

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE MINERAÇÃO E GEOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS

EPITÁCIO DANIEL DE VASCONCELOS NETO

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UM MOINHO PARA PRODUÇÃO DE
SEIXOS ORNAMENTAIS

CAMPINA GRANDE – PB

2009

EPITÁCIO DANIEL DE VASCONCELOS NETO

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UM MOINHO PARA PRODUÇÃO DE
SEIXOS ORNAMENTAIS

Dissertação apresentada à UFCG, em cumprimento dos requisitos necessários para obtenção do grau de mestre em Engenharia de Minas, área de tratamento de minérios, elaborada após integralização curricular do Mestrado em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Arlindo José Bazante.

CAMPINA GRANDE – PB

2009





FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCCG

V331d

2009 Vasconcelos Neto, Eptácio Daniel de.

Desenvolvimento de um protótipo de um moinho para produção de seixos ornamentais /Eptácio Daniel de Vasconcelos Neto. — Campina Grande, 2009.

59 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientador: Prof. Dr. Arlindo José Bazante.

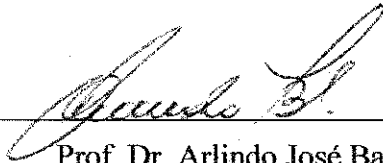
1. Pedras Ornamentais. 2. Produção de Bens Minerais. 3. Quartzo
4. Calcário. I. Título.

CDU 622.37 (043)

EPITÁCIO DANIEL DE VASCONCELOS NETO

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UM MOINHO PARA PRODUÇÃO DE
SEIXOS ORNAMENTAIS

BANCA EXAMINADORA

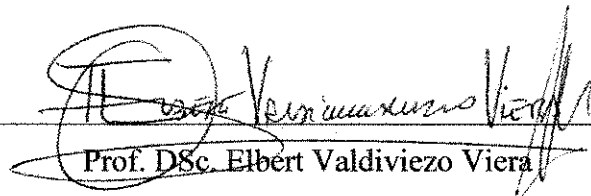


Prof. Dr. Arlindo José Bazante

ORIENTADOR



Prof. DSc. José Agnelo Soares



Prof. DSc. Elbert Valdiviezo Viera

CAMPINA GRANDE – PB

2009

AGRADECIMENTOS

À Deus, meu Pai protetor e amigo fiel, pela renovação das forças e imenso amor.

Aos meus pais, Petrônio Daniel de Vasconcelos e Virgínia Maria Marques de Lacerda Rocha, que me transmitiram os valores do estudo, educação e orações.

A minha avó Maria Eulina Marques de Lacerda, que me acolheu em sua casa com todo amor, carinho e paciência durante minha vida acadêmica.

Aos amigos que me apoiaram, direta ou indiretamente, a seguir em frente. Àqueles com os quais vivi muita coisa nos últimos anos e aos companheiros de graduação. Em especial, à minha namorada, Bybyana, pelo apoio e compreensão.

Ao orientador e Professor Dr. Arlindo José Bazante, que esteve presente em todos os momentos da pesquisa, repassando e fazendo valer todos os seus conhecimentos na área.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

Ao corpo docente da Universidade Federal de Campina Grande, por abrir as portas desta instituição dando-me a oportunidade de realizar o curso de mestrado em Engenharia de Minas, onde tive a condição de enriquecer meus conhecimentos, engrandecendo-me como profissional.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um protótipo de moinho para produção de seixos ornamentais. Testou-se vários tipos de minerais, onde dois apresentaram arredondamentos e polimentos satisfatórios, o calcário e o quartzo, com aproveitamento de 58% e 65%, respectivamente. Os materiais utilizados foram do Município de Pedra Lavrada – PB. Na metodologia utilizada na produção dos seixos, analisou-se o tempo de residência, o fator de enchimento, a granulometria de alimentação do moinho, tipos de abrasivos, velocidade de rotação do moinho e volume de água. A partir dos resultados obtidos neste trabalho extraíram-se as seguintes conclusões: É viável compatibilizar a preservação do meio ambiente com a produção de bens minerais, transformando resíduos de pedreiras em seixos ornamentais, destinando o rejeito e incentivando empreendedores a reduzir danos ambientais oriundos da extração de rochas para fins ornamentais.

Palavras-chave: pedras ornamentais, produção de bens minerais, quartzo e calcário.

ABSTRACT

The aim of this work was the development of a mill prototype for the production of ornamental pebbles. Several kinds of minerals were tested and two of them presented satisfactory polishing and rounding, the quartz and the limestone, with 65% and 58% of use respectively. The materials used came from the municipality of Pedra Lavrada – PB. On the methodology used in the pebbles production it was analyzed the residence time, the filling factor, the feed windmill granulometry, abrasive types, mill rotation speed and water volume. From the results obtained in this work we got the following conclusions: it is feasible the compatibility of the environment preservation with the production of mineral goods, transforming quarry residues into ornamental pebbles, placing the reject and stimulating entrepreneurs to reduce environmental damages that come from the rocks for ornamental uses.

Key words: ornamental pebbles, mineral goods production, quartz and limestone.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE ABREVIACOES.....	X
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇAO.....	12
1.1 – CONSIDERAOES INICIAIS.....	12
1.2 – SELEAO DO EMPREENDIMENTO.....	13
1.3 – OBJETIVO.....	14
1.4 – JUSTIFICATIVA.....	15
CAPÍTULO 2 - REVISAO DA LITERATURA.....	16
2.1 – OS RESÍDUOS DA MINERAAO.....	16
2.2 – MOAGEM.....	19
2.3 – MOAGEM AUTÓGENA.....	21
2.4 – ASPECTOS AMBIENTAIS.....	23
2.5 – UTILIZAÇAO DO P.....	24
2.6 – SEGURANÇA DO TRABALHO.....	25
2.7 – IMPLANTAAO DO EMPREENDIMENTO.....	27
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS.....	29
3.1 – MATÉRIA PRIMA UTILIZADA.....	36
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA.....	37
4.1 – PROCESSO DE FABRICAAO DOS SEIXOS.....	37
4.2 – PROCESSO DE LIMPEZA DOS SEIXOS.....	39
4.3 – CONTROLE DE QUALIDADE.....	40
4.4 – CONTROLE DE PRODUÇAO.....	40
CAPÍTULO 5 – CONCLUSAO.....	43
CAPÍTULO 6 – SUGESTOES.....	46
6.1 – PROPOSTA DE FINANCIAMENTO.....	48

6.2 - FLUXOGRAMA.....	51
6.3 – VIABILIDADE ECONÔMICA	52
6.4 - MERCADO CONSUMIDOR	53
6.5 – COMENTÁRIOS DE RELEVÂNCIA	55

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MOAGEM EM REGIME DE CATARATA.....	20
FIGURA 2 - MOAGEM EM REGIME DE CASCATA.	21
FIGURA 3 - NÍVEIS DE PENETRAÇÃO DA SÍLICA NO SISTEMA RESPIRATÓRIO HUMANO.	26
FIGURA 4 - FOTOGRAFIA DO PROTÓTIPO DO MOINHO UTILIZADO.	29
FIGURA 5 - FOTOGRAFIA MOSTRANDO O REVESTIMENTO INTERNO DO MOINHO.	30
FIGURA 6 - FOTOGRAFIA MOSTRANDO O SISTEMA DE POLIAS E CORREIAS.....	30
FIGURA 7 - FOTOGRAFIA MOSTRANDO O DISPOSITIVO DE DESLOCAMENTO MECÂNICO.	31
FIGURA 8 - FOTOGRAFIA MOSTRANDO DETALHES DOS ROLAMENTOS RESPONSÁVEIS PELO GIRO DO TAMBOR.	32
FIGURA 9 - FOTOGRAFIA MOSTRANDO DETALHE DO ROLAMENTO DO EIXO PRINCIPAL DO MOINHO.	32
FIGURA 10 - FOTOGRAFIA MOSTRANDO DETALHE A ABERTURA PARA TROCA DE CORREIAS.	33
FIGURA 11 - FOTOGRAFIA MOSTRANDO A ABERTURA PARA TROCA DE CORREIAS.	33
FIGURA 12 - FOTOGRAFIA MOSTRANDO A TAMPA DO MOINHO.	34
FIGURA 13 - FOTOGRAFIA MOSTRANDO A TAMPA DO MOINHO.	34
FIGURA 14 - FOTOGRAFIA DO MOTOR ELÉTRICO UTILIZADO NO MOINHO.	35
FIGURA 15 - FOTOGRAFIA DO SISTEMA DE BARRA DE ESTABILIZAÇÃO MÓVEL.....	35
FIGURA 16 - FOTOGRAFIA DO SISTEMA DE BARRA DE ESTABILIZAÇÃO FIXA.....	36
FIGURA 17 - MATERIAIS, SEPARADOS POR TEMPO DE RESIDÊNCIA, DISPOSTOS PARA INSPEÇÃO VISUAL.....	38
FIGURA 18 - VISUALIZAÇÃO DO VOLUME DE MATERIAL COMPRADO NO CAMINHÃO.	41
FIGURA 19 - FOTOGRAFIA DE AMOSTRA DO USO DOS SEIXOS ORNAMENTAIS PARA FINS DECORATIVOS.	54
FIGURA 20 - FOTOGRAFIA DA AMOSTRA DE APLICAÇÃO DOS SEIXOS ORNAMENTAIS EM JARDIM.	54

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – MINÉRIO NECESSÁRIO PARA PRODUZIR 100 KG DE PRODUTO.....	17
TABELA 2 - VALORES DE INVESTIMENTO	47
TABELA 3 - SIMULAÇÃO DO FINANCIAMENTO.	49
TABELA 4 - CUSTOS PARA UMA TONELADA DE MATERIAL A SER PROCESSADO.	52

LISTA DE ABREVIACÕES

Al	Alumínio
Ca	Cálcio
MgCO ₃	Carbonato de Magnésio
CaO	xido de Cálcio
CO ₂	Dióxido de Carbono
Cu	Cobre
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FAG	Full autogenous grinding
Fe	Ferro
HP	House Power
Mc	Massa de carregamento do caminhão
Mg	Magnésio
MgO	xido de Magnésio
Mm	Massa de carregamento do moinho
Mq	Massa perdida na quebra
Ni	Níquel
O	Oxgnio
Pb	Chumbo
pH	Potencial Hidrogeniônico
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
rpm	Rotações por minuto
SAG	Semi autogenous grinding

Si	Silicio
SiC	Carbeto de Silicio
SiO ₂	Dióxido de Silicio

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Durante o processo de graduação os alunos são treinados e estimulados a ingressar, na maioria das vezes, em uma grande empresa após o término do curso. Tendo isto como meta de vida para a realização profissional, assim os estudantes preparam-se psicologicamente e intelectualmente para o dia-a-dia das grandes empresas e esquece de que tem condições de explorar outros ramos que talvez pudessem lhes dar uma maior satisfação.

