



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

MARCOS IRANDY OLIVEIRA DA ROCHA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA MINA DE ARGILA EM RIO
FORMOSO**

Recife
2024

MARCOS IRANDY OLIVEIRA DA ROCHA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA MINA DE ARGILA EM RIO
FORMOSO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas.

Orientador(a): Professor M.Sc Carlos Eduardo da Silva Araujo

Recife
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Rocha, Marcos Irandy Oliveira da.

Estudo de viabilidade econômica de uma mina de argila em Rio Formoso /
Marcos Irandy Oliveira da Rocha. - Recife, 2024.

43

Orientador(a): Carlos Eduardo da Silva Araújo

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia de Minas -
Bacharelado, 2024.

1. argila. 2. mineração. 3. payback. 4. taxa interna de retorno. 5. valor
presente líquido. I. Araújo, Carlos Eduardo da Silva. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

MARCOS IRANDY OLIVEIRA DA ROCHA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA MINA DE ARGILA EM RIO
FORMOSO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas.

Aprovado em: 01/04/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Mestre Carlos Eduardo da Silva Araújo (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof. Mestre Filipe Brito Marinho de Barros

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr. Robson Ribeiro Lima

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

RESUMO

Apesar de apresentar baixo valor agregado, a argila integra uma cadeia de produção crucial para o país, especialmente na construção civil, mais especificamente no setor de acabamentos. As lavras de argila em Pernambuco geralmente ocorrem em pequenos e médios empreendimentos, sendo que a produção, em alguns casos, é definida de acordo com a demanda da fábrica que a gerencia. O comércio de argila é bastante diversificado devido à variedade de tipos disponíveis, que se distinguem não apenas pela composição química e características físicas, mas também pela aplicabilidade. Este trabalho baseou seus estudos nas argilas adequadas para aplicação no setor de transformação da construção civil, especialmente na produção de pisos cerâmicos e porcelanatos. Grandes empresas que se destacam no setor de transformação tendem a evitar investimentos diretos na mineração, optando por terceirizar parcial ou totalmente os serviços relacionados ou até comprar diretamente de fornecedores. Essa prática pode significativamente aumentar o custo de produção da fábrica. No Nordeste, algumas empresas se destacam no setor de pisos cerâmicos, como a Pamesa S.A, Azimult Cerâmica, Pointer e Grupo Elizabeth. Foram definidos dois cenários com condições diferentes de prestação de serviços e foi conduzido um estudo de viabilidade econômica a partir do cálculo de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback para uma jazida do grupo Pamesa localizada no município de Rio Formoso, no estado de Pernambuco. O método de lavra escolhido foi o Strip Mining e a partir dele foram definidos os custos de investimento (CAPEX) e os custos de operação (OPEX). Após análise foi visto que ambos os cenários se mostram como boas oportunidades de acordo com os indicadores de investimentos.

Palavras-chave: argila, mineração, payback, taxa interna de retorno, valor presente líquido.

ABSTRACT

Despite presenting low added value, clay integrates a crucial production chain for the country, especially in the construction sector, more specifically in the finishing sector. Clay mining in Pernambuco generally occurs in small and medium-sized enterprises, with production, in some cases, being defined according to the demand of the managing factory. The clay trade is quite diverse due to the variety of available types, which are distinguished not only by chemical composition and physical characteristics but also by applicability. This work based its studies on clays suitable for application in the civil construction transformation sector, especially in the production of ceramic tiles and porcelain tiles. Large companies that stand out in the transformation sector tend to avoid direct investments in mining, choosing to partially or totally outsource related services or even buy directly from suppliers. This practice can significantly increase the factory's production costs. In the Northeast, some companies stand out in the ceramic tile sector, such as Pamesa S.A, Azimult Ceramics, Pointer, and Grupo Elizabeth. Two scenarios with different contracting and service provision conditions were then defined, and an economic feasibility study was conducted based on the calculation of New Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), and Payback for a quarry belonging to the Pamesa group located in the municipality of Rio Formoso, in the state of Pernambuco. The chosen mining method was Strip Mining, and from it, investment costs (CAPEX) and operating costs (OPEX) were defined. After analysis, it was observed that both scenarios show good investment opportunities according to the investment indicators.

Keywords: clay, mining, payback, internal rate of return, net present value.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 ARGILA	12
2.2. MÉTODOS DE LAVRA À CÉU ABERTO	13
2.2.1 Lavra em Cava ou Open Pit	14
2.2.2 Lavra em Tiras ou <i>Strip Mining</i>	16
2.2.3 Mineração em Terraços ou <i>Terrace Mining</i>	17
2.3 PLANEJAMENTO DE LAVRA	18
2.4 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA	19
2.4.1 Conceitos fundamentais para análise de investimentos	20
2.4.1.1 Fluxo de Caixa	20
2.4.1.2 Custos e Despesas	20
2.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS	21
2.5.1 Taxa Mínima de Atratividade	21
2.5.2 Payback Simples	21
2.5.3 Valor Presente Líquido (VPL)	22
2.5.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)	23
2.6 OBRIGAÇÕES TRIBUTÁRIAS	23
2.6.1 ICMS	23
2.6.2 PIS/COFINS	24
2.6.3 CEFEM	24

2.6.4 CSLL	24
2.6.5 Imposto de Renda	24
2.7 EXIGÊNCIAS AMBIENTAIS	25
3 METODOLOGIA	27
3.1 DEFINIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA JAZIDA	27
3.2 CONSIDERAÇÕES DA PESQUISA	28
3.3 PLANO DE LAVRA	28
3.3.1 Parâmetros Físicos Utilizados no Planejamento	29
3.3.2 Parâmetros de Produção	29
3.3.3 Definição dos Cenário	30
3.3.4 Especificação e Quantidade dos Equipamentos	30
3.4 CUSTOS E DESPESAS	31
3.4.1 Custos em Investimento (CAPEX)	31
3.4.2 Custos Operacionais (OPEX)	31
4. RESULTADOS	32
4.1 DEFINIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	32
4.2 CUSTOS DE INVESTIMENTOS (CAPEX)	32
4.3 RECEITA BRUTA	33
4.4 CUSTOS OPERACIONANIS	33
4.4.1 Custos em equipamentos	35
4.4.2 OPEX dos funcionários	35
4.4.3 OPEX Anual Total	36

4.5 FLUXO DE CAIXA	36
4.6 VPL, TIR e PAYBACK	36
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
7. APÊNDICES	42

1. INTRODUÇÃO

A mineração representa 4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, desempenhando, assim, um papel de destaque na economia do país. Dentro desse contexto, a lavra de argila emerge como uma etapa fundamental para a obtenção de matéria-prima destinada à produção de revestimentos cerâmicos e porcelanatos.

De acordo com os dados da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral de 2019, estima-se que aproximadamente 140 milhões de toneladas de argila são empregadas anualmente no Brasil na produção de peças de cerâmica. No entanto, acredita-se que esse consumo seja ainda maior, uma vez que as informações sobre o tema são pouco formalmente estruturadas.

Apesar de apresentar baixo valor agregado, a argila integra uma cadeia de produção crucial para o país, especialmente na construção civil, mais especificamente no setor de acabamentos. Na década de 1970, impulsionada por uma demanda contínua, ocorreu um significativo boom na construção civil no Brasil, o que provocou a modernização e expansão da indústria cerâmica nacional. Esse cenário não apenas estimulou a adoção de processos inovadores, mas também o lançamento de novas linhas de produtos. Como resultado desse crescimento, observou-se um aumento e uma diversificação na produção de minerais industriais para atender às necessidades da indústria cerâmica brasileira (CABRAL JUNIOR, *et. al.*, 2008)

Localizada em Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, a Pamesa do Brasil é reconhecida pela excelência na produção de revestimentos cerâmicos e porcelanatos, fazendo uso de tecnologia de ponta considerada uma das mais avançadas em seu setor. Com mais de 40 anos de história, o Grupo Pamesa possui uma impressionante área industrial de mais de 700.000 metros quadrados e um volume de negócios que ultrapassa os 415 milhões de euros, consolidando-se como uma das principais referências do segmento. Atualmente é a principal compradora de argilominerais do estado. Entre outras empresas do setor na região se destacam Azimult Cerâmica, Pointer e Grupo Elizabeth.

Atualmente, em Pernambuco, a lavra de argila ocorre em minas a céu aberto, predominantemente em pequenas jazidas que requerem poucos equipamentos e mão de obra, ao contrário das minas de ferro, ouro e outras substâncias que demandam uma infraestrutura mais robusta. Mesmo em jazidas maiores de argila, a demanda não é tão significativa, o que limita a necessidade de produção em grande escala. Com a

retomada da construção civil após a pandemia, surge um cenário de desafios e oportunidades devido à expectativa de aumento na demanda pelas fábricas em busca dessa matéria-prima.

