

MODELAMENTO DO ENSAIO DE DWT COMPLETO

Thaís Ferreira Marks Brasil

Aluna de Graduação de Eng. Química, 10º período, UFRJ
Período PIBIC/CETEM: maio de 2009 a julho de 2012.
tbrasil@cetem.gov.br

Claudio Luiz Schneider

Orientador, Eng. De Minas, PhD.
cschneid@cetem.gov.br

1. INTRODUÇÃO

Recentemente o CETEM adquiriu um equipamento para ensaios de quebra de partículas com energia de impacto controlada. O ensaio mede a distribuição granulométrica gerada pelo impacto, em vários níveis de energia, de amostras de partículas com tamanhos definidos. Os resultados são subsequentemente reduzidos a dois parâmetros, A e b , característicos do material. O valor do produto $A \times b$ tem sido muito utilizado como um índice de tenacidade de rochas, sendo que valores < 30 caracterizam rochas muito tenazes e valores > 127 caracterizam rochas muito friáveis. Já nas aplicações mais tecnológicas, os valores dos parâmetros A e b são utilizados como parâmetros fundamentais em cálculos metalúrgicos relacionados com operações de britagem de rochas e na moagem em moinhos autógenos e semi-autógenos. A caracterização dos parâmetros de quebra pode ser expandida para fornecer mais detalhes sobre as propriedades dos materiais. Este é o tema deste trabalho.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é testar um modelo para a caracterização do ensaio DWT onde os valores de t_n possam ser completamente substituídos por um parâmetro que descreva a distribuição granulométrica gerada nos ensaios.

3. METODOLOGIA

3.1 Amostras

Amostras de rejeito de jigagem de carvão de Criciúma foram devidamente preparadas e classificadas em cinco faixas de tamanhos específicos para a realização de um ensaio padrão do DWT. Para cada faixa de tamanho foi escolhido aleatoriamente o número necessário de partículas, a fim de gerar uma ampla e uniforme representação da distribuição das mesmas na amostra inicial. Após essa etapa, para cada intervalo de tamanho as partículas foram separadas em cinco conjuntos e estes foram então pesados. A Figura 1 ilustra este procedimento. Obteve-se uma média para a massa de cada partícula do conjunto dividindo-se o valor da massa total pelo número de partículas de cada conjunto. Verificou-se também a massa de cada uma das bases, leve e pesada, e dos pesos utilizados nos ensaios.

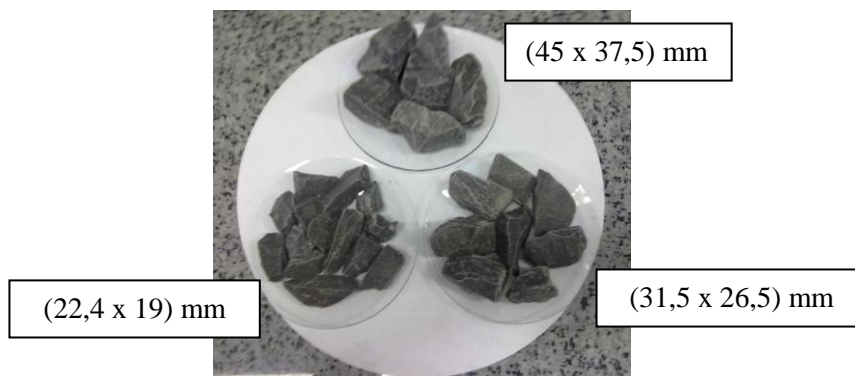


Figura 1. Amostras de rejeito de jigagem de carvão.

Para cada conjunto foi determinada uma energia, e a partir da combinação dos pesos, da energia a ser empregada, da massa de cada partícula e da aceleração da gravidade obteve-se e altura de queda específica através da Equação 1:

$$H (cm) = \frac{\text{Energia } (kWh/t) \times \text{Massa da Partícula } (g)}{g (m/s^2) \times \text{Massa dos pesos } (g)} \quad (1)$$

As condições empregadas em cada ensaio podem ser verificadas na Tabela 1.