Faz parte ainda deste trabalho, promover nas Universidades, principalmente no corpo docente das mesmas, uma consciência da importância de desenvolver e mostrar para os alunos projetos que possam ser realizados nas regiões de estudo onde esta fixada a instituição de ensino. Pois com o aluno tendo um prévio conhecimento físico da região e através da Universidade obter informações sobre a geologia local e projetos que envolvem as mesmas, dará ao discente a chance de se envolver, aprimorar e até mesmo desenvolver novas idéias. Fazendo com isso que o mesmo tenha a condição de idealizar novos empreendimentos que possam lhe dar sustentação financeira e ou colaborar com a sustentabilidade da região.

O desenvolvimento de produtos inovadores e a melhoria dos produtos existentes é um esforço empresarial complexo, envolvendo a integração de várias competências, desde o projeto ao fabrico, passando pelo design e pelo marketing. A formação empreendedora para os engenheiros justifica-se pela evolução da sociedade atual, com mudanças cada vez mais rápidas em todas as áreas de conhecimento. Quando se trata das áreas tecnológicas, os impactos são mais profundos, depreciando rapidamente os conhecimentos adquiridos na academia. A descoberta de novas tecnologias, e suas conseqüentes inovações dentro de um contexto globalizado, implicam numa constante adaptação de sociedades visando à competitividade que define o grau de qualidade de vida de seus membros. Esta competitividade passa hoje pela capacidade de um povo aprender e articular conhecimentos que resultem em inovações das mais variadas formas.

1.2 – SELEÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Inicialmente, para fazer esta escolha deve-se calcular a disponibilidade financeiramente para viabilizar o empreendimento de forma que se encaixe com os recursos. Porém esta escolha ainda deve ser balizada por vertentes como:

- Possibilidade de crescimento – até quando nosso público alvo terá capacidade de absorver os produtos da empresa, ou seja, quanto pode vender em nosso raio de ação, pois não justifica continuar investindo em uma área que está saturada. A decisão de investir ou não depende, entre outras coisas, da análise do mercado em potencial, dos riscos envolvidos e da perspectiva de retorno do investimento.
- Setores secundários – Devem-se atentar para setores secundários, que possam surgir a partir de um material não aproveitado ou com conhecimento de pessoas naquela determinada área de trabalho, por exemplo, um construtor pode entrar com facilidade no ramo de aluguel de equipamentos para construção, em virtude do acesso já conquistado naquele ambiente de trabalho.
- Taxa interna de retorno – é a taxa necessária para igualar o valor de um investimento (valor presente) com os seus respectivos retornos futuros ou saldos de caixa. Sendo usada em análise de investimentos significa a taxa de retorno de um projeto. Este cálculo é utilizado para saber quanto do capital investido retorna em um dado espaço de tempo, ou seja, através dele podemos fazer comparação entre dois ou mais projetos.
- Tempo de trabalho – Há determinados setores onde é necessária dedicação exclusiva para um bom andamento do mesmo, como: empreendimentos no setor da construção civil, restaurantes e tantos outros que estão sujeitos a um contato direto com clientes e/ou possuem muitas minúcias e detalhes a serem controlados, por isto estão sujeitos a uma melhor supervisão no controle de qualidade, sob pena da insatisfação do cliente e o insucesso do trabalho. No caso de empreendimentos onde o contato com o cliente diminui e a possibilidade de haver problemas com os serviços são menores, como: aluguel de equipamentos, por exemplo, a atuação do dono é bem menos freqüente, sobrando assim tempo para uma possível dedicação a outros projetos.
- Conhecimento específico na área – Este conhecimento pode dar margem a abertura de um empreendimento com um capital inicial inferior, por exemplo, um técnico em computação pode abrir um loja de manutenção com a economia de, pelo menos

inicialmente, não contratar uma pessoa para realizar este trabalho, além disto esse conhecimento facilitará a administração do empreendimento.

Dentre os empreendimentos voltados para a atuação do Engenheiro de Minas, principalmente no estado da Paraíba, que foram concebidos a caráter de análise, para em seguida dentre estes ser retirado um para realizar um estudo detalhado, são os seguintes:

- Possibilidade de organizar uma cooperativa com os produtores de pedra de cantaria do interior da Paraíba, fornecendo melhores condições de trabalho, a nível de equipamentos e conhecimentos técnicos especializados, para uma produção mais eficaz;
- Produção de brita para a partir do rejeito de pedreiras e dos produtores de pedra de cantaria, para atender a cidade de Patos, PB;
- Aluguel de equipamentos que sejam necessários aos mineradores, tais como: compressores, marteletes, trados e outros equipamentos;
- Produção de seixos ornamentais para revestimentos e ornamentação de jardins;

Em meio às possibilidades imaginadas, foram utilizados os seguintes critérios para a escolha das opções:

- Taxa interna de retorno;
- Capital inicial;
- Mercado consumidor;
- Capacidade de fornecimento de matéria prima, em relação aos recursos do estado;
- Grau de complexidade do projeto.

1.3 – OBJETIVO

Levando-se em consideração os aspectos de triagem a opção que melhor encaixou-se, foi a de produção de seixos ornamentais. Desta forma foi desenvolvido um protótipo de um moinho, com o objetivo de beneficiar e agregar valor aos resíduos de pedreiras.

1.4 – JUSTIFICATIVA

No decorrer deste estudo procurou-se organizar um trabalho que pudesse ser utilizado por qualquer investidor que tenha interesse pela utilização de rejeitos gerados pela lavra e beneficiamento de rochas para fins ornamentais, para a produção de seixos. Desta forma, resolveu-se fazer um estudo envolvendo algumas das diversas etapas que são necessárias à fabricação, segurança e utilização desses rejeitos oriundos das pedreiras.

A atividade de mineração vem sendo objeto de discussão nos últimos anos em virtude dos efeitos ambientais que ela provoca. Um ponto importante a ser lembrado no desenvolvimento desta pesquisa é a gestão ambiental, pois a confecção de seixos ornamentais é realizada utilizando os resíduos oriundos da retirada dos blocos e do beneficiamento dessas rochas.

Esta pesquisa visa dar opções de destino aos resíduos gerados no beneficiamento de pedras decorativas de todos os tipos, com ênfase nas rochas ornamentais do município de Pedra Lavrada no estado da Paraíba e de marmorarias da cidade do Campina Grande.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 – OS RESÍDUOS DA MINERAÇÃO

Os resíduos da mineração e beneficiamento de rochas estão sendo largamente estudados em virtude do grande impacto ambiental provocado quando descartados indiscriminadamente na natureza e do enorme potencial que possuem como matérias-primas cerâmicas.

A situação ideal para a atividade mineral é que o produto da lavra seja integralmente aproveitado, ou seja: que todos os minerais contidos no minério lavrado sejam aproveitados economicamente. Essa não é, entretanto, a realidade. Normalmente o produto da lavra é beneficiado gerando um concentrado e um rejeito.

Sabe-se que nas operações de lavra e beneficiamento de rochas para fins ornamentais, são produzidas quantidades significativas de rejeitos. De acordo com FARIAS (1995), a retirada de blocos de granito para a produção de chapas gera uma quantidade significativa de resíduos grosseiros, produzidos pela quebra das peças durante o corte que se acumulam no entorno das pedreiras e / ou serrarias, e resíduos finos que aparecem na forma de lama. A disposição desses rejeitos ocorre, geralmente, de forma inadequada, sendo lançadas no meio ambiente, podendo causar assoreamento dos rios.

Em um levantamento realizado no Estado de São Paulo em 1997, verificou-se um total de 47 pedreiras. Essas pedreiras geram quantidades significativas de finos no processo de cominuição das rochas, principalmente quando do processo de britagem. Estima-se entre 10% e 15% do volume produzido de brita, o total de finos gerados no processo de britagem, o que resulta em alguns milhões de toneladas acumuladas anualmente (FUJIMURA et al., 1995). Os finos de pedreira, por terem nenhuma ou, às vezes, pequena utilização tecnicamente adequada, são acumulados em superfície, em áreas restritas ao redor das centrais de britagem.

O rejeito sólido gerado na indústria mineral é monumental; fazer a cava, remover minérios e empilhar os resíduos deixados, cria enormes problemas estéticos, ambientais, econômicos e de energia.

A Tabela 1 fornece uma estimativa das quantidades típicas de materiais que devem ser movimentados e processados para produzir alguns de nossos mais importantes metais.

Tabela 1 – Minério necessário para produzir 100 kg de produto.

Metais	Teor médio (%)	Minério (kg)	Produto (kg)	Resíduo (kg)
Al	23	435	100	335
Cu	0,91	10.990	100	10.890
Fe	40	250	100	150
Pb	2,5	4.000	100	3.900
Ni	2,5	4.000	100	3.900
Outros	8,10	1234	100	1134

Fonte: Young (1992)

Mesmo que a tecnologia seja desenvolvida, que haja energia suficiente, e que os custos de produção não se elevem, haverá o problema da agressão ao meio ambiente que resulta da lavra e tratamento de quantidades cada vez maiores de materiais no futuro. Será necessário que haja um equilíbrio entre os benefícios propiciados pelos bens minerais e seus custos sociais. No entanto, mais do que essas considerações é a questão do crescimento populacional no longo prazo e a pressão que será exercida no futuro sobre os recursos naturais de modo geral.

Segundo SOUZA et al. (2000), os países que dispõem de importantes recursos geológicos e onde a produção encontra-se em pleno desenvolvimento, entre eles o Brasil, enfrentam sérios problemas com os resíduos provenientes das indústrias de rochas ornamentais que contaminam diretamente os rios e o próprio solo, além da desfiguração da paisagem, o que vem preocupando as autoridades e a população.

SOUZA et al. (2000), afirmam que o sistema de desdobramento de blocos de granito para a produção de chapas gera uma quantidade significativa de rejeitos na forma de lama, 20 a 25% dos blocos, geralmente constituída de água, de granalha, de cal e de rocha moída, que

após o processo são lançadas no meio ambiente em forma de rejeito, ocupando espaços ao ar livre.

De acordo com SILVA et al. (2002) comentam que depósitos de rejeitos e pilhas de estéril decorrentes de atividades de mineração podem ser fontes de contaminação ambiental devido à presença de metais pesados e arsênio, principalmente quando esses materiais contêm minerais sulfetados e níveis elevados de metais.