O comércio de argila é bastante diversificado devido à variedade de tipos disponíveis, que se distinguem não apenas pela composição química e características físicas, mas também pela aplicabilidade. Para a fabricação de pisos cerâmicos é necessário definir uma fórmula contendo percentuais de diversas matérias primas diferentes, entre elas estão alguns tipos de argilas que quando combinadas resultam em uma massa com as propriedades físicas adequadas para seguir no processo de fabricação. Isso gera a necessidade de vários tipos de argila distintos que tem como origem minas diferentes. Este trabalho se concentrará em uma argila adequada para aplicação no setor de transformação da construção civil, especialmente na produção de pisos cerâmicos e porcelanatos.

Tendo em vista o cenário atual do mercado do setor de construção civil, levando em consideração a demanda e o valor de mercado da tonelada da argila em estudo, será realizado um estudo de viabilidade econômica de um empreendimento mineiro de argila.

Nesse contexto, serão delineados dois cenários, onde o cenário 1 estuda terceirizar totalmente os serviços de extração de argila e recuperação ambiental; já o cenário 2 estuda locar os equipamentos e contratar mão de obra. A partir desses cenários serão calculados Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback, termos que serão bem definidos ao decorrer deste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ARGILA

As argilas são rochas compostas essencialmente por argilominerais, os quais podem ocorrer junto com outros minerais não argilosos em sua formação, tais como quartzo, feldspato, mica, hematita, entre outros (GOMES, 1988).

As argilas utilizadas na indústria de cerâmica vermelha, também conhecidas como argilas comuns, abrangem uma vasta gama de substâncias minerais de natureza argilosa. Isso inclui sedimentos pelíticos consolidados e inconsolidados, como argilas aluvionares quaternárias, argilitos, siltitos, folhelhos e ritmitos, que adquirem tonalidades avermelhadas quando queimados em temperaturas entre 800 e 1.250°C (CABRAL JUNIOR, *et. al.*, 2008)

Essas argilas desempenham um papel fundamental como matéria-prima na fabricação de diversos produtos cerâmicos, como blocos de vedação e estruturais, telhas, tijolos maciços, tubos e ladrilhos, além de serem constituintes de fórmulas de massa única para revestimentos cerâmicos e porcelanatos. Caracterizadas por sua granulometria fina e plasticidade variável, especialmente quando combinadas com matéria orgânica e água em proporções específicas, essas argilas oferecem trabalhabilidade e resistência tanto durante os estágios de produção quanto na fase de queima. São, portanto, essenciais para a fabricação de uma ampla variedade de produtos cerâmicos (CABRAL JUNIOR, *et. al.*, 2008)

Devido a essa grande variedade de tipologias de argilas, para o setor de revestimentos cerâmicos é importante a realização de alguns testes em laboratório, incluindo análises físicas e químicas, para verificar se a matéria prima é adequada para produção industrial.

Dentre os ensaios em laboratório realizados, está a plasticidade que permite a argila assumir diferentes formas. Esse atributo desempenha um papel crucial na indústria cerâmica estrutural, onde técnicas de moldagem em estado plástico, como a extrusão, são empregadas. O controle preciso dessa propriedade possibilita a redução de problemas como laminação, trincas e quebras durante o processamento. Além disso, ajuda a evitar o desgaste excessivo das boquilhas de extrusão e a sobrecarga de tensão nas paredes do canhão da extrusora, que podem resultar em um aumento no consumo de energia elétrica durante o processo (NASCIMENTO, *et. Al.*).

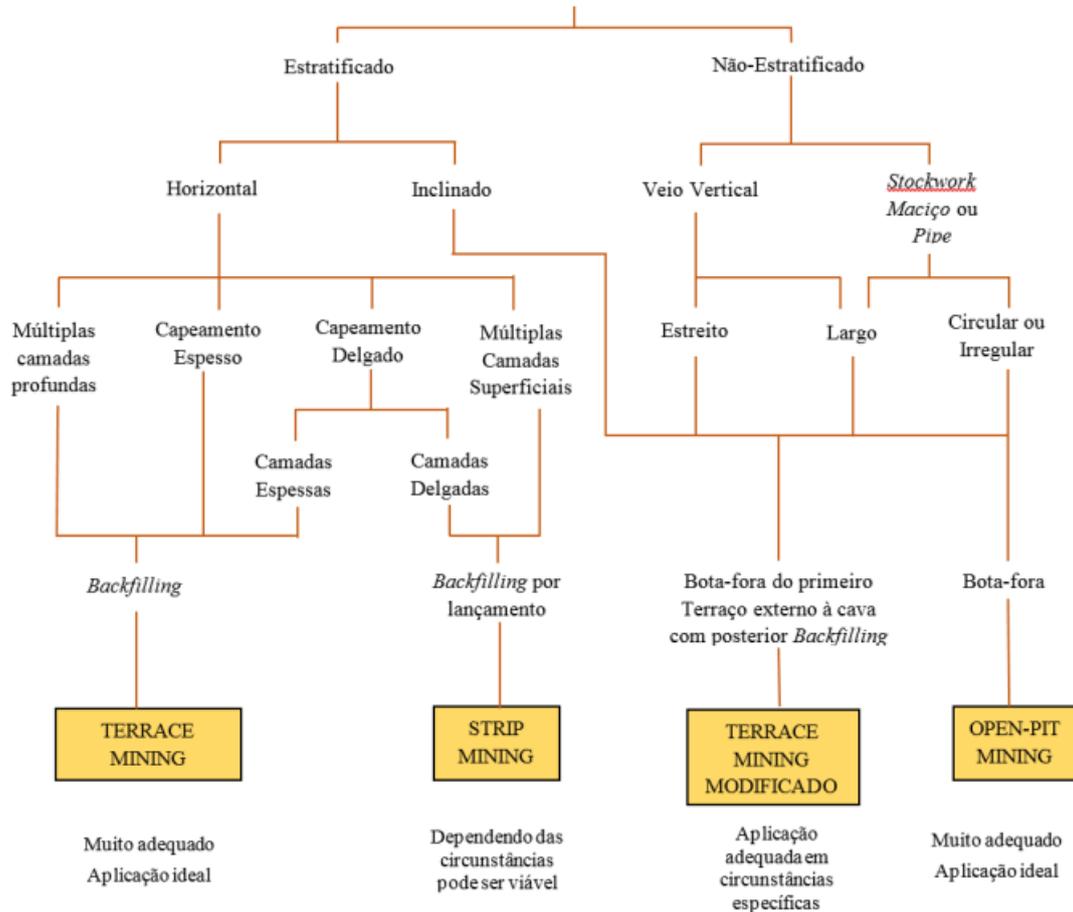
2.2 MÉTODOS DE LAVRA À CÉU ABERTO

A lavra de argila geralmente é conduzida por empreendimentos de pequeno ou médio porte, com uma produção que pode variar de 1.000 a 20.000 toneladas por mês. Essa atividade é realizada por meio de um dos métodos de lavra a céu aberto. A escolha do método a ser aplicado depende de diversas condições, incluindo as características do depósito, parâmetros técnicos e operacionais, recuperação da lavra e considerações ambientais (CABRAL JUNIOR, *et. al.*, 2008)

A figura 1 ilustra a classificação dos métodos de lavra a céu aberto conforme proposto por Bullivant (1987). Além dos critérios apresentados na figura 1, o tipo de equipamento utilizado (contínuo ou descontínuo) para a descobertura e transporte de estéril também influencia na escolha do método de lavra a ser aplicado. Dentre os métodos de lavra a céu aberto, os três mais comuns são: Lavra por Tiras ou *Strip Mining*, *Terrace Mining* e Lavra em Cava ou *Open Pit Mining*.

