



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS



JOÃO VITOR CAMPOS ROBSON

**RESERVA E ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE LAVRA DE
ROCHAS ORNAMENTAIS**

Ouro Preto
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

JOÃO VITOR CAMPOS ROBSON

**RESERVA E ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE LAVRA DE
ROCHAS ORNAMENTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado do curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia de Minas, sob orientação do Prof. Dr. Felipe Souza.

Ouro Preto

2022



FOLHA DE APROVAÇÃO

João Vitor Campos Robson

Reserva e viabilidade econômica de lavra de rochas ornamentais

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

Aprovada em 06 de Julho de 2023

Membros da banca

Prof. Dr. Felipe Ribeiro Souza – Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. M.Sc. Gleicon Roberto de Sousa Maior – Instituto Federal do Espírito Santo
Prof. M.Sc. Juliano Tessinari Zagôto – Instituto Federal do Espírito Santo

Felipe Ribeiro Souza, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 11/08/2022



Documento assinado eletronicamente por **Felipe Ribeiro Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/08/2022, às 11:10, 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 **0378234** e o código CRC **04CF98E6**.

RESUMO

O trabalho aborda a importância da pesquisa mineral e do estudo de viabilidade econômica para garantir a saúde e o retorno financeiro dos investimentos a serem realizados. O objetivo geral foi elaborar um estudo de viabilidade econômica de estimativa de reserva para lavra de rocha ornamental. Além da revisão bibliográfica sobre o tema, foi realizado um estudo de caso que contou com ferramentas de avaliação de jazidas e planejamento de mina para demonstrar a viabilidade econômica do projeto e o impacto financeiro de um aumento na recuperação proposto por realização de cortes orientados pelas tensões atuantes no maciço rochoso para reduzir o aparecimento de fraturas por alívio de tensão. Realizou-se o modelamento do corpo geológico com o uso do software Micromine para determinação do recurso, em seguida é feito o sequenciamento da lavra pelo software NPV Scheduler para estimativa da reserva. Foram elaborados dois cenários baseados em diferente recuperação de lavra: Lavra com orientação de cortes considerando a tensão principal e lavra com direção de corte sem considerar as tensões atuantes no maciço. A análise de viabilidade financeira considerando os investimentos necessários foi realizada posteriormente com uso de planilha eletrônica. Foi possível concluir que considerando os dados e premissas descritos, o empreendimento em questão de mineração de mármore com fim de venda de blocos para uso como rocha ornamental e de pedra marroada se mostrou economicamente viável. A lavra considerando as tensões apresentou indicadores financeiros significativamente superiores aos da lavra sem análise de tensões, demonstrando a importância de se selecionar o melhor método de lavra, devido ao impacto das diferenças de recuperação propostas. Indicando que a lavra considerando o alívio de tensão é mais adequada financeiramente. Com as análises realizadas tais como o modelamento do corpo geológico, bem como o sequenciamento da lavra, proporciona ao empreendimento uma redução no risco e otimização dos ganhos devido a maior previsibilidade de produção, envolvendo os respectivos produtos, faturamento e custos.

Palavras-chaves: Rocha ornamental; Lavra; Planejamento; Viabilidade.

ABSTRACT

The study addresses the importance of mining planning and the importance of economic feasibility studies to ensure the health and financial return of the investments made, in addition to resolving the damage caused to the environment. The general objective was to elaborate an economic feasibility study of reserve estimation for ornamental stone mining. In addition to the bibliographic review on the subject, a case study was carried out using deposit assessment and mine planning tools to demonstrate the economic viability of the project and the financial impact of an increase in recovery proposed by carrying out voltage-oriented cuts. acting on the rock mass to reduce the occurrence of stress relief fractures. Modeling of the geological body was carried out using Micromine software to determine the resource, then mining sequencing is carried out by the NPV Scheduler software to estimate the reserve. Two scenarios were developed based on different mining recovery: Mining with shear orientation considering the main stress and mining with shear direction without considering the stresses acting on the massif. The financial feasibility analysis considering the necessary investments was carried out later using an electronic spreadsheet. It was possible to conclude that considering the data and premises described, the enterprise in question of mining marble with the purpose of sale as ornamental stone and boulders for industry proved to be economically viable. Mining considering stresses presented financial indicators significantly higher than those for mining without stress analysis, demonstrating the importance of selecting the best mining method, due to the impact of the proposed recovery differences. Indicating that mining considering stress relief is more financially adequate. With the analyzes carried out such as the modeling of the geological body, as well as the sequencing of the mine, it provides the enterprise with a reduction in risk and optimization of gains due to greater production predictability, involving the respective products, billing and costs.

Keywords: Ornamental stone; Mining; Planning; Viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de Lavra de matacões.....	18
Figura 2 - Lavra de granito no maciço rochoso	19
Figura 3 - Fluxo para produção de rochas ornamentais.....	21
Figura 4 - Lavra a céu aberto de rochas ornamentais.....	25
Figura 5 - Lavra de rocha ornamental por desabamento	26
Figura 6 - Lavra seletiva.....	28
Figura 7 - Lavra de matacão em extração de rocha ornamental.....	29
Figura 8 - Lavra por bancada	30
Figura 9 - Lavra tipo fossa.....	31
Figura 10 - Lavra tipo poço.....	32
Figura 11 - Lavra subterrânea de rocha ornamental	33
Figura 12 - Direção de NE para NNE com a zona de cisalhamento Guaçuí	44
Figura 13 - Descrição dos furos de sondagem	46
Figura 14 - Posicionamento dos furos de sondagem	47
Figura 15 – Modelo de blocos	48
Figura 16 – Modelo de blocos com furos de sondagem.....	48
Figura 17 - Reserva Mineral.....	48
Figura 18 - Sequenciamento de Produção Com Direção de Corte Orientada pela Tensão Principal.....	49
Figura 19- Sequenciamento de Produção Com Direção de Corte Não Orientada Pela Tensão Principal	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de Viabilidade Financeira Para Lavra Com Direção de Corte Orientada Pela Tensão Principal.....	Erro! Indicador não definido.
Tabela 2 - Análise de Viabilidade Financeira Para Lavra Com Direção de Corte Não Orientada Pela Tensão Principal	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2.2 JUSTIFICATIVA	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 HISTÓRIA DA LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS	12
3.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS	16
3.3 MÉTODOS DE LAVRA.....	22
3.3.1 Lavra a céu aberto	24
3.3.1.1 Lavra por desabamento	25
3.3.1.2 Lavra seletiva	27
3.3.1.3 Lavra de matacões	28
3.3.1.4 Lavra por bancadas	29
3.3.1.5 Método de Lavra Tipo Fossa	30
3.3.1.6 Método tipo poço	31
3.3.2 Lavra subterrânea	32
3.4 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS	34
3.4.1 TIR (Taxa Interna De Retorno)	36
3.4.2 TMA (Taxa De Mínima Atratividade)	36
3.4.3 PAYBACK	37
3.4.4 VPL – (Valor Presente Líquido)	38
3.4.5 Sobre as ferramentas de avaliação	39
4 METODOLOGIA	41
5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	44
5.1 GEOLOGIA REGIONAL	44
5.2 DADOS TÉCNICOS	46
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
7 CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

É sabido que, no campo da indústria mineral, uma característica notável para aproveitamento do bem de capital considerado exaurível e não renovável, configurando como distinção primordial das outras indústrias. Como pano de fundo para a presente pesquisa, tem-se o contexto de exploração de rochas ornamentais, que muitas vezes tem as atividades pertinentes ao planejamento da mineração feitas de modo subjetivo, podendo trazer algumas ocorrências de falhas ou mesmo, não existir.

Há uma metodologia empírica aplicada para os empreendimentos mineiros de rochas ornamentais. São realizadas abertura de frentes de lavras sem estudos prévios e sem análises de viabilidade adequadas, colocando em risco o retorno do investimento. Pois não é realizado uma avaliação adequada do potencial produtivo das jazidas em questão.

É reconhecido, como um dos desafios para o planejamento de lavra de rochas ornamentais, aquele que está ligado ao conhecimento da morfologia dos maciços rochosos onde estão as jazidas. As estruturas do maciço envolvem o arranjo espacial da rocha e também a relação com a rocha encaixante.

Cardu (2016) descreve que os maciços rochosas destinados às rochas ornamentais resultam dos mais diferentes tipos de gênese geológicas e acabam sofrendo influência de força tectônicas, além de também sofrerem forças gravitacionais.

Assim sendo, Menezes (2005) menciona que os aspectos supracitados acaba gerando um conjunto de nuances, quer sob aspectos regional, local ou mesmo em escala microscopia, que podem estar ligados às estruturas tectônicas geradas em um fluxo plástico, citando as foliações; dobramentos, lineamento e cisalhamento.

A ação de intempéries físico-químicos nas rochas, produzem entraves relacionados à instabilidade e possibilidade de baixa recuperação dos blocos lavrado. Ribeiro (2005) expõe alguns aspectos de descontinuidade entendidos como determinantes para caracterizar o maciço para fins ornamentais e estes

critérios abarcam a orientação espacial; a continuidade da estrutura, também chamada persistência; a quantidade volumétrica da junta; a morfologia da superfície da fratura; a forma e a natureza do preenchimento, além da abertura entre superfícies opostas e a conectividade entre elas.

Buscando reduzir esses gargalos pertinentes à extração dos blocos em condições de comercialização Paula (2008) menciona que a investigação de superfície somadas a mapeamento geológico estrutural de detalhes são elementos imprescindíveis para assegurar o sucesso do empreendimento.

Os estudos de Vidal, Castro e França (2014) e Binda (2021) também se voltaram a importância dos estudos de viabilidade econômica para a exploração de rocha ornamental. Nas palavras de Binda (2021, p.6) “a recuperação média nas pedreiras de quartzito varia muito de material para material, podendo em alguns casos atingir valores que não passam dos 20%”.

Outros estudos que seguiram nessa mesma linha de pensamento foram de Baudson (2008) e Fazolo (2014) destacando a necessidade e os benefícios de se realizar uma análise econômica de pedreiras de rochas ornamentais por se tratar de empreendimento de alto risco.

Em como que serão também expostas ao longo deste estudo as Barreiras iniciais enfrentadas pelo minerador que busca a implantação deste tipo de empreendimento mineiro, de modo que se possa compreender melhor quais são os aspectos que implicam no investimento inicial e também da própria rocha a ser lavrada, considerando todos os valores pertinentes a dinâmica de funcionamento das pedreiras.

Isso porque, quando levantados os pormenores estruturais do maciço rochoso, se tem a possibilidade de aplicação da ferramentas específicas de modelagem geológica para o estudo do maciço e assim, do planejamento na sua lavra, aspecto constatadamente positivo para o projeto de lavra de uma determinada mina por apresentar dados técnicos para o nível de produção desejado; dimensionamento total dos equipamentos e instalações, além do cálculo dos custos da totalidade das etapas e sequência das atividades, dentre outras.

Em geral, o planejamento de lavra realizado é em longo prazo, não considerando os aspectos texturais e estruturais das rochas, contudo, o planejamento de lavra em curto prazo e médio prazo exige trabalho de

modelagem de detalhes das jazidas, com estudos de falhas; fraturas e texturas das rochas, sendo elementos essenciais ao estudo de corte de blocos, buscando alcance de efeitos estéticos específicos e também, o aumento da recuperação na lavra dos blocos. Deste modo, sua exploração não pode acontecer de maneira aleatória e irracional.

Quando se fala em estudos de viabilidade econômica, tem-se uma clara referência ao desenvolvimento sustentável que pode garantir a saúde e o retorno financeiro dos investimentos feitos além de também dirimir os danos provocados ao meio ambiente.

Nesse sentido é que se apresenta como resultados deste estudo, os critérios para a determinação dos investimentos em uma estimativa do custo operacional para a mina de extração de rocha ornamental em cálculos, de modo subsidiar a atividade de exploração do mineral em questão, especialmente na fase de operação da pedreira. Baseando-se em um empreendimento de mineração de mármore proposto, buscando a venda de blocos de para uso como rocha ornamental e de pedra marroada, este se mostrou economicamente viável.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral é apresentar um estudo de viabilidade econômica de um empreendimento de mineração em rocha ornamental para subsidiar o processo decisório de projeto de mineração para a maximização do retorno econômico.

2.1 Objetivos específicos

Como objetivos específicos tem-se:

- Expor uma breve pesquisa acerca das rochas ornamentais, sua história e os tipos de lavra comuns na atividade extrativa mineral;
- Apresentar uma estimativa de reserva;
- 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.

2.2 Justificativa

Apesar de o uso de rocha ornamental ser antigo e aumentar continuamente ao longo dos anos, pode-se observar uma defasagem de aplicação de conhecimento técnico nas operações de lavra deste material. A realização de atividades sem o adequado estudo prévio que possa atestar a viabilidade econômica do empreendimento pode levar a falência. Sendo assim, se justifica a realização deste trabalho, com fim de contribuir para o setor demonstrando a importância de se estudar o maciço rochoso bem como sua viabilidade econômica antes de se iniciar um empreendimento mineiro.

Muitas atividades de lavra são executadas sem muito estudo e com métodos pouco tecnológicos. Os empreendimentos minerários apresentam retornos muito inferiores aos seus potenciais, chegando, muitas vezes a serem fechados por baixa lucratividade, demonstrando a relevância do tema proposto.

Acredita-se que a realização desse estudo propiciará o conhecimento do maciço a ser lavrado é de suma importância para o sucesso de uma mina. Dentre as informações a serem levantadas no processo de estudo, está a caracterização estética da rocha, a cubagem da reserva, as análises físico-químicas e a classificação geomecânica do maciço. Tendo em vista que, principalmente, o último ponto usualmente não recebe a atenção devida pelos empreendedores do setor, surge o objetivo deste trabalho: expor a importância da análise de tensões para lavra de rocha ornamental.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 História da lavra de rochas ornamentais

A história da extração e lavra de rochas ornamentais tem sua origem nos primórdios da civilização, com o emprego da pedra pelo homem desde a pré

história na fabricação de utensílios domésticos, armamento para caça e guerra e até como objetos religiosos (SPÍNOLA, GUERREIRO; BAZAN, 2016).

