

Ministério da Educação
Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral
PPGEminas – UFPE

**PANORAMA DA MINERAÇÃO DE ROCHAS
ORNAMENTAIS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
COM ÊNFASE NA LAVRA POR BANCADAS ULTRA-
ALTAS**

Gleicon Roberto de Sousa Maior
Engenheiro de Minas

Orientador: Prof Marcio Luiz Siqueira Campos Barros

Recife, 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL

**PANORAMA DA MINERAÇÃO DE ROCHAS
ORNAMENTAIS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
COM ÊNFASE NA LAVRA POR BANCADAS ULTRA-
ALTAS**

Por

Gleicon Roberto de Sousa Maior
Engenheiro de Minas

Trabalho realizado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral
– PPGEMinas/CTG/UFPE.

Recife, 2013

**PANORAMA DA MINERAÇÃO DE ROCHAS
ORNAMENTAIS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
COM ÊNFASE NA LAVRA POR BANCADAS ULTRA-
ALTAS**

DISSERTAÇÃO

Submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral – PPGEMinas da
Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para a obtenção do
título de

MESTRE EM ENGENHARIA MINERAL
Área de concentração: Rochas Ornamentais

Por

Gleicon Roberto de Sousa Maior
Engenheiro de Minas



Recife, 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
MINERAL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE
GLEICON ROBERTO DE SOUSA MAIOR

“PANORAMA DA MINERAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS
NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO COM ÊNFASE NA LAVRA
POR BANCADAS ULTRA-ALTAS”

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ROCHAS ORNAMENTAIS

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o candidato GLEICON ROBERTO DE SOUSA MAIOR aprovado.

Recife, 26 de setembro de 2013.

PROF. Dr. MÁRCIO LUIZ SEIQUERA CAMPOS BARROS (UFPE), Orientador

PROF. DR. JÚLIO CÉSAR DE SOUZA

PROF. DRA. MARIA ANGÉLICA BATISTA LIMA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por tudo que Ele fez em minha vida. Sem ele hoje eu não estaria concretizando mais esta etapa na minha vida

Agradeço também a minha família pelo apoio e carinho dado em todos os momentos, sejam eles bons ou ruins. Ao meu pai Roberto Maior, agradeço por todo esforço e dedicação quanto para me formar como um bom homem através de diversos aspectos, principalmente através da educação. À minha mãe, Maria Cristina, agradeço pelo carinho, atenção, amor, ..., que sempre me foi dado. Aos meus irmãos, Gleucha e Gleydson, agradeço pela amizade incondicional, onde sempre tive e ainda tenho meu porto seguro.

Agradeço aos meus professores que sempre me deram apoio nos tempos de graduação e agora no mestrado. Em especial, agradeço aos professores Dr's. Márcio Barros e Júlio César. Estes sempre estiveram ao meu lado me passando conhecimento e apoio sempre que precisei.

Deixo também o agradecimento aos meus amigos que me apoiaram e me aconselharam e estiveram sempre comigo.

Não posso esquecer-me da minha namorada, Ketteryn Costa, que nos últimos anos sempre esteve ao meu lado suportando todas as fases junto a mim e através dela tive forças para fazer coisas que nem mesmo eu sabia que era capaz de fazer.

Gostaria de agradecer às empresas que me possibilitaram realizar os estudos de caso, alvo deste trabalho.

A todos vocês, meus singelos e verdadeiros agradecimentos.

RESUMO

As rochas ornamentais são cada vez mais importantes para a sociedade e só através de novas tecnologias torna-se possível a difusão do seu uso. A aceleração do processo produtivo traz ao empreendedor capacidade de gerar uma rápida recuperação do investimento inicial e possibilita ao seu estado um maior crescimento econômico. Empresas dotadas de avanços tecnológicos como a metodologia de lavra com bancadas ultra-altas e com a introdução de equipamentos específicos, como o fio diamantado, têm elevado a produção do maior polo de extração de granito situado Norte do estado do Espírito Santo ampliando a sua capacidade produtiva colocando-o em destaque quando em referência os demais estados produtores. As Minerações Guidoni LTDA e Vale do Granito LTDA fazem uso destes tipos de tecnologia o que as coloca no hall dos maiores produtores de granito do estado. A Decolores Mármore e Granitos representa a parte do beneficiamento das rochas ornamentais a qual torna-se uma das responsáveis pelo beneficiamento e destinação final ao mercado consumidor desse bem mineral. O objetivo desse estudo é explanar como tecnologias estão afetando positivamente a cadeia produtiva das rochas ornamentais no estado do Espírito Santo. Este trabalho foi um estudo observacional durante o período de janeiro 2013 à setembro de 2013 através de visitas de campo periódicas buscando informações in situ cedidas pelas empresas as quais figuram no escopo deste como estudo de caso. Ao longo do período estudado foi observado que a tecnologia de lavra através de bancadas ultra-altas associadas ao corte de fio diamantado promove uma maior capacidade de extração de granitos anteriormente impossibilitados de serem extraídos. O uso de equipamentos como perfuratrizes de filões e a adaptação de equipamentos para a utilização em rochas proporcionou uma redução temporal no processo produção de blocos e de carregamento e transporte destes. Através da implantação dessa tecnologia associada aos equipamentos introduzidos elevou o Espírito Santo a um patamar de destaque no mercado produtor de rochas ornamentais brasileiro. A implementação deste tipo de tecnologia em outros locais pode gerar um impacto positivo na produção nacional de rochas ornamentais

Palavras-chave: Rochas ornamentais, Extração de granito, Bancadas ultra-altas, Fio diamantado.

ABSTRACT

Dimension stone is increasingly important to society and only through new technologies makes it possible the dissemination of its use. The acceleration of the production process brings the entrepreneurial ability to generate a rapid recovery of the initial investment and enables your state a higher economic growth. Enterprises with technological advances, such as the method of extraction with ultra - high benches, and the introduction of specific equipment, such as diamond wire, have increased the production of the largest polo granite extraction located north of the state of Espírito Santo expanding its capacity productive and putting it into prominence when referring others producing states. The Minerações Guidoni LTDA and Vale du Granite LTDA make use of these types of technology which puts them in the hall of the largest producers of granite state. The Decolores Marble and Granite participates of the natural stone processing and becomes one of those responsible for the processing and disposal of this mineral to the consumer market. The aim of this study is to explain how technology is positively affecting the productive chain of ornamental rocks in the state of Espírito Santo. This paper was an observational study during the period January 2013 to September 2013 through periodic field visits seeking information in situ provided by companies which appear in the scope of this as a case study. Over the period studied was observed that the technology stands plowing by ultra - high associated with diamond wire cutting promotes greater extraction capacity of granites previously unable to be extracted. The use of equipment such as drills veins and adaptation of equipment for use in rocks provided a temporal reduction in production process and blocks the loading and transport of them. Through the deployment of the technology associated with equipment introduced raised the Holy Spirit to a level of prominence in the producing market of ornamental stones in Brazil. The implementation of this technology in other locations can generate a positive impact on national production of ornamental stones.

Keywords : Ornamental , Extraction of granite countertops ultra - high , Diamond wire .

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Máquinas de fio diamantado realizando corte no maciço rochoso (Fonte: Co.Fi.Plast)	199
Figura 2.2: Distribuição geográfica das aglomerações produtivas de rochas ornamentais e de revestimento no Brasil (fonte: CHIODI FILHO & CHIODI, 2009).....	21
Figura 2.3: Mapa do estado do Espírito Santo destacando-se os municípios de Cachoeiro de Itapemirim e Barra de São Francisco (Fonte: REGADAS, 2006).	21
Figura 3.1: Ilustração de um decapeamento	30
Figura 3.2: Ilustração das etapas de uma lavra em matacão.....	30
Figura 3.3: Esquema da construção de uma caixa de decantação na margem da via de acesso.....	32
Figura 3.4: Fio diamantado (fonte: CAVAZZANA, 2005).....	34
Figura 3.5: Execução de corte com máquina de diamantado.	35
Figura 3.6: Esquema representando a máquina de fio dimantado (Fonte: CAVAZZANA, 2005).....	35
Figura 3.7: Esquema do posicionamento do fio diamantado durante o processo de corte (Fonte: CAVAZZANA, 2005).	35
Figura 3.8: Funcionamento da máquina de fio diamantado.	37
Figura 3.9: Girodrill realizando furações nas pranchas derrubadas para obtenção de blocos.....	38
Figura 3.10: Funcionário realizando a colocação de cunhas com martetele pneumático.....	39
Figura 3.11: Empilhadeira realizando o transporte de um bloco para o pátio de estocagem.	40
Figura 4.1: Fases de recuperação dos depósitos de estéreis (fonte: desconhecida).....	42
Figura 4.2: Perfuração horizontal sendo realizada.	45
Figura 4.3: Operario realizando o carregamento da “boca de lobo”.	46
Figura 4.4: Dados gerados pelo RocLab 1.0.	48
Figura 4.5: Resultado encontrado relacionado à estabilidade do talude no maciço rochoso.	50
Figura 5.1: Tear multilâminas realizando o desdobramento de um bloco de granito (Fonte: CAVAZZANA, 2005)	51
Figura 5.2: Tear multifio realizando o corte da rocha (Fonte: RIBEIRO, 2005)	52

Figura 5.3: Politriz multicabeças (Fonte: NEVES, 2010).	53
Figura 7.1: Rota Vitória – Barra de São Francisco (Fonte: Google Maps).	60
Figura 7.2: Mina F-8, Santa Cecília (visão geral)	60
Figura 7.3: funcionários realizando as marcações do esquadrejamento.	62
Figura 7.4: Frente de lavra 05 apresentando bancada de 55 metros no ponto mais alto	62
Figura 7.5: Visão geral das frentes Verde e Bege Pavão.	63
Figura 7.6: Prancha individualizada na frente do Bege Pavão.	63
Figura 7.7: Prancha individualizada por fio diamantando pronta para a obtenção de blocos.	64
Figura 7.8 : Carreta de perfuração de filões (Grirodrill) se deslocando sobre a prancha.	64
Figura 7.9: Granito Ornamental.	65
Figura 7.10: Granito Verde Pavão	65
Figura 7.11: Frente 07 responsável pela produção do Ornamental.	67
Figura 7.12: Depósito de estocagem de blocos da frente 01	67
Figura 7.13: Granito Yellow Icarai	68
Figura 7.14: Depósito de estéreis das frentes F1 e F7	68
Figura 7.15: Pátio de estocagem da Decolores.	69
Figura 7.16: Rota Vitória – Decolores.	70
Figura 7.17: Tear multi-fio realizando desdobramento do bloco.	71
Figura 7.18: Tear multi-fio realizando corte.	71
Figura 7.19: Politriz multi-cabeças realizando levigamento.	72
Figura 7.20: Funcionário realizando resinagem na chapa	72
Figura 7.21: Fluxograma do processo de resinagem das chapas de mármore e granitos.	73
Figura 7.22: Chapa resinada sendo levada para o forno a fim de acelerar o processo de secagem da resina.	73
Figura 7.23: Chapa sendo retirada da linha de resinagem por sistema automatizado.	74
Figura 7.24: Chapas iniciando o processo de polimento final.	74
Figura 7.25: Processo final de polimento das chapas.	75
Figura 7.26: Chapas no pátio de expedição.	75
Figura 7.27: Lama advinda do processo de beneficiamento das rochas pós secagem em filtro prensa.	76
Figura 7.28: Parte da usina de transformação da LBRO em tijolos ecológicos.	76
Figura 7.29: Tijolos produzidos pela Decolores.	77
Figura 7.30: Sistema de tratamento de efluentes líquidos.	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Evolução da produção Brasileira de rochas voltadas para os mercados interno e externo – 2000-2012	20
Quadro 2.2 – Distribuição estadual da produção de rochas ornamentais no Brasil em 2008	22
Quadro 2.3 – Distribuição do consumo do mercado interno de rochas ornamentais, por estados e regiões.....	26
Quadro 4.1 – Relação do coeficiente de segurança com a condição do talude	49
Quadro 6.1 – Impactos ambientais causados pelas atividades mineiras.....	55
Quadro 6.2 – Relação de ruído causado por equipamento utilizado.	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Comparativo econômico e de produção entre tecnologias de corte	33
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 – Evolução do faturamento nacional, em US\$, das exportações de rochas ornamentais no período de 1998-2012 (Fonte: ABIROCHAS, 2013)	24
Gráfico 2.2 – Evolução das exportações nacionais de rochas ornamentais, em milhões de toneladas entre os anos de 1998 e 2012 (Fonte: ABIROCHAS, 2013).....	25
Gráfico 2.3 – Evolução das exportações de rochas brutas e processadas entre os anos de 1998 e 2012 (Fonte: ABIROCHAS, 2013).	25
Gráfico 4.1 – Tensão principal no maciço rochoso.	47
Gráfico 4.2 – Tensão Normal versus tensão de cisalhamento.	48

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS.....	10
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE GRÁFICOS	11
1. INTRODUÇÃO	14
1.1. GENERALIDADES.....	14
1.2. JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	15
1.3. OBJETIVO	15
1.3.1. Geral.....	15
1.3.2. Específico.....	15
1.4. METODOLOGIA.....	15
1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. PRODUÇÃO NACIONAL	19
2.2. MERCADO INTERNO E EXTERNO	24
3. METODOLOGIA DA LAVRA.....	28
3.1 DESENVOLVIMENTO.....	28
3.1.1 Decapeamento/descalçamento.....	28
3.1.1.1 Decapeamento de maciços rochosos	29
3.1.1.2 Descalçamento dos matacões	30
3.2 DRENAGEM DA MINA	31
3.3 LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS COM FIO DIAMANTADO.....	32
3.3.1 Custos de operação	33
3.3.2 Desmonte do maciço rochoso usando fio diamantado	34
3.3.2.1 Etapas de perfuração e corte em afloramentos rochosos.....	36
3.3.3 Perfuração e corte em matacão	37
3.3.4 Preparação dos blocos	38
3.3.5 Canteiramento.....	39
3.3.6 Estocagem.....	39
3.4 DEPÓSITO DE ESTÉREIS SÓLIDOS	40
4. NOVA METODOLOGIA DE LAVRA EMPREGADA NO BRASIL	42
4.1 ESTUDO JURÍDICO DA METODOLOGIA DE LAVRA.....	43

4.2	LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM BANCADAS ULTRA-ALTAS	44
4.3	JUSTIFICATIVA COMPUTACIONAL PARA O MÉTODO.....	46
5.	BENEFICIAMENTO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS	51
5.1	DEPÓSITO DE ESTÉREIS LÍQUIDOS (LAMA).....	53
6.	IMPACTOS AMBIENTAIS	54
6.1	EMISSÕES GERADAS	57
7.	ESTUDOS DE CASO.....	59
7.1	MINERAÇÃO VALE DU GRANITO LTDA.....	59
7.2	MINERAÇÃO GUIDONI LTDA.	66
7.3	DECOLORES MÁRMORES E GRANITOS	69
8.	CONCLUSÕES.....	79
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
10.	BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS.....	83

1. INTRODUÇÃO

1.1. GENERALIDADES

O homem faz uso das rochas desde os primórdios da história. Com o passar do tempo o seu uso foi se tornando mais específico e a partir disso cada tipo de rocha começou a ter uma aplicação diferenciada em função das suas características.

As rochas ornamentais pela sua aplicabilidade e beleza vêm desde o início do século XIX sendo utilizada. Porém, a partir dos anos 70 a utilização se tornou mais difundida devido ao avanço tecnológico nas frentes de lavra, serrarias e marmorarias. Com a evolução tecnológica de extração e beneficiamento desses tipos de rochas aumentou também o interesse dos produtores na descoberta de novas áreas de exploração crescendo a variedade de rochas do surgimento de novos padrões, cores e características mantendo o mercado sempre aquecido e diversificado.

A cada dia as rochas ornamentais ganham mais importância no mercado nacional de produção mineral. O Brasil hoje está entre os cinco maiores produtores mundiais de rochas ornamentais. O granito ocupa o 13º lugar no *ranking* dos minerais com maior valor econômico no mercado nacional. O Estado do Espírito Santo apresenta os maiores índices de produção de granito tanto para o mercado interno como para o externo. Com a grande quantidade de frentes de lavra e a melhoria das tecnologias de corte, a produção e a comercialização destes materiais vêm aumentando ano a ano.

No entanto, como a utilização das rochas ornamentais depende do fator “gosto” do comprador, é necessário que a venda da rocha extraída seja feita o mais rápido possível, para que o retorno do investimento envolvido seja rapidamente compensado. O nome desse processo é conhecido como “*pay back*” e os percentuais das taxas internas de retorno são altíssimos.

Portanto, para que a produção se mantenha no patamar atual e que a mesma seja capaz de superar os valores envolvidos nos investimentos, faz-se é necessário investir em estudos específicos sobre as técnicas utilizadas na extração e beneficiamento para que a demanda dessas rochas continue crescendo.

A avaliação dos parâmetros desenvolvidos na lavra do granito e uma breve explanação dos métodos de beneficiamento serão os alvos de estudos nesse trabalho visando demonstrar um maior entendimento de como o Estado do Espírito Santo se mantém como o maior produtor nacional dessas rochas e os riscos e impactos ambientais envolvidos no processo.

