

MOAGEM AUTÓGENA DO MINÉRIO DE COBRE DE CARAJÁS

João Alves Sampaio (1)
Luciano Tadeu Silva Ramos (2)
Milton Carlos Constantin (3)

RESUMO

Ensaios de moagem autógena em escala piloto foram levados a efeito com o minério de cobre de Carajás. Os ensaios foram desenvolvidos em um moinho Koppers (1,8 x 0,6m) e foram estudados os circuitos de moagem autógenas e semi-autógena. Foram realizados ensaios usando "pebble ports" com britagem dos "pebbles" formados. Os resultados mostraram que é possível a obtenção de um produto final, através de moagem autógena, adequado à alimentação da moagem secundária realizada em "pebble mill" ou moinho de bolas. O consumo de energia para estes ensaios foi igual a 13,7kWh/t, para a etapa primária da moagem, e o produto final apresentou uma distribuição granulométrica com 54% em média abaixo de 147µm.

ABSTRACT

Autogenous grinding tests were carried out a pilot plant scale with Carajás copper ore. These tests were conducted in a Koppers mill (1,8 x 0,6m), fully autogenous and semi-autogenous grinding circuits being studied. Investigations utilizing pebble ports were undertaken to remove and crush the pebbles from the mill charge. The fully autogenous and semi-autogenous grinding tests have shown that it is possible to achieve a final product as a feed for secondary grinding in a pebble mill or ball mill. The energy consumption for these tests was 13,7kWh/t for the primary grinding stage and the size distribution of final product maintained an average of 54% at -147µm.

-
- (1) Engenheiro de Minas, MSc, pesquisador-CETEM
(2) Engenheiro de Minas, pesquisador-CETEM
(3) Engenheiro de Minas, pesquisador-CVRD/SUTEC

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório descreve os resultados obtidos nos ensaios de moagem autógena em escala piloto, realizados com dois tipos de minério de cobre da jazida do Salobo/Carajás.

Os ensaios foram conduzidos em um moinho de fabricação KOPPERS, com 1,8m de diâmetro e 0,6m de comprimento, equipado com uma grelha de descarga com 12mm de abertura. O consumo de energia foi aferido a través de um "Kilowattmeter" de fabricação G.E., sendo efetuadas as leituras a cada intervalo de tempo de uma hora. O "no-load power", descontando as perdas, foi aferido no final dos ensaios, e o valor encontrado foi 2,5kWh. O "net power" foi calculado para o eixo de saída do redutor.

Foram realizados ensaios de moagem autógena ("fully autogenous grinding - FAG"), ensaios de moagem autógena usando "pebble ports" (FAG/PP), remoção, britagem e recirculação dos "pebbles", como também foram realizados ensaios de moagem semi-autógena ("semi-autogenous grinding - SAG"). Os estudos foram conduzidos em circuitos semi-aberto e fechado. Os ensaios realizados em circuito semi-aberto tiveram como objetivo a obtenção de um produto final adequado à alimentação da moagem secundária (moinho de bolas ou "pebble mill"). Os ensaios realizados em circuito fechado tiveram como objeto a obtenção de um produto final adequado à alimentação da flotação, levada a efeito na usina piloto Salobo/Carajás.

2. AMOSTRAGEM E PREPARAÇÃO

A amostragem e preparação das amostras, cerca de 300t para cada tipo de minério, ficou a cargo da CVRD. As amostras foram obtidas a través de lavra subterrânea proveniente da abertura de inclinado e galerias na jazida de cobre do Salobo/Carajás. Foram feitas amostragens do "run of mine" para os dois tipos de minério que representam maior volume do minério da jazida. O minério tipo III, mais abundante, representa cerca de 39% da massa total da jazida, enquanto que o minério tipo I representa cerca de 22%. Os dois tipos de minério são constituídos, entre outros, dos seguintes minerais: granada, anfíbólio, biotita, xisto, magnetita etc. A tabela 1 apresenta as composições mineralógicas aproximadas, para cada tipo de minério. Após a amostragem do "run of mine" para cada tipo de minério, foram

feitas as análises granulométricas das amostras em quatro frações, cujas distribuições estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 1 - Composição mineralógica dos dois tipos de minério estudados.

