



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS / FACULDADE DE GEOLOGIA

DIEGO ANTONIO FONTES DE AVILA

**Estudo de Caso da Pedreira de Granito para
Produção de Brita no Município de Muribeca/SE**

Belém – PA

2016

DIEGO ANTONIO FONTES DE AVILA

**Estudo de Caso da Pedreira de Granito para
Produção de Brita no Município de Muribeca/SE**

Monografia apresentada ao Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para conclusão da Pós-Graduação em Geologia de Minas e Técnicas de Lavra à Céu Aberto.

Data de aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

Banca examinadora:

Prof^a. Adriana Araújo Castro - Orientadora
Geóloga - Mestra em Geologia
Universidade Federal do Pará

Johélino Magalhães do Nascimento - Membro
Geólogo - Mestre em Geociências
Companhia de Desenvolvimento Econômico de Sergipe - CODISE

Valéria Marinho do Nascimento - Membro
Geóloga - Mestra em Geologia
Universidade Federal de Sergipe

Dedico essa conquista ao meu bem
mais precioso: minha família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, Criador e Mentor da vida, razão da minha existência.

Aos meus pais, Eliza e Ernane (In Memoriam) e aos meus irmãos, Vinicius e Sandrinha, que pelo seu amor por mim, é verdadeiramente a principal ajuda responsável por esta monografia e por todas as etapas e conquistas da minha vida.

Aos orientadores, Professora Mestra Adriana Araújo Castro, ao Professor Mestre Johélino Magalhães do Nascimento por terem aceitado me orientar, pelos ensinamentos, paciência e votos de confiança a qual considero fundamental na minha formação.

Aos amigos que fiz nas empresas Consentre e Mineração São Jorge, em especial ao engenheiro de minas Paulo Miguel dos Santos Filho, agradeço pela ajuda de sempre.

Aos professores e aos colegas que entraram junto comigo no curso e aos outros que conheci durante esses dois anos.

Enfim a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação.

RESUMO

A Pedreira São Jorge está localizada na zona rural do município de Muribeca (Se) e está instalada em um ponto estratégico para distribuição do minério da região (a 85 km de Aracaju, 210 km de Maceió e há 9 km da Rodovia Federal BR-101) importante corredor de escoamento de produtos do Nordeste brasileiro. Trata-se de uma mineradora de rocha granítica para produção de brita e é considerada uma das maiores pedreiras da região. O corpo granítico explorado pela Empresa faz parte do complexo de rochas intrusivas Granito Tipo Glória, que ocorre no Domínio Macururé da "Faixa de Dobramento Sergipana" (FDS). Analisou-se o método de lavra, os tipos equipamentos que fazem parte do maquinário da empresa e o ciclo de produção adotado por ela. O estudo realizado para a eficiência do ciclo de produção da Pedreira São Jorge é aplicável a qualquer empresa de mineração, independente do seu porte e volume de produção. Trabalhos de campo apontaram que há ociosidade nas máquinas e equipamentos na operação de transporte e carregamento, como também na unidade de britagem, ocasionando um aumento de custos na tonelada de minério produzido. Neste trabalho foram propostas mudanças na alocação das máquinas e caminhões e pequenas, mas significativas, melhorias nos equipamentos, o que possibilitará a diminuição da ociosidade, chegando próximo à zero, resultando no aumento dos lucros e diminuição dos custos.

Palavras-chave: Mineração a céu aberto, britagem de rocha granítica, carregamento e transporte, produtividade e custos.

ABSTRACT

A Pedreira São Jorge is located in the rural municipality of Muribeca (Ib) and is installed in a strategic point for distribution of ore in the region (85 km from Aracaju, 210 km from Maceio and there are 9 km of Federal Highway BR-101) important corridor flow of northeastern Brazil products. It is a granite rock mining for producing crushed stone and is considered one of the largest quarries region. The granitic body explored by the Company is part of the complex intrusive rocks Granite Type Glory, which occurs in Macururé Domain "Flexing range Sergipana" (FDS). We analyzed the mining method, the types equipment that are part of the company's machinery and the production cycle adopted by it. The study for the efficiency of the São Jorge Pedreira production cycle is applicable to any mining company, regardless of its size and production volume. Field work showed that there is idle capacity in machinery and equipment necessary for unloading and loading, as well as the crushing plant, causing an increase in costs produced ore. In this work we proposed changes in the allocation of machines and trucks and small but significant improvements in equipment, which will enable the reduction of idle, reaching close to zero, resulting in increased profits and lower costs.

Keywords: Opencast mining, crushing of granite rock, loading and transport and productivity and cost.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Pedreira São Jorge.	14
Figura 2. Esboço tectono-estratigráfico do Estado de Sergipe, após Santos <i>et al.</i> (2001). Com destaque para os domínios pertencentes a Faixa de Dobramento Sergipana.	21
Figura 3. Mapa Geológico do Município de Muribeca.	22
Figura 4. Afloramento do minério dentro da propriedade da empresa com destaque para vegetação típica da região agreste onde está situada a pedreira.	25
Figura 5. Detalhe da rocha granítica explotada na área. O corpo está bastante fraturado, inviabilizando a produção de granito ornamental.	25
Figura 6. Operação de sondagem, para calculo de reserva.	27
Figura 7. Frente de Lavra I, paralisada devido à baixa produção.	29
Figura 8. Frente de Lavra II (em operação).	29
Figura 9. Frente de Lavra III (Lavra paralisada).	30
Figura 10. Fotos dos equipamentos utilizados na Pedreira São Jorge. (A) - Carregadeira sobre rodas Standar, modelo Komatsu WA-200; (B) Escavadeira hidráulica, modelo Komatsu PC-200; (C e D) - Caminhões basculantes, modelo Mercedes-Benz; (E) - Carreta basculante modelo Ford Cargo; (F) - Caminhão basculante modelo Ford Cargo 2428.	32
Figura 11. Central de Britagem I (em operação).	33
Figura 12. Central de Britagem II (desativada).	34
Figura 13. Equipe colocando as dinamites nos furos para detonação.	36
Figura 14. Projeto do Plano de Fogo.	37
Figura 15. Perfuratriz trabalhando na execução dos furos para preparação do plano de fogo.	38
Figura 16. Caminhão caçamba sendo carregado na Frente de Lavra II.	41
Figura 17. Caminhão pipa umedecendo as vias de acesso.	42

Figura 18. Planta baixa da Unidade de Beneficiamento da Pedreira São Jorge.	46
Figura 19. Foto do Transportador de Correia (TC-1), Britador Primário e Alimentador Vibratório.	47
Figura 20. Central de Britagem, com destaque para o conjunto de Peneiras Vibratórias.	48
Figura 21. Central da britagem, com destaque para o Britador Cônico e as correias transportadoras.....	49
Figura 22. Pilhas de estoque ao fundo.....	50
Figura 23. Mapa de detalhe, apresentando todos os processos no DNPM que fazem parte da Pedreira São Jorge.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tempo médio para fazer um furo, e o tempo total para os 141 furos do plano de fogo.	39
Tabela 2. Equipamentos utilizados no transporte e carregamento do minério até a unidade de britagem	41
Tabela 3. Cálculo do tempo de transporte e carregamento da Mineração São Jorge.	43

LISTA DE SIGLAS

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral

PAE - Plano de Aproveitamento Econômico

PRAD - Plano de Recuperação de Área Degradada

RCA - Relatório de Controle Ambiental

SEMARH - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Sergipe

Sumário

CAPÍTULO I	13
1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	14
2 METODOLOGIA	15
2.1 Levantamento bibliográfico	15
2.2 Trabalho de campo.....	16
CAPÍTULO II	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
CAPÍTULO III	20
4 ESTUDO DA ÁREA.....	20
4.1 Caracterização geológica	20
4.1.1 Geologia Regional	20
4.1.2 Geologia local.....	24
CAPÍTULO IV.....	26
5 RESERVA MINERAL	26
6 MÉTODO DE LAVRA.....	27
6.1 Equipamentos móveis envolvidos nas operações.	30
6.2 Equipamentos fixos	33
CAPÍTULO V	35
7 CICLO DE PRODUÇÃO	35
7.1 Decapeamento.....	35
7.2 Plano de fogo	36
7.2.1 Execução do plano de fogo.....	38

7.3	Carregamento e transporte	40
7.4	Processo de britagem	44
7.4.1	Etapas da britagem	46
CAPÍTULO VI.....		51
8	DISCUSSÃO	51
9	CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		54
APÊNDICES		57
APÊNDICE A - Licenças da Mineração São Jorge perante o DNPM		57