1.2. JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

Observando a crescente procura por rochas ornamentais nos mercados interno e externo era necessário encontrar meios de ampliar a demanda desses materiais. O Estado do Espírito Santo é o maior produtor de rochas ornamentais do país e a achou-se era necessário avaliar o modelo pelo qual essa produção se tornava diferenciada em relação a outros estados produtores.

Por falta de estudos desta metodologia no Brasil é de extrema importância que este método seja divulgado para maior aproveitamento dos recursos minerais até então considerados como não exploráveis.

1.3. OBJETIVO

1.3.1. Geral

Examinar a cadeia produtiva do estado do Espírito Santo com análises da produção nacional, estudo de mercado e tecnologias de extração e beneficiamento de rochas ornamentais.

1.3.2. Específico

Apresentar a diferenciação da produção do Estado do Espírito Santo com a introdução da metodologia de lavra com extração de rochas ornamentais pelo uso de bancadas ultra-altas e apresentar equipamentos de alta tecnologia capazes de tornar o processo cada vez mais rápido e eficiente.

1.4. METODOLOGIA

Para a execução deste trabalho foi feito um levantamento bibliográfico sobre as atividades de mineração e comercialização de rochas ornamentais no mercado interno com visão ampliada ao mercado externo.

Com base nos dados obtidos no levantamento bibliográfico foi feita uma análise de mercado do Espírito Santo em busca de informações que justificasse o aumento gradativo da produção anual deste. Através de pesquisa de campo e com auxílio de estudos computacionais foi possível detectar a implementação de nova tecnologia de lavra de rochas ornamentais e considerá-la como adequada e capaz de produzir uma

expressiva diferença de produção deste estado em relação aos demais estados produtores.

A base desse estudo está na questão técnico-econômica a qual está descrita no corpo deste trabalho, através de gráficos para produção e de estudos de caso visando dar ao leitor uma forma mais sutil de compreender o que está sendo exposto.

1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente Dissertação se apresenta em oito capítulos. O primeiro tratando da apresentação do tema que se propõe discutir, uma visão geral da importância e da necessidade da execução do presente estudo, enfocando os objetivos e as metodologias utilizadas para tanto, e, por fim, a apresentação da estrutura da dissertação.

O capítulo 2 constitui-se da revisão bibliográfica através da qual reitera-se o embasamento legal que justifica os dados apresentados nessa dissertação. Dados relacionados ao uso das rochas ornamentais, estudo de mercado e tecnologias empregadas são alguns dos temas presentes neste capítulo.

O capítulo 3 demonstra os métodos convencionais de lavra de rochas ornamentais através da explanação de parâmetros técnico-operacionais desde o início do processo produtivo, com o desenvolvimento da mina, até a destinação do produto para o beneficiamento.

O capítulo 4 apresenta a tecnologia de lavra de rochas ornamentais em bancadas ultra-altas. Esta metodologia é o alvo principal deste trabalho e, portanto, serão demonstradas justificativas técnicas, jurídicas e ambientais que comprovem a possibilidade da implementação desta tecnologia.

O capítulo 6 refere-se ao processo final do material extraído, o beneficiamento. Através da apresentação de diferentes metodologias está descrito neste capítulo o processo final das rochas ornamentais antes deste seguir para o mercado consumidor.

O capítulo 6 apresenta os impactos ambientais ocasionados pelo processo mineiro desde a lavra até o beneficiamento destes materiais.

O capítulo 7 apresenta estudos de casos demonstrando a utilização dos métodos de lavra com bancadas ultra altas utilizadas pela Vale do Granito LTDA. e pela Mineração Guidoni LTDA., ambas do norte do Espírito Santo, e apresenta também o processo de beneficiamento de rochas ornamentais feita pela empresa Decolores Mármore e Granitos no sul do Estado do Espírito Santo.

Por fim o capítulo 8 traz as conclusões deste trabalho realizando o fechamento das idéias expostas nesse trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Schick & Toth (1993), a relação do homem com a rocha começou cerca de 1,5 milhões de anos (período Paleolítico) para o uso de artefatos líticos na região da África do Sul. Então, a partir dessa época outras funções foram empregadas para as rochas.

Atualmente, uma das empregabilidades das rochas está vinculada ao caráter ornamental, a qual objetiva por estabelecer a condição de beleza e eficiência no local onde esta for usada. Rocha ornamental é a forma empregada para definir rochas que, após os processos de desdobramento (transformação de blocos em chapas), polimento e lustro exibem melhor suas características intrínsecas (textura, organização dos minerais, e etc.), e podem ser usadas para revestimentos (em pisos ou paredes), lápides, obras de arte e outras funcionalidades de caráter estético (ABREU et al, 1990).

A comercialização desse tipo de rocha é baseada em um processo visual onde o consumidor final possui uma conectividade ao material devido a aspectos relacionados à beleza do revestimento. Como consequência, novas frentes de lavra e tecnologias surgiram a fim de aumentar as possibilidades de compra do consumidor final.

Para que o aumento histórico do uso das rochas ornamentais fosse alcançado foi necessária uma gradativa evolução dos equipamentos utilizados nos processos de extração e beneficiamento desses bens minerais, de forma que o material final apresentado aos clientes tivesse um diferencial e um maior atrativo estético.

Verifica-se na história da exploração de rochas ornamentais que inicialmente os blocos eram retirados do maciço por meio de cunhas de madeira introduzidas nas falhas naturais da rocha. Após serem introduzidas no maciço as cunhas eram molhadas para que através do seu dilatamento causassem a divisão da rocha (STELLIN JÚNIOR & CARANASSIOS, 1991). As minas mais antigas de mármore encontradas datam do período Neolítico, por volta de 4500 A.C. No Brasil, os primeiros registros do uso das rochas ornamentais estão compreendidos na época do Brasil-Colônia quando blocos de mármore vinham como lastro nos navios e com o passar do tempo eram usados como revestimento externo e pavimentações (CAMPELLO, 2006).

Campello (2006) cita que a lavra propriamente dita só foi iniciada no Brasil no início do século XIX, e um ilustrador alemão, Johann Moritz Rugendas, fez iconografias que mostram o uso de explosivos e outras técnicas de exploração já nessa época.

O Brasil, nos dias atuais, está entre os cinco maiores produtores mundiais de rochas ornamentais. O processo minerário de rochas ornamentais tem como principal fonte o Estado do Espírito Santo. Sendo este o maior produtor deste tipo de rochas, responde por 47 % da produção interna do país (MEC-SETEC, 2007).

O Espírito Santo tem melhorado as suas tecnologias envolvidas no processo de extração e beneficiamento das rochas ornamentais e principalmente quando se trata do granito. A produção desses bens minerais foi iniciada em cidades do sul do estado, principalmente em Cachoeiro de Itapemirim, em torno do ano de 1930 utilizando cunhas para separação dos blocos. Desde então mudanças no processo vêm sendo feitas a fim de conseguir melhorar a velocidade de corte e aumentar a qualidade dos blocos e chapas de granito (REDEROCHAS, 2007).

As mudanças passam pelo uso de argamassa expansiva, a qual é uma mistura de elementos químicos com água aplicada a furos alinhados e devidamente espaçados que gera uma pressão de expansão nas paredes, em todas as direções, agindo como um esforço compressivo que resulta numa força de tração na rocha causando a sua ruptura (BARTOLI FILHO, 2010).

Devido o fato das argamassas expansivas levarem de 8 à 12 horas para reagir e assim causar a ruptura dos blocos, novos métodos foram criados a fim de tornar o processo mais rápido. O uso de explosivos traz a velocidade necessária ao processo, no entanto as ondas de choque causam um grau de fraturamento muitas vezes inaceitável para as rochas ornamentais, ficando assim o uso deste método quase que exclusivamente deixado para o corte dos blocos ou para o processo de derrubada das pranchas.

Por fim, o uso do fio diamantado (vide figura 1) tornou-se a tecnologia de corte mais utilizada. A velocidade do corte (de 3 a 16 m²/h) e a durabilidade do cabo dentre outras características tornam o corte com fio diamantado mais aproveitável. Este equipamento pode ser usado em todas as operações de uma mineração de rochas ornamentais, mas o seu destaque ainda está vinculado à extração primária dos blocos (REGADAS, 2006).



Figura 2.1: Máquinas de fio diamantado realizando corte no maciço rochoso (Fonte: Co.Fi.Plást)

2.1. PRODUÇÃO NACIONAL

O setor de rochas ornamentais vem crescendo ano após ano no Brasil e tem se tornado um segmento de suma importância à economia nacional. Entre os anos de 2005 e 2006 a produção nacional dessas rochas apresentou um acréscimo de 31,45% representando um montante de aproximadamente US\$ 790,00 milhões (ABIROCHAS, 2006). No ano de 2012 as exportações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento totalizaram US\$ 1.060,42 milhões, correspondentes a um volume físico comercializado de 2.237.150,44 toneladas. O gráfico 2.1, mostra a constante evolução do mercado quanto a esse tipo de rochas (ABIROCHAS, 2013).

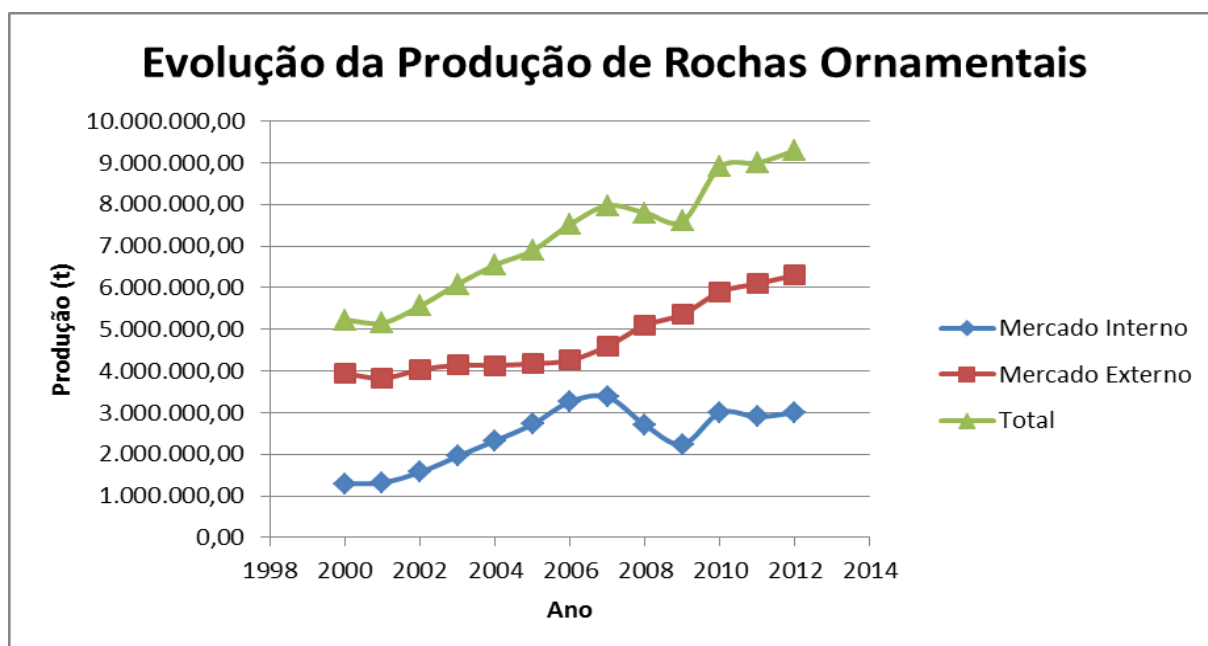


Gráfico 2.1 – Evolução da produção Brasileira de rochas voltadas para os mercados interno e externo – 2000-2012 (Fonte: ABIROCHAS, 2013).

A figura 2.2 a seguir trás o mapa do Brasil com os principais ‘polos’ produtores de rochas ornamentais. Os maiores destaques se dão para os estados do Espírito Santo e de Minas Gerais.



Figura 2.2: Distribuição geográfica das aglomerações produtivas de rochas ornamentais e de revestimento no Brasil (fonte: CHIODI FILHO & CHIODI, 2009).

No quadro 2.1 e o gráfico 2.2 a seguir, temos a análise quantitativa da distribuição estadual da produção de rochas ornamentais no Brasil discriminando a quantidade produzida e o tipo de rocha que cada estado produziu no ano de 2008.

Quadro 2.1 – Distribuição estadual da produção de rochas ornamentais no Brasil em 2008
(CHIODI FILHO & CHIODI, 2009).

Região	Estado	Produção (1000 t)	Tipo de Rocha
Sudeste	Espírito Santo	3000	Mármore e granito
	Minas Gerais	2000	Mármore, granito, ardósia, quartzito, pedra sabão.
	Rio de Janeiro	200	Mármore, granito e pedra peduana.
	São Paulo	100	Quartzito foliado
Sul	Paraná	100	Mármore e granito
	Santa Catarina	100	Mármore, ardósia e granito
	Rio Grande do Sul	100	Mármore, basalto e granito
Centro Oeste	Goiás	270	Granito, quartzito foliado e serpentinito
	Mato Grosso do Sul	30	Mármore e granito
Nordeste	Bahia	600	Mármore, granito, travertino, arenito e quartzito
	Ceará	430	Granito e pedra cariri
	Paraíba	350	Granito e conglomerado
	Pernambuco	100	Granito e quartzito
	Alagoas	150	Granito
	Rio Grande do Norte	100	Mármore e granito
	Piauí	70	Pedra morisca e ardósia
Norte	Pará	50	Granito
	Rondônia	50	Granito

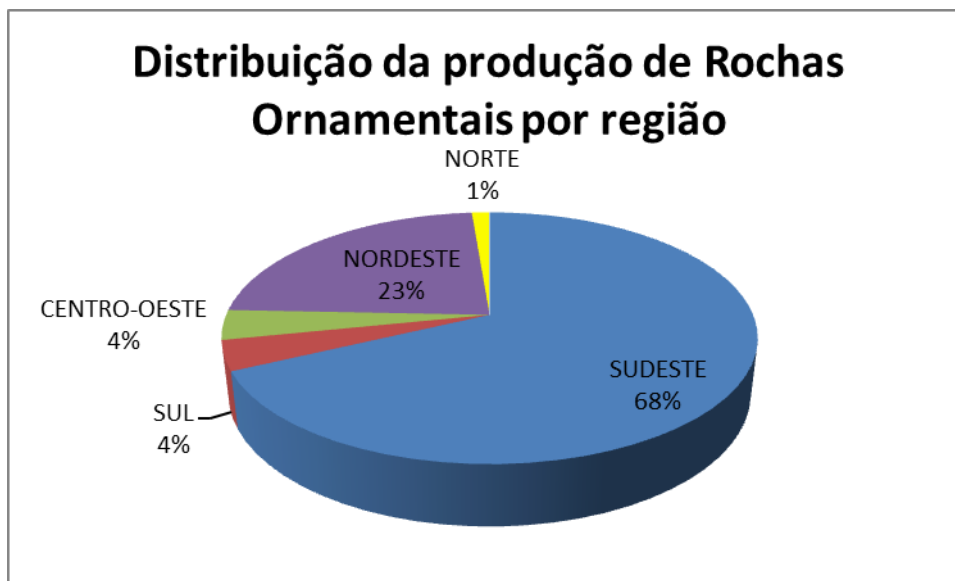


Gráfico 2.2- Distribuição da produção de rochas ornamentais por região (Fonte: ABIROCHAS, 2013).

O Estado do Espírito Santo tem se destacado como um dos maiores produtores nacionais de rochas ornamentais. Um estudo conjunto entre o Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo – CEFETES (atualmente Instituto Federal do Espírito Santo – IFES) e da Unidade de Ensino Descentralizada (UNED) de Cachoeiro de Itapemirim divulgado em 2007 afirma que o estado, no ano de 2005, foi responsável por 65% das exportações nacionais.

O Estado do Espírito Santo possui grande quantidade de lavras de norte a sul de seu território, com enorme variedade de mármore e granitos (SPÍNOLA et al, 2004). A figura 2.3 a seguir traz as regiões de maior destaque do Espírito Santo na produção de rochas ornamentais. A cidade de Cachoeiro de Itapemirim, porção sul do estado, é a maior produtora de mármore e detém a maior quantidade de usinas de beneficiamento. Na região norte do estado encontram-se localizadas as cidades de Barra de São Francisco, Águia Branca e Nova Venécia onde são encontrados os maiores produtores de granito do estado, localizados no cinturão de rochas metamórficas das fácies de granulito e anfibolito, que se estende marginalmente pela orla Atlântica desde o sul até o norte do país, denominado com frequência por Cinturão Granulítico Atlântico (REGADAS, 2006).

