

# AJUSTES DOS MODELOS TRADICIONAIS DE CAPACIDADES DOS BRITADORES GIRATÓRIOS<sup>1</sup>

*Henrique Gonçalves Teixeira<sup>2</sup>  
Dirceu Valadares Nascimento<sup>2</sup>  
Antônio Eduardo Clark Peres<sup>3</sup>  
Roberto Galery<sup>4</sup>*

## **Resumo**

Após investigação dos principais modelos empíricos para capacidade de britadores giratórios, verificou-se que os modelos indicados por Taggart, Broman, Rose English, Gaudie e Hersam obtiveram boa correlação, no entanto os valores obtidos eram inferiores aos que os fabricantes indicavam. Visualizada esta situação necessitava de uma atualização nos modelos para que fossem mais condizentes com a situação atual. Elaborou-se este trabalho então para minimizar esta deficiência para que os profissionais da área mineral possam calcular a capacidade de seus britadores em situações adversas.

**Palavras-chave:** Britadores; Giratório; Capacidades; Simulação.

## **ADJUSTMENTS OF TRADITIONA CAPABILITY MODEL OF GYRATORY CRUSHERS**

### **Abstract**

After investigate empiric models of gyratory crushers it was establish a good correlation to models written by Taggart, Broman, Rose English, Gaudieand Hersam. However, the values were lower than the manufacturers documented. In order to help those who work in the mineral industry to better understand their equipment, these models was rewritten to become more pertinent with the reality.

**Key words:** Crushers; Gyratory; Capacities; Simulation.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 43º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 14º Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 1º Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 1 a 4 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

<sup>2</sup> *Engenheiro de Minas, Engenheiro de Processo, UFMG, Araxá, MG, Brasil.*

<sup>3</sup> *Engenheiro de Minas, Ph.D., Professor, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

<sup>4</sup> *Engenheiro Metalurgista, Dr., Professor, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

# 1 INTRODUÇÃO

Frequentemente, quando se necessita aperfeiçoar a britagem em uma usina de beneficiamento mineral, procuram-se os dados do fabricante do equipamento, para que se possa analisar a capacidade do britador em condições adversas. No entanto normalmente os dados indicados pelos fornecedores são escassos, isto faz com que seja necessário empregar modelos empíricos para um melhor detalhamento da situação.

Através dos estudos dos modelos clássicos de capacidade dos britadores giratórios, notou-se uma boa correlação nas equações expostas por Taggart,<sup>(1)</sup> Hersam,<sup>(2)</sup> Broman,<sup>(3)</sup> Gaudie<sup>(4)</sup> e Rose English.<sup>(5)</sup> No entanto os valores encontrados pelos modelos ficavam abaixo do indicado pelos fornecedores, necessitando uma atualização em seus parâmetros para que fossem mais condizentes com os dados atuais. Tal deficiência provocou um estudo para minimizar tal, dando origem a este trabalho.

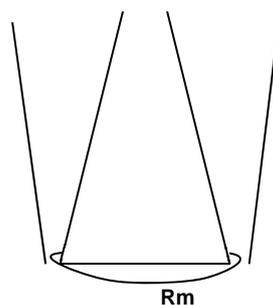
## 2 METODOLOGIA

Utilizando a ferramenta Proj.Lin do Microsoft Excel<sup>TM</sup> acrescentou-se aos modelos clássicos o diâmetro do manto e o gape do britador para que a correlação entre os dados calculados por estes e os informado pela Metso<sup>(6)</sup> aumentasse e a divergência entre os valores informados por cada um diminuíssem.

## 3 DISCUSSÃO DE DADOS E RESULTADOS

### 3.1 Método de Taggart

Este é o modelo mais simples em relação aos demais aqui expostos, no entanto possui boa indicação em seu resultado. Taggart<sup>(1)</sup> dimensionou a capacidade, C, dos britadores giratórios levando em consideração somente a área média da descarga destes.



