9.615.900,00	R\$ 9.615.900,00
(4) CFEM		-R\$ 192.318,00	-R\$ 192.318,00	-R\$ 192.318,00
(5) CUSTO TOTAL DE PROD.		-R\$ 4.041.314,42	-R\$ 4.041.314,42	-R\$ 4.041.314,42
(6) LUCRO OPERACIONAL (3-4-5)		R\$ 5.382.267,58	R\$ 5.382.267,58	R\$ 5.382.267,58
(7) IR		-R\$ 1.475.560,00	-R\$ 1.475.560,00	-R\$ 1.475.560,00
(8) CONTRIBUIÇÃO SOCIAL		-R\$ 484.404,08	-R\$ 484.404,08	-R\$ 484.404,08
FLUXO DE CAIXA L. (6-7-8)	-R\$ 4.019.300,25	R\$ 3.422.303,50	R\$ 3.422.303,50	R\$ 3.422.303,50
FLUXO DESCONTADO	-R\$ 4.019.300,25	R\$ 3.111.185,00	R\$ 2.828.350,00	R\$ 2.571.227,27
SALDO	-R\$ 4.019.300,25	-R\$ 908.115,25	R\$ 1.920.234,75	R\$ 4.491.462,02
TMA	10%			

Fonte: (AUTOR, 2023).

Na Tabela 28, observa-se os cálculos para os anos 4 a 7.

Tabela 28: Fluxo de caixa: anos 4-7

DESCRIÇÃO / ANO	4	5	6	7
INVESTIMENTO				
REINVEST. EQUIPAMENTO				
VENDAS DE ATIVO				
CAPITAL DE GIRO				
VENDAS				
(1) RECEITA BRUTA	R\$ 11.400.000,00	R\$ 11.400.000,00	R\$ 11.400.000,00	R\$ 11.400.000,00
(2) ICMS, COFINS, PIS	-R\$ 1.784.100,00	-R\$ 1.784.100,00	-R\$ 1.784.100,00	-R\$ 1.784.100,00
RECEITA LÍQUIDA (1-2)	R\$ 9.615.900,00	R\$ 9.615.900,00	R\$ 9.615.900,00	R\$ 9.615.900,00
(4) CFEM	-R\$ 192.318,00	-R\$ 192.318,00	-R\$ 192.318,00	-R\$ 192.318,00
(5) CUSTO TOTAL DE PROD.	-R\$ 4.041.314,42	-R\$ 4.041.314,42	-R\$ 4.041.314,42	-R\$ 4.041.314,42
(6) LUCRO OPERACIONAL (3-4-5)	R\$ 5.382.267,58	R\$ 5.382.267,58	R\$ 5.382.267,58	R\$ 5.382.267,58
(7) IR	-R\$ 1.475.560,00	-R\$ 1.475.560,00	-R\$ 1.475.560,00	-R\$ 1.475.560,00
(8) CONTRIBUIÇÃO SOCIAL	-R\$ 484.404,08	-R\$ 484.404,08	-R\$ 484.404,08	-R\$ 484.404,08
FLUXO DE CAIXA L. (6-7-8)	R\$ 3.422.303,50	R\$ 3.422.303,50	R\$ 3.422.303,50	R\$ 3.422.303,50
FLUXO DESCONTADO	R\$ 2.337.479,34	R\$ 2.124.981,22	R\$ 1.931.801,11	R\$ 1.756.182,82
SALDO	R\$ 6.828.941,35	R\$ 8.953.922,57	R\$ 10.885.723,68	R\$ 12.641.906,50

Fonte: (AUTOR, 2023).

Observa-se na Tabela 29 os cálculos para os anos 8 a 10.

