



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



LUIZ OTÁVIO GRAÇANO CASTRO

**IMPLANTAÇÃO DE CONTROLE OPERACIONAL EM SERRARIA DE
MÁRMORE: PETRAMINAS MÁRMORE**

OURO PRETO

2019

LUIZ OTÁVIO GRAÇANO CASTRO

**IMPLANTAÇÃO DE CONTROLE OPERACIONAL EM SERRARIA DE
MÁRMORE: PETRAMINAS MÁRMORE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Miranda

OURO PRETO

2019



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas - Departamento de Engenharia de Minas

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 29 dias do mês de agosto de 2019, às 15h00min, no auditório do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas - DEMIN/EM, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Minas requisito da disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II, intitulado **“IMPLANTAÇÃO DE CONTROLE OPERACIONAL EM SERRARIA DE MÁRMORE: PETRAMINAS MÁRMORE”**, pelo aluno **Luiz Otávio Graçano Castro**, sendo a comissão avaliadora formada por **Prof. M.Sc. José Fernando Miranda (orientador), Prof. Dr. Elton Destro e Prof. Dr. Carlos Enrique Arroyo Ortiz**.

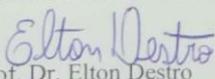
Após arguição sobre o trabalho, a comissão avaliadora deliberou por unanimidade pela aprovação do candidato, com a nota 7,0 concedendo-lhe o prazo de 15 dias para incorporar no texto final da monografia as alterações determinadas/sugeridas pela banca.

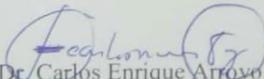
O aluno fará jus aos créditos e conceito de aprovação na disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II após o depósito, no site do Repositório UFOP, da versão final da monografia defendida, conforme modelo do CEMIN-2009, no Colegiado do Curso de Engenharia de Minas – CEMIN.

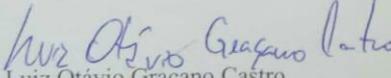
Para fins de registro, foi lavrada a presente ata que, depois de lida e aprovada é assinada pelos membros da comissão avaliadora e pelo discente.

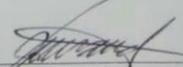
Ouro Preto, 29 de agosto de 2019.


Prof. M. Sc. José Fernando Miranda
Presidente da Comissão Avaliadora e Orientador


Prof. Dr. Elton Destro
Membro da Comissão Avaliadora


Prof. Dr. Carlos Enrique Arroyo Ortiz
Membro da Comissão Avaliadora


Luiz Otávio Graçano Castro


Prof. M. Sc. José Fernando Miranda
Professor responsável pela Disciplina Min 492 – Trabalho de Conclusão de Curso

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos”.

(Paulo Beleki)

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Rubem e Deusdélia pelo incentivo, apoio e estrutura.

À minha irmã Mônica pelos conselhos.

Ao Célio e Leandro Reis pela introdução à Petraminas, pela supervisão, orientação e ensinamentos.

A todos os funcionários da empresa pela confiança.

Ao meu orientador José Fernando Miranda, pelo incentivo e orientação ao longo desse trabalho.

Todos os professores do Departamento de Engenharia de Minas da UFOP, pelos ensinamentos que me trouxeram até aqui.

A república Adega, lar acolhedor ao longo da minha formação e ambiente perfeito para o desenvolvimento pessoal e aprendizado.

RESUMO

O presente estudo apresenta todos os processos empregados na empresa Petraminas Mármore, começando pela geologia e operação de mina até a serraria, visando comparar seus resultados antes e depois da implementação de um controle operacional na serraria. O processo operacional, como um todo, foi utilizado como base para a análise feita de forma aprofundada na serraria da Petraminas Mármore. Essa análise foi desenvolvida para elaboração de um procedimento de controle operacional para a serraria da empresa Petraminas Mármore. Tal controle visa ao acompanhamento de indicadores chave do processo, tais como produção, produtividade, descartes e custos com materiais de desgaste, tendo como principal objetivo a geração de dados para corroborar com o desenvolvimento do empreendimento, gerando melhorias de cunho organizacional e, futuramente, possibilitar ações para aumentar seus resultados financeiros. Foram analisadas todas as etapas do processo e para cada uma delas se desenvolveu uma planilha de controle em forma de parte diária a ser preenchida pelo operador. Semanalmente, as informações fornecidas pelos operadores eram recolhidas e os dados alimentados em uma planilha central, por meio da qual se obteve uma demonstração dos resultados que serviram de base para a elaboração dos procedimentos operacionais de controle da empresa.

Palavras-chave: Mármore, controle operacional, serraria, indicadores chave de processo, rocha ornamental.

ABSTRACT

This study presents an introduction to all Petraminas Mármore processes, starting with the mine geology and operation until the sawmill. The process as a whole is used as the basis for the in-depth analysis of the sawmill, aiming to compare its results before and after the implementation of an operational control in the sawmill. The operational process as a whole was used as the basis for in-depth analysis of the Petraminas Marble sawmill. Such control aims at monitoring key process indicators such as production, productivity, discards, and wear material costs, with the main objective of generating data to corroborate with the development of the enterprise, generating organizational improvements and, in the future, enabling actions to increase its financial results. All steps of the process were analyzed and for each one of them a control spreadsheet was developed in the form of daily report to be filled by the operator. Weekly, the information provided by the operators was collected and the data fed into a central spreadsheet, through which a statement of results was obtained. That was the basis for the elaboration of the company's operational control procedures.

Key-words: Marble, operational control, sawmill, key process indicators, ornamental rock.

LISTA DE FIGURAS

Figure 1: Mapa geológico simplificado da Mina Caeté com posicionamento de furos de sonda	12
Figure 2: Logs de sondagem dos furos 12, 13 e 14, respectivamente	13
Figure 3: Esquema de altitude na Serra São José	14
Figure 4: Coluna proposta por Bertossi para a Jazida de Bom Jarbim, Barroso-MG.	15
Figure 5: Mármore Branco	16
Figure 6: (a) Cinza sacaroidal (b) Preto foliado	16
Figure 7: Esquema demonstrando as dimensões de uma bancada de mármore na mina Caeté	17
Figure 8: (a) almofada colocada vazia (b) almofada metálica inflada com água	18
Figure 9: Mármore Marrom, ao fundo material in situ e à frente blocos prontos para serem transportados.....	18
Figure 10: Exemplo de tira na serraria	19
Figure 11: Localização do município de Barroso/ MG.	21
Figure 12: Vista aérea Mina Caeté.	22
Figure 13: Frente de lavra na mina Caeté, destacando os blocos desmembrados	23
Figure 14: Vista aérea da entrada da cidade de Barroso com destaque para a serraria da Petraminas Mármore.....	23
Figure 15: Layout funcional/por processo demonstrando o fluxo dos produtos entre as seções de acordo com seu próprio roteiro de produção.	25
Figure 16: Disposição das pilhas de blocos de mármore na área externa da serraria.....	29
Figure 17: CPG 3000.....	30
Figure 18: CB 1600	32
Figure 19: Politriz de Tapete	34
Figure 20: Serra Multidiscos	36
Figure 21: CR Plus	37
Figure 22: Polidora de bordas.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Controle operacional para CGP 3000 - Produção de blocos	31
Tabela 2: Controle operacional para CGP 3000 - Produção de tiras.....	31
Tabela 3: Controle operacional para CB 1600	32
Tabela 4: Controle operacional para aparador de bordas	33
Tabela 5: Controle operacional - desgaste de elementos na politriz de tapete	35
Tabela 6: Controle Operacional para Politriz de tapete.....	35
Tabela 7: Controle Operacional para Serra Multidisco	36
Tabela 8: Controle operacional para CR Plus.	37
Tabela 9: Controle operacional para polidora de bordas.....	39
Tabela 10: Quadro resumo do controle operacional da serraria.....	41

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	CONTROLE OPERACIONAL.....	9
1.2	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	9
1.3	JUSTIFICATIVA.....	10
1.4	OBJETIVOS.....	10
1.4.1	Geral.....	10
1.4.2	Específicos.....	10
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	10
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1	DO MAPEAMENTO GEOLÓGICO.....	12
2.2	DO RELEVO E GEOMORFOLOGIA.....	13
2.3	DA ESTRATIGRAFIA REGIONAL.....	14
2.4	DOS DIFERENTES TIPOS DE MÁRMORE.....	15
2.5	DA LAVRA.....	16
2.6	DA SERRARIA.....	19
2.7	DO CONTROLE OPERACIONAL.....	20
3.	ESTUDO DE CASO.....	21
3.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	21
3.2	MODELO ATUAL DE OPERAÇÃO.....	22
4.	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	26
5.	DESENVOLVIMENTO.....	28
5.1	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	28
5.2	ANÁLISE CRÍTICA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO.....	28
5.2.1	Disposição das pilhas de blocos de mármore.....	28
5.2.2	CPG 3000.....	29
5.2.3	CB 1600.....	31
5.2.4	Aparador de bordas.....	32
5.2.5	Politriz de tapete.....	33
5.2.6	Corte final – CR Plus e Serra Multidisco.....	35
5.2.7	Polidora de bordas.....	37
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
7.	CONCLUSÃO.....	42

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	43
-------------------------------	----

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTROLE OPERACIONAL

A avaliação do desempenho dos mais variados processos seja no meio empresarial ou acadêmico, no setor privado ou público é fator indispensável no acompanhamento dos indicadores chave do processo, fornece dados para embasamento na tomada de decisões, possibilita ações preditivas quando falhas são detectadas no processo controlado e, conseqüentemente, é vital para a obtenção de sucesso no cumprimento de metas gerenciais estabelecidas pelas entidades.

