

DISTRIBUIÇÃO MÁSSICA NO QUARTEADOR DE CARROSSEL

**CASTRO, G.S.², GONÇALVES, D.R.¹, GONÇALVES, M.F.², JÚNIOR, M.H.S.²,
NOGUEIRA, F.C.¹, PEREIRA, C.A.¹**

¹Universidade Federal de Ouro Preto: sid.vidi@hotmail.com; franciellenoguera@yahoo.com.br;
pereira@demin.ufop.br

²Instituto Federal Minas Gerais: gleicecastro8@hotmail.com; marianagoncal@yahoo.com.br;
marcelo_24_22@hotmail.com

RESUMO

A amostragem é uma técnica muito utilizada na indústria mineral e, portanto, deve ser bem conduzida para garantir a representatividade do minério ou do universo amostrado. Assim, os resultados de uma análise ou pesquisa tornam-se confiáveis, além de proporcionar credibilidade ao trabalho. Industrialmente existem diversos equipamentos e técnicas para realização da amostragem. Neste trabalho estudou-se o funcionamento do quarteador de carrossel em uso no laboratório de processamento minerais da UFOP. O trabalho teve por finalidade otimizar sua operação e contribuir para o bom uso do equipamento, já que existe pouca bibliografia a respeito da sua operação. Para tanto, foi testada a influência da granulometria e da altura de entrada do minério sob o transportador contínuo em relação à distribuição mássica do material. Na realização dos ensaios experimentais foram utilizados 100 kg de dois tipos de minérios com quatro granulometrias diferentes. O primeiro, constituído de gnaiss com três granulometrias mais grossas e com maior densidade e, em seguida, o de willemite com uma granulometria mais fina e com menor densidade. As alturas de entrada de minério no alimentador contínuo, utilizadas nos experimentos, foram iguais a 14,6 cm e 7,3 cm. Na análises dos resultados utilizou-se o coeficiente de variação baseado nas massas normalizadas de cada recipiente, o que permitiu observar as melhores condições de funcionamento do equipamento.

PALAVRAS-CHAVE: amostragem; quarteador carrossel; distribuição mássica.

ABSTRACT

The sampling is a technique very used in industrial process, but it must be properly conducted to ensure a good homogenization of the material and makes the results of an analysis reliable. In the Industry there are many equipment and techniques to make the sampling. This research tested the operation of the divider called carousel belongs to the mineral processing laboratory of UFOP. As there is not a lot of bibliography about how this equipment works, the main goal of this paper is optimize carousel operation. In the experiments were tested the influence of particle size and the entry's heights of the ore in the equipment in relation of the mass distribution of material. Were used 100 kg of two kinds of materials of four different granulometries. The first was the Gneiss with three granulometries thicker and more densely and then the willemite with a finer grain size and lower density. The entry's heights of the ore in the carousel used in the tests were equal to 14,6 cm and 7,3 cm. The results were analyzed using the coefficient of variation based on the normality masses of each slots, enabling to observe the best operating conditions of the equipment.

KEYWORDS: sampling; carousel; mass distribution.

1. INTRODUÇÃO

A amostragem é um processo essencial e largamente utilizado na indústria em geral. No caso da indústria mineral, a amostragem é de fundamental importância para avaliação de depósitos minerais, controle de processo, comercialização de produtos, dentre outros. A amostragem deve ser realizada de forma criteriosa para assegurar a credibilidade dos produtos advindos das operações de tratamento e eliminar distorções de resultados, cujas consequências são indesejáveis. Desse modo, a etapa de amostragem, tão crucial à do tratamento, não deve ser conduzida apenas por meio do juízo de valor e da experiência prática do operador. A ausência de cuidados para com essa operação pode provocar a incômoda incredibilidade aos resultados finais dos trabalhos e/ou operações.

Existem alguns trabalhos que restringem o uso da amostragem manual, como Grigorieff (2002) que aponta essa técnica como responsável por diversos erros de amostragem e afirma que somente sistemas automáticos de amostragem são confiáveis. Entretanto, alguns circuitos automatizados de amostragem descartam etapas de homogeneização, garantidos na amostragem manual, como no caso da amostragem em vagões. Nesse último exemplo, um amostrador cilíndrico, é injetado, sem preocupações quanto à uniformidade das camadas do minério, sobre o material no vagão.

