

## CARACTERIZAÇÃO DO REJEITO DA BARRAGEM DE GERMANO VISANDO UMA CONCENTRAÇÃO

Santos, I.J.<sup>1</sup>, Martins, J.<sup>2</sup>

1 – Samarco Mineração S/A

Mina do Germano S/N – Mariana – MG – Brasil

[ivan@samarco.com.br](mailto:ivan@samarco.com.br)

2 – Departamento de Mineração – Universidade Federal de Ouro Preto

Morro do Cruzeiro – Campus Universitário – Ouro Preto – MG - Brasil

[jadermar@terra.com.br](mailto:jadermar@terra.com.br)

### RESUMO

A barragem de Germano, da Samarco Mineração S/A, é um depósito de lamas e rejeitos de minério de ferro provenientes das etapas de deslamagem e flotação, processos integrantes da Usina de Concentração. Nos mais de 26 anos de operações da Samarco, foram dispostas nessa barragem mais de 100 milhões de toneladas, com um teor médio de 26% de ferro. Diante da potencialidade da utilização desse material como um minério de ferro, efetuou-se um estudo de caracterização de uma amostra coletada nessa barragem, de forma a sustentar futuros estudos de concentração. Nesse estudo foram utilizados métodos de análise granulométrica por peneiramento e *cyclosizer*, análises químicas via úmida e por Plasma-ICP, análises por microscopia eletrônica de varredura (MEV), análises por microscopia ótica e por difração de raios-X. Como resultado, foram determinadas, além de outras características, uma granulometria muito fina, um elevado teor de hematita especular, além de uma concentração dos minerais de ferro nas frações abaixo de 44 $\mu$ m, importantes informações para a definição de circuitos de concentração.

### ABSTRACT

The Germano's tailings Dam, of Samarco Mineração S/A, is a deposit of slimes and tailings of iron ore generated during desliming and flotation steps, integrating process of the concentration plant. Over than 26 years of Samarco operations, more than 100 million tons were disposed in this place, with 26% in iron content in average. Facing the potential of using this material as an iron ore, a characterization study was done using a sample took-off of this dam, in order to sustain a future concentration study. In this research methods as sieve and cyclosizer, wet and ICP chemical analyses, chemical analysis, optical microscopy and X-ray diffraction analysis were used. As result, a very fine size distribution, a high specular hematite content, and a concentration of iron minerals in fractions below 44 $\mu$ m were determined as important information to define concentration circuits.

**Palavras-chave:** rejeitos, concentração, minério de ferro

**Área Temática:** Tratamento de Minérios

## INTRODUÇÃO

O interesse pela recuperação de rejeitos se dá pela oportunidade de maximização da utilização das jazidas, aliado às questões ambientais, onde se buscam cada vez mais a redução de resíduos dispostos ao meio ambiente e o uso racional dos recursos naturais disponíveis.

No caso dos minérios de ferro, esta prática não tem sido muito adotada na atualidade, o que pode ser atribuído a um baixo preço dos produtos e a uma certa abundância destes minérios no mundo. Entretanto, a exaustão dos minérios de ferro de alto teor ao longo dos anos é uma realidade que tem conduzido à necessidade do uso de minérios cada vez mais pobres.

Em decorrência disto, a tecnologia mineral tem evoluído no sentido de viabilizar o aproveitamento de muitos minérios de baixo teor, como itabiritos e os taconitos, minérios concentrados a partir de teores de até 20% de ferro.

Inserido neste contexto, objetivou-se estudar a viabilidade do aproveitamento dos rejeitos da Barragem de Germano, da Samarco, para uma futura produção de concentrados de minério de ferro.

A primeira etapa do estudo constituiu na caracterização de uma amostra coletada na barragem, cujos resultados serão apresentados e discutidos neste trabalho.

## DESENVOLVIMENTO

Para obter uma boa representatividade da amostra, foram utilizadas sondagens e trincheiras para execução da amostragem. Foram realizados três furos de sonda, com cerca de 40 metros de profundidade cada um, e oito trincheiras de 4 metros de profundidade cada.

As diversas amostras obtidas foram homogeneizadas em pilha, obtendo-se uma única amostra, dividida em frações para a realização das análises e dos ensaios.

A amostra homogeneizada foi submetida a análises granulométricas e químicas, difração de raios-X e microscopia ótica e eletrônica. Os métodos foram escolhidos por fornecerem um grande número de informações e por serem relativamente simples e rápidos.

A análise granulométrica foi realizada segundo procedimentos de rotina dos laboratórios da Samarco, utilizando peneiras da série Tyler, com aberturas de 37 a 210 $\mu$ m.