MINERAIS	MINÉRIO TIPO III	MINÉRIO TIPO I
Magnetita	19	43
Olivina	1	5
Anfibólio	17	6
Granada	23	7
Biotita	32	38
Quartzo	8	1

Tabela 2 - Distribuições granulométricas do "run of mine" para os dois tipos de minério usados na moagem autógena.

FRAÇÕES (mm)	MINÉRIO TIPO III (% peso)	MINÉRIO TIPO I (% peso)
-200 + 127	19,99	14,54
-127 + 75	20,29	15,57
- 75 + 12	47,49	47,82
-12	12,23	22,07
TOTAL	100,00	100,00

3. METODOLOGIA DOS ENSAIOS

Os ensaios de moagem autógena foram conduzidos a úmido, e o processo de alimentação foi manual; apenas a fração com granulometria a baixo de 12mm foi alimentada mecanicamente, fazendo uso de um ali mentador de correia. A distribuição granulométrica na ali mentação, que foi usada para cada ensaio, é a mesma apresentada na tabela 2, referente ao minério tipo III. Esse procedimento foi tomado para os dois tipos de minério, tendo em vista que a distribuição granulométrica do minério tipo III obedece à distribuição granulométrica da

descarga de um britador primário. O controle da operação foi feito através do consumo de energia, do volume da carga do moinho, da porcentagem de sólidos na descarga, da vazão (kg/h) do produto da moagem e da carga circulante. Para se efetuar esse controle foram tomadas amostras em determinados pontos do circuito, segundo intervalos de tempo pré-estabelecidos. Quando o ensaio atinge o equilíbrio, toma-se, então, amostras para análises granulométricas e balanço de massa. Ao final de cada ensaio é retirada a carga remanescente do moinho para análise granulométrica, e a medida do volume da mesma é feita quando a operação atinge o estado de equilíbrio. A velocidade do moinho é outra variável do processo que é mantida constante durante toda a execução do ensaio, sendo modificada apenas por exigência do processo.

4. ENSAIOS DE MOAGEM AUTÓGENA

4.1 - Ensaio 01

Foi realizado um ensaio segundo o circuito, semi aberto, com o moinho tipo III, e teve como objetivo a obtenção de um produto final com granulometria abaixo de 6mm, adequada à alimentação da moagem com bolas. A alimentação do moinho foi de 600kg/h, velocidade de 65% da velocidade crítica, e a porcentagem de sólidos na polpa foi de 60%. A duração do ensaio foi de 69 horas, e foram coletadas amostras para análises granulométricas e balanço de massa. A carga do moinho foi analisada em várias etapas da operação, tendo sido feitas análises granulométricas e medidas do volume da mesma, constatando que o mesmo variou entre 27 e 32% do volume do moinho. Os resultados apresentados na tabela 3 referem-se ao consumo de energia (kWh/t), produto da moagem (kg/h), carga circulante (%) e porcentagem de sólidos na polpa. A tabela 4 apresenta os resultados das análises granulométricas do produto final da moagem. A figura 1A apresenta o fluxograma do ensaio 01, bem como o balanço de massa de toda a operação.

4.2 - Ensaio 02

Foi realizado um ensaio FAG com o minério tipo I, objetivando a obtenção de um produto final com granulometria abaixo de 6mm, adequada à alimentação da moagem com bolas. As condições operacionais são as mesmas já apresentadas para o ensaio 01, variando apenas a alimentação, que foi de 900kg/h, e a duração do ensaio de 30 horas.

Os resultados apresentados na tabela 3 referem-se ao consumo de energia (kWh/t), produto da moagem (kg/h), carga circulante (%) e percentagens de sólidos na polpa. O volume da carga no moinho foi avaliado durante o ensaio, e constatou-se que ele variou entre 29,3 a 32,3% do volume do moinho.