2.2.1. Lavra em Cava ou Open Pit

Figura 1: Classificação dos Métodos de Lavra – Depósitos de Minerais Explotáveis por Lavra à Céu aberto

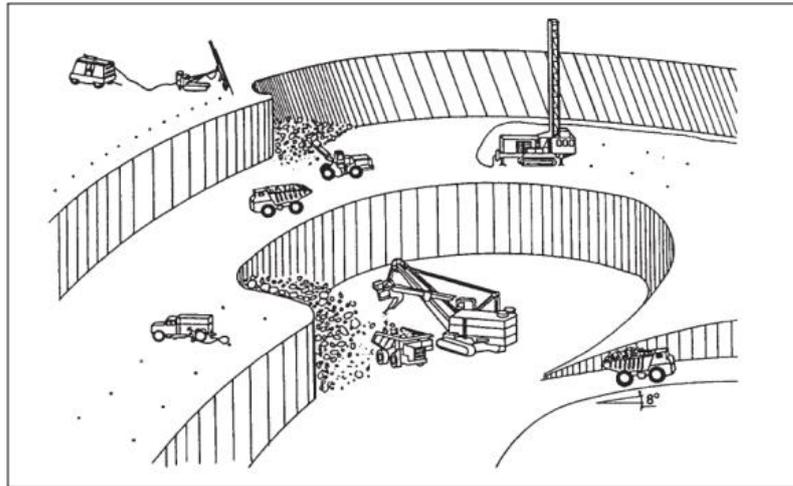


Fonte: Bullivant, 1987

Esse método é empregado em depósitos irregulares e íngremes, com inclinação acentuada em rochas expostas. É especialmente recomendado para depósitos de grandes dimensões horizontais, pois permite custos unitários mais baixos devido às altas taxas de produção (SOUZA, 2001).

Assim como os outros métodos que serão mencionados a seguir, este processo é cíclico, envolvendo descoberta, perfuração, desmonte, carregamento e transporte. A escavação geralmente é realizada por escavadeiras a cabo ou hidráulicas, enquanto o transporte de estéril e minério é feito por caminhões. O estéril é transportado para fora da área minerada, preferencialmente o mais próximo possível da cava final, com o objetivo de minimizar os custos de transporte (BULLIVANT, 1987).

Figura 2: Visão isométrica de bancos em diferentes níveis sendo lavrados simultaneamente



Fonte: Hustrulid *et al.*, 2013, apud Tamrock, 1978

Conforme Hustrulid *et al.* (2013), o corpo mineral é lavrado de cima para baixo, o que significa que a lavra se inicia no topo do banco e avança para baixo até que seja alcançado um espaço suficiente para o próximo banco. Quando o novo nível é exposto, a lavra ao redor pode começar a partir da nova bancada. Esse processo continua até que o pit final da cava seja alcançado.

Dentre as vantagens do método de lavra em bancadas, podem ser citadas: sua aplicabilidade em vários tipos de corpo mineral; a capacidade de permitir um alto nível de mecanização; a obtenção de produtividades elevadas; sua relativa flexibilidade; a recuperação próxima de 100% do depósito; a baixa diluição; e sua menor agressividade em comparação com métodos subterrâneos (PERONI, 2007).

Por outro lado, as desvantagens incluem: a limitação pela profundidade do depósito; os elevados investimentos de capital necessários; a exigência de recuperação da área minerada após a operação; a necessidade de estabilidade dos taludes, que é fundamental para a continuidade das operações ao longo da vida útil da mina; os desafios relacionados à drenagem da cava; e a disponibilidade de áreas para a disposição de estéril (PERONI, 2007).

2.2.2. Lavra em Tiras ou *Strip Mining*

Nesse método de lavra a céu aberto, a recuperação da área já minerada ocorre simultaneamente à extração de minério, por meio da descarga imediata do material estéril (McCarter *et al.*, 1992). Essa abordagem oferece menores impactos ambientais e um melhor desempenho econômico para a empresa, pois facilita a exposição do minério e otimiza os processos de recuperação ambiental (MACÊDO *et al.*, 2012).

Esse método difere do Open Pit, pois o material estéril não é transportado para ser depositado em pilhas, mas sim é lançado por equipamentos de escavação imediatamente em áreas adjacentes já lavradas. No caso de existir solo superficial que necessite de estocagem e preservação para reabilitações topográficas e ambientais posteriores, esse solo é transportado por caminhões, mas isso não descaracteriza o método Strip Mining (McCarter *et al.*, 1992). O manuseio de material consiste na escavação e transporte por um único equipamento, combinados em uma única operação unitária, o que aumenta a taxa de produtividade e diminui o custo unitário em comparação com outros métodos de lavra existentes.

O método de lavra em bancadas é aplicável a qualquer tipo de maciço rochoso e não depende da resistência mecânica, ao contrário do método Open Pit. A forma do depósito pode ser tabular, contínua, uniforme, com grande extensão e consistir em camadas pouco inclinadas. Além disso, o depósito deve estar a uma profundidade razoável que não ultrapasse os limites da relação estéril-minério máxima. Esse método é empregado na lavra de depósitos de carvão, fosfato, antracito, bauxita e argilas (CURI, 2017).

A mineração de caulim no Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, é realizada pelo método de Strip Mining. As dimensões das tiras são de 5 metros de largura por 20 metros de comprimento. A extração de minério é feita com o uso de uma retroescavadeira (conforme mostrado na figura 3), enquanto o estéril é removido utilizando um trator de esteira.

Figura 3: Mineração de Caulim, Cabo de Santo Agostinho (PE)



Fonte: Silva, 2008.

2.2.3 Mineração em Terraços ou *Terrace Mining*

Os depósitos em que esse método é aplicado geralmente possuem coberturas espessas ou a lapa do minério apresenta mergulho íngreme, o que inviabiliza a deposição direta do estéril na área já minerada, como no método de Lavra por Tiras. Portanto, o material é transportado por equipamentos cíclicos ou contínuos, como caminhões ou correias transportadoras, para áreas onde o minério já foi extraído (BULLIVANT, 1987).

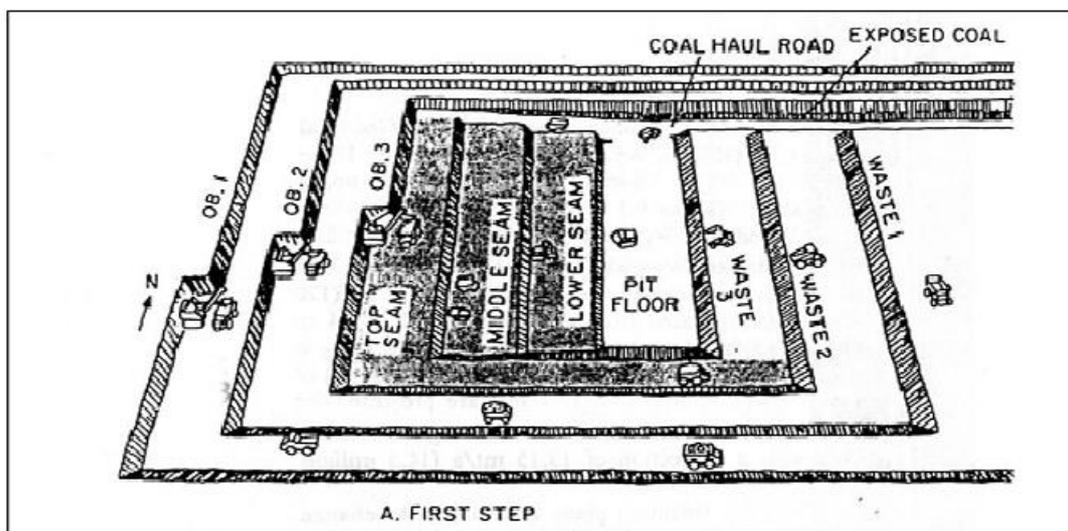
No método de mineração em terraços, o movimento lateral é empregado para extrair o minério, com a mina deslocando-se sobre o depósito de uma extremidade à outra. O material não aproveitável é depositado atrás da frente de escavação, onde o minério já foi retirado. A aplicação desse método pode variar, podendo ou não requerer múltiplas bancadas para a extração do minério e remoção do material estéril, dependendo da profundidade da escavação e dos equipamentos utilizados (ROCHA, 2017). Normalmente, esse método possui de 1 a 32 bancadas, cada uma com 10 a 15 metros de altura (RODRIGUES, 2018).

Um exemplo de mina que aplica esse método é a mina de Jacobs Ranch de carvão. Nessa mina, a lavra é realizada em três bancadas, e a espessura do carvão

varia em cada uma delas, podendo chegar a cerca de 18 metros na segunda bancada. Com essa reserva e a aplicação do método Terrace Mining, a capacidade de produção no primeiro ano foi de 3 milhões de toneladas.

A lavra se inicia com a retirada da cobertura estéril, sendo planejado que seja depositada numa área adjacente ao corte inicial, já que este ainda está estreito para acesso e movimento de equipamentos de transporte. Conforme a lavra se desenvolve mais, o estéril será depositado diretamente na área em que o carvão já foi minerado (conforme mostrado na figura 4).