A distribuição granulométrica da fração  $-37\mu$ m foi determinada através da utilização de um *cyclosizer* e através de um granulômetro a laser Mastersizer, da Malvern.

Posteriormente, foram realizadas análises químicas de todas as frações obtendo-se os teores de Fe, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P e PPC. Os teores de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e P foram determinados por um espectrômetro de emissão atômica, via plasma, acoplado indutivamente (ICP-ES), da marca SPECTRO, segundo o procedimento padrão da Samarco.

Os teores de ferro e PPC foram analisados por via úmida, sendo o ferro determinado pelo método do cloreto de titânio, e o PPC por calcinação em forno mufla, a 1000°C, também de acordo com os procedimentos de rotina da Samarco.

A mineralogia foi determinada pela análise em um microscópio óptico de luz refletida, modelo Leica MPS 30, com um aumento em até 200 vezes. O método utilizado foi o da contagem de grãos, conforme

procedimento padrão da Samarco, onde é feita a contagem mínima de 500 grãos, possibilitando identificar as quantidades relativas de quartzo e minerais de ferro presentes e determinar o grau de liberação.

Com o objetivo de melhor estudar as frações e identificar a presença de outras fases mineralógicas presentes, realizou-se uma difração de raios-X (DRX) e uma microscopia eletrônica de varredura (MEV), com microanalisador EDS (espectrômetro dispersivo em energia) associado, o que possibilitou, além da identificação da mineralogia presente nas amostras, uma avaliação da morfologia dessas fases minerais. Os equipamentos utilizados foram um difratômetro de raios-X da marca Philips, modelo PW3710 com trocador de amostras automático, e um MEV da marca Jeol, modelo JSM-5410.

Foram estudadas as frações +74 $\mu$ m, -74+53 $\mu$ m, -53+44 $\mu$ m obtidas no peneiramento e as frações -44+30 $\mu$ m, -30+22,4 $\mu$ m, -22,4+15 $\mu$ m, -15+11 $\mu$ m, -11+8,8 $\mu$ m, e -8,8 $\mu$ m, obtidas num *cyclosizer*.

A preparação das amostras para observação no MEV foi feita a partir da colocação da amostra diretamente em fita de carbono, que foi posteriormente recoberta com uma fina película de carbono obtida na metalizadora-evaporadora, modelo Desk II, marca Denton. Esse estudo foi registrado tanto por fotomicrografias e microanálises das áreas analisadas, obtidas em um equipamento da marca Noran, modelo TN-M3055, composto de EDS com janela especial para a detecção de todos os elementos de número atômico igual ou superior ao boro.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas 1 e 2 apresentam as análises químicas da amostra global e por frações recuperadas no *cyclosizer*.

**Tabela 1 – Análise química da amostra global**

Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P	PPC
24,97	62,70	0,61	0,016	0,94

**Tabela 2 – Análise química da amostra por frações**

Distribuição granulométrica						Teores				
Malha Tyler	Abertura $\mu\text{m}$	Massa (g)	% Ret. simples	% Ret. acumul.	% Pas-sante	Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P	PPC
65	210	1,07	1,01	1,01	98,99	1,46	97,01	0,66	0,007	0,22
100	149	5,83	5,46	6,47	93,53	1,75	96,77	0,59	0,007	0,12
150	105	13,66	12,82	19,29	80,71	2,36	95,95	0,53	0,007	0,12
200	74	20,27	19,02	38,30	61,70	3,42	94,50	0,45	0,007	0,14
270	53	10,17	9,54	47,85	52,15	8,35	87,51	0,32	0,008	0,21
325	44	6,64	6,22	54,07	45,93	16,13	76,24	0,34	0,009	0,32
	30	10,21	9,58	63,65	36,35	56,38	18,78	0,16	0,019	0,40
	22,4	9,33	8,75	72,40	27,60	43,54	36,90	0,25	0,019	0,55
	15	9,45	8,86	81,26	18,74	46,21	32,52	0,50	0,026	0,84
	11	5,75	5,40	86,66	13,34	44,51	33,22	1,13	0,043	1,90
	8,8	4,23	3,97	90,63	9,37	38,90	38,69	2,44	0,059	3,09
	-8,8	9,99	9,37	100,00	0,00	40,64	30,22	4,84	0,163	6,40
	Total	106,60	100,00							
Alim. Calculada						23,92	63,70	0,94	0,030	1,08
Alim. Analisada						24,97	62,70	0,61	0,016	0,94

A tabela 2 mostrou que as frações acima de 44 $\mu\text{m}$  são muito pobres em ferro. Nas frações abaixo de 11 $\mu\text{m}$  há uma elevação exponencial da quantidade de fósforo e alumina

A figura 1, a seguir, mostra a quantidade relativa de ferro, alumina e fósforo nas diversas frações analisadas, principais elementos de interesse.

