

SÉRIE Tecnologia Ambiental

**Pré-viabilidade econômica
da utilização dos resíduos
do mármore Bege Bahia na
produção de pisos
geradores de energia**

**Roberto Carlos da Conceição Ribeiro
Gilson Ezequiel Ferreira
Pedro Paulo Cardoso Lima**



SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

Pré-viabilidade econômica da utilização dos resíduos do mármore Bege Bahia na produção de pisos geradores de energia

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Luciana Santos

Ministra de Estado

Luis Manuel Rebelo Fernandes

Secretário Executivo

Isa Assef dos Santos

Subsecretária de Unidades de Pesquisa e Organizações Sociais

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Silvia Cristina Alves França

Diretora

Robson Araujo D'Ávila

Coordenador Substituto de Administração - COADM

Andréa Camardella de Lima Rizzo

Coordenadora de Planejamento, Gestão e Inovação - COPGI

Paulo Fernando Almeida Braga

Coordenador de Processamento e Tecnologias Minerais - COPTM

Marisa Nascimento

Coordenadora de Processos Metalúrgicos e Ambientais - COPMA

Leonardo Luiz Lyrio da Silveira

Coordenador de Rochas Ornamentais - CORON

Arnaldo Alcover Neto

Coordenador de Análises Minerais - COAMI

SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

ISSN 0103-7374

STA - 137

Pré-viabilidade econômica da utilização dos resíduos do mármore Bege Bahia na produção de pisos geradores de energia

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Engenheiro Químico, D.Sc., Pesquisador do CETEM/MCTI

Gilson Ezequiel Ferreira

Economista Mineral, D.Sc., Pesquisador colaborador
CETEM/MCTI

Pedro Paulo Cardoso Lima

Bolsista de Iniciação Científica Projeto CNPq/CETEM/MCTI

CETEM/MCTI

2025

SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

Editor: Luis Gonzaga Santos Sobral

Subeditor: Andréa Camardella de Lima Rizzo

CONSELHO EDITORIAL: Saulo Rodrigues P. Filho (UNB), Jorge Rubio (UFRGS), José Ribeiro Aires (CENPES), Luis Enrique Sánchez (EPUSP), Virginia Sampaio Ciminelli (UFMG), Luís Alberto Dantas Barbosa (UFBA), Ricardo Melamed (UNB), Marcello F. Veiga (University of British Columbia-Canadá), Bruce Marshall (University of British Columbia-Canadá).

Não existe uma definição única que se enquadre na ampla diversidade que o tema “Tecnologias Ambientais” abrange. Em primeiro lugar, o campo das Tecnologias Ambientais é caracterizado por um alto grau de diversidade e heterogeneidade. Em geral, o termo é usado para incluir tecnologias e aplicações que supostamente ajudam a reduzir o impacto negativo da atividade industrial e dos serviços, de usuários privados ou públicos, no meio ambiente. O conceito se refere, normalmente, a tecnologias “no final do processo” (end-of-pipe) integradas a tecnologias limpas e de recuperação de áreas contaminadas. No entanto, também pode abranger questões de sentido mais amplo, como monitoramento, medição, mudança de produtos ou gerenciamento de sistemas ambientais. As tecnologias ambientais são, portanto, de natureza interdisciplinar e podem ser aplicadas em qualquer etapa da cadeia produção-consumo. Tendo isso em mente, a *Série de Tecnologia Ambiental* tem por objetivo congrega especialistas, tais como: pesquisadores, tecnologistas, professores etc., do CETEM em particular, para que divulguem suas pesquisas em áreas tão diversas para servirem como estímulo para os novos e futuros pesquisadores.

There is no single definition that fits the wide diversity that the theme “Environmental Technologies” covers. First, the field of Environmental Technologies is characterized by a high degree of diversity and heterogeneity. In general, the term is used to include technologies and applications that are supposed to help reduce the negative impact of industrial activities and services, by private or public users, on the environment. The concept usually refers to technologies “at the end of the process” (end-of-pipe) integrated with clean technologies and recovery of contaminated areas. However, it can also cover broader issues such as monitoring, measuring, changing products or managing environmental systems. Environmental technologies are, therefore, of an interdisciplinary nature and can be applied at any stage of the production-consumption chain. Bearing this in mind, the “Environmental Technology Series” aims at bringing together specialists, such as: researchers, technologists, professors etc., from CETEM in particular, to disseminate their research in such diverse areas to serve as a stimulus for new and future researchers.

O conteúdo desse trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Copyright © 2025 CETEM/MCTI

Todos os direitos reservados.
A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação de copyright (Lei 5.988)

Valéria Cristina de Souza
Diagramação e Editoração Eletrônica

André Luiz Costa Alves
Projeto Gráfico

Informações:
CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
Av. Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ
Homepage: www.cetem.gov.br

CIP – Catalogação na Publicação

R484p

Ribeiro, Roberto Carlos da Conceição.

Pré-viabilidade econômica da utilização dos resíduos do
mármore Bege Bahia na produção de pisos geradores de energia /
Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, Gilson Ezequiel Ferreira,
Pedro Paulo Cardoso Lima. – Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2025.
44 p. - (Série Tecnologia Ambiental; 137).

ISBN 978-65-5919-070-6.

1. Rochas ornamentais. 2. Resíduos de rochas. 3. Mármore Bege
Bahia. 4. Viabilidade econômica. I. Ferreira, Gilson Ezequiel
II. Lima, Pedro Paulo Cardoso. III. Centro de Tecnologia Mineral.
IV. Série.

CDD 552.4

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do CETEM/MCTI
Bibliotecário(a) Rosana Silva de Oliveira CRB7 – 5849

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Mármore Bege Bahia	9
1.2 Geração de Resíduos de Rochas	10
1.3 Estudos de Aplicações de Resíduos de Rochas	13
1.4 Formação de Piso Gerador de Energia Contendo Resíduo do Mármore Bege Bahia	13
1.5 Pré-viabilidade Econômica	14
1.6 Implementação do Sistema de Britagem	15
2 OBJETIVO	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
4.1 Estudo de Mercado	21
4.2 Logística de Empreendimento	25
4.3 Localização e Aspectos Fisiográficos	26
4.4 Produção	28
4.5 Geração de Emprego	31
4.6 Investimentos Fixos	31
4.7 Receitas e Custos	32
4.8 Custos de Geração do Piso Prensado e Resinado	33
4.9 Custos Comerciais	34
4.10 Consolidação dos Custos	35
4.11 Investimento Variável (Capital de Giro)	36
4.12 Recursos ou Passivo Circulante	36
4.13 Análise Interna	37
5 CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