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

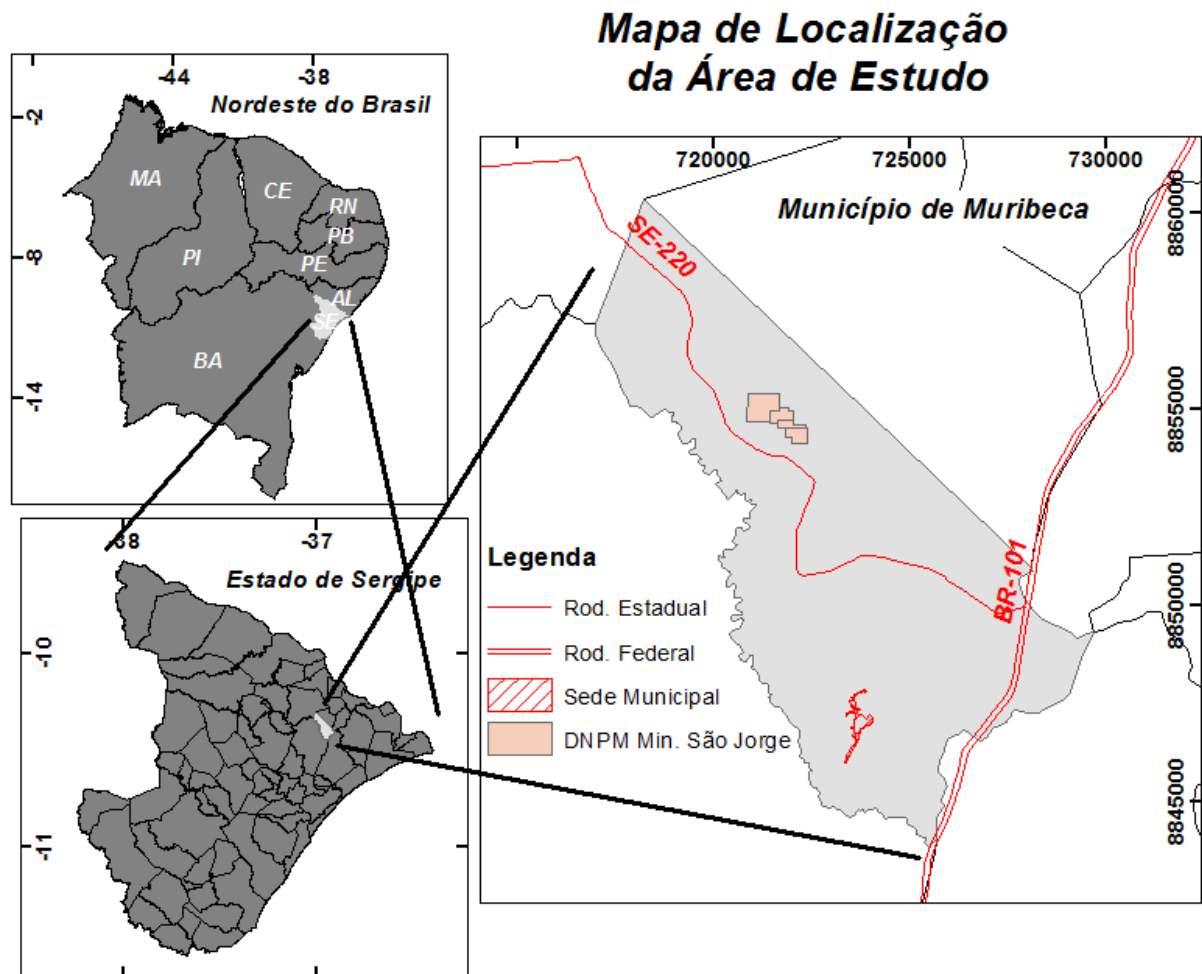
Original do agreste sergipano, a Pedreira São Jorge está localizada na zona rural do município de Muribeca, estado de Sergipe. Trata-se de uma mineradora de rocha granítica para produção de brita. A pedreira da empresa Mineração São Jorge está instalada em um ponto estratégico para distribuição do minério, a 85 km de Aracaju, 210 km de Maceió e há 9 km da Rodovia Federal BR-101, corredor principal de escoamento de produtos do Nordeste. Hoje, a Pedreira São Jorge é considerada uma das maiores pedreiras da região.

A empresa deu início à produção no ano de 2009 com a finalidade de fornecer brita para duplicação da Rodovia Federal BR-101, devido a um grande volume de minério necessário na obra, depois se buscou outros mercados, como os estados de Sergipe e Alagoas e alguns municípios do sertão baiano e pernambucano.

O minério explorado na pedreira trata-se de uma rocha granítica da Faixa de Dobramento Sergipana. O Granito Glória como é denominado, corresponde principalmente a granodioritos de cor cinza claro marcado por minerais máficos de cor verde escura.

Localizada no Povoado Saco das Varas, há 10 km da sede do município de Muribeca (figura 1), a pedreira possui licença para exploração de uma área de 45,91 hectares, onde produz mensalmente 20 mil metros cúbicos de granito. A brita produzida na São Jorge apresenta ótimos parâmetros para diversas obras da construção civil, como ferrovias, rodovias e pontes.

Figura 1. Localização da Pedreira São Jorge.



Fonte dos dados: SEMARH, 2015.

1.1 Objetivos

O objetivo principal desse trabalho é apresentar um funcionamento de empresa de mineração de produção de brita, descrevendo: os métodos de desmonte, carregamento, transporte e beneficiamento.

Como objetivos específicos podem ser citados:

- ✓ Apresentar o plano de fogo executado na Pedreira São Jorge para produção de brita que atenda a demanda de uma produção de 20.000 ton./mês.

- ✓ Calcular o tempo de carregamento e transporte do circuito frente de lavra - britador, identificando se existe ociosidade dos equipamentos, e apresentando possíveis melhorias.
- ✓ Apresentar um projeto de uma unidade de britagem com: decks de peneiras, britadores primário, secundário e terciário e as correias transportadoras.
- ✓ Encontrar a melhor utilização dos recursos limitados (máquinas e equipamentos) procurando determinar o uso otimizado de atividades ou recursos.
- ✓ Apresentar soluções viáveis para o melhoramento dos procedimentos e métodos utilizados na produção de brita.

2 METODOLOGIA

2.1 Levantamento bibliográfico

Nesta etapa foram consultadas teses, dissertações, artigos científicos, seminários e projetos que abordavam os temas de desmonte de rocha utilizando explosivos, o ciclo de produção e a relação tempo e movimento na mineração. Foram analisados os relatórios de pesquisa e os planos de aproveitamento econômico, apresentados ao DNPM da Pedreira São Jorge. Também foi pesquisada a geologia da região, com destaque para o Domínio Macururé e o Granito Tipo Glória, rocha a qual é explorada na pedreira em estudo.

Como base para elaborações dos mapas, utilizou-se o Mapa Geológico e dos Recursos Minerais do Estado de Sergipe, escala 1:250.000 da CPRM - Serviço Geológico do Brasil do ano de 2014 e o Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos do Estado de Sergipe do ano de 2015, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Sergipe - SEMARH.

2.2 Trabalho de campo

Foram feitas visitas semanais a pedreira durante o ano de 2016, com o objetivo de acompanhamento técnico e controle da produção. As análises foram voltadas para o ciclo completo de produção, método de desmonte, plano de fogo utilizado, operação/alocação de máquinas e caminhões, levantamento do tempo de carregamento e transporte que um caminhão basculante leva para fazer o trajeto da frente de lavra até a unidade de britagem e levantamento dos equipamentos utilizados na produção.

Todos os cálculos foram considerados através das medições feitas em campo, em dias sem chuvas. Em períodos chuvosos, o tempo desta operação pode aumentar. O fator humano também pode alterar o resultado final e a manutenção dos caminhões e máquinas é fundamental para manter o ciclo de produção com o máximo de eficiência.

CAPÍTULO II

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Estudos como esses são realizados para diminuir a ociosidade das máquinas e equipamentos, reduzindo os custos do produto final. Sendo assim, pode-se dizer que os estudos são realizados para aumentar a capacidade em horas produtivas (com eficiência normal), reduzindo as horas improdutivas, uma vez que, em geral, existem diferenças substanciais entre as horas disponíveis para o trabalho e as horas efetivas, ou seja, o tempo dedicado à transformação propriamente dita com eficiência razoável (Souza 2012).