Séculos depois, cerca de 10.000 a.C., as pedras foram usadas como material de construção nas edificações religiosas e, a partir de 8.000 a.C. ampliou-se para as moradias e construções dos governantes e muros de defesa das cidades, marcando a história da humanidade (CARANASSIOS; CICCUCI, 1992).

Menezes (2005) relata que, em especial, na região da Mesopotâmia e no Egito, a cultura envolvendo o uso das rochas perdurou e alcançou as estátuas, entradas de grandes templos dos faraós, deuses e outros. O especialista menciona a ampla utilização de rocha calcária muito fina, entalhada minuciosamente e pintada com fortes cores, além das rochas de mais fácil polidez, mais rígidas, como granito vermelho e quartzito rosa (ou preto).

É nesse sentido que Nunes Marques (2004) descreve o uso das pedras em grandes esculturas, significando um importante marco histórico, quando envolveu um emprego das rochas tal como o propósito ornamental, em que a concepção de determinadas propriedades envolvendo a textura e a cor dos mármore, que deram forma as estátuas que representavam uma figura humana em tons bastante aproximados da pele.

Esta prática ocorreu durante a cultura naturalista da Grécia antiga, e, como descreve Matta (2003), resultou em uma ampla produção artística e arquitetônica ao longo do período Clássico da cultura grega. O referido autor menciona ainda o fato dos gregos utilizarem as pedras de mármore em espaços públicos, quer como escultura, quer como arquitetura. Contudo, é necessário lembrar o uso que foi dado pelos romanos na esfera privada, trazendo o caráter e status de riqueza daqueles que eram os proprietários.

No período da antiguidade, a utilização das rochas ornamentais passou a ser bastante restrita, especialmente em razão do sistema de propriedade das minas e dos recursos que eram disponíveis naquele período. No antigo Egito, o local, isto é, jazidas ou Minas de onde se retiravam as rochas ornamentais eram propriedades dos faraós e, na Grécia Clássica, elas eram propriedades das cidades-estados, no contexto da legislação romana e do Império Bizantino, a propriedade das minas e jazidas era do tesouro do imperador (SPÍNOLA, GUERREIRO; BAZAN, 2016).

Segundo Matta (2003), a relação de propriedade das jazidas e das minas trazia também, a característica da técnica de extração à época, além do próprio pessoal considerado especializado na prática de extração e beneficiamento primário da rocha. As atividades eram feitas por um grande número de escravos, fazendo uso de ferramentas, instrumentos e até mesmo de técnicas bastante incipientes.

Duarte (1994) explica que os métodos e também as técnicas criadas na Grécia e no Egito, passaram a ser disseminadas e seguiram em uma evolução em conjunto com a própria expansão do Império Romano na Europa, fortalecendo e propagando a tecnologia mediante seus domínios, tal como ocorreu no uso dos mármore em Portugal e na Itália, ainda que houvesse registros do seu uso ainda no século XVIII a.C., estão a ser largamente exportados para Roma e suas províncias.

De início, Roma utilizava o mármore do tipo travertino, encontrado nas proximidades da cidade e, sendo um incremento de suas construções o uso dos mármore encontrados nas colônias, como ocorreu no período da ocupação da Península Ibérica e os mármore do norte do Alentejo, chamado de Anticlinal de Estremoz, tempo em que se registrou os usos iniciais para além das regiões originalmente produtoras (CARANASSIOS; CICCUI, 1992).

Em seguida, Nunes Marques (2003) explica que os romanos passaram a deslocar a sua mão de obra escrava, passando então a realizar atividade extrativa de mármore nas Montanhas Apuanas, em que o centro é o famoso mármore Carrara, de onde se tem atividade extrativa dessa rocha até os dias atuais sendo reconhecidamente os mais famosos mármore de todo mundo. Diversas, celebridades e personalidades importantes da época, como Michelangelo, buscavam, pessoalmente, nas montanhas apuanas, A escolha daquele que seria o melhor local para extrair o mármore que serviria de material para suas obras.

Segundo Abreu, Ruiz e Caruso (1990), regulamentar a utilização do subsolo tal como propriedade pública, apenas teve início em meados do período medieval, cuja disseminação se deu de maneira mais enfática, na Idade Moderna, contudo, o regime de concessão do direito de lavra concedido a iniciativa privada já era uma característica existente no mesmo período e foi o que fez com que houvesse um avanço e o próprio desenvolvimento da

atividade extrativa mineral, especialmente no último século da Idade Média, considerando uma tradição técnico-profissional na extração e no beneficiamento de rochas ornamentais que ainda traz heranças até os tempos atuais.

Segundo Duarte (1994), ao passo que as construções mais suntuosas, a exemplo das grandes catedrais edificações públicas e nobres palácios medievais especialmente vistos na Itália acabaram por impulsionar o emprego do mármore como material nobre quer na arquitetura, quer na arte. Contudo, foi no ápice do período renascentista que novos e materiais diferentes, com cores diversificadas acabaram por oferecer um notório rompimento entre o universo antigo e o novo no que se refere à utilização das rochas ornamentais.

O período histórico de transição dos séculos XVI e XVII, foi marcado também por diferentes governos que receberam expressiva quantidade de pedidos de concessão de lavra de mármore em cores diversas, que até então era um desconhecidas. A maior parte aconteceu em regiões que foram conhecidas como novas províncias minerais em potencialidade de produção que não foi considerada segura (GROSS, CHIODI, 1992).

Os referidos materiais passaram então, a apresentar policromias embutidas na arquitetura daquele período, período, especialmente na arquitetura barroca. A então preferência por rochas que apresentavam cores exóticas passou então a decair a partir de meados do século XVIII, diante tinha uma mudança do próprio estilo da arquitetura neoclássica redescobrimo a utilização do mármore branco (SPÍNOLA, GUERREIRO; BAZAN, 2016).

Segundo Nunes Marques (2004), com o surgimento da arquitetura colonial como um segmento do estilo neoclássico, a utilização do mármore branco se disseminou de forma intensa na região mediterrânea e na América do Norte, que há pouco tempo havia declarado sua independência, despontando no panorama mundial como uma terra rica e promissora.

Já no século XIX, Alencar, Caranassios e Carvalho (1996) mencionam que o consumo de mármore cresceu significativamente, contudo, este acréscimo não ocorreu mediante a utilização qualitativa do material. Os autores explicam que, em geral, aumento no emprego do mármore foi verificado pelo seu intenso uso como artefato estrutural em construções de moradia suburbana para a classe média que despontava.

Ao fim do século XIX, começo do século XX, trazendo o uso da mecanização nas atividades extrativas e de beneficiamento do mármore mediante a utilização do fio helicoidal, e, posteriormente, do tear, na divisão do bloco em chapas, a utilização do mármore na arquitetura mostrava-se mais frequente como elemento estrutural do que ornamental (GROSS, CHIODI, 1992).

Já com a chegada do aço e do concreto armado, além das novas técnicas de extração e beneficiamento, Nunes Marques (2003) descreve que o mármore passa a contar com aplicação mais frequente como revestimento, decoração e de proteção das construções. O autor menciona que, no século XX, em razão das novas tecnologias, materiais mais duros começam ser empregados também como revestimentos, criando o mercado de granitos comerciais, abarcando ampla variedade de materiais silicáticos de cores e texturas diferenciadas, tal como ocorre com os granitos brasileiros.

3.2 Considerações sobre a lavra de rochas ornamentais

De acordo com Duarte (1994), a lavra das rochas ornamentais refere-se à uma atividade que tem um propósito de remover o material útil ou considerado economicamente aproveitável dos maciços rochosos ou dos chamados matacões. O autor explica ainda que o resultado da etapa de lavra ou extração são os blocos de arestas, em formato próximo de retângulos, com dimensões diversas que buscam seguir ou chegar perto, o máximo possível, daquelas que ofertem melhor aproveitamento do material e a máxima utilização da capacidade produtiva dos equipamentos nas fases de beneficiamento.

Nas palavras de Abreu, Ruiz e Caruso (1990), pode-se compreender a atividade mineral com margem esperada de desenvolvimento, em especial, a extração de rochas ornamentais também cumpre a determinadas etapas para a sua execução:

As principais delas são a prospecção - para localização ou identificação da ocorrência mineral de rocha ornamental; a pesquisa mineral - para avaliação do potencial de aproveitamento da jazida e para levantar dados e informações que permitam fazer o melhor planejamento da lavra; a lavra - que é a atividade produtiva da extração desenvolvida aplicando-se metodologias apropriadas às

características do material e da formação geológica da jazida; e, por último, a recuperação da área degradada (ABREU, RUIZ; CARUZO, 1990, p.26).

A maior parte das rochas ornamentais, principalmente aquelas rochas destinadas a uso em revestimento especificadas pela Associação Brasileira De Normas Técnicas, a ABNT é conceituada rochas ornamentais submetidas a diversos níveis ou tipos de beneficiamento, resultam e blocos de tamanho grande, com volumes de 8 a 12 m³, estes divididos em chapas que, depois do polimento ou tratamento superficial, são comercializadas para serem transformadas em ladrilhos ou placas de revestimento, podendo ainda, serem transformadas em peças ornamentais, como pias, sanitários, tampos de mesa, bancadas etc.,

De acordo com Nunes Marques (2004), ainda são vistos outros tipos de Lavras de rochas de revestimento principalmente aqueles utilizados em pedras foliadas a citar os quartzitos, ardósias, e demais como gnaisses ou calcários, sendo separados em placas de modo simplificado. O autor explica que os referidos materiais têm a produção feita, em geral utilizando tecnologias semi mecanizadas ao citar o uso de serras de piso para cortar bloquetes, de tamanho quase padrão 40 cm x 40,50 cm x 50 cm, sendo posteriormente deslocadas de modo manual.

Cabelo et al., (2012) mencionam a extração dos blocos de rochas ornamentais serem feitas tanto pelo método de lavra à céu aberto como pelo de lavra subterrânea, em que o primeiro acontece em maior frequência, seguindo uma subdivisão em dois grandes grupos: lavra de matacão e lavra de maciço exemplificados nas Figura 1:



Figura 1 - Exemplo de Lavra de matacões
Fonte: CHIMICA EDILE DO BRASIL, 2011.

A lavra de matacão exemplificada acima, pode ser feita extraindo blocos comercializáveis de corpos arredondados de rochas que foram deslocadas do maciço, por erosão e irregulares, quer de tamanho, quer de distribuição espacial.

Já Figura 2 exemplifica a lavra do maciço revelando maior incidência e é feita tal como próprio nome sugere, de modo direto no maciço rochoso, em que o último teve definição como o conjunto desenvolvido pela matriz rochosa e pela totalidade as descontinuidades nela presentes.



Figura 2 - Lavra de granito no maciço rochoso
Fonte: Ribeiro, 2005.

Abreu, Ruiz e Caruso (1990) explicam que a lavra e mas isso pode ser feita em pedreiras a céu aberto, como o caso mais comum, e em pedreiras subterrâneas. Ressalta-se que as pedreiras a céu aberto, instaladas em maciços rochosos, são reunidas em:

- Pedreiras em cava sobre terrenos planos
- pedreiras em encostas de terrenos inclinados
- pedreiras de nivelamento

Existem configurações de pedreiras diversas, distribuídas em muitos países produtores, em que se tem a presença de vários tipos litológicos e que sofrem implicações por fatores geomorfológicos. Na Itália, a título de exemplo, diversas lavras são desenvolvidas em áreas montanhosas caracterizadas por relevos pronunciados, oferecendo ampla visibilidade às frentes de lavra abertas no topo ou em meia encosta (CARANASSIOS; CICCUCI, 1992).

A cita situação é o que ocorre na zona de ocorrência do mármore de Carrara, em que os relevos se mostravam, em sua maioria, alterados em razão das operações de lavra, que imprimem um aspecto específico à paisagem. Já nas zonas de planície, as colisões acerca da paisagem mostra-se menos

evidente, até porque, as pedreiras tendem a acontecer em profundidade (SOUZA, 2005).

Não obstante, ocorre o aumento de entraves de interação com os centros urbanos provocando problemas nas atividades econômicas a citar a agricultura, expansão territorial urbana e industrial, turismo dentre outros como os de cunho protetor, especialmente a água. Assim sendo, as medidas de recuperação ambiental ou de recuperação das áreas para usos alternativos são simplificadas e estimuladas e, em geral, geram vantagens para a coletividade como acúmulo de recurso hídrico, descarga em maior controle de rejeitos, atividades industriais alternativas, dentre outros.

Ribeiro (2005) descreve como exemplo que ocorre no Brasil, expressiva diversidade de jazidas de granitos, mármore e afins (ardósias, quartzitos, basaltos e conglomerados), com ampla disponibilidade de multiplicidades litológicas difundidas por boa parte do território brasileiro. Os mais importantes estados produtores de rochas ornamentais estão na região sudeste e nordeste do país, nos estados de Espírito Santo, Minas Gerais, Bahia, Ceará e Paraíba.

Souza (2005) da escreve que como característica do Brasil, as jazidas de mármore, granitos e rochas afins em geral, contam com reservas muito superiores às meras atividades produtivas e os volumes de interesse dependem, em especial, da geometria dos limites da reserva geológica ou das demandas técnicas dispostas pelo método de lavra e das tecnologias de corte.

Em geral, a duração das atividades de lavra em uma dada jazida é maior do que os tempos de amortização dos equipamentos utilizados, que são móveis, a citar: “equipamentos de perfuração, de movimentação e transporte montados sobre pneus ou esteiras, equipamentos de corte, dentre outros”. Ou, também, os chamados semifixos: “redes de distribuição de energia e ar comprimido, instalações de movimentação de cargas, dentre outros”, ou seja, transferíveis em conformidade com a evolução da lavra (REIS, 2003).

