

**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE TETE  
INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE**

**Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas e Processamento Mineral**

**NEVES SEMENTE JEMUCE**

**MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS DE LAVRA BASEADO NA  
FRAGMENTAÇÃO E MALHA DE PERFURAÇÃO - ESTUDO  
DE CASO MINA DE FERRO DO BRASIL**

**Tete  
2018**

**NEVES SEMENTE JEMUCE**

**Minimização de custos de lavra baseado na fragmentação e malha de perfuração - Estudo de caso mina de ferro do Brasil**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas e Processamento Mineral do Instituto Superior Politécnico de Tete e do Instituto Tecnológico Vale, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mineral.

Área de concentração: Lavra de Minas

Orientador: Prof. PhD. Vidal Félix Navarro Torres

**Tete  
2018**

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

J1m

Jemuce, Neves Semente

Minimização de custos de lavra baseado na fragmentação e malha de perfuração - Estudo de caso mina de ferro do Brasil/ Neves Semente Jemuce - Ouro Preto, ITV, 2018.

65 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Instituto Tecnológico Vale, 2018.

Orientador: Vidal Félix Navarro Torres, PhD.

1. Lavra. 2. Céu Aberto. 3. Minimização de custos.
4. Fragmentação. 5. Plano de Fogo. I. Torres, Vidal Félix Navarro. II. Título.

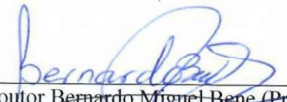
CDD. 23. ed. 622.292

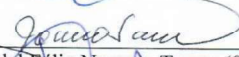
Bibliotecária responsável: Nisa Gonçalves – CRB 2 - 525

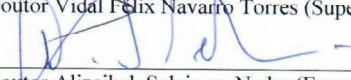
Mestrado Profissional em Engenharia de Minas e de Processamento Mineral  
Convênio Instituto Superior Politécnico de Tete e Instituto Tecnológico Vale

ACTA DA SESSÃO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO  
PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE MINAS

Aos vinte e nove dias do mês de novembro do ano de dois mil e dezoito, realizou-se às dez horas, no Auditório do Instituto Superior Politécnico de Tete, a sessão de defesa de dissertação do candidato ao grau de Mestre em Engenharia de Minas, Neves Semente Jemuce, intitulada “Minimização de custos de lavra baseado na fragmentação e malha de perfuração – Estudo de caso mina de ferro do Brasil”. O Júri Examinador foi constituído pelos Professores, Vidal Félix Navarro Torres (Instituto Tecnológico Vale), Hernani Mota de Lima (Universidade Federal de Ouro Preto), Carlos Enrique Arroyo Ortiz (Universidade Federal de Ouro Preto) e Alizeibek Saleimen Nader (Universidade Federal de Minas Gerais). De acordo com o Regulamento do Curso de Mestrado, o Presidente do Júri Examinador, Bernardo Miguel Bene, do Instituto Superior Politécnico de Tete, abriu a sessão, passando a palavra ao candidato, que fez a exposição do seu trabalho. Em seguida, foi realizada a sessão de perguntas pelos examinadores acima citados, com a respectiva defesa do candidato. Finalizada a sessão, o Júri Examinador se reuniu, sem a presença do candidato, tendo deliberado pela sua:  Aprovação;  Aprovação, sugerindo a incorporação das observações dos examinadores;  Aprovação, condicionada ao cumprimento das exigências dos examinadores;  Reprovação. Considerando o prazo máximo de seis meses, a data limite para entrega da versão final será aos vinte e nove dias do mês de maio do ano de dois mil e dezanove. Nada mais havendo para constar, lavrou-se a presente acta, que segue assinada pelos membros do Júri Examinador.