3.2 Ensaios no DWT

A ordem de realização dos ensaios foi determinada da seguinte forma: primeiro todos os conjuntos de partículas que utilizavam a combinação de pesos com a base pesada, depois os conjuntos que utilizavam a combinação de pesos com a base leve. Em ambos os casos, iniciou-se com amostras que só utilizavam as bases e em seguida as que utilizavam as bases e pesos, de forma crescente da massa dos pesos. Os ensaios foram realizados no equipamento JKTech DWT (Figura 2). Esse equipamento é comercializado pelo JKTech da Austrália e se tornou padrão internacional na caracterização das propriedades de quebra de minérios e rochas em geral (Napier-Munn et al , 1996). O ensaio é mundialmente conhecido como DWT (*Drop Weight Test*). O equipamento consiste de um sistema que deixa cair um peso variável sobre espécimes de rocha de vários tamanhos a partir de diversas alturas.

Para cada ensaio foi ajustada a altura de queda necessária, de forma a atingir o valor mais próximo da altura requerida na Tabela 1, e estas foram anotadas em uma planilha. Após a quebra foi registrada a altura residual para as dez primeiras partículas de cada conjunto e então, procedeu-se a quebra das outras partículas. Ao final de cada ensaio, recolheram-se todos os fragmentos das partículas quebradas para que posteriormente fosse feita uma análise granulométrica.

Foram selecionadas as séries de peneiras utilizadas na análise granulométrica dos fragmentos obtidos em cada ensaio, seguindo a ordem decrescente de tamanho de partícula. As partículas com tamanho acima de 19 mm foram classificadas manualmente, e as com tamanho abaixo de 19 mm foram classificadas em um peneirador vibratório, durante 20 minutos. As massas retidas em cada fração foram devidamente registradas.



Figura 2. JKTech DWT

Tabela 1. Condições empregadas em cada ensaio.

Faixa de Tamanho (mm)	Energia (kWh/t)	Nº. de Partículas	Massa Total de Partículas (g)	Massa por Partícula (g)	Altura de Queda (cm)
45 x 38	1,00	15	6,85	0,46	1,00
45 x 38	0,25	15	14,99	1,00	0,25
45 x 38	0,10	15	25,00	1,67	0,10
38 x 32	1,00	20	6,85	0,34	1,00
38 x 32	0,25	20	14,99	0,75	0,25
38 x 32	0,10	20	25,00	1,25	0,10
32 x 26	2,50	30	6,85	0,23	2,50
32 x 26	1,00	30	14,99	0,50	1,00
32 x 26	0,25	30	25,00	0,83	0,25
22 x 19	2,50	30	6,85	0,23	2,50
22 x 19	1,00	30	14,99	0,50	1,00
22 x 19	0,25	30	25,00	0,83	0,25
16 x 13	2,50	30	6,85	0,23	2,50
16 x 13	1,00	30	14,99	0,50	1,00
16 x 13	0,25	30	25,00	0,83	0,25

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A energia de impacto é definida pelo peso e pela altura selecionada e a energia específica de impacto é calculada a partir do peso da amostra. Esse modelo mais geral é mostrado na Equação 2 (King, 2012).

$$P(D) = 1 - (1 - A[1 - e^{-b Ecs}]) \left(\frac{9}{\frac{dp}{D} - 1} \right)^\gamma \quad (2)$$

onde $P(D)$ é a fração cumulativa passante no tamanho de peneira D gerada pela quebra de uma partícula com tamanho representativo dp a partir de uma energia específica de impacto Ecs . A , b e γ são os parâmetros característicos medidos no ensaio. A introdução do parâmetro γ dispensa e substitui completamente os diversos parâmetros t_n do ensaio DWT.

Na determinação de parâmetros de quebra para aplicação na previsão do desempenho de britadores, por exemplo, os valores dos parâmetros A e b , tão somente, não são suficientes. Para este tipo de aplicação, é necessário conhecer a distribuição granulométrica completa que é gerada a partir da quebra de partículas de um dado tamanho com uma dada energia específica. Sabe-se que os valores de A e b variam com o tamanho inicial, mas estas variações podem ser medidas no ensaio completo de DWT. Por outro lado, a distribuição granulométrica completa dos produtos de quebra é caracterizada por uma série de parâmetros derivados das medições, conhecidos como t_n . t_n é definido como a fração de material produzido na quebra que passa na abertura de peneira n vezes menor que o tamanho original. Assim, para valores conhecidos de t_2 , t_4 , t_{10} , t_{20} e t_{50} , por exemplo, podemos calcular a distribuição granulométrica do produto da quebra de uma partícula de tamanho conhecido. É possível tabular os valores de t_n em função da energia específica de impacto, mas as determinações são ofuscadas por problemas de natureza estatística. Resultados obtidos a partir de diversas rochas de características distintas indicam que os valores de t_n seguem um padrão comum, porém esta propriedade nunca foi explorada.

