

Processamento de amostras de rochas para o desenvolvimento de materiais de referência de remineralizadores de solo

Rock sample processing for development of soil remineralizer reference materials

Roberto Lustosa Pereira
Bolsista PCI, Técnico Químico

Patrícia Correa Araújo
Supervisora, Tec. Química, M.SC.

Maria Alice C. de Goes
Supervisora, Eng. Metalúrgica, D.SC.

Resumo

Amostras de rochas diabásicas e basálticas foram submetidas a operações de cominuição e homogeneização, utilizando britagem, e posterior moagem em moinho de bolas Paul O Abbe CLM 40 revestido em alumina de alta densidade, para produção de materiais de referência de remineralizadores de solo. Os procedimentos de processamento de material e amostragem utilizados nos ensaios de determinação do tempo de moagem necessário para obtenção de um produto com aproximadamente 95% passante em 0,075 mm, utilizando o moinho teste em aço inox e o moinho Paul O Abbe CLM 40, se mostraram ser adequados e foram validados com o resultado do peneiramento, a seco, de todo produto de moagem das matérias-primas procedentes das pedreiras Pirajú e Diabásio.

Palavras chave: moinho de bolas, rochas, materiais de referência.

Abstract

Diabase and basaltic rocks samples were submitted to comminution and homogenization operations, using crushing and subsequent milling in high density alumina mill to produce reference materials from soil remineralizers. The material processing and sampling procedures used in the tests to determine the grinding time required to obtain a product with approximately 95% pass through 0.075 mm, using the stainless steel test mill and the Paul O Abbe CLM 40 mill, proved to be suitable and were validated with the result of dry sieving of the whole grinding product of the raw materials coming from the Pirajú and Diabásio quarries.

Key words: ball mill, rocks, reference materials.

1. Introdução

A produção de material de referência certificado de agrominerais é um dos projetos do Subprograma II – Agrominerais do Programa Minerais Estratégicos do Plano Diretor do CETEM (2017-2021). No desenvolvimento de um material de referência, a etapa de processamento da matéria prima tem por objetivo preservar a integridade do material e garantir que a homogeneidade entre unidades de material de referência seja adequada ao uso pretendido. Este é um requisito de produção exigido para os produtores de material de referência, segundo a norma ABNT NBR ISO 17034 (ABNT, 2017).

Rochas e minérios, assim como outros materiais de origem natural, são heterogêneos. Procedimentos de cominuição e homogeneização reduzem a heterogeneidade do material, possibilitando a obtenção de unidades de material de referência representativa do todo amostrado (CETEM, 2018). As operações de fragmentação de rochas compreendem diversos estágios até sua adequação ao uso pretendido. A moagem é o último estágio do processo de fragmentação. Neste estágio as partículas são reduzidas, pela combinação de impacto, compressão, abrasão e atrito, a um tamanho adequado (FIGUEIRA et al., 2004).

Duas amostras de basalto e duas amostras de diabásio provenientes das Pedreiras Siqueira, Pirajú, Diabásio e Mandaguari, respectivamente, estão sendo processadas no Laboratório do Programa Material de Referência Certificado - PMRC do CETEM. A realização da moagem de amostras de rochas utilizando o moinho de bolas da marca Paul O Abbe CLM 40, revestido de blocos de cerâmica 90% alumina de alta densidade, com diâmetro interno de 0,5334 m e comprimento interno de 0,6858 m, e meio moedor composto por bolas de cerâmica 90% alumina de alta densidade, com diâmetros de 24,5 mm e 12,7 mm, apresenta as seguintes vantagens: a capacidade de processamento de cargas relativamente grandes, quando comparado a moinhos de laboratório (menor escala), e a prevenção de possíveis contaminações da amostra, requisito chave no processamento de materiais de referência. Por outro lado, o descarregamento total do moinho é uma operação trabalhosa, tendo em vista a capacidade de carga que ele comporta. Este fato dificulta a realização de ensaios para determinação do tempo de moagem, nos quais, em intervalos regulares, o moinho é esvaziado e o material é amostrado para a análise granulométrica a úmido. Para a determinação do tempo de moagem necessário para obtenção de um produto com aproximadamente 95% passante em 0,075 mm, optou-se por realizar ensaios preliminares utilizando um moinho teste, em aço inox, com diâmetro interno de 0,1524 m e comprimento interno de 0,3048 m (GOES & ARAUJO, 2019). O tempo de moagem no moinho de produção Paul O. Abbe CLM 40 foi estimado a partir do valor da taxa específica de moagem, calculada com as condições de operação e tempo de moagem do moinho teste, e dos valores de massa de alimentação e potência calculados com base nas condições de operação do moinho de produção (GOES et al, 2019).

