

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS SUL E SULDESTE DO PARÁ  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS**

**ADILTON ROCHA DA SILVA**

**ANÁLISE DE FALHA EM HASTES PARA BROCAS EMPREGADAS  
NA PERFURAÇÃO DE ROCHAS**

**MARABÁ  
2013**

ADILTON ROCHA DA SILVA

**ANÁLISE DE FALHA EM HASTES PARA BROCAS EMPREGADAS  
NA PERFURAÇÃO DE ROCHAS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia de Materiais,  
Campus de Marabá, Universidade Federal  
do Pará. Orientador: Prof. Me. Marcio Corrêa  
de Carvalho

MARABÁ  
2013

ADILTON ROCHA DA SILVA

**ANÁLISE DE FALHA EM HASTES PARA BROCAS EMPREGADAS  
NA PERFURAÇÃO DE ROCHAS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia de Materiais,  
Campus de Marabá, Universidade Federal  
do Pará. Orientador: Prof. MSc. Marcio  
Corrêa de Carvalho

Data de aprovação: 27 de março de 2013

Banca examinadora:

---

Prof. Msc. Márcio Corrêa de Carvalho

---

Prof. Esp. Márcio Paulo de Araújo Mafra

---

Prof. Dr. Edinaldo Teixeira

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Biblioteca II da UFPA. CAMAR, Marabá, PA**

---

Silva, Adilton Rocha da

Análise de falha em hastes para brocas empregadas na perfuração de rochas / Adilton Rocha da Silva ; orientador, Márcio Corrêa de Carvalho. — 2013.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Marabá, Faculdade de Engenharia de Materiais, Marabá, 2013.

1. Britadores - Análise. 2. Máquinas de perfuração. 3. Rochas. I. Carvalho, Márcio Corrêa de, orient. II. Título.

CDD: 23. ed.: 622.23

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARA**

Reitor: Prof. PHD. Carlos Edilson de Almeida Maneschy

Vice-Reitor: Prof. Dr. Horacio Schneider

Diretor da Faculdade: Prof. Esp. Márcio Paulo de Araújo Mafra

Dedico este trabalho de conclusão de curso, aos meus pais, dona Helenice Rocha da Silva e José de Ribamar Bezerra da Silva, pelo apoio, confiança e paciência durante minha graduação. Dedico ainda a Jaciara Silva da Silva que também teve um papel muito importante no último ano de curso.

## AGRADECIMENTOS

Uma vez dois ratinhos passeavam pela cozinha em busca de alimento, quando de repente caíram em balde de nata. Então, por instinto, eles começaram a nadar. Eles nadaram e nadaram... O primeiro ratinho, já cansado, logo desistiu e se afogou. O segundo continuou a nadar. Ele já estava bastante cansado, porém, a sua vontade de viver não o deixava desistir. De repente, como num passe de mágica, toda aquela nata se transformou em manteiga e então ele pode sair.

Claro que todos nos queremos ser o segundo rato, no entanto, poucos são os que conseguem, pois o cansaço, a fadiga, e até mesmo o comodismo nos fazem desistir facilmente de nossos objetivos. Tentar algo novo e ir mais além nem sempre é tão fácil como dizem, existem barreiras difíceis de serem vencidas, nem sempre, só “nadar” muito não é o suficiente, porque os obstáculos exigem muito mais que esforço físico.

Portanto, agradeço a Deus por mais esta vitória, pois Ele está acima de tudo e conhece nossos caminhos e nossas necessidades. Josué 1:9 “... Seja forte e corajoso, não temas, nem desanime, porque o Senhor, teu Deus, é contigo por onde quer que andares”. Com Ele tudo é possível.

Agradeço aos meus pais, meus irmãos, tios e avós, que foram fundamentais para dar força e ânimo. Agradeço aos meus colegas que contribuíram bastante durante os cinco anos de graduação. São eles: Adriano Rafael, Bruna Soares, Dimereis Rosa, Jobeane Braga, Mayron Saminez, Mara Cristina e Viviane Costa. Para mim, mim muitas destas pessoas representam o espírito santo, que nos renova e diz “Desiste não, continue ‘nadando’, sua vitória está logo à frente, você pode não está vendo, mas está lá”.

Agradeço também a técnica do laboratório de cerâmica, Tatiani, pela paciência. Agradeço ainda a toda a equipe de professores da Faculdade de Engenharia de Materiais.

Agradeço a Universidade Federal do Pará pela oportunidade.