No setor mineral, a obtenção de informações como produção, produtividade, volumes e massas movimentadas, descartes e perdas, disponibilidade física e utilização da disponibilidade de equipamentos, desgaste de materiais, entre outros fatores são números vitais dentro da economicidade dos empreendimentos e, naturalmente, precisam ser acompanhados diariamente para garantir que o processo está sob controle.

Sobre o assunto, AZEVEDO (2007) analisa: “A melhor visualização da informação permite um melhor conhecimento e o uso mais racional dos recursos naturais, por meio de definições mais precisas das áreas a serem exploradas”.

O presente trabalho tem como objetivo elaborar uma ferramenta de controle operacional para realizar levantamento, compilar e padronizar dados referentes ao processo de corte e polimento de mármore na serraria da empresa Petraminas Mármore LTDA, sendo parte inicial de um projeto para otimização dos processos lá adotados, que serão detalhados no decorrer deste estudo.

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A organização e o controle de operação, bem como o desenvolvimento de lavra da empresa são elementos que precisam ser observados dentro da produção mineral, para que se possa obter excelência dentro dos mais variados aspectos relativos ao processo produtivo. Entre outros aspectos, são observadas as influências destes processos dentro da produtividade, da economicidade e de segurança do empreendimento.

O presente trabalho foi desenvolvido em um momento embrionário da empresa, em que as primeiras atividades de serraria estavam sendo implementadas. Não existia nenhuma forma de controle de produção, custos e perdas dentro das etapas do processo estudado.

1.3 JUSTIFICATIVA

Existia por parte dos gestores da empresa, a preocupação em se desenvolver uma forma eficaz de organizar melhor os trabalhos desenvolvidos na serraria, visando a quantificação da produção do empreendimento, bem como das perdas e dos custos com os materiais de desgaste intrínsecos ao processo. Ao mesmo tempo, buscou-se encontrar uma solução que não apresentasse alto custo de implementação.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Geral

O estudo em questão tem viés organizacional, e visa à criação de ferramentas para controle de produção, de custos e de perdas que possibilitem uma análise mais aprofundada do processo da serraria da Petraminas Mármore.

Este estudo é parte inicial de um projeto, cujo objetivo é aprimorar o processo operacional e produtivo da Petraminas Mármore.

1.4.2 Específicos

Os objetivos específicos do projeto são:

- a) Elaborar um plano de controle de produção;
- b) Elaborar um plano de controle de descartes;
- c) Melhorar a organização do processo e identificação dos produtos;
- d) Quantificar os custos com materiais de desgaste.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O estudo foi dividido em sete capítulos, sendo o primeiro, ao qual este item pertence, é uma introdução ao caso, que contextualiza o assunto e traz as justificativas pelas quais se deu o interesse em estudar o tema, bem como os objetivos almejados com o estudo.

O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica que segmenta nos diversos pontos de vista (geologia, lavra, serraria) toda a cadeia produtiva da empresa.

O terceiro capítulo

O quarto capítulo apresenta a fundamentação teórica da metodologia adotada no projeto do controle produtivo.

O capítulo 5 apresenta o desenvolvimento trabalho, enquanto o capítulo 6 apresenta os resultados.

As conclusões do trabalho são apresentadas no capítulo 7. As referências bibliográficas constam na sequência.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DO MAPEAMENTO GEOLÓGICO

Todo o mapeamento geológico da área da mina Caeté foi realizado por Moisés Henrique Sousa Silva, no ano de 2014, tendo como dados disponíveis, 15 furos dentro da área, realizados pela antiga ABP- Associação Barroso Paraíso, quatro testemunhos de furos referentes ao projeto de pesquisa Barroso, da mineração Vale Real localizados fora da área, mas que avançam em profundidade para dentro da mesma.

O mapa geológico simplificado da mina Caeté, mostrado na figura 6, apresenta a rica variabilidade de tipos e colorações do mármore, dando a empresa uma boa gama de produtos que podem ser trabalhados tanto no mercado interno quanto para exportação. O mapeamento geológico descrito teve como objetivo caracterizar o maciço, para determinar os recursos minerais presentes na área da mina Caeté, servindo então como ponto de partida para a realização dos planejamentos de sequenciamento da lavra no local.

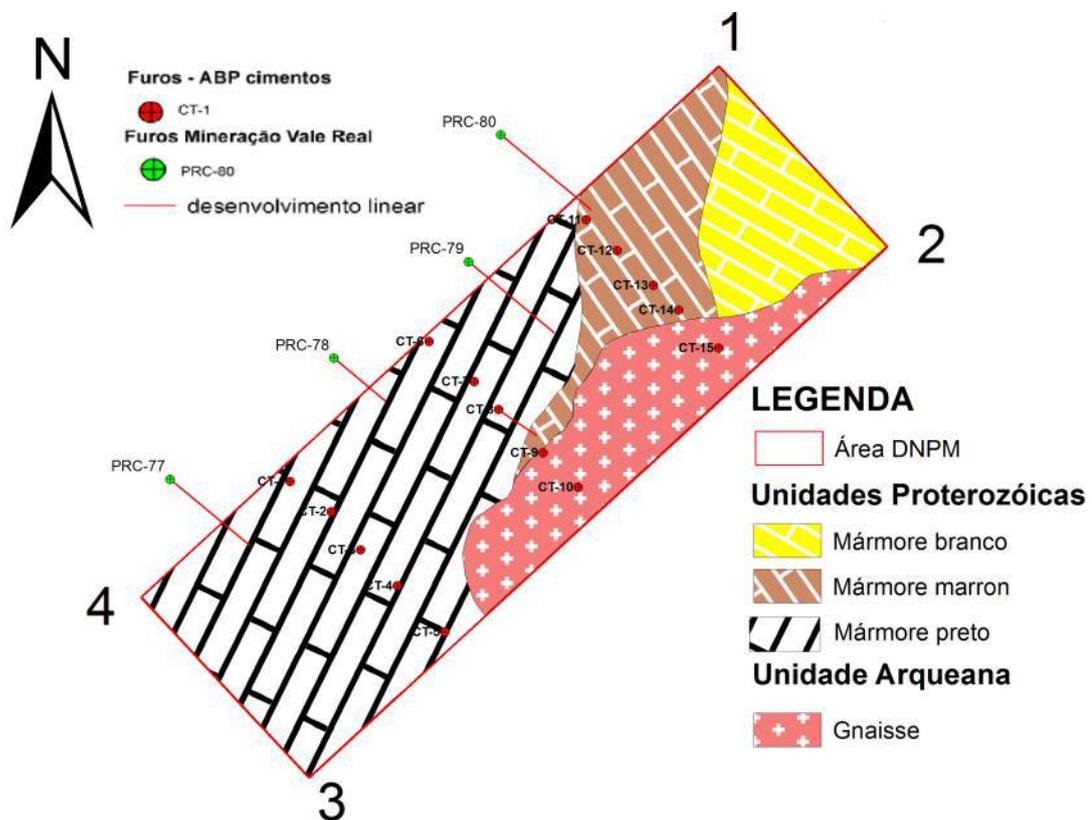


Figure 1: Mapa geológico simplificado da Mina Caeté com posicionamento de furos de sonda

Fonte: Sousa Silva, 2014.

Os furos realizados pela ABP foram localizados em três linhas dentro do terreno. A primeira linha, que engloba os furos numerados de 1 a 5, é desenhada, no mapa geológico, sobre o afloramento do mármore preto, enquanto a segunda (furos 6 a 10) se encontra da junção desse mesmo mármore, com o de coloração marrom e o Gnaisse. Já a terceira linha, constituída pelos furos 11 a 15 abrange os afloramentos do mármore marrom e do Gnaisse apenas.

Os logs, mostrados na figura 7, são resultantes das sondagens à rotação realizadas, destacam-se os furos de número 12, 13 e 14, uma vez que por eles se demonstra o comportamento do maciço, no qual os mármore preto e branco mergulham sob o marrom, explicando o afloramento dessas diferentes colorações nas extremidades ao mesmo tempo em que o marrom aflora no centro do maciço.

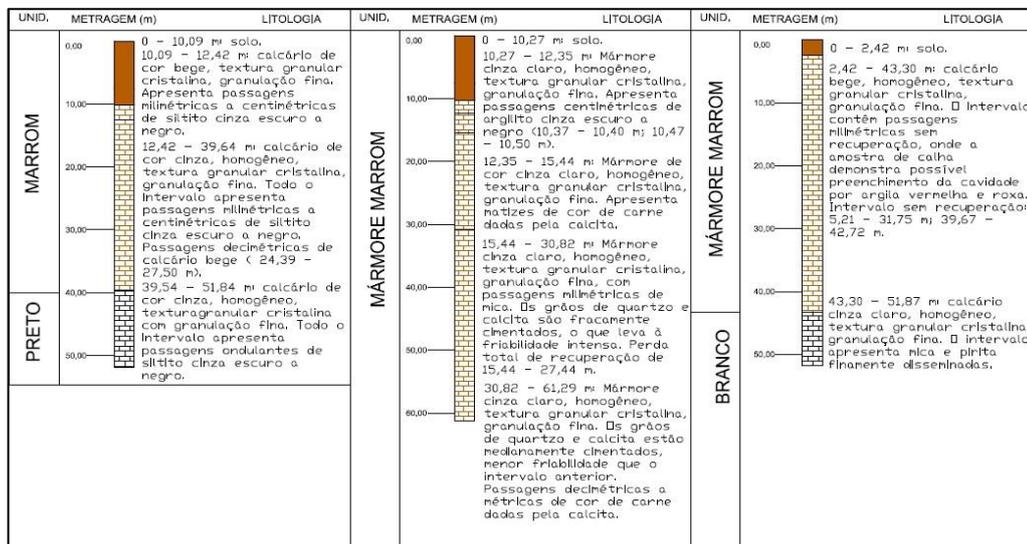


Figure 2: Logs de sondagem dos furos 12, 13 e 14, respectivamente

Fonte: Sousa Silva, 2014.