Figura 4: Método de Lavra Terrace Mining para minério de carvão



Fonte: Surface Mining – Phil Oliver

2.3 PLANEJAMENTO DE LAVRA

O planejamento de lavra tem por objetivo garantir a maximização da vida útil de uma jazida, prever e reduzir os custos de produção, além de atender às metas de produção e de qualidade do minério (CHIMUCO, 2010).

Devido à complexidade geológica, cada frente de lavra possui características diferentes que impactam na qualidade do minério e no custo de extração. Um bom planejamento permite a exploração de um produto de boa qualidade que atende às necessidades e exigências do cliente. Em contrapartida, entregar um minério de qualidade acima da exigida pode diminuir a recuperação, pois inviabilizará a lavra de frentes de minério de menor teor ou qualidade. Além disso, a falta de planejamento

pode elevar os custos de produção com o aumento da relação estéril-minério, por exemplo, e em casos extremos reduzir a vida útil da jazida.

O planejamento de lavra é o projeto de avanço da lavra da mina envolvendo a previsão dos recursos e a determinação dos custos. À medida que há desenvolvimento da lavra, surgem novas informações sobre a reserva mineral e são necessários ajustes ao plano original. Para isso, Curi (2014) divide o planejamento de lavra entre longo, médio e curto prazo.

O planejamento de lavra de uma mina a longo prazo contempla os estudos de viabilidade, investimentos, ampliações e reduções de produção, onde o profissional determina o ritmo de lavra anual (MANDARINO, 2018).

2.4 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Compreendendo que a mineração faz parte da cadeia produtiva de revestimentos cerâmicos, é importante destacar que a escolha do método de lavra é um dos principais elementos para análise de viabilidade econômica de uma mina. Após a seleção do método, torna-se possível definir todos os custos que envolverão direta e indiretamente a lavra.

Investimento é a alocação de recursos com o objetivo de obter lucro. Diante das inúmeras variáveis que envolvem a decisão de empreender, é essencial realizar uma análise econômico-financeira do projeto no qual se pretende investir. Portanto, técnicas de análise de investimentos podem servir como ferramentas que auxiliam na tomada de decisão (COLPO *et. al.*, 2016).

A partir de um estudo de viabilidade econômica, é possível determinar se um empreendimento é viável ou não, bem como comparar projetos. Essa análise econômica e financeira compara os retornos que podem ser obtidos com os investimentos demandados, ajudando a decidir se vale a pena ou não investir. Para realizar essa análise de viabilidade, conforme Motta e Calôba (2006), é necessário definir as alternativas de investimento e prever suas consequências, transformando essas previsões em valores e considerando a variação desses valores ao longo do tempo.

2.4.1 Conceitos fundamentais para análise de investimentos

Antes de prosseguir com os métodos, indicadores e análise de investimentos, é importante apresentar alguns conceitos básicos que são necessários para o desenvolvimento desses estudos. Esses conceitos incluem o fluxo de caixa e os custos associados ao projeto.

2.4.1.1 Fluxo de Caixa

O fluxo de caixa é uma ferramenta que calcula as receitas e despesas, ou as entradas e saídas de recursos financeiros de um empreendimento ao longo de um determinado período de tempo. Essa ferramenta auxilia na visualização das movimentações de caixa e suas possíveis consequências, facilitando a análise financeira e a tomada de decisões (HIRSCHFELD, 2010).

Com as informações do fluxo de caixa, o empresário consegue elaborar um plano gerencial de resultados, análise de sensibilidade, rentabilidade, lucratividade, ponto de equilíbrio e prazo de retorno do investimento. Uma elaboração realizada adequadamente, com base em boas premissas e imparcialidade, auxiliará em uma boa decisão de investimento (FONSECA, 2010).

2.4.1.2 Custos e Despesas

Segundo Megliorini (2012), os custos referem-se aos recursos empregados na produção de produtos ou na prestação de serviços aos clientes, gerando as respectivas receitas. Já as despesas são os esforços realizados para gerar essa receita e administrar a empresa como um todo. Dessa forma, os custos estão relacionados aos gastos realizados no ambiente de produção, enquanto as despesas representam os gastos na administração do empreendimento e nas atividades de vendas.

Os custos podem ser classificados como fixos ou variáveis, e diretos e indiretos. Os custos fixos não variam e independem do volume de produção, assim como as despesas fixas que não variam independentemente do volume de vendas. Por outro lado, os custos e despesas variáveis variam conforme o volume de produção ou vendas.

Os custos diretos são aqueles diretamente atribuídos aos produtos, enquanto os custos indiretos necessitam de uma base de rateio ou outro critério de alocação,

como o tempo de utilização da mão de obra (MEGLIORINI, 2012). A apuração dos custos dos materiais diretos e indiretos deve ser realizada de forma diferente, pois enquanto os materiais diretos podem ser calculados para cada produto ou lote, os materiais indiretos devem ser objeto de rateio (SCHIER, 2006, apud SILVA *et al.*, 2010).

O custo com investimento inicial, chamado de CAPEX (*Capital Expenditure*, Bens de Capital) consiste em investimento em maquinário, aquisição de terreno, infraestrutura completa, custos com estudos e projetos.

Os custos operacionais OPEX englobam todas as despesas associadas ao funcionamento da empresa, podendo ser classificados em custos diretos e indiretos.

2.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

Para Schroeder *et al.* (2005), os métodos do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR) e o payback são recomendados e considerados em grande parte dos estudos financeiros como os mais eficientes e assertivos na avaliação de projetos.

Neste trabalho, os métodos de análise de investimento utilizados para determinar a viabilidade econômico-financeira do empreendimento de argila serão esses mencionados acima, os quais serão descritos detalhadamente nas próximas seções.

Outro conceito que precisa ser apresentado é a Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

2.5.1 Taxa Mínima de Atratividade

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é o retorno mínimo esperado para um investimento, levando em conta a fonte de capital e a margem de lucro desejada. No Brasil, a TMA pode variar de acordo com a empresa e é comumente referenciada pela taxa SELIC, a taxa básica de juros da economia.

Segundo Schroeder *et al.* (2005), tanto o Valor Presente Líquido (VPL) quanto a Taxa Interna de Retorno (TIR) são calculados com base na TMA, que representa o mínimo exigido para o projeto de investimento. A TMA deve garantir um retorno pelo menos equivalente à rentabilidade das aplicações de baixo risco, como a poupança, especialmente para investidores individuais.

2.5.2 Payback Simples

O Payback Simples (PBs), conhecido como período de retorno do investimento, representa o tempo necessário para recuperar o investimento inicial, ou seja, quando o fluxo de caixa acumulado se iguala a zero. Embora seja uma medida simples e não-paramétrica, os autores recomendam não o utilizar isoladamente na tomada de decisão, mas sim como uma informação adicional ou até mesmo como critério de desempate (MOTTA et al., 2009).

O Payback é mais útil para comparar alternativas de investimento do que para analisar um único projeto, sendo frequentemente utilizado como complemento ao método do Valor Presente Líquido (VPL). Outra abordagem é o Payback Descontado, que aplica a TMA para descontar os fluxos de caixa e trazê-los ao valor presente no momento do investimento inicial.

2.5.3 Valor Presente Líquido (VPL)

De acordo com Silva *et al.* (2014), o Valor Presente Líquido (VPL) é um método que traz todos os custos e receitas do fluxo de caixa para o período inicial, descontando uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Se o VPL resultar em um valor maior ou igual a zero, a proposta é considerada atrativa; caso contrário, a proposta deve ser descartada. O VPL é reconhecido por considerar o valor do dinheiro no tempo, permitindo a aplicação a fluxos de caixa com variações de sinal e dependendo apenas dos fluxos de caixa projetados.

Segundo Hirschfeld (1998), o objetivo do método do Valor Presente Líquido é determinar um valor inicial com base nos benefícios líquidos presentes ao longo do fluxo de caixa. O VPL é calculado somando todos os fluxos de caixa presentes, descontados à taxa de juros especificada i , como representado por Motta e Calôba (2002).

$$VPL = (-I) + \sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1 + K)^t}$$

onde:

- FCt = fluxo de caixa no t-ésimo período;
- I = investimento inicial;
- K = custo do capital ou taxa mínima de atratividade.

2.5.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

De acordo com Assaf Neto (2005), a Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma ferramenta para avaliar propostas de investimentos de capital. Ela representa a taxa de desconto que torna o valor presente líquido do fluxo de caixa igual a zero em um determinado momento. Em outras palavras, é a taxa na qual o valor dos retornos esperados é igual ao valor dos investimentos iniciais. A atratividade do investimento é determinada pela TIR ser maior ou igual a zero.