Segundo a publicação da Stonebank (2019, p.2), a extração de rochas ornamentais pode ser assim resumida:

Geralmente, os blocos de rocha produzidos têm medidas de, aproximadamente, 6 a 12 metros cúbicos. Os blocos de rochas ornamentais são transportados da pedreira por meio de máquinas pequeno para médio porte ou por caminhões fora-de-estrada. São realizados processos de movimentação de carga, como tombamento,

estocagem, carregamento dos blocos e remoção de estéril (rochas não minerais) e rejeitos. Depois, passam por três processos de beneficiamento, para o acabamento das rochas ornamentais, até etapa de instalação nas obras. O beneficiamento primário, onde os blocos extraídos são desdobrados em chapas ou tiras de espessuras diversas, processo denominado de serrada, onde é utilizado máquinas diamantadas, teares multi-fio ou teares de lâmina. No beneficiamento secundário, onde o material é telado e resinando, para melhor estruturação, selamento e melhoria no acabamento, para assim seguir para a parte final desta etapa, o polimento, onde é dado o brilho no material. O terceiro e último beneficiamento é o corte das chapas, onde são recortadas e feito o acabamento final das peças a serem aplicadas nas obras, como pancadas, pisos, roda pés, pingadeiras, painéis, bordas de piscinas, escadas, entre outras. Finalizada toda as etapas de produção, as peças finais são embaladas e disponibilizada para envio a obra.

Nesse sentido, se destaca que as jazidas podem ser subdivididas em projetos para fatias delimitadas considerando as características geoestruturais ou baseando-se em áreas de ações de possíveis sistemas de carregamento e movimentação semifixos, dando forma as unidades produtivas da pedreira. O método de lavra acaba indicando os tipos segundo cada volume que será lavrado (SPÍNOLA, GUERREIRO; BAZAN, 2016).

A Figura 3 resume as etapas para a atividade de exploração de rochas ornamentais:

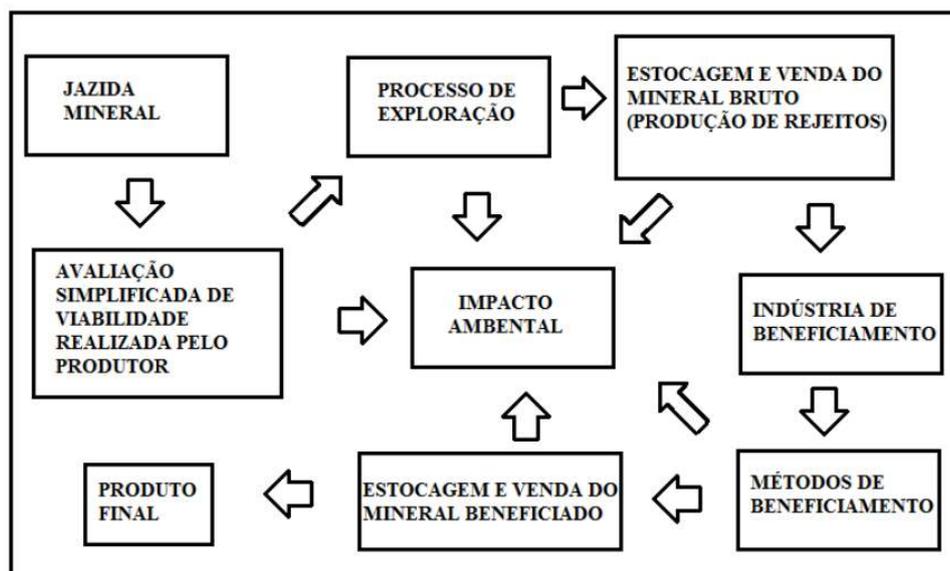


Figura 3 - Fluxo para produção de rochas ornamentais
Fonte: SOUZA (2005).

Matta (2003) esclarece ainda que na maior parte das jazidas de rochas ornamentais, os métodos de lavra são descendentes quer nas pedreiras a céu

aberto quer naquelas que estão subterrâneas. Em se tratando de lavra a céu aberto, as atividades consideradas preliminares voltadas ao preparo das Pedreiras diz respeito ao vivo em especial, a retirada da cobertura de solo da porção aflorada, sendo então desenvolvida mediante a instalação de praças possuindo uma ou mais bancadas.

Sobre a espessura de capeamento dos depósitos de rochas ornamentais que são lavrados a céu aberto, Nunes Marques (2003) explica ser uma situação rara, e na maior parte dos casos, é quase inexistente ou mesmo pouco consistente em um ínfimo capeamento de material areno-argiloso. Nas citadas situações, a retirada do capeamento pode, em determinados casos, demonstrar uma camada de material rochoso fraturado e alterado, que alcança espessuras superiores a alguns metros.

Em geral, considera-se o que diz Duarte (1994), sobre a existência de casos em que as espessuras das rochas modificadas alcançam valores tão altos que passam a tornar a lavra a céu aberto inviável sobre o aspecto econômico. o especialista entende como sendo a melhor alternativa de lavra, a aquela definida em razão da própria morfologia todos os afloramentos, sendo necessário também considerar os volumes da reserva mineral, sempre analisando o planejamento estrutural da jazida, de seu estado de fraturamento, localização geográfica e das características pertinentes do material foco de exploração.

3.3 Métodos de lavra

Ao se considerar os métodos aplicados em relação à extração de rochas (ou outro mineral), dependem do potencial da reserva e da qualidade das rochas que formam o mineral de valor (minério) e as encaixantes, o que é determinante na forma como ocorrerá à extração e o porte dos equipamentos que serão utilizados.

Nas palavras de Vidal, Castro e França (2014, p.33), lê-se que:

Os métodos de lavra podem ser considerados como sendo o conjunto de operações que definem a sequência espacial e os ciclos de trabalho, em função do tempo para o melhor aproveitamento de uma jazida em desenvolvimento, que é correlacionado com sua

configuração geométrica, bem como com a sequência de avanço que se estabelece, visando os volumes a serem isolados e subdivididos.

De acordo com Nunes Marques (2004), os princípios fundamentais da lavra são: segurança; economia; bom aproveitamento da jazida e proteção ambiental. O referido autor, em síntese, afirma que a segurança é o primeiro e o mais importante princípio fundamental da lavra a respeitar, o "*safety first*", que se relaciona com o princípio referido anteriormente, isto significa que uma lavra tenha um funcionamento considerado normal e eficiência os trabalhadores deverão sentir-se seguros, e com condições que lhes permitam desempenhar os trabalhos adequadamente.

O contrário decorre em uma menor otimização do trabalho com o conseqüente aumento dos custos de lavra, o que vai contra o primeiro princípio enunciado. Já a economia é um princípio fundamental pois uma jazida só será explorável se a sua lavra for rentável. Nesse sentido é que se fala também no bom aproveitamento da jazida, visto que não se deve esquecer que a indústria mineira se caracteriza pelo esgotamento progressivo do seu objeto (PAULA, 2008).

Nas palavras de Reis (2003, p.11):

A determinação do método de lavra correto em uma pedreira de rochas ornamentais é de importância fundamental para a condução adequada dos trabalhos de planejamento e de execução da lavra. Na fase de definição do método, um erro poderá significar custos de produção excessivamente altos e menor vida útil da pedreira. A revisão dos métodos de lavra para rochas ornamentais apresentados nesse trabalho pretende ser uma contribuição, de forma sucinta, a um melhor entendimento dos trabalhos necessários à produção de blocos. A ausência de normas e procedimentos de classificação, tanto da Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT, quanto das associações de produtores, dificulta a sistematização dos métodos de lavra.

Não se pode deixar de mencionar que é indispensável que a boa técnica mineira se baseie no bom aproveitamento das jazidas, e para tanto tem-se inúmeros aspectos resumidos nas regras fundamentais da lavra. As principais regras da lavra segundo o Alencar, Caranassios e Carvalho (1996), são:

- Equilíbrio entre os princípios fundamentais;
- Boa aplicação do método de lavra;
- Economia global;
- Minimização de custo de operações diferentes;
- Aperfeiçoamento permanente;

- Aproveitamento racional das condições naturais.

É preciso considerar que a boa aplicação do método de lavra é essencial ao processo de extração mineral uma vez que, sendo considerado bom método - aquele que é seguro, é possível alcançar o melhor rendimento econômico, de aproveitamento e de proteção para o ambiente circundante. Portanto, torna-se fundamental a correta aplicação de método, sendo preferível um método regular, bem aplicado e com continuidade, do que um método considerado ótimo, mas que pode ser mal compreendido, imperfeitamente aplicado ou deficientemente gerido (PENA, 2006).

Considerando os aspectos principais sobre os métodos de lavra, a seção a seguir caracteriza brevemente os métodos mais comuns na extração de rochas ornamentais.

3.3.1 Lavra a céu aberto

Quando se fala em lavra ou mineração a céu aberto, tem-se que se trata de método de extração de rochas ou minerais da terra por sua remoção de um poço aberto. Este método se dá quando depósitos de minerais ou rochas comercialmente úteis, ou de interesse, são encontrados perto da superfície; ou seja, onde a espessura do terreno de cobertura que, é a parte do solo que se situa por cima do material de interesse, e que tem de ser removido para se chegar a este, é considerada relativamente pequena ou o material de interesse é estruturalmente impróprio para a abertura de túneis (como é o caso de areias, cinzas vulcânicas e cascalhos) (PENA, 2006).

O referido autor explica que as operações unitárias na lavra a céu aberto são carregamento e transporte e, nas minas a céu aberto é que são ampliadas tipicamente até que o recurso mineral (ou o lote de terra possuído pela companhia de mineração) se esgote. A Figura 4 revela o fluxo de uma lavra a céu aberto:

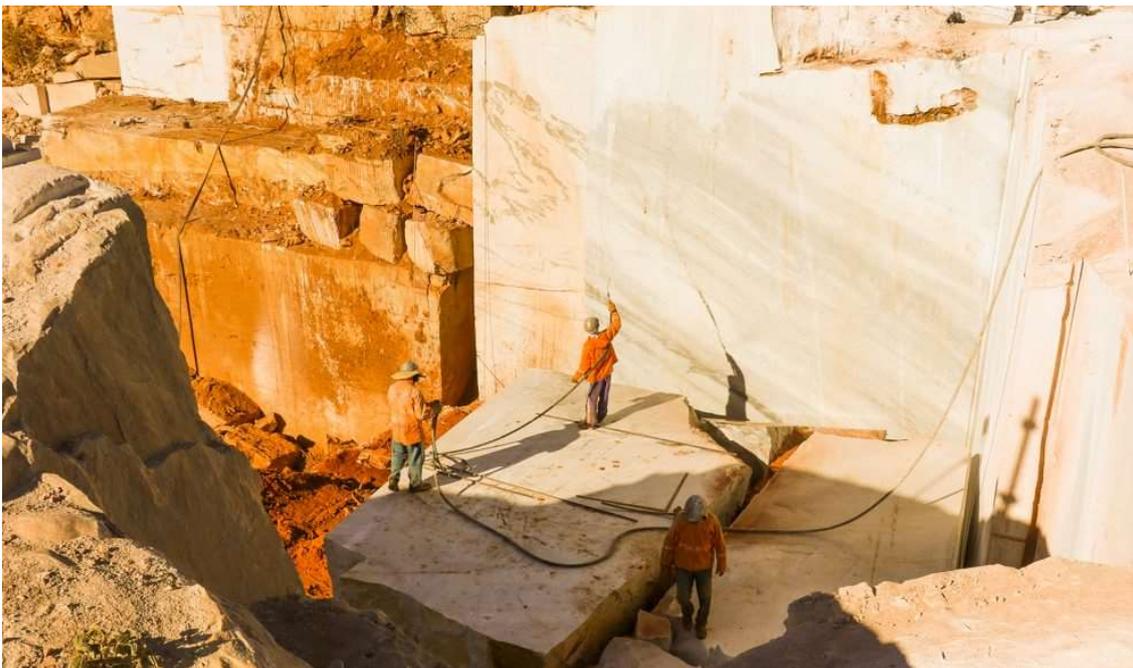


Figura 4 - Lavra a céu aberto de rochas ornamentais
Fonte: Menezes, 2005.

Vale ressaltar que muitos são os aspectos relacionados ao método de lavra a céu aberto e que seria inviável tratá-los cada um, neste estudo. Existem algumas considerações gerais onde 70% da produção atual provêm de lavra a céu aberto e aproximadamente 200 minas brasileiras a céu aberto produzem mais de 3Mt/ano (REIS, 2003).

Como vantagens em relação à lavra subterrânea tem-se que a lavra a céu aberto proporciona maior produtividade e menor l/ton extraída, menor custo operacional. Além disso, a lavra é adequada a minérios de teores mais baixos, possibilita maior certeza nas reservas e menor limitação de peso e tamanho dos equipamentos, as operações unitárias típicas da lavra a céu aberto são mais simples e oferecem maior segurança e maior recuperação da jazida. (UFRGS, 2010).

3.3.1.1 Lavra por desabamento

Em se tratando do método denominado lavra por desmoronamento ou desabamento, é utilizado em situações nas quais as rochas se apresentam na forma de prismas, com delimitação dada por falhas ou planos de esfoliação, encontradas em afloramentos tipicamente elevados, gradientes topográficos (GROSS, CHIODI, 1992).

Nunes Marques (2003) menciona o que é chamado de estrutura cebolar presente no maciço rochoso que refere-se à fraturas subparalelas que seguem a morfologia do maciço permitindo que grandes volumes da rocha tenham remoção dada por meio de desmontes realizados mediante a utilização de explosivos deflagrantes, em que a pólvora negra é o explosivo disposto em furos posicionados na parte posterior dos volumes primários.

Segundo detalha Alencar, Caranassios e Carvalho (1996), o desmoronamento acontece na extensão dos planos de fraturas existentes, com o suporte da gravidade, a partir da deflagração da pólvora negra, um exemplo pode ser visto na Figura 6:



Figura 5 – Lavra de rocha ornamental por desabamento

Fonte: Vidal et al. (2014)

Observa-se que nos chamados pontos de queda que refere-se ao pé da encosta, o volume desmontado passa a ser desdobrado em outros volumes menores ou secundários também chamados de filões que são tombados e fragmentados em blocos. O método por desmoronamento de capas naturais tem sua limitação dada a raros casos em que se tenha prevalência de condições estruturais consideradas favoráveis (MATTA, 2003).