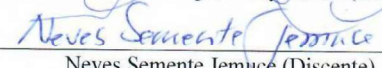
  
Doutor Bernardo Miguel Bene (Presidente)

  
Prof. Doutor Vidal Félix Navarro Torres (Supervisor)

  
Prof. Doutor Alizeibek Saleimen Nader (Examinador)

  
Prof. Doutor Hernani Mota de Lima (Examinador)

  
Prof. Doutor Carlos Enrique Arroyo Ortiz (Examinador)

  
Neves Semente Jemuce (Discente)

## **AGRADECIMENTOS**

Os meus agradecimentos à Direcção do Instituto Superior Politécnico de Tete e do Instituto Tecnológico Vale do Brasil, providenciarem o Curso de Mestrado Profissional aos docentes do ISPT e trabalhadores de Vale Mocambique.

Agradecimentos especial aos Directores Bernardo Miguel Bene e Laurindo Leal Sales e Filho, por terem proporcionado o Mestrado no ISPT.

Ao Professor Vidal Felix Navarro Torres, orientador da presente dissertação, o meu sincero agradecimento por todo o seu trabalho e dedicação na orientação e para que a entrega deste trabalho, que é a etapa final de um ciclo de estudos, fosse possível.

Os meus agradecimentos aos Pesquisadores do ITV da área de lavra, por ter despendido do seu tempo para me ajudarem em tudo o que eu precisasse para a realização do presente trabalho.

Aos meus filhos e esposa, amigos, colegas, às pessoas que acreditaram, o meu muito obrigado!

O autor dedica esta Dissertação a sua esposa Ana Paula Costa Joanquinho, seus filhos João Baptista, Maria Priscila, Vanilza Maria e Neves Jr. pelo amor incondicional e confiança que depositaram, e aos meus pais” *in memória João Jemuca Chirombo e Nsai Semente Malissani*”.

## RESUMO

A lavra de minas compreende as operações de perfuração, detonação, carregamento e transporte. Nesse estudo aborda-se o processo de minimização de custos das operações de lavra em função da fragmentação de rochas. As variáveis controláveis consideradas no estudo são o afastamento, espaçamento, altura de bancada, densidade in situ do maciço rochoso, carga explosiva por furo, razão de carga ou energia do explosivo utilizado. O tamanho dos blocos resultantes do desmonte deverão ser compatíveis com a maior produtividade e menor custo das operações da cadeia de lavra e britagem pelo que o plano de fogo a ser utilizado no desmonte primário do maciço deverá ser determinado com base na granulometria que minimize os custos da referida cadeia. A metodologia utilizada baseia-se nos modelos matemáticos e processos de minimização de custos desenvolvidos pelo Instituto Tecnológico Vale e na energia específica incluindo o modelo de Kuz-Ram. Para tal parâmetros do desmonte com explosivos foram adotados para se obter um custo mínimo de fragmentação. Analisados os custos destaca-se, que nas minas A e B à 0.2kwh/t, tem custos que variam de US\$3.21 a US\$3.16 e para a mina C, os custos são de US\$3.06 a uma energia específica de de 0.3kwh/t no minério. O estudo de caso corresponde a três minas de ferro de grande porte localizados no estado de Minas Gerais do Brasil.

**Palavras-chave:** Lavra, céu aberto, minimização de custos, fragmentação, plano de fogo.

## ABSTRACT

Mining operations includes drilling, detonation, loading and hauling; in the present study address the methodology and process of the cost minimization of mining operations as a function of the rock fragmentation. The controllable variables considered in the study are burden, spacing, bench height, in situ density of the rock mass, explosive load per hole, powder factor and explosive energy. The blocks size resulting from the blasting should be compatible with the greater productivity and lower cost of the mining and crushing chain, so that the blasting pattern used should be based on the granulometry that minimizes costs of said chain. The methodology used was based on the mathematical model and process of mining cost minimization based on the explosive specific energy developed by the Instituto Tecnológico Vale using the Kuz-Ram model for the purposes of considering the parameters of the blasting pattern for obtaining a fragmentation corresponding to the mining minimum cost. When analyzing the costs, it is noteworthy that in mines A and B at 0.2 kwh / t, costs vary from US \$ 3.21 to US \$ 3.16 and for mine C, the costs are from US \$ 3.06 to a powder factor of 0.3 kwh / t in the ore. The case study corresponds to a large iron ore mine located in the state of Minas Gerais of Brazil.

**Keywords:** Mining. open pit, cost minimization, fragmentation, blasting pattern.