A formulação da taxa interna de retorno pode ser representada, supondo a atualização de todos os movimentos de caixa para o momento zero, da seguinte forma (MOTTA; CALÔBA, 2002; BRUNI; FAMÁ, 2007):

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

onde,

- I_0 = montante do investimento no momento zero (início do projeto);
- I_t = montantes previstos de investimento em cada momento subsequente;
- K = taxa de rentabilidade equivalente periódica (TIR);

FC = fluxos previstos de entradas de caixa em cada período de vida do projeto (benefícios de caixa).

Ainda segundo os autores, a tomada de decisão pela TIR é dada por:

- Se $TIR > TMA$, o projeto é economicamente viável;
- Se $TIR < TMA$, o projeto é economicamente inviável;
- Se $TIR = TMA$, é indiferente investir os recursos.

O método oferece a vantagem de proporcionar uma visualização percentual clara do resultado alcançado e de levar em conta o valor do dinheiro no tempo. No entanto, destacam-se desvantagens, como a complexidade do cálculo, que geralmente requer tentativa e erro, e a necessidade de reinvestir os saldos com a mesma taxa do investimento inicial.

2.6 OBRIGAÇÕES TRIBUTÁRIAS

2.6.1 ICMS

Segundo o Ministério da fazenda, o ICMS é o Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação. É de competência estadual e constitui uma das principais fontes de recurso para as contas públicas. Deve ser aplicado sobre a receita bruta depois de descontar o ICMS pago nos insumos e na energia elétrica. Possui alíquota de 17% no estado de Pernambuco.

2.6.2 PIS/COFINS

O PIS, Programa de Integração Social, é uma contribuição social tributária devida pelas pessoas jurídicas, com o objetivo de financiar o pagamento do seguro-desemprego, abono e participação na receita dos órgãos e entidades para os trabalhadores do setor privado. Sua alíquota é de 0,65% e incide sobre a receita bruta.

Já a COFINS, Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social, é devida pelas pessoas jurídicas de direito privado em geral, excluindo microempresas e empresas de pequeno porte optantes pelo Simples Nacional. Sua alíquota é de 3% e também incide sobre a receita bruta.

2.6.3 CEFEM

A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) é estabelecida como a receita bruta de venda, deduzidos os tributos incidentes sobre a comercialização, pagos ou compensados, de acordo com os regimes tributários aplicáveis. A alíquota da CFEM para a argila é fixada em 1%.

2.6.4 CSLL

A Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL) é um imposto federal do Brasil que é calculado com base no lucro líquido da empresa antes da provisão para o Imposto de Renda. É obrigatória para pessoas jurídicas e entidades equiparadas pela legislação do Imposto de Renda. Os recursos da CSLL são destinados ao financiamento da Seguridade Social. A alíquota padrão da CSLL é de 12%.

2.6.5 Imposto de Renda

O imposto sobre a renda é um tributo que cada contribuinte, seja pessoa física ou jurídica, deve pagar uma determinada porcentagem de sua renda para o governo. Esse tributo é calculado com base na nova riqueza produzida pelo contribuinte,

proveniente de trabalho, capital ou ambos (rendimentos tributáveis). Sobre essa renda, é aplicada uma porcentagem, conhecida como alíquota, de acordo com uma tabela estabelecida pelo órgão fiscalizador. No caso do lucro real, a alíquota é de 15%.

2.7 EXIGÊNCIAS AMBIENTAIS

Para iniciar as operações, são necessárias licenças ambientais como Licença Prévia – LP, Licença de Instalação – LI e Licença de Operação – LO. O valor correspondente a essas licenças depende do tipo de empreendimento, área do empreendimento e volume a ser extraído por mês. A partir desses dados, através da Lei Estadual 14.249, é possível definir o enquadramento do empreendimento no anexo I e o valor (R\$) correspondente a licença em seu respectivo enquadramento no anexo II.

Quadro 1: Enquadramento de empreendimentos de extração e pesquisa de areia, argila, cascalho, saibro, caulim e similares.

Área do Empreendimento (em Hectare)	Volume em metros cúbicos por mês			
	até 1.000	acima de 1.000 a 2.000	acima de 2.000 a 3.000	acima de 3.000
até 10 ha	H	I	J	L
acima de 10 a 30 ha	I	J	L	M
acima de 30 a 50 ha	J	L	M	N
acima de 50 a 100 ha	L	M	N	O
acima de 100 ha	M	N	O	P

Para as Licenças de Instalação, o valor será o correspondente à área total autorizada pelo DNPM. Para as Licenças de Operação, o valor será o correspondente à área efetivamente explorada.