Dessa forma, se buscam equipamentos que reduzem os erros de amostragem e garantem uma devida representatividade do universo amostrado. Industrialmente, são utilizados equipamentos como o *cross belt*, o corta fluxo e o quarteador de carrossel. Para quarteamento de polpa é utilizado o quarteador de polpa, com funcionamento semelhante ao discutido no presente trabalho, com diferença no material e no sistema de alimentação em cada caso. O quarteador de carrossel trabalha com materiais secos enquanto o quarteador de polpa trabalha com polpas de minérios.

O objetivo deste trabalho é mensurar e otimizar a distribuição mássica do quarteador de carrossel do laboratório de Processamento de Minérios da Universidade Federal de Ouro Preto. Isso para determinação da melhor granulometria e abertura de entrada do minério sobre a esteira do carrossel, garantindo o bom funcionamento do equipamento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O quarteador de carrossel é um equipamento para operações a seco ou a úmido, a depender do sistema de alimentação e pode ser utilizado no quarteamento, tanto de pequenas amostras, quanto aquelas maiores, em especial, advindas das operações em usina piloto. O equipamento possui duas partes principais: um disco giratório e um alimentador, a este faz parte um transportador contínuo que se move com velocidade constante. O minério é descarregado em um disco giratório equipado com doze recipientes para coleta das amostras.

Nas Indústrias de Mineração e Metalurgia a amostragem é uma das operações mais complexas e passíveis de introduzir erros, resultando em prejuízos vultosos ou em distorções de resultados. Neste contexto, deve-se inserir às etapas de amostragens critérios técnicos e científicos, assegurando confiabilidade aos resultados. (GÓES *et al.*, 2004).

Segundo Revuleta & Jimeno (2002) uma amostragem pode ser definida como a retirada de uma pequena parte com todas as características do material, isto é, representativa, que será utilizada para análise química, análise física, análise tecnológica, dentre outras.

Para validação da amostragem a Estatística é uma ferramenta fundamental. A Estatística, em um universo estudado e bem amostrado, auxilia na tomada de decisões. No trabalho de Júnio (2010) foram testadas diferentes técnicas de amostragem aplicadas a misturas binárias. Durante a

realização deste trabalho foram realizados simples cálculos estatísticos, como a normalização das massas em relação à ideal, cálculo do desvio padrão, limites de confiança e coeficiente de variação. Por coeficiente de variação entende-se como uma variação dos dados em relação à média. Quanto menor o valor desse parâmetro mais homogêneo é o conjunto de dados. O coeficiente de variação parâmetro é muito útil para a comparação de duas variáveis que a princípio não são comparáveis. O coeficiente de variação (CV) pode ser expresso pela relação entre o desvio padrão (S) e a média aritmética (\bar{x}).

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \quad (1)$$

3. METODOLOGIA

A fim de observar a distribuição mássica no quarteador de carrossel, segundo a análise das massas divididas nos doze recipientes de coleta das amostras, foram separadas quatro amostras de 100 kg de material. Três destas amostras eram compostas de gnaisse e cada amostra constituída de uma granulometria diferente, as quais foram denominadas de granulometria: grossa (1), média (2) e fina (3). A outra amostra era composta de minério willemítico de granulometria denominada ultrafina (4).

Além da granulometria, também foi controlada a altura de entrada do minério sobre o transportador contínuo com auxílio de uma comporta. Dessa forma, durante os testes, a altura do minério foi variada com a abertura da comporta em dois níveis: aberta (1) e semiaberta (2). A condução dos testes foi planejada conforme o planejamento de experimento descrito na Tabela I.

Tabela I. Planejamento de experimentos para análise da distribuição mássica do quarteador de carrossel.

Testes	Granulometria	Abertura da comporta
1	1	1
2	1	2
3	2	1
4	2	2
5	3	1
6	3	2
7	4	1
8	4	2

Cada teste foi realizado com a deposição da respectiva amostra em um compartimento sobre a esteira e com a altura da comporta fixada. O transportador em movimento carregou o minério sobre um plano inclinado até certa altura e descarregou seu conteúdo nos 12 recipientes situados sobre o carrossel. Após a parada do carrossel (Fig. 1), as amostras contidas nos recipientes foram removidas e pesadas. Foram realizados 16 testes, devido à réplica dos oitos testes do planejamento de experimentos.



Figura 1. Quarteador de carrossel utilizado nos experimentos.