Tabela 29: Fluxo de caixa - anos 8-10

DESCRIÇÃO / ANO	8	9	10
INVESTIMENTO			
REINVEST. EQUIPAMENTO			
VENDAS DE ATIVO			
CAPITAL DE GIRO			
VENDAS			
(1) RECEITA BRUTA	R\$ 11.400.000,00	R\$ 11.400.000,00	R\$ 11.400.000,00
(2) ICMS, COFINS, PIS	-R\$ 1.784.100,00	-R\$ 1.784.100,00	-R\$ 1.784.100,00
RECEITA LÍQUIDA (1-2)	R\$ 9.615.900,00	R\$ 9.615.900,00	R\$ 9.615.900,00
(4) CFEM	-R\$ 192.318,00	-R\$ 192.318,00	-R\$ 192.318,00
(5) CUSTO TOTAL DE PROD.	-R\$ 4.041.314,42	-R\$ 4.041.314,42	-R\$ 4.041.314,42
(6) LUCRO OPERACIONAL (3-4-5)	R\$ 5.382.267,58	R\$ 5.382.267,58	R\$ 5.382.267,58
(7) IR	-R\$ 1.475.560,00	-R\$ 1.475.560,00	-R\$ 1.475.560,00
(8) CONTRIBUIÇÃO SOCIAL	-R\$ 484.404,08	-R\$ 484.404,08	-R\$ 484.404,08
FLUXO DE CAIXA L. (6-7-8)	R\$ 3.422.303,50	R\$ 3.422.303,50	R\$ 3.422.303,50
FLUXO DESCONTADO	R\$ 1.596.529,84	R\$ 1.451.390,76	R\$ 1.319.446,15
SALDO	R\$ 14.238.436,34	R\$ 15.689.827,10	R\$ 17.009.273,25
VPL	R\$ 17.009.273		
TIR	84,97%		
PAYBACK	1,39		

Fonte: (AUTOR, 2023).

Trata-se de um projeto altamente viável, uma vez que o dinheiro aplicado já daria lucro no segundo ano de atividade. Observe que a taxa interna de retorno é de 84,47%, o que é muito mais atrativo do que uma aplicação de 10%/ano no mercado financeiro.

5 CONCLUSÃO

Este TCC apresenta uma avaliação técnica e econômica de um projeto de lavra de quartzito e comprova sua viabilidade econômica, revelando condições altamente favoráveis em relação aos custos reais de mercado. A análise econômica resultou em um Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 17.009.273, demonstrando que o retorno do investimento (*PAYBACK*) será alcançado no segundo ano de operação.

Além disso, espera-se uma média anual de R\$ 192.318,00 em recolhimento de Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) e uma Contribuição Social de R\$ 484.404,08. O empreendimento também contabiliza uma depreciação de R\$ 307.380,00 por ano.

O investimento proposto será de aproximadamente R\$ 4.019.300,25 com a geração de 15 empregos diretos. Esses dados destacam a viabilidade econômica do projeto, como também seu impacto positivo na sociedade por meio da criação de empregos e contribuições tributárias.

Para um trabalho futuro, sugere-se, como próximos estudos, a elaboração de cenários e premissas diferentes dos que foram abordados neste trabalho, como por exemplo, variação de demanda, taxa de lucro esperada, sazonalidade e aumento de mix de produtos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, U.A., RUIZ, M.S., CARUSO, L.G Perfil 7- **Rochas dimensionadas e aparelhadas**. Mercado produtor mineral do estado de São Paulo. São Paulo: I.P.T., 1990. p.137 – 151.
- Almeida, L. R. **Princípios de mineração**. São Paulo: Oficina de Textos. 2012.
- Ash, R. L. (1963). “**The mechanics of rock breakage**. Pit and Quarry I”, (Aug) p. 98-112. Part , II
(Sept) p. 118-123. Part III, (Oct), p. 126-131. Part IV (Nov), pp. 109-118
- BRIGHAM, E. F.; HOUSTON, J. F. **Fundamentos da moderna administração financeira**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- BRIGHAM, E. F. & EHRHARDT, M. C. **Administração financeira: teoria e prática**. 13ª. Edição. São Paulo: Thomson Learning, 2012.
- CRUZ, L. A. C.; SOUZA, J. C. A. **Gestão da qualidade em mineração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- CURI, ADILSON. **Lavra de minas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.
- FREZATTI, Fábio. **Gestão da viabilidade econômico-financeira dos projetos de investimento**. São Paulo: Atlas, 2008
- GUAZZELLI R. S. **Análise de custos de perfuração e desmonte em mina de ferro**.Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Materiais e Metalúrgica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013
- GERMANI, Darcy José. **A mineração no Brasil**. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em:<<https://www.finep.gov.br/images/a-finep/fontes-de-orcamento/fundos-setoriais/ct-mineral/a-mineracao-no-brasil.pdf>>. acesso 31 ago. 2023
- GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. São Paulo: Pearson, 2010.
- GUPTA, A., YAN, D. S. **Mineral processing design and operations: an introduction**.Elsevier, 2016.
- Hustrulid, W. (1999). **Blasting principles for open pit mining**. Volume 1-General Design Concepts. A.A.Balkema, Rotterdam. p 382.
- Navio, Kaick Abreu. **Análise De Viabilidade Econômica De Investimento Em Equipamento Utilizando Simulação Estocástica Método De Monte Carlo: Estudo De Caso Em Mina De Fosfato**. 2021.
- LUZ, Adão Benvindo da. *Et al.* **Manual de Agregados para Construção Civil**. 1.ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2009. 245p.
- LUZ, Adão Benvindo da. *Et al.* **Tratamento de Minérios**. 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2010. 960p.
- MENEZES, R. G.; LARIZZATTI, J. H. **Rochas ornamentais e de revestimento: conceitos, tipos e caracterização tecnológica**. Rio de Janeiro: UFRJ, p. 14, 2005.