RESUMO

Na última avaliação da Abirochas em 2023, o Brasil se tornou o 4º maior produtor mundial de rochas ornamentais, com uma produção anual de cerca de dez milhões de toneladas. Dentre tais rochas, destaca-se o Mármore Bege Bahia, um tipo de calcário ornamental extraído, principalmente, em Ourolândia e Jacobina-BA. No entanto, atrelada a essa produção observa-se a geração de uma quantidade significativa de resíduos, que representam mais de 70% da produção e são estocados em aterros tornando-se cada vez mais necessário seu aproveitamento. Com isso, o objetivo desse trabalho é verificar se a aplicação dos resíduos do Mármore Bege Bahia apresentam pré-viabilidade econômica para formação de pisos geradores de energia. Foram realizados estudos e simulações sobre o resíduo, verificação do mercado consumidor, logística de empreendimento, aspectos fisiogeográficos, hidrografia, estudos de energia, água, educação, demografia, produção, possibilidade de criação de pátios de estocagem, além da aquisição de maquinários, determinação das receitas e custos, verificação dos investimentos variáveis, do passivo circulante e da análise interna. Pôde-se concluir que há viabilidade econômica dessa aplicação do referido resíduo, pois estimando-se um valor de venda do produto de R\$ 100,00 por unidade de ladrilho, e estimando-se uma comercialização de 5.000 ladrilhos/ano, chega-se a uma receita de R\$ 500.000,00/ano. Considerando-se um investimento de maquinários e pessoal, além de insumos, totalizando R\$ 2.000.000,00 tem-se um Valor Presente Líquido (VPL) positivo de R\$ 232.142,36, uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 12%, o que faz com que em 3 anos de atividade se zere o investimento e o Payback será em 4 anos. Vale ressaltar que se trata de um projeto preliminar necessitando de um estudo mais profundo com eventual efetividade no tema.

Palavras-chave

Mármore Bege Bahia, resíduos de rochas, pré-viabilidade econômica.

ABSTRACT

In the latest assessment by Abirochas in 2023, Brazil became the 4th largest producer of ornamental stones in the world, with an annual production of around ten million tons. Among these rocks, Bahia Beige Marble stands out, a type of ornamental limestone, extracted mainly in Ourolândia and Jacobina -BA. However, linked to this production, a significant amount of waste is generated, which represents more than 70% of production and is stored in landfills, making its use increasingly necessary. Therefore, the objective of this work is to verify whether the application of Bahia Beige Marble waste presents economic pre-visibility for the formation of energy-generating floors. Studies and simulations were carried out on waste, verification of the consumer market, enterprise logistics, physio geographic aspects, hydrography, studies of energy, water, education, demography, production, the possibility of creating storage yards, in addition to the acquisition of machinery, determination of revenues and costs, verification of variable investments, current liabilities and internal analysis. It was possible to conclude that there is economic viability of this application of waste, since estimating a sales value of the product of R\$ 100.00 per unit of tile, and estimating a sale of 5,000 tiles/year, a revenue of R\$ 500,000.00/year is reached. Considering an investment in machinery and personnel, in addition to inputs, totaling R\$ 2,000,000.00, there is a positive Net Present Value (NPV) of R\$ 232,142.36, an Internal Rate of Return (IRR) of 12%, which means that in 3 years of activity the investment will be zero and the Payback will be in 4 years. This is a preliminary project requiring a deeper study with eventual effectiveness on the topic.

Keywords

Bahia Beige Marble, rock waste, pre-economic viability.

1 | INTRODUÇÃO

1.1 | Mármore Bege Bahia

A Bahia posiciona-se como o terceiro maior produtor de rochas ornamentais do Brasil, possuindo a mais completa diversidade de cores de rochas do país, que vão desde as suas mais famosas rochas azuis, passando por uma variedade de cores incluindo-se mármore, granitos, arenitos e conglomerados.

Segundo Frasca et al. 2025, o Mármore Bege Bahia é um tipo de pedra natural incomum e um recurso mineral e econômico vital de Orolândia, município do Estado da Bahia, Nordeste do Brasil, que é explorado desde a década de 1960. Geologicamente, trata-se de um calcrete, calcário pedogênico quaternário, pertencente à Formação Caatinga, idade Pleistocênica. Foi formado pela dissolução *in situ* de carbonato e reprecipitação do calcário marinho da Formação Salitre Neoproterozóica após alteração química, física e biogênica em um ambiente árido/semiárido. Esses processos resultaram em um calcário de tom claro, estruturalmente semelhante a uma brecha, caracterizado por um arranjo heterogêneo de fragmentos de calcários em uma matriz de micrita, tipicamente exibindo cavidades irregulares e centimétricas com cristais de calcita cobrindo suas paredes, lembrando geodos. O Bege Bahia possui boas características tecnológicas para sua utilização como pedra natural, e os tons terrosos e os padrões distintos – principalmente a presença generalizada de cavidades – conferem a este calcário bege claro único um aspecto visual semelhante ao do travertino. Por isso, também é nomeado e comercializado como “Travertino Nacional” ou “Travertino Brasileiro”. Por isso, tem sido utilizado inúmeras vezes desde meados do século XX em *designs* de interiores, pisos e

revestimentos de residências, e em fachadas e colunas de edifícios modernos em todo o país. Abrange também importantes edifícios do patrimônio brasileiro, como o Supremo Tribunal Federal em Brasília, capital do Brasil. As características geológicas e tecnológicas do calcrete Bege Bahia, somadas à sua importante contribuição para a sustentabilidade social e econômica da região de OuroLândia, e para o setor de pedras naturais brasileiro, mostram sua importância como pedra patrimonial. Além disso, a área de ocorrência de calcretes na região de OuroLândia é de importância no âmbito da geoconservação devido aos seus significativos sistemas cársticos desenvolvidos nas Formações Salitre e Caatinga com relevantes sítios espeleológicos e paleontológicos.

1.2 | Geração de Resíduos de Rochas

A retirada de blocos para a produção de chapas gera uma quantidade significativa de resíduos grosseiros, gerados pela quebra das peças durante o corte, e resíduos finos que aparecem na forma de lama. Estes resíduos são acumulados nas serrarias ou pedreiras e, posteriormente, encaminhados para aterros especializados (FARIAS, 1995).

O desdobramento e o polimento ocorrem em vias úmidas e tem como consequência direta a geração de efluente. No desdobramento o efluente é composto de água e resíduo sólido (pó de calcário) oriundo do bloco que está sendo serrado. A serragem origina, também, fragmentos de calcário, conhecidos como casqueiro (laterais externas do bloco) assim como pedaços de chapas quebradas durante o processo. Estes resíduos sólidos não são compatibilizados como integrante do efluente. Em OuroLândia, atualmente, operam 16 (dezesesseis) teares, todos

diamantados, variando no porte entre os teares “normais” com capacidade para blocos de 8m^3 e os denominados “grandes” com capacidade para desdobrar blocos de 10m^3 . Os teares “normais” têm capacidade nominal para serrar 26 (vinte e seis) blocos de mármore por mês. Os teares “grandes” podem atingir a 42 (quarenta e dois) blocos/mês. Em termos de volume de mármore desdobrado, considerando-se que 10 (dez) teares são do tipo normal, tem-se que mensalmente sejam serrados 2.080 m^3 . Os restantes, do tipo grande, desdobram $2.520\text{ m}^3/\text{mês}$. Perfazendo um volume nominal máximo de $4.600\text{ m}^3/\text{mês}$. Estima-se, com base em informações locais, que sejam gerados na serragem 22% (vinte e dois por cento) de pó de calcário e 8% (oito por cento) de casqueiro representado por, aproximadamente, quatro chapas nas laterais externas do bloco. Nominalmente tem-se uma produção máxima de $1.012\text{ m}^3/\text{mês}$ de pó de calcário e cerca de $368\text{ m}^3/\text{mês}$ de casqueiro. Na linha do raciocínio acima apresentado e considerando-se as informações prestadas pelos empreendedores e contidas nos formulários (Apêndices) pode-se estabelecer que atualmente são serrados aproximadamente 260 blocos de mármore Bege Bahia gerando $513,90\text{ m}^3$ de pó de calcário e $186,87\text{ m}^3$ de casqueiro.