**Figura 1.** Diagrama britadores família giratórios, raio médio.

$$C = 0,0845.2\pi. Rm. S \quad \text{Equação 1}$$

Correção modelo Taggart:

$$C = 4346,6. \text{LN}[1,33(0,093.2\pi. Rm. S) - 1282S + 6,01D + 1959] - 31714 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

- D = diâmetro do manto [cm];
- C = capacidade [t/h];
- Rm = raio médio da abertura de saída do britador [cm]; e
- S = afastamento máximo de abertura de descarga [cm].

Analisando a Figura 1 nota-se uma boa correlação entre o modelo de Taggart<sup>(1)</sup> e os dados fornecidos pela Metso,<sup>(6)</sup> no entanto os valores calculados pelo modelo é quase quatro vezes inferior ao indicado pelo fabricante.

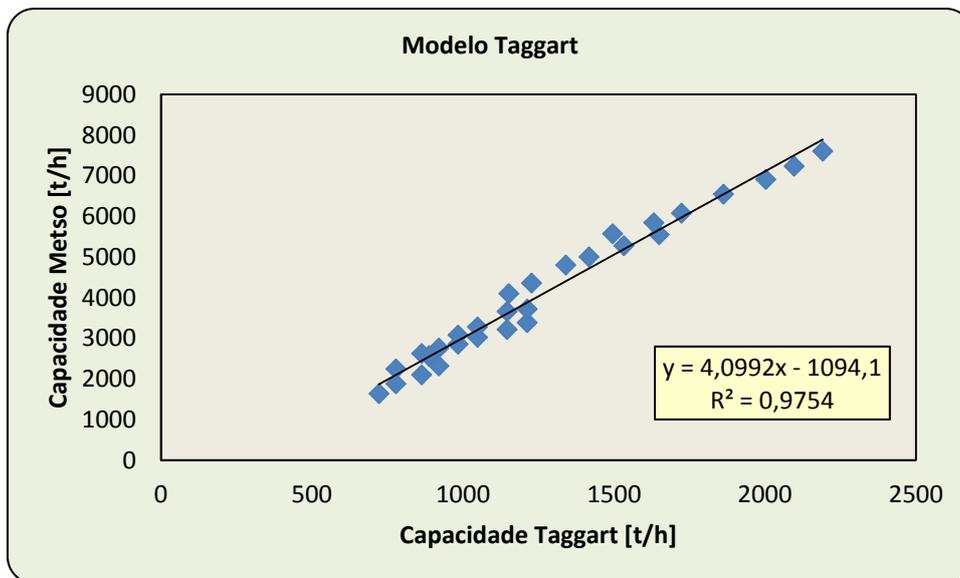


Figura 2. Modelo de Taggart<sup>(1)</sup>, para capacidade, comparado com os valores da Metso.<sup>(6)</sup>

Embora não tenha melhorado significativamente a correlação com o modelo corrigido, houve uma menor divergência entre os dados calculados e indicado pelo fabricante (Figura 3).