MATTA (2003), afirma que, ao avaliar as perdas durante a produção de blocos, concluiu-se que certos métodos de lavra e de desmonte geram mais rejeitos do que outros métodos. Normalmente a não utilização de explosivos e a adoção de técnicas de corte contínuo (como fio diamantado, jato d'água, cortador a corrente) são aconselháveis para evitar a produção de rejeitos. A fase de prospecção e pesquisa é uma etapa crucial para subsidiar um projeto de lavra de blocos com pouca geração de rejeitos.

MORANI, et. al. (2006), fazem o seguinte comentário: o processo de extração e beneficiamento de mármore segue o mesmo princípio de todas as demais rochas ornamentais. Há uma extração dos blocos nas pedreiras, onde se verifica uma grande quantidade de perdas, que são os rejeitos grossos, sem condições de serem comercializados.

Em um estudo realizado no estado do Rio Grande do Sul, pelos pesquisadores TOSCAN et al. (2007), observam que o rejeito limpo pode ser utilizado na produção de brita ou na confecção de elementos regulares menores, como ladrilhos e mesmo na produção de peças esculpidas de artesanato. Por sua vez, nas usinas de britagem, o pó de brita não tem demanda compatível com sua produção, tornando-se, também, um resíduo. O pó de brita apresenta a granulometria de areias e pode substituir, parcialmente, a areia quartzosa na confecção de concretos, ou mistura asfáltica.

Segundo CARVALHO et al. (2007), a presença desses rejeitos no ambiente gera um enorme impacto ambiental podendo causar assoreamento de rios, afetando a fauna e flora da região, causar problemas respiratórios aos seres vivos, bem como uma grande poluição visual.

Segundo FRANGELLA, et. al. (2007), outra possibilidade de uso dos rejeitos grossos seria na produção de seixos ornamentais. Os seixos ornamentais são utilizados como

alternativa aos seixos rolados obtidos normalmente em rios. Caracterizam-se por serem bastante duros e resistentes e sua utilização se dá em jardins, muros e ornamentação de paredes. No mercado, há somente a presença de seixos de cor branca, oriundos do beneficiamento de mármore. A disponibilidade de seixos de diferentes tamanhos, cores e formas, ampliarão as opções de decoração por parte dos paisagistas e decoradores.

2.2 – MOAGEM

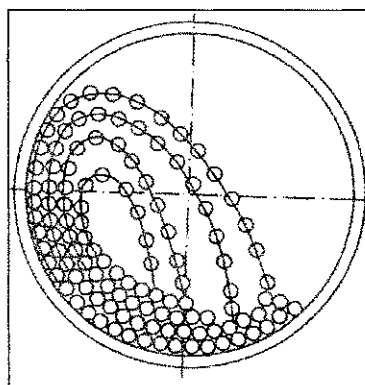
A fragmentação ou redução de tamanho é uma técnica de vital importância no processamento mineral. Um minério deve ser fragmentado até que os minerais úteis contidos sejam fisicamente liberados dos minerais indesejáveis. Às vezes, a redução de tamanho visa apenas à adequação às especificações granulométricas estabelecidas pelo mercado, como, por exemplo, a fragmentação de rochas como o granito ou calcário para a produção de brita. Em todos os casos, a fragmentação é uma operação que envolve elevado consumo energético e baixa eficiência operacional, representando, normalmente, o maior custo no tratamento de minérios.

Segundo NORTON (1973), o processo de moagem pode ser feito de diversas maneiras: compressão, impacto por compressão, desgaste nas arestas (“nibbling”), impacto, abrasão, raspagem (“shredding”), sendo que a forma e distribuição do produto variam com o material e o tipo de equipamento utilizado. Ainda segundo esse mesmo autor, a energia necessária para o processamento de uma moagem é proporcional à nova superfície específica obtida, portanto, quando se deseja dimensões reduzidas, há aumento considerável de tempo e da potência gastos, o que influi nos custos. Geralmente no processamento de uma moagem, os equipamentos para moagem estão distribuídos na seqüência de diminuição do tamanho de partículas.

Segundo NORTON (1973), quando se usa o produto final moído, no estado seco, é mais econômico moer a seco para evitar secagem posterior; nesse caso, a classificação também poderia ser a seco.

Na moagem em catarata, como se pode verificar na Figura 1, a alta velocidade do moinho carrega as bolas até uma posição bem elevada e elas caem sobre as outras bolas e sobre a polpa causando fragmentação por impacto. Deve-se usar bolas maiores para aumentar

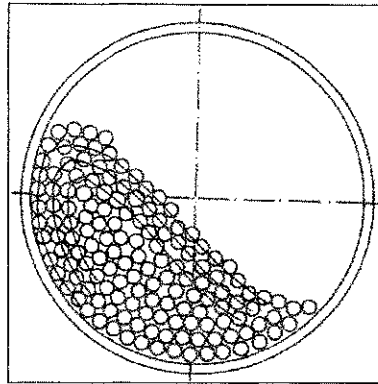
ainda mais a energia do meio moedor e baixo fator de enchimento (menos bolas). Este regime é adequado para a fragmentação de material mais grosseiro e para evitar a produção de excesso de finos (FIGUEIRA, et. al.(2002)).



Fonte: FIGUEIRA, et.al. (2002)

Figura 1 - Moagem em regime de catarata.

Na moagem em cascata, na Figura 2, a velocidade baixa do moinho e o alto fator de enchimento faz com que as bolas ao alcançarem uma certa altura rolem umas sobre as outras não havendo quase impacto e a moagem se dá por abrasão e atrito. Deve-se usar bolas de diâmetros menores. Este regime é adequado para a fragmentação de material mais fino fornecendo um produto bem fino (Figueira, et.al. (2002)).



Fonte: Figueira, et.al. (2002)

Figura 2 - Moagem em regime de cascata.

2.3 – MOAGEM AUTÓGENA

Segundo FIGUEIRA et. al. (2002), nos últimos 50 anos tem sido dada grande atenção à operação de fragmentação, já que esta operação constitui uma parcela relevante dos custos das usinas de beneficiamento de minérios.

Muitos estudos surgiram e continuam surgindo, visando, tanto otimizar a operação clássica de fragmentação, como explorar novos caminhos. A moagem autógena é um dos métodos encarados como capazes de trazer algumas vantagens operacionais e econômicas à fragmentação (Figueira et. al. (2002)).

HARDINGE (1967) apud FIGUEIRA et. al. (2002) cita que na África do Sul, desde a primeira década do século, vinha sendo usado sílex como meio moedor, na moagem de minério de ouro, para evitar a contaminação com ferro da polpa que seria tratada, subsequentemente, por cianetação. Durante a Segunda Guerra Mundial, a dificuldade de importação de sílex, que vinha da Dinamarca, levou os operadores a estudar a possibilidade de utilizar matacões do próprio minério como meio moedor, simplificando e diminuindo os custos da operação de moagem. Atualmente, é uma técnica bastante difundida na África do Sul, onde é aplicada na fragmentação, não só de minério de ouro, como de muitos outros minérios.

O processo de moagem autógena tem variações, que podem ser classificadas dentro das categorias seguintes:

- A. Moagem autógena completa (Full autogenous grinding-FAG);
- B. Moagem semi-autógena (Semi autogenous grinding-SAG);
- C. Moagem autógena parcial.

A. Moagem autógena completa

Na fragmentação autógena completa, ou FAG, o minério, que vem da mina sem nenhuma, ou com pouca britagem, é alimentado todo no moinho autógeno; no classificador que trabalha acoplado ao moinho, o material é retirado na granulometria desejada. A pouca britagem referida acima, segundo Christie J. D. é devida as novas técnicas de exploração usadas na mineração que já fornecem minério abaixo de 10", próprio para ser alimentado no moinho autógeno, evitando assim o uso da britagem grosseira prévia.

Pode-se conseguir este balanço fazendo a alimentação do moinho autógeno com frações de faixas de tamanho diversas, alimentadas em proporções adequadas.

B. Moagem semi-autógena

Neste método podemos incluir as moagens autógenas em que são empregados métodos auxiliares, tais como o uso de algumas bolas de aço para facilitar a fragmentação de uma fração mais resistente à moagem e com tendência a manter-se muito tempo no moinho, ou retornar várias vezes do classificador como carga circulante. Esta fração, denominada por vários autores como "fração de tamanho crítico", reduz a capacidade do moinho e aumenta o gasto de energia por tonelada do produto. A fração de tamanho crítico aparece em certos minérios que, quando fragmentados, produzem uma distribuição granulométrica onde há uma percentagem elevada de material com granulometria insuficiente para servir de meio moedor e grande demais para ser fragmentada pelos seixos moedores, O uso de algumas bolas de aço junto com os seixos moedores contorna bem o problema, mas traz algumas desvantagens, tais como: um aumento de desgaste no revestimento do moinho, um consumo de bolas e a diminuição da flexibilidade do circuito de moagem.

Como uma alternativa ao uso de grandes bolas de aço para controlar a quantidade da fração de tamanho crítico, alguns pesquisadores sugeriram a introdução de um britador de mandíbula pequeno, que pode ser incluído ou cortado do fluxograma da instalação, segundo as exigências da carga do moinho. A fração de tamanho crítico é removida continuamente do moinho junto com a carga circulante que vem do classificador. Com este dispositivo, certos minérios resistentes, que dificilmente se adaptariam à moagem autógena, podem, com grandes vantagens econômicas, ser fragmentados por esse método.

C. Moagem autógena parcial

Neste tipo de moagem, só o moinho de bolas é substituído por um moinho autógeno, e este tipo de moagem é denominado muitas vezes na literatura de ‘pebble milling’. Como o custo da moagem é geralmente o mais elevado em um processo de fragmentação, e como as instalações antigas são facilmente adaptáveis a este tipo de moagem, ele foi bastante usado. O minério é primeiramente britado a um tamanho próprio para alimentar um moinho de barras. Durante, ou antes da britagem, uma peneiração separa parte do minério com tamanho adequado para servir de meio moedor. O minério moído no moinho de barras é alimentado, juntamente com os pedaços maiores do minério previamente separados, no moinho autógeno onde se dá a moagem final. Os pedaços maiores ou seixos, separados para uso na moagem autógena parcial, devem estar entre 25 e 75mm e são escolhidos de forma a terem o mesmo peso que as bolas que eles devem substituir. Como a densidade do minério é mais baixa que a das bolas, estes moinhos necessitam ter maiores volumes e / ou maiores velocidades do que os de bolas correspondentes.

2.4 – ASPECTOS AMBIENTAIS

Embora estejam acontecendo vários empreendimentos por parte de empresas, novas leis tenham sido sancionadas, acordos internacionais estejam em vigor, a realidade apontada pelas pesquisas mostra que os problemas ambientais ainda são enormes e estão longe de serem solucionados.