Na etapa de polimento, além da água e resíduos sólidos, o efluente é composto de outros insumos utilizados: resina, catalisador e material abrasivo. Destes insumos a resina é utilizada em maior escala e segundo Calhau et al. (2010), é uma resina poliéster orto-tereftálica insaturada diluída em monômero de estireno, onde numa possível lixiviação para o meio ambiente poderá contaminar solo e os corpos d'água. A mistura dos efluentes provenientes da serragem e os originados pelo polimento provocará a contaminação do pó de mármore (calcário) oriundo do desdobramento dos blocos, podendo inviabilizar o

aproveitamento do mesmo, como um subproduto do mármore em função dos efeitos químicos nocivos da resina no meio ambiente ainda serem pouco conhecidos.

Na etapa de polimento o volume de efluente gerado é enviado para tanques de decantação construídos em série. O processo de decantação para a remoção de partículas sólidas em suspensão é um dos mais comuns no tratamento da água. Consiste na utilização das forças gravitacionais para decantar as partículas de densidade superior à da água, depositando-as em uma superfície ou zona de armazenamento. Nestes tipos de tratamento uma parcela da água é recuperada podendo retornar ao processo industrial.

Devido ao incremento no uso das rochas ornamentais, as empresas foram obrigadas a elevar seus atuais níveis produtivos e ao mesmo tempo melhorar a qualidade do produto. Assim sendo, os métodos tradicionais de lavra de blocos tiveram um grande progresso científico industrial, na conversão para métodos com tecnologias avançadas de corte, no que se refere ao aperfeiçoamento e inovação das técnicas e equipamentos utilizados nessa atividade, além da crescente preocupação com o meio ambiente (VIDAL, 1999).

Segundo a ABIROCHAS (2023), o Brasil é o quarto produtor mundial de rochas ornamentais, com uma produção anual de cerca de dez milhões de toneladas, cerca de 7% da produção mundial, sendo o parque industrial brasileiro o maior parque mundial de teares multifios diamantados (600 máquinas em operação, das quais 350 de fabricação nacional. Arelada a essa produção observa-se a geração de uma quantidade significativa de resíduos grosseiros (casqueiros e sobras de chapas e ladrilhos) e de resíduos finos na forma de lama, geralmente composta por água,

pó de rocha e algum abrasivo (granalha) (SILVA, 1998). No caso do resíduo Bege Bahia não são detectados abrasivos visto que o processo é essencialmente em teares diamantados o que facilita sua aplicação como carga mineral (VIDAL, 2009).

1.3 | Estudos de Aplicações de Resíduos de Rochas

Dessa forma, torna-se cada vez mais necessário a realização de estudos para o aproveitamento desses resíduos, como já estudados por Ribeiro, et al 2011 (a); Ribeiro e Conceição (2011 b); Ribeiro, et al 2013, Ribeiro, et al 2015 (a), Ribeiro, e Oliveira 2015 (b), Ribeiro et al 2015 (c), Ribeiro, R. C. C et al 2016 (a), Ribeiro et al. 2016 (b) na aplicação, principalmente, no setor polimérico. No entanto, torna-se cada vez mais importante a realização de estudos de pré-viabilidade econômica para implantação da atividade desejada junto ao setor detentor dos aterros de resíduos do Mármore Bege Bahia.

1.4 | Formação de Piso Gerador de Energia Contendo Resíduo do Mármore Bege Bahia

Estudos realizados por Aguiar e Ribeiro, 2024, indicaram a possibilidade técnica de aglomerar resíduos gerados na lavra e no beneficiamento do Mármore Bege Bahia em resina vegetal com implementação de um sistema piezoelétrico para geração de energia por meio de compactação mecânica, sendo necessário a realização de um estudo de pré-viabilidade econômica.

1.5 | Pré-viabilidade Econômica

O estudo de pré-viabilidade econômica de um depósito mineral é uma ferramenta fundamental no processo construtivo dos projetos. É primordial que ocorra antes de qualquer decisão que envolve altíssimos investimentos. Para que seja bem realizado é necessária a confiança na análise geostatística. O trabalho envolve diversas áreas de conhecimento da engenharia de minas, passando pelos processos de pesquisa mineral, lavra e beneficiamento, que entram em conjunto com os intervalos de confiança para comprovar se o recurso mineral tem condições econômicas de ser utilizado. Se o estudo não for bem executado, há grandes chances do investimento não produzir o retorno esperado, ocasionando perda de valores elevados. Muitas das vezes, por não ter executado um estudo com adequado nível de confiança, descobre-se que o empreendimento é financeiramente inviável, decorrendo-se num grande prejuízo aos investidores. Provavelmente já foram realizadas aquisições tais como: Compra de equipamentos, instalação da planta de beneficiamento, licenças ambientais e demais custos advindos da mineração. É necessário cautela e entendimento, não somente do mineral contido no minério, mas também das projeções do fluxo de caixa. Um determinado investimento terá correções ao longo dos anos, sejam pela inflação ou demais taxas de juros que o país possui. Caso isso passe despercebido pode inviabilizar a atividade. Dessa forma, há estágios de estudos que perpassam desde o conceitual preliminar e até o de viabilidade, sendo que é no último onde toma-se a decisão do investimento (LOURES, 2018).

1.6 | Implementação do Sistema de Britagem

Atualmente, muitas empresas da região de exploração do Mármore Bege Bahia apresentam já instalados britadores com a finalidade de cominuir o resíduo oriundo da maior parte da matéria prima que é descartada pelas empresas. Parte do resíduo passa por um processo de britagem, o qual destina-se a reduzir o tamanho das maiores rochas em menores agregados de diferentes tamanhos que, posteriormente, serão destinados a setores de construção civil, aumentando o lucro dessas empresas, mitigando-se, assim, o impacto ambiental e corroborando cada vez mais que as empresas do setor estão se modernizando e se adequando para minimização de resíduos transformando-os em subprodutos auxiliando, assim, a melhoria das condições ambientais e da circularidade do Bege Bahia e seus resíduos dentro da cadeia produtiva. Dessa forma, tal iniciativa facilita a viabilidade econômica da aplicação dos resíduos na produção de pisos geradores de energia.



Fonte: Núria Fernández Castro.

Figura 1: Britagem do Mármore Bege Bahia na própria empresa que beneficia a rocha.



Fonte: Núria Fernández Castro.

Figura 2: Britadores de resíduos grossos do mármore Bege Bahia nas empresas de beneficiamento das chapas.