A tabela 4 apresenta os resultados das análises granulométricas do produto final da moagem, enquanto que a figura 1B apresenta o fluxograma das operações envolvidas no ensaio, bem como o balanço de massa.

4.3 - Ensaio 03

Foi realizado um ensaio SAG com o minério tipo III, que teve como objetivo a obtenção de um produto final com granulometria ($P_{80}=147\mu\text{m}$) adequada à alimentação da flotação primária.

A operação foi conduzida em circuito fechado, usando uma peneira vibratória equipada com tela de abertura igual a 0,295mm. A taxa de alimentação foi de 600kg/h, e a percentagem de sólidos na descarga do moinho foi mantida em torno de 60%. Foram usadas bolas de aço forjado de diâmetro 110 e 100mm, e o volume total de bolas foi de 6% do volume total do moinho. O consumo de bolas durante o ensaio foi de 170g/t. A velocidade do moinho foi de 65% da velocidade crítica. A duração do ensaio foi de 30 horas. A tabela 3 apresenta o consumo de energia (kWh/t), produto da moagem (kg/h), carga circulante (%) e percentagens de sólidos na polpa. O volume de carga no moinho foi avaliado durante o ensaio, e o valor encontrado foi de 26,2% do volume total do moinho. A tabela 4 apresenta as distribuições granulométricas (% peso) do produto final da moagem, e o fluxograma da figura 2A apresenta o balanço de massa do circuito.

4.4 - Ensaio 04

Foi realizado um ensaio FAG/PP com o minério tipo III, objetivando a obtenção de um produto final, com granulometria abaixo de 2,0mm, adequado à alimentação do "pebble mill". Foi utilizado um britador de mandíbulas para britagem dos "pebbles", e a alimentação do britador foi constituída da fração -65 x 12mm; considerou-se "pebbles", para medida da taxa (kg/h) de produção, a fração 65x25mm. Foi avaliada uma vazão de 225,0kg/h de "pebbles". O moinho foi equipado com a grelha original (abertura de 12mm) e foram abertos quatro "pebble ports" com dimensões de 65 x 65mm.

A alimentação do moinho foi de 700kg/h, percentagem de sólidos na polpa de 60% e a velocidade do moinho foi de 77% da velocidade crítica. Os resultados apresentados na tabela 3 referem-se ao consumo de energia (kWh/t), produto da moagem (kg/h), carga circulante (%) e percentagem de sólidos na polpa. O volume da carga no moinho, para o ensaio de 35 horas de duração, foi medido, e o valor encontrado foi de 24,1% do volume total do moinho. A tabela 4 apresenta as distribuições granulométricas (% peso) do produto final da moagem, e o fluxograma da figura 2B apresenta o balanço de massa da operação.

4.5 - Ensaio 05

Foi realizado um ensaio FAG/PP, com o minério tipo III, objetivando a obtenção de um produto final, com granulometria abaixo de 6,0mm, adequado à alimentação do moinho de bolas. A alimentação do moinho foi de 800kg/h e o ensaio teve a duração de 20 horas. O volume da carga no moinho foi avaliado durante o ensaio, e o valor encontrado foi de 28,4% do volume total do moinho. As demais condições do ensaio foram as mesmas já apresentadas para o ensaio 04. Os resultados apresentados na tabela 3 referem-se ao consumo de energia (kWh/t), produto da moagem (kg/h), carga circulante (%) e percentagem de sólidos na polpa. A tabela 4 apresenta as distribuições granulométricas (% peso) do produto final da moagem, e o fluxograma da figura 3A apresenta o balanço de massa da operação.

4.6 - Ensaio 06

Foi realizado um ensaio SAG, com o minério tipo III, e uma carga de bolas equivalente a 6% do volume total do moinho. O objetivo do ensaio foi a obtenção de um produto final com granulometria abaixo de 2,0mm, adequado à alimentação do "pebble mill".

O moinho foi equipado com a grelha original (abertura de 12mm), e a velocidade do moinho foi igual a 70% da velocidade crítica.