Fonte: Lei nº 14.249, 2010

Quadro 2: Taxas de Licenciamento e autorização

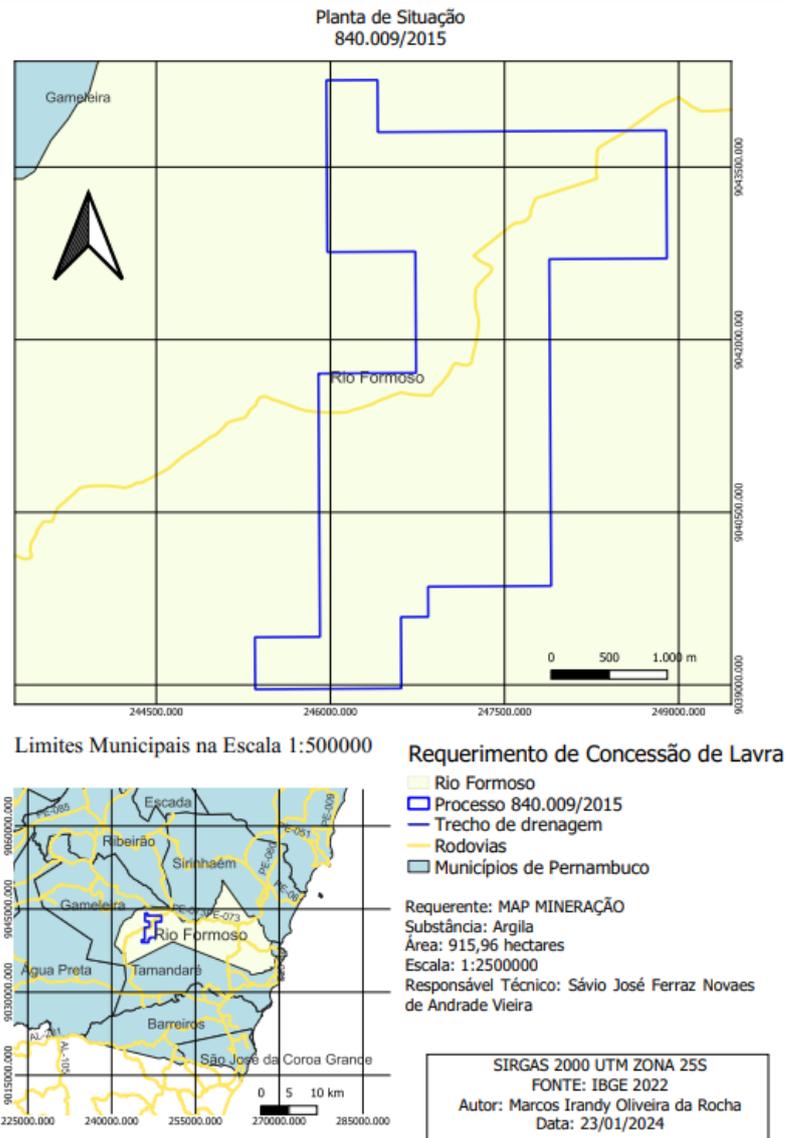
Fonte: Lei nº
14.249, 2010

Enquadramento	Consulta	Licença	Licença de Instalação	Licença de Operação	Autorização	Licença Simplificada	Serviços de Gestão de Fauna Especificados na tabela 16.9 do anexo I e tabelas 1.25, 1.26 e 1.27 do Anexo II (AC)
	Prévia	Prévia					
A	R\$ 137,25	R\$ 137,25	R\$ 183,06	R\$ 137,25	R\$ 137,25	R\$ 320,30	R\$ 77,85
B		R\$ 183,06	R\$ 366,10	R\$ 183,06	R\$ 183,06	R\$ 549,16	R\$ 103,81
C		R\$ 274,54	R\$ 549,14	R\$ 366,10	R\$ 366,10	R\$ 915,24	R\$ 155,72
D		R\$ 366,10	R\$ 732,17	R\$ 549,14	R\$ 549,14	R\$ 1.281,31	R\$ 207,62
E		R\$ 549,14	R\$ 1.098,28	R\$ 732,17	R\$ 732,17	R\$ 1.830,45	R\$ 311,45
F		R\$ 732,17	R\$ 1.464,33	R\$ 1.098,28	R\$ 1.098,28	R\$ 2.562,61	R\$ 415,25
G		R\$ 1.098,28	R\$ 2.196,49	R\$ 1.464,33	R\$ 1.464,33	R\$ 3.660,82	R\$ 622,86
H		R\$ 1.464,33	R\$ 2.928,68	R\$ 2.196,49	R\$ 2.196,49	R\$ 5.125,17	R\$ 830,49
I		R\$ 2.196,49	R\$ 4.393,08	R\$ 2.928,68	R\$ 2.928,68	R\$ 7.321,76	R\$ 1.245,73
J		R\$ 2.928,68	R\$ 5.857,43	R\$ 4.393,08	R\$ 4.393,08	R\$ 10.250,51	R\$ 1.660,99
L		R\$ 4.393,08	R\$ 8.786,08	R\$ 5.857,43	R\$ 5.857,43	R\$ 14.643,51	R\$ 2.491,51
M		R\$ 5.857,43	R\$ 11.714,74	R\$ 8.786,08	R\$ 8.786,08	R\$ 20.500,82	R\$ 3.322,02
N		R\$ 8.786,08	R\$ 17.572,14	R\$ 11.714,74	R\$ 11.714,74	R\$ 29.286,88	R\$ 4.983,00
O		R\$ 11.714,74	R\$ 23.429,49	R\$ 17.572,14	R\$ 17.572,14	R\$ 41.001,63	R\$ 6.398,26
P		R\$ 14.643,45	R\$ 29.286,93	R\$ 23.429,49	R\$ 23.429,49	R\$ 52.716,42	R\$ 8.304,97
Q		R\$ 17.572,14	R\$ 35.682,93	R\$ 29.286,93	R\$ 29.286,93	R\$ 64.969,86	R\$ 9.965,98

3 METODOLOGIA**3.1 DEFINIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA JAZIDA**

Para realizar os estudos, foi considerada uma jazida de argila previamente pesquisada e a área foi requerida junto à ANM sob o processo nº 840.009/2015. A figura abaixo representa um mapa de situação da área de concessão de lavra do qual a MAP Mineração, é detentora dos direitos minerários.

Figura 5: Planta de Situação de Área Requerida



Fonte: Autor, 2024

A área requerida, abrange 915,96 hectares. O local objeto deste estudo possui uma boa localização geográfica, situada na zona da mata pernambucana, no município de Rio Formoso. O polígono delimitador da área está localizado no Usina Cocaú, na região rural do município, às margens da rodovia PE-73 e próximo às rodovias BR-101 e PE-60, o que configura a boa localização geográfica.

3.2 CONSIDERAÇÕES DA PESQUISA

O Alvará N° 5188/2015 concedeu à requerente, MAP Mineração Ltda., o direito de pesquisa de argila no processo 840.009/2015, na região de Rio Formoso, em Pernambuco.

Com base em 68 furos, foram calculados:

- 3.544.292 toneladas de reserva medida;
- 531.317 toneladas de reserva indicada;
- 345.600 toneladas de reserva inferida.

Os ensaios físicos e químicos realizados com o material coletado e os testes industriais complementares confirmam a presença de um tipo de argila de boa qualidade o que é exigido pelo setor industrial para uso na composição de massas cerâmicas de pisos e revestimentos.

3.3 PLANO DE LAVRA

Com o objetivo de realizar um estudo de viabilidade econômica, foi feito um planejamento a longo prazo.

A partir dos parâmetros técnicos e operacionais da área, características geométricas do depósito e as possibilidades de recuperação e reabilitação ambiental, este trabalho propôs o estudo baseado no método de lavra Strip Mining, uma das técnicas a céu aberto já citadas. Assim, foram consideradas as seguintes etapas:

I. Destocamento de eventuais troncos e decapagem da capa de solo vegetal e do material estéril sobreposto à camada de argila, usando-se escavadeira hidráulica e transporte do material por caminhões internos para acumulação em pilhas distintas, depositadas em áreas estéreis ou já mineradas, próximas às frentes de lavra, deixando exposta e nivelada a camada argilosa;

II. Exploração da camada argilosa pelo método de lavra por tiras. Estas operações devem guardar um perfeito sincronismo desde que são dependentes uma da outra, cuidando-se para manter uma defasagem entre uma tira e outra para permitir a movimentação dos equipamentos.

III. Extração de material para aterro das cavas em áreas próximas de maior altitude com reposição conjunta do material estéril rejeitado na lavra nas áreas escavadas e sobre ele é espalhada posteriormente a camada de solo vegetal. A recomposição topográfica é auxiliada com a pá carregadeira.

Alguns dados obtidos na pesquisa, foram utilizados para planejamento de lavra e entre eles estão:

- Capeamento médio: 0,50 m;

- Espessura média da Argila: 3,0 m (dado da reserva medida)
- Relação de mineração: 0,16/1 (estéril/minério)

3.3.1 Parâmetros Físicos Utilizados no Planejamento

Para o planejamento de lavra foi necessário em laboratório determinar o peso específico da argila que foi de 1,7 t/m³.

Também, baseado em medições já realizadas em materiais similares foi definido um empolamento de 40% do material.

3.3.2 Parâmetros de Produção

A produção foi definida a partir da demanda por esse tipo de argila no mercado da região, onde a principal compradora é a Pamesa do Brasil S.A. Essa demanda é de 42.000 toneladas por ano ou 24.700 m³/ano.

Assim, como a mina operará 6 meses no ano, devido ao período de estiagem, e 5 dias na semana, é calculada uma produção diária de 350 toneladas de argila. Ainda, devido à baixa produção anual desejada é esperada uma vida útil de aproximadamente 90 anos para mina.

As negociações entre os fornecedores de argila e as fábricas geralmente chegam a um comum acordo: a própria mineradora é responsável pela entrega do material. Assim, como esse estudo foi baseado na demanda da Pamesa, os cálculos de custos operacionais, principalmente de transporte, terão como base a distância entre o empreendimento mineiro e a Pamesa.

3.3.3 Definição dos Cenários

O Cenário 1 foi um dos escolhidos para esse estudo por ser o mais aplicado atualmente. É comum para os detentores dos direitos minerários contratarem empresas terceirizadas para realizar todo o processo de lavra e reabilitação da área. Tal cenário é mais cômodo, porém abre margem para elevação dos custos devido a uma nova margem de lucro ser colocada em questão. Nesse cenário os equipamentos tanto de lavra como de transporte ao cliente são definidos pela terceirizada devido a sua própria disponibilidade de equipamentos. Até a realização desse trabalho foi feita cotação com apenas uma empresa.

Já para o Cenário 2, são propostos equipamentos diferentes pois é avaliada a disponibilidade de todo o mercado e não mais apenas de uma única empresa. Assim,

ocorre mudança na dinâmica de lavra e transporte e altera o cálculo de custos abrindo espaço para redução de custos totais.

3.3.4 Especificação e Quantidade dos Equipamentos

Para o Cenário 1, a empresa terceirizada foi responsável pelo dimensionamento de equipamentos devido a sua disponibilidade de frota própria.

Para o Cenário 2, o tipo de caminhão a ser utilizado depende de alguns fatores, como capacidade de carga e preço da diária do caminhão. A quantidade necessária de cada tipo de caminhão teve como base a meta diária de aproximadamente 350 toneladas de material a ser transportado diariamente.

Nesse estudo, a metodologia escolhida para definição da quantidade de equipamentos de carga foi apenas baseada no tempo de ciclo de transporte, descarga e retorno descarregado, visto que a mina se encontra a 80km do cliente e esse tempo de transporte supera bastante os tempos de carregamento do caminhão.

Ainda, foi definido que seriam contratados uma pc escavadeira 220 para escavar material e carregar os caminhões e uma pá carregadeira tanto para carregar caminhões quanto para recompor a topografia e manutenção das estradas.

3.4 CUSTOS E DESPESAS

3.4.1 Custos em Investimento (CAPEX)

A extração desta mina será conduzida com equipamentos de terceiros, considerando primeiro, a localização da mina em região de ampla oferta deste tipo de serviço; depois, a operação sazonal da mina, restrita aos meses de estiagem, gera ociosidade dos equipamentos durante o período de paralisação. Assim não haverá custo com aquisição de equipamentos em ambos os cenários.

Para regulamentação da área, são necessários diversos custos com parte administrativa, cumprimento de exigências, realização de pesquisa e testes em

laboratório, confecção de relatórios, além dos serviços cobrados por um engenheiro de minas.