2.2 DO RELEVO E GEOMORFOLOGIA

Segundo SOUSA SILVA (2014), a morfologia dominante na região de Barroso é de colinas com perfis convexos suavizados e topos frequentemente planos, separados por vales abertos e entulhados por sedimentos recentes, apesar de os rios correrem encaixados nas rochas.

A ocorrência dos calcários geralmente se dá nas regiões mais baixas, tendo o nível estrutural de sua camada próxima ao basal. A maior elevação é relativa a Serra de São José, situada a noroeste da área, onde se encontra sustentada pela sequência estratificada de quartzitos com intercalações de filitos (SOUSA SILVA).

A figura 8 mostra um esquema de altitude da Serra São José, em seu topo e seu pé com relação ao nível do mar.



Figure 3: Esquema de altitude na Serra São José

Fonte: Silva, A. C., 2004.

2.3 DA ESTRATIGRAFIA REGIONAL

O local possui estratigrafia complexa, porém já estudada por BERTOSSI em 2004, dentre variadas ocorrências, destaca-se neste trabalho o metamorfismo que deu origem ao mármore que se deseja estudar. A figura 9, mostra a coluna proposta por BERTOSSI (2004) para a Jazida de Bom Jarbim, em Barroso-MG, nas imediações à mina Caeté, ilustrando a estratigrafia local.

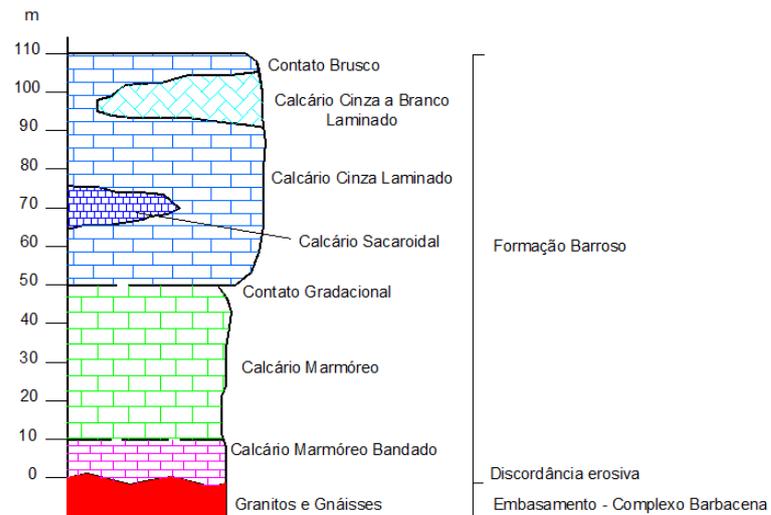


Figure 4: Coluna proposta por Bertossi para a Jazida de Bom Jardim, Barroso-MG.

Fonte: Bertossi, 2004.

2.4 DOS DIFERENTES TIPOS DE MÁRMORE

A Petraminas Mármore produz diferentes tipos de mármore, sendo eles: o Branco (mostrado na figura 10), o Marrom e o Preto. Este último cobre uma área de quase 12 ha (pouco mais da metade do terreno) e por apresentar diversificações de cor, textura e até arranjo estrutural, é dividido em subunidades, que não puderam ser separadas no mapa geológico mostrado anteriormente no trabalho, são elas Cinza Azulado, Cinza Sacaroidal, Preto Foliado (mostrados na figura 11), entre outros.

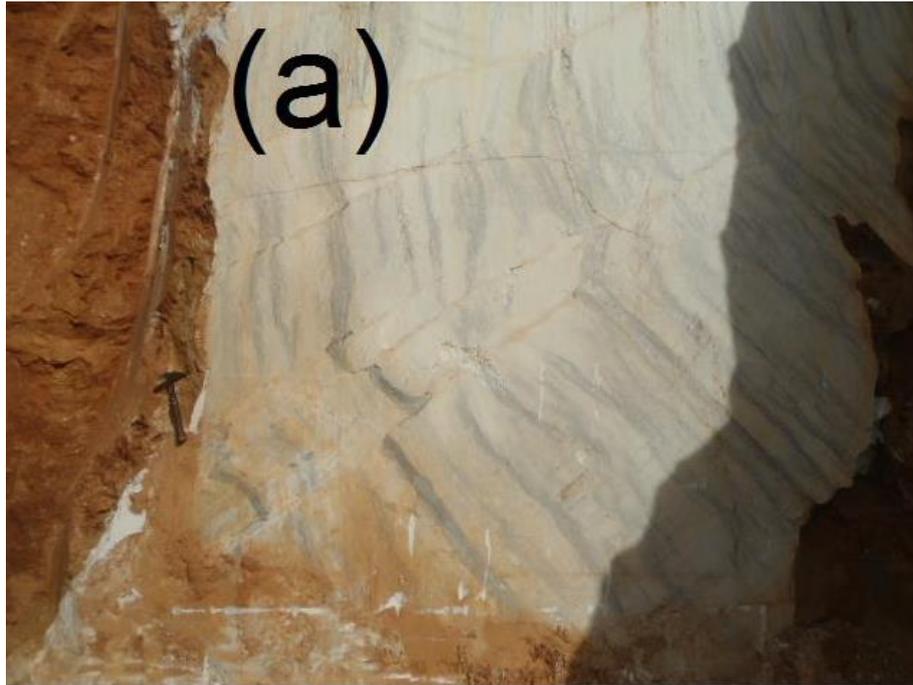


Figure 5: Mármore Branco



Figure 6: (a) Cinza sacaroidal (b) Preto foliado

2.5 DA LAVRA

Na pedreira, utiliza-se fio diamantado de 0,5 cm de diâmetro, para corte na superfície do mármore, formando bancadas de 6m de altura, 2m de espessura e 10m de comprimento.

A figura 12 destaca as dimensões de uma bancada de mármore na mina Caeté e mostra também, ao fundo, uma bancada sobre a qual já se realizou o corte e que será deslocada do corpo de mármore. O processo realizado para derrubada da bancada é explicado a seguir.

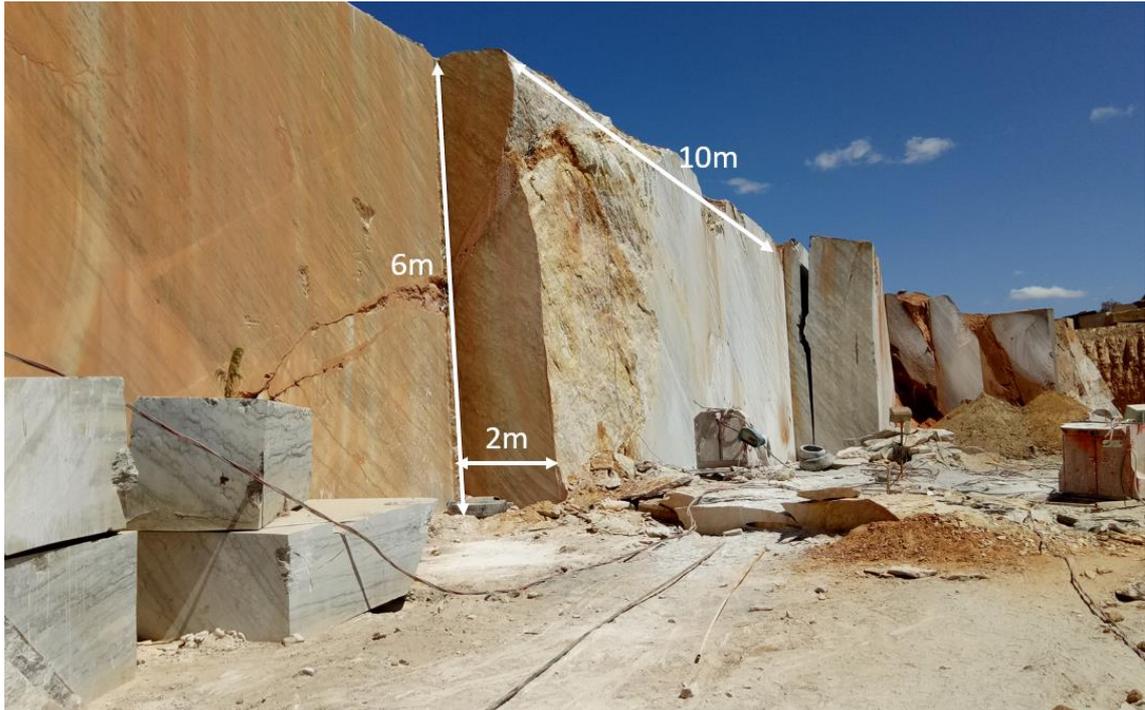


Figure 7: Esquema demonstrando as dimensões de uma bancada de mármore na mina Caeté

Realizado o corte na superfície de mármore, forma-se um vão na bancada, no qual são inseridas almofadas metálicas como mostrado na figura 13 a. Essas almofadas metálicas são infladas com água, como mostrado na figura 13 b, gerando assim uma força na região central da bancada com direção oposta ao do corpo de mármore. Com ajuda de uma escavadeira hidráulica, a almofada metálica inflável desloca a bancada, fazendo com que a mesma se desprenda da rocha, indo ao chão. Para reduzir o impacto da queda e, conseqüentemente, a possibilidade da bancada de mármore se quebrar, o chão é forrado com pó de brita.