MACHADO et al. (2001), afirmaram que o extrativismo mineral é uma atividade altamente degradante, devido ao grande volume de material que ele movimenta em forma de minério e rejeito.



SILVA (2002), assegura que a busca intensiva pela redução de desperdícios e melhoria da qualidade tem exigido das empresas em geral, tanto no Brasil quanto no exterior, um enorme esforço de transformação.

Segundo LUZ et. al. (2004), na década de setenta, com o surgimento dos movimentos ambientalistas, exigências mais rígidas para abertura de novas minas fizeram-se necessárias, adotando-se, então, o Estudo de Impacto Ambiental- EIA e o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA também para a mineração. Logo a seguir, surgiu o conceito de desativação de mina que passou a ser uma exigência já prevista no próprio projeto de lavra, vindo a se constituir em importante instrumento para se introduzir tecnologias de prevenção da poluição.

O tratamento de minérios não chega a ser uma fonte de grande contaminação ambiental, em comparação com outras atividades industriais e com a agricultura, porém, é inegável que o descarte dos rejeitos das usinas de beneficiamento poderá eventualmente resultar num apreciável fator de poluição (LUZ et. al., (2004)).

Recifes de corais, conchas de moluscos, algas calcárias, equinodermas, briozoários, foraminíferos e protozoários são os principais responsáveis pelos depósitos provenientes de organismos sintetizantes do carbonato dissolvido em meio aquoso. Esses depósitos são gerados em ambiente marinho raso, de águas quentes, calmas e transparentes. Os organismos morrem e suas conchas e estruturas calcárias vão se depositando no local. (IGCE, 2005).

Na intenção de minimizar os impactos causados pela alocação desse resíduo, foi desenvolvido um protótipo de um moinho para a fabricação de seixos ornamentais. Inicialmente um protótipo de equipamento para a realização de testes e aprimoramento das técnicas de produção. MENDES (2007), comenta que o desenvolvimento de protótipos é a verificação de forma real das oportunidades identificadas, bem como, a transformação dos desenhos transcritos em produtos tangíveis.

2.5 – UTILIZAÇÃO DO PÓ

Ainda complementando a questão ambiental, o desenvolvimento deste projeto visa à utilização de toda a matéria prima a ser processada, desde os seixos ao pó (rejeito fino), que

no caso do calcário poderá ser utilizado para a regularização do pH do solo, diminuindo a acidez, num processo conhecido como calagem. No caso do quartzo tem-se o pó para a fabricação de fibra de vidro, fibra ótica, vidros e tantas aplicações.

A calagem consiste na aplicação e incorporação de calcário à camada arável do solo, visando à correção da acidez (pH), a neutralização do alumínio, tóxico às plantas, e o incremento nos teores de cálcio e magnésio.

Uma nova tecnologia em desenvolvimento é a moagem dos resíduos para injeção dos mesmos em poços na forma de lama. Se fraturamento for necessário para a lama ser aceita pela formação, será necessário assegurar-se de que a zona de descarte e qualquer fratura hidráulica permaneça isolada de aquíferos de água doce nas imediações. Entretanto, o projeto de injeção de lamas pode ser difícil porque dados sobre a reologia e propriedades de fraturamento das lamas são limitados.

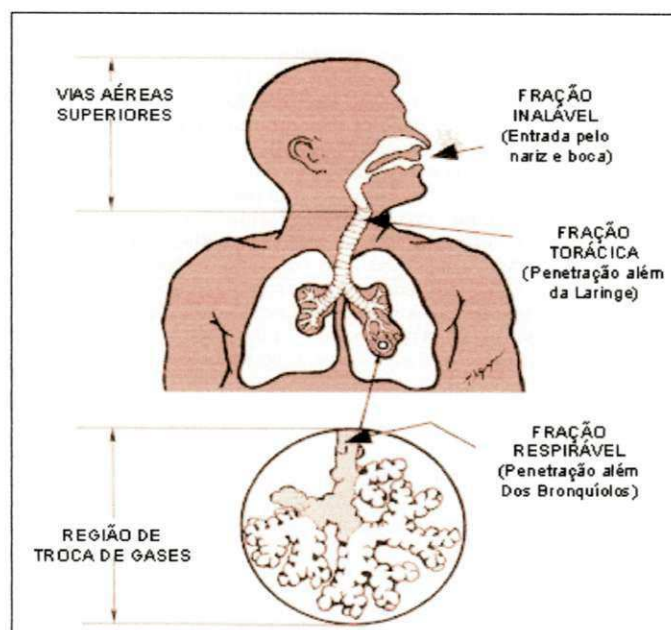
Atualmente a mineração vem abrindo espaço para projetos que possam reduzir impactos gerados pela extração e beneficiamento da matéria-prima, em virtude de uma forte onda de conscientização ambiental. Desta maneira, novas tecnologias vêm sendo estudadas para o controle e recuperação dos impactos provocados pela retirada de minerais, permitindo o desenvolvimento da mineração sem riscos para o meio ambiente.

A rochagem é definida como uma prática agrícola de incorporação de rochas e/ou minerais ao solo, sendo a calagem e a fosfatagem natural casos particulares desta prática (LEONARDOS, et. al., 1976). Com a adição de pó de rocha ao solo, a água, através do intemperismo químico, irá agir sobre o material pétreo, decompondo-o lentamente, podendo liberar, de forma gradual, seus elementos químicos.

2.6 – SEGURANÇA DO TRABALHO

A exposição é representada pelo período em que o ser humano está sujeito aos diversos componentes ambientais através das diversas vias possíveis de absorção da substância tóxica pelo organismo: respiratória, cutânea, digestiva e placentária (CÂMARA, et. al., 1995).

A Figura 3 ilustra os níveis e locais de deposição das partículas de sílica (poeira) no sistema respiratório humano.



Fonte: AGRANTI (1995)

Figura 3 - Níveis de penetração da sílica no sistema respiratório humano.

Segundo AZEVEDO (2007), a silicose é a mais antiga, mais grave e mais prevalente das doenças pulmonares relacionadas à inalação de poeiras minerais, confirmando a sua importância na lista das pneumoconioses. É uma doença pulmonar crônica e incurável, com uma evolução progressiva e irreversível que pode determinar incapacidade para o trabalho, invalidez, aumento da suscetibilidade à tuberculose e, com frequência, ter relação com a causa de óbito do paciente afetado. É uma fibrose pulmonar nodular causada pela inalação de poeiras contendo partículas finas de sílica livre cristalina que leva de meses a décadas para se manifestar.

Segundo BARAN (2009) os programas de segurança e saúde do trabalho geralmente concebidos e implementados nas empresas do Brasil, tem a orientação de atendimento à legislação que dispõe sobre esta matéria.

2.7 – IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Empreendedorismo é a ação de criar e gerenciar um negócio, assumindo riscos na procura de lucro. Um empreendimento é a materialização de um projeto idealizado e concluído visando transformar-se em um negócio comercial, industrial ou de prestação de serviços (comercial ou social).

Segundo CAMPEÃO (1998), uma implantação bem sucedida depende de um planejamento bem elaborado das ações que realizarão a transição do processo atual para o novo processo. Ao término de nossos estudos daremos um parecer a respeito da viabilidade do empreendimento escolhido, falando ainda do capital necessário a ser investida, proposta de financiamento, retorno do valor investido e possibilidades de crescimento. Sabe-se que o valor dos projetos que uma empresa consegue obter depende diretamente do tamanho da sua equipe e da sua capacitação. A partir do conhecimento da aplicabilidade dessas metodologias, caberá à empresa decidir qual delas é a mais apropriada às suas necessidades e aos seus objetivos.

Um processo para a realização de idéias deverá passar pelas etapas de idealização, simulação, e implantação. Pois conforme SILVEIRA, et. al. (2002), a qualidade do projeto influi diretamente no desenvolvimento do empreendimento, de forma que problemas ocorridos durante a etapa de elaboração dos projetos podem resultar em falhas que comprometem a qualidade da edificação.

SILVA (2002), comenta que, com o processo de globalização em curso, nunca como agora o acirramento da concorrência entre as empresas estimulou tanto a elevação dos padrões de qualidade e eficiência dos sistemas produtivos.

Segundo SAMPAIO, et. al. (2002), desenvolver o melhor circuito de cominuição para um determinado minério não é tarefa simples: em muitos casos implicam em discussões intermináveis. As descobertas de novos jazimentos, com minérios cada vez mais complexos torna evidente a busca de circuitos alternativos de cominuição, descartando em muitos casos as opções convencionais. Desse modo, sempre que surge um novo projeto de mineração ou expansão de outros já existentes, a moagem autógena tem sido a alternativa mais procurada e discutida.

A implantação de um empreendimento tem conseqüências imediatas no meio ambiente, seja dentro dos limites da própria mina, seja nas áreas vizinhas. O equilíbrio ambiental é afetado, com maior ou menor intensidade: uma mina é sempre geradora de vibrações, ruídos, pó e lama, e estes efeitos devem ser reduzidos a um mínimo necessário a manutenção do equilíbrio (BAZANTE, 2005).

Segundo BRAGA, et. al. (2008), melhorar o desempenho de uma indústria é o desafio dos gerentes de produção que necessitam de informações para analisar e ter condições de propor mudanças, alterar processos, redistribuir mão-de-obra, visando obter ganhos de produtividade, reduzindo custos e atingindo a qualidade esperada pelos seus clientes.

CAPÍTULO 3 - MATERIAIS

Durante a fase de desenvolvimento e projeto, procurou-se minimizar custos de sua confecção e aperfeiçoar seu manuseio, estudando formas que fosse necessária para que apenas um homem o operasse com segurança e produtividade. Assim, vários protótipos foram desenhados e aperfeiçoados na fase de projeto, porém, em consenso foi escolhido o modelo apresentado na Figura 4 para ser produzido.