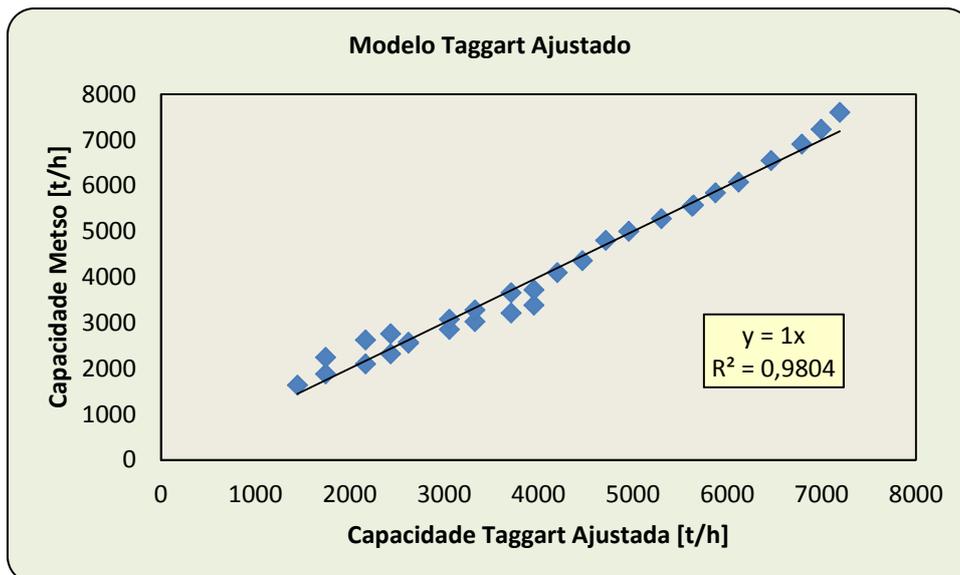


Figura 3. Modelo de Taggart Ajustado, para capacidade, comparado com os valores da Metso.<sup>(6)</sup>

### 3.2 Método de Hersam

A capacidade máxima de um britador giratório é indicada por Hersam<sup>(2)</sup> de acordo com a Equação 3.

$$Q = 30 \frac{T^2 + 2ST}{G - S} \cdot n \cdot 2\pi \cdot Rm \cdot D \cdot \delta \cdot k \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

- Q = produção horária em toneladas métricas se D, G, S, T e W são expressos em metros;
- Rm = raio médio da abertura de saída do britador em metros;
- $\delta$  = densidade aparente do material; e
- n = revoluções por minuto.

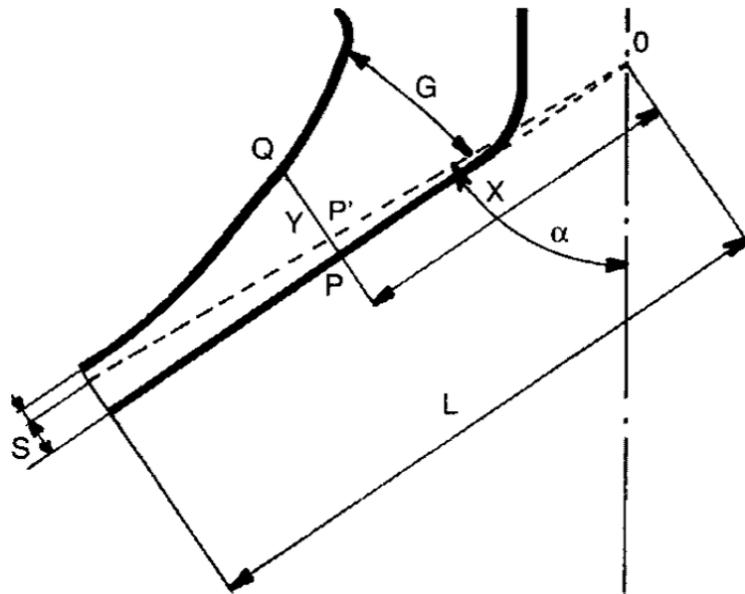


Figura 4. Câmara de trabalho de um britador cônico.<sup>(2)</sup>

O modelo corrigido de Hersam é obtido pela Equação 4.

$$Q = \left( 30 \frac{T^2 + 2ST}{G - S} \cdot n \cdot 2\pi \cdot Rm \cdot D \cdot \delta \cdot k \right) \cdot 5,87 + 1534,2D - 878,47G - 5316 \quad \text{Equação 4}$$

Analisando as Figuras 5 e 6 percebe-se que após a aplicar a correção neste modelo, houve uma melhora tanto na correlação dos dados quanto a divergência de valores entre os dados calculados e informados pela Metso.<sup>(6)</sup>