As licenças ambientais foram calculadas a partir dos anexos I e II da Lei Estadual 12.249 baseado nos parâmetros de produção e características do empreendimento.

	Diaria	Capacidade	Transporte por dia	Qntd. Neces.	Arrendond	Custo Mensal	Custo Anual
Bi trem	R\$ 3.000,00	35	70	5	5	R\$ 15.000,00	R\$ 90.000,00
Truck	R\$ 1.000,00	14	28	12,5	13	R\$ 13.000,00	R\$ 78.000,00
LS	R\$ 1.800,00	27	54	6,48148148	6	R\$ 10.800,00	R\$ 64.800,00
Bi truck	R\$ 2.000,00	23	46	7,60869565	8	R\$ 16.000,00	R\$ 96.000,00

3.4.2 Custos Operacionais (OPEX)

Como, entre os cenários, haverá locação de equipamentos ou contratação de terceiros para realização das atividades, haverá custos mensais com esses contratos e eles serão aplicados no OPEX.

Os royalties serão incluídos nos custos operacionais já que são calculados baseados na produção e na retirada de material do empreendimento. No cenário 1, o royalty está incluído no orçamento de prestação de serviços da empresa terceirizada. Já no cenário 2, royalty é pago pelo empreendimento mineiro.

No Cenário 1, toda a mão de obra e os equipamentos são terceirizados, abrangendo atividades como decapagem e transporte de solo, extração e carregamento de argila, transporte da argila até o cliente e recuperação e reabilitação da área. Para garantir maior fidelidade ao estudo, foi realizada uma cotação com uma empresa terceirizada, que ficou responsável por fornecer os equipamentos, realizar a manutenção e disponibilizar a mão de obra necessária.

4 RESULTADOS

4.1 DEFINIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE

O cálculo para custo de transporte é apresentado na tabela 8 abaixo.

Tabela 1: Cálculo para custo de transporte

Fonte: o autor, 2024.

Assim, devido por possuir o menor custo anual, ficou definido que para esse planejamento seriam utilizados caminhões LS com capacidade máxima de 27 toneladas, fazendo duas viagens por dia cada. Essa escolha foi baseada no preço de mercado da diária desses caminhões, sendo a melhor opção atualmente. A partir da quantidade máxima de material que esses caminhões podem transportar, foi calculado que são necessários 6 (seis) caminhões desse tipo para transportar a demanda diária de 350 toneladas.

4.2 CUSTOS DE INVESTIMENTOS (CAPEX)

Em relação a regulamentação da área e serviços do engenheiro de minas foi estimado um custo de investimento inicial antes de operar a mina em R\$ 40.000,00.

Como o empreendimento é do tipo Pesquisa e Extração Mineral, possui uma área de 10 a 30 ha e o volume a ser extraído é acima de 3.000 toneladas, a partir das tabelas fornecidas nos anexos I e II da Lei 12.249 é possível enquadrar o empreendimento na classe M. Assim, é possível definir os seguintes valores de licenças:

- Licença Prévia (LP): R\$ 5.857,43;
- Licença de Instalação (LI): R\$ 11.714,74;
- Licença de Operação (LO): R\$ 8.786,08.

Então, é calculado um investimento inicial em licenças ambientais de R\$ 26.358,25.

O carro de apoio foi decidido neste estudo que será locado por 6 meses. A cotação foi de R\$20.000,00.

Por fim, além dos já mencionados, alguns custos adicionais de investimento relacionados a infraestrutura são apresentados no quadro 3 a seguir.

Tabela 2: CAPEX – Cenários 1 e 2

CAPEX - Cenários 1 e 2	
Regulamentação da área	R\$ 40.000,00
Licenças Ambientais	R\$ 26.358,25
Carro de Apoio	R\$ 20.000,00

Banheiros	R\$ 6.000,00
Escritório	R\$ 15.000,00
Capital de Giro	R\$ 100.000,00
Total	R\$ 207.358,25

Fonte: o autor, 2024

4.3 RECEITA BRUTA

Baseado na produção planejada de 42.000 toneladas/ano e supondo que toda produção será vendida a 120R\$/t, é esperada uma receita mensal de R\$ 5.040.000,00 por ano.

4.4 CUSTOS OPERACIONAIS (OPEX)

4.4.1 Custo com Equipamentos e Royalties

- Cenário 1:

Como já definido, empresa terceirizada assumirá o repasse do royalty ao proprietário da terra, estabelecendo um valor de R\$ 9,00 por tonelada extraída. Dessa forma, o orçamento foi estabelecido em R\$ 85,00 por tonelada de argila entregue ao cliente, incluindo todos os serviços prestados. Com a previsão de produção de 42.000 toneladas de argila, o custo de produção para a mina é de R\$ 3.570.000,00 por ano.

- Cenário 2:

No Cenário 2, serão locadas uma PC Escavadeira 220 e uma Pá Carregadeira, com um preço médio de mercado de R\$ 250,00 por hora trabalhada para cada equipamento, já incluído operador. Considerando a jornada de trabalho, o custo anual em R\$ 480.000,00.

Ainda, o caminhão pipa foi cotado a diária de R\$ 1.000,00 trazendo um custo anual de R\$120.000,00.

Para o cálculo do frete dos caminhões, já foi calculado que o modelo escolhido seria Carreta LS basculante com capacidade de transporte de 27 toneladas. Abaixo segue a tabela com os valores-base utilizados para o cálculo do frete.

Para o cálculo do frete dos caminhões, foi considerado o modelo Carreta LS basculante com capacidade de transporte de 27 toneladas. Com um planejamento de 42.000 toneladas por ano e uma produção estimada por 6 meses, chega-se a uma média de 350 toneladas por dia. Levando em conta que cada caminhão LS faz 2 viagens por dia, é calculada a necessidade aproximada de 6 (seis) caminhões LS. Abaixo segue o quadro com os valores-base utilizados para o cálculo do frete.

Tabela 3: Cálculo de Frete para transporte de argila até o cliente.

Caminhão	LS
Distância (km)	80
Consumo (km/L)	1,6
Valor do Diesel (R\$)	5,79
Custo de Diesel	289,5
Viagens por dia	2
Diária motorista(R\$)	100
Pedágio (R\$)	26
Almoço (RS)	50
Custo por viagem (RS)	377,5
Peso/carga (t)	27
Diária do carro (RS)	1800
Custo por tonelada (R\$/T)	47,31

Fonte: o autor, 2024

Assim, a entrega de argila ao cliente gera um custo de R\$47,31/tonelada. Como é esperado mensalmente 7.000 toneladas de argila, é calculado um gasto operacional de R\$ 1.987.020,00 anuais no transporte de argila até o cliente.

Por fim, nesse cenário o royalty é pago pelo empreendimento mineiro. Seu valor foi colocado no quadro 5 abaixo.

Tabela 4: OPEX – CENÁRIO 2

OPEX - CENÁRIO 2	
Descrição	Valor Anual
Equipamentos	R\$ 480.000,00
Frete	R\$ 1.987.020,00
Royalty	R\$ 378.000,00
Caminhão Pipa	R\$ 120.000,00
Overhead	R\$ 296.502,00
Total	R\$ 3.261.522,00

Fonte: o autor, 2024

4.4.2 OPEX dos funcionários

Esse cálculo é referente aos funcionários necessários para viabilizar a produção. O cálculo anual foi baseado no período de operação da mina que é de 6 meses.

- **Tabela 5: Cenário 1**

Quant.	Ocupação	Salário (R\$)	Encargos Sociais (R\$)	Salários Totais + Encargos (R\$)	Anual
1	Auxiliar de escritório	R\$ 1.804,11	R\$ 721,64	R\$ 2.525,76	R\$ 15.154,56
1	Engenheiro de minas	R\$ 10.000,00	R\$ 4.000,00	R\$ 14.000,00	R\$ 84.000,00
					R\$ 99.154,56

Fonte: o autor, 2024

● **Tabela 6:** Cenário 2

Quant.	Ocupação	Salário (R\$)	Encargos Sociais (R\$)	Salários Totais + Encargos (R\$)	Anual
1	Auxiliar de escritório	R\$ 1.804,11	R\$ 721,64	R\$ 2.525,76	R\$ 15.154,54
1	Engenheiro de minas	R\$ 10.000,00	R\$ 4.000,00	R\$ 14.000,00	R\$ 84.000,00
1	Encarregado de produção	R\$ 4.461,40	R\$ 1.784,56	R\$ 6.245,96	R\$ 37.478,75
3	Vigilante	R\$ 2.001,58	R\$ 800,63	R\$ 5.604,42	R\$ 33.626,54
					R\$ 170.259,83

Fonte: o autor, 2024

4.4.3 OPEX Anual Total

Assim, o Opex Total de cada cenário é:

- OPEX Cenário 1: R\$ 3.570.000,00 + R\$ 99.154,56 = R\$ 3.669.154,56

- OPEX Cenário 2: R\$ 3.261.522,00 + R\$ 170.259,83 = R\$ 3.431.781,83

4.5 FLUXO DE CAIXA

Em apêndice está em fluxo de caixa calculado para os próximos 10 anos.