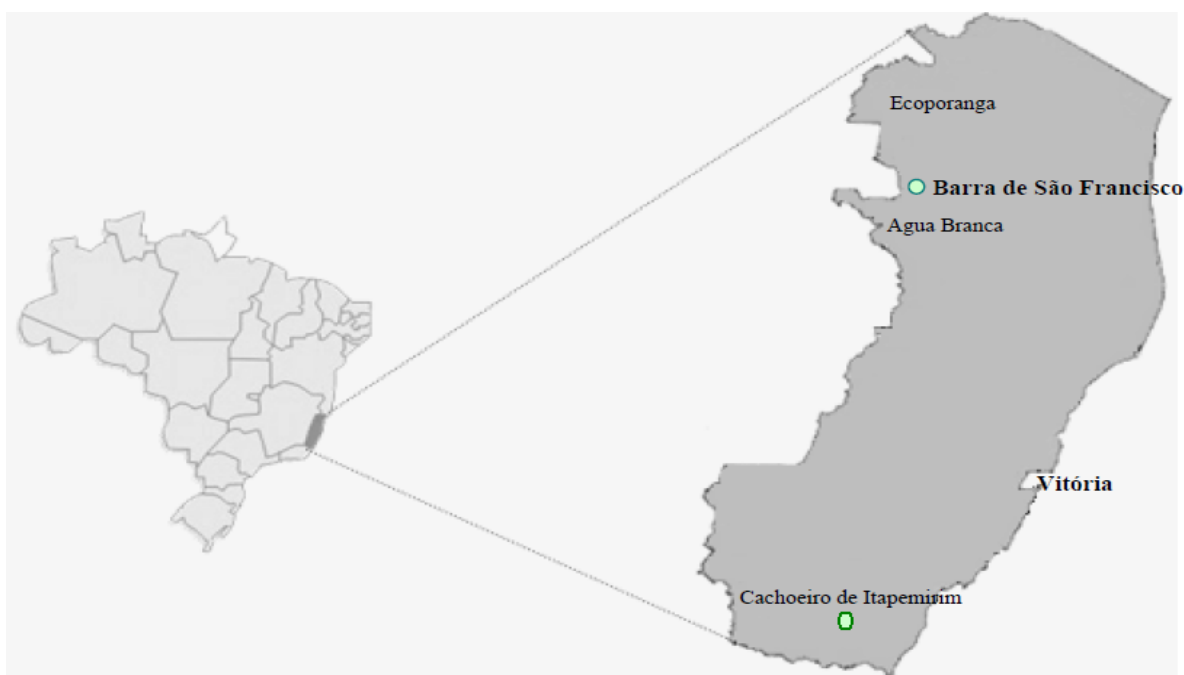
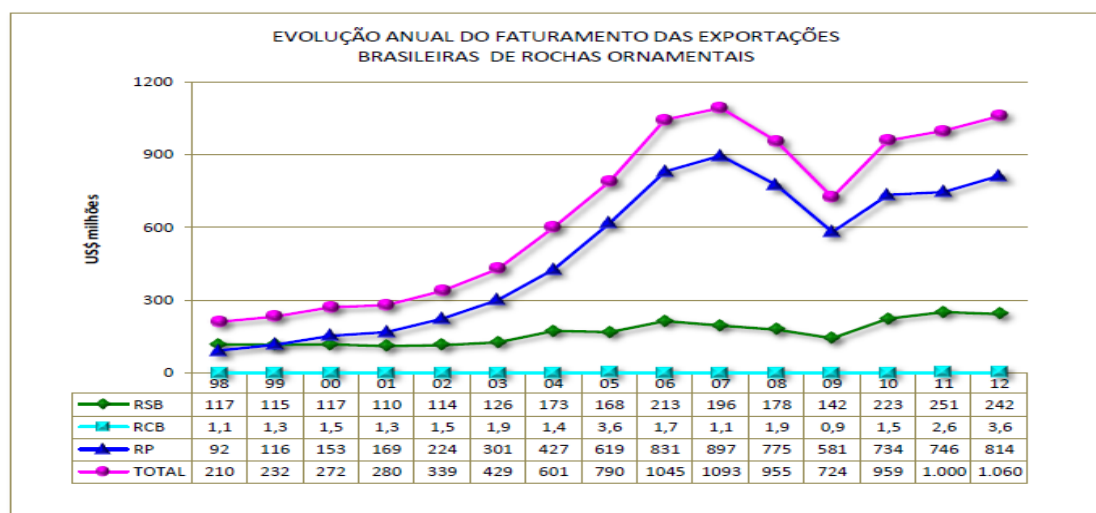


Figura 2.3: Mapa do Estado do Espírito Santo destacando-se os municípios de Cachoeiro de Itapemirim e Barra de São Francisco (Fonte: REGADAS, 2006).

2.2. MERCADO INTERNO E EXTERNO

As exportações nacionais são feitas na sua grande maioria para os Estados Unidos e para a China, onde o produto exportado são as chapas polidas e os blocos respectivamente. O preço médio das rochas exportadas no período de 1998 e 2012 foi de US\$ 400/toneladas (ABIROCHAS, 2013). Os gráficos de 2.3 a 2.5 trazem informações a cerca das exportações de rochas ornamentais brasileiras.



- RSB: blocos de granito
- RCB: blocos de mármore
- RP: rochas processadas

Gráfico 2.3 – Evolução do faturamento nacional, em US\$, das exportações de rochas ornamentais no período de 1998-2012 (Fonte: ABIROCHAS, 2013).

O gráfico 2.3 mostra a evolução das exportações nacionais de rochas ornamentais onde pode-se notar a maior quantidade de granitos exportados com relação aos mármore. As melhores condições de processamento das rochas também fez com que o volume de venda dos materiais processados tivesse uma evolução. No ano de 2009, a queda neste volume se deu devido à crise econômica mundial, sofrendo inversão a partir de 2010 quando começou a ser superada.

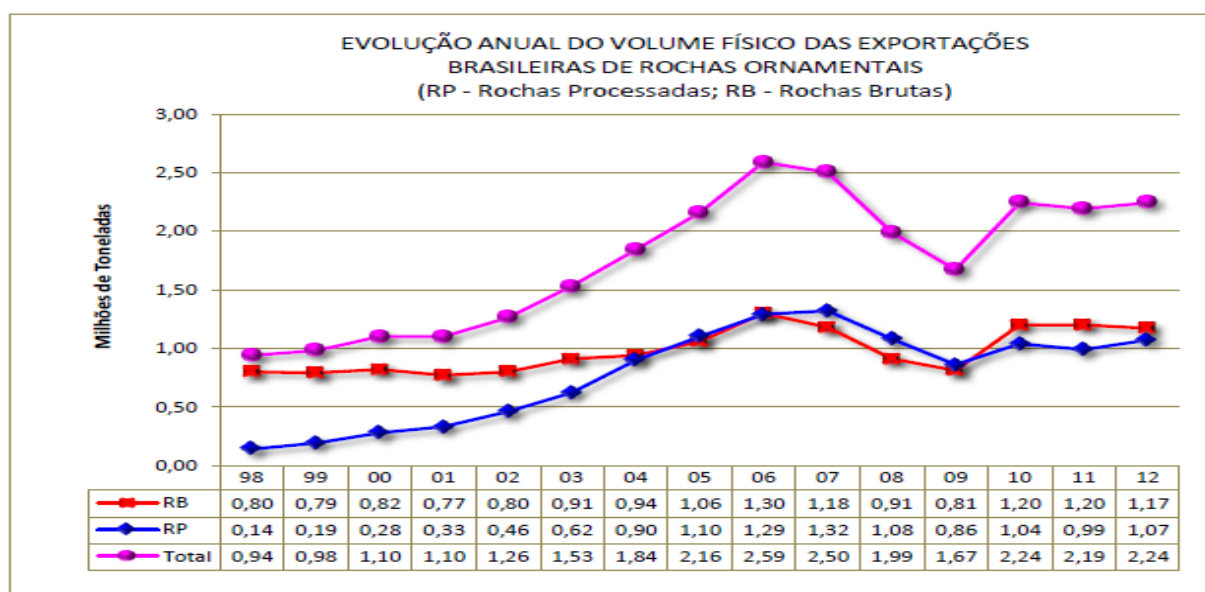


Gráfico 2.4 – Evolução das exportações nacionais de rochas ornamentais, em milhões de toneladas entre os anos de 1998 e 2012 (Fonte: ABIROCHAS, 2013).

A justificativa para o aumento da produção de materiais processados, gráfico 2.4, se dá pelo fato de que o produto bruto não possui o mesmo valor agregado que o material proveniente do beneficiamento. Sendo assim mais rentável aos produtores investir em usinas de beneficiamento destes materiais.

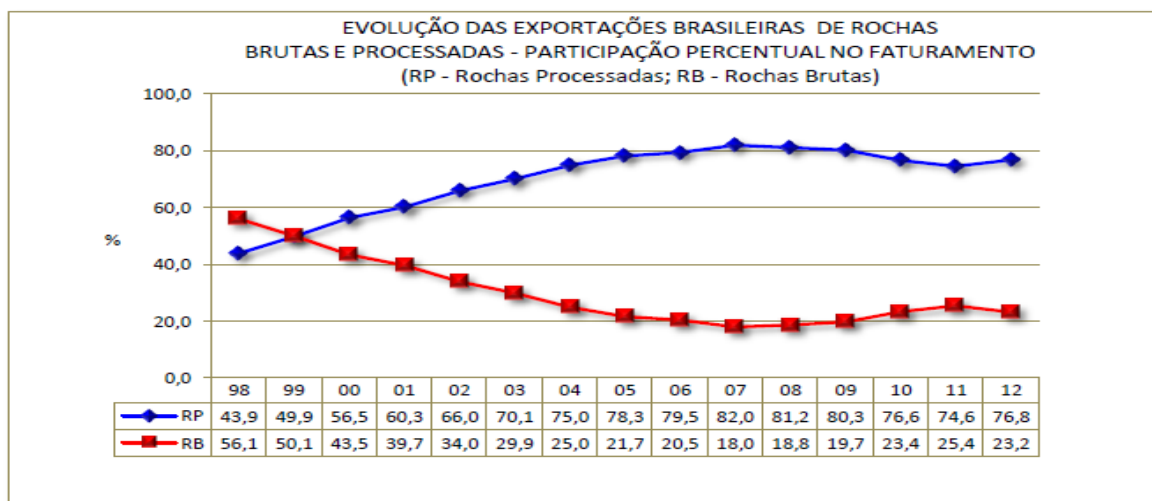


Gráfico 2.5– Evolução das exportações de rochas brutas e processadas entre os anos de 1998 e 2012 (Fonte: ABIROCHAS, 2013).

Portanto, mesmo com o volume menor das rochas ornamentais processadas o faturamento destas se torna cada vez maior quando comparada com as rochas brutas (gráfico 2.5).

Quanto ao consumo interno, São Paulo se destaca com cerca de 45% do consumo das rochas de ornamentação e revestimento. Quando somado com todo o consumo dos demais estados da região sudeste esse valor fica no intervalo entre 65-75% do consumo nacional, o quadro 2.2 e o gráfico 2.6 apresentam os valores dos consumos em 2012 (CHIODI FILHO, 2007).

Quadro 2.3 – Distribuição do consumo do mercado interno de rochas ornamentais, por estados e regiões (Fonte: ABIROCHAS, 2013).

Estado / Região	Consumo (milhão de m ² equivalentes)	Participação (%)
São Paulo	32,4	45,0
Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais	16,5	23,0
Região Sul	10,1	14,0
Regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste	12,9	18,0
Total	71,9	100,0

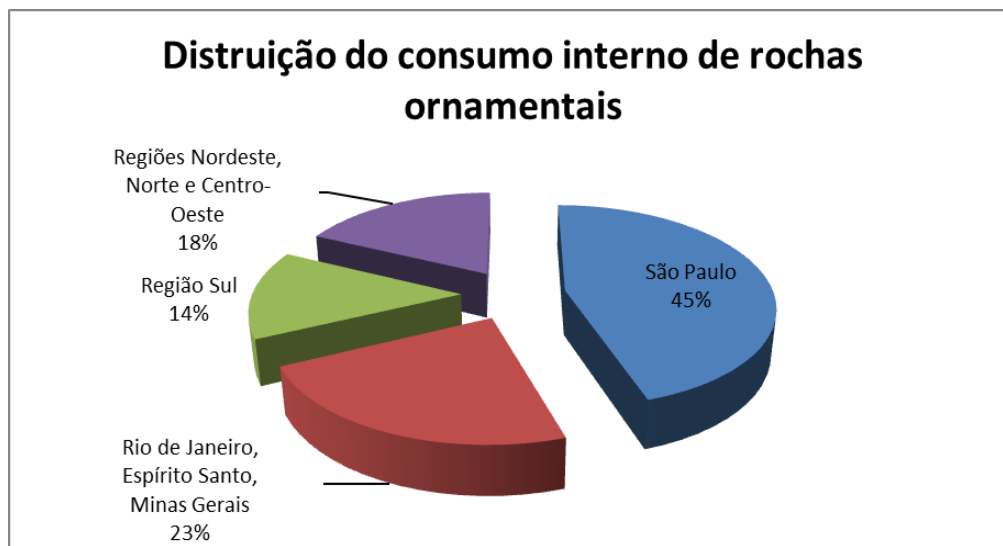


Gráfico 2.6 – Distribuição do consumo do mercado interno de rochas ornamentais (Fonte: ABIROCHAS, 2013).

As inovações tecnológicas implementadas no processo de extração dos blocos geram custos na fase de investimento cada vez maiores. Porém, com o aumento da produção e das vendas das rochas ornamentais os investidores têm conseguido diminuir o seu período de recuperação do investimento inicial através das entradas de caixa. A análise dos investimentos segue a seguinte ideia do “*pay back*” para analisar o rendimento ou não do empreendimento, ou seja, se o período de retorno do investimento é maior do que o período do “*pay back*” máximo o projeto é rejeitado, senão o projeto é aceito (LODI, 2005).

Com o aumento da produção, as rochas passaram a ter uma maior área de aplicação, sendo as principais funcionalidades desse tipo de rochas os revestimentos com valores próximos aos 80%, incluindo revestimentos interno e externo: pisos, superfícies verticais externas (fachadas) e internas (paredes), degraus (base e espelho) e tampos em geral (pias, mesas, balcões, etc.). Os 20% restantes são destinados para uso em trabalhos especiais (esculturas e peças usinadas), arte funerária (lápides e adornos) e peças estruturais (colunas, etc.) (CHIODI FILHO, 2007).

No entanto, mesmo com muitos pontos a favor a problemática ambiental relacionada ao processo de obtenção de blocos e chapas traz uma questão de suma importância uma vez que o meio em que se vive deve ser preservado. As leis ambientais têm sido cada vez mais rigorosas e os órgãos ambientais têm sido mais severos e eficientes. Nas diversas etapas de produção, extração e beneficiamento inicial e final, os resíduos envolvidos no processo podem variar entre 30 e 60% da matéria prima.

Estima-se que a quantidade de lama abrasiva gerada pelas indústrias na região de Cachoeiro de Itapemirim chegue a 4.000 (quatro mil) toneladas por mês (SOUZA, 2007).

3. METODOLOGIA DA LAVRA

Em muitos casos, o material fruto de desejo está disposto na natureza, basicamente, na forma de maciço ou de matacões (blocos de rochas, geralmente em formato arredondado resultante do processo de intemperismo). Por tanto, para cada especificidade do material é necessária uma metodologia direta interligando o tipo de material com o tipo de lavra a ser utilizado.

O desenvolvimento de uma mina é definido como o trabalho de liberação das frentes de lavra para realização dos trabalhos mineiros e pela construção de meios para que se alcance a estas (vias de acesso). Desta forma, para expor a rocha e para o acesso à jazida precisa se faz necessário o decapeamento (para maciços) ou descalçamento (para matacões), ou seja, retirada do solo de cobertura, para que a fase dos trabalhos de extração propriamente dita possa ter início.

De certa forma, alguns trabalhos preliminares, tais como aquisição de direitos minerários e financiamento, provisão de estradas de acesso e outros, tais como transportes, fontes de energia, manuseio do minério, depósito de estéreis precisam proceder ou caminhar paralelamente a lavra.

3.1 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento é a etapa da mineração que antecede a lavra, consiste na preparação de todos os serviços de infraestrutura necessários ao apoio a exploração.

Um bom conhecimento do corpo mineral é fundamental para o início dos trabalhos de desenvolvimento da jazida, que consiste na execução dos seguintes serviços preparatórios: abertura de vias de acesso, definição e preparação do local para deposição de estéreis e solo orgânico, decapeamento da jazida, confecção da praça de manobras e pátio de embarque de blocos, edificações, sistema de drenagem da pedreira, enfim, todos os serviços que se fizerem necessários para o início das operações de lavra.

3.1.1 Decapeamento/descalçamento

O decapeamento tem como objetivo a retirada dos materiais sem valor comercial para então deixar exposto o minério que se deseja lavrar (COELHO, 2008).

Assim como toda a atividade de mineração, o desenvolvimento da lavra intervém de forma considerável no terreno, descaracterizando o mesmo através da retirada da vegetação para iniciar a lavra.

O desenvolvimento e avanço da frente de lavra determinarão o rebaixamento e decapeamento da jazida, implicando novamente na necessidade de remoção da cobertura de solo, apesar dessa atividade ser extremamente localizada.

O material estéril removido poderá ser utilizado na construção da praça de trabalho, base das edificações e outras obras de infraestrutura local, ou então, removidos para o depósito de estéreis.

As operações de decapeamento e descalçamento geralmente são feitas com o uso de pás carregadeiras e/ou com escavadeiras.

3.1.1.1 Decapeamento de maciços rochosos

A operação do decapeamento consistirá na remoção do solo e de porções de rocha fraturada que, às vezes, envolvem os afloramentos rochosos que irão ser lavrados. Este processo é caracterizado pela remoção da camada estéril, podendo ser solo ou rochas, os quais se sobrepõe total ou parcialmente ao material a ser extraído.