Os resultados do ensaio completo de DWT são mostrados de forma sucinta na Figura 3. Pode-se ver que os valores de A e b variam bastante com o tamanho de partícula testado, e este

comportamento sempre é observado seja qual for o material. Os valores médios de A e b foram 44,96 e 1,96, respectivamente (linha preta no gráfico da Figura 3). Assim, o rejeito de jigagem de carvão pode ser classificado como uma rocha friável ($A \times b = 88$). Para os diversos tamanhos os valores de A variam entre 65 e 39 enquanto os valores de b variam entre 1,32 e 2,01.

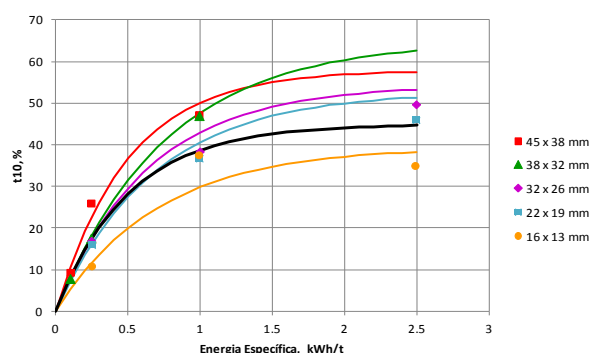


Figura 3. Resultados do ensaio completo de DWT

Enquanto foi determinado que os valores de A e b variam significativamente de tamanho para tamanho, o ensaio demonstrou que um único valor do parâmetro $\gamma = 0,77$ interpola todas as distribuições granulométricas medidas nos produtos da quebra. Distribuições típicas são mostradas na Figura 4. Pode-se concluir que o objetivo foi alcançado para a amostra de rejeito de jigagem de carvão. Todos os cálculos podem ser facilmente organizados em uma planilha do tipo Excel™. Resta determinar se o parâmetro γ se comportará da mesma forma para outros tipos de materiais.

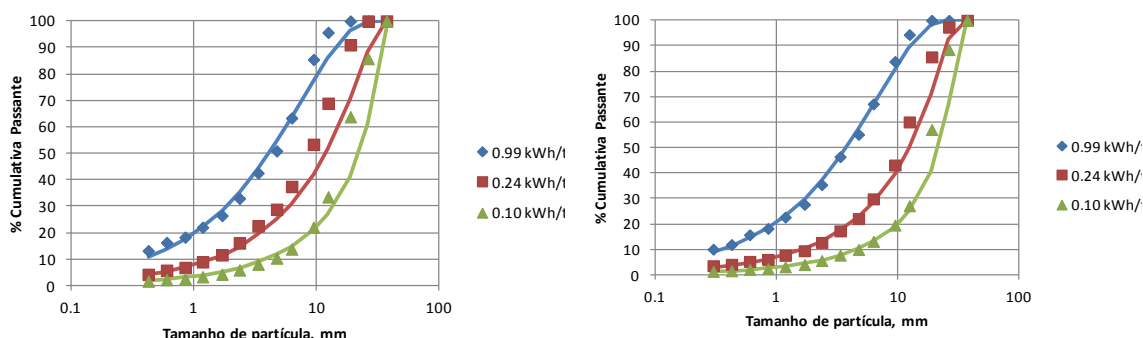


Figura 4. Distribuições granulométricas geradas na quebra de partículas de 45x38 mm (esquerda) e 38 x 32 mm (direita). Pontos medidos e linhas interpoladas com a eq. (1).

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Orientador Claudio L. Schneider e a Marisa B. M. Monte pela oportunidade de fazer uma Iniciação Científica no CETEM e por toda a ajuda, incentivo e confiança. Meu agradecimento é extensivo ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica a mim concedida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KING, R.P., **Modeling & Simulation of Mineral Processing Systems**, 2nd Edition (2012), Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Englewood, Colorado

NAPIER-MUNN, T.J.; MORRELL S.; MORRISON R.D.; KOJOVIC, T., **Mineral Comminution Circuits – Their Operation and Optimization**, (1996), JKMRG Monograph Series in Mining and Mineral Processing 2.