4.6 VPL, TIR e PAYBACK

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) para os cálculos do VPL e TIR foi de 11,25%.

- O VPL do Cenário 1 foi de R\$ R\$ 777.166,13 e o TIR de 81%.
- O VPL do Cenário 2 foi de R\$ R\$ 1.787.054,52 e o TIR de 165%.
- O payback do Cenário 1 foi de 15 meses;
- O payback do Cenário 2 foi de 9 meses.

Com esses resultados é possível notar que ambos os cenários se mostraram promissores para a realidade econômica atual, apresentando VPL maior que zero, $TIR > TMA$ e curto retorno de investimento, o payback.

Também, esses números mostram que o mercado de argila pode ser muito atrativo para investidores que pretendem implementar empreendimentos mineiros de argila em Pernambuco.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As minerações de argila, na região metropolitana do Recife, geralmente consistem em pequenos empreendimentos com poucos equipamentos e infraestrutura, principalmente devido à dependência da demanda de mercado, que atualmente está concentrada em algumas fábricas no nordeste brasileiro.

Em Pernambuco, a maior parte do fornecimento de argilas e outras matérias-primas para a fabricação de pisos cerâmicos é realizada por terceiros contratados pela Pamesa do Brasil. Essa situação pode acarretar desafios para a empresa e impactar negativamente a produção da fábrica. Devido a características da mina, não é possível a operação durante períodos de chuva, o que torna o funcionamento sazonal, resultando na paralização das atividades durante alguns meses do ano; o que torna inviável para o cenário econômico atual a aquisição de equipamentos de lavra e transporte devido ao elevado tempo de ociosidade dessas máquinas.

Com isso, surge a possibilidade de dois cenários onde o primeiro deles é a terceirização total da lavra e entrega do material ao cliente e o segundo é a locação das máquinas necessárias para lavra e frete para entrega de material.

Após as análises econômicas, o Valor Presente Líquido (VPL) foi de R\$ 777.166,13 e R\$ 1.787.054,52 para os cenários 1 e 2 respectivamente. Assim, ambos

apresentaram valor maior que zero. Além disso, fixando uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) foi calculado, para os cenários 1 e 2 respectivamente, uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 81% e 165% com um *payback* de 15 meses para o cenário 1 e de 9 meses para o cenário 2. Ambos os cenários tiveram VPL maior que zero e a taxa interna de retorno maior que a taxa mínima de atratividade, além de curto *payback*.

Com base nesses resultados, é possível observar o potencial promissor do mercado de argila, indicando que, independente do cenário escolhido dentre os citados nesse trabalho, é possível obter rápido retorno sobre o investimento inicial e gerar fluxo de caixa positivo em curto período de tempo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BULLIVANT, D. Current Surface Mining Techniques. **Journal for the Transportation of Materials in Bulk: Bulk Solids Handling**, v. 7, n. 6, p. 827-833, 1987.
- CABRAL JUNIOR, M. *et al.* Argila para cerâmica vermelha. In: **Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008.
- CHIMUCO, J. P. J. **Metodologia de planejamento de mina para retomada das operações de lavra das jazidas de kassinga norte – angola**. Dissertação em Engenharia de Minas, UFOP. Ouro Preto, MG, 2010.
- COLPO, L., *et. al.* Análise de Retorno do Investimento: Um Estudo Aplicado em uma Microempresa. **RACI – Revista de Administração e Ciências Contábeis do Ideau**, Getúlio Vargas, v.10, n.21, Jan./Jul. 2016.
- Curi, A. **Minas a Céu Aberto – Planejamento de Lavra**. São Paulo: Oficina de textos, 2014.
- Lavra de Minas**. São Paulo: Oficina de textos, 2017.
- FONSECA, Y. D. **Técnicas de avaliação de investimentos**: uma breve revisão da literatura. 2010.
- GOMES, C. F. **Argilas, o que são e para que servem**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1988.
- HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. São Paulo, Atlas, 2010.
- HUSTRULID, W.; KUCHTA, M.; MARTIN, R. **Open Pit Mine: planning & design**. 3 Ed. Leiden: The Netherlands: CRC Press, 2013.
- MACÊDO, G.; ALFONSO, P.; SOUZA, J. C. Lavra em Tiras – Uma alternativa econômica e ambiental na mineração de gipsita no Pólo Gesseiro do Araripe. **Congresso Brasileiro de Mina à Céu Aberto**. Belo Horizonte, 2012.
- MEGLIORINI, E. **Custos: análise e gestão**. 3ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.
- MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M. **Análise de Investimentos: tomada de decisão em investimentos industriais**. São Paulo: Atlas, 2006.
- PERONI, R. **Lavra a Céu Aberto**. Apostila. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia de Minas. Porto Alegre, 2007.
- ROCHA, S.S. **Análise comparativa dos benefícios econômicos, operacionais e ambientais do método Terrace Mining na mineração de gipsita do Polo Gesseiro do Araripe**. Dissertação em Engenharia Mineral, UFPE. Recife, 2017.
- RODRIGUES, C. H. **Análise comparativa dos métodos de lavra Terrace Mining e Strip Mining para mineração de gipsita**. Dissertação em Engenharia Mineral, UFPE. Recife, 2018.

SCHROEDER, J. *et al.* O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento the capital cost as minimum interest rate in projects investment analysis. **Revista Gestão Industrial**, v. 1, n. 02, p. 036-045, 2005.

SILVA, D. A. *et al.* Análise de viabilidade econômica de três sistemas produtivos de carvão vegetal por diferentes métodos. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, 2014.

SOUZA, J. C. **Métodos de Lavra a Céu Aberto**. Recife: UFPE, 2001.

7. APÊNDICES

Apêndice 1 – Fluxo de Caixa, VPL, TIR e payback para o Cenário 1

Cenário 1	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
CAPEX	R\$ 207.358,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Receita Operacional	-	R\$ 5.040.000,00									
ICMS (18%)	-	R\$ 907.200,00									
PIS (0,65%)	-	R\$ 32.760,00									
COFINS (3%)	-	R\$ 151.200,00									
Base de Cálculo da CFEM	-	R\$ 3.948.840,00									
CFEM (1%)	-	R\$ 39.488,40									
Receita Total	-	R\$ 3.909.351,60									
OPEX	-	R\$ 3.669.154,56									
Renovação de Licenças	-	R\$ 8.786,08									
Lucro Tributável	-	R\$ 231.410,96									
CS (12%)	-	R\$ 27.769,32									
IR (15%)	-	R\$ 34.711,64									
Lucro Líquido	-	R\$ 168.930,00									
Fluxo de Caixa Líquido Anual	-R\$ 207.358,25	R\$ 168.930,00									
TMA=	11,25%	Vpentradas	R\$ 984.524,38								
		VPL	R\$ 777.166,13								
		TIR	81%								
		Payback Simples	1,29446539	15,53358468							
			em anos	em meses							

Apêndice 2 - Fluxo de Caixa, VPL, TIR e payback para o Cenário 2

Cenário 2	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
CAPEX	R\$ 207.358,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Receita Operacional	-	R\$ 5.040.000,00									
ICMS (18%)	-	R\$ 907.200,00									
PIS (0,65%)	-	R\$ 32.760,00									
COFINS (3%)	-	R\$ 151.200,00									
Base de Cálculo da CFEM	-	R\$ 3.948.840,00									
CFEM (1%)	-	R\$ 39.488,40									
Receita Total	-	R\$ 3.909.351,60									
OPEX	-	R\$ 3.431.781,83									
Renovação das Licenças	-	R\$ 8.786,08									
Lucro Tributável	-	R\$ 468.783,69									
CS (12%)	-	R\$ 56.254,04									
IR (15%)	-	R\$ 70.317,55									
Lucro Líquido	-	R\$ 342.212,09									
Fluxo de Caixa Líquido Anual	-R\$ 207.358,25	R\$ 342.212,09									
TMA=	11,25%										
		Vpentradas	R\$ 1.994.412,77								
		VPL	R\$ 1.787.054,52								
		TIR	165%								
		Payback Simples	0,717326614	8,607919372							
			em anos	em meses							