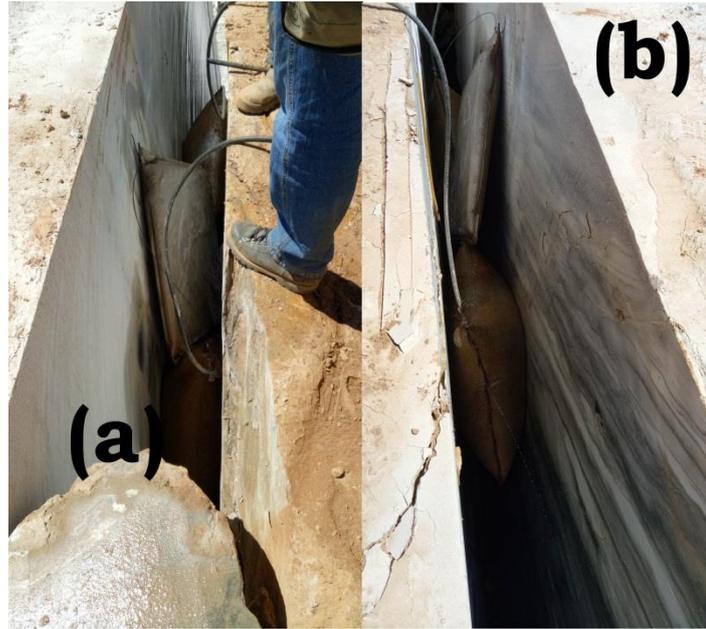


Figure 8: (a) almofada colocada vazia (b) almofada metálica inflada com água

Já no chão, o mármore recebe novo corte com fio diamantado, formando blocos que possuem em média 2 m de altura, 3,3 m de comprimento e 2 m de largura. A figura 14 mostra a frente de trabalho na mina Caeté, onde se vê ao fundo o material *in situ* e à frente os blocos já cortados em tamanho padrão para serem transportados para a serraria.



Figure 9: Mármore Marrom, ao fundo material *in situ* e à frente blocos prontos para serem transportados.

2.6 DA SERRARIA

Após serem extraídos na pedreira, os blocos são levados por caminhão para a serraria, onde passam por diferentes processos, a depender da destinação do material e da necessidade do mercado.

São duas serras mármore automatizadas. A primeira, CGP3000, pode trabalhar transformando os blocos em tiras ou produzindo blocos menores para que sejam produzidas tiras na segunda serra, a CB1600.

As tiras, mostradas na figura 15, são levadas a uma aparadora de bordas, onde recebem um novo corte antes de irem à politriz, máquina de operação mais complexa de polimento, na qual diferentes tipos de abrasivos são utilizados a depender do tipo de mármore e do destino que o material terá no mercado.

Feito o polimento, as tiras podem ser estocadas como produto acabado ou serem submetidas a dois diferentes equipamentos de corte. No caso da produção de ladrilhos, é utilizada a Serra Multidiscos. Já a CR Plus, é um equipamento mais complexo, pode ser programado para produzir cortes em diferentes direções, produzindo vários tipos de peças, são eles dormentes, paralelos, tijolos, tacões, tábuas ou telhas.

Existe ainda, uma polidora de bordas, que é utilizada em alguns casos particulares quando exigido pelo cliente para realizar acabamento nas faces externas do mármore.



Figure 10: Exemplo de tira na serraria

Fonte: Souza, 2018.

2.7 DO CONTROLE OPERACIONAL

Segundo Azevedo (2007),

Obter-se uma ferramenta padronizada e simplificada para se chegar a um planejamento eficiente, seja de uma lavra de mina, seja na exploração e produção de petróleo, pode significar um grande avanço para estes setores, pela possível redução de custos, aumento da segurança e prevenção de falhas de todo processo. Por ser padronizada, ela poderá ser estudada nas escolas e empresas, e posta em prática com muito mais facilidade. (AZEVEDO, 2007).

Azevedo (2007) explica, ainda, em seu trabalho, que a elaboração de ferramenta para controle operacional é determinante para se chegar a futuros avanços no processo, uma vez que esta ferramenta trata da construção de um banco de dados para que se torne possível o conhecimento e a realização de projetos de melhoria dentro do empreendimento.

O presente trabalho buscou construir a “ferramenta padronizada e simplificada” descrita por Azevedo. Na sequência do trabalho serão detalhados os princípios dessa ferramenta de controle operacional, sua aplicação, funcionamento, o modelo de monitoramento, bem como as variáveis definidas como interesse para a Petraminas Mármore.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa objeto de estudo, denominada Petraminas Mármore LTDA, tem sede no município de Barroso/MG, destacado no mapa mostrado na figura 1. Está localizada à cerca de 200km de distância da capital Belo Horizonte, entre as cidades de Barbacena e São João Del Rei, e é cortado pela rodovia BR 265. Localizada dessa forma dentro do antigo circuito Trilha dos Inconfidentes, integrando a Estrada Real.

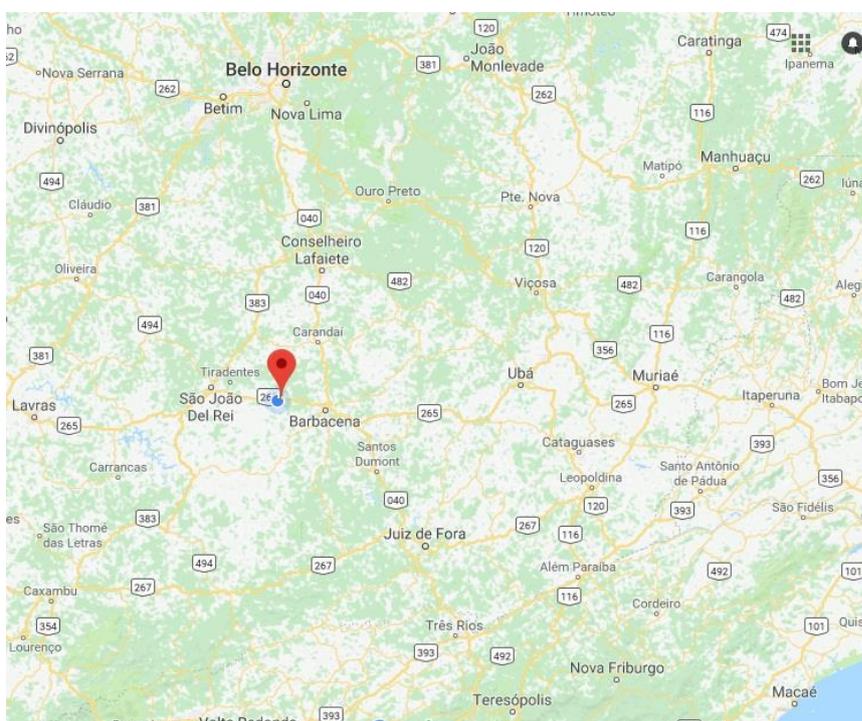


Figure 11: Localização do município de Barroso/ MG.

Fonte: Google Maps, 2018

Segundo EBERT (1967), citado por DIAS (2009), a região geoeconômica do Campo das Vertentes, onde a empresa se situa, está geologicamente inserida no Grupo São João del-Rei, fazendo parte da Formação Barroso, cuja composição carbonática metassedimentar (calcários), com idade datada da era Proterozóica, sendo que estes calcários estão sobrepostos ao embasamento granitóide/gnáissico de idade arqueana.

A mina objeto de estudo, propriedade da Petraminas Mármore, encontra-se no distrito de Caetés, com área de 20 ha e possui concessão de lavra adquirida por transferência total

efetivada (cessão total de direitos minerários) em 08 de abril de 2013. A figura 2 mostra a vista aérea da mina Caeté.



Figure 12: Vista aérea Mina Caeté.

Fonte: Google Maps, 2018

3.2 MODELO ATUAL DE OPERAÇÃO

Na mina Caeté, o corte na rocha é realizado por meio de fio diamantado, e os blocos são desmontados ao chão, que é forrado com pó de brita para redução do impacto, por meio de ação de almofadas infláveis. A parede é então cortada em blocos, sendo que os blocos provenientes do centro da parede são exportados e os demais, situados nas bordas, são levados à serraria para processamento e venda no mercado interno. A figura 3 mostra a frente de trabalho na mina caeté, destacando os blocos desmembrados.



Figure 13: Frente de lavra na mina Caeté, destacando os blocos desmembrados

A serraria, da empresa Petraminas, é localizada às margens da BR265, à pouco mais de 1 km de distância da entrada principal da cidade de Barroso, no sentido São João Del Rei. A figura 4 mostra a vista de satélite do local, sendo destacada a serraria as margens da rodovia e à direita a entrada para a cidade de Barroso.



Figure 14: Vista aérea da entrada da cidade de Barroso com destaque para a serraria da Petraminas Mármore

Fonte: Google Maps, 2019

Ali, chegando, os blocos de mármore são submetidos primeiramente aos processos de corte em duas serras com segmentos diamantados acoplados em seus dentes. Os produtos dessas serras são as tiras de mármore.

Essas tiras serão, então, submetidas a um novo corte em sua borda para conformação e posterior polimento em equipamento politriz.

As tiras de mármore propriamente ditas poderão ser produto final da serraria mas, também das tiras, poderão ser produzidos ladrilhos, dormentes, bloquetes, entre outros produtos, a depender do formato demandado pelo mercado. A definição do produto, define também a rota que o material irá tomar dentro do processo, isto é, os equipamentos de corte que serão utilizados para aquela tira especificamente.

Todas as rotas do processo e todos os equipamentos da serraria estão mostrados na figura 5 e serão estudados de forma aprofundada na sequência do presente trabalho.

