



Porto Alegre, 08 de outubro de 2014.

*Para avaliação da comissão de pós graduação-PPG3M,  
(sob coordenação dos professores Dr. Telmo Roberto Strohaecker e Dr. Carlos Pérez Bergmann):*

Gostaria de solicitar por meio desta carta a inclusão da disciplina “Cominuição com ênfase em britagem e ensaios de caracterização para fins de modelagem e simulação de desempenho de circuitos industriais” no programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPG3M). A mesma foi dada em caráter de convênio UFRGS-PPGE3M e Vale do Rio Doce junto ao projeto FRAGCOM em agosto de 2014. Portanto, conto com sua pronta apreciação para que, também, esta disciplina possa ser validada ainda para o próximo trimestre, se possível e for de conveniência do programa.

#### **I. Código**

**Sem código**

#### **II. Título**

Cominuição com ênfase em britagem e ensaios de caracterização para fins de modelagem e simulação de circuitos industriais.

#### **III. Número de créditos / carga horária;**

3 créditos

#### **IV. Súmula/ementa**

Apresentação da teoria e prática de equipamentos e desenhos de circuito de britagem. Apresentação e exercícios dos conceitos fundamentais dos ensaios de caracterização de britabilidade e moabilidade, dentre outros de resistência à quebra dos minérios. Introdução de novos conceitos de equipamentos e desenho de circuitos, dentro do contexto da teoria e prática da amostragem, com vistas à modelagem e simulação dos processos de redução de tamanho. Britagem, classificação e moagem do ponto de vista geometalúrgico.

#### **V. Objetivos**

Apresentar os fundamentos da teoria e prática da cominuição, com ênfase na britagem (equipamentos e circuitos industriais) e processos de modelagem e simulação. Abordar conceitos teóricos e aspectos práticos de sua implementação. Capacitar o aluno a dimensionar equipamentos de cominuição, projetar diferentes circuitos industriais com vistas a diferentes propostas de desempenho e produtos, considerando a variabilidade do depósito, planejamento e sequenciamento de lavra, bem como as diversas etapas da cadeia produtiva.

#### **VI. Programa (conteúdo)**

- **Pte 1:** Introdução à cominuição, com ênfase na britagem; mecanismos de quebra; apresentação dos equipamentos e de seus principais parâmetros físicos e operacionais e desenho básico de circuitos.
- **Pte 2:** Ensaios de fragmentação (WI de Bond, DWT, UFLC, HPB, UCS, etc).



➤ **Pte 3:** Modelagem e simulação: aprimoramento dos conhecimentos em cominuição, incluindo classificação e moagem com utilização de exercícios de modelagem e simulação.

➤ **Pte 4:** Estudo detalhado do desenho dos circuitos de cominuição, dimensionamento dos equipamentos, determinação da granulometria de ROM, alimentação e produtos dos multiestágios, carga circulante versus desenho do circuito e previsibilidade de eficiência e desgaste de peças .

## VII. Método de trabalho (principais atividades)

Aulas expositivas e aulas com exercícios práticos.

*Material Complementar: slides, videos e animações; Vol.1 – Introdução à cominuição e mecanismos de quebra, ensaios de caracterização e modelagem (apostila); Vol.2 –Desenho de circuitos industriais e simulação (apostila); Lista de exercicios número 1 sobre britagem e ensaios de caracterização (introdução à modelagem e simulação) e Lista de exercicios número 2: teoria e prática sobre desgaste de peças.*

## VIII. Procedimentos e/ou critérios de avaliação

Será utilizada a média dos conceitos de exercícios aplicados em aula (lista de exercícios 1 (N1) e lista de exercícios 2 (N2)), os quais devem ser entregues durante as aulas ou até o último dia por grupo de até 4 alunos.

$$NF = (N1 + N2)/2$$

## IX. Bibliografia

AWACHIE, S.E.A. (1983). Development of crusher models using laboratory breakage data. PhD thesis, University of Queensland (JKRMC).

AUSTIN, L.G., CONCHA, F. (1993). Diseño y simulación de circuitos de molienda y clasificacion, Curso CYTED.

BERALDO, J.L. (1987). Moagem de minérios em moinhos tubulares. Ed.1, São Paulo: Edgar Blücher, 143p.

BERGSTROM, B.H. (1985). Crushability and Grindability. SME Mineral Processing, Handbook, vol. 2, p.30-65 a 30-68.

BOND, F.C. (1947). Crushing Tests by Pressure and Impact. Trans, AIME, vol. 169, pp. 58-66.

BOND, F.C. (1961). Crushing and Grinding Calculations. Parts I and II. Allis Chalmers. Bulletin n° 07R9235B. Reprinted from British Chemical Engineering, 13 p.