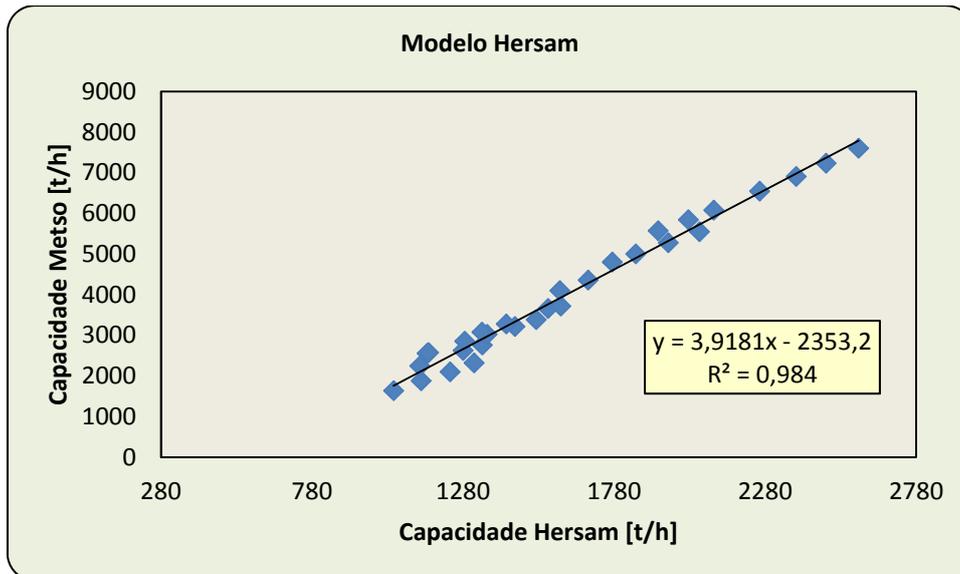


Figura 5. Modelo de Hersam<sup>(6)</sup>, para capacidade, comparado com os valores da Metso.<sup>(6)</sup>

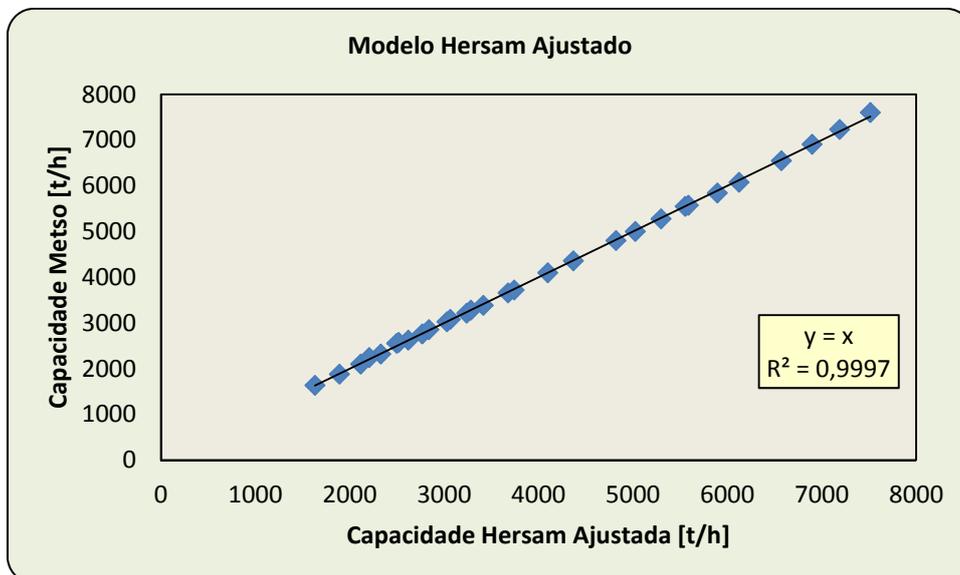


Figura 6. Modelo de Hersam Ajustado, para capacidade, comparado com os valores da Metso.<sup>(6)</sup>

### 3.3 Método de Broman

Broman<sup>(2)</sup> sugere a seguinte fórmula para britadores giratórios:

$$Q = (D - S)\pi \cdot S \cdot d \cdot \cot(\alpha) \cdot k \cdot 60n \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

- Q = capacidade em [m<sup>3</sup>/h];
- D = diâmetro interno no ponto de descarga do britador [m];
- B = largura da câmara de britagem [m];
- K = constante do material varia entre 1,5 e 2,5;
- S = abertura de saída na posição aberta [m];
- d = deslocamento ou a diferença entre da abertura de saída na posição aberta e fechada [m];
- n = revoluções por minuto [RPM];
- $\alpha$  = ângulo de ataque [°].