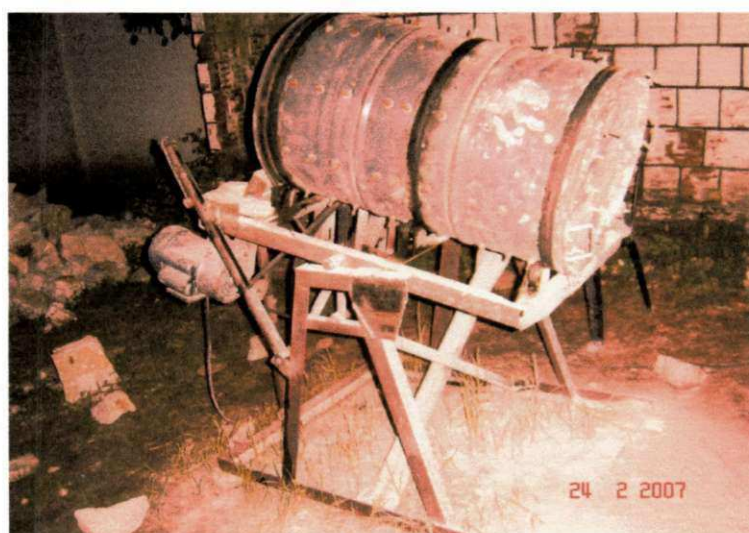


Figura 4 - Fotografia do protótipo do moinho utilizado.

Esse moinho possui uma capacidade volumétrica de 110 litros e pode operar com uma carga máxima de 210 quilos, sendo assim, não possui condições para uma produção industrial, tendo apenas como finalidade a realização de testes.

O moinho utilizado neste estudo possui um revestimento interno que é utilizado para diminuir o desgaste do tambor, reduzir ruídos e amortecer os choques entre as rochas e o tambor evitando que um seixo em processo terminal de rolagem se quebre. Esse revestimento é feito de bandagem de pneu de caminhão, que é uma borracha resistente e barata, fixada por parafusos, conforme mostrado na Figura 5.



Figura 5 - Fotografia mostrando o revestimento interno do moinho.

Sistema de correias e polias – O sistema, ilustrado na Figura 6, é utilizado para transmitir a potência do motor para o tambor e realizar alterações na velocidade da rotação do moinho, através da relação entre as polias. A velocidade crítica de um moinho é aquela em que a velocidade de rotação provoca aderência de qualquer partícula às placas de revestimento, motivada pela força centrífuga.



Figura 6 - Fotografia mostrando o sistema de polias e correias.

Dispositivo de deslocamento mecânico – É utilizado para auxiliar nos movimentos de inclinação do moinho, que se fazem necessários para a realização de carregamento e descarregamento, conforme pode ser visto na Figura 7.



Figura 7 - Fotografia mostrando o dispositivo de deslocamento mecânico.

Pontos de apoio – Estes pontos são compostos por seis rolamentos situados na base do tambor, que giram sobre trilhos e o rolamento do eixo principal, que gira dentro de uma canaleta e serve para guiar o tambor não deixando que os seis eixos da base saiam dos trilhos durante os movimentos de inclinação. A Figura 8 ilustra os rolamentos responsáveis pelo giro do tambor, enquanto a Figura 9 mostra o rolamento do eixo principal.



Figura 8 - Fotografia mostrando detalhes dos rolamentos responsáveis pelo giro do tambor.



Figura 9 - Fotografia mostrando detalhe do rolamento do eixo principal do moinho.

Abertura para troca de correias – Estas aberturas foram feitas por peças parafusadas, no lugar da solda, para facilitar sua remoção e agilizar a troca das correias, quando necessário. As Figuras 10 e 11 mostram o processo de troca das correias.



Figura 10 - Fotografia mostrando detalhe a abertura para troca de correias.

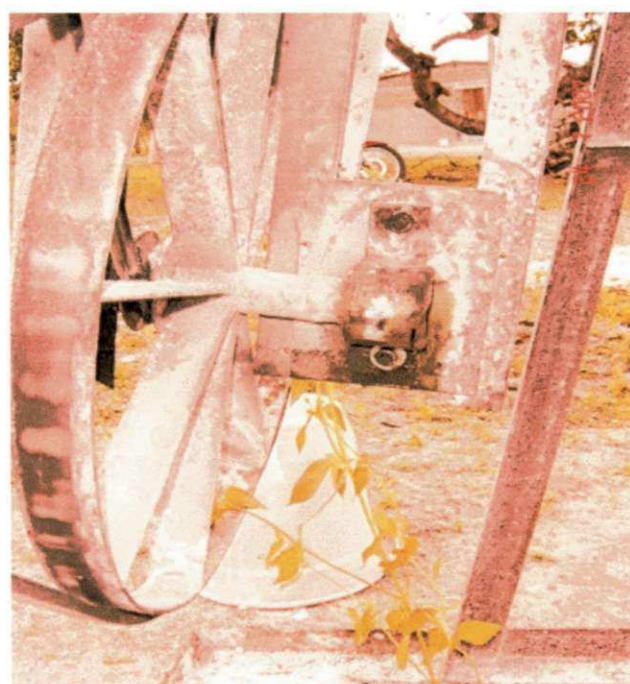


Figura 11 - Fotografia mostrando a abertura para troca de correias.

Tampa removível – Esta tampa é parafusada e retirada para a realização dos carregamentos e descarregamentos. As Figuras 12 e 13 mostram detalhes da tampa do moinho, respectivamente.

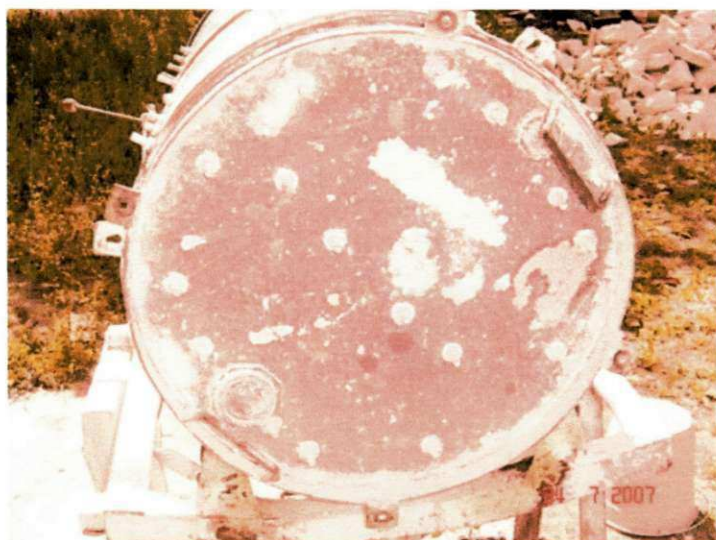


Figura 12 - Fotografia mostrando a tampa do moinho.



Figura 13 - Fotografia mostrando a tampa do moinho.

Motor – O moinho é impulsionado por um motor elétrico, monofásico, de 1,5 HP e possui uma velocidade de rotação de 1.745 rpm. A fotografia do motor utilizado pode ser vista na Figura 14.



Figura 14 - Fotografia do motor elétrico utilizado no moinho.

Sistema de barras de estabilização – Utilizadas para diminuir as vibrações, diminuir as acomodações e empeno das ferragens em virtude de um centro de massa descentralizado e aumentar a resistência de algumas peças. Duas barras são utilizadas: uma móvel, conforme mostrado na Figura 15, e outra fixa, ilustrada na Figura 16.



Figura 15 - Fotografia do sistema de barra de estabilização móvel.



Figura 16 - Fotografia do sistema de barra de estabilização fixa.

Chave de energia – Dispositivo utilizado para o acionamento do moinho e de proteção do motor contra possíveis variações de corrente. O modelo empregado está ilustrado na Figura 7, supracitada.

3.1 – MATÉRIA PRIMA UTILIZADA

No processo de fabricação dos seixos foram testados materiais de quartzo leitoso, quartzo cristalino, quartzo rosa, calcário dolomítico, calcário calcítico, albita e vários tipos de granito, utilizou-se ainda durante a realização dos testes de moagem, água e abrasivos (areia, trépole, carborum e pastilha de magnésio).

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA

Nesse momento será dada ênfase ao processo de beneficiamento da matéria-prima, explicitando todas etapas até o produto final.

4.1 – PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS SEIXOS

Os materiais utilizados passaram pelos seguintes testes:

1. Tempo de residência;
2. Fator de enchimento;
3. Granulometria de entrada do mineral;
4. Tipos de Abrasivos;
5. Velocidade de rotação do moinho;
6. Volume de água.

1. Tempo de residência – Cada material possui um tempo de residência específico, devido às suas características físicas. Para cada um dos materiais foram feitos testes onde os tempos variavam entre 2:00 horas a 10:00 horas e as conclusões eram baseadas nos seguintes parâmetros: qualidade do material, perda de massa durante a moagem e custo.

Para uma maior confiabilidade esses resultados foram obtidos através de medições e a escolha do melhor material foi feita através de análise visual, comparando os materiais de vários testes. A Figura 17 mostra os diversos materiais, separados em pacotes por tempo de residência, para inspeção visual que definirá o tempo ideal.

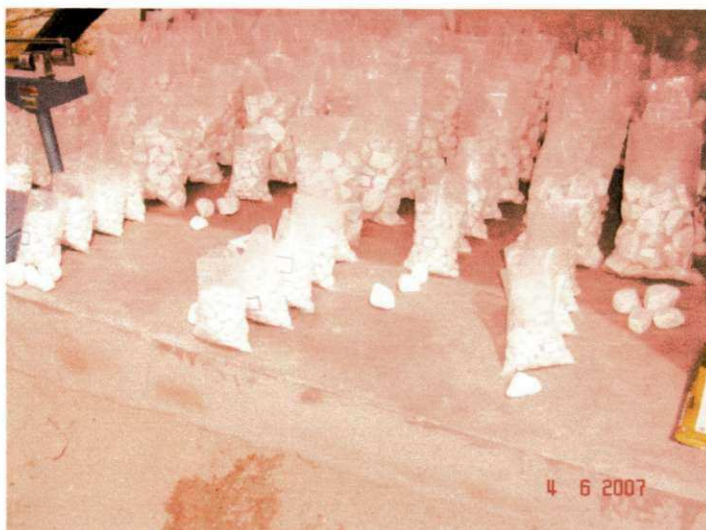


Figura 17 - Materiais, separados por tempo de residência, dispostos para inspeção visual.

2. Fator de enchimento - Os vários materiais testados foram processados com diferentes fatores de enchimento, desde 110 kg a 210 kg, carga máxima do moinho. Para todos os minerais teve-se como resposta que, com 210 kg seria obtido um menor tempo de residência, em virtude do aumento da força de atrito, proporcionada pelo acréscimo da massa, aumentando assim o desgaste entre as partículas e diminuindo o tempo de rolagem.

3. Granulometria de entrada do mineral - Conforme estudo preliminar de mercado, a procura maior é para rochas que sejam passantes nas peneiras de seis centímetros e retidas nas de um centímetro, sendo separadas em três tamanhos diferentes dentro desta faixa granulométrica. Para que as rochas saiam com essa granulometria, é necessário que entrem com um tamanho máximo de sete centímetros e meio, já que na moagem autógena, como é o caso, o material é desgastado por atrito e não por impacto, diminuindo a quebra de partículas dentro do moinho.