2 | OBJETIVO

A pesquisa teve como objetivo avaliar a pré-viabilidade econômica para a construção de uma unidade de extração e beneficiamento do Mármore Bege Bahia na produção de pisos geradores de energia. Vale ressaltar que se trata de um projeto preliminar necessitando de um estudo mais profundo com eventual efetividade no tema.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Nessa etapa, será verificada a pré-viabilidade econômica para a construção de uma unidade de beneficiamento, utilizando os resíduos de extração e beneficiamento do calcário pré-cambriano, mármore travertino, comercialmente denominado "Bege Bahia", da região da cidade de Ourolândia e seu entorno, situada no interior do Estado da Bahia, para geração de pisos geradores de energia.

As informações foram coletadas de empresas existentes no mercado baiano e de órgãos como DNPM, IBGE, CETEM, CPRM, CBPM entre outros, assim como realizado por Vidal et al., 2015. Os dados institucionais para a implantação do projeto estão assim organizados:

- Registro no DNPM (autorização para funcionar como empresa de mineração);
- Inscrição do CNPJ, no Ministério da Fazenda (Receita Federal);
- Autorização para funcionar como empresa de mineração, com alvará publicado no Diário Oficial da União pelo Ministério de Minas e Energia - MME;
- Registro na Junta Comercial do Estado (Bahia);
- Registro no Cadastro Municipal (Prefeitura de Ourolândia);
- Alvará de pesquisa aprovado pelo DNPM;
- Decreto de Lavra, publicado no Diário Oficial da União (se for o caso);

- Registro no Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA-BA);
- Atestado de capacidade financeira, passada por instituição financeira conceituada no mercado;
- Registro no órgão de controle ambiental (VIDAL et al, 2015).

Vale ressaltar que trata-se de um projeto preliminar necessitando de um estudo mais profundo com eventual efetividade no tema.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O empreendimento poderá ser implementado nas próprias empresas de beneficiamento e geração das chapas, pois se trata de geração de um piso compactado por resíduos da própria rocha aglomerados com resina vegetal e adicionado um sistema piezo na etapa de entelamento já existente na empresa. O organograma da empresa a ser constituída está representado na Figura 3. Ao dono da serraria/pedreira caberá a função de Diretor/Presidente e aos demais a responsabilidade pela gerência de Produção, Financeira e de Recursos Humanos da própria empresa de beneficiamento.

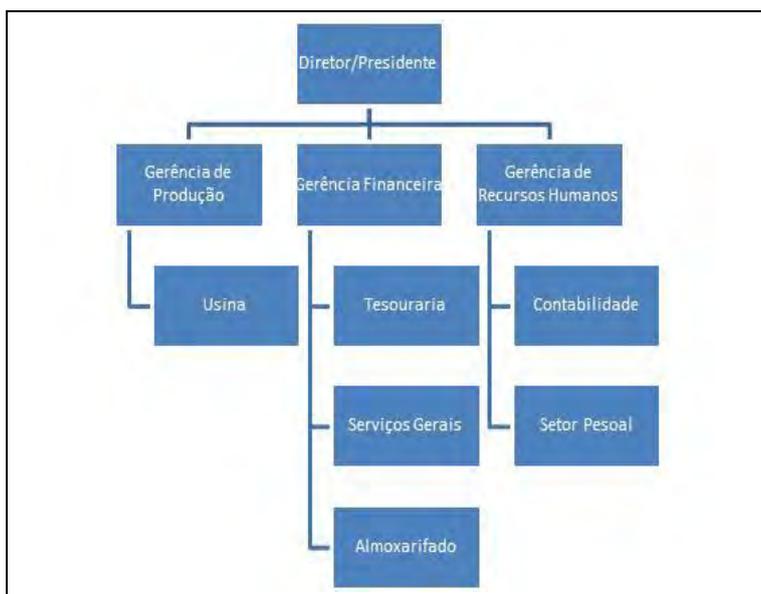


Figura 3: Organograma da empresa.

4.1 | Estudo de Mercado

O mercado do material será o mesmo que adiquiri as rochas ornamentais, no caso o Mármore Bege Bahia, haverá, porém, possibilidade ao comprador de adquirir ladrilhos constituídos de resíduo do Mármore bege Bahia compactado com resina contendo um sistema piezo elétrico que gera energia ao ser pisado.

4.1.1 | Características do produto

O produto é um resíduo oriundo de um calcário conhecido comercialmente como “Mármore Bege Bahia” que é um material do tipo "calcrete" ou caliche, abundante na região do Rio Salitre sendo identificado como mármore quando, além do padrão estético tão apreciado no Brasil, evidenciam-se as propriedades físicas e tecnológicas do material utilizado como rocha ornamental, constituído majoritariamente por carbonato de cálcio, com granulometria ultrafina, no que tange os resíduos finos e blocos e casqueiros considerados resíduos grossos. Esse resíduo é britado, moído e compactado com resina para a geração de ladrilhos; por fim, na etapa de entelamento da própria serraria, adicionam-se pastilhas piezoelétricas para geração de energia quando se pisar no ladrilho.

4.1.2 | Matéria prima

O processo de extração do Mármore Bege Bahia começa nas pedreiras, onde essa rocha é encontrada na sua forma natural. O material é extraído através de cortes realizados com fios diamantados, que fatiam as montanhas tirando os blocos. O bloco é então levado à serraria onde máquinas como os teares cortam os mesmos, transformando-os em chapas. Posteriormente, as chapas são trabalhadas e transformadas no produto final (CARRISSO,

2003). Devido ao incremento no uso das rochas ornamentais, as empresas foram obrigadas a elevar seus atuais níveis produtivos e ao mesmo tempo melhorar a qualidade do produto. Assim sendo, os métodos tradicionais de lavra de blocos tiveram um grande progresso científico industrial, na conversão para métodos com tecnologias avançadas de corte, no que se refere ao aperfeiçoamento e inovação das técnicas e equipamentos utilizados nessa atividade, além da crescente preocupação com o meio ambiente (VIDAL, 1999). Mesmo assim, atrelada à essa produção observa-se a geração de uma quantidade significativa de resíduos grosseiros (casqueiros e sobras de chapas e ladrilhos) e de resíduos finos na forma de lama, geralmente composta por água, pó de rocha e algum abrasivo (granalha) (SILVA, 1998). No caso do resíduo do Mármore Bege Bahia não são detectados abrasivos visto que o processo é essencialmente em teares diamantados o que facilita sua aplicação como carga mineral (VIDAL, 2009; VIDAL et al, 2015). Esses resíduos então, após beneficiamento, são compactados e formam o piso gerador de energia como já explicado anteriormente.