Menezes (2005, p.34) afirma que:

Este método de lavra tem o inconveniente do seu grande impacto visual no meio-físico, além de gerar expressiva quantidade de rejeitos. Segundo a literatura, suas condições de segurança de trabalho são consideradas como críticas. O método por desabamento pode com o desaparecimento das descontinuidades estruturais superficiais evoluir para um sistema de lavra por bancadas.

Ou seja, pode-se compreender que mesmo que se tomem todos os cuidados esperado em relação a esse tipo de lavra poderá ocorrer, inevitavelmente a perda e o desperdício de uma significativa quantidade de rocha, considerando as próprias características geológicoestruturais encontradas no maciço e, também, pelo próprio desabamento, em si, resultado em prejuízos econômicos face ao baixo índice de recuperação da lavra. Ocorre ainda, aumento do custo de transporte dos rejeitos, para as pilhas de disposição controlada dos referidos volumes descartados, de modo que se tenha a liberação dos espaços, buscando não comprometer a evolução dos trabalhos de lavra (PAULA, 2008).

3.3.1.2 Lavra seletiva

O método de lavra seletiva consiste em extrair o material com valor econômico, ou seja, que apresenta condições estéticas e estruturais que atendem ao mercado, removendo a menor quantidade de estéril possível.

De acordo com Nunes Marques (2003), o objetivo da mineração seletiva é obter um produto de mina relativamente de alta qualidade; isso geralmente envolve o uso de um sistema de parada muito mais caro e altos custos de exploração e desenvolvimento na busca e desenvolvimento de grupos separados, longarinas, lentes e faixas de minério.

Em geral, os métodos seletivos são aplicáveis onde as seções valiosas do depósito são bastante grandes, comparativamente em menor número e separadas por volumes relativamente grandes de resíduos como exemplificado na Figura 7.



Figura 6 - Lavra seletiva
Fonte: Vidal et al. (2014)

3.3.1.3 Lavra de matacões

Cabelo et al., (2012, p.26) especificam que:

No caso de extração em maciços rochosos, podem-se aproveitar rochas isoladas na área da pedreira (lavra por matacão), ou detonando a base de um maciço e removendo-se os blocos aproveitáveis (lavra por desabamento). Mas o método de extração em blocos mais aplicado é removendo-se os blocos da frente de lavra através de técnicas de corte contínuo ou em costura (lavra por maciços rochosos). A lavra por matacões é usada, porém em poucos casos ela é viável, mesmo assim gerando impacto ambiental em grandes áreas. A lavra por maciços rochosos é de longe a mais usada. A extração por maciços rochosos pode ser executada em cotas acima ou abaixo do nível do terreno. Para superfícies horizontais ou sub-horizontais, características de planícies ou de platôs elevados, a extração dá-se em cota inferior à cota natural do terreno, após a retirada do estéril.

Importante aqui destacar as de visões dos matacões que ocorrem, em duas ou mais partes, para serem então tombadas e esquadrejadas em blocos. No escopo das possíveis técnicas de uso para o desdobramento dos matacões em fatias, o uso da pólvora negra chegou a se destacar no século XX. Contudo, a técnica refere-se a realização de “fogo raiado”, Te modo que se possam orientar os gases que resultam da deflagração da pólvora, mediante

procedimento de duas aberturas no interior do(s) furo(s), buscando a direção do corte (RODRIGUES, 2011).

Um exemplo de lavra de matacão é vista na Figura 8:



Figura 7 - Lavra de matacão em extração de rocha ornamental
Fonte: Vidal et al. (2014)

Alencar, Caranassios e Carvalho (1996) explicam que o aspecto de se analisar se a lavra de matacão é viável economicamente em relação às suas operações, depara-se com a necessidade de avaliar e especialmente a qualidade da rocha. Mesmo que se tenha, por um lado, os custos operacionais relativamente reduzidos, por outro, se tem o risco de se alcançar recuperações insuficientes, em comparação à extensão das zonas alteradas, com ampla dificuldade de se fazer uma previsão antecipada.

3.3.1.4 Lavra por bancadas

A lavra por bancadas consiste em estabelecer níveis de bancadas na mina, lavrando os blocos a partir de bancadas. Estas são sucessivamente sendo recortadas até que se chegue no bloco comercial.

Uma bancada pode ser definida como uma saliência que forma um único nível de operação acima do qual os materiais minerais ou residuais são

extraídos de volta à superfície da bancada. O mineral ou resíduo é removido em camadas sucessivas, cada uma das quais é uma bancada (PAULA, 2008).

A lavra por e bancada oferece um método simples e seguro para explorar uma jazida, mas requer uma abordagem sistemática, com a remoção de estéril e minério em sequência como exemplificado na Figura 9:



Figura 8 - Lavra por bancada
Fonte: CARANASSIOS.; CICCU, 1992.

3.3.1.5 Método de lavra tipo fossa

Vidal et al. (2014) a lavra em cava, todo material explotado, o rejeito gerado e a movimentação de máquinas e equipamentos é realizado através de rampas de maneira ascendente, tal método tem como desvantagem o acúmulo de água e com isso a drenagem da mina é realizada por meio de bombeamento, essa metodologia é conhecida como lavra em fossa. Por questões de segurança, o acesso de pessoal se dá por meio de escadas metálicas, protegidas por corrimãos, afixadas nas paredes limitadoras da cava.

Para superfícies horizontais ou sub-horizontais, características de planícies ou de platôs elevados, a extração dá-se em cota inferior à cota natural do terreno, após a retirada do estéril. A frente de lavra será, então, do

tipo fossa ou do tipo poço (também chamadas pedreira em cava) conforme ilustrado na Figura 9:

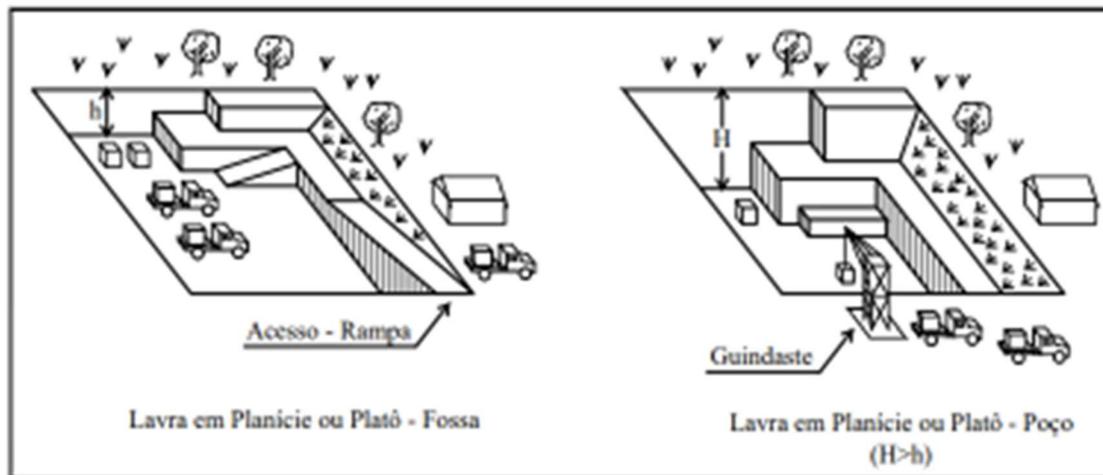


Figura 9 - Lavra tipo fossa
Fonte: CARANASSIOS.; CICCU, 1992.

Tem-se aqui um exemplo de método de lavra que traz como desdobramento visual, consequências pouco perceptíveis uma vez que a área is plotada só pode ser identificada e níveis mais acentuados. como algum dos gargalos específicos palavra tem-se o fato de se alcançar rapidamente o lençol freático e o bombeamento da água internamente a cava por vezes precisar ser feito de modo constante. em relação ao acesso na frente de lavra e se ocorre mediante escadas ou através de guindastes cuja utilização se dá conforme fatores diversos a citar as condições geológicas está jazida.

3.3.1.6 Método tipo poço

O método chamado tipo fossa é aquele que é considerado mais caro do que o citado anteriormente, uma vez que apresenta rampas laterais com inclinação mais acentuada para o acesso frente de lavra. dificuldades relacionadas a eventos de acidentes ou mesmo de inundações são frequentes em pedreiras que fazem a escolha por este método. nas situações em que se tem a qualidade da rocha oferecendo estabilidade, o avanço da lavra em profundidade nos tipos fossa e poço acaba por resultar em uma demanda por

modificação do tipo de lavra passando para a subterrânea.



Figura 10 - Lavra tipo poço
Fonte: Paula, 2008.

Outra particularidade da lavra em cava são as lavras em poço, onde as mesmas não possuem rampas para acessos às praças de trabalhos, pois, são delimitadas por paredes verticais, com isso aplica-se o uso de meios de elevação fixos, como guindastes para o içamento de blocos, rejeitos e movimentação de máquinas e equipamentos, para dentro e para fora da mina. O acesso de pessoal é realizado pelo mesmo método da lavra em fossa (VIDAL et al., 2014).

A variedade de morfologias e de estruturas dos depósitos, assim como a variação natural das características físicas das rochas ornamentais lavradas faz com que exista uma gama muito ampla de arranjos operacionais para a lavra de rochas ornamentais. Existe uma grande variedade de soluções técnicas desenvolvidas para a extração de rochas ornamentais, as quais, em geral, refletem as tradições e experiências de cada polo produtor.

3.3.2 Lavra Subterrânea

Quando a lavra é subterrânea é o termo usado para diferenciar a mina a céu aberto dos métodos extrativos que requerem perfuração de túneis na terra (mineração subterrânea), onde os minerais ocorrem se localizam muito abaixo da superfície, e a espessura dos terrenos de cobertura é grande ou o mineral ocorre em veios na rocha como demonstrado da Figura 5.



Figura 11 - Lavra subterrânea de rocha ornamental
Fonte: Paula, 2008.

Vale destacar que a lavra subterrânea é aplicável para depósitos que ocorrem em profundidade, em rochas duras, bem consolidadas e que muitas minas antigas eram subterrâneas porque não se dispunha de equipamentos de grande porte e alta produção, para a retirada das coberturas de estéril passaram a ser de céu aberto.

Importa também ressaltar que as escavações feitas em estéril somente são trazidas para a superfície aquelas provenientes dos acessos. Na lavra subterrânea o corpo mineralizado precisa ser muito bem delimitado e as suas características precisam ser bem definidas por sondagens e galerias e o acesso é normalmente feito por túnel, rampa ou poço as operações unitárias de minas subterrâneas são mais complexas.

No que diz respeito ao ciclo produtivo, em mina subterrânea, as operações unitárias estão interligadas e é preciso entender a complexidade de

um sistema em que nenhuma etapa deve ser estudada de forma independente, principalmente por se tratar de um local de trabalho onde se têm restrições de movimentação e vários equipamentos operando numa área, relativamente, pequena.

3.4 Análise de Investimentos

Para uma determinada organização atingir um de seus principais objetivos – crescer e ser lucrativa – é preciso planejamento. Nesse contexto, uma das etapas mais importantes no processo de seleção e priorização de investimentos é a análise de viabilidade econômica. Essa análise visa mensurar se determinada estratégia é viável ou não do ponto de vista econômico, além de demonstrar se ela é lucrativa (CASAROTTO FILHO, 2004).

Segundo Evangelista (2006), por mais que uma iniciativa seja criativa, inovadora e possa trazer excelentes resultados para alguns *stakeholders*, se não for economicamente sustentável, ou se gerar danos, será necessária uma análise criteriosa para incluí-la no portfólio. Pois os recursos são limitados e há outras prioridades financeiras na disputa por investimentos com retornos mais atrativos.

A análise de viabilidade econômica é explicada por Brasil (2002) como um estudo que irá comparar os retornos a serem obtidos com o investimento necessário para apontar sua viabilidade, sendo, portanto, um processo de extrema importância, que traz inteligência de negócios, evita perdas e leva a decisões mais assertivas.

No projeto de viabilidade econômica, todos os fatores que influenciam uma determinada iniciativa devem ser analisados. Pode-se citar, por exemplo, o mercado da empresa, produtos e serviços, projeção de investimentos, concorrência, vantagens competitivas, fluxo de caixa, tendências de mercado, capital de giro, mão de obra, entre outros. Este estudo proporcionará uma visão geral da situação atual do negócio, tanto no presente como no futuro, em relação à execução de um determinado projeto. Este é um processo complexo que exige grande esforço, pois há diversas variáveis a serem levantadas (GALESNE; FENSTERSEIFER; LAMB, 2009).

Segundo Evangelista (2006), é uma ação extremamente necessária para aquelas empresas que pretendem ter consistência e evolução segura em relação aos investimentos. O autor analisa que para saber se um determinado projeto será positivo para a organização, o primeiro passo é fazer uma projeção de receita. Isso nada mais é do que identificar os gastos necessários caso sejam realmente executados.

Nesse sentido, Brasil (2002) assinala que é necessário realizar um estudo aprofundado do mercado em que atua, além de projeções de cenários variados com até 50% da capacidade de gerar retorno e o próprio crescimento da receita. Depois de verificar se um determinado projeto pode gerar receita, é hora de verificar quais investimentos serão necessários para torná-lo viável. Para realizar qualquer tipo de nova atividade dentro de uma empresa, é necessário arcar com despesas relacionadas a mão de obra, compra de equipamentos, ferramentas tecnológicas, entre outros custos (CASAROTTO FILHO, 2004).

Vale ressaltar que, neste momento, também é importante levar em consideração o reinvestimento, pois tanto a estrutura da empresa, o mercado e o próprio projeto tendem a mudar ao longo do tempo.

A terceira etapa do projeto de viabilidade econômica é estudar o fluxo de caixa, que consiste nas entradas e saídas diárias de dinheiro dentro do negócio. Portanto, é um instrumento fundamental para realizar a gestão financeira. E segundo expõe Laponi (2010), é preciso analisar não apenas se as receitas cobrem as despesas em geral, mas fazer uma projeção futura em relação aos investimentos que serão realizados.

Após a realização dos levantamentos anteriores, que envolvem despesas e lucros, o próximo passo no projeto de viabilidade econômica é a análise dos indicadores financeiros e de desempenho, pois funcionam como uma diretriz geral. Lembrando que este estudo deve ser feito antes, durante e após a conclusão de cada projeto, pois mostrará se os investimentos estão sendo realmente assertivos e também aspectos a serem melhorados para obter melhores resultados (GALESNE; FENSTERSEIFER; LAMB, 2009).