Um dos métodos largamente utilizados na indústria mineira é a estimativa da capacidade de produção através dos indicadores de produção específicos de um determinado processo e/ou operação, bem como o dimensionamento da frota necessária para cumprimento de um determinado volume de produção. Estes indicadores de produção, se utilizados corretamente, podem, assim como a simulação computacional, estimar e comparar diferentes cenários de produção e custos, e selecionar aquela alternativa que maximize os resultados da empresa. Sendo assim, a estimação da capacidade produtiva com a utilização de indicadores de produção é um método bastante simplificado para representar as operações de lavra, mais especificamente, de carregamento e transporte, permitindo avaliar a viabilidade operacional do sistema de carregamento e transporte, reduzindo os custos e tornando o processo de tomada de decisão mais fundamentado à realidade da operação (Borges 2013).

As operações de carregamento e transporte são as mais críticas e complexas dentro dos processos de lavra, já que representam aproximadamente 60% dos custos operacionais entre todos os processos relacionados de acordo com Alvarenga, 1997; Costa *et al.*, 2005; Rodrigues, 2006, *apud* Quevedo (2009).

Segundo Quevedo (2009), o processo de carregamento e transporte tem grande efeito no desempenho econômico de uma mina uma vez que envolve um alto custo de capital investido e custo operacional. Para Çetin (2004), este custo elevado se deve ao grande investimento que se requer para aquisição de equipamentos de

carga e transporte, assim como os outros recursos, tais como pessoal, combustível e custo de manutenção dos equipamentos. Os recursos financeiros e humanos poderiam ser melhor alocados se houvesse um correto dimensionamento da frota de equipamentos, visando maximizar a sua produção relacionada ao melhor custo-benefício, minimizando os custos totais e unitários de carregamento e transporte (Borges 2013).

Além disso, o controle da produção e dos custos operacionais é essencial na organização de um empreendimento, influenciando sobre os rendimentos, condições de trabalho, aproveitamento da mão de obra e da máquina (Machado 1984).

Muitas vezes, a locação de máquinas e caminhões, que operam na frente de uma mina de pequeno porte, é realizada pelo encarregado da mina. Este, para tentar diminuir os custos, coloca um número pequeno de equipamentos para operar ou – até mesmo no objetivo de aumentar a produção – coloca um número excessivo de caminhões e máquinas, gerando ociosidade no ciclo de produção.

O objetivo essencial de estudos como esses é determinar o período necessário para a realização de uma atividade definida, estabelecida por método racional e executada em cadência normal por uma pessoa qualificada e habituada a determinada técnica. Segundo Barnes (1977), esses tipos de análises traz os seguintes objetivos:

a) Desenvolver um método apropriado: O que se pretende é projetar um sistema, uma sequência de operações e procedimentos que mais se aproximem da solução ideal.

b) Padronizar a operação: Após encontrar o melhor método para executar uma operação, este deve ser padronizado. Normalmente, a tarefa é dividida em trabalhos ou operações específicas, as quais serão descritas em detalhe nos capítulos seguintes.

c) Determinar o tempo padrão: O estudo de movimentos e de tempos poderá ser usado para determinar o número padrão de minutos que uma pessoa qualificada, devidamente treinada e com experiência, deverá gastar para executar uma tarefa trabalhando normalmente. Este tempo padrão, poderá ser utilizado no planejamento e na programação da estimativa de custos ou do controle de custos de mão de obra.

d) Treinar o operador: O método mais eficiente de trabalho tem pouco valor, a menos que seja aplicado na prática. É necessário treinar o operador para executar a operação de maneira pré-estabelecida.

CAPÍTULO III

4 ESTUDO DA ÁREA

4.1 Caracterização geológica

4.1.1 Geologia Regional

A geologia regional da área em estudo é descrita por rochas metamórficas, denominada por Neves (1975) de "Faixa de Dobramento Sergipana" (figura 2) e por rochas ígneas intrusivas pós-tectônicas denominadas de Granitos Tipo Glória. Segundo o pesquisador Brito Neves (1975), a orógeno se desenvolveu no Ciclo Brasileiro pela colisão entre o Maciço Pernambuco-Alagoas e o Cráton do São Francisco, resultando na amalgamação de diversos domínios tectônicos. Estas rochas estão em contato com rochas sedimentares da Bacia Sergipe-Alagoas e estão cobertas por sedimentos recentes, associados à deriva litorânea e aportes fluviais do período quaternário (figura 3).

A grande variedade de rochas e de aspectos estruturais dos terrenos da faixa de dobramento sergipana, fez com que vários pesquisadores (por exemplo, Santos *et al.* 2001) a subdividissem em seis domínios geológicos distintos. Os contatos entre esses domínios são bem marcados e feitos por falhas de cavalgamento. Nos domínios de Estância e Vaza-Barris, que são afetados por metamorfismo regional de muito baixo grau, não se têm expressões ígneas importantes. Nos outros domínios – Macururé, Marancó, Poço Redondo e Canindé-, podem ser encontrados granitos e gabros, sendo que os granitos são os tipos mais abundantes (Lisboa 2014).

Figura 2. Esboço tectono-estratigráfico do Estado de Sergipe, após Santos *et al.* (2001). Com destaque para os domínios pertencentes a Faixa de Dobramento Sergipana.