4.1.3 | Mercado consumidor

Nesse contexto, surge a indústria polimérica, englobando a resina usada na aglutinação do resíduo, que pode ser mais uma alternativa para a aplicação dos resíduos na geração de compósitos poliméricos. A adição de cargas minerais aos materiais termoplásticos tem se tornado cada vez mais frequente na indústria de polímeros. As cargas são incorporadas aos plásticos visando melhorar as propriedades térmicas, mecânicas e termomecânicas, mudando a aparência superficial e as características de processamento e, em particular, reduzindo os custos da composição polimérica. O custo da carga e sua influência no

preço final do compósito afeta fortemente a sua escolha (RAMOS et al., 1993). As propriedades de um compósito dependem de alguns fatores, tais como: natureza da matriz, concentração da carga, interação carga-matriz e condições de processamento. No que diz respeito à carga as características mais importantes são seu tamanho e forma, sua capacidade de agir como agente nucleante para a cristalização e sua capacidade de aderir à matriz. As interações entre cargas minerais e os polímeros são dificultadas, visto que as cargas minerais apresentam superfícies polares aliadas a elevados valores de área superficial, enquanto que os polímeros são em sua maioria apolares. Essa diferença de polaridade prejudica a molhabilidade das cargas minerais pelo polímero e também a sua dispersão. Durante o processo de mistura entre a carga mineral e o polímero, devido à força de adesão entre as partículas minerais e à tensão interfacial entre estas e o polímero, as partículas de carga mineral tendem a formar agregados. A presença de agregados é particularmente relevante quando da presença de partículas com granulação inferior a 20 μ m de diâmetro, situação em que as forças atrativas entre elas podem ser mais importantes que o seu próprio peso. As principais forças que existem entre as partículas de cargas minerais são: forças eletrostáticas, forças de van der Waals e pontes de hidrogênio. A partícula de carga mineral costuma ter a sua força de tensão superficial muito superior àquela do polímero. Se esta partícula fosse adicionada ao polímero sem que tivesse sido tratada superficialmente, ela tenderia a se aglomerar e a não se dispersar porque a força de interação partícula-partícula (coesão) seria maior do que a força de interação partícula-polímero (adesão). Com o tratamento superficial adequado, a força de tensão superficial da carga mineral é diminuída a valor menor do que aquele da força de tensão superficial do polímero. Assim, a força de interação

partícula-partícula sendo menor que a força de interação partícula-polímero permite que a carga se disperse mais facilmente na matriz polimérica. Dependendo do agente de tratamento empregado, a partícula será apenas dispersa na matriz do polímero sem que haja interação entre ela e o polímero. Em outras situações o agente que promove a dispersão também favorece, por algum meio, forte interação partícula-polímero. Os tratamentos mais empregados atualmente envolvem o uso de ácidos graxos ou silanos. Os agentes de tratamento superficial à base de organossilanos, constituídos quimicamente por cadeias monoméricas de silício, têm amplo uso por sua habilidade de interligar quimicamente polímeros orgânicos a materiais inorgânicos, como as cargas minerais (PLUEDDERMANN, 1974). Quando os organossilanos são adicionados a estes sistemas melhoram suas propriedades físicas e químicas, mesmo quando submetidos a severas condições ambientais. Os tratamentos superficiais à base de ácidos graxos são considerados do tipo dispersantes, promovendo uma melhor dispersão do mineral no compósito. Ácidos graxos em particular, são muito eficientes em facilitar a incorporação de cargas minerais polares em polímeros apolares no estado fundido, resultando na redução da viscosidade do polímero fundido e melhorando a dispersão. Isto é alcançado pela diminuição da tensão superficial da carga mineral, resultando no favorecimento do molhamento de sua superfície pela matriz polimérica. No entanto, a força de adesão é reduzida (LIAW et al, 1998). Os compósitos de matriz polimérica estão sujeitos à degradação seja durante o processamento ou no uso final. Como consequência tem-se: aumento do índice de fluidez, descoloração, perda de brilho (superfície) e perda de propriedades mecânicas (impacto, tração e alongamento). Todavia, a degradação da matriz polimérica pode ser controlada através de duas formas:

modificação do polímero e adição de estabilizantes. Esta última possibilidade é mais utilizada, visto que a modificação de um polímero nem sempre é conveniente. As duas classes mais importantes são: antioxidantes e estabilizantes à luz.

4.2 | Logística de Empreendimento

O empreendimento deve ser realizado dentro das próprias serrarias que já beneficiam o Mármore Bege Bahia desdobrando-os em chapas. Há que se criar apenas um espaço para a britagem e moagem dos resíduos e posterior compactação à frio com a aplicação de uma resina vegetal. Dessa forma, geram-se ladrilhos que entram na linha de produção da própria serraria, são lustrados e entelados. Entre o ladrilho e a tela de entelamento adicionam-se pastilhas piezoelétricas interligadas capazes de gerar energia quando se exerce uma força, como a de uma pisada, em cada ladrilho.

Na Tabela 1, extraída de Vidal et. al, 2015, pode-se ter uma noção da distância do núcleo de produção das chapas e ladrilhos do Mármore Bege Bahia para diferentes localizações do país.

Tabela 1: Rodovias e distâncias de Ourolândia (VIDAL et al., 2015).

Para localidade	Acessar	Distância (km)
Feira de Santana-BA	BA 368 / BA 324	282 km
Savador-BA	BA 368 / BA 324	416 km
Aracaju-SE	BA 324 / BR 116	552 km
Maceió-AL	BA 220 / BR 116	794 km
Recife-PE	BR 232 / BR 101	981 km
João Pessoa-PB	BR 230 / BR 101	1104 km
Campina Grande-PI	BA 368	979 km

Tabela 1(cont.): Rodovias e distâncias de Ourolândia (VIDAL et al., 2015).

Para localidade	Acessar	Distância (km)
Natal-RN	BA 368 / BR 101	1174 km
Rio de Janeiro-RJ	BA 324 / BR 101	1387 km
Belo Horizonte-MG	BA 368 / BA 426	1369 km
Goiânia-GO	BA 368 / BA 426	1369 km

A rede elétrica e de abastecimento de água que já atendem às serrarias continuará atendendo ao espaço de produção de pisos geradores de energia na própria serraria.

4.3 | Localização e Aspectos Fisiográficos

Município de Ourolândia está localizado na região de planejamento do Piemonte da Diamantina do Estado da Bahia, limitando-se a leste com o Município de Jacobina, a sul com Várzea Nova e Morro do Chapéu, a oeste com Sento Sé e Umburanas, e a Norte com Mirangaba. A área municipal é de 1.333 km². Os limites do município, podem ser observados no Mapa Sistema de Transportes do Estado da Bahia na escala 1:1.500.000. A sede municipal tem altitude de 576 metros e coordenadas geográficas 10°58'00" de altitude sul e 41°01'00" de longitude oeste. O acesso a partir de Salvador é efetuado pelas rodovias pavimentadas BR-324 e BR-116 num percurso total de 363 km (VIDAL et al., 2015).

4.3.1 | Hidrografia

O Município de Ourolândia está inserido na bacia do Rio Salitre. Possui como principais drenagens o Rio Salitre e o Rio do Ouro

Branco (CEI, 1994). A cidade de Ourolândia situa-se as margens do Rio Salitre que flui de sul a norte, atravessando a área Municipal de Ourolândia. Trata-se de uma drenagem intermitente. O Rio do Ouro Branco ocorre no extremo leste da área municipal, fazendo a divisa com o município de Jacobina. É uma drenagem intermitente, com direção de fluxo para norte (VIDAL et al., 2015)

4.3.2 | Aspectos fisiográficos

O município apresenta clima semiárido com temperatura máxima (média anual) em torno de 30 graus, pluviosidade na faixa de 400 a 600 mm, com altos riscos de estiagem e, desta forma, está inserido na área do "Polígono das Secas".