Este decapeamento será realizado de forma gradativa, à medida que o avanço das frentes de lavra vão ocorrendo, possibilitando menor impacto ambiental e melhor adequação dos serviços (ver figura 3.1).

EXEMPLO DE DECAPEAMENTO

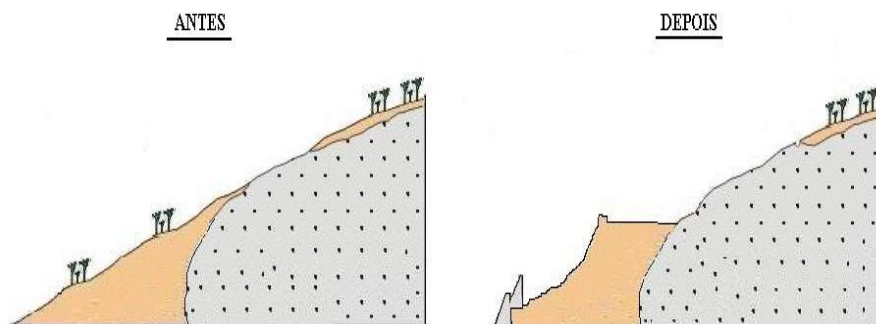


Figura 3.1: Ilustração de um decapeamento

3.1.1.2 Descalçamento dos matacões

No caso de matacões, por se encontrarem em sua maioria parcialmente cobertos (enterrados) de material terroso, a individualização dos mesmos se dá por meio da remoção deste material por escavações no seu entorno, para facilitar os trabalhos de perfuração e corte da rocha.

O solo fértil removido deve ser armazenado para recuperação da área assim que o matacão for lavrado.

Depois de lavrado o matacão, os estéreis gerados devem ser acondicionados na cava formada, e em seguida recobertos com o solo estéril e finalmente recuperados com a cobertura por solo fértil e revegetação (figura 3.2).

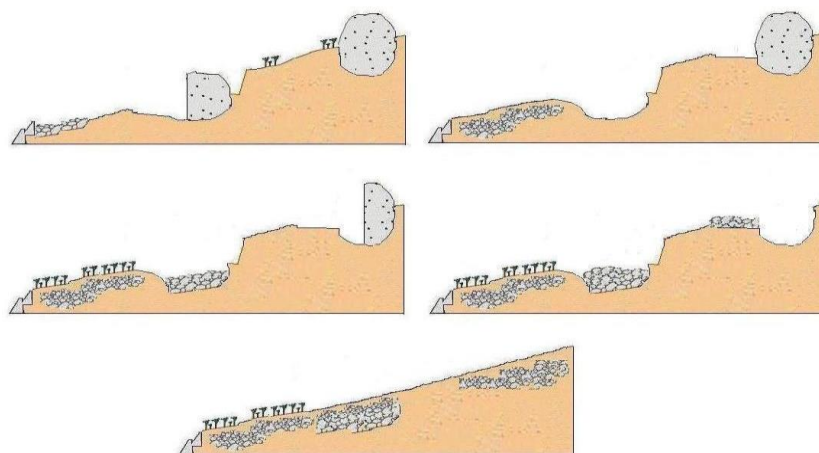


Figura 3.2: Ilustração das etapas de uma lavra em matacão.

3.2 DRENAGEM DA MINA

Os serviços de drenagem deverão ser determinados de acordo com as necessidades de escoamento das águas pluviais e o volume a ser controlado, ou seja, haverá uma orientação no sentido de evitar que o escoamento superficial inicie ou desenvolva processos erosivos e de assoreamento dentro da área de influência do projeto.

Deverão ser construídas, pequenas canaletas nas margens dos acessos para direcionar as águas pluviais para o sistema de drenagem.

A utilização de caixas de decantação (caixas secas) nas linhas de drenagem dos acessos evitará a formação de sulcos erosivos e carregamento de sedimentos em áreas marginais.

Estas caixas (ver figura 3.3) consistirão de aberturas de cavas em pontos específicos com seção transversal de 2,0 por 2,5 m, e profundidade em torno de 1,5 m. Tais caixas deverão ser instaladas às margens da via de acesso, de preferência voltadas para o lado do talude de corte do terreno, evitando-se desta maneira o rompimento das mesmas.

A praça de manobras deverá contar com uma pequena inclinação no sentido da frente de lavra, juntamente com a implantação de uma barreira física (leira de contenção) em sua borda, evitando assim que as águas superficiais, escoam para áreas à jusante carreando material fino (sedimentos) em áreas marginais.

O escoamento superficial agindo sobre o depósito de estéreis, tenderá também a carregar sedimentos que podem provocar processos de assoreamento nas áreas à jusante. Desta forma as porções superiores do depósito de empilhamento de material estéril deverão conter também uma pequena inclinação em direção à frente de trabalho (interior do relevo), evitando deste modo que sejam carregados sedimentos no período de precipitação para áreas de jusante. As bases do depósito deverão ser delimitadas por uma cava (ver figura 3.3), que terá a função de conter o avanço desordenado dos fragmentos de rocha e dos sedimentos carregados pelas águas pluviais.

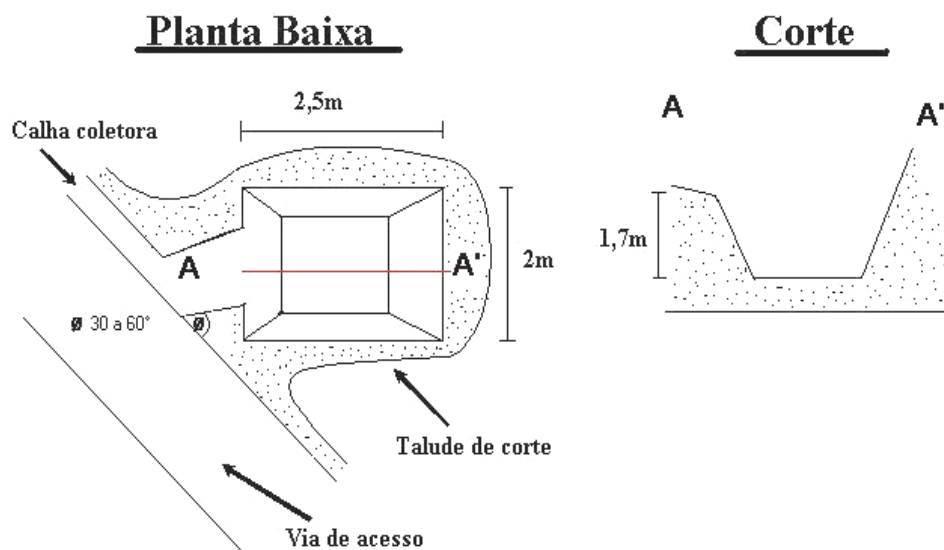


Figura 3.3: Esquema da construção de uma caixa de decantação na margem da via de acesso.

3.3 LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS COM FIO DIAMANTADO

O método de lavra é definido como o conjunto específico de tarefas, qualquer que seja o planejamento, dimensionamento e execução dos trabalhos necessários para o funcionamento da lavra. Assim, o método de lavra será a céu aberto, estando restrito à produção de blocos individualizados com dimensões comercializáveis, usualmente pré-definidas.

A metodologia de lavra aplicada em uma jazida pode variar com relação à geometria do corpo de minério bem como as limitações geográficas e físicas que podemos encontrar no local. Por esta razão, existe a necessidade da adaptação das metodologias de lavra que podem ser conjugadas ou modificadas para melhor aproveitamento do bem mineral e viabilidade do projeto.

Existem muitas técnicas capazes de realizar o corte da rocha, mas nem todas possuem a mesma eficiência. O custo operacional é outro fator determinante para a escolha de um tipo de tecnologia a ser implantado. A tabela 3.1 a seguir traz o comparativo de três das principais técnicas utilizadas atualmente na lavra de rochas ornamentais.

	Fio Diamantado	Argamassa Expansiva	Explosivo
Custo (R\$/m ²)	20,14	25,31	22,88
Prod. Corte (m ² /h)	7,50	1,33	1,33
Produção (m ³ /h)	2,8	0,67	0,67

Tabela 3.1 - Comparativo econômico e de produção entre tecnologias de corte (Fonte: Marcon, 2012).

A análise inicial faz com que se pense que o uso do fio diamantado é a melhor técnica para o corte dos maciços. No entanto, nem todos os empreendedores fazem uso exclusivo do fio diamantado, passam a utilizar o artifício da combinação com tecnologias cíclicas para o corte de rochas ornamentais.

Em alguns casos, o maciço é cortado pelo fio diamantado na lateral e na horizontal sendo a parte vertical cortada por materiais controlados (explosivos), por argamassa expansiva e em alguns casos o corpo é cortado por cunhas mecânicas (tecnologia mais antiga e que está caindo em desuso).

Em 1989 Ciccu alertou que o conhecimento prévio das características de uma determinada formação rochosa é uma condição indispensável para a correta escolha da metodologia de lavra e da programação racional a ser adotada, com a finalidade de se obter o melhor desempenho na produção.

3.3.1 Custos de operação

Durante o processo de produção temos os custos envolvidos no processo mineiro. Os custos estão relacionados aos equipamentos a serem utilizados, fio diamantado por exemplo.

Equipamentos mais modernos como a perfuratriz de filões (Girodrill) custam em média R\$ 1.500.000,00 aumentando o investimento inicial de um empreendimento. No entanto a sua operacionalidade é capaz de suprir os custos de compra.

Atualmente, estima-se que os custos de produção de rochas ornamentais em maciços rochosos esteja na base de US\$ 90,00/m³ bem abaixo dos US\$ 180,00/m³ citados por Chiodi Filho (1985). Esses valores podem variar de

empreendimento a empreendimento devido as especificidades. Porém, já é perceptível que o investimento em maquinários mais modernos pode reduzir os custos finais de produção.

3.3.2 Desmonte do maciço rochoso usando fio diamantado

O fio diamantado hoje em dia não é mais uma aposta e sim uma realidade para a maioria dos empresários do ramo das rochas ornamentais. O custo de produção reduzido, a velocidade maior de corte das rochas e a diminuição da poluição devido aos resíduos gerados são os principais fatores da implantação dessa técnica no mercado.

O fio diamantado é constituído por um cabo de aço onde estão fixadas pérolas com diamantes distanciadas entre si por um plástico ou borracha especial injetado a alta pressão ou molas. A pérola diamantada empregada pelo fio apresenta no início um diâmetro de 6,7 mm, podendo ser utilizado até atingir o diâmetro de 5,2 mm., ver figura 3.4 (CAVAZZANA, 2005).



Figura 3.4: Fio diamantado (fonte: CAVAZZANA, 2005).

O acionamento é feito através de uma máquina que faz com que o fio realize atrito sobre a rocha e ao mesmo tempo o mantém tracionado no sentido do corte desejado. A máquina de fio diamantado possui uma polia maior e um conjunto de polias menores (vide figura 3.5), onde o movimento do fio é feito através da polia maior e as polias menores dão direção ao corte. O tracionamento do mesmo é feito através do movimento da máquina sobre os trilhos, ou seja, à medida que o corte vai sendo feito, a máquina é deslocada para trás mantendo assim a tração ideal de corte.



Figura 3.5: Execução de corte com máquina de diamantado.

Cavazzana (2005) apresentou o modelo de corte realizado pela máquina de fio diamantado. Ele considerou que esta máquina possui dois motores sendo eles: um de rotação da polia motriz e outro de translação do conjunto sobre os trilhos (ver figura 3.6 e 3.7 a seguir).

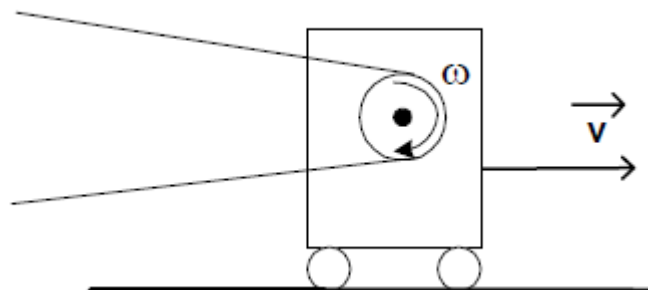


Figura 3.6: Esquema representando a máquina de fio diamantado (Fonte: CAVAZZANA, 2005).

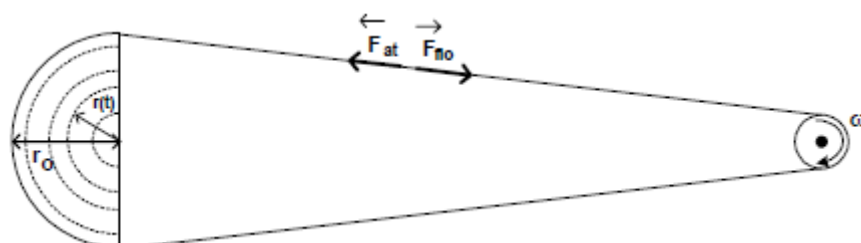


Figura 3.7: Esquema do posicionamento do fio diamantado durante o processo de corte (Fonte: CAVAZZANA, 2005).

Segundo o próprio Cavazzana a produtividade (P) do corte pode ser calculada através da seguinte fórmula:

$$P = \frac{(\pi \cdot r_0^2 / 2) \cdot 3600}{t_{\text{total_corte}}} \quad [\text{m}^2/\text{h}]$$

Onde:

r_0 = Raio inicial do corte;

$t_{\text{total_corte}}$ = tempo total de corte

3.3.2.1 Etapas de perfuração e corte em afloramentos rochosos

As operações de desmonte e corte, são efetuadas através do uso da tecnologia do fio diamantado. Esta tecnologia é responsável pelos cortes laterais da bancada, assim como o corte horizontal para que se desenvolva o corte regular de levante da bancada a ser isolada. Neste método, executa-se um furo na horizontal, no nível inferior da bancada, por intermédio de uma perfuratriz de 90 a 140 mm de diâmetro. No alto do degrau, no nível superior da bancada executa-se um furo vertical, que irá encontrar o furo anterior. Passa-se então o cabo diamantado pelos dois furos, fazendo uma alça que é esticada e acionada por uma roldana motriz no nível da bancada inferior.

O fio diamantado é tracionado por um motor com roldanas no sistema. Ele é composto por um fio de aço de 5 mm de diâmetro, sobre o qual estão afixadas pérolas diamantadas de aproximadamente 10 mm de diâmetro, responsáveis pelo corte da rocha. Para o caso do granito, são usadas 40 pérolas por metro de fio. A velocidade média de corte é de 3,0 m²/h, com um consumo de água de aproximadamente 300 l/h.

A figura 3.8, a seguir, representa os cortes por fio diamantado em maciço rochoso.

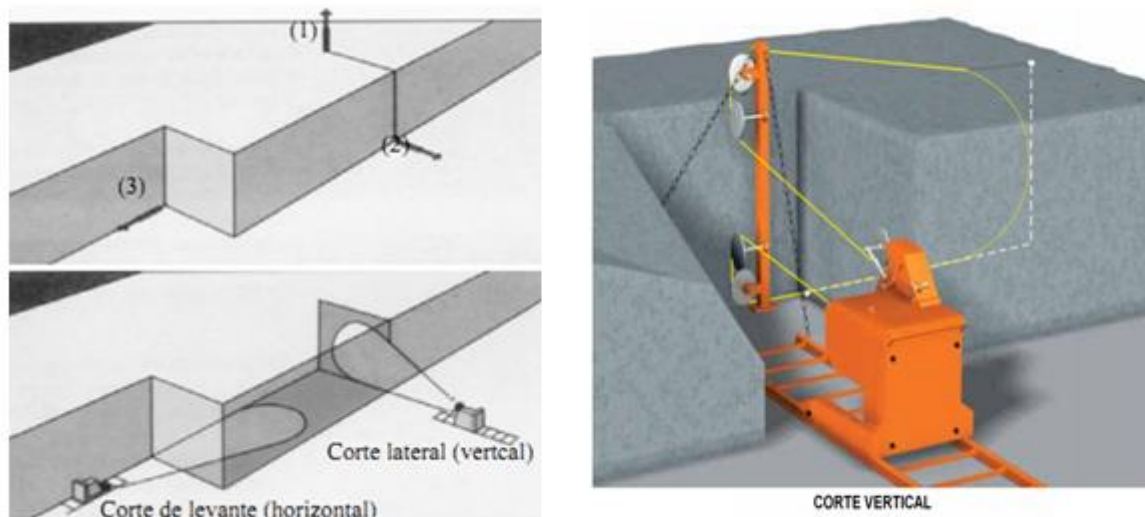


Figura 3.8: Funcionamento da máquina de fio diamantado.

Os cortes verticais de fundo também são realizados com a utilização da máquina de fio diamantado. Para a execução deste corte, são utilizadas roldanas condutoras para direcionar o fio sobre o volume de rocha a ser isolado. A utilização destas roldanas permite que o corte seja realizado em espaços reduzidos.

Na sequência é realizado o tombamento da prancha. Esta operação consiste em causar um desequilíbrio na mesma através de macacos hidráulicos, bolsas de ar ou através de produtos controlados, até que esta caia numa "cama" previamente montada para amortecer o impacto da sua queda, minimizando a quantidade de fraturas induzidas pelo choque. A cama é normalmente construída com material terroso e fragmentos de rocha.