2. Objetivo

O objetivo do presente trabalho é descrever o processamento das amostras de basalto e diabásio para a realização dos ensaios de determinação do tempo de moagem necessário para obtenção de um produto com aproximadamente 95% passante em 0,075 mm, utilizando o moinho teste em aço inox e o moinho Paul O Abbe CLM 40.

3. Material e Métodos

Para a realização do ensaio de moagem, o material acima de 2,38 mm foi britado para garantir um tamanho máximo de partícula menor que 2,5 mm (tamanho máximo de partícula 10 vezes menor que o diâmetro da maior bola). O material passante em 2,38 mm foi homogeneizado em homogeneizador do tipo V por 3 horas e, em seguida, submetido às etapas de homogeneização, quartearamento e divisão utilizando alimentador vibratório e divisor rotativo, com doze coletores acoplados. A velocidade do alimentador foi ajustada para obtenção de um fluxo de material homogêneo e contínuo. O quartearamento do material foi realizado juntando os quartos opostos e retornando o material ao silo do alimentador vibratório. A Figura 1 mostra o processo de amostragem e o esquema de quartearamento do material. As amostras geradas (Tabela 1) foram armazenadas em sacos plásticos e identificadas com etiquetas.

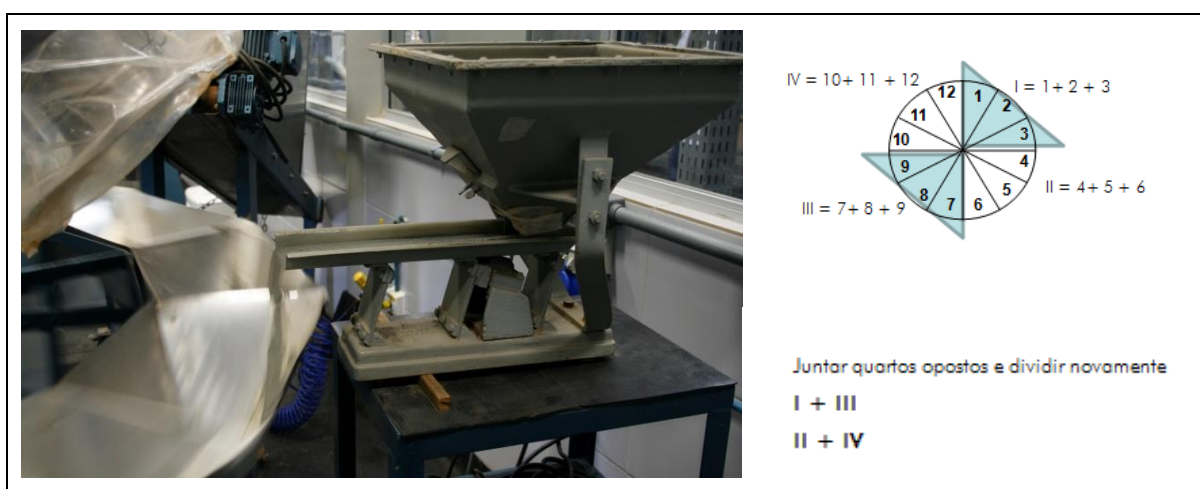


Figura 1. Processo de amostragem e esquema de quartearamento.

Tabela 1. Massa das amostras geradas após homogeneização, quartearamento e divisão do material.

Amostras	Siqueira (kg)	Piraju (kg)	Diabásio (kg)	Mandaguari (kg)
AM1	7,18	5,81	3,83	4,05
AM2	7,18	5,77	3,82	4,04
AM3	7,19	5,78	3,81	4,03
AM4	7,17	5,80	3,83	4,02
AM5	7,16	5,80	3,82	4,05
AM6	7,18	5,77	3,83	4,03
AM7	7,18	5,80	3,81	4,03
AM8	7,19	5,78	3,82	4,05
AM9	7,19	5,79	3,81	4,05
AM10	7,17	5,79	3,83	4,02
AM11	7,17	5,80	3,83	4,04
AM12	7,17	5,80	3,81	4,05

De cada matéria-prima, a amostra AM12 foi selecionada para a confecção de uma pilha cônica e, em seguida, de uma pilha longitudinal de seção triangular para retirada de subamostra, com 1 a 2 kg de massa, para a alimentação dos ensaios de moagem com o moinho teste em aço inox. O restante do material foi utilizado nos ensaios de moagem com o moinho Paul O Abbe CLM 40.