BOND, F.C. (1952). The Third Theory of Comminution. Mining Engineering. Transactions AIME 193, p. 484-494

BOURGEOIS F.; KING R.P.; HERBST J.A. (1992). Low-Impact-energy single breakage fracture comminution: theory and Practice. Ed. Kawatra, Ch.8 , 99-108 (AIME).

CETEM- BARBATO, C.N.; SAMPAIO, J.A. (2007). Determinação experimental do índice de trabalho (WI), CT2007-060-00 Comunicação Técnica elaborada para o Livro Tratamento de Minérios: Práticas Laboratoriais- Parte III – Moagem, Cap.10, p.179.

DELBONI, H. (2007). Cominuição de Itabiritos Compactos e Semi-Compactos de Conceição e Fábrica Nova. Relatório fornecido a CVRD (RPT CVRD/HDK ITAB-VER.0-10.OUT.2007). HDK Eng. E com. Ltda.

FIGUEIRA, H. O., ALMEIDA, S. M.; NETO, J. P. (1998). Tratamento de minérios. Ed.2, Adão Benvindo da Luz *et al.* (ed)., Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, p. 107-205.

FRAGCOM (2013) – Relatório Técnico Ano 1 – Projeto FRAGCOM. ACA No. 1969328.

HERBST, J.A. 1990. Techniques de modélisation et de simulation pour l'amélioration des opérations de broyage. Mines & Carrières. Les techniques 4/90. Revue de la société de l'industrie minérale. Suplement à juillet, vol 72, p. 125-134.



**Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Departamento de Engenharia de Minas**

- HÖFFLER, J.A.; HERBST J.A. (1990) - Ball mill modelling through microscale fragmentation studies: fully monitored particle bed comminution versus single particle impact tests. The 7th Euro Symp. On Comminution, 381-397 (Yugoslavia).
- KING, R.P. (2001). Modeling & Simulation of Mineral Processing Systems. Ed. Butterworth-Heinemann.
- METSO MINERALS (2002), Basics in Minerals Processing. USA.
- MÖRSKY, P.; KLEMETTI, M.; KNUUTINEN, T.; KALAPUDAS, R.; KOIVISTOINEN, P. (1996). The development of laboratory testing for autogenous grinding. International Journal of Mineral Processing, p. 44-45, p.261-277.
- NAPIER-MUNN, T.J.; MORRELL, S.; MORRISON, R.D. AND KOJOVIC T. (1996). Mineral comminution circuits-Their Operation and Optimisation. JKRCM (Austrália).
- PEREIRA, C.E., Moagem. In: PERES, A.E.C.; PEREIRA, C.E.; da SILVA, J.M.; DE ARAUJO, A.C., *Curso de Beneficiamento de minérios*. Belo Horizonte: 1989. p. 60-65.
- REFAHI, A.; AGHAZADEH, M. ; REZAI, B. (2009). Comparison between bond crushing energy and fracture energy of rocks in a jaw crusher using numerical simulation. The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, vol.109, p.709-717.
- ROWLAND, C.A. (1976). The tools of Power – The Bond Work Index: a tool to measure grinding efficiency, SME-AIME.
- ROWLAND, C.A. (1978). Determination and Use of operating work index in controlled grinding circuits – A proposed concept; Mill operator's Conference and exhibit – Australian Institute of Mining and Metallurgy (AIME).
- SOUZA, V.C.G. (2014). Curso de fragmentação de minérios: ênfase em britagem e ensaios de fragmentação. VALE/PROJETO FRAGCOM – FLE/UFRGS/PPGEM -2014.
- TAVARES, L.M. - COPPETEC - COPPE/POLI/UFRJ – PEMM 8120 (2006). Relatório final de atividades encomendado pela companhia Vale do Rio Doce S.A.: “Britabilidade, moabilidade, abrasividade e características de fratura por impacto e autofratura de minérios de ferro de Conceição e Fábrica Nova (MG)”, 78p.
- TAVARES, L.M., KING, R.P. (1998). Single-particle fracture under impact loading. International Journal of Mineral Processing, vol.54, p.1-28.

## **X. Pré-requisitos**

sem

## **XI. Docente responsável**

Sugestão: professora colaboradora Vlândia Cristina Gonçalves de Souza.

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vlândia Cristina Gonçalves de Souza\***

**Prof.<sup>a</sup> Adjunta Depto. Eng. Minas Univ. Federal do Rio Grande do Sul\***  
**Av. Bento Gonçalves, 9500**  
**Bloco IV - Prédio 75 - Sala 130**  
**CEP: 91509-900**  
**Porto Alegre - RS – Brasil**  
**Telefone +55 51 3308.9440**