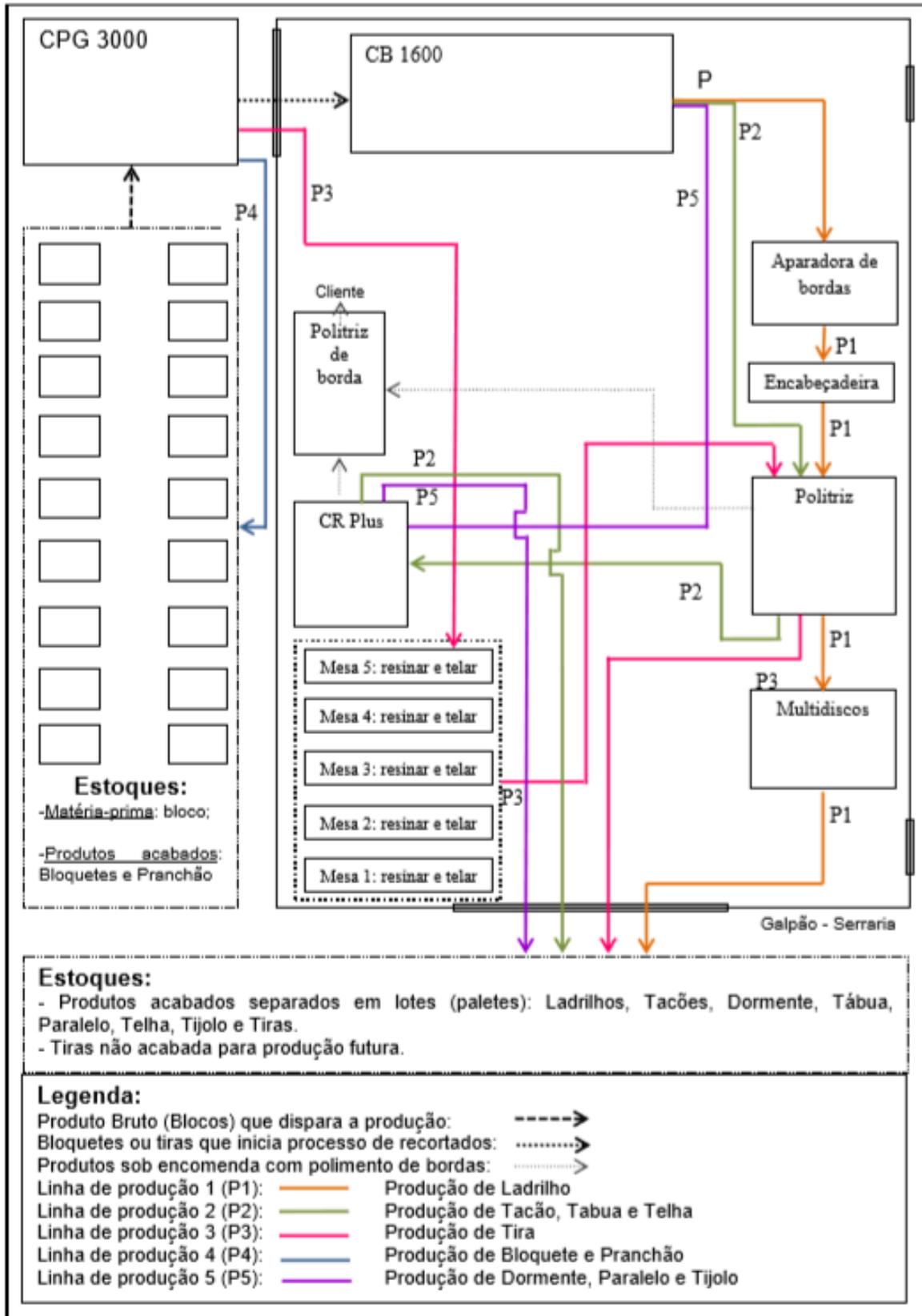


Figure 15: Layout funcional/por processo demonstrando o fluxo dos produtos entre as seções de acordo com seu próprio roteiro de produção.

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

Durante o mês de agosto de 2014, foram analisadas as atividades de serraria da Petraminas Mármore visando-se a elaboração de uma carta para controle operacional da mesma, isto é, uma ferramenta que permite mensurar produção, produtividade, custos e descartes intrínsecos aos processos de corte e polimento. Cada um dos processos de corte e polimento do mármore da Petraminas foram acompanhados visando-se entender o processo de corte como um todo e as peculiaridades de cada um dos equipamentos utilizados para se avaliar suas dificuldades e oportunidades de aprimoramento a fim de se elaborar um primeiro controle de produção da serraria da Petraminas Mármore.

Para isso, dividiu-se o trabalho nas seguintes etapas:

1) Observação e análise das atividades em cada um dos equipamentos:

Foram observadas as operações de cada um dos equipamentos da serraria da Petraminas Mármore, para se identificar todas as situações que apresentavam alteração entre as dimensões iniciais e finais no material e consumo dos elementos de desgaste. Observados os procedimentos, se tornou possível compreender de que forma se geravam perdas ao longo do processo, e assim, se definiram as variáveis de interesse para a elaboração do controle operacional da Petraminas Mármore. Estes elementos de interesse para cada um dos equipamentos são detalhados no capítulo 4.

2) Discussão com os operadores:

Como não seria possível aplicar um sistema automatizado de controle, foi necessário que os próprios operadores preenchessem manualmente as tabelas de controle de produção com os dados de interesse definidos na fase de análise. Por esse motivo, antes de se iniciar a elaboração das planilhas, foram discutidas maneiras de facilitar a compreensão do dito controle operacional por parte dos colaboradores e, principalmente, de forma que não gerasse grande trabalho para os mesmos.

3) Elaboração das planilhas:

Compilando as informações coletadas nas duas primeiras etapas citadas acima, foram elaboradas planilhas de controle operacional, atendendo as demandas, necessidades e peculiaridades de cada equipamento e atividade, o capítulo 4 apresenta todas as planilhas de forma detalhada.

4) Testes, ajustes e implantação:

Nesta fase, as planilhas foram distribuídas e os seus preenchimentos eram assistidos pelo gerente, supervisor e estagiário, de forma que dúvidas fossem sanadas e as falhas fossem corrigidas, assessorando assim, a adaptação dos colaboradores à nova ferramenta de controle.

5. DESENVOLVIMENTO

5.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Os dados foram colhidos essencialmente em campo. Junto aos operadores foi observado cada um dos processos e a forma como eram desenvolvidas as atividades de cada etapa do processo de lavra, e corte dos blocos de mármore. Visava à compreensão acerca da cadeia produtiva sobre as atividades que geram descarte, custo com materiais de desgaste, tempo mais elevado de realização.

O item 4.2, detalha os parâmetros observados em cada uma das etapas e analisa os dados que se julgaram necessários realizar o acompanhamento.

5.2 ANÁLISE CRÍTICA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

5.2.1 Disposição das pilhas de blocos de mármore

A primeira área observada foi o estoque de blocos de mármore no pátio externo à serraria. Oriundos da pedreira, os blocos de mármore, que seriam submetidos aos processos de corte e polimento eram dispostos de forma desorganizada formando pilhas, como pode ser observado na figura 16. Não era possível identificar nenhuma informação sobre os blocos e não havia nenhum padrão de separação entre os mesmos.



Figure 16: Disposição das pilhas de blocos de mármore na área externa da serraria

Observou-se que a escolha do bloco a ser processado demandava tempo, pois era preciso procurar por um bloco com o tipo de mármore desejado, com dimensões que atendessem às demandas para formação do produto desejado com a quantidade necessária.

Identificou-se então a necessidade de se conhecer o tipo de mármore de cada bloco da pilha, de qual frente de trabalho da pedra ele pertencia, há quanto tempo ele estava empilhado e suas dimensões.

5.2.2 CPG 3000

A CGP 3000, mostrada na figura 17, é um equipamento para corte longitudinal em mármore e granitos.

Segundo o Procedimento Operacional Padrão (POP): Manuseio do equipamento de corte CPG 3000, criado por SOUZA (2018):

Esta máquina possui três eixos lineares X, Y e Z que são controlados de uma forma eletromecânica, e podem trabalhar de forma automática. As guias e as junções móveis são cuidadosamente protegidas com resguardos. O avanço de corte pode ser ajustado de acordo com o material e espessura do material, e o corte será executado em várias passagens. (SOUZA, 2018).

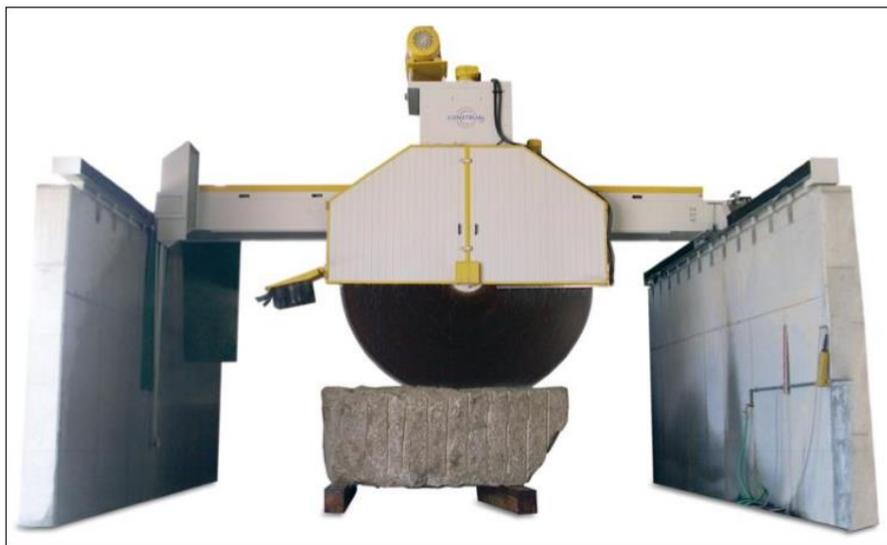


Figure 17: CPG 3000

Fonte: Souza, 2018.