3.3.3 Perfuração e corte em matacão

O corte em matacão resume-se na subdivisão do matacão por intermédio de furos coplanares e paralelos, efetuados por perfuratrizes pneumáticas. Realizados os furos, utiliza-se a argamassa expansiva ou cunhas de pressão que, por percussão com utilização de marretas ou martelo pneumático (bate-cunhas), acabam por seccionar a porção considerada em pranchas menores.

3.3.4 Preparação dos blocos

A preparação dos blocos é a próxima etapa, e consiste no recorte da prancha já tombada, que será subdividida em blocos de dimensões convencionadas pelo mercado consumidor, através de perfuratrizes manuais. Este trabalho se inicia com a furação de 1,5'' (38 mm), definindo-se as dimensões dos blocos de forma a ser obtido o melhor aproveitamento do volume da bancada considerada. Atualmente, existe um equipamento capaz de acelerar o processo de furação e preparação dos blocos. Este equipamento de tecnologia italiana é conhecido como Girodrill (ver figura 3.9) e permite realizar as furações de forma mais rápida e eficiente, sendo operado por controle remoto, e conseqüentemente, favorecendo a redução dos riscos de acidentes.

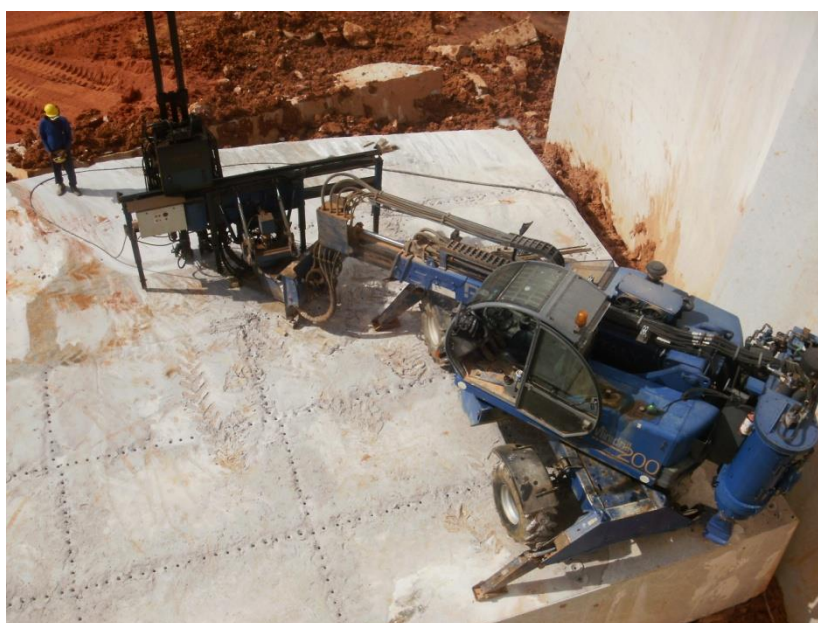


Figura 3.9: Girodrill realizando furações nas pranchas derrubadas para obtenção de blocos.

Esta furação é realizada com afastamento de cerca de 10,0 cm, para posterior encunhamento.

A introdução de cunhas metálicas nas furações e sua percussão por martelos pneumáticos bate-cunhas ou marretas, proporcionam a ruptura da bancada anteriormente derrubada no interior da praça, naquela linha de furação, obtendo-se desta forma a separação de uma fração menor. O procedimento é repetitivo até que se obtenham os blocos desejados (ver figura 3.10).



Figura 3.10: Funcionário realizando a colocação de cunhas com martetele pneumático.

Estas subdivisões, ou desdobramentos podem ser realizados também com uso de argamassas expansivas ou com o uso de materiais controlados (explosivos).

O explosivo mais utilizado para esse tipo de processo é a pólvora negra, sendo acionada por estopim e a interligação entre os furos é feita por cordéis NP 5 ou NP 10. Em alguns casos, a rocha é fragmentada apenas com o uso do conjunto cordel/estopim e água.

3.3.5 Canteiramento

Em seguida realiza-se o esquadrejamento dos blocos, onde os blocos terão suas faces canteiradas o que consiste em um trabalho rudimentar e manual, onde são retiradas as irregularidades nas laterais dos blocos (casqueiros). Este trabalho é realizado com uso de talhadeira, marretas e cunhas de aço de maneira tal que antes do carregamento e transporte, as laterais do bloco sejam acertadas.

3.3.6 Estocagem

Obtidos os blocos, os mesmos não podem permanecer em qualquer local dentro da praça de manobras, devendo ser movimentados por pá-carregadeira sobre pneus ou empilhadeiras, tombando-se sequencialmente e cuidadosamente até o pátio de estocagem, para serem selecionados, medidos, enumerados e marcados.

No pátio de estocagem, os blocos deverão ser organizados em filas paralelas, permitindo não só uma boa vistoria para o comprador, mas também uma fácil

movimentação para o carregamento. Na figura 3.11, temos uma empilhadeira realizando o transporte de um bloco da frente de lavra para o pátio de estocagem.



Figura 3.11: Empilhadeira realizando o transporte de um bloco para o pátio de estocagem.

3.4 DEPÓSITO DE ESTÉREIS SÓLIDOS

A escolha de locais mais favoráveis para a disposição de estéreis deve levar em consideração a distância de transporte, estradas de acesso, capacidade de armazenamento, aspectos hídricos, declividade das encostas, necessidade de desmatamento, implicações em áreas rurais ou urbanas a jusante, entre outros. Esta escolha, também não deve comprometer a continuidade da lavra, ou expansões futuras, assim como praças de beneficiamento.

O material estéril na frente de lavra é gerado durante as operações de desmonte e recorte das pranchas, e também no canteiramento. A remoção dos fragmentos de rocha existentes e que serão produzidos com o andamento da atividade será efetuada com auxílio da pá-carregadeira, evitando-se o acúmulo excessivo na praça de trabalho.

Os estéreis oriundos do processo de exploração deverão ser acomodados no depósito de forma controlada, a fim de não interferirem no processo e desenvolvimento da lavra. Esta operação de deposição é realizada de maneira constante, pois os materiais estéreis são gerados enquanto houver exploração mineral.

Para melhor acomodação e para maior segurança relacionada à estabilidade do talude do depósito de estéreis os fragmentos de rocha advindos da lavra deve ter volume definido, não sendo superiores a 3 m³.

Na porção inferior das áreas de deposição deverão ser implantadas barreiras físicas para que não haja dispersão do material ali depositado para áreas a jusante. Devem ser construídas também cavas de contenção (depressões nas partes inferiores dos depósitos realizando o acúmulo de material evitando a dispersão dos blocos) na base dos depósitos, com dimensões que possibilitem a retenção das partículas finas carreadas pelas águas pluviais.

Pelo fato de que áreas de deposição de estéril são consideradas locais críticos em uma frente de extração por sua permanente movimentação, pela recepção de material e finalmente pelo próprio impacto visual, deverão ser regularmente monitoradas.

No período pós-lavra, deve ser executada a recuperação dos depósitos com a cobertura dos fragmentos estéreis com material terroso e posterior revegetação dos taludes formados. Esta reconstituição topográfica deve ser realizada de forma adequada, para que posteriormente também a reconstituição paisagística possa ser bem sucedida.

4. NOVA METODOLOGIA DE LAVRA EMPREGADA NO BRASIL

Atualmente a literatura relativa à lavra de rochas ornamentais traz algumas metodologias para a retirada dessas rochas dos maciços rochosos, dentre elas temos: tombamento em encostas (fatias verticais ou horizontais, bancadas baixas e bancadas altas), desabamento, tipo fossa ou tipo poço (FARIAS FILHO, 2012).

No entanto, em algumas regiões com potencial elevado de lavra nenhuma dessas técnicas podem ser aplicadas devido à geometria do corpo mineral nelas situadas. É o caso ocorrido no norte do Estado do Espírito Santo onde devido à formação do Cinturão Granulítico Atlântico, conhecida como formação Pão de Açúcar, os corpos graníticos não apresentavam meios de construção de vias de acesso.

Muitos empreendedores tentaram iniciar suas lavras no pé das formações de grandes alturas, região com altos índices de tensão. Com isso, seus materiais de elevado valor econômico apresentavam fraturas recorrentes, de formas aceboladas, tornando a lavra dessas rochas praticamente inviáveis.

A partir desse ocorrido, muitos investidores se viram em complicada situação devido ao potencial econômico da região e a impossibilidade de realizar a lavra. Então, através de estudos apresentados ao Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM o engenheiro de minas Romildo Paulo Silva Neto e o engenheiro agrônomo Leonardo Monjardim Amarante conseguiram demonstrar que o uso de bancadas ultra-altas seria um método de lavra viável economicamente e ambientalmente.

As bancadas ultra-altas apresentam taludes superiores aos 20 metros que são tratados na metodologia das bancadas altas. Segundo o estudo do engenheiro Romildo, através de uma comparação com o método de lavra aplicado na região de Carrara na Itália e embasado nos especialistas em mecânica de rochas, os taludes rochosos após a lavra poderiam ultrapassar os 600 metros através da justificativa econômica do maior ganho possível através da extração do minério, onde ao serem aumentados os taludes a relação estéril/minério tende a diminuir gerando ganhos cada vez maiores (HUALLANCA, 2004 apud HOEK et al.2000 e CALL et al. 2000).

A configuração geométrica da lavra em encosta vai depender basicamente da distribuição espacial do corpo mineral, em conjunto com as características geomecânicas do maciço rochoso. Pode-se dizer que, quanto mais íngreme se mostra o talude, menor é a remoção do material estéril, com custo de extração baixo.

Hoek & Brown (1980) afirmam que a instabilidade de taludes ocorre em alturas superiores a 150 metros. Com isso, o emprego dessa tecnologia, até então desconhecida no Brasil, é utilizada em diversos países e mais comumente na Europa, tendo como exemplo as lavras de mármore de Carrara e na região de Stazzema ambas na Itália.

Quanto à questão ambiental, a geração de estéril pode ser recompensada por áreas de reflorestamento e por ações mitigadoras futuras assim como o engenheiro Leonardo Monjardim realizou com estudos de recuperação para os depósitos de estéril (ver figura 4.1).

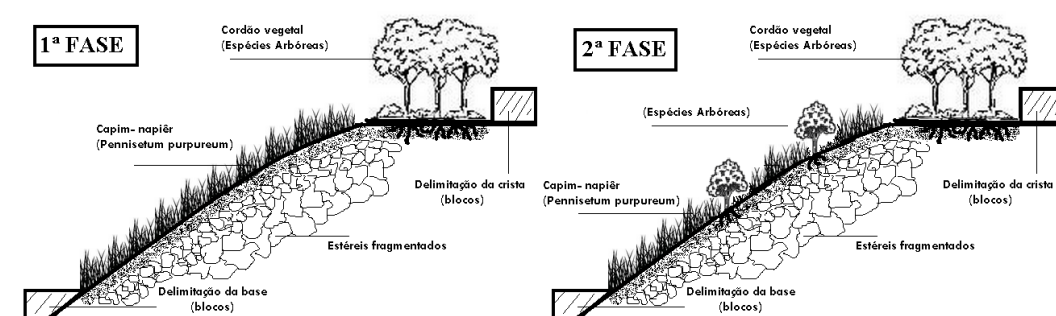


Figura 4.1: Fases de recuperação dos depósitos de estéril (fonte: desconhecida).

A cava exaurida pode ser recuperada de diferenciadas formas variando de acordo com a necessidade da população circunvizinha. Em casos específicos, minerações com bancadas com alturas favoráveis podem ser recuperadas ou então servir como base para atividades secundárias. Há casos registrados em que pedreiras desativadas se tornaram parques turísticos com presença de profissionais habilitados para levar aos visitantes noções de esportes radicais tendo o rapel como exemplo.

Algumas pedreiras no Estado do Espírito Santo já utilizam esta tecnologia de lavra aumentando assim a produtividade do estado elevando-o a categoria de maior produtor nacional de rochas ornamentais.

4.1 ESTUDO JURÍDICO DA METODOLOGIA DE LAVRA

Para garantir que o método de lavra é viável em todas as esferas do poder, uma análise jurídica relativa à mineração foi realizada a fim de justificar a sua implementação.

Na esfera do Ministério do Trabalho e Emprego - MTE, a Norma Regulamentadora é a NR-22 (*segurança e saúde ocupacional na mineração*) trata das atividades de lavra e traz instrução normativa que regula as atividades na mineração. Em seu conteúdo encontra-se o item 22.14 (*estabilidade de maciços rochosos*) que não apresenta nenhuma restrição com relação à altura de bancada, outrossim que todos os taludes devem passar por um monitoramento periódico a fim de aferir a estabilidade dos mesmos.

Com relação ao âmbito do Ministério de Minas e Energia, representado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, as atividades de lavra são fiscalizadas pelo código de mineração onde foram outorgadas as Normas Regulamentadoras de Mineração - NRM's sob a Portaria nº 12, de 22 de janeiro de 2002, na qual a NRM – 2 especifica as normativas das atividades a céu aberto. As instruções normativas, em nenhum momento restringem a altura máxima dos taludes de uma lavra, seja ela qual for.

Portanto, podemos considerar que tanto o DNPM, representando o Ministério de Minas e Energia quanto o Ministério do Trabalho e Emprego não apresentam nenhum empecilho para a atividade de desmonte de rocha ornamental em bancadas ultra-altas.

No que diz respeito ao Ministério do Meio Ambiente, representado pela a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo – IEMA, não foi encontrada nenhuma lei, portaria ou instrução normativa que proibisse a utilização desta metodologia de lavra para a extração de blocos de rocha ornamental.

4.2 LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM BANCADAS ULTRA-ALTAS

Para o início da lavra é necessária a operação de decapeamento do maciço rochoso. Nesse caso, o maciço rochoso, geralmente, encontra-se com uma capa de material intemperizado e com a presença de pouca vegetação, sendo necessária a sua retirada para que os riscos à saúde dos funcionários e os possíveis danos aos equipamentos seja minimizado ao máximo.

Após o decapeamento, iniciam-se então os processos de desmonte do maciço. O desmonte, normalmente, é realizado por fio diamantado para individualização das pranchas que são derrubadas por intermédio de ações causadas por materiais controlados, explosivos, através de “bocas de lobo” em sua base.

A perfuração da rocha é a primeira operação a ser realizada visando à abertura dos furos com geometria e disposição adequada para a passagem do fio diamantado para a formação das superfícies de corte. Os furos são realizados por sondas, uma vez que essas não apresentam desvios consideráveis, em posições verticais e horizontais concorrentes e executados por perfuratriz percussiva com diâmetro variando entre 80 e 90 mm (figura 4.2). Após a abertura dos furos e a passagem do fio diamantado inicia-se o corte das rochas.



Figura 4.2: Perfuração horizontal sendo realizada.

O fio diamantado através de seu movimento circular no plano de corte, provocado pela rotação da polia tracionadora da máquina de corte, posiciona-se próximo à frente e sobre trilhos que servem de base para o equipamento, para ajuste da tensão exercida sobre o fio, exercendo desta forma o corte na rocha no plano anteriormente definido pelos furos.

Como as bancadas, neste caso, possuem alturas superiores a 30 metros faz-se necessário o auxílio de explosivos em aberturas na base das pranchas semelhantes à bocas de lobo (figura 4.3), para que um desequilíbrio na prancha seja gerado provocando assim a derrubada da mesma por ação de seu próprio peso.



Figura 4.3: Operário realizando o carregamento da "boca de lobo".

Após o desmonte da bancada, os processos de preparação dos blocos, a estocagem e o carregamento dos blocos são similares ao demonstrado no item 3.3.4, 3.3.5 e 3.3.6.

4.3 JUSTIFICATIVA COMPUTACIONAL PARA O MÉTODO

Com auxílio das ferramentas computacionais RocLab 1.0 e Slide 5.0 ambos da RocScience, foram feitos cálculos estruturais sobre o material envolvido no processo a fim da obtenção do coeficiente de segurança do maciço visando a garantia do empreendimento.

Como uso de dados de modo genérico, usaremos o material a generalização de Hoek & Brown para calcular a competência e a, hipotética, estabilidade de um talude em bancadas ultra-altas.

A seguir, estão representados valores médios dos parâmetros utilizados para obtenção dos resultados.

Altura da bancada: 60 m

Tipo de rocha: granito

Ângulo do talude: 90°

Grau de fraturação: 90

Resistência à compressão simples: 80,00 MPa

Índice de resistência geológica: 32

Fator de perturbação: 1,0

Densidade média da rocha: 2,65

MR: 425

A partir do lançamento dos dados no RocLab 1.0 foi possível a obtenção dos dados de coesão e ângulo de atrito. A coesão do maciço calculado foi de 21,192 MPa. O ângulo de atrito da rocha é de 50,39°.

A seguir, temos os gráficos das tensões principal (gráfico 4.1) e normal versus tensão cisalhante (gráfico 4.2). A figura 4.4, traz os valores utilizados e obtidos durante o processo.