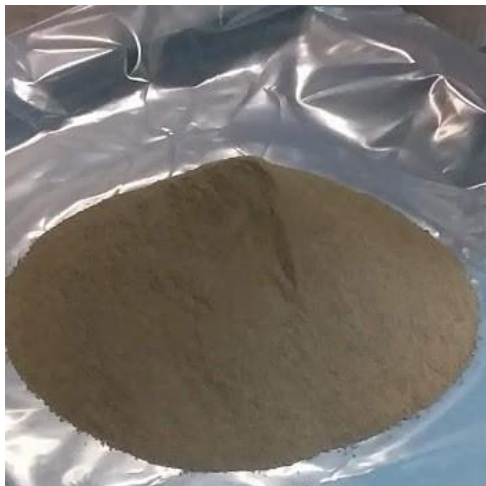


Figura 2. Pilha cônica



Figura 3. Pilha longitudinal de seção triangular

3.1. Ensaio com moinho teste em aço inox

As condições de operação dos ensaios de moagem com moinho teste, em aço inox, com diâmetro interno de 0,1524 m e comprimento interno de 0,3048 m (Figura 4), são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Condições de operação com moinho teste em aço inox (GOES et al, 2019).

Amostras	Massa alimentação (kg)	Carga de bolas de alumina (kg)		Velocidade (rpm)
		Diâmetro 1"	Diâmetro 1/2"	
Pedreira Diabásio (diabásio)	1,7	2,5	2,5	71
Pedreira Mandaguari (diabásio)	1,8	2,8	2,8	71
Pedreira Siqueira (basalto)	1,5	2,4	2,4	71
Pedreira Piraju (basalto)	1,3	2,2	2,2	71



Figura 4. Moinho teste em aço inox.

Os ensaios de moagem foram realizados em intervalos de 1 hora. Após cada ensaio, o moinho teste foi totalmente descarregado. O material foi utilizado na confecção de pilhas cônica e longitudinal, para retirada de uma subamostra de 100g para a realização de análise granulométrica, a úmido, com peneiras de 0,075 mm e 0,053 mm. As frações retidas e o papel de filtro contendo o material filtrado (passante em 0,053 mm) foram secos em estufa, por cerca de uma hora e meia, a 80°C, e pesados. O tempo total de moagem foi computado quando o resultado da análise granulométrica resultou em % de material retido na peneira de 0,075 mm menor que 5%.

3.2. Ensaio com moinho de bolas Paul O Abbe CLM 40

As condições de operação dos ensaios de moagem com moinho Paul O Abbe CLM 40, com diâmetro interno de 0,5334 m e comprimento interno de 0,6858 m (Figura 5), são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3. Condições de operação com moinho Paul O. Abbe CLM 40 (GOES et al, 2019).

Amostras	Massa (kg)	Carga de bolas (kg)		Velocidade (rpm)
		1"	½"	
Pedreira Diabásio (diabásio)	45,9	68,9	68,9	35,5
Pedreira Mandaguari (diabásio)	48,7	77,9	77,9	35,5
Pedreira Siqueira (basalto)	43,1	66,5	66,5	35,5
Pedreira Piraju (basalto)	34,8	60,0	60,0	35,5



Figura 5. Moinho Paul O. Abbe CLM-40.

Os ensaios de moagem foram realizados em intervalos de 1 hora. Após cada ensaio, o material dentro moinho foi amostrado, retirando-se uma alíquota a cada ciclo do moinho, em baixa velocidade de rotação. Foram necessários cinco ciclos para compor uma amostra com aproximadamente 2,5 kg. Uma bombona de 50 kg foi colocada na saída do moinho para receber o material descarregado em cada ciclo (Figura 6). Com o objetivo de avaliar a representatividade do procedimento de amostragem empregado, foram retiradas duas amostras na primeira hora de moagem. Cada amostra foi utilizada na confecção de pilhas cônicas e longitudinais de seção

triangular (Figura 7), para retirada de subamostra de 100 g para a realização de análise granulométrica, a úmido, com a seguinte série de peneiras: 1,700 mm; 1,180 mm; 0,850 mm; 0,600 mm; 0,420 mm; 0,300 mm; 0,212 mm; 0,150 mm; 0,106 mm; 0,075 mm e 0,053 mm. As frações retidas e o papel de filtro contendo o material filtrado (passante em 0,053 mm) foram secos em estufa, por cerca de uma hora e meia, a 80°C, e pesados.