4. Tipo de abrasivo – Abrasivos são substâncias naturais ou sintéticas empregadas para desgastar, polir ou limpar outros materiais. O abrasivo é utilizado para o melhor polimento dos seixos e atua, também, como catalizador no processo de rolagem. Nessa etapa foram utilizados os seguintes abrasivos: areia, carbetto de silício, trépole e rejeito de abrasivos de marmorarias.

O trépole é um abrasivo a base de alumínio que custa em média R\$ 16,00 (dezesseis reais) por quilo e tem sua comercialização no estado de Minas Gerais, como ponto mais próximo de venda, onde por este motivo e também por limitações financeiras, não foi possível testá-lo.

O rejeito dos abrasivos de indústrias de beneficiamento de mármore e granito são pastilhas utilizadas para o polimento das placas, assim foi utilizado o descarte destas pastilhas para melhorar o polimento dos seixos, pois seu custo é nulo e o resultado satisfatório.

Esses abrasivos possuem granulometria que variada e deve ser utilizado em um processo de duas moagens, a primeira deve-se utilizar abrasivo de granulometria maior e em uma segunda moagem utilizar as pastilhas com granulometria menor.

5. Velocidade de rotação do moinho - O moinho é dotado de um sistema de polias e correias que servem para alterar sua velocidade de rotação, utilizando-se desse artifício, realizou-se testes com velocidades entre 0,33 rps a 0,66 rps.

6. Volume de água - Com a utilização de água ocorre a redução do atrito entre as pedras diminuindo assim as ranhuras e aumentando o polimento, tendo em vista que sua adição funciona como um lubrificante no processo. A adição da água deve ser feita de maneira controlada a ponto de formar uma solução pouco pastosa, quando misturada ao abrasivo e o pó do material, ou seja, para melhor compreender essa solução que irá envolver os seixos, sua textura deverá ser comparada a de uma 'clara de ovo'.

4.2 – PROCESSO DE LIMPEZA DOS SEIXOS

Na busca de um processo de limpeza eficiente, foi adicionados água e ácido muriático, nas proporções entre 1:1 até 1:12.

4.3 – CONTROLE DE QUALIDADE

Esse controle de qualidade é feito de forma simples e sem o auxílio de equipamentos, esse monitoramento inicia-se desde a compra do material, observados aspectos como:

Dureza – No caso dos calcários e do granito a dureza tem uma variação muito grande, pois o contato com a água afeta suas propriedades, deixando-os com uma dureza muito baixa, a ponto de fragmentar-se por completo durante o processo de rolagem;

Coloração – Os calcários têm uma variação da cor que permeiam entre branco e acinzentado, onde este segundo não tem uma boa aceitação no mercado;

Impureza – A presença de óxido de ferro e sílica no granito é freqüente, reduzindo a qualidade final dos seixos.

A percentagem de sólidos na polpa de moagem foi controlada por meio de amostragens em intervalos de tempo pré-estabelecidos e as amostras foram tomadas na descarga do moinho.

Deve-se observar a granulometria de entra da rocha no processo, para que os produtos saiam no tamanho ideal.

Por último faz-se uma separação manual do produto final, tirando os seixos que têm impurezas, tamanho inadequado e rolagem deficiente em virtude de uma dureza superior ou do quebramento no fim do tempo de moagem.

4.4 – CONTROLE DE PRODUÇÃO

No recebimento do material é feita a cubagem tendo como objetivo medir alguns dados imprecisos, por exemplo, a carga do caminhão, tendo em vista que na pedreira não existe uma balança apropriada para pesar o caminhão antes e depois do carregamento. Esse controle é importante, também, para medir a massa perdida no processo de beneficiamento.

Esse controle é através de fotos do caminhão carregado que servem como referência para outros carregamentos, dessa maneira cada rolagem do moinho tem seu peso anotado e quantas rolagens foram feitas com o material de um determinado carregamento. A esse somatório acrescenta-se ainda a massa dos fragmentos gerados em função da quebra das rochas para chegarem ao tamanho adequado de entrada no processo.

A Figura 18 permite a visualização do volume de material comprado. Ela serve como referência no comparativo e controle do volume de outros carregamentos para confirmar visualmente se o volume da carga atual esta condizente com a massa comprada.



Figura 18 - Visualização do volume de material comprado no caminhão.

Para auxiliar o controle da produção adotamos em Anexo - 1 como forma de monitoramento da produção, que informa a massa total de seixos por carregamento do caminhão e a produção diária, facilitando o controle produtivo.

De posse das anotações diárias de acordo com o Anexo - 1 pode-se controlar a produção do moinho, após testes experimentais de produção do mesmo por ciclo. Desta forma através de estudo de dados simplificados pode-se controlar e administrar a produção sem a necessidade de uma presença constante na área de beneficiamento. A Equação 1 mostra os procedimentos de cálculo.

$$M_c = (M_m \times N^{\circ} \text{ de carregamentos do moinho}) + M_q \quad (1)$$

Onde:

M_c = Massa de carregamento do caminhão;

M_m = Massa de carregamento do moinho;

M_q = Massa perdida na quebra;

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

A princípio algumas rochas não apresentaram resultado satisfatório, como: o calcário calcítico (em virtude da grande granulometria dos minerais formadores da rocha não permitir uma moagem homogênea), a albita (que por ser um feldspato possui um plano de clivagem acentuado, não permitindo que o material fique arredondado) e alguns tipos de granitos (basicamente os que têm uma acentuada quantidade de feldspato e mica).

Para o calcário dolomítico observou um arredondamento ruim, até o tempo de 5:00 horas, dessa maneira estabeleceu-se um tempo de residência de 6:00 horas, para evitar um desgaste excessivo (perda de massa) e custos adicionais. Para esse tempo a perda de massa foi de aproximadamente 42 %.

Para o quartzo, observou-se um arredondamento ruim, até o tempo de 6:30 horas, dessa maneira estabeleceu-se um tempo de residência de 7:00 horas, para esse tempo a perda de massa foi de aproximadamente 35 %. Essa diferença em percentagem de perda de massa se dá em função da diferença de dureza entre o quartzo e os demais minerais beneficiados.

Com a utilização de areia não foi possível obter um bom polimento, em virtude da granulometria dos grãos e da dureza dos mesmos. E ainda, a primeira preocupação deve ser a qualidade do ar respirado pelo operador, principalmente quando estiver utilizando areia como abrasivo, porque ela provoca a “silicose”. Máscaras filtrantes são totalmente inadequadas por serem evidentemente porosas, sempre deixando passar finas partículas de pó que são, exatamente, as que atingem e se localizam nos alvéolos pulmonares.

Para o carbetto de silício obteve-se um bom polimento, porém com um preço por quilo equivalente a R\$ 12,00 (doze reais), inviabiliza a utilização deste abrasivo. O carbetto de silício (SiC, também chamado carborundum) é um composto químico de silício e carbono. É mais familiar como um composto sintético largamente usado como abrasivo, mas ocorre também na natureza na forma do mineral muito raro chamado moissanite. Grãos de carbetto de silício podem ser agregados por sinterização, formando uma cerâmica muito dura.

O trépole é um abrasivo a base de alumínio que custa em média R\$ 16,00 (dezesseis reais) por quilo e tem sua comercialização no estado de Minas Gerais, como ponto mais próximo de venda, onde por este motivo e também por limitações financeiras, não foi possível testá-lo.

O rejeito dos abrasivos de indústrias de beneficiamento de mármore e granito são pastilhas utilizadas para o polimento das placas, assim foi utilizado o descarte destas pastilhas para melhorar o polimento dos seixos, pois seu custo é nulo e o resultado satisfatório.

Esses abrasivos possuem granulometria variada e deve ser utilizado em um processo de duas moagens, a primeira deve-se utilizar abrasivo de granulometria maior e em uma segunda moagem utilizar as pastilhas com granulometria menor. Com a utilização desse abrasivo misturado ao pó na proporção de 1:4, observou-se uma razoável melhora na qualidade do produto final. Além de melhorar o acabamento dos seixos, foi observado que sua utilização diminui o tempo de rolagem acarretando uma melhora no processo.

Com relação a velocidade de rotação do moinho, concluiu-se que o tempo de residência era menor quando trabalhava-se com a velocidade de 0,51 rps, com essa velocidade o material trabalha em regime de cascata, situação atípica da moagem autógena. Provavelmente pela ausência de carga moedora a quebra dos seixos era mínima.

Mediante a realização de vários testes concluiu-se que a maneira mais eficiente para a limpeza das pedras, seria a seguinte: Após o tempo de moagem específico de cada material, estes são depositados em um tanque com dimensões de 1,5 metro de largura por 2,0 metros de comprimento, onde são colocados imediatamente em um balde com pequenos furos, para facilitar a escoagem da água, nos quais são mergulhados submergidos e sacudidos manualmente em um tonel com água limpa para a realização de uma lavagem primária. Em seguida são colocados em um recipiente onde ficam depositados em água limpa, para uma limpeza final, que será realizada, também, manualmente durante a retirada dos seixos.

Após a retirada dos seixos do moinho, a carga deverá ser imediatamente colocada para a limpeza primária e imergida no recipiente com água, para não ter sua limpeza dificultada caso o abrasivo e o pó seque sobre sua superfície.

Em virtude de o moinho ser fruto de um trabalho inicial, houve uma série de falhas a serem corrigidas em uma segunda versão, com o propósito de facilitar o manuseio, diminuir o tempo de residência e a perda de material.

Um outro aspecto observado foi à deficiência na vedação, que permite a liberação de pó na moagem a seco e lama na moagem a úmido, ocasionando perda de abrasivos e água, resultando em paradas constantes para a reposição destes materiais.

O sistema de acomodação da tampa era feito através de porcas e parafusos, provocando uma demora na operação, sendo sugerido a troca deste sistema por presilhas, ou uma barra transversal com um parafuso de torção e ainda com o intuito de facilitar o fechamento do moinho a tampa deverá ser removida da parte anterior para a lateral do moinho.

Para este protótipo também se faz necessário um sistema de alimentação contínua de água, para evitar paradas constantes. Ao final de cada ensaio procedeu-se a retirada da carga remanescente no moinho para análise granulométrica e avaliação da relação sólido / líquido na mesma. Com esse procedimento torna-se possível avaliar a competência do minério, tanto visualmente, com por meio de ensaio padrão de resistência dos blocos maiores de rocha, quando necessário.