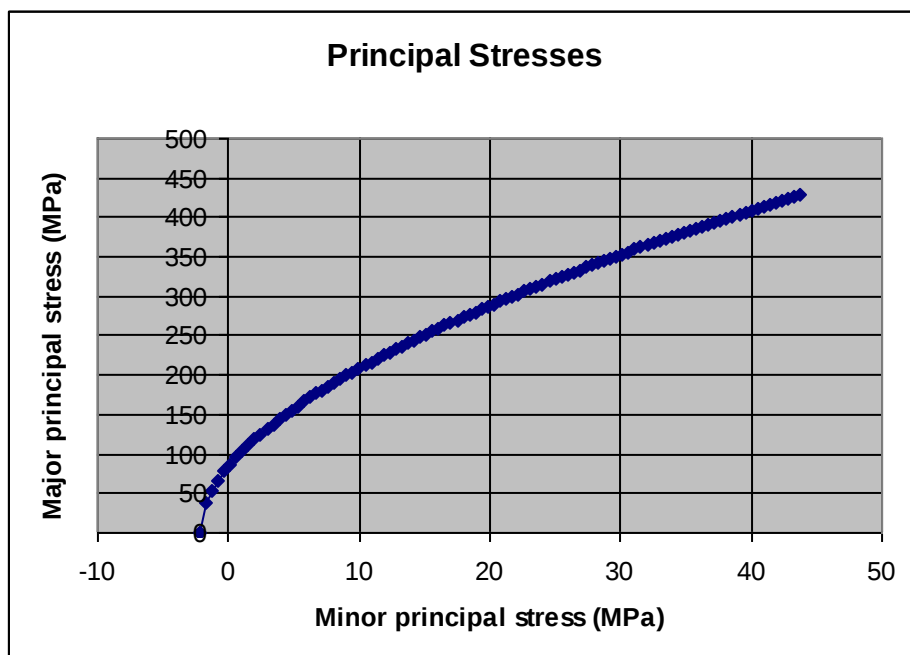


Gráfico 4.1 – Tensão principal no maciço rochoso.

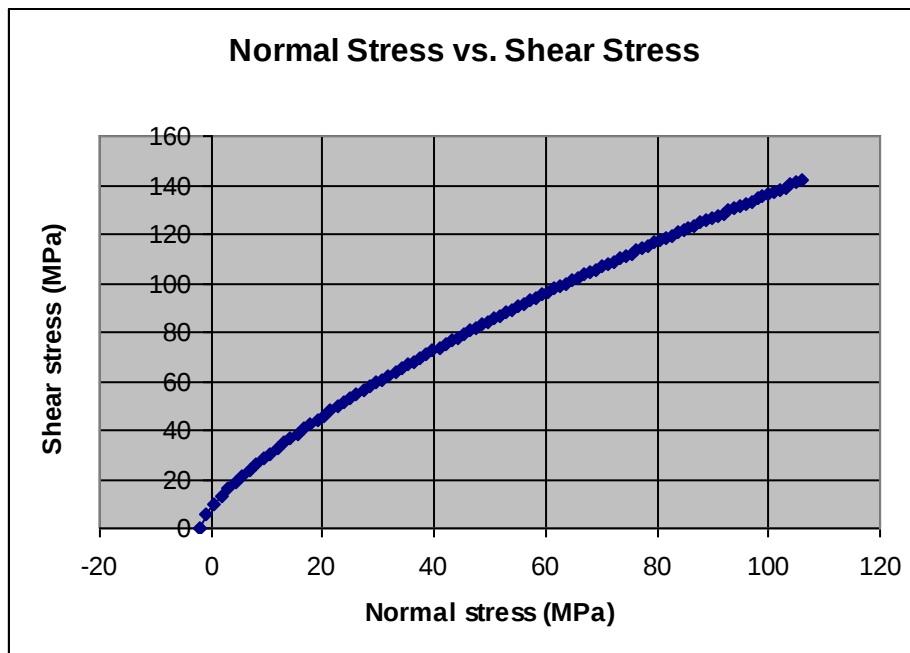


Gráfico 4.2 – Tensão Normal versus tensão de cisalhamento.

Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 175 MPa
 GSI = 90 m_i = 32 Disturbance factor (D) = 0.7
 intact modulus (E_i) = 74375 MPa
 modulus ratio (MR) = 425

Hoek-Brown Criterion

m_b = 18.473 s = 0.2347 a = 0.500

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 21.192 MPa friction angle = 50.39 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -2.224 MPa
 uniaxial compressive strength = 84.763 MPa
 global strength = 117.698 MPa
 deformation modulus = 42811.57 MPa

Figura 4.4: Dados gerados pelo RocLab 1.0.

Após as simulações no RocLab, os dados obtidos serviram como base para as análises realizadas usando a ferramenta computacional Slide 5.0 onde será obtido o coeficiente de segurança (CS) do talude. O quadro a seguir traz a relação do coeficiente com a condição estrutural do talude.

Quadro 4.1– Relação do coeficiente de segurança com a condição do talude

COEFICIENTE DE SEGURANÇA (CS)	CONDIÇÃO DO TALUDE
$CS < 1,0$	Talude instável; caso o talude venha a ser implantado nestas condições deverá sofrer ruptura.
$CS = 1,0$	Condição limite de estabilidade associada à iminência de ruptura.
$CS > 1,0$ (pouco maior)	Condição estável; quanto mais próximo de 1,0 for o CS mais precária e frágil será a condição de estabilidade do talude.
$CS \gg 1,0$ (muito maior)	Condição estável; quanto maior for o CS, menores serão as possibilidades do talude vir a sofrer ruptura quando submetido a condições críticas (percolação de água, etc.).

Na figura abaixo, temos um desenho genérico de como seria o talude hipotético com bancada de 60 metros de altura, com alto grau de homogeneidade e formado por granito.

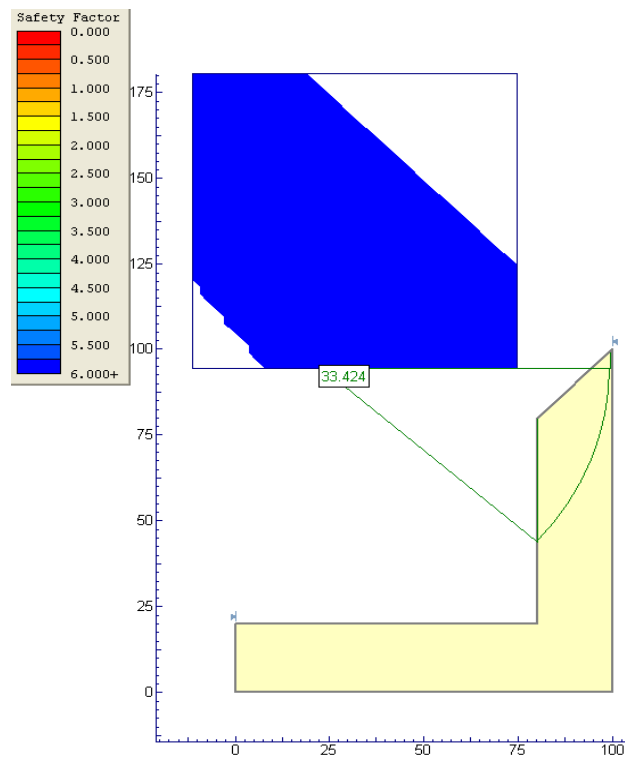


Figura 4.5: Resultado encontrado relacionado à estabilidade do talude no maciço rochoso.

Conforme mostrado na figura 4.5, o coeficiente de segurança encontrado foi de 33,424 e conforme o quadro o valor do CS foi muito maior do que 1 o que nos dá um grau de confiabilidade nesse sistema de bancadas altas.

5. BENEFICIAMENTO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS

O beneficiamento das rochas ornamentais se refere ao desdobramento em chapas de materiais brutos, extraídos de pedreiras em forma de blocos. Os blocos possuem dimensões variáveis e o tamanho dos que serão levados à planta de beneficiamento (usina) varia de acordo com o equipamento de corte e desdobramento utilizado (CHIODI FILHO, 1995).

O desdobramento de rochas ornamentais (beneficiamento primário) é feito através de diversos equipamentos. Máquinas de discos e com discos diamantados, teares mono ou multilâminas diamantadas ou não são exemplos de equipamentos utilizados para o desdobramento dos blocos oriundos da lavra em chapas, ladrilhos e etc.

Os teares de lâminas, representado na figura 5.1 abaixo, são os mais conhecidos, pois são tecnologia antiga e bem difundida no mercado. Nos teares de lâminas o corte é realizado com o auxílio de importante componente que é a polpa abrasiva composta por água, granalha de aço ou ferro, cal ou bentonita e o próprio pó da rocha, aspergida uniformemente sobre o bloco, e a ação do atrito gerado pela(s) lâmina(s) em movimento descendente sobre a rocha (SOUZA, 2012).



Figura 5.1: Tear multilâminas realizando o desdobramento de um bloco de granito (Fonte: CAVAZZANA, 2005)

Atualmente, a tecnologia de corte tem como base um novo estilo de corte por meio da utilização do fio diamantado. Inicialmente, o fio diamantado era usado apenas

na lavra, mas com o tempo usinas de beneficiamento de rochas ornamentais vem utilizando cada vez mais teares multifios os quais possibilitam cortes cada vez mais precisos e rápidos aumentando a capacidade de produção da usina.

O manual da empresa italiana CO.FI.PLAST & WIRES ENGINEERING trás algumas características dos teares multifios e dentre elas a opção de poder cortar em um mesmo bloco chapas de diferentes espessuras. O sistema de limpeza dos rolos elimina, durante o corte, os resíduos de processamento mantendo o aparelho limpo e eficiente durante todo o processo.

A EPICA 65 pode conter até 65 fios em paralelo e permite o corte de até 3 blocos por dia. Com isso a produção de chapas com o uso dos teares multifios tendem a superar os teares multilâminas.

Além da velocidade de corte e da qualidade das chapas desdobradas os teares multifios tem um consumo de energia até 68% mais baixo do que os teares multilâminas. Os custos de mão-de-obra e de manutenção também são muito menores nos teares multifios onde a redução dos custos pode chegar a 26% (SOUZA, 2012).



Figura 5.2: Tear multifio realizando o corte da rocha (Fonte: RIBEIRO, 2005)

Após a serragem, o passo seguinte do beneficiamento é o acabamento final das chapas , através do levigamento, polimento/lustro ou apicoamento.

O apicoamento é feito de modo manual, através de um martelo de ponta fina. O levigamento nada mais é do que a retirada da rugosidade grosseira da rocha, deixando

assim a superfície de forma plana, porém com acabamento rústico e revelando uma maior clareza das cores das rochas. Por fim temos o processo de polimento ou lustro e nesse processo tem-se a eliminação das rugosidades presentes nas superfícies das chapas decorrentes do processo de corte. Neste processo também ocorre o fechamento dos poros dos minerais constituintes da rocha (NEVES, 2010).

Em alguns casos especiais as placas de rochas necessitam de um tratamento diferenciado com aplicação de resinas e telas a fim de aumentar a durabilidade e a estabilidade da chapa. Existem alguns compradores internacionais que exigem que esse processo seja realizado em todas as chapas.



Figura 5.3: Politriz multicabeças (Fonte: NEVES, 2010).

5.1 DEPÓSITO DE ESTÉREIS LÍQUIDOS (LAMA)

Os resíduos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais são basicamente de dois tipos: frações de pedras e lama em forma de polpa, que se caracteriza como sendo a massa mineral resultante dos processos de serragem, polimento e corte. A lama abrasiva (LBRO) é uma mistura composta de água, granalha metálica de ferro e/ou aço, cal e rocha moída. Essa lama abrasiva é classificada, segundo a NBR 10004/2004, como resíduo Classe IIB – inerte e não apresenta toxicidade. Vale salientar que a lama abrasiva, mesmo não tendo constituinte perigoso em sua composição, deve ter um tratamento adequado. Isso porque, quando despejada diretamente em um recurso hídrico, poderá ocasionar seu assoreamento e turbidez que afetam diretamente a biota

local, além de contaminar o lençol freático, contaminar o solo, poluir a atmosférica; desfigurar a paisagem e causar danos à saúde.

Bacias de decantação são as instalações básicas para o armazenamento dessa lama. No entanto, alguns estudiosos vêm fazendo uso de tanques de decantação para acondicionamento dessa lama que após um determinado período de tempo de deposição, sofre um processo de deslamagem para posterior tratamento/aproveitamento do resíduo sólido depositado.

A Instrução Normativa nº 012/2007 do Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) do Espírito Santo regula a construção deste tipo de aterro industrial de lama abrasiva gerada a partir do tratamento de efluentes da atividade de Beneficiamento de Rochas Ornamentais.

Pela definição desta instrução normativa (no art.3, I) aterro industrial é:

“Técnica de disposição final de resíduos sólidos industriais no solo para minimizar o risco à degradação ambiental e à saúde pública. Esta técnica é multidisciplinar e requer aplicações de princípios de engenharia para confinar os resíduos em menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível”.

Esta norma do IEMA também traz outras definições como distância entre os aterros industriais e os núcleos populacionais, os quais devem ser superiores a 500 metros, e a distância da base do aterro até o lençol freático não deve ser inferior a 3 metros a fim de evitar contaminação deste.

Portanto, o uso deste tipo de aterro tem sido cada vez mais utilizado por indústrias de beneficiamento a fim de dar uma destinação adequada e regularizada aos resíduos sólidos e as lamas, do tratamento das rochas ornamentais.

6. IMPACTOS AMBIENTAIS

Durante um processo minerário a poluição e degradação do meio ambiente estão presentes em muitas etapas. Poeiras derivadas dos processos de extração das pranchas e dos blocos, o ruído causado pelas máquinas de fio diamantado, perfuratrizes manuais

(materletes) e pelas detonações assim como mudança da topografia local são exemplos básicos dos impactos envolvidos no processo.

Os órgãos ambientais estão atuando cada vez mais em todo país. No Espírito Santo o órgão responsável é o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) e este através de Instruções Normativas e do controle realizado nas minerações vem organizando e fiscalizando cada vez mais a rede mineira no estado.

Portanto, faz-se necessário o constante cuidado quanto a esse fator, pois independente dos órgãos públicos responsáveis pela fiscalização devemos sempre estar preocupados com o meio ambiente.

No quadro 6.1 abaixo, temos a relação dos impactos ambientais causados por cada fase do processo mineiro relacionado às rochas ornamentais.

Para cada ação apresentada neste quadro, no mínimo, um impacto será proporcionado na natureza ou na população circunvizinha a área da mineração.

As alterações das condições normais como aberturas de novas vias de acesso podem causar um acréscimo da emissão de material particulado e de ruído devido ao aumento da movimentação de veículos no local.

A qualidade do solo pode ser alterada uma vez que para que se tenha operações mineiras as camadas do solo devem ser retiradas e por conveniência apenas a camada fértil é guardada e cultivada. Geralmente as demais são utilizadas diretamente no processos de extração (formação de cama para amortecimento das pranchas em suas derrubadas).

Desta forma, cada ação gera um impacto e o seu somatório pode causar danos ao meio ambiente e às pessoas que vivem ao entorno desses locais. Para tanto, medidas mitigatórias devem ser realizadas visando a melhoria do meio e procurando evitar gerar perturbação com a população vizinha.

Esses fatores terão um tópico especial, tópico 6.1, buscando apresentar de melhor forma os impactos apresentados a seguir.

Quadro 6.1 – Impactos ambientais causados pelas atividades mineiras

AÇÕES GERADORAS	IMPACTOS PROPORCIONADOS											
	Alteração da qualidade do solo	Alteração da morfologia	Alteração da qualidade do ar	Geração de ruídos.	Desenvolvimento de processos erosivos	Alteração da qualidade das águas superficiais	Geração de óleos, lamas e graxas	Geração de esgoto doméstico	Supressão da vegetação	Deslocamento e alteração da fauna	Alteração estética visual	Risco de acidentes
Preparação da frente de lavra		X	X							X	X	
Deposição de estéril	X	X			X	X			X		X	
Lavra (Exploração)			X	X							X	X
Operação de máquinas e equipamentos			X	X			X					X
Manutenção de equipamentos						X	X					X
Transporte			X									X
Contratação de mão-de-obra						X		X				

6.1 EMISSÕES GERADAS

A poeira associada com as atividades de mineração geralmente ocorre com o resultado da turbulência de partículas finas derivadas de solos e rochas. A formação de poeira é iniciada pela perturbação das partículas pela ação mecânica, por exemplo, da detonação, manuseio, e transporte de minério, em combinação com o movimento do ar.

Dentro da área de influência da lavra, as fontes potenciais de emissão de material particulado em suspensão, foram detectadas nas etapas de extração, transporte, estocagem e expedição. Estas fontes de emissão estão a seguir identificadas:

a) Etapa de extração:

- Material particulado emitido na perfuração da rocha.
- Material particulado emitido na detonação.
- Material particulado emitido no desmonte.

b) Etapa de transporte:

- Poeira fugitiva emitida pelo tráfego de caminhões nas vias internas.

c) Etapa de estocagem:

- Poeira fugitiva emitida durante a deposição do material estéril.

d) Etapa de expedição:

- Material particulado emitido no carregamento de caminhões.
- Poeira fugitiva emitida pelo tráfego de caminhões nas vias internas do empreendimento.

Da emissão de material particulado nas etapas de extração, transporte, estocagem e expedição dos produtos, pode-se afirmar que é de difícil controle, existindo, porém algumas medidas práticas (medidas mitigadoras) que reduzem e/ou minimizam os

efeitos das poeiras em suspensão, como a umectação da área de trabalho nos períodos de estiagem, remoção superficial do material existente na praça de manobras e a implementação de barreiras físicas (ex: implantação de cortina vegetal com espécies de crescimento rápido, tais como eucalipto).