A alimentação do moinho foi de 800kg/h, e as bolas usadas no ensaio foram de aço forjado com diâmetros de 110 e 100mm. O consumo de bolas foi de 121,1g/t para o ensaio que durou 17 horas. O volume de carga foi avaliado, e o valor encontrado foi 34,5% do volume total do moinho. Os resultados apresentados na tabela 3 referem-se ao consumo de energia (kWh/t), produto da moagem (kg/h), carga circulante (%) e percentagem de sólidos na polpa. A tabela 4 apresenta as distribuições granulométricas (% peso) do produto final da moagem, e o fluxograma da figura 3B apresenta o balanço de massa da operação.

Tabela 3 - Consumo de energia, produto final da moagem, carga circulante e % de sólidos na polpa para os ensaios realizados.

ENSAIOS	ENERGIA "NET" (kWh/t)	PRODUTO DA MOAGEM		CC %	% SÓLIDOS NA POLPA
		(kg/h)	% SÓLIDOS		
01	17,2	588,6	48,2	57,8	59,4
02	11,5	913,2	48,3	82,1	64,1
03	18,3	630,2	43,8	197,1	57,9
04	13,7	737,7	42,8	150,0	55,7
05	13,7	800,1	35,1	116,3	41,0
06	13,7	828,3	49,3	90,8	58,1

5. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no ensaio 01 apresentam um produto final (primeiro estágio de moagem) com granulometria ($P_{80} = 0,417\text{mm}$) bastante fina para alimentação da moagem com bolas. Esse fato favorece o processo, tendo em vista a possibilidade de descarte, cerca de 55,1%, da fração fina ($-0,147\text{mm}$) na alimentação do segundo estágio de moagem. A mesma situação ocorre no ensaio 02 com o minério tipo I. O consumo de energia no ensaio 01 (17,2kWh/t) apresentou-se elevado, comparado ao obtido no ensaio 02 (11,5kWh/t).

A obtenção de um produto final da moagem adequado à alimentação da flotação primária foi levada a efeito no ensaio 03 (SAG). O consumo de energia foi igual a 18,3kWh/t e a distribuição granulométrica do produto da moagem apresentou cerca de 76,2% abaixo de 0,147mm. O consumo de bolas ficou na faixa de 170g/t e a operação nesse ensaio foi mais estável, comparada com a operação em circuito FAG nas mesmas condições.

Os resultados obtidos nos ensaios 04 e 05 (FAG/PP) mostraram ser viável a obtenção de um produto final adequado à alimentação da moagem secundária realizada em "pebble mill" ou em moinho de bolas. Nesses ensaios, com britagem dos "pebbles" e recirculação, eliminando assim o tamanho crítico, houve um consumo de energia igual a 13,7kWh/t, para os ensaios 04 e 05, respectivamente (não foi considerado o consumo de energia na britagem dos "pebbles").

O ensaio 06 SAG apresentou um consumo de energia igual a 13,7kWh/t. O produto final adequado à alimentação do "pebble mill" apresentou cerca de 61,7% em peso abaixo de 0,147mm.

Dos estudos realizados é conclusivo que, sob o ponto de vista de processo, é perfeitamente viável a moagem autógena, segundo os circuitos FAG/PP e SAG, para o minério de cobre do Salobo/Carajás.