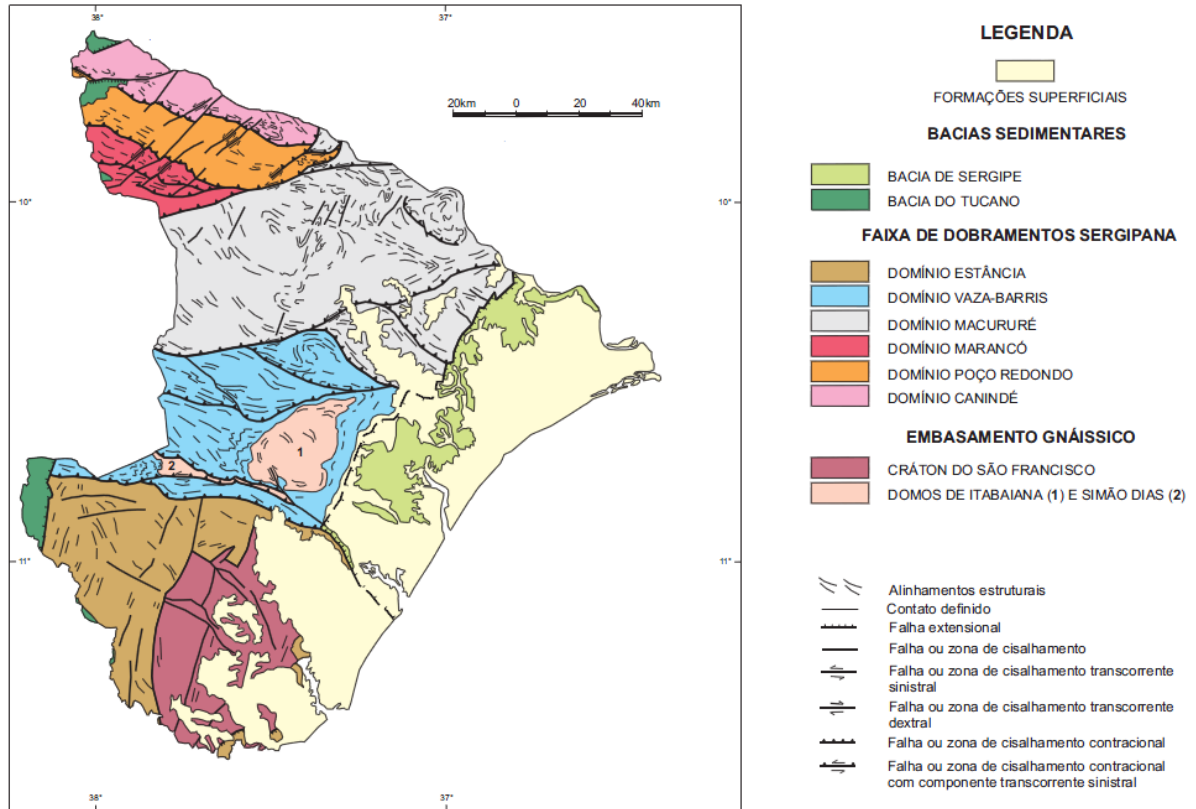
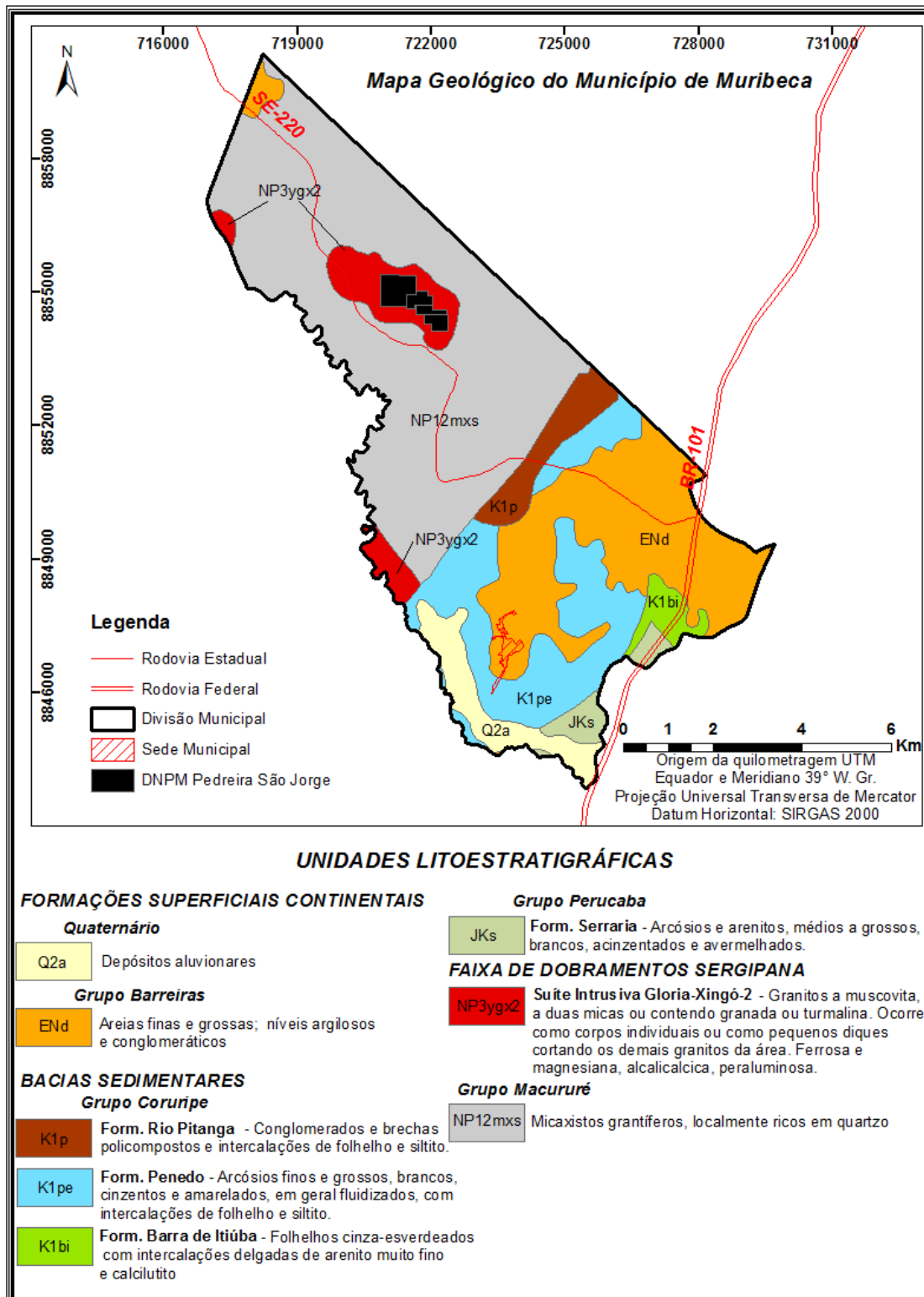


Figura 3. Mapa Geológico do Município de Muribeca.



Fonte dos Dados: Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Sergipe - SEMARH, 2015.

4.1.1.1 Grupo Macururé

A descrição do Grupo Macururé tomou como base a dissertação "Petrologia e geocronologia do Maciço Glória Norte, faixa de dobramento sergipana, nordeste do Brasil", do pesquisador Vinicius Lisboa, produzida em 2014.

O domínio Macururé limita-se ao sul com o Domínio Vaza-Barris pelas zonas de cisalhamento São Miguel do Aleixo e Nossa Senhora da Glória. Esses cisalhamentos têm movimentação contracional oblíqua sinistral. Compõe-se pelo Grupo Macururé, predominantemente metapelítico.

A presença abundante de intrusões graníticas na faixa metamórfica deste Grupo é uma característica marcante. Estas intrusões provocam metamorfismo de contato nos metassedimentos encaixantes e modificações nas estruturas pretéritas. Santos & Silva (1975) reuniram os granitos que ocorrem no domínio sob a terminologia de granitos do tipo Glória e os classificaram como granitos tardios a pós-tectônicos.

Este domínio é interpretado por D'el Rey Silva (1999) como uma cunha com mais de 13 km de espessura, compreendendo metassedimentos carbonáticos e siliciclásticos e metavulcânicos, intrudida por granitos cálcio-alcalinos.

4.1.1.2 Granitos Tipo Glória

Os Granitos Tipo Glória são corpos intrusivos em rochas metamórficas do Grupo Macururé. Humphrey & Allard (1962) foram os primeiros a reconhecer a existência de um grande complexo de rochas intrusivas, que se estendia descontinuamente desde a costa leste de Sergipe, sob sedimentos cretáceos, até a região de Canudos, denominado-o de "Batólito de Glória". Estas rochas, segundo os autores, correspondem principalmente a granodioritos, que em direção ao norte passam a biotita-quartzo monzonito (Lisboa 2014).

Segundo Fujimori (1989), os granitos são descritos como rochas de coloração cinza, rosada ou amarelada, granulação fina, com quartzo, microclina, albita, muscovita e/ou biotita, além de acessórios como apatita, zirconita e epidoto

secundário. E os granodioritos são de coloração cinza granulação fina a grossa, textura isotrópica, com abundância em enclaves máficos e ultramáficos. Apresentam a seguinte mineralogia: quartzo, plagioclário, microclina, biotita, hornblenda, e como acessórios titanita, apatita, zircão, clinopiroxênio e clorita (Lisboa 2014).

Em relação à ambiência tectônica, tanto Fujimori (1989) quanto Chaves (1991), admitem natureza orogênica para os magmas que geraram os granitos do Tipo Glória. Os granodioritos correspondem a um ambiente do tipo arco vulcânico e os granitos teriam gerados durante a colisão.

4.1.2 Geologia local

O granito explorado pertence às intrusões ígneas denominado de Granito Tipo Glória. Rocha ígnea, leucocrática, de cor cinza clara e composta por matriz félsica e minerais máficos. A matriz tem granulação predominantemente grossa, enquanto os minerais máficos têm granulação fina a média. Observa-se a predominância de minerais félsicos sobre os máficos; a matriz é formada por microclina, quartzo e plagioclásio, com granulação média a grossa (Consentre 2011).

Na área em estudo, em alguns pontos, o granito é aflorante (figura 4). Através da pesquisa feita na área, e as análises físicas e petrográficas feitas em laboratórios, foi identificado que o granito estudado era inviável para produção de granito ornamental (revestimento), devido ao grande número de fraturas (figura 5), e viável para produção de brita.

Figura 4. Afloramento do minério dentro da propriedade da empresa com destaque para vegetação típica da região agreste onde está situada a pedreira.



Figura 5. Detalhe da rocha granítica explorada na área. O corpo está bastante fraturado, inviabilizando a produção de granito ornamental.



CAPÍTULO IV

5 RESERVA MINERAL

A Pedreira São Jorge é detentora de uma Portaria de Lavra dentro da propriedade da pedreira, onde ainda não deu início a exploração. A pesquisa feita através de malhas de sondagens, na área da poligonal citada, apresentou cubagem de 981.493,75 m³, e reserva medida aprovada pelo DNPM de 2.851.328,56 toneladas de minério.

Através de sondagens feitas nas áreas dos processos, em fase de registro de licença (878.017/2009 e 878.145/2009), foi possível realizar a cubagem do depósito de rocha granítica, onde se chegou uma reserva indicada de 3.250.000,00 toneladas de minério possíveis de exploração (figura 6).