Com as referidas análises de viabilidade econômica, a organização poderá identificar se determinado projeto ou estratégia será realmente eficiente

ou, ao contrário, será capaz de gerar prejuízos ao longo do tempo. No geral, isso contribui diretamente para um crescimento sólido e lucrativo.

3.4.1 TIR (Taxa Interna de Retorno)

A TIR é a taxa na qual o total de entradas de caixa descontadas para um projeto proposto é igual às saídas de caixa descontadas. Ele é usado para estimar a capacidade de investimentos potenciais de retornar lucro em termos percentuais, em vez de um valor em dólares. A TIR é o custo de capital necessário para tornar-se um projeto lucrativo. A TIR também é chamada de taxa de retorno de fluxo descontada ou taxa de retorno econômico (SCHROEDER et al., 2005).

Quando a TIR de um projeto é igual ou maior que o custo de capital, os planejadores financeiros geralmente prosseguem com o projeto. Se a TIR de um projeto for menor que o custo de capital, eles podem não continuar com o projeto, pois provavelmente perderá dinheiro.

O valor presente líquido (VPL) que será exposto mais adiante, e a taxa interna de retorno (TIR) são métodos que as empresas utilizam para determinar a rentabilidade de novos investimentos. Esses métodos ajudam as empresas a identificar o potencial de lucro ou prejuízo de novas expansões, ajudando a orientar seu planejamento estratégico, reduzir riscos e melhorar sua saúde financeira geral.

3.4.2 TMA (Taxa de Mínima Atratividade)

A taxa de retorno atrativa mínima (TMA) de uma organização é apenas isso, a taxa interna de retorno mais baixa que a organização consideraria um bom investimento. O TMA é uma declaração de que uma organização está confiante de que pode atingir pelo menos essa taxa de retorno (SCHROEDER et al., 2005).

Outra maneira de olhar para a TMA é que ela representa o custo de oportunidade da organização para investimentos. Ao optar por investir em alguma atividade, a organização está decidindo explicitamente não investir

esse mesmo dinheiro em outro lugar. Se a organização já está confiante de que pode obter alguma taxa conhecida (CASAROTTO FILHO, 2004).

Segundo Laponni (2011), quando uma empresa decide se um projeto vale os custos que serão incorridos para realizá-lo, ela pode avaliá-lo comparando a taxa interna de retorno (TIR) do projeto com a taxa mínima de retorno, ou a taxa mínima aceitável de retorno (TMA) do projeto.

Uma taxa de retorno mínima aceitável (TMA) é o lucro mínimo que um investidor espera obter de um investimento, levando em consideração os riscos do investimento e o custo de oportunidade de realizá-lo em vez de outros investimentos. Uma taxa de retorno atrativa mínima (TMA) é adotada para refletir esse custo de oportunidade de capital. A TMA é usada para compor os fluxos de caixa estimados até o final do horizonte de planejamento ou para descontar o fluxo de caixa até o presente (BRASIL, 2002).

Um projeto é economicamente viável se os benefícios econômicos do projeto excederem seus custos econômicos, quando analisados para a sociedade como um todo. Os custos econômicos do projeto não são os mesmos que seus custos financeiros – externalidades e impactos ambientais devem ser considerados (LAPONNI, 2011).

3.4.3 Payback

O payback ou período de retorno mostra quanto tempo leva para uma empresa recuperar um investimento. Esse tipo de análise permite que as empresas comparem oportunidades alternativas de investimento e decidam sobre um projeto que retorne seu investimento no menor tempo se esse critério for importante para elas (SCHROEDER et al., 2005).

Segundo Brasil (2002), o payback em essência, o período de retorno é usado de forma muito semelhante a uma Análise de Equilíbrio, mas em vez do número de unidades para cobrir os custos fixos, considera o tempo necessário para retornar um investimento.

Dada a sua natureza, o payback é frequentemente utilizado como uma análise inicial que pode ser compreendida sem muito conhecimento técnico. Além disso, é uma medida simples de risco, pois mostra a rapidez com que o dinheiro pode ser devolvido de um investimento. No entanto, existem

considerações adicionais que devem ser levadas em consideração ao realizar o processo de orçamento de capital (GITMAN, 2012).

Segundo Laponni (2011), embora o período de retorno nos mostre quanto tempo leva para o retorno do investimento, ele não mostra qual é o retorno do investimento. As implicações disso são que as empresas podem escolher investimentos com períodos de retorno mais curtos em detrimento da lucratividade.

Outro problema com o período de retorno é que ele não desconta explicitamente o risco e os custos de oportunidade associados ao projeto. De certa forma, um período de retorno mais curto sugere menor exposição ao risco, uma vez que o investimento é devolvido em uma data anterior. No entanto, diferentes projetos podem estar expostos a diferentes níveis de risco, mesmo durante o mesmo período (SCHROEDER et al., 2005).

3.4.4 VPL – (Valor Presente Líquido)

Brasil (2002) explica o VPL representando os fluxos de caixa futuros positivos e negativos ao longo do ciclo de vida de um investimento. É calculado encontrando a diferença entre o custo do projeto, ou saídas de caixa, e a receita do projeto, ou entradas de caixa. Para obter o valor presente líquido de um projeto, é preciso realizar uma análise de custo médio ponderado de capital.

O valor presente líquido é o método mais comumente usados para analisar orçamentos de capital. Uma das razões para sua aceitação mais ampla é que o VPL fornece uma análise mais detalhada em comparação com os cálculos da TIR porque desconta os fluxos de caixa individuais de um projeto separadamente. (CASAROTTO FILHO, 2004).

Ou seja, é um método que é usado principalmente para análise financeira na determinação da viabilidade de investimento em um projeto ou negócio. À medida que uma organização se expande, ela precisa tomar decisões importantes que envolvem imensos investimentos de capital. Uma organização deve tomar as decisões relativas à expansão dos negócios e investimentos com muita sabedoria. Nesses casos, a organização terá a ajuda de ferramentas de Orçamento de Capital, um dos métodos de VPL mais

populares, e fará uma chamada sobre o investimento mais lucrativo (GITMAN, 2012).

Segundo Ross et al., (2011), o VPL, é uma ferramenta de orçamento de capital para analisar a rentabilidade de um projeto ou investimento. É calculado pela diferença entre o valor presente das entradas de caixa e o valor presente das saídas de caixa durante um período de tempo. Como o nome sugere, o valor presente líquido nada mais é do que o valor presente líquido das entradas e saídas de caixa descontando os fluxos a uma taxa especificada.

Para derivar o valor presente dos fluxos de caixa, precisa-se descontá-los a uma taxa específica. Essa taxa é derivada considerando o retorno do investimento com risco ou custo de empréstimo semelhante, para o investimento. O VPL leva em consideração o valor do dinheiro no tempo. O valor do dinheiro no tempo significa simplesmente que uma rupia hoje vale mais hoje do que amanhã. O VPL ajuda a decidir se vale a pena assumir como base de projeto o valor presente dos fluxos de caixa.

Após descontar os fluxos de caixa em diferentes períodos, o investimento inicial é deduzido. Se o resultado for um VPL positivo, o projeto é aceito. Se o VPL for negativo, o projeto é rejeitado e se o VPL for zero, a organização ficará indiferente (BRASIL, 2002).

3.4.5 Sobre as ferramentas de avaliação

Em uma análise sobre a viabilidade de um negócio, a TIR e o VPL são ferramentas importantes para a avaliação das despesas de capital. Aqui estão algumas das diferenças entre os dois métodos de orçamento de capital: A taxa interna de retorno é mais bem usada para determinar o nível de fluxo de caixa de equilíbrio do investimento. O valor presente líquido ajuda a determinar os excedentes que um projeto provavelmente gerará. Os resultados da TIR estão na forma de porcentagem, enquanto o VPL gera um valor em dólares dos fluxos de caixa de um projeto (BUARQUE, 2011).

Ross et al., (2011) consideram que o VPL é uma ferramenta melhor para tomar decisões sobre novos investimentos porque fornece um retorno em dólares. A TIR é menos útil ao fazer escolhas de investimento, pois seus

resultados não fornecem informações sobre a quantidade de dinheiro que um projeto provavelmente gerará.

A TIR é mais fácil de calcular porque é derivada do custo original do projeto. A TIR usa um método de tentativa e erro para descontar os fluxos de caixa para chegar a um valor presente líquido. Isso significa que não precisa determinar a taxa de desconto para usar o método da TIR. Os valores de VPL são mais difíceis de calcular porque exigem taxas de desconto, o que pode ser difícil de determinar porque os planejadores financeiros devem considerar várias variáveis (BRASIL, 2002).

De acordo com Gitman (2012), a TIR é usada principalmente para orçar um projeto proposto. O VPL pode ser usado para orçamento de capital e também para determinar o valor de um negócio, reduzir custos operacionais, avaliar risco e segurança de investimento e avaliar novos investimentos. A taxa de reinvestimento é a mesma que a taxa interna de retorno quando se está estimando as despesas de capital com o método da TIR. Para o VPL, a taxa de reinvestimento é o custo de capital para novos investimentos, e os fluxos de caixa intermediários são reinvestidos a taxas de corte.

Em condições semelhantes, os resultados de VPL e TIR apresentam semelhanças. Quando as circunstâncias diferem, ambos os métodos geram resultados contraditórios. Na TIR, o resultado será negativo quando o timing dos fluxos de caixa variar. Isso pode levar a várias TIRs, o que pode causar confusão e dificultar o uso dos resultados para a tomada de decisões. Os resultados do VPL não são influenciados por múltiplos fluxos de caixa ou diferentes TIRs (BUARQUE, 2011).

Ao avaliar propostas de projetos independentes, tanto a TIR quanto o VPL mostram resultados semelhantes sobre se os tomadores de decisão devem aceitar ou recusar o projeto. Eles só diferem com base em sua taxa mínima de retorno no mercado. Tanto a TIR quanto o VPL usam o método de fluxo de caixa descontado. Os dois métodos também reconhecem o valor do dinheiro no tempo e consideram o fluxo de caixa ao longo do ciclo de vida do projeto ou investimento (SCHROEDER et al., 2005).

De acordo com Brasil (2002), para escolher entre TIR e VPL para análise de orçamento de capital deve-se analisar orçamentos de capital para projetos de curto prazo, tanto a TIR quanto o VPL são métodos adequados

para avaliar a lucratividade potencial de um investimento proposto. Se tiver que escolher um dos vários projetos, provavelmente usará o VPL, pois a TIR não pode analisar várias taxas de desconto.

A TIR é melhor para projetos com vida útil curta e, de acordo com Ross et al., (2011), a razão para isso é que os resultados da TIR se tornam confusos quando um projeto recebe múltiplos fluxos de caixa, o que geralmente é o caso de projetos de longo prazo. Por outro lado, o VPL é ideal para projetos de longo prazo, pois analisa cada fluxo de caixa separadamente, o que o torna mais eficaz para a tomada de decisões de investimento.

O VPL é o método preferido quando se conhece as taxas de desconto para o custo de capital de um projeto proposto. A TIR depende de tentativa e erro e não requer uma taxa de desconto para gerar um resultado. A TIR só pode dizer se um investimento atingirá o ponto de equilíbrio e expressa os resultados em porcentagens. O VPL pode mostrar os ganhos potenciais excedentes de um projeto, tornando-o um melhor indicador de lucratividade. Além disso, o VPL gera resultados em termos absolutos, tornando-se um método de orçamento de capital mais realista (BUARQUE, 2011).

4 METODOLOGIA

A metodologia seguiu os passos demonstrados na Figura que se refere ao fluxograma dessa pesquisa:

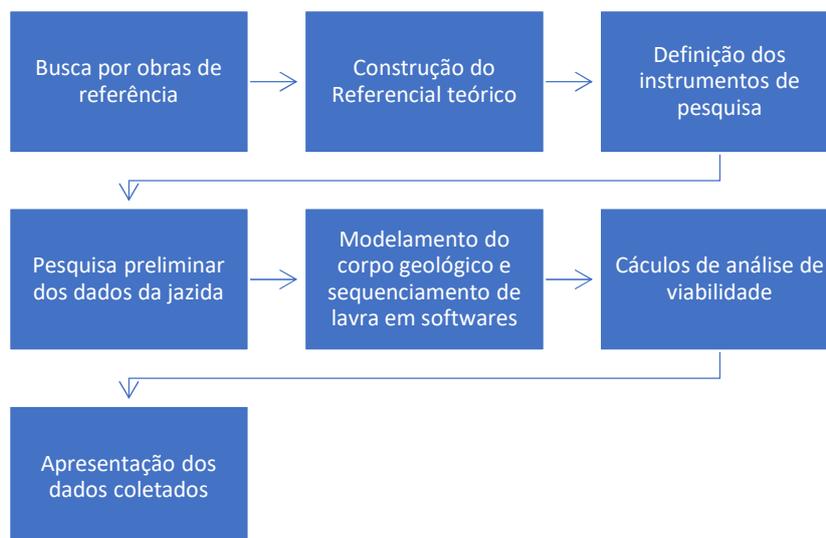


Figura – Fluxograma da pesquisa
Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Pode-se dizer que a metodologia empregada para o desenvolvimento do trabalho, é de abordagem qualitativa e quantitativa, e se caracteriza como pesquisa exploratória. De acordo com Gil (2009) as pesquisas exploratórias têm como função principal desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. As pesquisas exploratórias envolvem geralmente levantamentos bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso.

A metodologia adotada neste estudo se divide em duas etapas, sendo a primeira destinada à revisão bibliográfica acerca do tema proposto e a segunda referindo-se ao estudo de caso de fato, com o modelamento do corpo geológico e o estudo de viabilidade econômico-financeira para uma mina de rochas ornamentais localizada no estado Rio de Janeiro, evidenciando a sua viabilidade considerando duas orientações para a lavra.

Primeiramente, foi considerado o local do jazimento, e posteriormente realizou-se o levantamento dos recursos minerais com base em uma campanha de sondagem e modelamento do corpo de mármore, confirmando os aspectos da viabilidade física por se tratar de uma condição existente.