Relevo com extensas zonas de chapadões, baixadas e esparsa drenagem, representada, principalmente, pelos rios Jacaré e Salitre.

Predominam solos dos tipos latossolos e cambissolos eutróficos são identificados neossolos.

Vegetação do tipo caatinga arbórea aberta ou densa, com ou sem palmeiras, e poucos terrenos contendo contato caatinga-floresta estacional (VIDAL et al., 2015).

4.3.3 | Energia e água

A Neoenergia Coelba é a distribuidora de energia na Bahia, incluindo a cidade de Ourolândia. A Rio Energy também atua na região.

A Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (Embasa) é a empresa que fornece água à cidade de Ourolândia, na Bahia. A Agência Reguladora de Saneamento Básico do Estado da Bahia

(AGERSA) é responsável por fiscalizar e normatizar os serviços de saneamento básico do estado

4.3.4 | Educação e demografia

O Município de Ourolândia está a 558 metros de altitude com as coordenadas geográficas, Latitude 10° 58' 3" Sul e Longitude 41° 5' 12" Oeste. O município conta com cerca de 16.000 habitantes, sendo que 10 mil vivem na área rural e 6 mil na urbana. A renda per capita é de R\$ 4.500,00 e o IDH de 0,542 o 146° da Bahia. Em 2012 existiam no município 25 escolas de ensino fundamental públicas e 2 escolas privadas totalizando 3.100 matrículas (VIDAL et al., 2015).

4.4 | Produção

Baseado no estudo de Vidal et al., 2015 a produção projetada de 264.000 t/a, considerando-se uma perda de 15% e a utilização média de 75%, o que corresponde a 168.300 toneladas/ano do produto (com possíveis quebras, acidentes, ou outras anormalidades). A produção de 168.300 ton/ano em média permitirá à empresa atuar com elevada ocupação de sua capacidade instalada.

O fluxograma de produção é simplificado e tradicional em todas as fases de operação (Figura 4).

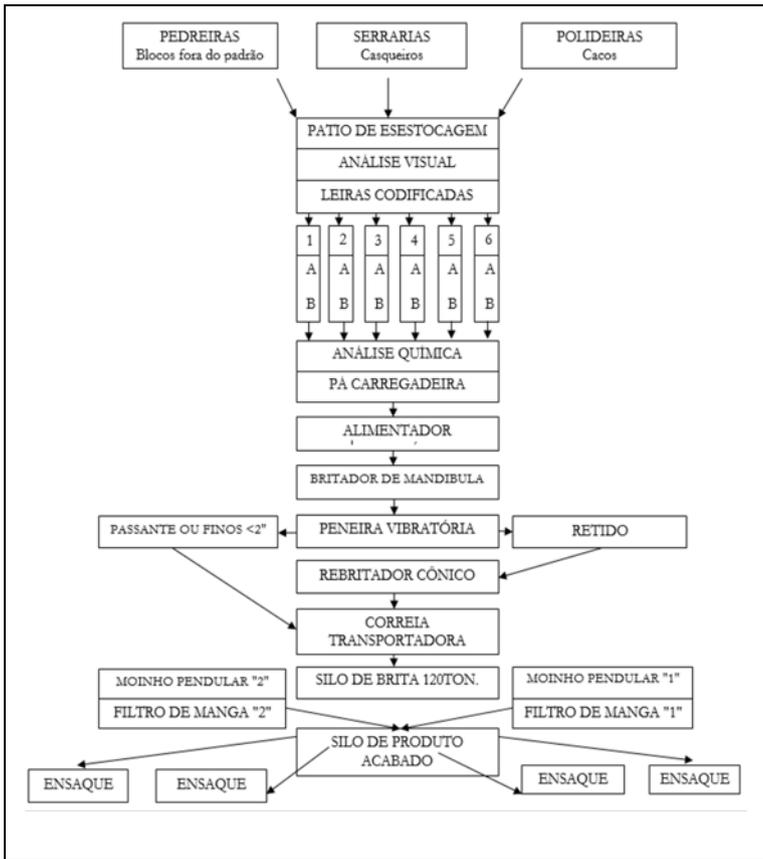


Figura 4. Fluxograma de operações de produção (VIDAL et al., 2015).

4.4.1 | Fontes geradores de matéria prima

Visando o aproveitamento dos resíduos sólidos, pode-se definir 4 fontes de descarte:

- Blocos não conformes e pedras marroadas, provenientes das pedreiras.
- Casqueiros provenientes das laterais nas serragens de blocos.
- Cacos de chapas, originários das serrarias e de polimento.
- Resíduo fino gerado nas pedreiras e serrarias.

Descrição do Processo:

Os resíduos podem ser beneficiados nas próprias serrarias para que cada uma delas possa gerar seus próprios pisos geradores de energia. O produto em questão é de processamento habitual na própria serraria. Só haveria necessidade de se criar um sistema de beneficiamento na própria serraria.

4.4.2| Pátio de estocagem

O pátio deve ser dividido em três unidades, uma para receber os resíduos finos gerados na própria serraria, outro para receber casqueiros, cacos de rochas e bloquetes que serão britados e moídos e uma última unidade com caçambas ou silos para receber o material após britagem/moagem com tamanhos de partículas diferentes.

4.4.3| Britagem

Nessa etapa os casqueiros, cacos de rochas e bloquetes que serão britados até atingirem a granulometria necessária para geração do piso compactado. Há que se ressaltar que a simulação de um piso de rocha aglomerada deve associar diferentes tamanhos de partícula que deverão ser separados e retornam ao pátio de estocagem

4.4.4 | Moagem

Como boa parte da composição do piso gerador de energia apresenta granulometria ultrafina, as sobras da britagem serão moídas e o material retornará ao pátio de estocagem.

4.4.5 | Peneiramento

Todo material britado e moído passará por um controle de peneiramento para classificação correta do tamanho de partícula que retornará ao pátio de estocagem.

4.5 | Geração de Emprego

Serão contratados serviços de operários que estão acostumados a manusear os resíduos e técnicos em química ou de meio ambiente para o desenvolvimento do processo e um engenheiro químico para montagem da unidade.

4.6 | Investimentos Fixos

As máquinas, equipamentos, veículos, móveis e utensílios diversos para processo de produção e administração serão adquiridos de fornecedores nacionais, sem exigência de uma tecnologia própria para este projeto e os valores de aquisição dos bens citados são para entrega na usina de beneficiamento (CIF).

Tabela 2: Relação de equipamentos e valores.

Principais equipamentos	Valores (R\$)
Pá Cavadeira	200.000,00
Alimentador vibratório	50.000,00
Britador de mandíbulas	200.000,00
Peneira vibratória	50.000,00
Moinho	300.000,00
Prensa	50.000,00
Pastilhas Piezoelétricas	50.000,00
TOTAL	900.000,00

Tabela 3: Resumo do investimento fixo.