3.1. Quarteamento e peneiramento

Com objetivo de realizar a análise granulométrica de cada amostra por peneiramento, convencionou-se, por meio de sorteio, que o conteúdo do recipiente nove, ao final da réplica de cada teste, seria recolhido para posterior quarteamento. O quarteamento faz necessário para a redução da massa inicial o que facilita o peneiramento.

O quarteamento da granulometria (2), (3) e (4) foram realizados no quarteador Jones. Utilizou-se quatro subdivisões da massa para alcançar a massa final usada no peneiramento. O quarteamento da granulometria (1) foi feito de forma manual com a construção de uma pilha cônica e a divisão dessa em quatro partes com o recolhimento de uma das partes para o peneiramento. A opção pelo quarteamento manual foi devida ao tamanho das partículas dessa amostra, grandes demais para o uso do quarteador Jones. As massas iniciais e aquelas obtidas após o quarteamento das diferentes amostras de granulometria estão relacionadas na Tabela II.

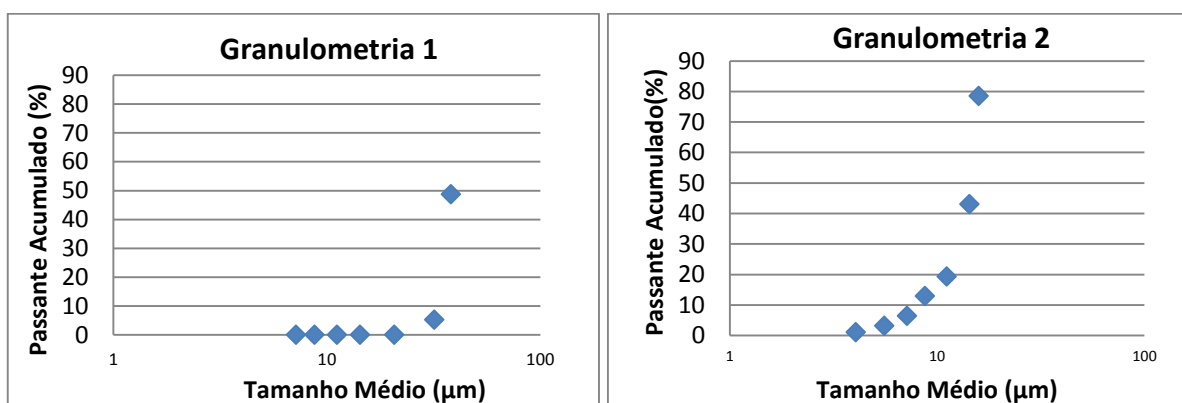
Tabela II. Massas iniciais e as massas finais após o quarteamento.

Granulometria	Massa inicial (kg)	Massa final (kg)
1	7,715	2,130
2	8,160	0,465
3	8,100	0,510
4	8,225	0,510

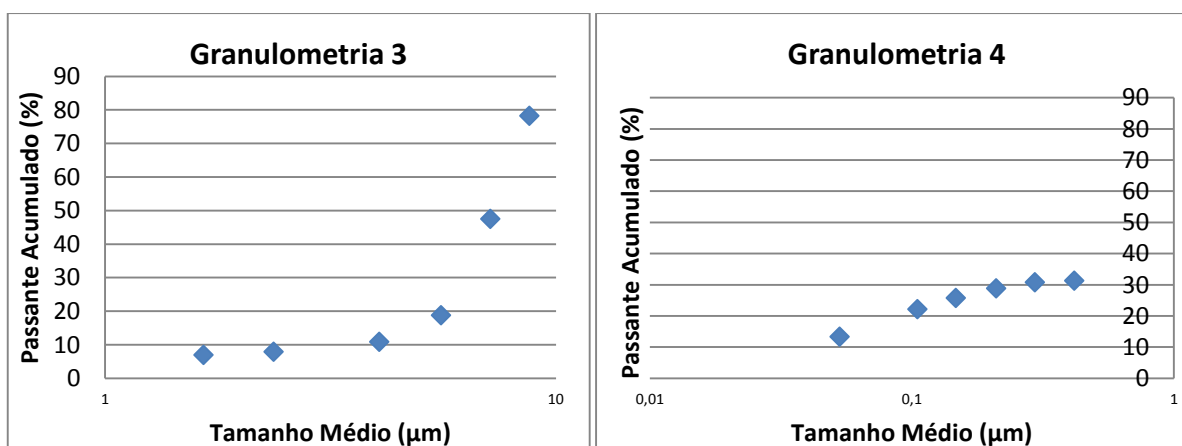
Percebe-se, com base nos dados da Tabela II, que a massa final da granulometria 1 foi muito maior que as demais. Isso ocorreu porque a pilha cônica foi dividida apenas uma vez em quatro partes, devido à heterogeneidade do tamanho dos grãos na amostra.