Buscou-se demonstrar a relação do custo-benefício que a atividade de exploração de mármore apresenta. Importante considerar que o presente estudo apresenta os valores do dimensionamento apenas para o sistema proposto dentro dos parâmetros da operação e de teto de investimento para a mina escolhida como estudo de caso, não servido para outros contextos e outras fontes de exploração mineral.

Como o objetivo final deste estudo é a verificação de uma determinada reserva mineral e a viabilidade econômica de sua exploração, não será dado tanta ênfase em pontos de dimensionamento. Considera-se os dados de produção, dos orçamentos médios para as atividades típicas lavra de mármore em mineração a céu aberto.

A partir dos dados de uma campanha de sondagem realizada na área, foi utilizado o software Micromine para modelamento do corpo geológico e

geração do modelo de blocos e para tanto, foram considerados blocos de dimensões de 5x5x5m. Esse modelo foi extraído e importado ao software da Datamine, NPV Scheduler, no qual foi gerado a otimização da Cava por meio de geração de pushbacks, chegando na cava final em que se obtém o melhor retorno financeiro.

Os dados utilizados para essa otimização de cava foram a reserva obtida pelo modelamento, a existência dos produtos e subprodutos e os custos operacionais. Os produtos são blocos comerciais, de medidas médias 3x2x1,5m de diferentes tipologias. Já o subproduto se trata de rocha marroada, a qual é vendida para diferentes aplicações. Os custos operacionais considerados foram de 12,50 USD/m³.

Mendes (2010) sugere executar cortes perpendiculares à direção de compressão máxima que atua sobre o maciço, com objetivo de criar um campo de alívio e, em seguida, dar continuidade ao processo de abertura da pedreira, cuja direção de corte deve coincidir com a do eixo de compressão mínima ou de máxima deformação dos elipsoides de esforço e de deformação.

A aplicação de tal sistemática de trabalho permitirá a redução das tensões de alívio atuantes sobre o maciço, durante a fase inicial do processo de abertura da pedreira, propiciando assim uma diminuição no aparecimento das fraturas de alívio decorrentes desta fase. A adoção de tal sistemática de trabalho propiciará sem dúvida, um aumento da taxa de recuperação das operações de lavra contribuindo para a redução do volume de resíduos gerados.

Assume-se uma maior recuperação como blocos comerciais quando ocorrem menos fraturas por alívio de tensão, uma vez que a presença de descontinuidades na rocha compromete o seu valor econômico fazendo com que ela deixe de ser considerada um produto para fins ornamentais e seja vendida como rocha marroada após ser cominuída com o uso de um rompedor.

Sendo assim, foi considerado que a recuperação do mármore foi de 15% para blocos comerciais, 65% para rocha marroada e 20% de estéril para o cenário em que os cortes são orientados pela tensão principal. Já para o cenário em que os cortes não são orientados pelas tensões, adota-se 13% de recuperação para bloco comerciais, 67% para rocha marroada e 20% de estéril.

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 Geologia Regional

O lineamento de Além-Paraíba ou zona de cisalhamento do Rio Paraíba do Sul é uma importante feição no Rio de Janeiro que faz parte do arcabouço estrutural do cinturão Paraíba do Sul/faixa Ribeira ou província Mantiqueira Central e localiza-se a S-SE o cráton do São Francisco e corresponde a uma das estruturas pré-cambrianas mais expressivas do sudeste brasileiro, sendo responsável pelo controle do curso do rio Paraíba do Sul em toda a sua extensão no Rio de Janeiro.

Seu traçado retilíneo é realçado em imagens de satélite aerogeofísicas, porém, próximo à divisa do Rio de Janeiro com o Espírito Santo, na altura do paralelo $-21^{\circ}30'$, mostra uma mudança de direção de NE para NNE ao se conectar com a zona de cisalhamento Guaçuí (Figura 12) conforme Karniol et al. (2007).

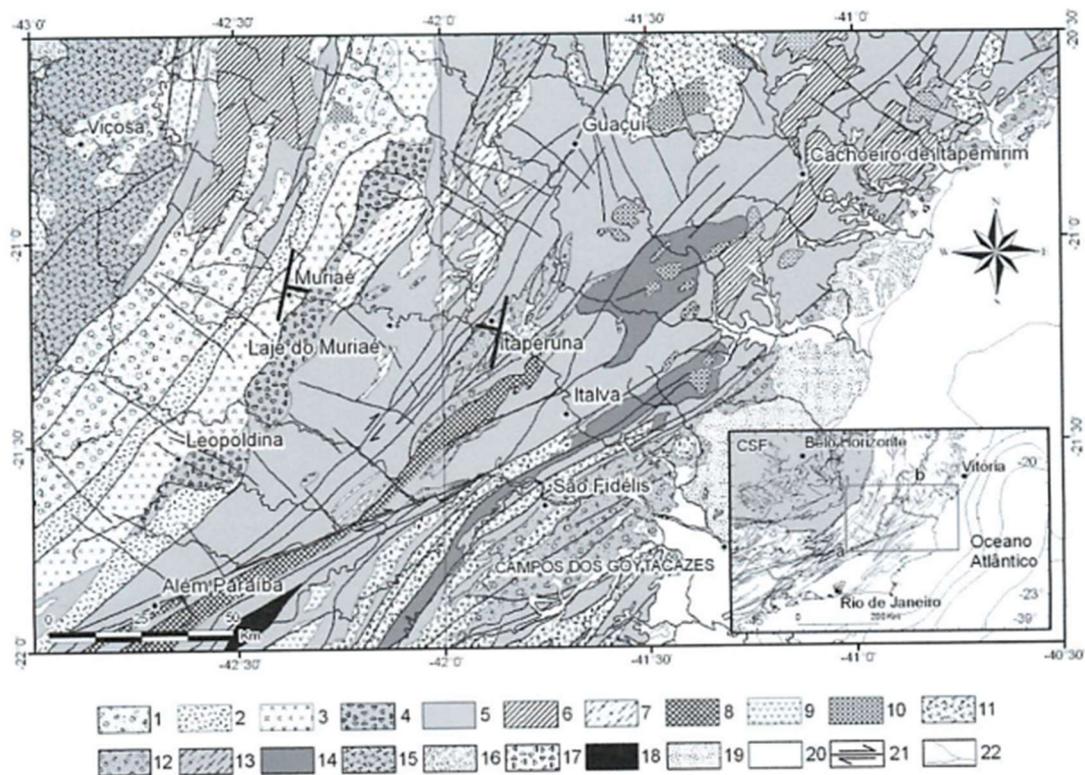


Figura 12 - Direção de NE para NNE com a zona de cisalhamento Guaçuí
Fonte: Karniol et. al. (2007).

Este importante corredor de fluxo é composto por um conjunto interligado de zonas de cisalhamento dúcteis de várias ordens, com mergulhos em geral de médio a alto ângulo, mostrando uma disposição geométrica axialmente divergente associada com estruturas-em-flor positivas, cuja evolução é compatível com um regime tectônico transpressivo (MACHADO; ENDO, 1983).

Também denominado de divergência estrutural, megassinformal ou megaestrutura-em-flor positiva do Paraíba do Sul, o lineamento de Além-Paraíba articula-se com várias zonas de cisalhamento com geometria anastomosada, de direção geral NNE e movimentação destal evidenciada por suas características geométricas e cinemáticas (KARNIOL et. al. (2007).

Vários autores como Dehler & Machado (2002); Karniol & Machado (2004); Peres et. al. (2004), Egydio-Silva et al. (2005), Dehler et al. (2006), têm reconhecido a importância do fluxo tectônico paralelo ao orógeno no cinturão Paraíba do Sul e na faixa Araçuaí bem como a presença de estruturas extensionais de forma similar ao que tem sido descrito na literatura internacional.

A influência do cráton do São Francisco como um bloco rígido no orógeno foi proposta para explicar o padrão de deformação do cinturão entre os setores meridional e setentrional (TRORNPETTE et al. 1993; VAUCHEZ et al. 1994).

Neste modelo, a deformação passaria de um domínio tectônico compressivo, contra o cráton, para um domínio transcorrente, no que as zonas de cisalhamento direcionais possibilitaram o escape lateral de material na direção SW do orógeno. Neste modelo, o escape tectônico seria um mecanismo eficiente para acomodar a deformação do orógeno numa fase tardia da convergência frontal, de forma semelhante ao que ocorre nos Himalaias.

Os dados isotópicos disponíveis sobre esse trecho do cinturão sugerem retrabalhamento crustal durante o ciclo Brasileiro a partir de um embasamento de idade transamazônica (KARNIOL et. al., 2007).

5.2 Dados Técnicos

Modelos geológicos e geotécnicos confiáveis são vitais para operações de mineração seguras, sustentáveis e produtivas. Os dados usados para construir esses modelos são essenciais, mas os furos são investimentos caros para o setor de mineração. Surpresas geológicas e geotécnicas podem resultar em perda significativa de produção, tornando ainda mais importante acertar. Enquanto testemunhos de perfuração e cavacos de poços são analisados para produzir os dados necessários, o testemunho é caro e muitas vezes o testemunho não pode ser totalmente recuperado.

O modelamento do corpo geológico do maciço rochoso de mármore da pedreira Aré no distrito de Itaperuna, no estado do Rio de Janeiro, foi feito a partir de uma campanha de sondagem realizada na área. A descrição dos furos de sondagem foi de acordo com a Figura 13:

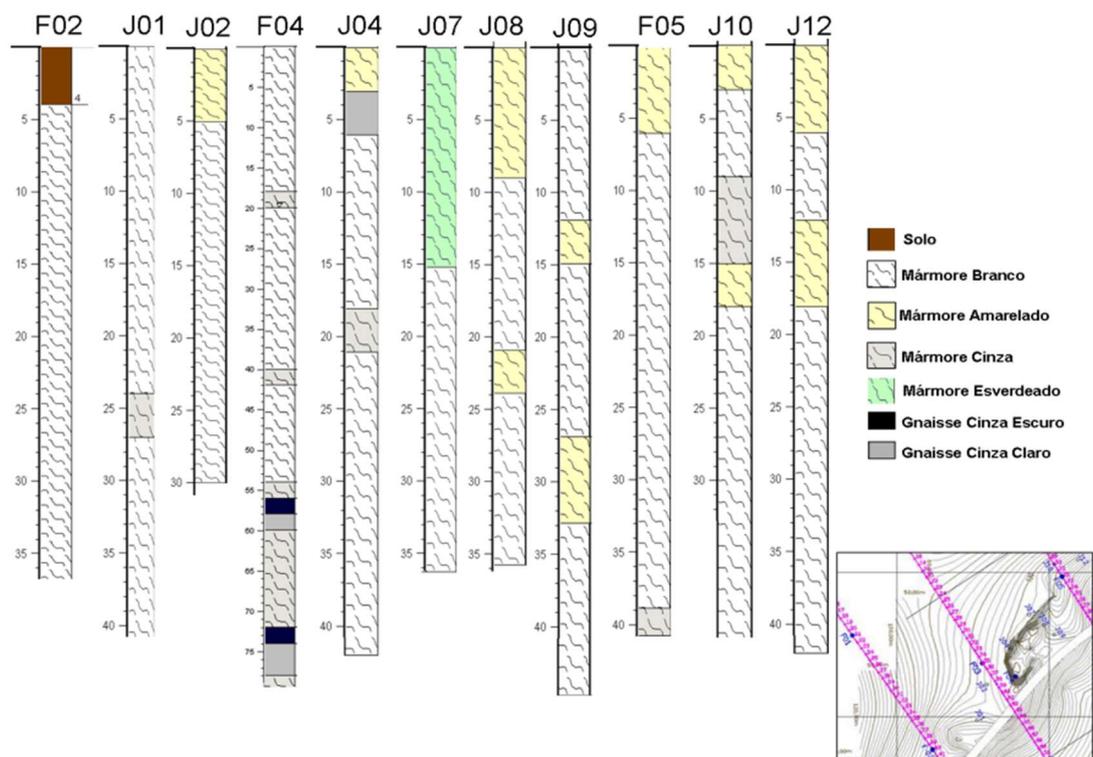


Figura 13 - Descrição dos furos de sondagem
Fonte: dados primários da pesquisa, 2022.

Posicionamento dos furos de sondagem na área também são mostrados na Figura 14:



Figura 14 - Posicionamento dos furos de sondagem
Fonte: dados primários da pesquisa, 2022.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A reserva mineral obtida a partir do modelamento do corpo geológico, representado na Figura 15 e na Figura 16, foi de 485.200 m³ de mármore branco, 27.001 m³ de mármore amarelado, 5.700 m³ de mármore esverdeado e 5.100 m³ de mármore acinzentado, conforme pode ser observado na Figura 17. Para cada tipo desses materiais é aplicada a recuperação de blocos comerciais e rocha marroada.