Descrição	Investimento
Estudos e implantação	50.000,00
Infraestrutura (água, energia e vias)	50.000,00
Obras civis	200.000,00
Fretes e seguro	50.000,00
Equipamentos da usina	900.000,00
TOTAL	1.250.000,00

4.7 | Receitas e Custos

O valor médio de venda de um ladrilho de 30 por 30 por 2 cm, constituído de resíduo beneficiado e compactado com resina na própria serraria, já contendo o sistema de pastilhas geradoras de energia deverá ser de **R\$ 100,00**. Baseando-se numa produção em média de 5.000 ladrilhos/ano. Como o valor médio será de

R\$ 100,00 por ladrilho gerador de energia isso proporcionará uma receita anual de R\$ **500.000,00**.

4.8 | Custos de Geração do Piso Prensado e Resinado

A Tabela 4 apresenta uma estimativa de mãos de obra empregada na operação.

Tabela 4: Estimativa de mão de obra.

Descrição	Salário Mensal	Quant.	Custo Salário anual
Técnico em química	3.000,00	1	36.000,00
Operador de máquinas	1.500,00	1	18.000,00
Mecânico	1.500,00	1	18.000,00
Engenheiro químico	6.000,00	1	72.000,00
TOTAL			144.000,00

Tabela 5: Depreciação/Manutenção/Seguro.

Descrição	Valor do investimento	Depreciação		Manutenção		Seguro	
		Base (anos)	Valor (ano)	Alíquota (%)	Valor	Alíquota (%)	Valor
Equipamentos	900.000	5	180.000	1,5	1.350	2	1.800
Obras	250.000	25	10.000	0,5	3.750	2	2.500
TOTAL			190.000		5.100		4.300

O total das despesas do setor de produção do novo piso nas próprias serrarias é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Resumo dos custos com o beneficiamento/Usina.

Descrição	De ano 01 a 20
1) Mão de obra	144.000,00
2) Encargos (100% sal.+ insalubridade)	144.000,00
3) Material e insumos de consumo (resina)	100.000,00
4) Energia elétrica	100.000,00
5) Depreciação (Tabela 5)	190.000,00
6) Manutenção (Tabela 5)	5.100,00
7) Seguro (Tabela 5)	4.300,00
Sub-total	687.400,00
8) Outros 3% do sub-total	
Total	708,022,00
Custo Variável (1 e 2)	288.000,00
Custo fixo (3-8)	420.022,00

4.9| Custos Comerciais

Em relação à mão de obra comercial na Tabela 7 apresenta-se uma estimativa de cerca de R\$ 50.000,00, baseado nos estudos de Vidal et al., 2015.

Tabela 7: Mão de obra – custos comerciais.

Descrição	Salário Mensal	Quant.	Salário Anual
Enc. Compras	2.000,00	1	24.000,00
Supervisor de vendas	2.000,00	1	24.000,00
TOTAL		2	48.000,00

Na Tabela 8 estão apresentados os encargos sociais e trabalhistas onde foram estipulados em 80% do total a pagar , baseado no estudo de Vidal et al, 2015.

Tabela 8: Encargos trabalhistas.

Comercial	R\$
1) Mão de obra	48.000,00
2) Encargos (80% MO)	38.400,00
3) Comunicação	18.000,00
4) Comissão vendas (3% fat.) 4.207.500)	126.225,00
Sub total	230.625,00
5) Outros (3 % eventuais)	6.918,00
TOTAL	237.543,00
Custo variável (3,4)	144.225
Custo fixo (1,2,5)	93.318

4.10 | Consolidação dos Custos

Em relação à consolidação dos custos as Tabelas 9 e 10 apresentam um valor total de R\$ 1.442.000,00 com a usina, administrativo e comercial, além de R\$ 400.000,00 referentes à obras, estudos, veículos etc., totalizando R\$ 1.842.000,00.

Tabela 9: Resumo do investimento fixo (R\$).

Unidade de produção	1.250.000,00
Pessoal	144.000,00
Comercial	48.000,00
TOTAL	1.442.000,00

Tabela 10: Custos de implementação e infraestrutura.

Descrição	Investimento
Estudos e Implantação	50.000,00
Infra estrutura (água, energia, vias...)	50.000,00
Obras civis	300.000,00
TOTAL	400.000,00

4.11| Investimento Variável (Capital de Giro)

O capital de giro necessário foi calculado tendo por base aplicada à realidade de uma empresa de beneficiamento de Mármore Bege Bahia de pequeno porte, com caixa mínimo para custear 15 dias de produção; realizando vendas com 50% à vista e 50% 60 dias posteriores; presença de estoques, possuir materiais de consumo necessários para atendimento de 15 dias de produção dos itens de consumo, considerou-se 20% da produção mensal. Produtos finais: estoques correspondente a 2% da produção anual. Peças e materiais de reposição: 2% do valor das inversões em máquinas e equipamentos. Baseado em valores estipulados por Vidal et al., 2015.

4.12| Recursos ou Passivo Circulante

Estipulou-se como passivo circulante as informações de Vidal et al., 2015 utilizando: contas a pagar: Prazo de 15 dias para pagar as despesas do custo de produção; Impostos a pagar: Prazo médio de 30 dias para pagar os impostos gerados pela receita (ICMS, PIS, COFINS); Desconto de duplicatas: 50% das vendas a prazo (média de 60 dias), sendo descontadas 50% das duplicatas.

Considerando todos os itens acima comentados, estimou-se a necessidade de R\$ 158.000,00 de capital de giro como indicação na Tabela 11.

Tabela 11: Investimentos.

Descrição	Investimento
Investimento Fixo	1.842.000,00
Investimento Variável	158.000,00
Investimento total	2.000.000,00

4.13 | Análise Interna

No fluxo de caixa foi estipulado 5 anos para análise útil das instalações. Foram lançados, ainda no final dos 5 anos, os valores residuais dos investimentos (inclusive o não exaurido) e recuperado o capital de giro. A taxa de atratividade considerada para as análises foi de 12%.

Cronograma de implementação do projeto.

Descrição das fases	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Estudos					
Aquisição de equipamentos					
Implantação da infraestrutura					
Construção e melhoria					
Em execução plena					

A partir das simulações desenvolvidas verifica-se que os resultados obtidos para o projeto de aplicação de resíduos do Mármore Bege Bahia na geração de pisos produtores de energia mostra-se viável para um valor de venda do produto acima de R\$ 100,00/peça, pois é um produto nobre, pois gera energia elétrica ao ser pisado e entra no processamento da própria serraria de beneficiamento do Mármore Bege Bahia, o que se estima uma receita de R\$ 500.000,00/ano.

Considerando o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) de 12%, isso porque o VPL é maior que zero e a TIR é maior que a Taxa Mínima de Atratividade do capital definida previamente. Os indicadores são: TIR: 12%, *Payback* de 4 anos e VPL: R\$ 232.142,36.

5 | CONCLUSÕES

Pôde-se concluir que há viabilidade econômica da aplicação do resíduo do Mármore Bege Bahia como carga na produção de pisos geradores de energia, pois estimando-se um valor de venda do produto de R\$100,00 por unidade de ladrilho, e estimando-se uma comercialização de 5.000 ladrilhos/ano, chega-se a uma receita de R\$500.000,00/ano. Considerando-se, um investimento de maquinários e pessoal, além de insumos, totalizando R\$ 2.000.000,00 tem-se um Valor Presente Líquido (VPL) positivo de R\$ 232.142,36, uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 12% o que faz com que em 3 anos de atividade se zere o investimento e o Payback será em 4 anos. Vale ressaltar que trata-se de um projeto preliminar necessitando de um estudo mais profundo com eventual efetividade no tema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, [https://abirochas.com.br/acessado 18/02/2025](https://abirochas.com.br/acessado%2018/02/2025).