Para análise granulométrica do minério foram escolhidas sete sequências de peneiras, série Tyler, para tanto a peneira de maior abertura foi determinada com base na maior partícula observada em cada amostra.

O peneiramento das amostras de gnaiss com granulometria média e grossa foi realizado a seco por 10 min. As amostras de gnaiss com granulometria fina e willemita foram peneiradas via úmido devido à existência de grande fração de finos no minério. A sequência de peneiras foi colocada no agitador mecânico, e a operação foi concluída quando a cor da água que percolou a série de peneiras estava completamente límpida. A solução contida no recipiente, composta pela fração de finos e pela água do peneiramento, foi filtrada a vácuo. A massa contida no papel filtro foi levada à estufa com aquela retida em cada peneira e, após a secagem, essas massas foram pesadas, cujos resultados, estão registrados nos gráficos de 1; 2; 3; 4.



Gráficos 1 e 2. Análise do peneiramento da granulometria 1 e 2.



Gráficos 3 e 4. Análise do peneiramento da granulometria 3 e 4.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das massas normalizadas contidas em cada um dos doze recipientes do carrossel nos dezesseis testes realizados estão relacionados na Tabela III. Esse cálculo foi realizado com o objetivo de observar o quão distantes estavam os valores (kg) das massas contidas nos recipientes em relação à massa esperada (8,333kg).

Os números em negrito registrados na Tabela III correspondem aos valores das massas de alguns recipientes que ultrapassaram os limites de confiança estabelecidos, fato que inviabilizou a representatividade dos respectivos testes.

Tabela III. Valor das massas normalizadas de cada recipiente dos 16 testes efetuados.

Testes	Normalização das massas retidas nos recipientes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,895	1,124	1,022	0,905	0,980	0,826	0,961	1,028	1,097	1,262	0,926	0,988
1R	1,056	0,853	1,074	1,006	0,961	0,924	1,057	1,144	0,862	0,984	0,967	1,127
2	0,924	1,001	1,112	0,889	1,142	0,898	1,011	0,872	1,153	0,974	0,936	1,096
2R	0,865	0,951	1,073	0,954	1,022	1,038	0,865	1,040	0,926	1,192	1,007	1,066
3	0,980	0,998	0,993	1,009	0,962	1,025	0,985	1,042	0,985	1,029	0,961	0,997
3R	1,007	0,991	0,962	1,072	0,991	0,965	0,979	1,015	0,979	1,037	0,980	0,985
4	0,961	1,036	1,004	1,007	1,018	1,034	0,937	0,999	0,970	1,021	0,999	1,019
4R	0,977	1,039	1,001	1,021	0,985	0,989	1,027	1,009	0,947	1,017	0,964	1,030
5	1,001	0,987	0,984	1,012	0,982	1,006	1,033	1,043	0,953	1,006	0,983	1,000
5R	0,992	0,991	0,994	1,000	0,981	1,026	0,994	1,027	0,982	1,023	0,989	0,986
6	0,979	1,012	0,989	1,024	1,001	1,014	1,016	0,996	0,982	1,003	0,973	0,995
6R	0,969	1,000	1,001	1,004	0,995	1,038	1,009	0,996	0,972	0,989	0,984	1,015
7	0,969	1,057	1,062	0,997	1,061	0,902	0,881	1,046	0,983	1,016	0,983	1,040
7R	1,013	1,031	0,965	1,023	0,968	0,982	1,010	0,984	0,958	1,025	1,048	1,003
8	1,001	0,995	0,985	1,010	0,992	0,976	0,946	0,961	0,979	1,045	1,033	1,003
8R	0,987	1,012	0,993	1,028	1,022	0,993	1,009	0,985	0,985	0,980	0,987	1,006

Na Tabela IV constam os valores médios das massas normalizadas, os valores de desvio padrão, os limites de confiança superior e inferior e coeficiente de variação.

Tabela IV. Medidas de dispersão.