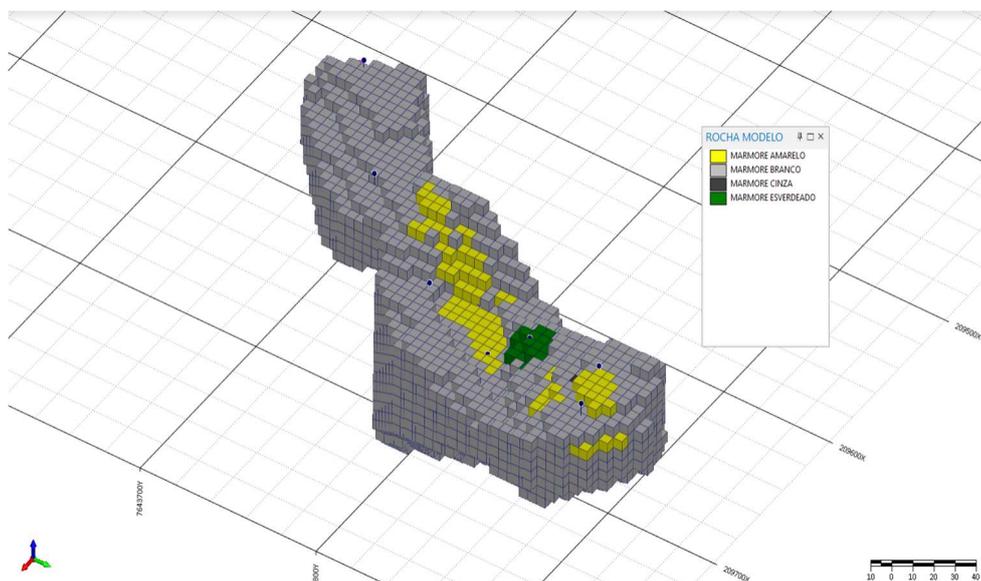


Figura 15 – Modelo de blocos
 Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

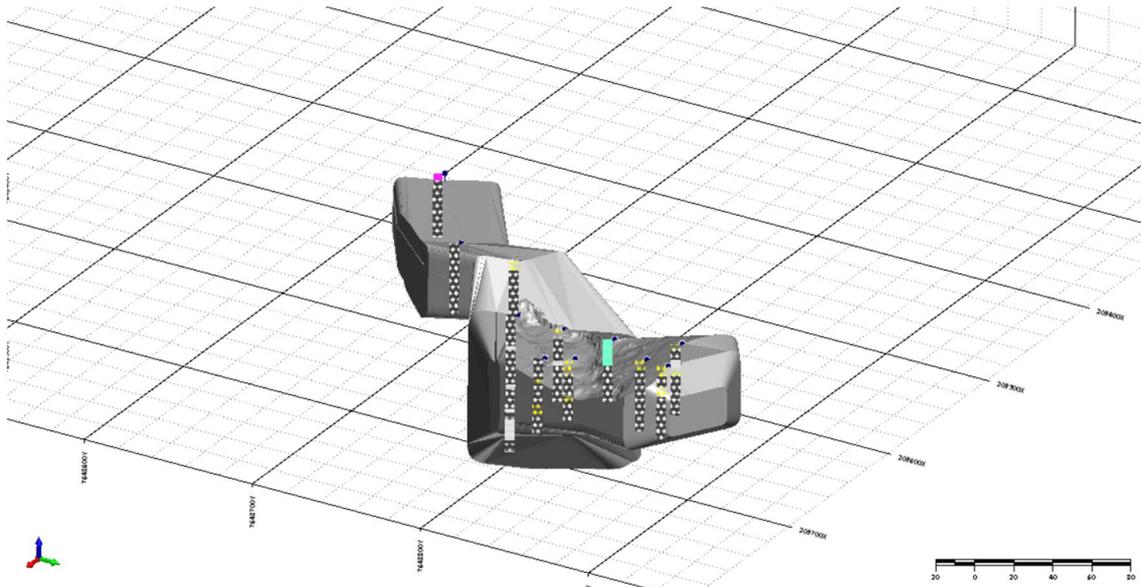


Figura 16 – Modelo de blocos com furos de sondagem
 Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

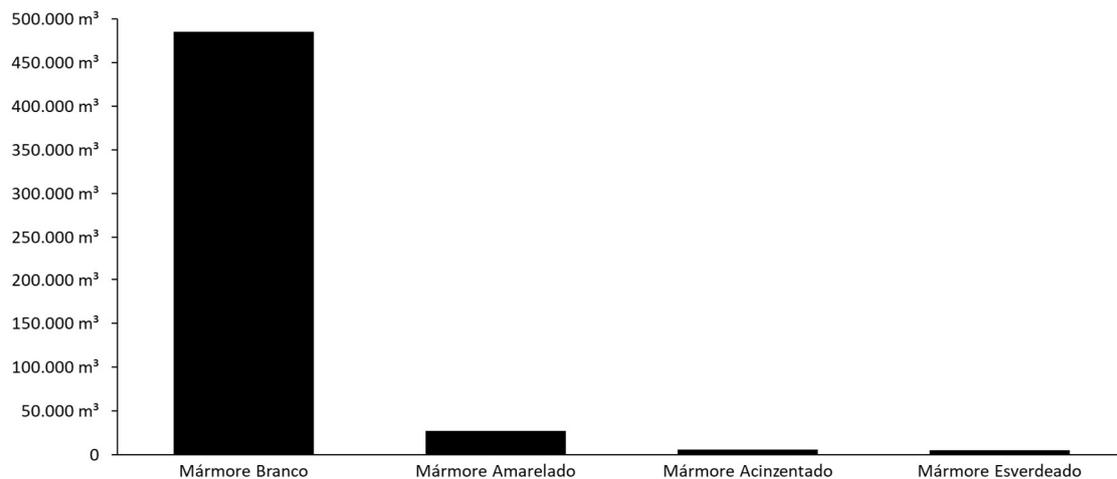


Figura 17 - Reserva Mineral
 Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Os blocos comerciais de mármore branco seriam comercializados por 1500 USD/m³, os de mármore amarelado por 800 USD/m³, os de mármore esverdeado por 500 USD/m³ e os de mármore acinzentado por 1000 USD/m³. Já a pedra marroada seria vendida por 12,00 USD/t, que, considerando o peso específico da rocha de 2,8t/m³, representaria 33,60 USD/m³.

A produção projetada com o uso do NPV Scheduler propõe para os dois cenários de produção uma crescente nos primeiros anos, se estabilizando no

ano 6 e seguindo constante até o 15º ano. Já no ano 16 a produção tem um declínio e a operação se encerra. As figuras 18 e 19 representam o sequenciamento de produção para os cenários de lavra com direção de corte orientadas ou não pela tensão principal:

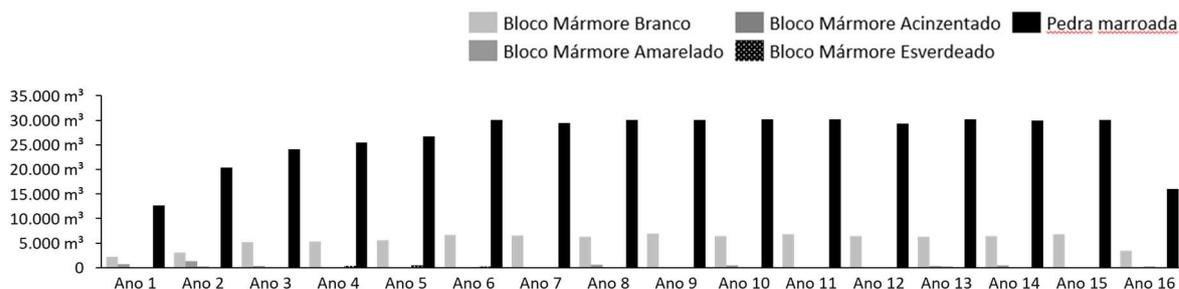


Figura 18 - Sequenciamento de Produção Com Direção de Corte Orientada Pela Tensão Principal

Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

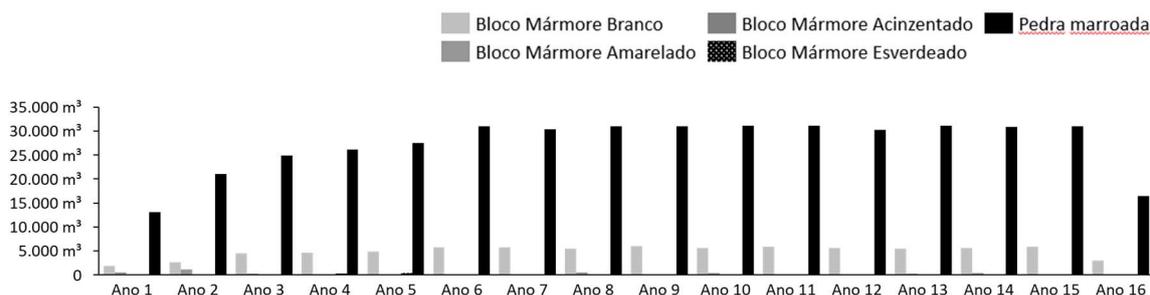


Figura 19- Sequenciamento de Produção Com Direção de Corte Não Orientada Pela Tensão Principal

Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Os investimentos considerados para os dois cenários de análise de viabilidade foram de 1.200.000,00 USD no ano 0 e 800.000,00 USD no ano 1, além de 6,66% de reinvestimento, a partir do ano 2, sobre os investimentos iniciais. Esse reinvestimento corresponde aos desembolsos necessários para reposição das estruturas e equipamentos existentes a fim de assegurar a continuidade da operação. Já para os custos operacionais, que foram obtidos por base em parâmetros de mercado, foram considerados 12,50 USD por tonelada de material movimentado.

No que tange aos impostos, tendo em vista que o empreendimento se localiza no estado do Rio de Janeiro e considerando que a empresa operadora do ativo é optante pelo regime de lucro presumido, foram levados em conta os seguintes dados para o cálculo: Taxa PIS, COFINS de 3,65%, ICMS de 17% e CFEM de 2%, sendo os três aplicados sobre o faturamento. Além desses, CSLL de 9% e IRPJ de 15% aplicados sobre a base de cálculo, além de 10% sobre a parcela que ultrapassar R\$ 20.000,00 mensais.

A análise de viabilidade foi construída utilizando os conceitos financeiros descritos ao longo do trabalho, gerando TIR de 128%, VPL de 27.479.646,74 USD e payback descontado de 2 anos para o cenário de lavra com direção de corte orientada pela tensão principal, considerando uma Taxa Mínima de Atratividade de 15%, conforme pode-se observar na Tabela 1:

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16
RECEITA BRUTA DE VENDAS																	
Venda de bloco	3.915.000,00	5.970.200,00	8.165.500,00	8.461.500,00	8.859.000,00	10.222.500,00	10.078.500,00	10.407.000,00	9.960.000,00	10.407.000,00	10.095.000,00	10.342.500,00	9.989.750,00	10.054.500,00	10.077.000,00	10.389.500,00	5.428.500,00
Venda de pedra moída	425.800,00	685.239,40	810.835,20	854.490,00	894.186,80	1.000.116,80	990.981,60	1.000.116,60	1.000.116,60	1.000.116,60	1.015.560,00	1.012.830,00	985.521,60	1.021.872,00	1.007.395,20	1.000.116,60	537.800,60
TOTAL DA RECEITA BRUTA	4.340.800,00	6.655.439,40	8.977.335,20	9.315.990,00	9.757.186,80	11.222.616,80	11.069.481,60	11.407.116,60	10.970.116,60	11.407.116,60	11.110.560,00	11.355.330,00	10.955.271,60	11.067.372,00	11.094.395,20	11.379.616,60	5.966.300,60
IMPOSTOS E VENDAS																	
COPAG, 3%	158.442,12	242.973,50	325.847,73	340.033,64	356.137,32	409.890,51	404.036,08	416.724,76	400.409,26	416.724,76	405.535,44	414.469,55	399.867,41	409.959,08	404.580,42	415.256,01	217.770,01
ICMS, 170%	737.949,60	1.131.424,53	1.517.646,58	1.583.718,30	1.658.721,76	1.909.544,86	1.881.811,87	1.940.939,86	1.864.919,86	1.940.939,86	1.888.795,20	1.930.046,10	1.862.396,17	1.881.493,24	1.884.347,18	1.994.534,86	1.014.271,27
CFEM, 210%	86.817,60	133.108,77	178.546,70	186.319,80	195.149,74	224.652,34	221.389,63	228.342,24	219.402,34	228.342,24	222.211,20	227.166,60	219.105,43	221.347,44	221.687,90	227.592,34	119.268,03
TOTAL DOS IMPS E VENDAS	983.209,32	1.507.456,80	2.022.041,92	2.110.071,74	2.210.008,81	2.544.487,71	2.507.237,58	2.585.976,96	2.484.731,46	2.585.976,96	2.516.541,84	2.571.982,25	2.481.389,02	2.506.789,76	2.510.615,51	2.577.483,21	1.351.367,31
RECEITA LÍQUIDA DE VENDAS	3.357.670,68	5.147.981,60	6.955.293,28	7.205.956,27	7.547.188,99	8.688.429,09	8.562.244,02	8.861.139,64	8.485.385,34	8.861.139,64	8.594.028,16	8.783.347,76	8.473.902,58	8.580.612,24	8.573.799,69	8.802.133,59	4.614.934,29
CUSTO DE PRODUÇÃO	1.627.500,00	1.623.125,00	1.627.500,00	1.623.125,00	1.627.500,00	1.623.125,00	1.627.500,00	1.623.125,00	1.623.125,00	1.627.500,00	1.627.500,00	1.623.125,00	1.627.500,00	1.623.125,00	1.627.500,00	1.623.125,00	861.875,00
LUCRO ANTES DO IMPOSTO DE RENDA (LAIIR)	1.730.170,68	3.524.856,60	5.327.793,28	5.582.793,27	5.919.688,99	7.065.304,09	6.934.744,02	7.208.014,64	6.862.260,34	7.208.014,64	6.966.528,16	7.160.222,76	6.846.402,58	6.957.487,24	6.946.299,69	7.179.008,59	3.753.059,29
IRPJ/IRL	109.699,10	180.987,50	250.946,92	262.932,49	302.944,44	321.964,60	316.940,03	327.647,20	313.879,60	327.647,20	318.205,25	325.744,16	313.422,37	316.875,06	317.399,37	326.492,20	159.762,09
LUCRO (LÍQUIDO LAI)	1.620.471,58	3.343.869,10	5.076.846,36	5.319.860,77	5.616.744,55	6.743.339,50	6.617.803,98	6.880.367,45	6.548.380,75	6.880.367,45	6.648.322,91	6.834.478,59	6.532.980,22	6.640.612,18	6.628.880,32	6.852.516,40	3.593.297,20
INFLUÊNCIA	1.200.000,00	879.300,00	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67
FUNDO DE MANUTENÇÃO	1.200.000,00	740.551,38	3.205.346,43	4.888.309,18	5.181.338,10	6.604.816,83	6.479.281,31	6.409.856,08	6.409.856,08	6.741.844,98	6.509.790,24	6.695.955,92	6.394.457,55	6.462.089,51	6.490.357,64	6.713.993,73	3.454.774,53
FUNDO DE CAPITAL DE TRIBUTAÇÃO	1.200.000,00	643.957,89	2.423.700,40	3.214.142,84	2.962.446,88	2.723.661,87	2.855.444,58	2.435.801,94	2.095.939,57	1.916.453,11	1.609.120,59	1.439.230,34	1.195.169,84	1.059.520,76	917.275,54	825.112,80	369.193,68
TMA																	
IPL																	
ITR																	

Tabela 1 - Análise de Viabilidade Financeira Para Lavra Com Direção De Corte Orientada Pela Tensão Principal

Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

A viabilidade financeira e a sustentabilidade são aspectos cruciais e apoiam todas as outras áreas e atividades estratégicas-chave. Esta é a capacidade de gerar receitas adequadas para cumprir os pagamentos operacionais e compromissos de dívida, permitir o crescimento mantendo níveis de alta qualidade;

Um projeto é economicamente viável se os benefícios econômicos do projeto excederem seus custos econômicos, quando analisados para a sociedade como um todo. Os custos econômicos do projeto não são os mesmos que seus custos financeiros – externalidades e impactos ambientais devem ser considerados.