AGUIAR, L.M.P. e RIBEIRO, R.C.C. Piso formado por resíduos do Mármore Bege Bahia e resina com circuito baseado em sensor piezo para geração de energia, XXXII Jornada de Iniciação Científica e VIII Jornada de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, CETEM, Rio de Janeiro - RJ, 2024.

CARRISSO, R.C.C.; RIBEIRO, R.C.C. e SILVA, M.R. Utilização do Rejeito do Corte de Granito em Pavimentação Asfáltica, XIV Jornada de Iniciação Científica – CETEM, Rio de Janeiro - RJ, 2003.

FARIAS, C.E.G. Mercado Nacional. Séries Estudos Econômicos Sobre Rochas, vol. 2, Fortaleza. 1995.

FRASCÁ, M.H.B.O.; CASTRO, N.F.; RIBEIRO, R.C.C.; MAGALHÃES, A.C.F. e NAVARRO, F.C. Bege Bahia: the Calcrete Known as Brazilian Travertine, Geoheritage, (2025) <https://doi.org/10.1007/s12371-024-01060-7>

LOURES, P.S. Projeto de pré-viabilidade econômica de depósitos de minerais: estudo de caso do Quadrilátero Ferrífero. 2018. 92 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Minas) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

RAMOS, S.M.L.S.; CARVALHO, L.H.; SPIETH, E.; RIVADULA, R.S.M. Efeitos da estabilização do polipropileno nas propriedades térmicas, mecânicas e termomecânicas de compósitos de Polipropileno/Atapulgita. Revista Polímeros, 1993

RIBEIRO, R.C.C.; OLIVEIRA, M.G.; ARRUDA, C.M.R.; CARRISSO, R.C.C. e RIBEIRO, L., (2011 a). Processo de formação de compósitos poliméricos utilizando como carga resíduos gerados na lavra e no beneficiamento de mármore e calcários ornamentais, Patente depositada 221109118311, INPI.

RIBEIRO, R.C.C e CONCEIÇÃO, M.N. (2011 b). Processo de incorporação de resíduos oriundos do beneficiamento da pedra sabão na composição do pavimento asfáltico, patente depositada PI 221112356619, INPI.

RIBEIRO, R.C.C.; OLIVEIRA, M.G. e CONCEIÇÃO, M.N. (2013). Processo de formação de papel polimérico utilizando como carga resíduos gerados na lavra e no beneficiamento de rochas ornamentais, Patente depositada, BR 1020130188816, INPI.

RIBEIRO, R.C.C.; OLIVEIRA, M.G. e VELOSO, F. (2015 a). Processo de formação de armações de óculos utilizando resíduos de pedra sabão e polipropileno, PI221109118311, INPI.

RIBEIRO, R.C.C e OLIVEIRA, M.G. (2015 b). Processo de formação de tubetes e/ou vasos poliméricos agrícolas utilizando como carga, resíduos minerais, patente depositada BR1020150182465, INPI.

RIBEIRO, R.C.C.; LIMA, C.A. e MOREIRA, T.C.R., (2015 c). Avaliação de risco à saúde humana da aplicação de resíduos gerados na lavra e beneficiamento do Mármore Bege Bahia como carga no setor polimérico, Livro Série Tecnologia Ambiental, Rio de Janeiro: CETEM, 41p.

RIBEIRO, R.C.C.; OLIVEIRA, M.G. e SOUZA, N., (2016 a). Processo de formação de papel Braille polimérico utilizando como carga resíduos gerados na lavra e no beneficiamento de rochas ornamentais, patente depositada BR1020160082854, INPI.

RIBEIRO, R.C.C.; OLIVEIRA, M.G.; HENRIQUES, C.; LACERDA, G.; SANTOS, C.A.M. e HOLLANDA, F.W., (2016 b). Processo de formação de compósito de poliuretano com resíduos gerados na lavra e no beneficiamento de caulim, patente depositada BR1020160300720, INPI.

SILVA, S.A.C. Caracterização do Resíduo da Serragem de Blocos de Granito: Estudo do Potencial de Aplicação na Fabricação de Argamassas de Assentamento e de Tijolos de Solo-Cimento. Dissertação (Mestrado).

Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. Vitória - ES. 1998.

VIDAL, F.W.H. Estudos dos elementos abrasivos de fios diamantados para a lavra de granites do Ceará, Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, 1999.

VIDAL, F.W.H. Aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais e de revestimento. IV Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, Fortaleza - CE, 2003.

VIDAL, F.W.H.; FERRERIA, G.E.; RIBEIRO, R.C.C.; REIS, C.F. e FELIX, C.A. Pré-viabilidade Econômica para o uso do Bege Bahia como Carga em Compostos Poliméricos, SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS, ISSN 0103-6319, SED 88, Centro de Tecnologia Mineral, 2015.

SÉRIES CETEM

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2024, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, mais de 390 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visite-nos em <https://www.gov.br/cetem/pt-br/assuntos/repositorio-mineralis-e-biblioteca>.

Últimos números da Série Tecnologia Ambiental

STA-136 - **Avaliação de risco à saúde humana da utilização de resíduos oriundos da lavra e beneficiamento do mármore Bege Bahia na produção de pisos geradores de energia.** Cristiane Andrade de Lima, Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, Caroline Martins de Sousa, Manuella de Lima Ribeiro e Pedro Paulo Cardoso Lima, 2025.

STA-135 - **Estudo das telhas do Mosteiro de São Bento do Rio de Janeiro.** Marcelle Lemos Amorim de Cerqueda, Giovanna Oliveira Consoli Louro, Roberto Carlos da Conceição Ribeiro e Nuria Fernández Castro, 2024.

STA-134 - **Geoturismo urbano: Conhecendo as rochas das igrejas dos bairros do Catumbi, Estácio e Rio Comprido, no Rio de Janeiro.** Ana Rafaela Soalheiro Varella Pitta Ribeiro, Rosana Elisa Coppedê da Silva e Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, 2024.

INFORMAÇÕES GERAIS

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ
E-mail: biblioteca@cetem.gov.br
Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

NOVAS PUBLICAÇÕES

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.



Missão Institucional

Desenvolver tecnologias inovadoras e sustentáveis, e mobilizar competências visando superar desafios nacionais do setor mineral.

O CETEM

O Centro de Tecnologia Mineral - CETEM é um instituto de pesquisas, vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI, dedicado ao desenvolvimento, à adaptação e à difusão de tecnologias nas áreas minerometalúrgica, de materiais e de meio ambiente.

Criado em 1978, o Centro está localizado no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, na cidade Universitário, no Rio de Janeiro e ocupa 20.000m² de área construída, que inclui 25 laboratórios, 4 plantas-piloto, biblioteca especializada e outras facilidades.

Durante seus 47 anos de atividade, o CETEM desenvolveu mais de 800 projetos tecnológicos e prestou centenas de serviços para empresas atuantes nos setores minerometalúrgico, químico e de materiais.