## RESUMO

*Em meio a diversos equipamentos utilizados na extração e exploração de minérios, o conjunto haste e broca têm vasta utilização e importância na busca de novas jazidas. As brocas são equipamentos empregados em trabalhos pesados sobre condições severas de solicitações mecânicas e abrasivas, são responsáveis pela perfuração de diversos tipos de solos, como exemplo rochosos. As hastes trabalham em conjunto com as brocas, possibilitando o alcance de grandes profundidades. A Reinaldo Mineração encaminhou ao LED (Laboratório de Ensaio Destrutivos, da, FEMAT – Faculdade de Engenharia de Materiais, CAMPUS Marabá – nesta época coordenado pelo Pro. Msc. Márcio Corrêa), cinco hastes fraturadas, para serem realizadas a análise das falhas, com objetivo de determinar as possíveis causas que as levaram a falhar. Para isto foram realizadas análise visual, análise química, metalografia, MEV e ensaio de microdureza. De acordo com os resultados obtidos, pode-se afirmar que o processo e/ou técnicas empregadas na fabricação das hastes não proporcionam produtos de boa qualidade e eficientes.*

**Palavras-chave:** Haste de broca, Análise de Falha, Fratura em Metais, Caracterização de Metais.



## **ABSTRACT**

Among the various equipment used in the extraction and exploration of minerals, the drill and rod assembly have wide use and importance in the search for new deposits. The drills are heavy duty equipment used in harsh conditions on mechanical stresses and abrasive, are responsible for drilling of various types of ground, for instance rocky. The rods working in conjunction with the drills, enabling the achievement of greater depths. The Reinarda Mining forwarded to the LED (Destructive Testing Laboratory, da FEMAT - School of Materials Engineering, CAMPUS Marabá – at this time coordinated by Prof. Msc. Márcio Corrêa), five fractured rod drills, to be performed the analysis of failures, in order to determine the possible causes that led to fail. To this were done visual analysis, chemical analysis, metallography, SEM and microhardness test. According to the results, it can be stated that the method and / or techniques used in the fabrication of the rods do not provide good quality products and efficient.

**Key words:** Rod Drills, Failure Analysis; Fracture in Metals, Characterization of Metals.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Tipos de haste -----	06
Figura 02: Exemplo de brocas -----	06
Figura 03: Solicitações na haste -----	07
Figura 04: Esquema do processo de extrusão -----	08
Figura 05: Cementação -----	08
Figura 06: Diagrama FeC -----	10
Figura 07: Aquecimento superficial por indução, austenitização -----	11
Figura 08: Resfriamento superficial rápido, para obtenção da martensita -----	11
Figura 09 - Fluxograma Metodologia utilizada no trabalho -----	12
Figura 10: Amostras a serem analisadas -----	13
Figura 11: Vista isométrica da posição dos cortes para obtenção dos CPs -----	13
Figura 12: Amostras cortadas para análises -----	14
Figura 13: Corpo de prova com ataque nital 2% -----	16
Figura 14: Esboço da macrografia com camada cementada -----	16
Figura 15: Melatografia CP1 -----	17
Figura 16: Melatografia CP2 -----	17
Figura 17: Melatografia CP3 -----	17
Figura 18: Melatografia CP4 -----	18
Figura 19: Melatografia CP5 -----	18
Figura 20: Esquema de 1ndentações para dureza -----	19
Figura 21: Gráfico de Médias de Microdureza Vickers -----	20
Figura 22: Inclusão na superfície da fratura, e formação de degraus -----	21
Figura 23: Detalhes da inclusão com microtrincas -----	21
Figura 24: Gráfico de spectrum EDS CP1 -----	22
Figura 25: Detalhe da rugosidade da superfície -----	22
Figura 26: Início da trinca com inclusão -----	23
Figura 27: Detalhe inclusão início da fratura -----	23
Figura 28: Rugosidade na superfície de fratura -----	24
Figura 29: Trincas observadas com aumento de 400 x -----	24
Figura 30: Inclusão seguida de diversas trincas -----	25
Figura 31: Detalhes da inclusão na superfície fraturada -----	25
Figura 32: Gráfico de spectrum EDS CP2 -----	26
Figura 33: Superfície de falha danificada -----	26
Figura 34: Superfície de falha CP5 -----	27
Figura 35: Poros na superfície de falha do CP3 -----	27
Figura 36: Poros na superfície de falha do CP3 -----	28
Figura 37: Início da Fratura CP3 -----	30