CAPÍTULO 6 – SUGESTÕES

Após uma bateria de testes, obteve-se um produto de bom valor de mercado e boa qualidade, a positividade desses dois fatores dá a condição de continuidade dessa pesquisa no âmbito comercial e industrial, levantando pontos tais como: estrutura de trabalho para produção industrial, investimentos e levantamento de taxas de retorno para um dado capital investido.

Com relação ao aperfeiçoamento das técnicas de produção e da obtenção de um produto final de boa perspectiva comercial, deve-se dimensionados os equipamentos para uma produção de seixos que atenda aos estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Pernambuco. Para atingir essa escala de produção é necessário ainda que seja estudada a aceitação deste produto no mercado consumidor, o investimento para a fabricação dos equipamentos, investimento para a montagem de estruturas auxiliares, fluxograma e propostas de financiamento.

Para o bom andamento dos trabalhos se faz necessário que observar aspectos tais como: deficiências do protótipo inicial, segurança do trabalho e destino dos resíduos provenientes da rolagem dos seixos (pó).

O protótipo moinho de pequeno porte, onde os testes foram realizados, foi utilizado para a realização de análises de custos, metodologia de produção e testes de abrasivos e fluidos que pudessem melhorar a qualidade final dos seixos. Além dessas conclusões, observaram-se algumas deficiências, já comentadas anteriormente, que serão corrigidas.

Com o intuito de dá andamento ao processo de fabricação industrial e com a análise de balanço financeiro concluído de forma positiva, foi elaborada uma planilha de custos para o desenvolvimento do moinho em escala industrial com capacidade de processar uma tonelada de mineral por ciclo, montagem de um britador de médio porte para cominuir a matéria-prima à uma granulometria ideal, construção de peneiras vibratórias, compra de matéria-prima e insumos para o andamento do projeto e a construção de estruturas básicas de alvenaria para a acomodação e funcionamento do processo.

Os recursos serão investidos seguindo a forma descrita na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de investimento¹

INVESTIMENTO	VALOR
Moinho	R\$ 4.100,00
Britador	R\$ 2.500,00
Matéria Prima	R\$ 1.000,00
Insumos	R\$ 1.000,00
Peneiras	R\$ 1.500,00
Estrutura de Alvenaria	R\$ 2.500,00
TOTAL	R\$ 12.600,00

A. Moinho

O equipamento recomendado terá dimensões de 1,2 metro de diâmetro, 1,00 metro de comprimento. O volume de 1,13 m³, sendo movido por um motor elétrico trifásico de 10 HP cavalos e com 1740 rpm. O moinho terá capacidade de operar com até duas toneladas, quando totalmente cheio. Esses valores levam em consideração as densidades do quartzo e do calcário calcítico. Porém recomenda-se que o moinho trabalhe com 1 à 1,2 toneladas por ciclo e que seja analisada a velocidade de rotação e o regime de operação.

B. Britador de mandíbula

Terá a função de cominuir a matéria prima para que atinja a granulometria ideal de entrada no moinho, onde este será alimentado com rochas de tamanho máximo de 18 centímetros e uma saída de 6 centímetros, sendo movido por um motor elétrico, trifásico, de 5 HP, com 1740 rpm.

¹ Nos valores do investimento não está compreendido a compra de um terreno, nem de um caminhão para a distribuição da carga.

C. Matéria Prima

Inicialmente trabalhou-se com quartzo e calcário dolomítico procedentes do Município de Pedra Lavrada - PB sendo o volume inicial de 10 toneladas de calcário e 10 toneladas de quartzo.

D. Insumos

Compreendem a compra de 1 (um) jogo de equipamento de segurança para o funcionário, fios, balança, seladora e sacos, entre outros.

E. Peneiras

As peneiras serão superpostas em número de 4 (quatro), onde o passante da primeira irá para a seguinte até que chegue na última, de forma que o produto final varia em uma granulometria entre 6 cm a 1 cm.

F. Estrutura de Alvenaria

As estruturas de alvenaria serviram de base para alocação dos equipamentos e construção de cobertas para proteção dos mesmos.

6.1 – PROPOSTA DE FINANCIAMENTO

A maioria dos pedidos de financiamento que têm boas taxas de juros é esbarrada em processos burocráticos, quando os requerentes não são pessoas jurídicas.

Apesar destes entraves, no ano de 2007 um projeto financiado pelo Governo do Estado da Paraíba, chamado “Meu Trabalho”, que faz financiamento para pessoas físicas com taxas de juros de 0,85 % ao mês e com carência de 6 (seis) meses, sendo financiado em até 24 (vinte e quatro) meses.

A Tabela 3 apresenta uma simulação feita pelo sistema de amortização do financiamento – PRICE, com juros capitalizados.

Tomaremos como base de cálculo estes valores para mostrarmos que o projeto é viável, levando-se em consideração a possibilidade de um empréstimo.

Principal: R\$ 12.600,00

Número de prestações: 24 meses

Taxa de juros: 0,85 % a.m.

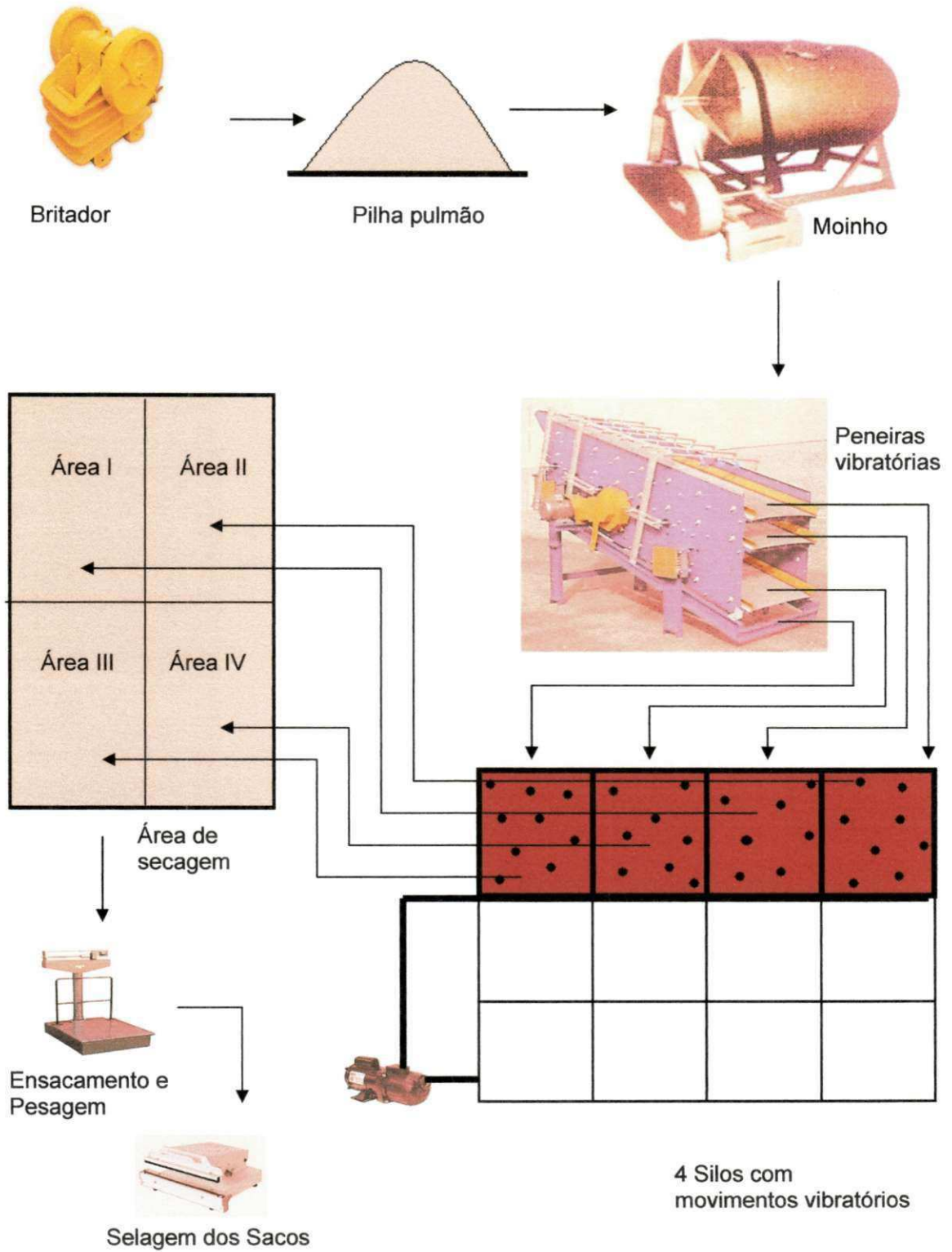
Período de carência: 6 meses

Tabela 3 - Simulação do Financiamento.

Período	S. Devedor	Prestação	Amortização	Juros
0	12.600,00	0,00	0,00	0,00
1	12.707,10	0,00	0,00	107,10
2	12.815,11	0,00	0,00	108,01
3	12.924,04	0,00	0,00	108,93
4	13.033,89	0,00	0,00	109,85
5	13.144,68	0,00	0,00	110,79
6	13.256,41	0,00	0,00	111,73
7	12.756,15	612,94	500,26	112,68
8	12.251,64	612,94	504,51	108,43
9	11.742,84	612,94	508,80	104,14
10	11.229,71	612,94	513,13	99,81
11	10.712,22	612,94	517,49	95,45
12	10.190,33	612,94	521,89	91,05
13	9.664,01	612,94	526,32	86,62
14	9.133,21	612,94	530,80	82,14
15	8.597,91	612,94	535,31	77,63
16	8.058,05	612,94	539,86	73,08
17	7.513,60	612,94	544,45	68,49
18	6.964,53	612,94	549,07	63,87
19	6.410,78	612,94	553,74	59,20
20	5.852,34	612,94	558,45	54,49
21	5.289,14	612,94	563,20	49,74
22	4.721,16	612,94	567,98	44,96
23	4.148,35	612,94	572,81	40,13
24	3.570,67	612,94	577,68	35,26
25	2.988,08	612,94	582,59	30,35
26	2.400,08	612,94	587,54	25,40
27	1808,00	612,94	592,54	20,40
28	1.210,43	612,94	597,57	15,37
29	607,77	612,94	602,65	10,29
30	0,00	612,94	607,77	5,17

Para que o projeto se torne viável, em caso de pedido de financiamento, é necessário que o valor financiado renda mais ou igual ao valor das prestações, que é de R\$ 612,00 (seiscentos e doze reais e noventa e quatro centavos), após o período de carência que é de seis meses.