Com produção anual de 240.000 toneladas/ano, a Pedreira São Jorge tem minério para operar com expectativa de mais de 25 anos.

Figura 6. Operação de sondagem, para calculo de reserva.



6 MÉTODO DE LAVRA

Os métodos de lavra consistem em um conjunto específico de trabalhos de planejamento, dimensionamento e execução de tarefas, devendo existir harmonia entre essas tarefas e os equipamentos dimensionados. A seleção do método de lavra é um dos principais elementos em qualquer análise econômica de uma mina. Dentre essa escolha estão os seguintes objetivos:

- ✓ Segurança operacional e condições ambientais adequadas para as pessoas que vão trabalhar na lavra;
- ✓ Permitir condições de estabilidade durante a vida útil;
- ✓ Permitir atingir a máxima produtividade, reduzindo conseqüentemente os unitários.

O método de lavra utilizado na Pedreira São Jorge é de Lavra a Céu Aberto feito por bancadas (*Open pit mining*) (figuras de 7 a 9). Essa extração mineral é caracterizada por ser uma atividade de alto custo de investimento, na qual o processo de tomada de decisão possui elevada complexidade devido às características estocásticas do sistema (Pinto 1999).

Nesse método de lavra, o material de cobertura do depósito é retirado e armazenado em alguma área reservada para esse propósito. Assim que o minério é exposto, a lavra se dá na forma de bancada. Para que haja segurança, a estabilidade dos taludes deve ser considerada, de acordo com as características da rocha, deixando-se sempre um ângulo de 80° da face das bancadas. A largura das bancadas também deve estar de acordo com o porte dos equipamentos e deve ser suficiente para acomodar o material desmontado durante o processo. É um método que apresenta grande recuperação e pouca diluição na lavra. Sua produtividade é bastante elevada e permite a utilização de equipamentos de grande porte (Peroni 2008).

Para isso, é necessária à preparação das frentes livres de escavação. Estas frentes devem ser bem definidas para se obter os melhores resultados possíveis nas operações de perfuração, detonação, carga e transporte do material detonado. Partindo da cota mais alta do projeto, define-se o primeiro nível, e logo em seguida os demais serão implementados de forma descendente, mantendo o mesmo desnível entre as praças (Geraldini 2011).

Em lavra a céu aberto por bancadas, tem-se três superfícies características (Gerard 2006): (1) Praça, superfície onde operam os equipamentos de carga e transporte (caminhões basculantes e máquinas); (2) Face, superfície vertical ou inclinada (2:1 ou 3:1) de acordo com as condições geomecânicas do maciço em escavação (que determinam a sua estabilidade) e também em função do plano de fogo utilizado; e (3) Topo, onde os equipamentos de perfuração abrem uma série de furos no maciço para detonação da próxima frente.

Figura 7. Frente de Lavra I, paralisada devido à baixa produção.



Figura 8. Frente de Lavra II (em operação).



Figura 9. Frente de Lavra III (Lavra paralisada).



6.1 Equipamentos móveis envolvidos nas operações.

Segundo Amaral (2008), a seleção de equipamentos para aplicações de mineração não é um processo bem definido. Uma das razões para isso é que não há duas minas com características idênticas que proporcionem as mesmas condições para seleção dos equipamentos mais adequados. As características do minério, condições climáticas e a disposição dos depósitos são algumas das variáveis que podem diferir entre minas, mesmo essas contendo o mesmo tipo de minério.

Equipamentos de carregamento são tipicamente selecionados para corresponder às condições de minas em termos de capacidade necessária, às condições climáticas e exigências de mobilidade, ao mesmo tempo.

A Pedreira São Jorge utiliza os seguintes equipamentos no ciclo de produção (figura 10):

- ✓ Pá carregadeira: utilizada no início do decapeamento e no carregamento do minério.
- ✓ Escavadeira hidráulica: utilizada no carregamento do minério;
- ✓ Caminhões basculantes utilizados para o transporte do minério dentro da pedreira;
- ✓ Carreta basculante utilizada para o transporte do minério fora da pedreira para longas distâncias;
- ✓ Caminhão caçamba utilizado para transporte do minério da unidade de britagem até área de estoque.

Figura 10. Fotos dos equipamentos utilizados na Pedreira São Jorge. (A) - Carregadeira sobre rodas Standar, modelo Komatsu WA-200; (B) Escavadeira hidráulica, modelo Komatsu PC-200; (C e D) - Caminhões basculantes, modelo Mercedes-Benz; (E) - Carreta basculante modelo Ford Cargo; (F) - Caminhão basculante modelo Ford Cargo 2428.



6.2 Equipamentos fixos

A propriedade da empresa tem, aproximadamente, 55 hectares com infraestrutura física para produzir até 50.000 toneladas/mês de brita, de vários tipos de granulometria. A Pedreira São Jorge conta com: uma casa com dormitórios, escritório, oficina, galpões, balança, guarita e dois britadores, sendo um em operação (figuras 11 e 12). Toda a propriedade da pedreira é sinalizada com avisos de segurança e tráfego de veículos.

Figura 11. Central de Britagem I (em operação).



Figura 12. Central de Britagem II (desativada).



CAPÍTULO V

7 CICLO DE PRODUÇÃO

O Ciclo de Produção da Mineradora São Jorge conta com as seguintes etapas:

1. Decapeamento;
2. Execução do Plano de Fogo;
3. Carregamento e Transporte;
4. Beneficiamento;
5. Transporte até o estoque ou venda direta.

7.1 Decapeamento

A operação de retirada da camada do solo e da rocha granítica intemperizada, que está sobreposta à bancada a ser detonada, é efetuada junto com o avanço da lavra, por trator esteira modelo Caterpillar D6 ou similar por empresas terceirizadas. Sondagens realizadas em toda área, apresentaram uma camada de solo em média de 2,5 m de espessura. Parte desse material é utilizada para construção dos acessos, uma vez que a topografia na área é bastante acidentada e o restante é vendido para uso como aterro e sub-base para construção civil.

Antes do início do decapeamento, ocorre à remoção da pequena cobertura vegetal utilizando pás-carregadeira da própria empresa. Este solo rico em matéria orgânica é estocado em pilhas de até 1,5 m de altura. Esse material é utilizado na recuperação de áreas já exploradas dentro da propriedade da empresa.

Não foi calculado o tempo dessa operação visto que é difícil a mensuração desse trabalho. Na mina em estudo, o trabalho de decapeamento ocorre na semana anterior ao início do plano de fogo. Para efeito de cálculo, foram gastas 18 horas na limpeza da bancada para execução do plano de fogo descrito no item 7.2.

7.2 Plano de fogo

O desmonte da rocha é feito por explosivo, com furos abertos de 2 1/2" e profundidade média de 8,34 metros (figura 14), através da utilização de perfuratriz modelo Rock 601, movido a ar comprimido gerado por compressor Atlas Copco GA 1207 para 775 pcm e com motor elétrico de 200cv.

O trabalho da perfuração é feito por funcionários da própria pedreira e o carregamento dos explosivos e detonação é feito por empresa terceirizada. Todo material explosivo que entra na pedreira é utilizado no mesmo dia (figura 13).

Figura 13. Equipe colocando as dinamites nos furos para detonação.



A operação na mina visa atender a alimentação do Britador Primário FURLAN, instalado na unidade de britagem, onde a granulometria desejada se situa em blocos de tamanho máximo com dimensões de (0,6 m x 0,6 m x 0,9 m) e produção diária em torno de 600 ton/dia.

Considerando uma alimentação mensal na britagem em torno de 12.000 toneladas, na escala de produção prevista, deve ocorrer uma detonação a cada 10 dias aproximadamente.

Figura 14. Projeto do Plano de Fogo.