Após a correção da equação de Broman, esta se altera para:

$$Q = 3,51(D - S)\pi . S . d . \cot(\alpha) . \rho . 60n + 234,39D + 3725,1G - 7204,1S - 40479 \quad \text{Equação 6}$$

Assim como no modelo de Hersam, percebe-se que após aplicar a correção no modelo de Broman houve uma melhora significativa na correlação dos dados em comparação com os informados pela Metso<sup>(6)</sup> e os calculados.

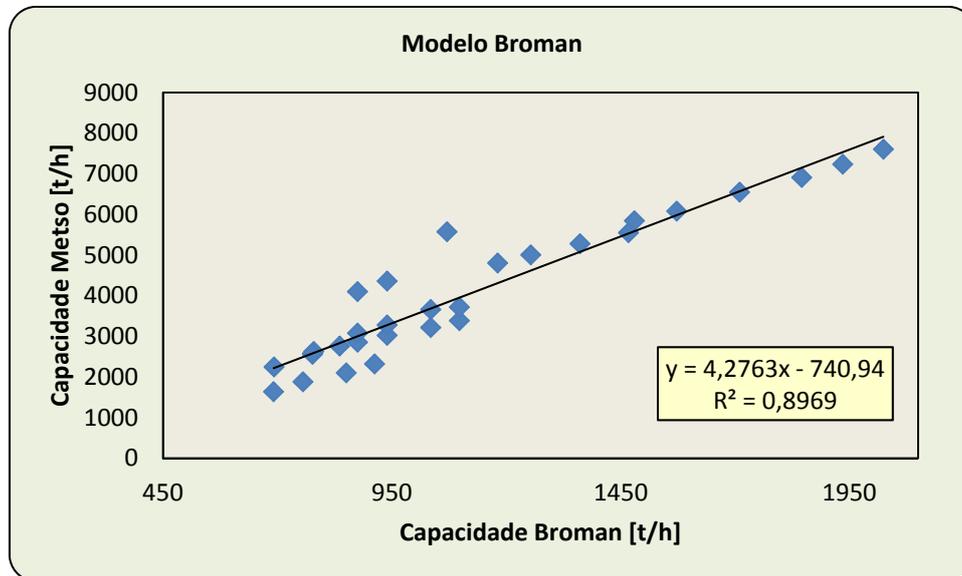


Figura 7. Modelo de Broman,<sup>(2)</sup> para capacidade, comparado com os valores da Metso.<sup>(6)</sup>

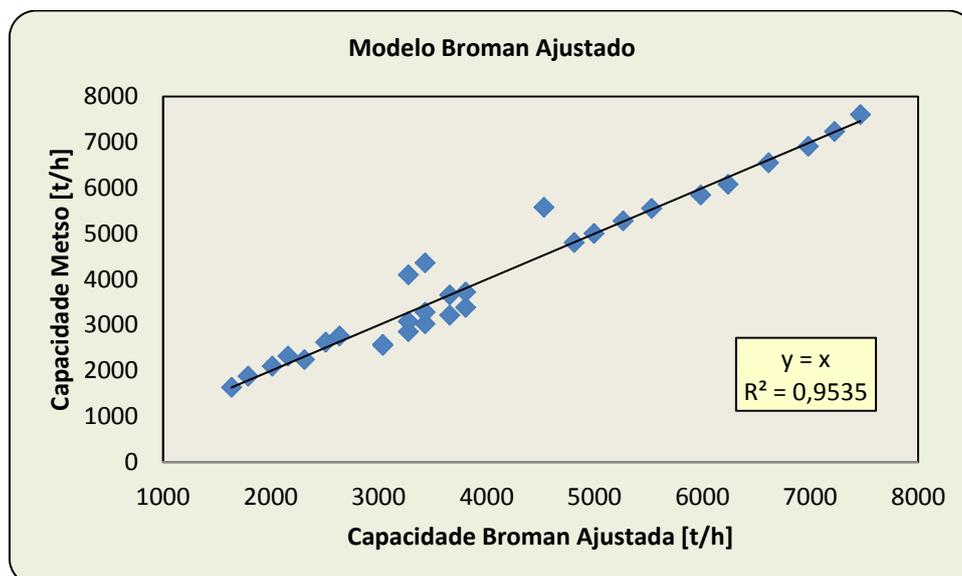


Figura 8. Modelo Broman Ajustado, para capacidade, comparado com os valores da Metso.<sup>(6)</sup>