6.2 - FLUXOGRAMA



Os quatro silos com movimentos vibratórios e perfurações no lastro, de 2mm de diâmetro, para liberação da água e do pó. Esta lama cairá em 3 níveis de tanques de decantação, para a separação do pó e da água, de onde será novamente bombeada para os silos. Este processo se manterá em ciclo fechado até a completa limpeza dos seixos.

6.3 – VIABILIDADE ECONÔMICA

Para a melhor compreensão da viabilidade do projeto foi elaborada a Tabela 4 que descreve os custos para uma tonelada de material a ser processado.

Tabela 4 - Custos para uma tonelada de material a ser processado.

DESCRIÇÃO	CALCÁRIO	QUARTZO
Preço de compra – Matéria-Prima	(R\$ 25,00)	(R\$ 38,00)
Transporte	(R\$ 20,00)	(R\$ 20,00)
Gastos com funcionário	(R\$ 25,00)	(R\$ 25,00)
Gastos com manutenção	(R\$ 10,00)	(R\$ 10,00)
Britagem	(R\$ 10,00)	(R\$ 10,00)
Outros custos - (energia elétrica, água, EPI's, combustível, etc.).	(R\$ 70,00)	(R\$ 70,00)
Gasto distribuição	(R\$ 30,00)	(R\$ 35,00)
Porcentagem de perdas de massa	42 %	35%
Massa de seixos	580 Kg	650 Kg
Preço de venda por quilo	R\$ 0,60	R\$ 0,60
Receita	R\$ 348,00	R\$ 390,00
Custo total	(R\$ 190,00)	(R\$ 208,00)
Lucro	R\$ 158,00	R\$ 182,00

Todos os valores apresentados na Tabela 4 foram aditados de um coeficiente de segurança de 20 %, com o intuito de cobrir eventuais gastos que possam surgir no decorrer do processo. É interessante ressaltar que os valores citados na tabela acima foram tomados entre o período de 1 de setembro de 2007 a 30 de julho de 2008.

O moinho tem uma capacidade de processar 1,5 toneladas por dia, perfazendo uma média de 36 toneladas mensais em um regime de vinte e quatro dias de trabalho por mês, com oito horas diárias.

De acordo com os valores do lucro, havendo um regime de trabalho de oito horas por dia e vinte e quatro dias por mês pode-se obter uma lucratividade mensal de R\$ 3.792,00 para a venda de calcário ou R\$ 4.368,00 para a venda do quartzo, se fizermos uma média aritmética destes dois valores obteremos renda mensal de R\$ 4.080,00, considerando as perdas do processo.

Fazendo uma análise comparativa com os valores do empréstimo que são de R\$ 612,94 (seiscentos e doze reais e noventa e quatro centavos) mensais, contra um suposto ganho de R\$ 4.080,00 (quatro mil e oitenta reais) mensais, podemos concluir que o projeto é extremamente viável em caso de financiamento.

6.4 - MERCADO CONSUMIDOR

O mercado consumidor é um termo utilizado quando se refere a um determinado segmento ou à própria população economicamente ativa de um país que compra ou utiliza os produtos de empresas específicas.

Os seixos têm uma vasta aplicação graças a sua durabilidade e beleza, porém, puramente decorativa, podendo ser encontrados em jardins, aquários, pergolados, revestimento de muros e outros. Uma aplicação de seixos ornamentais para fins decorativos pode ser vista na Figura 19. A Figura 20 mostra o emprego dos seixos ornamentais em jardins.

Podem ser comercializados por lojas de jardinagem, materiais de construção, podendo atingir o valor final de R\$ 1,10 (Um real e dez centavos) por quilo, ou diretamente com arquitetos e construtores, com preço a combinar.



Figura 19 - Fotografia de amostra do uso dos seixos ornamentais para fins decorativos.



Figura 20 - Fotografia da amostra de aplicação dos seixos ornamentais em jardim.

6.5 – COMENTÁRIOS

Ao fim deste trabalho tivemos conclusões positivas quanto à viabilidade do projeto, visto que, após a realização de testes, que envolveram metodologia de produção, estudo de mercado, tamanho ideal dos equipamentos para produção em escala comercial, fluxograma do processo produtivo, financiamento e itens de segurança, teve-se como resposta um projeto que financeiramente é sustentável, valendo apenas salientar que todos os valores financeiros citados neste trabalho foram calculados entre as datas de setembro de 2007 a julho de 2008.

O produto deste trabalho pode ser comercializado a um raio de até 250Km do centro de beneficiamento.

A questão ambiental é outro ponto de relevância neste trabalho, pois parte da matéria-prima para a produção dos seixos é proveniente do resíduo de pedreiras de granito e marmorarias, evidenciando assim um trabalho que tem um propósito ambiental. Essa característica do projeto é de relevante importância porque pode ainda abrir oportunidades para outras áreas de atuação visto que os trabalhos de recuperação de resíduo como medidas mitigadoras da degradação ambiental são vistos com bons olhos pela comunidade ambientalista. Esta pesquisa pode ser posta em prática por qualquer Engenheiro de Minas, tendo a possibilidade de se expandir.

BIBLIOGRAFIA

AZEVEDO, R. G.; Silicose na Exploração de Granitos Ornamentais. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca Centro de Estudo da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana Especialização em Toxicologia Aplicada a Vigilância em Saúde. Rio de Janeiro 2007.

BARAN, P; - Apostila de Higiene e Segurança do Trabalho CURSO DE ELETROMECAÂNICA Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Santa Catarina, Campus Araranguá, 2009

BAZANTE, A. J.; A Interação entre o Planejamento e Controle de Qualidade na Maximização da Função Benefício de um Empreendimento Mineral. Tese de Doutorado – Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, 2005.

BRAGA, L. P; SANTOS, P.R.G.; OLIVEIRA, E.A.A.Q.; - Tecnologia em Metalurgia e Materiais, São Paulo, v.5, n.1, p. 60-64, jul.-set. 2008.

CÂMARA, VM & GALVÃO, LAC. A patologia do trabalho numa perspectiva ambiental. In: MENDES, R ed. Patologia do trabalho. Rio de Janeiro, Editora Atheneu, 1995. p.609-30.

CAMPEÃO, P. (1998) Proposição de um Método de Desenvolvimento de Processos de Negócios integrado à Metodologia de Integração de Empresa.. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

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

FRANGELLA, L. N, M.; CASTRO, N. F.; Aproveitamento de rejeitos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais. XV Jornada de Iniciação Científica – CETEM

FUJIMURA, F.; SOARES, L.; HENNIES, W.T.; SILVA, M.A.R. O uso de finos de pedreiras de rochas gnáissicas e graníticas em substituição às areias naturais. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 29, 1995, Cuiabá. Sessão Técnica I, Trabalho n. 108, 1995, p. 147-156.

LEONARDOS, O H. KRONBERG, B. I. & FYFE, W.S. Rochagem: método de aumento de fertilidade em solos lixiviados e arenosos. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 19. , 1976, Ouro Preto. Anais...Ouro Preto: SBG, 1976, v. 1, p. 137-145.

LUZ, A. B. et al Tratamento de Minérios/Ed. - Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1998.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F; INTRODUÇÃO AO TRATAMENTO DE MINÉRIOS Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência e Tecnologia Rio de Janeiro Dezembro 2004.

MACHADO. T. G.; GOMES. U. U.; PEREIRA. I. S.; JUNIOR. E. M. S.; SANTOS DE AQUINO. P. G.; E.F.; 2001. Estudo da viabilidade técnica e econômica da utilização de rejeito de scheelita na fabricação de cerâmica vermelha

MATOS, S. L.; FIGUEIRA, H. V.O - COMINUIÇÃO / Rio de Janeiro Dezembro / 2002

MATTA, P. M.; Indústria de Rochas Ornamentais – Rejeitos X Produção Limpa. Departamento de Produção Mineral, DNPM / BA, Salvador 2003.

MENDES, A. – Proposta de sistematização e melhorias no processo de desenvolvimento de produtos de empresas do setor moveleiro. Porto Alegre. Dissertação Mestrado. Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 174 p. 2007.

MORANI, B. M.; CARANASSIOS, A.; RIBEIRO, R.C.C. – Utilização do rejeito do corte de mármore como carga e recobrimento de papel (2006),

NORTON, F.H. 1973. Introdução à tecnologia cerâmica. Trad. SOUZA, J. V. São Paulo. Ed. Edgar Blücher Ltda. 1973, 324 p. 203.

SAMPAIO, J. A. ESTUDO DE MOAGEM SEMI-AUTÓGENA (SAG) COM MINÉRIO DE OURO DA RPM.

SILVA CARVALHO, M.; CARRISSO, R.C.C.; RIBEIRO, R,C,C.; Aplicação de feldspatos extraídos de resíduos de pedreiras de granito nas indústrias de cerâmica e vidro, buscando-se as tecnologias limpas, UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro 2007.

SILVA, M. R. Análise e Melhoria do Processo Produtivo em uma Empresa Automobilística. 2002. 71 f. Monografia (Especialização, MBA Gerência Empresarial e Negócios) – Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado, Universidade de Taubaté, Taubaté.

SILVA, S.R., PROCÓPIO, S.O., QUEIROZ, T.F.N.e DIAS, L.E. caracterização de rejeito de mineração de ouro para fins de predição de solubilização de metais pesados e arsênio. 2002

SILVEIRA, J. C.; SALES, Alessandra L. F.; MOURÃO, Yves R. et al. Problemas encontrados em obras devido às falhas no processo de projeto: visão do engenheiro de obra. In: II Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edificações, 2002, Porto Alegre.

SOUZA J.N.; RODRIGUES J.K.G., SOUZA NETO P. N.; Utilização do Resíduo Proveniente da Serragem de Rochas Graníticas como Material de Enchimento em Concretos Asfálticos Usinados a Quente (2000)

TOSCAN, L.; KAUTZMAN, R, M.; O rejeito da mineração de basalto no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul: diagnóstico do problema. The residuals of basalt mining in the northeast of

Rio Grande do Sul, Brazil: evaluation of the problem. Rem: Rev. Esc. Minas vol.60 no.4 Ouro Preto Oct./Dec. 2007

YOUNG, J. E. 1992. A extração de minérios da Terra. In: Brown, L. R., org. *Qualidade de vida*, 1992: Salve o planeta! SP, Globo. 10 Janeiro 2008 Impactos negativos da mineração.

ANEXO – 1

Tabela 5 - Tabela de monitoramento da produção.

Análise do Moinho						
	Massa Entrada	Massa Saída (Seixos)	Massa Saída (Pó)	Massa Saída (Cascalho)	Rotação	Tempo
Amostra 1						
Amostra 2						
Amostra 3						
Amostra 4						
Amostra 5						
Amostra 6						
Amostra 7						
Amostra 8						
Amostra 9						