7. BIBLIOGRAFIA

01. BARRAT, D. J. & SOCHOCRY, M. A. Factors which influence selection of comminution circuits. In: MULLAR, Andrew L., Co-ed. & JERGENSEN SEGUNDO, Gerald V., co-ed. Design and installation of comminution circuits. New York, American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum Engineers, 1982. 1022 p. cap.1, p.1-26.
02. WAKEMAN, J. S. Ore sampling for equipment and flowsheet selection. In: MULLAR, Andrew L. Co-ed. & JERGENSEN SEGUNDO, Gerald V., co-ed. Design and installation of comminution circuits. New York, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1982. 1022p., cap.3, p.43-47.
03. LEWIS, F. M. & COBURN, J. L. Comparative economics of conventional and semi-autogenous grinding. In: MULLAR, ANDREW L. co-ed & JERGENSEN SEGUNDO, Gerald V., co-ed. Design and installation of comminution circuits. New York, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1982. 1022p., cap.7, p.100-114.
04. ROWLAND JUNIOR, C. A. Selection of rod mills, ball mills, pebble mills and regrind mills. In: MULLAR, Andrew L. co-ed. & JERGENSEN SEGUNDO, Gerald V. co-ed. Design and installation of comminution circuits. New York, American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum Engineers, 1982. 1022p., cap.23, p.393-458.
05. DOOR, A. A. & BASSAREAR, J. H. Primary grinding mills: Selection, sizing and current practices. In: MULLAR, Andrew L. co-ed. & JERGENSEN SEGUNDO, Gerald V., co-ed. Design and installation of comminution circuits. New York, American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum Engineers, 1982. 1022p., cap.24, p.439-473.
06. TURNER, R. R. Selection and sizing of primary autogenous and semi-autogenous grinding mill: design and operation. In: MULLAR, Andrew L. Co-ed. & JERGENSEN SEGUNDO, Gerald V, co-ed. Design and installation of comminution circuits. New York, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1982. 1022p. cap.25, p.474-490.
07. BROWN, C. M. The Selection of instrumentation and control systems for semi-autogenous grinding circuits. In: MULLAR, Andrew L. co-ed & JERGENSEN SEGUNDO, Gerald V., co-ed. Design and installation of comminution circuits. New York, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1982. 1022p. cap.41, p.738-761.

08. PETERSON, H. R. Control of autogenous grinding circuits. In: MULLAR, Andrew L. Co-ed. & JERGENSEN SEGUNDO, co-ed. Design and installation of comminution circuits. New York, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1982. 1022p., cap.42, p.762-767.
09. BOSSARD, C. A. & ROMETTI, R. T. Operator training and startup for semi-autogenous grinding circuits. In: MULLAR, Andrew L. co-ed. & JERGENSEN SEGUNDO, co-ed. Design and Installation of comminution circuits. New York, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1982. 1022p. cap. 56. p.944-953.
10. HARMA, R. O. Experience using rubber liners in autogenous grinding mills at the Cleveland Cliffs Iron Company. In: MULLAR, Andrew. co-ed. & JERGENSEN SEGUNDO, co-ed. Design and Installation of comminution circuits. New York, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1982. 1022p. cap. 50. p.986-1002.
11. NOSSIER, S. S. Comparative evaluation of fully VS. Semi autogenous grinding of fire Lake Iron Ore. In: MULLAR, Andrew L. co-ed. & JERGENSEN SEGUNDO, co-ed. Design and Installation of comminution circuits. New York, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1982. 1022p. cap. 61, p.1003-1022.
12. McPHERSON, R. R. & TURNER, R. R. Autogenous grinding from test work to purchase of a commercial unit. In: MULLAR, Andrew L., co-ed. & BHAPPU, R. B., co-ed. Mineral Processing Plant Design. New York, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1980.
13. LOVEDAY, B. K. Prediction of autogenous milling from pilot plant tests. In: ELEVENTH COMMONWEALTH MINING AND METALLURGICAL CONGRESS. Hong Kong, May, 1978.
14. HINDE, A. L. & KING, R. P. Difficulties in the practical implementation of mill control systems. In: ELEVENTH COMMONWEALTH MINING AND METALLURGICAL CONGRESS. Hong Kong, May, 1978.
15. BRODIE, M. N. & CHAPMAN, J. Selection of motors-drives trains, electrical circuit for comminution circuits. In: MULLAR Andrew L., co-ed & JERGENSEN SEGUNDO, Gerald V., co-ed. Design and installation of comminution circuits. New York, American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum Engineers, 1982. 1022p., cap.35, p.646-665.
16. FLAVEL, M. D. & ROWLAND JUNIOR, C. A. Selecting circuit to prepare beneficiation circuit feed from primary crusher product. Denver, Society of Mining Engineers of AIME. [s.d.] 8p. 11. (FALL MEETING SOCIETY OF MINING ENGINEERS OF AIME, Denver, Colorado, Nov. 18/20, 1981).
17. ROWLAND JUNIOR, C. A. & KJOS, D. M. Plant design considerations for rod and ball mill grinding circuit. 32p. 11. [New York] Allis-Chalmers Corporation [s.d.] 21p. 11. (ANNUAL MEETING OF THE MINNESOTA, Jan., 10/12, 1979)
18. ROWLAND JUNIOR, C. A. The tools of power power; the Bond work index; a tool to measure grinding efficiency. [New York], Allis-Chalmers Corporation [s.d.] 19p. (SME-AIME FALL MEETING AND EXHIBIT, Denver, Colorado, Sept. 1/3, 1976).