### 3.4 Método de Gaudie

A expressão de Gaudie<sup>(4)</sup> para a capacidade ótima é:

$$Q = 0,35\pi . \sin\theta . (L_{MAX} + L_{MIN})g . H\sqrt{(\sin\theta + \mu\cos\theta)} \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

- $L_{MAX}$  = Distância máxima entre a cabeça giratória e a carcaça;
- $L_{MIN}$  = Distância mínima entre a cabeça giratória e a carcaça;

- $\theta$  = Inclinação do cone para a horizontal;
- $g$  = Aceleração da gravidade;
- $H$  = altura vertical da câmara; e
- $\mu$  = coeficiente de fricção do material.

Após o ajuste a expressão de Gaudie torna-se:

$$Q = 0,35\pi \cdot \sin\theta \cdot (L_{MAX} - L_{MIN})g \cdot H \sqrt{(\sin\theta + \mu\cos\theta)} \cdot 53,7 + 2334 \cdot D - 1249G - 996L_{MIN} - 2273 \quad \text{Equação 8}$$

Através das Figuras 9 e 10 percebe-se que após a utilização do ajuste os dados ficam menos dispersos, conseqüentemente aumenta a correlação dos dados e diminui a entre o calculado e o informado pelo fabricante.

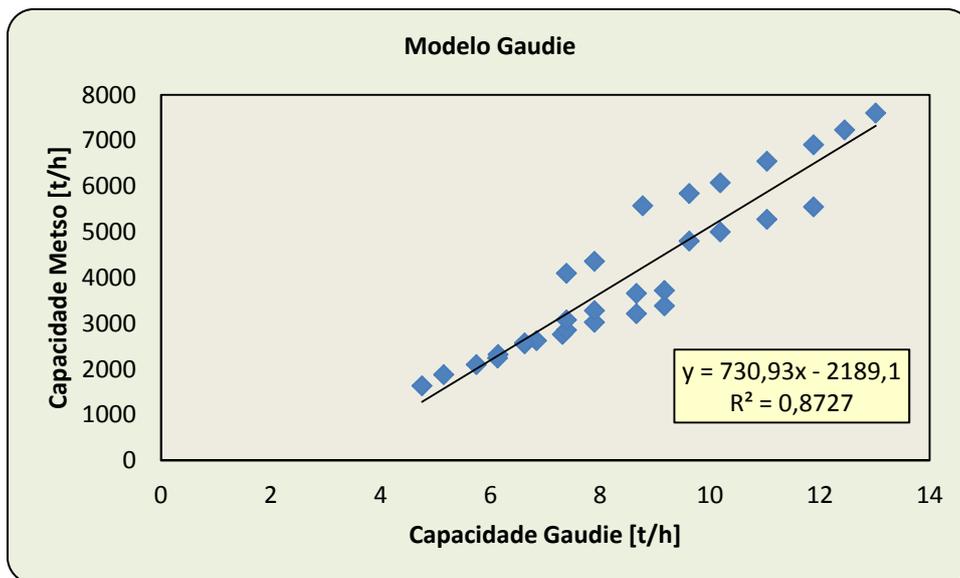


Figura 9. Modelo de Gaudie<sup>(4)</sup>, para capacidade, comparado com os valores da Metso.<sup>(6)</sup>