Observa-se uma maior concentração de ferro nas frações abaixo de 44 $\mu\text{m}$  e elevados teores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e P na fração -8,8 $\mu\text{m}$ .

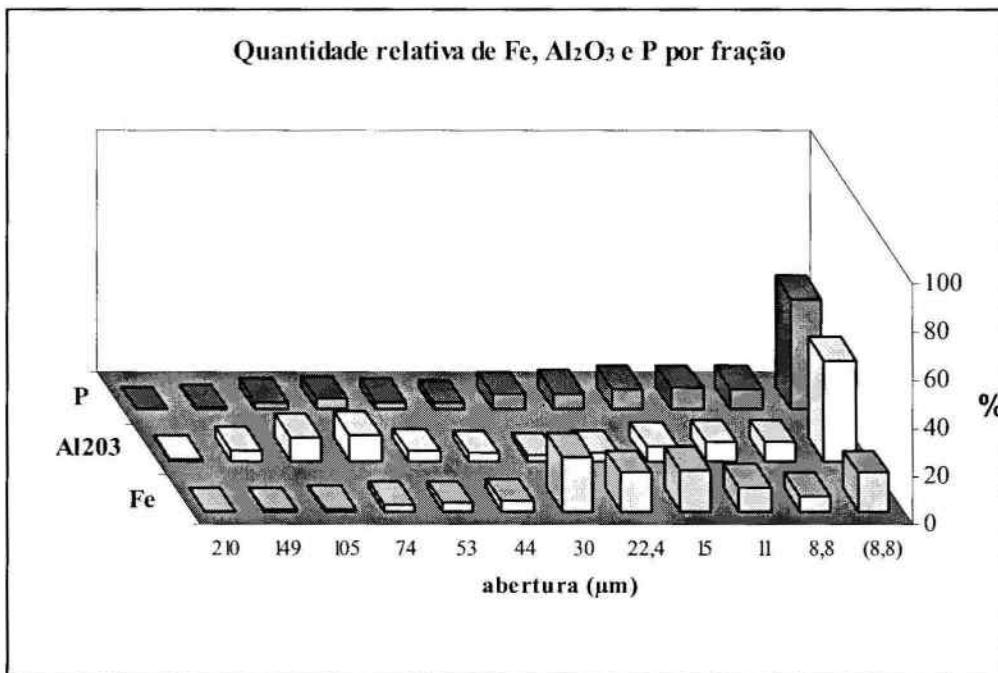


Figura 1 – Quantidade relativa de Fe, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e P por fração

A figura 2 apresenta a curva granulométrica obtida por peneiramento e Mastersizer.

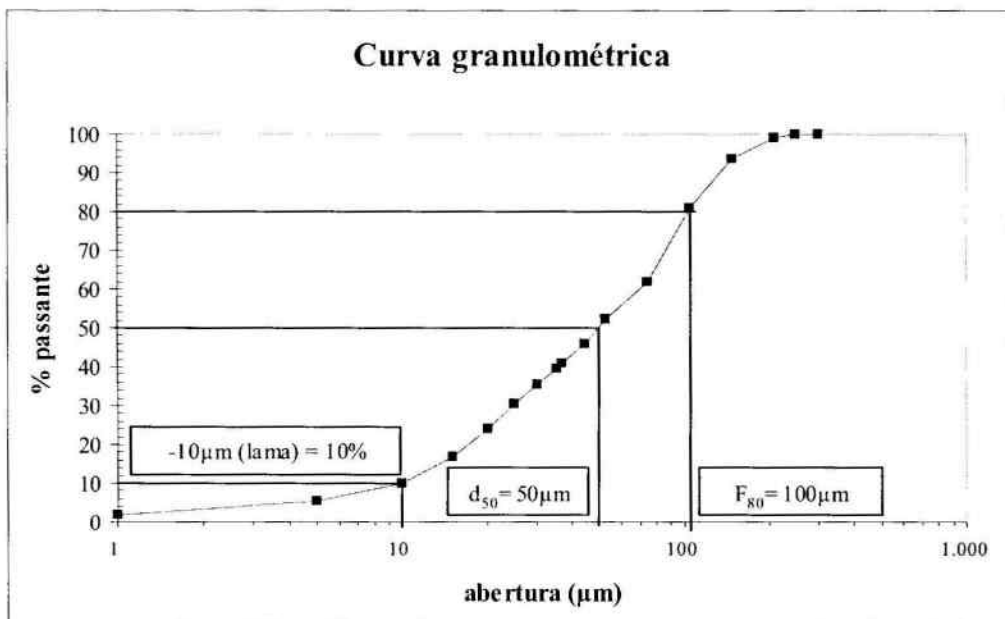


Figura 2 – Distribuição granulométrica da amostra

A figura 3 mostra os resultados da análise mineralógica.