Já para o cenário de lavra com direção de corte não orientada pela principal, foram obtidos como resultados financeiros TIR de 105%, VPL de 22.787.538,61 USD e payback descontado de 2 anos, como pode ser observado na Tabela 2:

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano B	Ano 14	Ano 15	Ano 16
RECEITA BRUTA DE VENDAS																	
Venda de bitúaco	3.395.000,00	5.174.173,33	7.094.510,00	7.333.300,00	7.677.800,00	8.859.500,00	8.734.700,00	8.622.000,00	9.019.400,00	8.749.000,00	8.749.000,00	8.863.500,00	8.640.450,00	8.713.900,00	8.733.400,00	8.986.900,00	4.704.700,00
Venda de pedra britada	438.984,00	706.322,66	835.183,98	880.782,00	925.823,32	1.041.197,32	1.021.473,34	1.041.197,32	1.041.197,32	1.041.197,32	1.041.197,32	1.043.994,00	1.035.845,34	1.044.037,29	1.038.391,98	1.041.197,32	554.349,34
TOTAL DA RECEITA BRUTA	3.833.984,00	5.880.495,99	7.930.093,98	8.214.082,00	8.603.623,32	9.900.697,32	9.756.173,34	9.673.197,32	10.060.597,32	9.790.800,00	9.790.800,00	10.007.494,00	9.676.295,34	9.757.937,29	9.771.791,98	10.028.097,32	5.259.049,34
IMPOSTOS / IVA																	
COPINFIS 3,6%	139.867,42	214.638,10	287.138,07	299.813,99	314.023,25	361.375,45	356.100,33	353.071,70	367.211,80	357.546,99	357.546,99	365.273,53	352.454,78	356.164,71	356.670,41	366.025,55	191.953,30
ICMS 17,0%	651.437,28	995.684,32	1.337.914,28	1.395.393,94	1.462.615,96	1.683.118,54	1.658.549,47	1.644.483,54	1.710.301,54	1.665.207,36	1.665.207,36	1.701.273,98	1.641.570,21	1.658.049,34	1.661.204,64	1.704.176,54	894.038,39
CFEM 2,0%	76.639,68	117.609,92	157.401,68	164.281,64	172.077,47	198.013,95	195.123,47	199.463,95	202.211,95	195.916,16	195.916,16	200.149,88	193.125,91	195.158,75	195.435,94	200.561,95	105.180,99
TOTAL DOS IMPOSTOS / IVA	867.944,38	1.331.932,34	1.782.574,02	1.860.489,57	1.946.707,68	2.242.507,94	2.209.773,26	2.199.979,19	2.278.725,29	2.218.770,51	2.218.770,51	2.266.697,39	2.187.150,89	2.210.772,80	2.213.310,88	2.271.584,04	1.191.174,68
RECEITA LÍQUIDA DE VENDAS	2.966.039,62	4.548.563,65	6.147.519,95	6.353.592,43	6.656.915,64	7.658.189,37	7.546.400,08	7.473.218,12	7.781.872,02	7.572.029,49	7.572.029,49	7.740.796,61	7.489.144,45	7.547.164,49	7.558.481,09	7.756.513,27	4.067.874,67
CUSTO DE PRODUÇÃO	1.627.500,00	1.623.125,00	1.627.500,00	1.623.125,00	1.627.500,00	1.623.125,00	1.627.500,00	1.623.125,00	1.623.125,00	1.627.500,00	1.627.500,00	1.623.125,00	1.627.500,00	1.623.125,00	1.627.500,00	1.623.125,00	861.875,00
LCR (ANTES DO IMPORTE DE VENDAS E IVA)	1.338.539,62	2.925.438,65	4.460.019,95	4.730.467,43	5.029.415,64	6.035.064,37	5.918.900,08	5.850.093,12	6.158.747,02	5.944.529,49	5.944.529,49	6.117.671,61	5.861.644,45	5.924.039,49	5.930.981,09	6.133.388,27	3.205.999,67
DEP/ICML	94.025,11	157.119,28	218.598,99	228.993,73	284.161,62	280.941,48	276.401,14	273.934,48	307.647,20	277.710,89	277.710,89	284.230,82	273.413,90	276.944,47	276.971,19	284.865,40	137.978,72
LCR LÍQUIDO (L)	1.244.514,52	2.768.319,37	4.241.421,37	4.501.473,70	4.745.254,01	5.754.122,90	5.642.498,94	5.576.158,65	5.851.099,83	5.671.818,60	5.671.818,60	5.833.440,79	5.588.230,55	5.648.095,03	5.654.009,90	5.848.522,88	3.068.020,95
INVESTIMENTO	1.200.000,00	879.920,00	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67	138.522,67
FUNDO DE MANUTENÇÃO	1.200.000,00	362.994,52	2.629.796,70	4.103.088,70	4.362.951,03	4.624.718,34	5.303.887,27	5.446.635,98	5.692.577,16	5.533.293,93	5.533.293,93	5.694.918,12	5.429.707,88	5.509.572,35	5.515.487,23	5.710.220,21	2.929.498,27
FUNDO DE CAPITAL CONTINÚO	1.200.000,00	315.299,58	1.988.594,12	2.667.247,42	2.494.531,41	2.299.302,37	2.427.778,94	2.069.115,09	1.780.514,96	1.618.085,71	1.367.531,05	1.224.084,05	1.014.831,23	895.459,54	779.496,41	701.754,57	313.060,16
TMA	15%																
VP	22.787.538,61																
TIR	10%																

Tabela 2 - Análise de Viabilidade Financeira Para Lavra Com Direção de Corte Não Orientada
Pela Tensão Principal

Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

7 CONCLUSÃO

O estudo aqui realizado, baseado nas projeções e estudos de viabilidade econômica, demonstraram que antes do processo decisório envolvendo a implantação de um determinado projeto é preciso assegurar que o produto objeto de produção precisa ter o seu consumo garantido, dentro de um escopo que obedece a padrões e que também siga uma tendência de preços praticados no mercado.

A exploração de uma determinada jazida passa pela realização de estudos prévios que correlacionem todos os elementos relacionados às singularidades do mineral a ser explorado. Atividade na mina está atrelada a estrutura demandada para esta unidade extrativa que precisa ser observada com base na demanda nacional e regional e também nas conjunções locais.

Não se tem dúvidas sobre a importância do planejamento de lavra que envolve os estudos econômicos focados na viabilidade da extração do mineral correlacionado aos investimentos exigidos bem como os benefícios líquidos resultantes, de modo que não se faça investimentos em projetos cujo retorno possa ser menor do que o custo de capital relacionado ao negócio. É nesse sentido que o Presente estudo traz sua maior contribuição quando exemplifica, através do estudo de caso, as estimativas dos investimentos iniciais previstos, custo de produção e análise de retorno do investimento.

Partindo da constatação e análise do potencial da jazida e a inserção do material no mercado, foi realizada a análise dos investimentos iniciais exigidos à aquisição dos tipos e quantidades de máquinas e equipamentos apontados na etapa do planejamento. Não se pode considerar a possibilidade de dar início a atividade de exploração da rocha ornamental, independente de qual tipo for, com poucos recursos, uma vez que a tentativa de serem utilizadas técnicas ou mesmo tecnologia de corte, se consideradas menos onerosas, podem não ser recomendadas para determinadas situações uma vez que podem comprometer ou até tornar inviável, a totalidade do projeto.

Os critérios considerados para a determinação dos investimentos de início referem-se a aquisição de máquinas e equipamentos, os investimentos pré-operacionais pertinentes a infraestrutura e ao preparo das áreas de extração e o capital de giro. A estimativa do custo operacional precisa estar

amparado no cuidado dos cálculos, de maneira que resultados previstos de fato sejam constatados, visto que se orientam em premissas que poderão ser confirmadas apenas ao longo da fase de operação da pedreira.

Com o presente trabalho, foi possível concluir que considerando os dados e premissas descritos, o empreendimento em questão de mineração de mármore com fim de venda como rocha ornamental e rocha marroada se mostrou economicamente viável.

Além disso, a lavra com direção de corte orientado pela tensão principal apresentou indicadores financeiros significativamente superiores a lavra com direção de corte não orientada pela tensão principal, demonstrando a importância de se realizar um estudo das tensões atuantes no maciço, devido ao impacto das diferenças de recuperação propostas.

Por fim, conclui-se que com as análises realizadas tais como o modelamento do corpo geológico, bem como o sequenciamento da lavra, proporciona ao empreendimento uma redução no risco e otimização dos ganhos devido a maior previsibilidade de produção, envolvendo os respectivos produtos, faturamento e custos.

REFERÊNCIAS

ABIROCHAS. O Setor Brasileiro de Rochas Ornamentais. Elaborado por Geól Cid Chiodi Filho. Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. Brasília, DF. Julho/2018

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.

ALENCAR, C.R.A., CARANASSIOS, A., CARVALHO, D.L.C. **Tecnologias de Lavra e Beneficiamento de Rochas Ornamentais**. Estudo econômico sobre rochas ornamentais. V.3. Fortaleza: FIEC/IEL, 1996. 225 p.

BAUDSON, A. J. G. S. **Aplicativo para a avaliação econômica de jazidas minerais**. 2008. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mineral, Departamento de Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

BINDA, Yan Taffner. **Estudo e análise de custos de uma pedreira de quartzito**. /Yan Taffner Binda. – 2021. Monografia (graduação) – Instituto Federal do Espírito Santo, Coordenadoria do Curso de Engenharia de Minas, Curso de Engenharia de Minas, Cachoeiro de Itapemirim, 2021.

CABELLO, M. L. R. (2011). Reciclagem de resíduo gerado na extração de quartzito. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 172p

CABELLO et al. **Métodos de lavra aplicados à extração de rochas ornamentais**. HOLOS, Ano 28, Vol 5 167.

CARANASSIOS, A.; CICCUCI, P. **Tecnologias de Extração e Valorização das Rochas Ornamentais**. V-23. Rochas de Qualidade. São Paulo. 1992.

CARDU, M. **Lavra de Rochas Ornamentais**. Notas de Aula, 2016.

Disponível em:
https://didattica.polito.it/portal/pls/portal/sviluppo.scheda_pers_swat.show?m=001990. Acesso em: 11 de jun. 2022.

CHIMICA EDILE DO BRASIL. **Manual Rochas Ornamentais**. 2011.

Disponível em:
http://www.chimicaedile.com.br/arquivos/pedreira/estudo_granito%20.pdf.
 Acesso em: 11 de jun. 2022.

DUARTE, G. W. **Tecnologias de Extração de Rochas Ornamentais**. Senai. Vitória, ES, 1994.

FAZOLO, D. Z. **Análise econômica de uma pedreira de rocha ornamental: os anos iniciais de um empreendimento de pequeno porte localizado no estado**

do Espírito Santo. TCC. Instituto Federal do Espírito Santo, Cachoeiro de Itapemirim, 2014.

GROSS, J.M., CHIODI, C.F. A Importância da Pesquisa Geológica no Segmento de Rochas Ornamentais. In: CONGRESSO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE MINAS, 4, 1996, Porto Alegre. Egatea: **Revista da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, número especial, novembro 1996. p. 140-144.

LAURIANO, Raul Abílio. **Estudo dos aspectos da lavra de mármore em cava GUERRA, G.C. (2020).** Jazida Da Vinci.
https://www.linkedin.com/search/results/content/?keywords=gedson%20campos%20g%20guerra&origin=SWITCH_SEARCH_VERTICAL

(fossa) de rocha ornamentais. / Raul Abílio Lauriano. – 2021.

MATTA, P.M. **Prospecção e Pesquisa de Rochas Ornamentais** – Uma Contribuição à Produção Limpa. In: Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste – SRONE, 4, 2003, Fortaleza. p. 21-32.

MENEZES, R.G. **Tecnologia de Lavra em Maciços Rochosos.** Rio de Janeiro: Departamento de Geologia da UFRJ, 2005. 48 p. (Monografia, Especialização, Tecnologia e Valorização em Rochas Ornamentais).

NUNES MARQUES, Marcos. Relatório de Serviços de Preparação e Abertura de Frente de Lavra de Granito Ornamental. **Relatórios restritos do CETEM e da Pedreira Escola.** Ruy Barbosa. Bahia. 2003.

NUNES MARQUES, Marcos. Relatórios de Serviços de Lavra de Granito Ornamental. **Relatórios restritos da Pedreira Escola.** Ruy Barbosa. Bahia. 2004.

REIS, Renato Capucho e Sousa, Wilson Trigueiro de Métodos de lavra de rochas ornamentais. **Rem: Revista Escola de Minas.** 2003, v. 56, n. 3 , pp. 207-209.

RIBEIRO, R. P. **Influência das características petrográficas de granitos no processo industrial de desdobramento de blocos.** Tese apresentada para obtenção do grau de doutor. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2005.

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.

SPÍNOLA, V., GUERREIRO, L. F.; BAZAN, R. **A indústria de rochas ornamentais.** Bahia, 2016.
VIDAL, F. W. H.; CASTRO, N. F.; FRASCÁ, M. H. B. **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento.** Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, p. 153-257, 2014.

VIDAL, F.H.W.; AZEVEDO, H.C.A.; CASTRO, N.F. (2013). "Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento." CETEM, 2013.