Testes	m*	S	m*+2S	m*-2S	CV
1	1,001	0,118	1,237	0,765	0,118
1R	1,001	0,094	1,190	0,813	0,094
2	1,001	0,102	1,205	0,797	0,102
2R	1,000	0,094	1,188	0,812	0,094
3	0,997	0,025	1,047	0,947	0,025
3R	0,997	0,032	1,061	0,933	0,032
4	1,000	0,030	1,060	0,940	0,030
4R	1,000	0,029	1,059	0,943	0,029
5	0,999	0,024	1,047	0,951	0,024
5R	0,999	0,017	1,033	0,965	0,017
6	0,999	0,016	1,031	0,967	0,016
6R	0,998	0,020	1,038	0,958	0,020
7	1,000	0,060	1,120	0,880	0,060
7R	1,001	0,029	1,059	0,943	0,029
8	0,994	0,028	1,050	0,938	0,028
8R	0,999	0,016	1,031	0,967	0,016

Com a análise dos resultados de dispersão das massas normalizadas tornou-se possível observar que para a granulometria grossa e média a abertura de entrada teve relevante importância, entretanto, a abertura igual a 7,3 cm proporcionou maior homogeneidade de distribuição do minério. Apesar disso, o processo não foi eficiente devido à irregularidade do tamanho das partículas.

A amostra de willemita, por ser muito fina e sofrer influência direta de agentes externos como vento, não se distribuiu uniformemente nos recipientes do carrossel diminuindo a eficiência do processo. Neste caso, a variável altura de entrada do carrossel não influenciou na operação, uma vez que o nível do material estava abaixo da menor abertura.

Com base na análise dos coeficientes de variação, observou-se que os melhores resultados foram obtidos para o teste com abertura igual a 7,3 cm e para a granulometria fina do gnaíse (Teste 6). O material insere maior regularidade no tamanho das partículas e a menor abertura resultou em uma distribuição mais homogênea do material nos recipientes.

5. COMENTÁRIOS GERAIS

Com base nos resultados obtidos experimentalmente, pode-se afirmar que as variáveis analisadas influenciam diretamente o funcionamento do quarteador.

Nas faixas granulométricas estudadas, o melhor desempenho foi obtido com as faixa fina e ultrafina. Além disso, a abertura de entrada igual a 7,3 cm garantiu que a distribuição espacial do material sob a esteira do equipamento fosse mais homogêneo.

O melhor resultado foi obtido no teste 6 com a réplica, com a granulometria fina e com a altura de entrada do material sob a esteira de 7,3 cm.

6. REFERÊNCIAS

BROD, E.R. Amostragem em polpa: Validação do Quarteador de Polpa. Ouro Preto, Pós-Graduação Lato Sensu em Beneficiamento Mineral. UFOP. 2010.

DANA, E. S. Dana's series of mineralogies. London, 4^a ed. Chapman & Hall, 1932.

FIGUEIRA, H. V. O, DE ALMEIDA, S. L. M, DA LUZ, A. B. Comunicação. Tratamento de minérios. Centro de Tecnologia Mineral CETEM, Capítulo 4, Rio de Janeiro, Dezembro de 2004.

GÓES, M. A. C. de *et al.* Amostragens. In: LUZ, Adão Benvindo da *et al.* (ed.). Tratamento de minério. 4^a edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004, 858p.

GRIGORIEFF, A., COSTA, J. F., KOPPE, J. O Problema de amostragem manual na indústria mineral. REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 2002.

JÚNIO, I. Técnicas de Amostragem Aplicadas a Misturas Binárias. Ouro Preto, Pós-Graduação Lato Sensu em Beneficiamento Mineral. UFOP, 2010. Monografia.

OLIVEIRA, M. L.; DE AQUINO, J. A.; Amostragem. In: SAMPAIO, João Alves *et al.* (ed.). Tratamento de minérios: Práticas laboratorial. Rio de Janeiro, CETEM/MCT, 2007, 557p.

CASTRO, G.S., GONÇALVES, D.R., GONÇALVES, M.F., JÚNIOR, M.H.S., NOGUEIRA, F.C., PEREIRA, C.A.

REVUELTA, M. B., JIMENO, C. L. Recursos Minerales. Madrid: U.D. Proyectons- E. T. S. I Minas- U.P.M., 2002.368p.

SAMPAIO. C. H., TAVARES, L. M. M. Beneficiamento Gravimétrico: Uma Introdução aos Processos de Concentração Mineral e Reciclagem de Materiais por Densidade. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2005.2008.p.4-8.

WILLS, Barry A. Mineral Processing Technology. Oxford, 4^a ed. 1988.