Em resumo, a CGP é programada para realizar corte longitudinal, sendo programada para se deslocar nos eixos X, Y e Z e, pode ter duas aplicações: alinhar as faces dos blocos de mármore, isto é, corta e descarta fatias irregulares nas faces do bloco, ou corta um bloco em tiras.

Desta forma, a análise realizada foi de que era necessário se manter controle sobre o volume descartado de material em metros cúbicos no equipamento e de sua produtividade em metros cúbicos de mármore produzido por hora.

Também se determinou a necessidade de controle do desgaste de segmento diamantado que é aplicado à lâmina da serra.

Para realizar os acompanhamentos citados, elaborou-se duas planilhas de controle do equipamento, uma para o corte das extremidades de blocos, exemplificada na tabela 1, e outra para a produção de tiras, exemplificada na tabela 2.

Tabela 1: Controle operacional para CGP 3000 - Produção de blocos

		Controle Operacional												Revisão						
		Unidade: Fábrica	Supervisor:	Operador:	Data:	Equipamento: CGP 3000								1						
Informações Gerais												Funcionamento 1: Produção de Blocos								
Data	Tipo de Marmore	Lote	Posição	x (m)	y (m)	z (m)	nº de cortes	Hora de Início da Operação	Hora de Término da Operação	Atrasos	Tempo efetivo de Operação	Tempo total de operação	x final (m)	y final (m)	z final (m)	Volume Inicial (m³)	Volume Final (m³)	Volume descartado (m³)	Prod. Efetiva (m³/h)	
11/ago	Branco	MBF1-100814B1	1º	1	2,3	1,5	2	8	10,5	0,1	2,4	2,5								
			2º	1	2	1,2	2	11	12	0,25	0,75	1								
11/ago	Branco	MBF1-100814B2	1º	1,3	2,8	1,2	2	13	16	0,5	2,5	3								
			2º	1,3	2,6	1	2	16	17	0,1	0,9	1		1,3	2,5	1	4,37	3,25	1,12	0,96
12/ago	Branco	MBF1-100814B1	1º	1,2	3	1,6	2	8	11	0,5	2,5	3								
			2º	1,2	3	1,4	2	11	13	0,5	1,5	2		1,2	2,9	1,4	5,76	4,87	0,89	1,218
13/ago	Branco	MBF1-100814B2	1º	1,2	3	1,6	2	8	11	0,5	2,5	3								
			2º	1,2	3	1,4	2	11	13	0,5	1,5	2		1,1	3	1,4	5,76	4,62	1,14	1,155

Volume Inicial (m³)	19,34
Volume Final (m³)	15,602
Volume descartado (m³)	3,736
% Descartada	19%
Horas efetivas	14,55
Horas trabalhadas	17,5
Prod. Efetiva (m³/h)	1,07
Prod. Global (m³/h)	0,89

Altura inicial do segmento diamantado:	13,2
Altura final do segmento diamantado:	13,1
Valor do segmento diamantado	R\$ 100,00
Gasto com segmento diamantado	R\$ 300,00

Tabela 2: Controle operacional para CGP 3000 - Produção de tiras

		Controle Operacional												Revisão					
		Unidade: Fábrica	Supervisor:	Operador:	Data:	Equipamento: CGP 3000								1					
Informações Gerais												Funcionamento 2: Produção Tiras							
Data	Tipo de Marmore	Lote	x (m)	y (m)	z (m)	Hora de Início da Operação	Hora de Término da Operação	Atrasos	Tempo efetivo de Operação	Tempo total de operação	Espessura das tiras (cm)	nº de tiras	Volume Inicial (m³)	Volume Final (m³)	Volume descartado (m³)	Prod. Efetiva (m³/h)			
12/ago	Branco	MBF1-100814B1	1,2	3	0,8	14	17	0,25	2,75	3	10	7	2,88	2,52	0,36	0,84			
13/ago	Branco	MBF1-100814B2	1	2,9	1,2	14	17	0	3	3	11	10	3,48	3,19	0,29	1,06			

Volume Inicial (m³)	6,36
Volume Final (m³)	5,71
Volume descartado (m³)	0,65
Área produzida (m²)	54,2
% Descartada	10%
Horas efetivas	5,75
Horas trabalhadas	6
Prod. Efetiva (m³/h)	0,99
Prod. Global (m³/h)	0,95

5.2.3 CB 1600

A CB1600, mostrada na figura 18, se diferencia da CGP 3000 unicamente pelo menor porte. Os funcionamentos e propriedades de corte são basicamente os mesmos. Sendo assim, a análise foi basicamente a mesma e se definiram os mesmos parâmetros de controle.

Há também uma diferença na aplicação, este equipamento de menor porte é aplicado exclusivamente na produção de tiras de mármore, não sendo utilizado então, no corte de superfície irregulares para descarte como a CGP 3000.



Figure 18: CB 1600

Fonte: Souza, 2018.

A tabela 3 apresenta a planilha de controle operacional desenvolvida para o equipamento CB1600.

Tabela 3: Controle operacional para CB 1600

		Controle Operacional														
		Unidade: Fábrica				Supervisor:				Operador:		Data:				
Equipamento: CB 1600																
Informações Gerais											Produção de Tiras					
Data	Tipo de Mármore	Lote	x (m)	y (m)	z (m)	Hora de Início da Operação	Hora de Término da Operação	Atrasos	Tempo efetivo de Operação	Tempo total de Operação	Espessura das tiras (cm)	numero de tiras	Volume Inicial (m³)	Volume Final (m³)	Volume descartado (m³)	Prod. Efetiva (m³/h)
12/ago	Branco	MBF1-100814B3	1	2	1,2	14	17	0	3	3	10	10	2,4	2,0	0,4	20,0
13/ago	Branco	MBF1-100814B4	1,3	2,5	1	14	17	0,1	2,9	3	8	11	3,3	2,9	0,4	35,8
									0				0	0	0	0
									0				0	0	0	0
Altura inicial do segmento diamantado:		13,2	Altura final do segmento diamantado:		13,1	Valor do segmento diamantado		R\$	100,00	Gasto com segmento diamantado		R\$	160,00			

Volume Inicial (m³)	5,7
Volume Final (m³)	4,9
Volume descartado (m³)	0,8
Área produzida (m²)	55,8
% Descartada	14%
Horas efetivas	5,9
Horas trabalhadas	6,0
Prod. Efetiva (m³/h)	0,8
Prod. Global(m³/h)	0,8

5.2.4 Aparador de bordas

O aparador de bordas, como o próprio nome indica, realiza cortes nas bordas das tiras quando necessário, deixando os mesmos com a dimensão ideal para adentrar à politriz. Trata-

se de uma serra de pequeno porte que trabalha em uma única direção, e dessa forma, entendeu-se como necessário controlar apenas a dimensão da borda a ser aparada e o desgaste no segmento diamantado.

A tabela 4 apresenta a planilha de controle operacional desenvolvida para o equipamento Aparador de bordas.

Tabela 4: Controle operacional para aparador de bordas

Data		Tipo de Mármore		Lote		nº de tiras		x (m)		y (m)		Quantidade cortada na borda (cm)		Hora de início da operação		Hora de Término da Operação		Atrasos		Tempo total de operação		Tempo efetivo de Operação		Área Inicial (m²)		Área Final (m²)		Área Descartada (m²)		Produtividade Efetiva (m²/h)	
12/ago	Branco	MBF1-10081483	10,00	1,00	2,00	10,00	14,00	15,00	0,00	1,00	1,00	20,00	19,00	1,00	19,00																
13/ago	Branco	MBF1-10081484	11,00	1,30	2,50	20,00	14,00	16,00	0,00	2,00	2,00	35,75	32,89	2,86	16,45																
										0,00	0	0	0	0																	
										0,00	0	0	0	0																	

Área Inicial (m²)	55,75
Área Final (m²)	51,89
Área descartado (m²)	3,86
% Descartada	7%
Horas efetivas	3,00
Horas trabalhadas	3,00
Prod. Efetiva (m²/h)	17,30
Prod. Global (m²/h)	17,30

Altura inicial do segmento diamantado:	13,5
Altura final do segmento diamantado:	13,5
Valor do disco diamantado	R\$ 100,00
Gasto com disco diamantado	R\$ -

5.2.5 Politriz de tapete

A Politriz de tapete (PTM), mostrada na figura 19, é um equipamento composto por doze cabeças giratórias, e um ventilador que realiza secagem da peça de mármore para avaliação do polimento realizado. Cada uma dessas cabeças possui um painel de controle individual, pelo qual pode ser programada a força que essa cabeça aplicará sobre o mármore. Há também o painel de controle geral da PTM, pelo qual se programa a movimentação do tapete (avanço, recuo ou parado), bem como sua velocidade.



Figure 19: Politriz de Tapete

Fonte: Souza, 2018.

As duas primeiras cabeças são diamantadas e realizam a calibração do mármore, isto é, nivelam a peça, deixando sua superfície uniforme. Nas demais cabeças pode-se optar pelo encaixe de abrasivos ou escovas. De modo geral, primeiro se utiliza os abrasivos para dar polimento e em seguida as escovas para finalização das peças.

Diferentes tipos de abrasivos e escovas são adaptados ao equipamento, muitas vezes diferentes tipos são usados de forma conjunta. O polimento é dado pelo atrito do mármore com os materiais citados, que também sofrem desgaste por abrasão e com o tempo precisão ser descartados.