Os problemas relacionados a ruídos e vibrações de terreno estão quase em sua totalidade ligados às etapas de perfuração e desmonte da rocha.

A empresa deverá utilizar como medida de controle de ruídos o uso constante de protetor auricular compatível com os níveis de pressão sonora encontradas em cada atividade, ou seja, cada trabalhador estará equipado com um EPI coerente com a sua atividade.

Uma relação dos níveis com as características de ruídos é apresentada no quadro 6.2, a seguir:

Quadro 6.2 – Relação de ruído causado por equipamento utilizado.

Operação / Atividade	Condições	Ruído (dBA)
Caminhão fora de Estrada	Vazio	87
	Carregado	91
Caminhão Rodoviário	Carregado	88
Empilhadeira (Caterpillar 988, por exemplo)	Em operação	85
Perfuratriz Manual (martetele)	Em operação	100
Escavadeira	Em Operação	90

7. ESTUDOS DE CASO

O estudo de caso, neste trabalho, tem por objetivo mostrar de forma prática como acontecem as atividades de extração (exploração) e o beneficiamento das rochas ornamentais. Os dados obtidos nas visitas de campo aqui citadas não fazem parte dos dados de caráter confidencial e foram autorizados pelas empresas para aqui figurarem.

Este estudo traz as metodologias de lavra e o beneficiamento de mármore e granitos através da demonstração de alguns equipamentos em específico os quais apresentam diferenciações tecnológicas aos empregados em relação as demais empresas de rochas ornamentais. Além do enfoque nos equipamentos, os métodos de lavra envolvidos no processo nos empreendimentos extrativistas (Mineração Guidoni LTDA e Vale do Granito LTDA) serão demonstrados justificando o incremento da produção do estado do Espírito Santo, principalmente no Norte-Nordeste, onde estas empresas estão inseridas. A questão das vendas de chapas estão mais relacionadas ao caráter modal das rochas e estas serão representadas através da demonstração do processo de beneficiamento da Decolores Mármore e Granitos.

7.1 MINERAÇÃO VALE DO GRANITO LTDA.

A Mineração Vale do Granito Ltda está situada na região Noroeste (NW) do Estado do Espírito Santo entre as cidades de Barra de São Francisco e Nova Venécia. Esta região está a cerca de 250 km da capital do estado, Vitória. A Mineração Vale Du Granito Ltda situa-se na zona rural, distrito de Itaperuna local com grandes quantidades de minerações explorando as rochas ornamentais. Na figura 7.2 temos uma das minas da Mineração Vale do Granito Ltda.

A figura 7.1 demonstra uma das frentes de lavra da Mineração Vale do Granito LTDA., a mina F-8 a qual produz o granito Santa Cecília.



Figura 7.1: Mina F-8, Santa Cecília (visão geral)

Devido ao relevo acidentado caracterizado pela formação “pão de açúcar” a lavra nesta região, em alguns casos, é considerada de alta complexidade não viabilizando os métodos convencionais de lavra, como a metodologia de bancadas baixas. Portanto, para que a exploração desses bens minerais fossem realizadas foi necessária a introdução do método das bancadas ultra-altas.

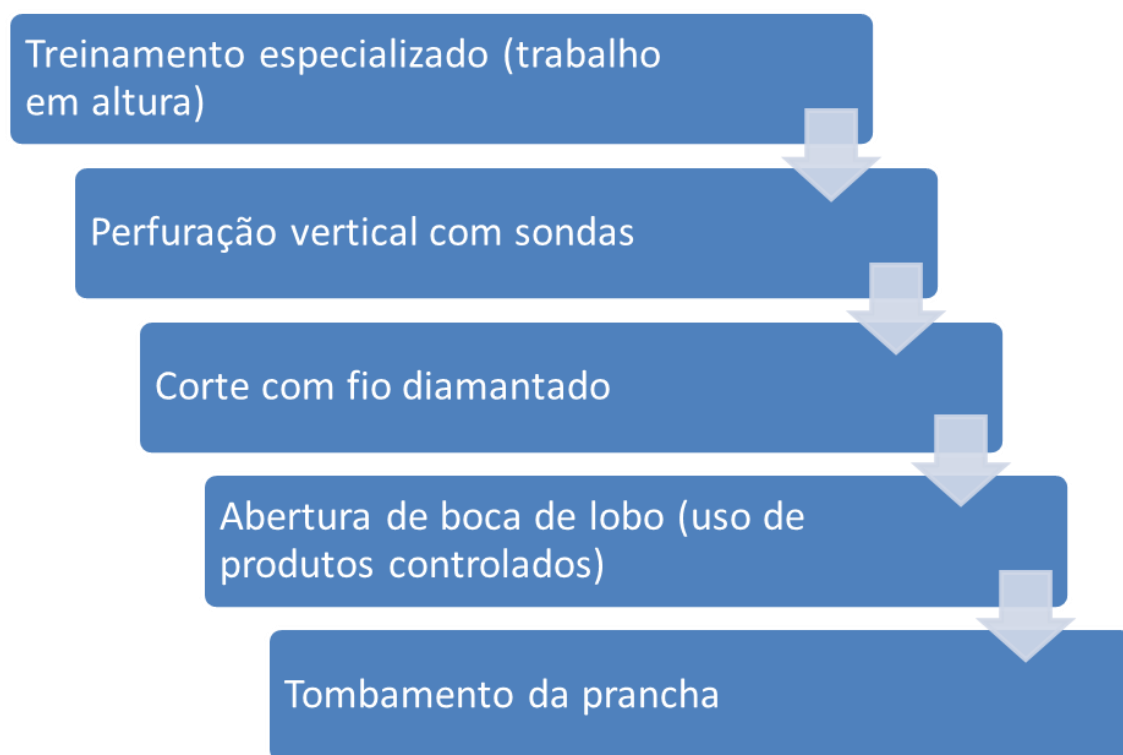
O processo de extração começa pelo treinamento de equipes para realização dos furos em altura. Esse tipo de treinamento, muitas vezes, é feito com técnicas de rapel para que o funcionário esteja sempre apto a realização de suas funções com segurança. Na perfuração vertical são utilizados equipamentos de sondagem para realização dos furos por onde passará o fio diamantado. O uso desse equipamento é justificado pelo fato de que com estes os furos sofrem menos desvio do que se fossem utilizadas as perfuratrizes manuais. O fio diamantado passa por dentro dos furos realizando o corte do maciço nas posições vertical e horizontal, conhecido como corte de levante, para a individualização da prancha. Os cortes, dependendo do tamanho da prancha a ser individualizada, podem durar dias até a sua execução por completo.

Devido ao seu grande volume, mesmo individualizada a prancha tende a manter-se em pé. Portanto, técnicas de instabilização são utilizadas visando o desequilíbrio destas levando-as ao solo. Para metodologias convencionais são utilizados macacos hidráulicos ou bolsas de ar para desestabilizar a rocha. No entanto, essas técnicas não surtem efeitos para grandes volumes de rochas sendo necessário utilizar outros métodos mais eficazes e seguros. Então, para bancadas ultra-altas a desestabilização é feita

através de detonações de “bocas de lobo” os quais reduzem a base da prancha levando-a ao desequilíbrio e por fim a queda.

As bocas de lobo são aberturas na rocha que visam a retirada do material da base da prancha. Este processo é feito através de furos coplanares sendo que apresentando inclinações favoráveis realizados na base da prancha com diâmetro médio de 36 mm os quais são preenchidos com produtos controlados e detonados o que gera uma desinstabilização desta e através deste processo, a prancha tende a não suportar mais o seu peso e com isso através do auxílio de uma carga mínima de explosivos colocados no topo da prancha, esta é projetada à frente. Para evitar a fragmentação após a queda, são alocados materiais terrosos formando uma espécie de cama que tem como objetivo suavizar o impacto.

O fluxograma 7.1 a seguir demonstra as etapas a serem seguidas para realização da extração de granito pela empresa em questão.



Fluxograma 7.1: Etapas utilizadas para extração do granito pelo método de bancadas ultra-altas.

A partir da queda da prancha, inicia-se o processo de corte da prancha também com fio diamantado a fim de alcançar medidas viáveis de confecção de blocos. Com a prancha no chão o encarregado pela exploração realiza o esquadrejamento (figura 7.3), processo pelo qual escolhe a melhor direção de corte dos blocos de acordo com o grau

de atratividade do mercado consumidor. Uma vez concluído o esquadrejamento, os blocos são separados por inserção de cunhas manuais com uso de perfuratrizes pneumáticas adaptadas. As cunhas realizam o destacamento dos blocos separando-os de forma organizada e controlada. Tendo fim os processos de produção dos blocos estes estão aptos para venda ou para destinação para o processo de beneficiamento próprio.



Figura 7.3: funcionários realizando as marcações do esquadrejamento.

A figura 7.4, apresenta a frente F5 responsável pela produção do material conhecido como Soft Yellow. Nesta frente de lavra as bancadas alcançam até 55 metros de altura.



Figura 7.4: Frente de lavra F5 apresentando bancada de 55 metros no ponto mais alto.

Nas frentes Verde e Bege Pavão (figura 7.5) as bancadas são um pouco menores do que as apresentadas na F5, porém podem alcançar até 30 metros de altura.



Figura7.5: Visão geral das frentes Verde e Bege Pavão.

A figura 7.6 mostra uma prancha individualizada e derrubada na frente Bege Pavão. Devido estar em processo de abertura deste local o maciço permite o uso de processos convencionais, sendo que estes brevemente serão obliterados pelo fato do relevo possuir grandes dimensões.



Figura 7.6: Prancha individualizada na frente do Bege Pavão.

A figura 7.7 a seguir traz uma prancha recortada pronta para ser subdividida em blocos.



Figura 7.7: Prancha individualizada por fio diamantado pronta para a obtenção de blocos.

A obtenção de blocos, geralmente, é feita por processo de encunhamento e para isso a prancha deve possuir furos para introdução das cunhas. Inicialmente, os furos

eram feitos por perfuratrizes manuais. Porém, com o avanço tecnológico foram introduzidas carretas de perfuração de filões (apresentadas na figura 7.8) que realizam o mesmo processo de forma mais eficaz minimizando-se o tempo e os insumos gastos para realização desta atividade.



Figura 7.8: Carreta de perfuração de filões (Girodrill) se deslocando sobre a prancha.

Dona de 14 frentes de lavra na região, esta empresa consegue suprir o mercado com grandes quantidades e diversidades de materiais. Alguns exemplos dos materiais produzidos são: Verde Jade e o Verde Pavão ou Butterfly Green, de coloração esverdeada; Bege Pavão ou Butterfly Beige, de coloração bege; Ornamental, Soft Yellow, Santa Cecília, apresentando coloração amarelada; e outros.

O Granito Ornamental (figura 7.9) produzido pela Vale do Granito Ltda apresenta uma grande aceitação no mercado consumidor tendo sua comercialização realizada em caráter praticamente permanente.



Figura 7.9: Granito Ornamental

O granito Verde Pavão (figura 7.10), ou Butterfly Green, devido a sua coloração escura e pela estrutura mineralógica tem seu mercado consumidor mais voltado ao modismo sendo em caráter sazonal substituído por outros materiais.



Figura 7.102: Granito Verde Pavão

7.2 MINERAÇÃO GUIDONI LTDA.

A Mineração Guidoni Ltda. está no mercado há mais de 26 anos através da sociedade entre dois irmãos.

Também situada na região Noroeste do Espírito Santo entre as cidades de Barra de São Francisco e Nova Venécia realiza as suas atividades mineiras na formação geológica conhecida como Cinturão Granulítico Atlântico com suas formações conhecidas como “Pão de Açúcar”.

A Mineração Guidoni Ltda também faz uso da tecnologia de bancadas ultra-altas uma vez que pelo uso de metodologias de lavras convencionais, as bancadas

apresentavam famílias de descontinuidades fazendo com que o material perdesse o seu caráter coeso característico das rochas ornamentais.

A metodologia utilizada pela Mineração Guidoni Ltda para extração de granito em bancadas ultra-altas é semelhante a utilizada pela Vale do Granito Ltda.

O uso de equipamentos como a perfuratriz de filões (girodrill) e da pá carregadeira adaptada para o transporte e carregamento de blocos tornou o processo ainda mais rápido. A girodrill permite uma maior agilidade ao perfurar a rocha com tempos médios de 1' 30'', no entanto com o uso de perfuratriz manual se dispendiam cerca de 20 minutos para realizar o mesmo procedimento. A pá carregadeira permite que um bloco seja carregado em um caminhão em poucos minutos, no entanto com o uso de lança-fixadora de blocos, comumente chamado de pau de carga, o processo poderia demorar até um dia.

Através desta nova tecnologia fez-se possível o aumento gradual da produção efetiva desta empresa. Através do seu site oficial é possível ver que esta empresa produz cerca de 11.000,00 m³ de rochas ornamentais por mês.

Nas figuras 7.11 e 7.12 temos a mina responsável pela produção do granito comercialmente conhecido como Ornamental.



Figura 7.113: Frente F7 responsável pela produção do Ornamental.

Até a comercialização e transporte os blocos ficam alocados nos depósitos aguardando até a sua expedição. Na figura a seguir 7.12 temos a frente F 01 com seu devido depósito de estocagem de blocos.



Figura 7.12: Depósito de estocagem de blocos da frente F1.

Os principais produtos desta empresa são: Yellow Icarai (figura 7.13), Moon Light, Gold 500, Santa Cecília, Serenata e Ornamental de coloração amarelada. Esta empresa faz parte do grupo Guidoni que possui diversas outras empresas no Espírito Santo, Minas Gerais e Bahia. Atualmente a Guidoni é considerada uma das maiores produtoras de rochas ornamentais do país fornecendo materiais brutos e beneficiados tanto para o mercado interno quanto para o mercado externo.



Figura 7.13: Granito Yellow Icarai

Tanto para a Mineração Guidoni Ltda quanto para a Mineração Vale do Granito os estéreis gerados não possuem valor comercial e não apresentam formas de reutilização com as tecnologias presentes. Empiricamente se diz que estes materiais terão uso no futuro, mas ainda não se pode afirmar como e principalmente quando uma vez que o material a ser comercializado depende das questões de mercado. A figura 7.14 mostra o depósito de estéreis das frentes F1 e F7 da Mineração Guidoni Ltda.



Figura 7.14: Depósito de estéreis das frentes F1 e F7

7.3 DECOLORES MÁRMORES E GRANITOS

A Decolores Mármore e Granitos é uma indústria de beneficiamento de rochas ornamentais que está no mercado desde o ano 2000 e através de seu parque industrial situado em Cachoeiro de Itapemirim, Sul do Estado do Espírito Santo, atende a clientes dos mercados interno e externo. Na figura 7.15 temos o pátio de estocagem da Decolores com presença de pontes rolantes.



Figura 7.15: Pátio de estocagem da Decolores.

O acesso à Decolores, a partir de Vitória, pode ser feito pela Rodovia Federal BR-101 Sul por um percurso de 130 km até o acesso à cidade de Cachoeiro de Itapemirim conhecido como Rodovia Cachoeiro x Frade pela qual se percorre mais 4 km até chegar à empresa em questão (figura 7.16).

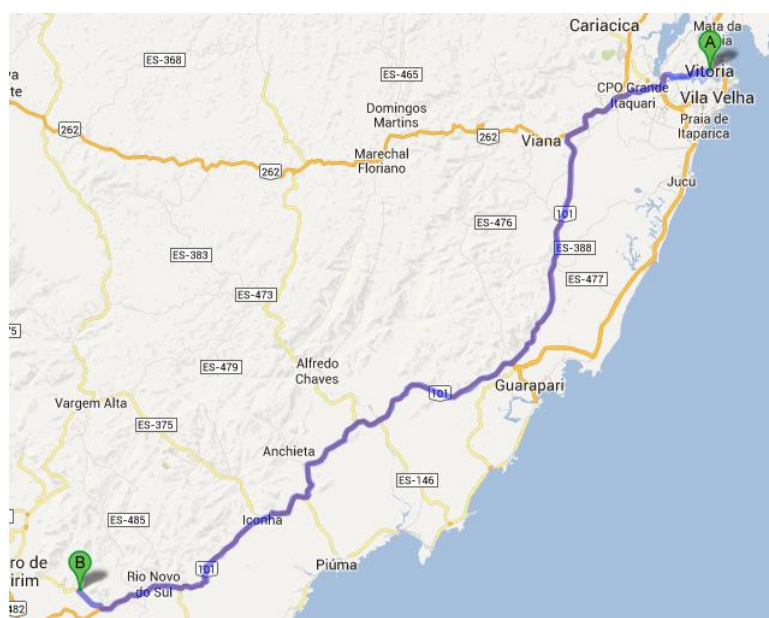


Figura 7.16: Rota Vitória – Decolores (Fonte: Google Maps)

Dotada de equipamentos de grande porte como teares multifios, poltrizes multicabeças e sistemas automatizados alcança altos padrões de estética e qualidade nos produtos destinados aos consumidores.

O processo inicia-se pelo pátio de blocos onde estes são separados por especificações do material e pela ordem de entrada no processo de beneficiamento.

Os blocos são levados à um tear monofio a fim de que se tenham retiradas as imperfeições e para que estes estejam de acordo com as dimensões do tear multifio.