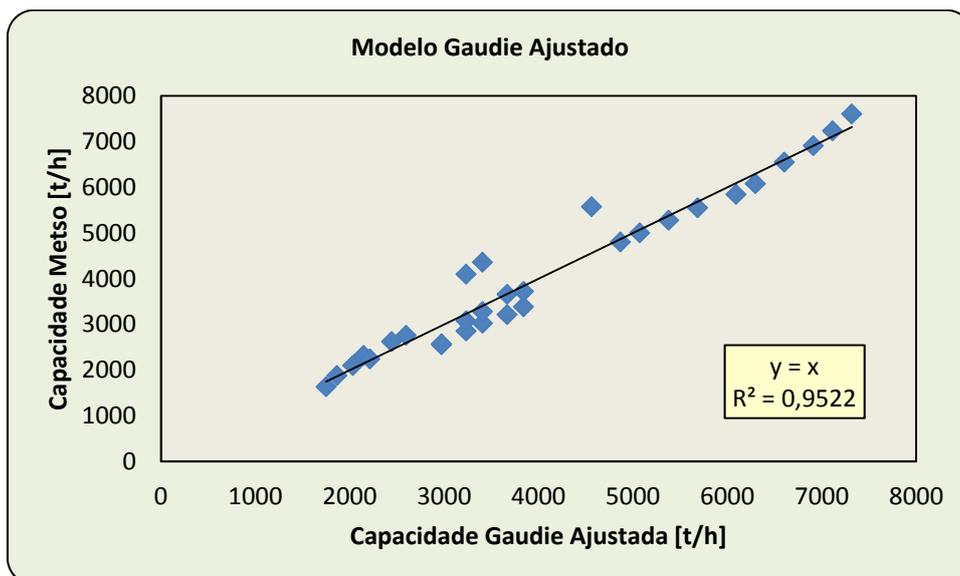


Figura 10. Modelo de Gaudie Ajustado, para capacidade, comparado com os valores da Metso.<sup>(6)</sup>

### 3.5 Método de Rose e English

De acordo com Rose e English<sup>(5)</sup> a equação a seguir pode ser usada para determinar a capacidade (Q) dos britadores giratórios.

$$Q = \frac{W_i D \rho_s \sqrt{L_{MAX} - L_{MIN}} (L_{MAX} + L_{MIN}) K}{2 \left( \sqrt{\frac{R}{R-1}} \right)} \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

- $W_i$  = Work Index de Bond;
- $D$  = Diâmetro da carcaça em uma dada seção cortada;
- $L_{MAX}$  = abertura na posição aberta (APA);
- $L_{MIN}$  = Abertura de saída na posição fechada (APF);
- $R$  = Taxa de redução; e
- $K$  = fator estatístico.

Para materiais macios como carvão e coque,  $k = 1$ . Agora para materiais duro como quartzo e granito,  $k = 0,5$ .

A seguir a correção do método de Rose e English:

$$Q = \frac{2,41 W_i D \rho_s \sqrt{L_{MAX} - L_{MIN}} (L_{MAX} + L_{MIN})}{2 \left( \sqrt{\frac{R}{R-1}} \right)} + 533D + 2536G - 3500L_{MAX} - 3328,4 \quad \text{Equação 10}$$

Após análise das Figuras 11 e 12 percebe-se uma melhora no modelo, após fazer as correções.