Observou-se então a necessidade em se controlar o gasto com esses materiais de desgaste, e a alta rotatividade na utilização dos mesmos resultou em uma dificuldade para análise constante desse desgaste. Dessa forma, se definiu como padrão que todos os abrasivos e escovas seriam medidos ao fim da semana de trabalho, para isso se desenvolveu a planilha de controle de desgaste de abrasivos e escovas, mostrada na tabela 5.

Tabela 5: Controle operacional - desgaste de elementos na poltriz de tapete

Controle Operacional										
		Unidade: Fábrica			Supervisor:			Operador:		Data:
Equipamento: Poltriz										
Calculo de Desgaste de Abrasivos										
Tipo do Abrasivo	nº de abrasivos gastos por completo	Abrasivos gastos Parcialmente					Valor do jogo de abrasivos	gasto total com abrasivo		
		H inicial (cm)	H final (cm)	ΔH (cm)	H do abrasivo novo	% gasta do abrasivo				
Tipo 1	1	13	12,8	0,2	13	1,5%	R\$ 25,00	R\$ 25,38		
Tipo 2	0	14	11,2	2,8	14	20,0%	R\$ 40,00	R\$ 8,00		
Tipo 3	0	15	12,5	2,5	15	16,7%	R\$ 33,00	R\$ 5,50		
Tipo 4	1	14	13,5	0,5	14	3,6%	R\$ 47,00	R\$ 48,68		

Calculo de Desgaste de escovas			
Tipo de escova	nº de escovas gastos por completo	Valor do jogo de escovas	gasto total com escova
Tipo 1	1	15	15
Tipo 2	0	18	0
Tipo 3	2	12	24

Fechamento de Gastos	
Gasto total com abrasivos	R\$ 87,56
Gasto total com escovas	R\$ 39,00

A produtividade da máquina também foi definida como informação de interesse e para isso se desenvolveu a planilha de controle da PTM, mostrada na tabela 6. Nesta tabela, faz-se calculo de produtividade a partir das dimensões da tira.

Tabela 6: Controle Operacional para Poltriz de tapete

Controle Operacional											
		Unidade: Fábrica		Supervisor:			Operador:			Data:	
Equipamento: Poltriz											
Data	Tipo de Mármore	Lote	nº de tiras	Comprimento (m)	Largura (m)	Hora de Início da Operação	Hora de Término da Operação	Atrasos	Tempo efetivo de Operação	Area Produzida (m²)	Prod. Efetiva (m²/h)
12/ago	Branco	MBF1-100814B3	10	1	1,9	15	17	0,25	1,75	19,00	10,86
13/ago	Branco	MBF1-100814B1	7	1,2	3	7	10	0	3	25,20	8,40
13/ago	Branco	MBF1-100814B2	10	1	2,9	10,5	13	0	2,5	29,00	11,60
14/ago	Branco	MBF1-100814B4	11	1,3	2,3	7	10	0,5	2,5	32,89	13,16

Area Total Produzida (m²)	Horas efetivas	Produtividade Efetiva (m²/h)	Horas trabalhadas	Produtividade Global (m²/h)
106,09	9,75	10,88	5,00	21,22

5.2.6 Corte final – CR Plus e Serra Multidisco

A máquina de corte transversal multidisco com 5 cabeças (Multidiscos), mostrada na figura 20, transforma as tiras de mármore em ladrilhos. Trata-se de equipamento de corte que pode ser ajustado de acordo com o tamanho do ladrilho que se deseja produzir, executando, em uma única passagem os cortes com os cinco discos.

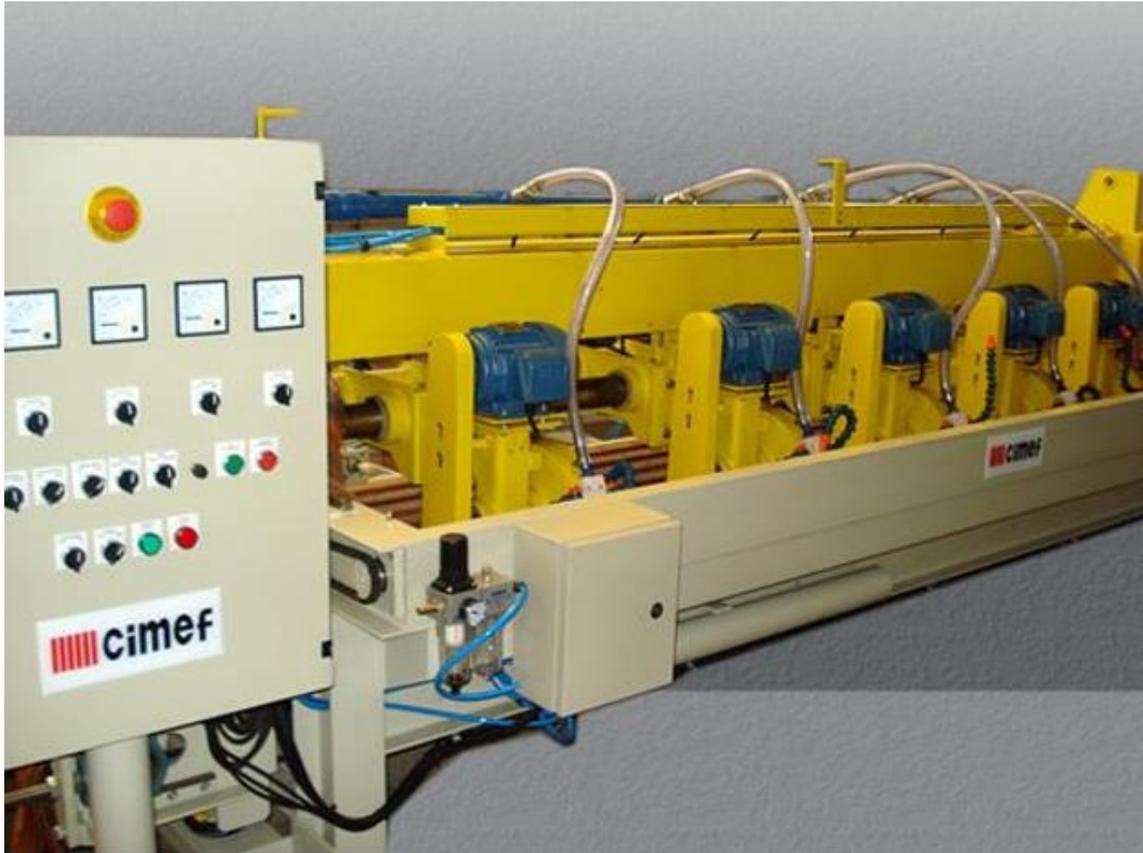


Figure 20: Serra Multidiscos

Fonte: Souza, 2018.

Neste equipamento definiu-se como interesse as dimensões da tira inicial e dos ladrilhos finais, bem como o numero de ladrilhos produzidos e o desgaste dos segmentos diamantados presentes nos discos. A tabela 7 mostra a planilha de controle operacional desenvolvida para a Serra Multidisco.

Tabela 7: Controle Operacional para Serra Multidisco

Controle Operacional																		
Unidade: Fábrica			Supervisor:						Operador:				Data:					
Equipamento: Serra Multi Discos																		
Data	Tipo de Mármore	Lote	nº de tiras	Comprimento (m)	Largura (m)	Hora de Início da Operação	Hora de Término da Operação	Atrasos	Tempo total de Operação	Tempo efetivo de Operação	nº ladrilhos produzidos	Comprimento do ladrilho (m)	Área Inicial (m²)	Área Produzida (m²)	Área Descartada (m²)	Prod. Efetiva		
13/ago	Branco	MBF1-100814B1	7	1,2	3	11	12,5	0	1,5	1,5	14	0,58	25,20	24,36	0,84	16,24		
14/ago	Branco	MBF1-100814B2	10	1	2,9	9	11	0	2	2	19	0,5	29,00	27,55	1,45	13,78		
									0				0,00	0,00	0,00			
Área inicial (m²)			Área Produzida (m²)			Área Descartada (m²)			% Descartado		Horas efetivas		Horas trabalhadas		Produtividade Efetiva (m²/h)		Produtividade Global (m²/h)	
54,20			51,91			2,29			4%		3,50		3,50		14,83		14,83	
Altura inicial do segmento diamantado:		14	Altura final do segmento diamantado:		13,8	Valor do segmento diamantado				RS 100,00	Gasto com segmento diamantado		RS	320,00				

Já a CR Plus, possui operação mais complexa. O equipamento pode ser programado para cortar em duas dimensões e trabalha de forma automática. O operador posiciona o mármore e programa o corte. A figura 21 mostra a CR Plus.



Figure 21: CR Plus

Neste equipamento, julgou-se como interesse as dimensões e os números de peças iniciais e finais para cálculo de produtividade. A tabela 8 mostra a planilha de controle operacional desenvolvida para a CR Plus.

Tabela 8: Controle operacional para CR Plus.