PLANO DE FOGO DE DESMONTE					
FOGO Nº 100					
Local: Pedreira São Jorge					
Material: Granito para produção de brita					
Parâmetros Gerais - Fogo de Bancada				Detonação	
Razão d Carga - Para os cálculos	0,650	Kg/m ³	Fabricante do Explosivo Utilizado	ELEPHANT	
Diâmetro dos furos	2 1/2"	pol	Dimensões do Cartucho	2" x 24"	
Altura Média da Bancada	8,06	m	Carga de fundo total 2" x 24"	978,54	kg
Inclinação dos Furos	15,00	grau	Carga de coluna total Granulado	2195,36	kg
Afastamento	1,5	m	Consumo Total de explosivos	3173,9	kg
Espaçamento	3,00	m	Razão de Carga - Calculada e Real	0,690	kg/m ³
Subfuração	0,30	m	Perfuração Específica	0,256	m/m ³
Tampão Médio	0,83	m	Consumo Prev. Não Elétrico Coluna 250 MS	141	m
Comprimento Médio dos Furos	8,34	m	Consumo de Mantopin	2	pç
Quantidade de Linhas	7		Consumo Previsto Não Elétrico Ligação	141	ms
Quantidade de Furos	141		Tempo Não Elétrico de Ligação	17 / 25 / 42	pç
Volume Médio Desmontado Por Furo	37,23	m ³	Cota de Furação	Variável	
Volume Total Desmontado	4600,16	m ³	Metros Perfurados	1175,82	m
Geometria e Ligação					
Responsável Técnico:			CREA:		
OBS: Isolar a área em um raio de 600 metros					

7.2.1 Execução do plano de fogo

Para execução do plano de fogo, apresentado na figura 15, foram executados 141 furos com comprimento médio de 8,34 metros, diâmetro de 2 1/2" e espaçamento entre os furos de 3,00 metros e afastamento de 1,50 metros (figura 16).

Figura 15. Perfuratriz trabalhando na execução dos furos para preparação do plano de fogo.



Nessa operação foi calculado o número de furos que o operador leva para fazer em uma hora de operação e o tempo total para fazer os 141 furos (tabela 1).

Tabela 1. Tempo médio para fazer um furo, e o tempo total para os 141 furos do plano de fogo.

Dias	Furos	Perfurando	Deslocamento	Total
1° Dia	1	00:05:30	00:07:50	00:13:20
	2	00:06:45	00:12:05	00:18:50
	3	00:05:50	00:08:30	00:14:20
	4	00:05:30	00:07:30	00:13:00
	5	00:07:50	00:10:20	00:18:10
2° Dia	6	00:08:30	00:08:40	00:17:10
	7	00:08:15	00:07:25	00:15:40
	8	00:09:00	00:05:10	00:14:10
	9	00:07:50	00:06:20	00:14:10
	10	00:11:50	00:09:30	00:21:20
Média				00:16:01
Furos no Total				141
Tempo Total				13:38:21

O tempo médio gasto para fazer um furo de 8,34 metros é de 16 minutos e 01 segundo. O tempo que foi necessário para fazer todos os 141 furos foi de 13 horas 38 minutos e 21 segundos.

Foi possível concluir que as condições mecânicas da perfuratriz e compressor são os problemas operacionais mais comuns, interferindo assim, na velocidade da perfuração. Também, furos inclinados são perfurados em velocidade menor. O fator humano altera o resultado final, como também a experiência do operador ou a falta de um ajudante para auxiliar na colocação e transporte das astes.

Analisando a tabela 1, nota-se que o 2° dia de trabalho levou mais tempo em média para fazer os furos. Isso pode ter acontecido devido ao desgaste das brocas e dos equipamentos.

7.3 Carregamento e transporte

A operação de carregamento do minério desmontado ocorre com auxílio de escavadeiras hidráulicas, o qual carrega o minério em caminhões basculantes com média de carga de 9 toneladas por viagem. Os caminhões carregados fazem o trajeto até a central de britagem, que está a uma distância média de 1.650 metros da Frente de Lavra II (figura 16). Os principais equipamentos necessários para essa operação na mina são apresentados na tabela 2.

Em algumas situações, quando ocorre uma venda de grande porte, a empresa utiliza mais um caminhão basculante, que normalmente é usado para entrega com capacidade de 15 toneladas para fazer o circuito Frente de Lavra - Britador e aumentar a produção.

A escavadeira hidráulica é também utilizada para quebrar blocos maiores, retirando a concha e colocando um martelo (rompedor) hidráulico para que os blocos fiquem com diâmetro da capacidade do britador.

Em períodos secos, o caminhão pipa é utilizado para umedecer as vias de tráfego de dentro da propriedade da pedreira e a estrada vicinal, que dá acesso à pedreira, que também é utilizada pela comunidade do Povoado Saco das Varas (figura 17).

Figura 16. Caminhão caçamba sendo carregado na Frente de Lavra II.



Tabela 2. Equipamentos utilizados no transporte e carregamento do minério até a unidade de britagem

EQUIPAMENTOS	QUANTIDADE	ATIVIDADE
Caminhão Basculante	2	Transporte do minério desmontado
Escavadeira Hidráulica	1	Carregamento e desenvolvimento

Figura 17. Caminhão pipa umedecendo as vias de acesso.



Eventualmente, a empresa aluga equipamentos em caráter emergencial para execução de determinados trabalhos ou imprevistos. Os equipamentos listados na tabela 2 atendem a produção da mina.

Foi realizado um levantamento do tempo gasto em cada fase da operação de transporte e carregamento do minério da Frente de Lavra até a Unidade de Beneficiamento. Especificamente, foram realizadas 10 medições em dois dias de trabalho de cada fase da operação (tabela 3).

Tabela 3. Cálculo do tempo de transporte e carregamento da Mineração São Jorge.

TRANSPORTE E CARREGAMENTO / CIRCUITO FRENTE DE LAVRA - BRITADOR							
Caminhões / Tempo	Dias	Medições	Deslocamento Vazio + Manobra	Carregamento	Despejo no Britador	Deslocamento carregado + Manobra	Total
Caminhão Basculante Brejeira Branca	1° Dia	1	00:05:25	00:04:00	00:00:40	00:07:30	00:17:35
		2	00:06:50	00:06:40	00:00:35	00:06:43	00:20:48
		3	00:05:20	00:04:50	00:00:48	00:07:30	00:18:28
		4	00:05:05	00:04:10	00:00:52	00:06:40	00:16:47
		5	00:06:10	00:05:05	00:00:30	00:06:20	00:18:05
	2° Dia	6	00:05:30	00:04:20	00:00:30	00:07:35	00:17:55
		7	00:04:20	00:04:30	00:00:42	00:08:25	00:17:57
		8	00:06:10	00:06:25	00:00:35	00:09:10	00:22:20
		9	00:04:40	00:05:07	00:00:50	00:06:30	00:17:07
		10	00:05:40	00:05:07	00:00:30	00:06:25	00:17:42
Caminhão Basculante Brejeira Bege	1° Dia	1	00:06:00	00:04:50	00:00:30	00:07:30	00:18:50
		2	00:05:25	00:03:55	00:00:33	00:06:50	00:16:43
		3	00:06:00	00:05:30	00:00:45	00:06:15	00:18:30
		4	00:05:15	00:06:20	00:00:30	00:06:25	00:18:30
		5	00:05:50	00:04:20	00:00:35	00:07:30	00:18:15
	2° Dia	6	00:06:50	00:05:10	00:00:45	00:06:30	00:19:15
		7	00:06:20	00:04:20	00:00:32	00:06:10	00:17:22
		8	00:04:20	00:05:20	00:00:48	00:08:30	00:18:58
		9	00:04:30	00:03:40	00:00:40	00:05:50	00:14:40
		10	00:05:40	00:04:10	00:00:28	00:08:00	00:18:18
Média			00:05:34	00:04:53	00:00:38	00:07:07	00:18:12

Analisando a tabela 3 acima é possível concluir que:

1. Há uma ociosidade na operação de carregamento e transporte.
2. Considerando que os caminhões caçamba utilizados na operação possuem o mesmo volume de caçamba, e transporta em média 9 toneladas de minério por viagem, pode-se observar que apenas 2 caçambas trabalhando nessa operação não são suficiente para atender a demanda da unidade de britagem.
3. A escavadeira está com um tempo ocioso de 8 minutos e 26 segundos aguardando os caminhões caçambas retornarem da central de britagem.
4. O britador processa em média 120 toneladas por hora, sendo então, são processadas 9 toneladas de cada caminhão em 4 minutos e 30 segundos.
5. O tempo ocioso do britador é de 8 minutos e 12 segundos, por ciclo de viagens dos caminhões.

7.4 Processo de britagem

As operações de beneficiamento são puramente mecânicas e consistem em britagem primária, secundária e rebitagem, em uma ou duas etapas. Estas podem ser realizadas a seco ou a úmido. O britador primário, de mandíbulas, faz a britagem dos matacões, e neste ocorre lavagem da pedra para a diminuição de material pulverulento durante a fragmentação e classificação da rocha.

No caso de ocorrer lavagem, as partículas menores são estritamente produzidas nas fases seguintes e são isentas de quaisquer impurezas anteriores, tais como capeamento, matéria orgânica, dentre outras.