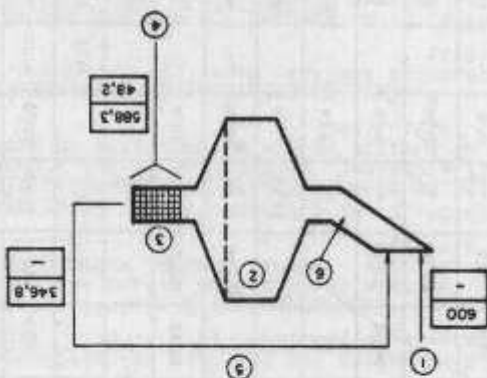
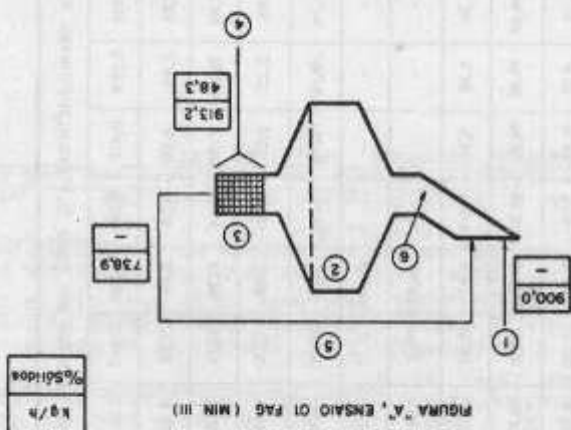
19. BOND, Fred C. Crushing and grinding calculations [New York] Allis-Chalmers Corporation, [s.d.]. pt.1, 14p.
20. MACPHERSON, A. R. Autogenous grinding, 1987. Updated. Mississauga, Ontario, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1987. Paper no 107, 32p. (ANNUAL GENERAL MEETING OF CIM, 89, Toronto, May 3/7, 1987).
21. ROWLAND JUNIOR, C. A. & ERICKSON, M.T. Large ball mill scaleup factors to be studied relative to grinding efficiency. [New York] Allis-Chalmers Corporation [s.d.] 8 paginado. (FALL MEETING OF SOCIETY OF MINING ENGINEERS OF MINE, Salt Lake City, Oct. 19/21, 1983).
22. WYSLOUZIL, D. M. Testing methods and measurements. (s.c.) AUTOGENOUS GRINDING SEMINAR, Paper F3, Trondheim, Norway, May 28/30, 1979.
23. ROWLAND JUNIOR, C. A. Testing for the selection of comminution circuit to prepare concentration feed. (New York) Allis-Chalmers Corporation [s.d.] 32p. (MILL OPERATOR'S CONFERENCE NORTHWEST QUEENSLAND BRANCH, 1982).
24. SCHWEDES, W. H. & OWEN, E. L. How to choose electric drives for large grinding mills. Engineering and Mining Journal, New York, Jan. 1974.
25. HELLYER, W. C. & CAMPBELL, R. A. Control of an autogenous grinding circuit by means of crusher. Transactions Society of Mining Engineers of AIME, Salt Lake City, Dec. 24, 1970.
26. ROWLAND JUNIOR, C. A. Pilot plant data for the design of primary autogenous and semi-autogenous mills. CIM Bulletin, Montreal, 74 (835): 119-125, Nov. 1981.
27. McPHERSON, A. R. A simple method to predict the autogenous grinding mill requirements for processing ore from a new deposit. Denver, Colorado, SME/AIME, 1976.