 Controle Operacional																	
Unidade: Fábrica		Supervisor:				Operador:						Data:		Revisão 1			
Equipamento: CR Plus																	
Data	Tipo de Mármore	Lote	Comprimento (m)	Largura (m)	nº de tiras	Hora de Início da Operação	Hora de Término da Operação	Atrasos	Horas trabalhadas	Tempo efetivo de Operação	nº peças produzidas	Comprimento final (m)	Largura final (m)	Área inicial (m²)	Área Produzida (m²)	Área Descartada (m²)	
13/ago	Branco	MBF1-100814B3	1	1,9	10	8	12	0,25	4	3,75	75	0,5	0,5	19,00	18,75	0,25	
14/ago	Branco	MBF1-100814B4	1,3	2,3	11	13	17	0,15	4	3,85	62	1	0,5	32,89	31,00	1,89	
										0				0,00	0,00		
Área Inicial (m²)			Área Produzida (m²)			Área Descartada (m²)			% Perda	Horas trabalhadas	Horas trabalhadas	Produtividade Efetiva (m²/h)		Horas totais de trabalho		Produtividade Global (m²/h)	
51,89			49,75			2,14			4%	7,6	8,0	6,5		8		6,2	
Altura inicial do segmento diamantado:		14	Altura final do segmento diamantado:		13,8	Valor do segmento diamantado		R\$ 410,00	Gasto com segmento diamantado			R\$ 1.312,00					

5.2.7 Polidora de bordas

A polidora de borda, mostrada na figura 22, possui funcionamento muito similar ao da politriz de tapete, porém neste equipamento o acabamento é feito unicamente nas bordas

frontais da peça de mármore. Só é utilizada sob encomenda, isto é, quando o acabamento nas bordas é especificação do cliente.



Figure 22: Polidora de bordas

Fonte: Souza, 2018.

Para este equipamento, se fez necessário o acompanhamento de produtividade e desgaste de abrasivos. A tabela 9, mostra a planilha de controle operacional desenvolvida para a polidora de bordas.

Tabela 9: Controle operacional para polidora de bordas

		Controle Operacional									
		Unidade:	Supervisor:	Operador:	Data:						
		Fábrica									
Equipamento: Polidora de Bordas											
Data	Tipo de Mármore	Lote	Numero de Peças	Comprimento (m)	Largura (m)	Hora de Início da Operação	Hora de Término da Operação	Atrasos	Tempo efetivo de Operação	Area Produzida (m ²)	
13/ago	Marrom	MMF1-060814B3	5	1,5	0,8	13	17	0,25	3,75	6,00	
14/ago	Marrom	MMF1-060814B4	2	2	0,5	14	17	0,5	3	2,00	
									0	0,00	
									0	0,00	
									0	0,00	
Area Total Produzida (m ²)			Horas efetivas		Produtividade Efetiva (m ² /h)		Horas trabalhadas		Produtividade Global (m ² /h)		
8,00			6,75		1,19		7,50		1,07		
Tipo do Abrasivo	nº de abrasivos gastos por completo	Abrasivos gastos Parcialmente					Valor do jogo de abrasivos	gasto total com abrasivo			
		H inicial (cm)	H final (cm)	ΔH (cm)	H abrasivo novo	% gasta do abrasivo					
Tipo 1	1	3	2,9	0,1	3	3%	R\$ 20,00	R\$ 20,67			
Tipo 2	2	3,4	3,2	0,2	3,4	6%	R\$ 33,00	R\$ 67,94			
Tipo 3	1	3,5	3,4	0,1	3,5	3%	R\$ 28,00	R\$ 28,80			
Total:								R\$ 117,41			

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Evidentemente, é imprescindível nos dias de hoje que um processo produtivo seja bem controlado e medido. A utilização de softwares e programas de gestão é praticamente obrigatória dentro dos processos de grandes empresas. Porém, para produções de menor escala (minerações de pequeno porte, no caso) a realidade se mostra bastante diferente e nem sempre é possível contar com tal tecnologia.

A proposta de um controle, ainda que manual, por meio de parte diária elaborada para preenchimento por parte dos operadores, possibilita o melhor entendimento da produção, produtividade, perdas e custos do processo.

Primeiramente, definiu-se um modelo de identificação de lotes de blocos de mármore, levando em conta o tipo do mármore, a frente do qual ele foi lavrado na mina, a data da lavra e a numeração do bloco. Desta forma, foi proposto como sugestão de melhoria futura, uma realocação das pilhas de blocos de mármore na serraria, de acordo com estes parâmetros.

A partir do mapa de processo, entendeu-se que a alimentação da serraria seria contabilizada pela alimentação da CGP 3000 e que sua produção deveria ser contabilizada pela equação a seguir:

$$Pt = Pm + Pc + (Pp - Am - Ac)$$

Sendo:

Pt = Produção total

Pm = Produção da serra multidiscos

Pc = Produção da CR Plus

Pp = Produção da Politriz

Am = Alimentação da serra multidiscos

Ac = Alimentação da CR Plus

Uma vez que a decisão de rota de processo adotada é feita a partir do produto final que se deseja (ladrilho, tira, bloquete, entre outros), calculada a produção de cada equipamento, também se detém a quantidade produtos provenientes de cada linha de produção descrita no mapa de processos.

A partir das planilhas elaboradas para cada um dos equipamentos e mostradas no capítulo 4, tornou-se possível compilar os dados e obter um quadro resumo com os resultados, mostrado na tabela 10.

Tabela 10: Quadro resumo do controle operacional da serraria

 Controle Operacional													
Unidade: Fábrica		Supervisor:		Mês e ano:			Período:		Revisão 1				
Planilha Controle													
Controle Geral de Produção da Fábrica													
Volume Inicial (m³)	Volume descartado serras (m³)	Volume Produzida serras (m³)	Produção de tiras (m²)	Área final produtos (m²)	Área descartada (m²)	% descartada	Produtividade efetiva (m²/h)	Produtividade global (m²/h)					
19,34	5,18	14,16	109,95	101,66	8,29	34%	7,79	5,65					
Controle Geral de gastos da Fábrica													
Gasto total com abrasivos		Gasto total com escovas		Gasto total com segmentos diamantados		Gasto total com Material		Gasto total com pessoal		Gasto energético		Gasto total / m² produzido	
R\$ 168,56		R\$ 39,00		R\$ 61,58		R\$ 269,14		R\$ 163,00		R\$ 100,00		R\$ 5,23	

O projeto resultou em ganhos organizacionais para a empresa, possibilitando um melhor controle dos indicadores chave do processo em questão. As planilhas mostradas seriam entregues semanalmente e, a partir delas, manteria-se um controle de produção e de custos.

7. CONCLUSÃO

A importância de um controle operacional de produção, de descartes e de custos está cada vez mais evidente até mesmo quando se trata de pequenas empresas. Mesmo em pequenas movimentações, com poucas máquinas e colaboradores se encontram grandes desvios nos números produzidos quando não se realiza um acompanhamento dos processos desenvolvidos. O ganho do presente estudo é de caráter organizacional, isto é, foram criadas ferramentas para mensurar os desvios de cada uma das etapas do processo a fim de se realizar uma análise do processo como um todo.

A contabilização de produção, produtividade, descartes e custos que se possibilitou realizar através do uso de planilhas de controle mostradas no trabalho. Elas podem ser utilizadas para averiguar o desempenho de cada uma das etapas e, conseqüentemente, avaliar possíveis *gaps* a serem aprofundados e sanados, gerando uma melhora na economicidade do empreendimento.

A contabilização da massa que é descartada, por exemplo, possibilita a futura realização de estudos para o melhor aproveitamento dos blocos de mármore ou mesmo para o reaproveitamento dos descartes.

O trabalho apresentado desenvolveu ferramentas que possibilitam à empresa criar uma base de dados que fornecerá um melhor conhecimento de seu processo, isto é, uma base sobre a qual se podem-se apoiar estudos futuros para buscar melhorias no sistema estudado.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AZEVEDO, Ricardo Cabral de. **Modelo de gerenciamento de informações na cadeia de valor de mineração e de petróleo**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BERTOSSI, Leandro Guedes. **Modelagem geológica e avaliação dos recursos de calcário na jazida de Bom Jardim, município de Barroso, MG**. 2004. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.
- CUNHA, Kyller Richely Rocha. **Estudo de arranjo físico: um estudo de caso em uma indústria de beneficiamento de rochas ornamentais**. 2015. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário de Formiga.
- DIAS F. S. 2009. **Estudo do aquífero Carbonático da cidade de Barroso (MG) – Uma contribuição à gestão do Manancial subterrâneo**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais.
- QUALHANO, Miguel Ângelo Lima. **O arranjo produtivo local do setor de rochas ornamentais no município de Cachoeiro de Itapemirim–ES**. 2005. 113 f. 2005. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Universidade Cândido Mendes, Campos Dos Goytacazes–RJ.
- SILVA, A. C. et al. Solos do topo da Serra São José (Minas Gerais) e suas relações com o paleoclima no Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 28, n. 3, p. 455-466, 2004.
- SOUSA SILVA. **Mapeamento geológico da Mina Caeté, Barroso, MG – Mármore para Rocha Ornamental**. Petraminas Mármore, 2014. [Relatório Interno]
- SOUZA DE SENA, Itálo; MONTEIRO, Jeferson Andrade de. Considerações sobre a geologia e história da gruta casa da pedra, São João Del-Rei – MG. **Caderno de Geografia**, v.21, n.36, 2011.
- SOUZA, Laís. **Procedimento Operacional Padrão (POP): Manuseio da máquina de corte transversal com 5 cabeças**. Petraminas Mármore, 2018. [Procedimento Operacional Interno]

SOUZA, Laís. **Procedimento Operacional Padrão (POP):** Manuseio do equipamento Politriz de Tapete. Petraminas Mármore, 2018. [Procedimento Operacional Interno]

SOUZA, Laís. **Procedimento Operacional Padrão (POP):** Manuseio do equipamento de corte CB 1600. Petraminas Mármore, 2018. [Procedimento Operacional Interno]

SOUZA, Laís. **Procedimento Operacional Padrão (POP):** Manuseio do equipamento de corte CPG 3000. Petraminas Mármore, 2018. [Procedimento Operacional Interno]