O britador secundário é do tipo cônico, sendo atualmente usado na tentativa de reduzir a lamelaridade do agregado e a produção de excesso de finos.

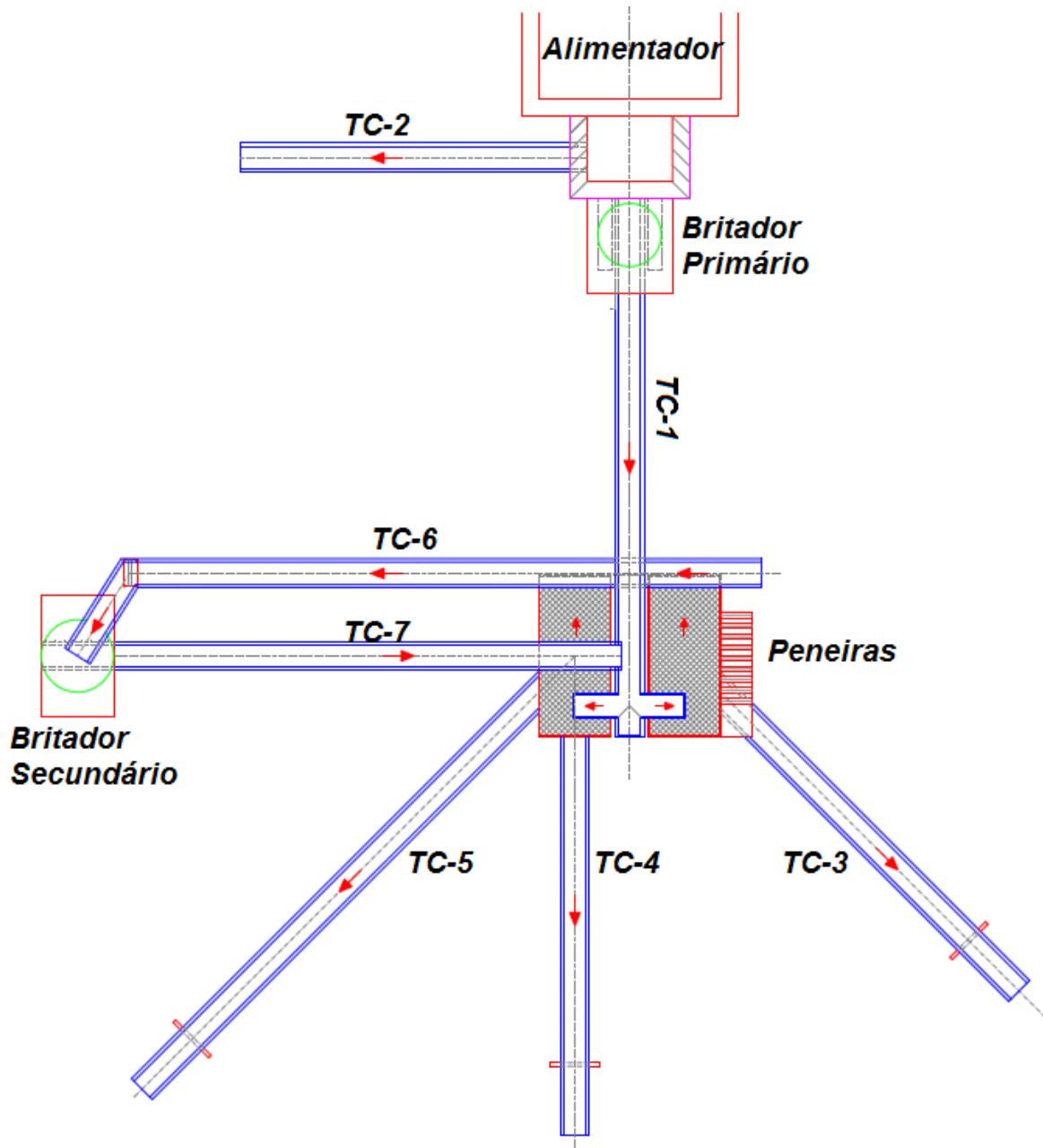
O transporte de brita entre os britadores, e/ou rebitadores, é feito normalmente por um sistema de correias transportadoras sempre procurando aproveitar o desnível topográfico para economia na planta de beneficiamento. Para diminuir o pó em suspensão, gerado pela atividade de britagem, serão utilizados

sistemas de aspersores de água, instalados nas bocas dos britadores e nas correias transportadoras.

Os equipamentos utilizados são (figura 18):

- 01 alimentador vibratório
- 01 britador de mandíbulas primário - BP (marroeiro). Fabricante FURLAN 90x70, capacidade máxima de 160 t/h;
- 01 britador cônico secundário - BS. Fabricante GNA 980, capacidade de 160 t/h;
- 02 decks de peneiras vibratórias classificadoras primárias (*03 telas de 3,00 x 1,20 metros, delimitando a granulometria*);
- 07 correias transportadoras.

Figura 18. Planta baixa da Unidade de Beneficiamento da Pedreira São Jorge.



7.4.1 Etapas da britagem

Primeiro passo: O caminhão caçamba descarrega no alimentador vibratório (Figura 19) os matacões que vem da área de lavra (o pó e a areia são despejados na correia transportadora TC-2 após a lavagem, sendo retirados por pás carregadeiras e alocados em um bota-fora onde são armazenados). Esse alimentador é um

transportador metálico, com sistema de velocidade variável, que irá dosar o fluxo dos matacões descarregado pelos caminhões de maneira uniforme para alimentação do britador.

Segundo passo: O britador primário de mandíbula quebra e diminui os matacões despejando na correia transportadora TC-1 que segue para o conjunto de peneiras (figura 19).

Figura 19. Foto do Transportador de Correia (TC-1), Britador Primário e Alimentador Vibratório.



Terceiro passo: O minério é despejado em dois decks de peneiras vibratórias por igual, com três telas cada, com espaçamentos que variam de acordo com a produção desejada. O passante de cada tela vai para as correias TC-3, TC-4 e TC-5, e o que não passou nas peneiras vai para a correia TC-6, alimentando o britador secundário (figura 20).

Figura 20. Central de Britagem, com destaque para o conjunto de Peneiras Vibratórias.



Quarto passo: O britador secundário cônico trabalha isolado com as correias TC-6 e TC-7 e as peneiras, até todo minério passar no conjunto de peneiras, e seguir para as correias transportadoras de acordo com sua granulometria (figura 21).

Figura 21. Central da britagem, com destaque para o Britador Cônico e as correias transportadoras.



Quinto passo: Após a britagem, o minério é retirado da área de britagem por pás carregadeiras e depositados em área preparada para estoque ou venda direta (figura 22).

A Unidade de Britagem está ajustada para produzir três tipos de brita, com a granulometria de:

- ✓ Pó de brita com diâmetro entre 3 e 5 mm.
- ✓ Brita $\frac{3}{4}$ com dimensões de 12,5 mm a 19 mm (utilizada para construção civil), brita de maior produção da jazida.
- ✓ Brita 0 com dimensões máximas de 12,5 mm.

Figura 22. Pilhas de estoque ao fundo.



CAPÍTULO VI

8 DISCUSSÃO

A empresa de mineração aqui estudada tem sua produção voltada para a britagem de rocha granítica. O trabalho descreveu todo o ciclo de produção, desde o desmonte até o beneficiamento, calculando o tempo gasto em cada operação e identificando se existe ociosidade das máquinas e equipamentos.

Diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que existe ociosidade nas máquinas e equipamentos que estão trabalhando no ciclo de produção da Pedreira. A unidade de beneficiamento está com um tempo ocioso devido ao número insuficiente de caminhões que estão trabalhando no transporte do minério, no trajeto frente de lavra/britador.

Além disso, a escavadeira hidráulica, que opera na frente de lavra, também está operando com tempo ocioso. A máquina fica aguardando os caminhões caçamba retornarem do britador por 8 minutos e 26 segundos.