- MOTTA, R. R. & CALÔBA, G. M. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- MOYEN, N. & PLATIKANOV, S. **Corporate investments and learning**. Review of Finance, 2012.
- NUNES MARQUES, Marcos. **Relatórios de Serviços de Lavra de Granito Ornamental**. Relatórios restritos da Pedreira Escola. Ruy Barbosa. Bahia. 2004
- NETO, Alexandre Assaf; LIMA, Fabiano Guasti. **Curso de administração financeira**. São Paulo: Atlas, 2009
- PAULA, F. A. (2008). **Análise da aplicação de métodos de lavra seletiva em minas de calcário**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG.
- PEITER, C.C. et al. **Rochas Ornamentais no século XXI: bases de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras**. Rio de Janeiro: Cetem/Abirochas. 150p, 2001.
- PENA, J. A. **Métodos de lavra a céu aberto**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2006.
- Paterson, L. B. **Drilling Efficiency and the Associated Benefits to the Mining Process**. In: International Society of Explosives Engineers Annual Conference, 26. 2000. Anais Eletrônicos ISEE General Proceedings & 2000 Research Proceedings. Anaheim. 2001. CD-ROM.
- REIS, Renato Capucho; SOUSA, Wilson Trigueiro de. **Métodos de lavra de rochas ornamentais**. Rem: Revista Escola de Minas, v. 56, p. 207-209, 2003
- RICARDO, H. S.; CATALANI, G. **Manual prático de escavação: terraplenagem e escavação de rocha**. 3. ed. São Paulo: Editora Pini, 2007
- ROSS, S. A. *et al.* **Administração financeira: corporate finance**. São Paulo: Atlas, 2015.
- ROSS, S. A.; WERTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D. **Princípios de administração financeira**. 9ed. São Paulo: Amgh, 2013.
- SANTOS, J. R.; SILVA, C. C. A. **Métodos de lavra de minas a céu aberto**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. Anais. Fortaleza: ENEGEP, 2015. p. 46-53.
- SECURATO, J. R. **Crédito: análise e avaliação do risco**. 4ª Edição. São Paulo: Saint Paulo, 2007.
- SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- SOUZA, Petain A. **Avaliação econômica de projetos de mineração: análise de sensibilidade e análise de risco**. Edição Revisada. Petain Ávila de Souza-Belo Horizonte. 2005
- REMER, D. S. & NIETO, A. P. **A compendium and comparison of 25 project evaluation techniques. Part 1: Net present value and rate of return methods**. International Journal of Production Economics, v. 42, n. 1, 1995, pp. 79-96
- QUEIROZ, J. A. **Aplicação do valor no risco (VAR), do modelo de precificação dos ativos de capitais e da teoria de precificação por arbitragem na avaliação**

económica dos projetos de investimento em condições de risco. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção Mecânica, Campus de São Carlos, Brasil. 2001.

VALE, R. B. **Introdução à lavra a céu aberto.** Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2011.

XAVIER, Mariana Sans Carvalho. **Equipamentos de Fragmentação: uma revisão avaliando circuitos alternativos para moagem de finos.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Minas Gerais.2012. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9CAJ7H>. Acesso em: 31 de ago.2023.