Figura 6. Descarregamento moinho.



Figura 7. Pilha longitudinal de seção triangular.

O tempo total de moagem foi computado quando o resultado da análise granulométrica resultou em % de material retido na peneira de 0,075 mm menor que 5%. O moinho foi completamente descarregado e o meio moedor separado do material. Para garantir a obtenção de um produto com aproximadamente 95% passante em 0,075 mm, todo produto de moagem foi peneirado, a seco, em peneirador vibratório eletromecânico redondo, PRD 550 - 3 decks.

4. Resultados e Discussão

Os resultados das análises granulométricas de amostras retiradas após primeira hora de moagem com moinho Paul O Abbe CLM 40 são mostrados na Tabela 4. Observa-se, praticamente, o mesmo valor de % passante em 0,075 mm para as amostras 1 e 2, o que confirma a adequação do procedimento de amostragem empregado.

Tabela 4. Resultados das análises granulométricas de amostras retiradas após primeira hora de moagem.

Matérias-primas	Amostra 1 (%<0,075 mm)	Amostra 2 (%<0,075 mm)
Siqueira	36,66	36,44
Piraju	48,46	48,44
Mandaguari	60,96	61,05
Diabásio	68,82	68,77

Os resultados das análises granulométricas dos ensaios no moinho teste em aço inox e no moinho Paul O Abbe CLM 40 encontram-se na Tabela 5. Observa-se que o tempo de moagem necessário para obtenção de um produto com aproximadamente 95% passante em 0,075 mm no moinho Paul O Abbe CLM 40 foi, aproximadamente, a metade daquele necessário no moinho teste, com exceção para a amostra Siqueira.

Tabela 5. Tempo de moagem - % passante em 0,075 mm.

Amostras	1 h	2 h	3 h	3 ½ h.	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h
Moinho teste										
Siqueira	32,82	52,41	60,99		68,85	77,79	87,45	89,23	92,22	95,15
Piraju	44,69	58,39	67,21		75,25	84,71	89,20	92,59	94,92	96,40
Mandaguari	71,85	79,48	85,08		87,17	90,49	93,12	95,76	-	-
Diabásio	52,73	65,30	74,06		83,93	91,95	96,55	-	-	-
Moinho Paul O Abbe CLM 40										
Siqueira	36,36	53,38	62,75		69,3	80,38	87,85	92,44	95,72	-
Piraju	48,46	78,00	94,18		98,58	-	-	-	-	-
Mandaguari	60,96	76,77	91,50	96,80	-	-	-	-	-	-
Diabásio	68,82	93,91	99,06		-	-	-	-	-	-

Para as matérias-primas Pirajú e Diabásio, cerca de 98 % do material é menor que 0,075 mm, tendo como base o peneiramento, a seco, de todo produto de moagem. Esses resultados validam o procedimento de amostragem empregado na moagem com o moinho Paul O Abbe CLM 40.

5. Conclusão

Os procedimentos de processamento de material e amostragem utilizados nos ensaios de moagem com moinho teste, em aço inox, e no moinho Paul O Abbe CLM 40, se mostraram ser adequados e foram validados com o resultado do peneiramento, a seco, de todo produto de moagem das matérias-primas procedentes das Pedreiras Pirajú e Diabásio.

6. Agradecimento

Agradeço ao CNPQ pelo suporte financeiro, Ao CETEM pela infraestrutura laboratorial, a Supervisora Maria Alice Goes pela orientação e a equipe do PMRC pelo apoio na execução do trabalho.

7. Referências Bibliográficas

ABNT NBR ISO 17034. *Requisitos gerais para a competência de produtores de material de referência*, 2017.

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. Programa Material de Referência Certificado. Procedimento Específico PE 01 rev. 16 – Produção de Material de Referência. Rio de Janeiro, 2018.

GOES, M.A.C.; SCHNEIDER, C.; ARAUJO, P.C. XXVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Belo Horizonte - MG, 2019.

GOES, M.A.C.; ARAUJO, P.C. Protocolo de moagem de rochas com o moinho de bolas Paul O. Abbe CLM 40. CETEM RRP 0001-00-19, 2019.

FIGUEIRA, H.V.O.; ALMEIDA, S.L.M.; LUZ, A.B. Tratamento de Minérios, 4ª Edição, Rio de Janeiro, 2004.