Para que o bloco seja levado ao tear multifio, são utilizados carros sobre trilhos chamados de carros porta-blocos. Daí então inicia-se o processo de desdobramento que é a transformação dos blocos em chapas.

Na Decolores, o bloco pode ser desdobrado em até 63 chapas devido ao tear multifio possuir 64 fios (ver figuras 7.17 e 7.18).



Figura 7.17: Tear multifio realizando desdobramento do bloco.



Figura 7.18: Tear multifio realizando corte.

Passado o processo de desdobramento, inicia-se a segunda fase do beneficiamento (ou beneficiamento secundário) que é a parte do levigamento (figura 7.19), polimento e lustro das chapas. Neste processo tem-se como objetivo a exposição das características intrínsecas do material como textura e coloração.

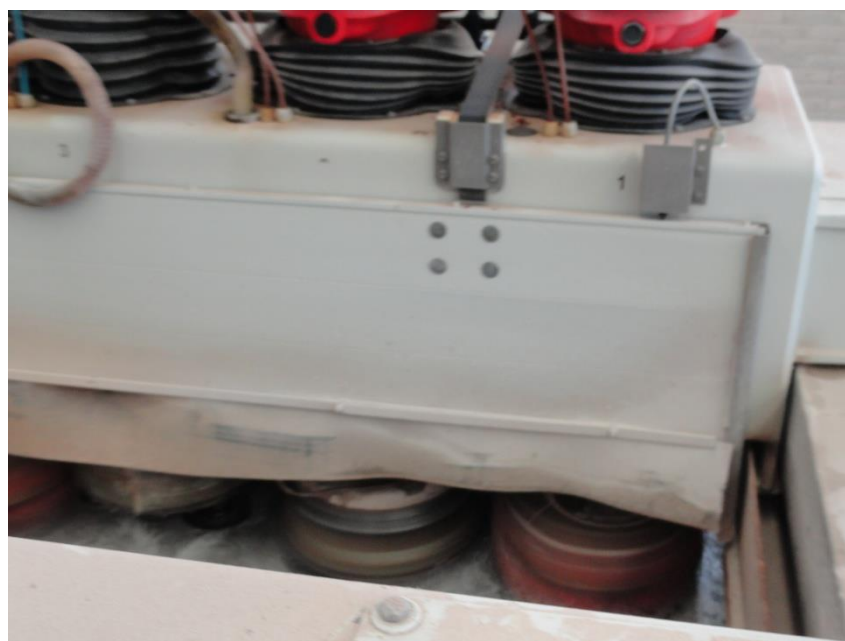


Figura 7.19: Politriz multi-cabeças realizando levigamento.

No levigamento, com o uso de politrizes multi-cabeças é feito o desbaste inicial do material através do uso de abrasivos diamantados mais grossos deixando a chapa com

aspecto rústico. No polimento e lustro o objetivo é dar à chapa um brilho especular deixando sem qualquer demonstração de falha. Em algumas chapas faz-se necessário o uso de resinas a fim de aumentar o brilho e corrigir o aparecimento de trincas e fissuras proporcionando à chapa uma maior resistência mecânica (figura 7.20).



Figura 4: Funcionário realizando resinagem na chapa

Durante o processo de resinagem a chapa passa por etapas que serão apresentadas através de fluxograma na figura 7.21. Na figura 7.22 temos chapas sendo levadas para forno de secagem a fim de reduzir o tempo de pega da resina. Após a secagem, as chapas são retiradas por sistema automatizado, com ventosas, e separadas em lotes para o polimento e lustro final. (figuras 7.23, 7.24 e 7.25)



Figura 7.21: Fluxograma do processo de resinação das chapas de mármore e granitos.

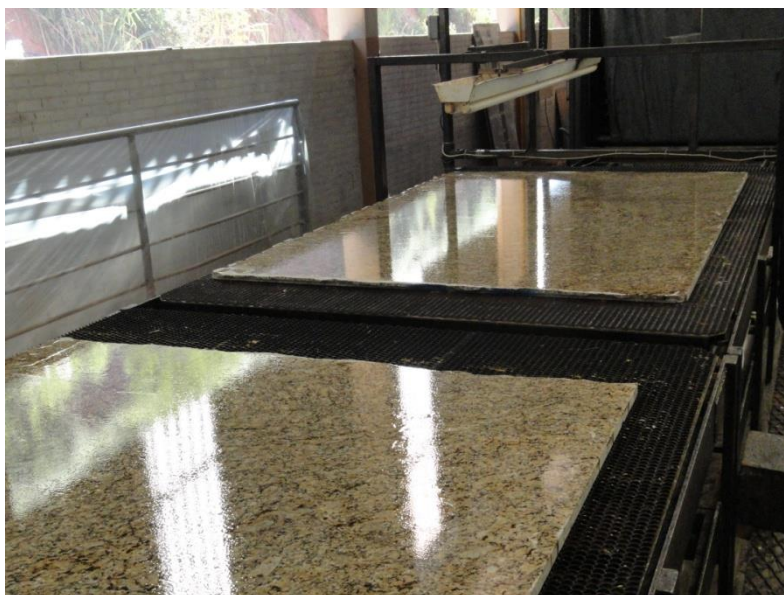


Figura 7.22: Chapa resinada sendo levada para o forno a fim de acelerar o processo de secagem da resina.

O transporte das chapas no processo de resinação é feito por sistema automatizado. A entrada e a saída do processo é feita por ventosas de alta pressão dando segurança e precisão ao sistema.



Figura 7.23: Chapa sendo retirada da linha de resinação por sistema automatizado.

Após entrar no sistema, as chapas recebem o polimento inicial a fim de retirar as imperfeições (figura 7.4).



Figura 7.24: Chapas iniciando o processo de polimento final.

Após as politrizes multi-cabeças as chapas passam por um polimento final para proporcionar uma maior homogeneidade nas mesmas (figura 7.25).

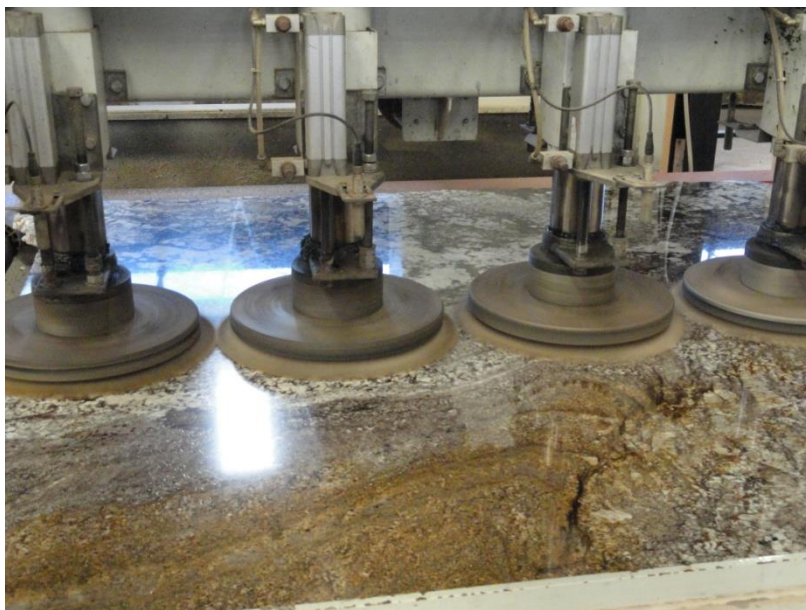


Figura 7.25: Processo final de polimento das chapas.

Tendo fim o processo de polimento das chapas, estas são separadas em lotes e ficam no pátio de expedição da empresa prontas para o carregamento final o envio para os clientes (figura 7.26).

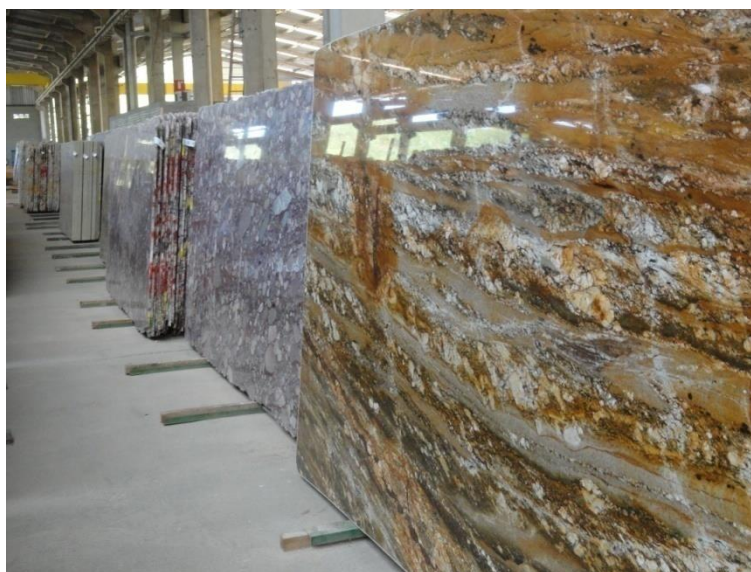


Figura 7.26: Chapas no pátio de expedição.

Para evitar os problemas causados pelos processos de beneficiamento das rochas ornamentais, principalmente os danos potenciais das lamas do beneficiamento das rochas ornamentais (LBRO), a Decolores reaproveita grande parte desta lama, que seria considerada como rejeito, para a fabricação de tijolos ecológicos reduzindo os passivos ambientais gerados pelo processo de beneficiamento de rochas ornamentais (vide

figuras 7.27, 7.28 e 7.29). Apenas o material que não pode ser utilizado como matéria prima para a fabricação dos tijolos são estocados e recolhidos por uma empresa específica que realiza a deposição destes em aterro sanitário de acordo com as normas vigentes.



Figura 7.27: Lama advinda do processo de beneficiamento das rochas após secagem em filtro prensa.

As lamas após secas são levadas ao processo de fabricação dos tijolos ecológicos através de um sistema industrial (figura 7.28).



Figura 7.28: Parte da usina de transformação da LBRO em tijolos ecológicos.

Depois de confeccionados os tijolos são separados e alocados em pilhas até a expedição para o mercado consumidor (ver figura 7.29).



Figura 7.29: Tijolos produzidos pela Decolores.

Parte da água utilizada no processo também é reaproveitada através de um sistema próprio de tratamento (figura 7.30) reduzindo então a quantidade de acréscimo água necessária ao empreendimento.



Figura 7.30: Sistema de tratamento de efluentes líquidos.

8. CONCLUSÕES

Evidencia-se um quadro de destaque no cenário nacional e mundial referente à produção de rochas ornamentais no Estado do Espírito Santo. Os números relacionados aos valores envolvidos no processo de extração, beneficiamento e vendas de rochas ornamentais são enormes. Trata-se do maior fornecedor de granitos do país sendo responsável por 60 % das exportações brasileiras.

Novas tecnologias estão sendo implantadas a fim de melhorar a qualidade do material final e aumentar a velocidade de corte da rocha. Com isso, a tendência é que o mercado esteja sempre mantendo o alto grau de procura por esse tipo de produto favorecendo as vendas e, por conseguinte, reduzindo os riscos de investimento devido ao rápido “*pay back*” dos empreendimentos.

Para um maior conhecimento teórico dos processos mineiros relacionados às rochas ornamentais é preciso um maior estudo quanto às bancadas ultra-altas. Sendo assim, é recomendável que se façam mais estudos sobre essa metodologia a fim de se eliminar cada vez mais as dúvidas existentes para que sejamos capazes de utilizar esta tecnologia em outras regiões do território nacional, auxiliando no incremento da produção nacional de rochas ornamentais.

A tendência geral de evolução tecnológica para o beneficiamento e acabamento das rochas ornamentais, é traduzida pela automação de toda a linha de equipamentos (teares, talha-blocos, corta chapas, politrizes, etc.) e pela melhor especificação dos materiais de consumo (lâminas, granalha, abrasivos, etc.), voltadas para a redução do tempo e custo das operações, bem como para a melhoria de qualidade dos produtos a serem obtidos.

Mas, mesmo com todas as condições favoráveis é sempre necessário ter cuidado com o aumento gradual das produções uma vez que com elas também aumenta a degradação do meio ambiente. As topografias cada vez mais modificadas, mudança da fauna e da flora das regiões que envolvem a lavra são exemplos da degradação no processo de extração. Na fase do beneficiamento, a lama do beneficiamento de rochas ornamentais (LBRO) é um dos maiores poluidores e merece tratamento especial.

Portanto, faz-se necessário a lavra consciente uma vez que deve-se pensar no desenvolvimento sustentável, lembrando das futuras gerações.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, U.A., RUIZ, M.S., CARUSO, L.G Perfil 7- Rochas dimensionadas e aparelhadas. Mercado produtor mineral do estado de São Paulo. São Paulo: I.P.T., 1990. p.137 – 151.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS – ABIROCHAS. Rochas ornamentais no século XXI – Balanço das exportações brasileiras de rochas ornamentais em 2005. Disponível em <<http://www.abirochas.com.br>> Acesso em: 14. jan. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS – ABIROCHAS. Rochas ornamentais no século XXI – Balanço das exportações brasileiras de rochas ornamentais em 2012. Informe_01_2013 Disponível em: <http://www.ivolution.com.br/news/upload_pdf/11476/Informe_01_2013.pdf> Acesso em: 14. jan. 2013.

BARTOLI FILHO, W. S. Argamassa expansiva. Dissertação para obtenção do título de especialista. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2010.

CAVAZZANA, E. Modelo teórico de um fio diamantado para corte de mármore e granito. Projeto de graduação. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2005.

CHIODI FILHO, C. Aspectos técnicos e econômicos do setor de rochas ornamentais. Estudos e documentos CNPq/CETEM. Rio de Janeiro, 1995.

CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D. K. Perfil das rochas ornamentais e de revestimento. Ministério de Minas e Energia (MME) – Relatório técnico 33. Brasília, 2009.

CICCU, R. Coltivazione e valorizzazione dei lapidei silecei quarrying and processing of eruptive rocks. Atti delle giornate di studio. Covegno internazionale su: Situazione e prospettive dell' industria lapidea. A.N.I.M. Cagliari. Anais. P. 165-177.

COELHO, E. F. F. Estudo do comportamento mecânico de rejeitos de minérios de ferro reforçados com fibras sintéticas. Dissertação de Mestrado, UFOP. Ouro Preto, 2008.

FARIAS FILHO, E. C. Viabilidade econômica de aplicação das técnicas de corte de rochas ornamentais. Estudo comparativo de custos. Monografia apresentada a fim de obtenção de título de pós graduado em Engenharia de recursos naturais. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

HUALLANCA, R. E. Z. Mecanismos de ruptura em taludes altos na mineração. Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2004)

HOEK, E. & BROWN, E. T. Underground Excavations in rock. The Institution of Mining and Metallurgy, London, 1980;

LODI, R. B. Análise de investimento de longo prazo em projeto de gestão ambiental para o setor de rochas ornamentais. Monografia apresentada para obtenção do grau de bacharel em engenharia de produção pela Universidade de Vila Velha. Vila Vela – ES, 2005.

MARCON, D. B. Utilização de fio diamantado na lavra de granitos comerciais. Cachoeiro do Itapemirim, 2012.

MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO E CULTURA (MEC); SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLOGIA (SETEC). Cartilha temática: Rochas Ornamentais. Brasília, 2007.

NEVES, M. C. Estudo experimental do polimento de diferentes “granitos” e as relações com a mineralogia. Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Geociências. Universidade de São Paulo, Escola de engenharia de São Carlos. São Carlos, 2010.

PROGRAMA PARA O DESENVOLVIMENTO EM REDE DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS (REDEROCHAS). Plano de desenvolvimento do APL de rochas ornamentais de Cachoeiro de Itapemirim. Cachoeiro de Itapemirim, 2007.

REGADAS, I. C. M. C. Aspectos relacionados às lavras com fio diamantado no Norte do Espírito Santo, Brasil. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.

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

SCHICK, K D.; TOTH, N. The dawn's earliest light: the first archeology traces. Making silent stones speak: human evolution and the dawn of thecnology. Londres, 1993.

SOUZA, D. V. Estudo comparativo da utilização de teares multilâminas e multifio no beneficiamento de granitos comerciais. XX Jornada de iniciação científica do CETEM. Rio de Janeiro, 2012.

SOUZA, J. G. Análise ambiental do processo de extração e beneficiamento de rochas ornamentais com vistas a uma produção mais limpa: aplicação em Cachoeiro de Itapemirim – ES. Trabalho de conclusão de curso para obtenção de título de especialista em Análise Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2007.

SPÍNOLA, V., GUERREIRO, L. F.; BAZAN, R. A indústria de rochas ornamentais. Bahia, 2004.

STELLIN JUNIOR, A., CARANASSIOS, A. Extração de rochas ornamentais. Brasil mineral, São Paulo, n.89, p.30-34, jun. 1991.

10. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

Normas regulamentadoras (NR) – 22

<http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D3B8BAA8D013B944CE9C721AF/NR-22.14%20%28Estabilidade%20dos%20Maci%C3%A7os%29.pdf>

Normas Regulamentadoras na Mineração (NRM) – 02

http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/nrm_02.htm

Instrução Normativa nº 012/2007 do Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) do Espírito Santo. Encontrado em:

Legislação Ambiental – Instruções Normativas

<<http://www.meioambiente.es.gov.br/default.asp>>