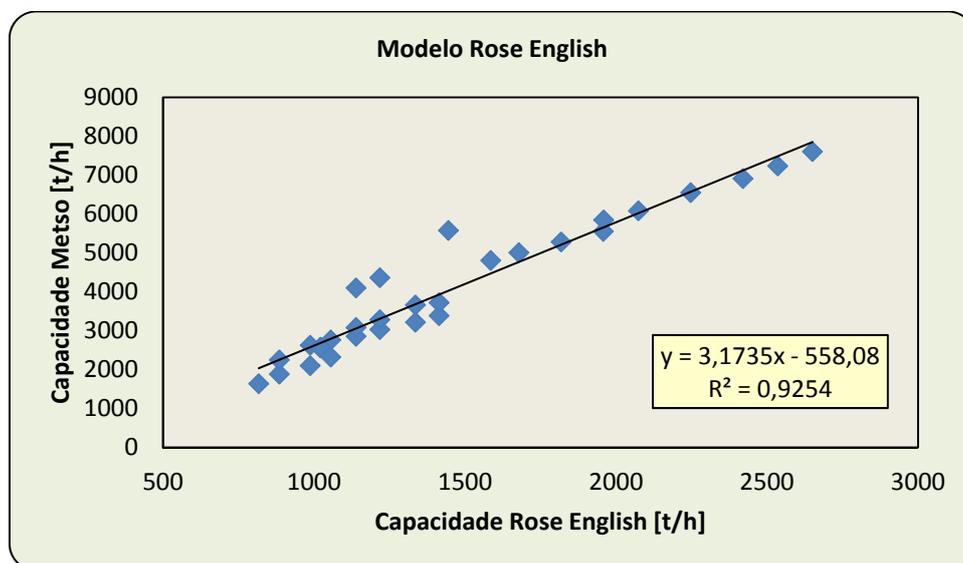


Figura 11. Modelo Rose English<sup>(3)</sup>, para capacidade, comparado com os valores da Metso.<sup>(6)</sup>

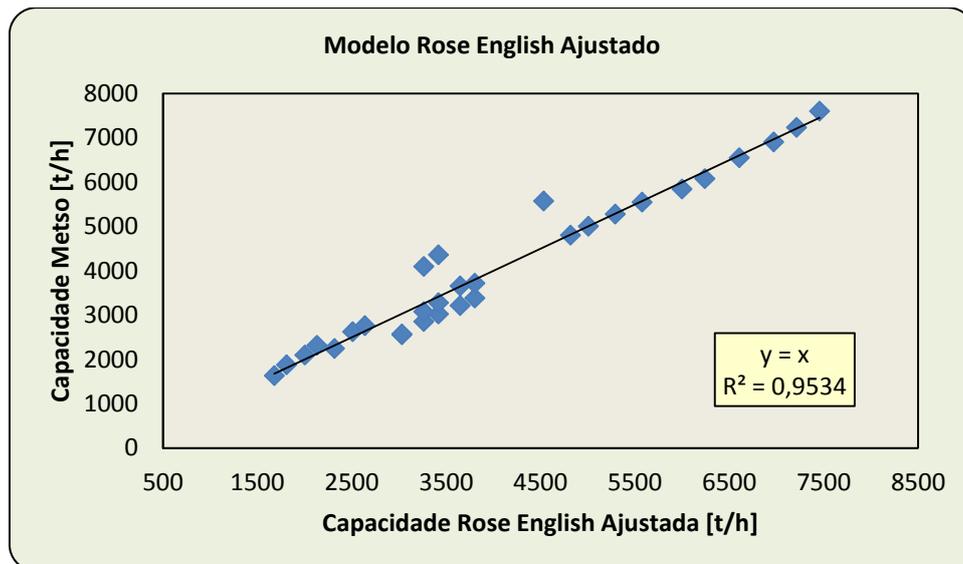


Figura 12. Modelo Rose English Ajustado, para capacidade, comparado com os valores da Metso.<sup>(6)</sup>

## 4 CONCLUSÃO

A partir deste trabalho notou-se uma boa correlação nos modelos clássicos que determinam a capacidade dos britadores giratórios, no entanto os valores por eles simulados são inferiores aos indicados pelo fabricantes. Utilizando a função Proj.Lin do Microsoft Excel™ foi possível fazer ajustes nestes modelos diminuindo assim as divergências entre os valores calculados e os fornecidos pela Metso.<sup>(6)</sup> O modelo de Hersam ajustado indicou uma melhor correlação e menor diferença entre os dados calculados e os informados pelo fabricante.

Através destas correções os profissionais da área mineral poderão calcular a capacidade de seus britadores com uma maior precisão, em situações intermediárias, nas quais os fabricantes não fornecem dados concretos.

## REFERÊNCIAS

- 1 GOMIDE, R. Operações Unitárias - Operações com sistemas sólidos granulares. 1º Vol, 1980.
- 2 HERSAM, E.A. Trans. AIME, 68, 1923, 463 pp.
- 3 BROMAN, J. Engineering and Mining Journal, June (1984) 69.
- 4 GAULDIE, K. Engineering, London, Oct 9, 1953, 456 pp.
- 5 ROSE, H.E. & ENGLISH, J.E. Trans. Inst of Mining and Metallurgy, 76, 1967, C32.
- 6 METSO – Manual de Britagem. 6ª edição, 2005.