ENSAIO Nº	ABERTURA (mm)	DISTRIBUIÇÕES GRANULOMÉTRICAS (% PESO DOS PRODUTOS DA MOAGEM)														
		1,60	1,68	0,833	0,589	0,417	0,295	0,208	0,147	0,104	0,074	-0,074	0,053	-0,053	0,037	-0,037
01	RETIDO (%)	11,08	1,84	2,25	2,94	4,20	6,28	8,45	7,83	8,62	8,90	37,61	-	-	-	-
	PASSANTE (%)	88,92	87,08	84,83	81,89	77,69	71,41	62,96	55,13	46,54	37,61	-	-	-	-	-
02	RETIDO (%)	15,27	1,80	1,89	2,25	3,03	4,35	7,38	7,53	9,54	9,17	-	6,62	-	2,79	27,78
	PASSANTE (%)	84,73	82,93	81,04	78,79	75,76	70,81	63,43	55,90	46,36	37,19	-	30,57	-	27,78	-
03	RETIDO (%)	-	-	-	-	-	-	11,08	12,71	14,27	11,46	-	6,71	43,77	-	-
	PASSANTE (%)	-	-	-	-	-	-	88,92	76,21	61,94	50,48	-	43,77	-	-	-
04	RETIDO (%)	-	9,85	5,30	5,30	8,34	6,06	6,82	5,52	5,05	7,58	-	6,06	-	6,82	30,50
	PASSANTE (%)	-	90,15	84,85	79,55	74,21	68,15	61,31	55,81	50,76	43,98	-	37,12	-	30,30	-
05	RETIDO (%)	16,89	3,88	4,11	4,57	5,25	7,08	8,45	3,20	9,13	5,94	-	9,13	-	6,16	16,21
	PASSANTE (%)	83,11	79,23	75,12	70,55	65,30	58,22	49,77	46,57	37,44	31,50	-	22,37	-	16,21	-
06	RETIDO (%)	-	2,05	2,05	2,87	4,92	7,79	9,43	9,08	10,25	8,54	-	5,53	-	9,43	30,30
	PASSANTE (%)	-	97,95	95,90	93,05	88,11	80,32	70,89	61,87	51,62	45,06	-	39,73	-	30,30	-

FIG. 1 - FLUXOGRAMA E BALANÇO DE MASSA RELATIVO AOS ENSAIOS O I E O 2

- ① - ALIMENTAÇÃO NOVA
- ② - MOINHO
- ③ - TROMEL 6mm
- ④ - PRODUTO DE MOAGEM
- ⑤ - CARGA CIRCULANTE
- ⑥ - ÁGUA

FIGURA "B", ENSAIO O 2 (MIN. I)



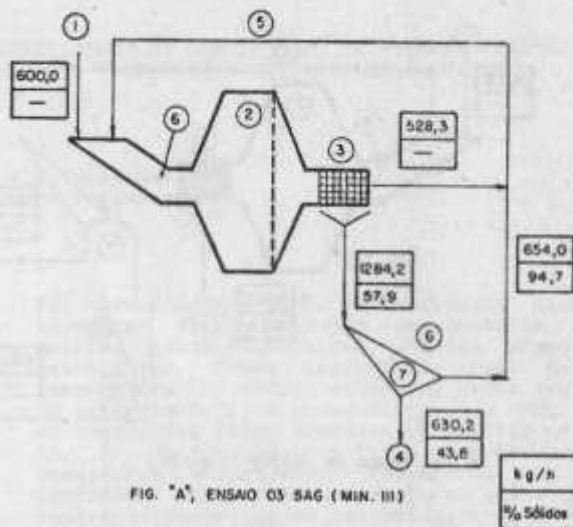


FIG. "A", ENSAIO 03 SAG (MIN. III)