Para conseguir uma operação com ociosidade próximo a zero, é necessário operar com 3 caminhões basculantes, cada um com capacidade de carga de 12 toneladas, e uma escavadeira hidráulica modelo PC-200 ou similar. Com essas medidas o ciclo de produção chegaria a esses números:

- ✓ Tempo que a Unidade de Britagem levaria para produzir 12 toneladas: 6 minutos
- ✓ Tempo que a escavadeira Komatsu PC-200 levaria para carregar um caminhão de 12 toneladas: 6 minutos e 30 segundos.
- ✓ O ciclo de produção ficaria com uma média: 19 minutos e 49 segundos
- ✓ Uma produção diária aproximada de: 872 toneladas
- ✓ Tempo ocioso da Unidade de Britagem: 1 minuto e 49 segundos
- ✓ Tempo ocioso da escavadeira hidráulica: 19 segundos

A opção apresentada não elevaria os custos para empresa, visto que a pedreira já possui os equipamentos para o melhoramento proposto, sendo necessário apenas a relocação das máquinas. Com essas alterações, a mineradora teria um aumento de 84% e uma produção de 872 toneladas por dia.

Outra solução para o aumento da produção seria a troca dos caminhões basculantes para caminhões com capacidade de maior de carga, e a relocação da planta de britagem da pedra para uma área mais próximo das frentes de lavra. Essa opção teria um custo inicial alto, mas, em longo prazo, esse investimento poderia ser retornado com o aumento de produção sem adição de aumento de funcionários e máquinas.

9 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram identificadas falhas, e propostas melhorias na operação da Pedreira São Jorge, o que resultou no aumento de produção e na diminuição dos custos da tonelada de brita produzida. Para isso, foi necessário estudar todo o ciclo de produção da Mineração São Jorge, levantando questões discutidas na mineração no tocante aos métodos de exploração e beneficiamento de rocha granítica para produção de brita.

A Pedreira São Jorge tem um grande potencial de crescimento, não só pela sua localização geográfica, onde se encontra a 35 km da fronteira dos estados Sergipe e Alagoas e a menos de 100 km da capital Aracaju, como também pela localização geológica. Além da qualidade do minério explorado, o corpo intrusivo de rochas ígneas onde a pedra encontra-se instalada, é cercado por rochas metamórficas e metassedimentares da Faixa de Dobramento Sergipana, onde possui uma baixa qualidade para produção de brita. Fazendo com que nenhuma empresa concorrente consiga se instalar próximo, sendo a única mineradora de produção de brita num raio de 100 km.

O início da produção se dá com a retirada da vegetação e do solo (decapeamento). Em seguida o plano de fogo é executado fazendo os furos na rocha para colocação dos explosivos. Nesta fase da operação foi calculado o tempo médio gasto para execução de um furo e o deslocamento da perfuratriz. Este trabalho identificou que a manutenção periódica das máquinas e equipamentos, como também o treinamento dos funcionários, alteram no resultado final dessa operação.

Depois da detonação da bancada dá início a operação do carregamento e transporte do minério até a unidade britagem. O estudo realizado neste trabalho identificou ociosidade mais de 8 minutos por ciclo, o que representa uma perda de 50% da eficiência das máquinas e equipamentos utilizados. A solução para diminuir a ociosidade, foi à adequação e relocação das máquinas e equipamentos já existentes na pedreira, resultando em um aumento de 84% na produção de brita por dia, levando à ociosidade próximo a zero.

Com a concorrência cada vez maior do mercado e a qualificação dos concorrentes, empresas de mineração mesmo consideradas de pequeno porte, devem efetuar um planejamento operacional da lavra. Mineradoras, como o caso da Pedreira São Jorge, devem fazer um planejamento estratégico de retirada de minério para se manter no mercado com produtos de qualidade e preços competitivos.

Como trabalhos futuros, pode-se estudar o controle da frota e produção através de softwares de mineração, muito utilizados em empresas de grande porte. A implantação de sistemas de computação em mineradoras de pequeno porte ainda pouco difundido, vai abastecer os tomadores de decisão da empresa para resolver problemas encontrados no dia-a-dia da pedreira. O conhecimento total do ciclo de produção vai diminuir o risco de perdas na operação e levar a resultados que podem ser projetados de médio a longo prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, G. B. 1997. Despacho ótimo de caminhões numa mineração de ferro utilizando algoritmo genético com processamento paralelo. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica. 80 p.

AMARAL, M. 2008. Modelos matemáticos e heurísticas para auxílio ao planejamento de operações de lavra em minas a céu aberto. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas. 108p.

BARNES, R. M. 1977. Estudos de movimentos e de tempos - projeto e medida do trabalho. Tradução da 6°. ed. Americana. São Paulo: E. Blucher. 635 p.

BORGES, T. C. 2013. Análise dos custos operacionais de produção no dimensionamento de frotas de carregamento e transporte em mineração. Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP. Dissertação de Mestrado.

BRITO NEVES B.B., Sial A.N., Beurlen, H. 1975. O sistema de dobramentos Sergipano - Análise do Conhecimento. In: SBG, Simpósio Cráton São Francisco e Fixas Marginais, 3, Anais. p. 369-391.

CHAVES J.M. 1997. Maciços Cel. João Sé e Glória: Petrologia e Geoquímica de Granitóides do Domínio Macururé, Faixa Sergipana (NE do Brasil). Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. 134p.

CONSENTRE. 2011. Relatório Final de Pesquisa apresentado ao Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. Processo 878.112/2008. Município de Muribeca - Estado de Sergipe.

COSTA, F. P. 2005. Aplicações de técnicas de otimização a problemas de planejamento operacional de lavra em minas a céu aberto. Ouro Preto: Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Dissertação de Mestrado. Programa de PósGraduação em Engenharia Mineral. 140 p.

ÇETIN, N. 2004. Open-pit truck/shovel haulage system simulation. A thesis of the graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical Universtity. Turkey. 116p.

D'EL REY SILVA L.J.H. 1999. Basin infilling in the southern-central part of the Sergipano Belt (NE Brazil) and implications for the evolution of Pan- African/ Brasileiro cratons and Neoproterozoic cover. Journal of South American Earth Science. 12:453-470.

FUJMORI S. 1989. Contribuição ao estudo dos granitoides do Sistema de Dobramentos Sergipano. Revista Brasileira de Geociências, 25: 241-247.

GERALDI, J.L.P. 2011. O ABC das Escavações de Rocha. Rio de Janeiro. Ed. Interciência.

HUMPHREY F.L. & ALLARD G O. 1962. Reconnaissance geology of pre-cretaceous rocks in the state of Sergipe. Salvador, PETROBRÁS, Relatório, 37p.

LISBOA, V.A.C. 2014. Petrologia e geocronologia do Maciço Glória Norte, faixa de dobramento sergipana, NE do Brasil. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE.

MACHADO, C. C. 1984. Planejamento e controle de custos na exploração florestal. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 138 p.

PERONI, R. L. 2008. Lavra a Céu Aberto - Teoria e Prática. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 172p.

PINTO, L. R; SALIBY, E. 1999. SIMIN - Sistema para simulação a eventos discretos utilizando Borland Dephi. III Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha.

QUEVEDO, J. M. G.; DIALLO, M.; LUSTOSA, L. J. 2009. Modelo de simulação para o sistema de carregamento e transporte em mina a céu aberto. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. 133 p.

RODRIGUES, L. F. 2006. Análise comparativa de metodologias utilizadas no despacho de caminhões em minas a céu aberto. Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. 87p.

SANTOS E.J. & Silva Filho M.A. 1975. Ensaio imperativo sobre a evolução da geossinclinal de Propriá. *Mineração e Metalurgia*, 39:3-22.

SANTOS R.A. (organizador) 2001. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe. Escala 1:250.000. Texto Explicativo do Mapa Geológico do Estado de Sergipe. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 57p.

SEMARH. 2015. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe. CD-ROM. Aracaju/SE.

SOUZA. J. C. 2012. Avaliação Da Eficiência Operacional De Equipamentos De Mineração Na Lavra De Gipsita. Universidade Federal de Pernambuco. Recife/PE.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Licenças da Mineração São Jorge perante o DNPM

A empresa São Jorge deu início à exploração de granito para produção de brita em 03 de março de 2009, quando recebeu do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, órgão que controla as atividades de mineração no território brasileiro) o registro de licença nº 878.017/2009. A Mineração São Jorge é detentor de quatro processos do DNPM que fazem a Pedreira, sendo dois registros de licença (processos DNPM 878.017/2009 e 878.145/2009), um alvará de pesquisa (878.045/2015) e uma portaria de lavra (878.112/2008). Atualmente, a empresa opera no processo 878.145/2009, onde fica localizada a área de exploração (figura 23).

Figura 23. Mapa de detalhe, apresentando todos os processos no DNPM que fazem parte da Pedreira São Jorge.