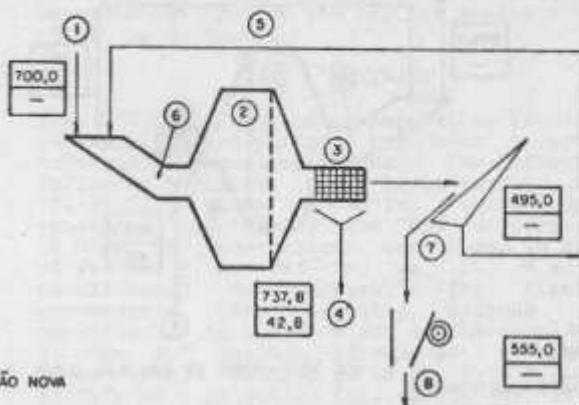


FIG. "B", ENSAIO 04 FAG/PP (MIN. III)

LEGENDA

- ① - ALIMENTAÇÃO NOVA
- ② - MOIMHO
- ③ - TROMEL 2,0 mm FIG. A
6,0 mm FIG. B
- ④ - PRODUTO DE MOAGEM
- ⑤ - CARGA CIRCULANTE
- ⑥ - ÁGUA
- ⑦ - PENEIRA VIBRATÓRIA
- ⑧ - BRITADOR

FIG. 2 - FLUXOGRAMA E BALANÇO DE MASSA RELATIVO AOS ENSAIOS

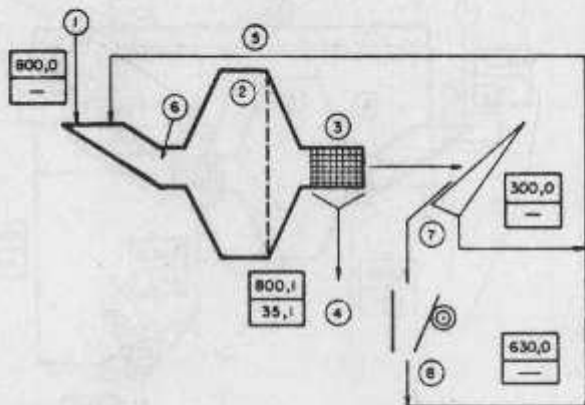


FIG. "A", ENSAIO 05 FAG/PP (MIN. III)

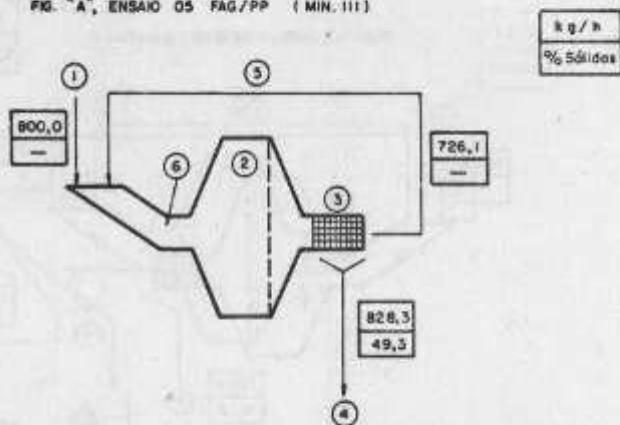


FIG. "B", ENSAIO 06 SAG 6% (MIN. III)

LEGENDA

- ① - ALIMENTAÇÃO NOVA
- ② - MOINHO
- ③ - TROMEL 2mm
- ④ - PRODUTO DE MOAGEM
- ⑤ - CARGA CIRCULANTE
- ⑥ - ÁGUA
- ⑦ - PENEIRA VIBRATÓRIA
- ⑧ - BRITADOR

FIG. 3 - FLUXOGRAMA E BALANÇO DE MASSA RELATIVO AOS ENSAIOS