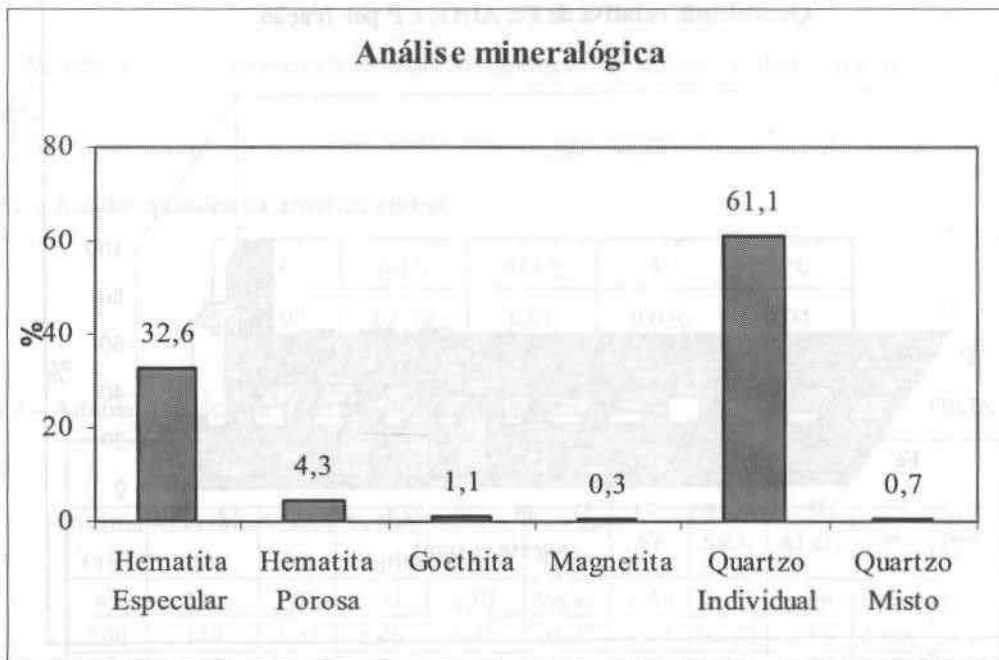


Figura 3 – Análise mineralógica da amostra

Observa-se que o quartzo e a hematita especular predominam. Há uma considerável quantidade de hematita especular, representando 85% dos minerais de ferro da amostra. O grau de liberação (98%) é bastante elevado, o que elimina a necessidade de remoagem do material para uma concentração, o que é uma grande vantagem.

A tabela 3 mostra os resultados da difração de raios-X.

Tabela 3 - Resultados da difração de raios-X

Fração	Magnetita Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Hematita Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Goethita α- FeO(OH)	Caulinita Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH)	Gibbsita Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 3H <sub>2</sub> O	Moscovita (K, Na)(Al,Mg, Cr) <sub>2</sub> (Si <sub>3,1</sub> -Al <sub>0,9</sub> ) O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	Quartzo SiO <sub>2</sub>
+74μm	-	+	-	-	-	-	++++
-74μm+53μm	-	++	-	+	-	-	++++
-53+44μm	+	++	+++	+	-	-	++++
-44+30μm	+	+++	+	+	+	-	++++
-30+22,4μm	+	++	-	+	+	-	++++
-22,4+15,3μm	-	+++	+	+	+	-	++++
-15,3+11μm	-	+++	++	+	+	-	++++
-11+8,8μm	+	++	++	++	+	-	++++
-8,8μm	++	+++	+++	++++		+	++++

++++: Alta concentração da fase; +++: Média concentração da fase; ++: Baixa concentração da fase; +: Traços da fase; -: Não encontrada na amostra analisada.

Observa-se que a difração confirmou os minerais encontrados na análise mineralógica, detectando ainda a presença de caulinita, gibbsita e moscovita em menores concentrações.

As figuras a seguir mostram algumas micrografias e microanálises obtidas nas análises de MEV de frações representativas das amostras e suas respectivas interpretações.

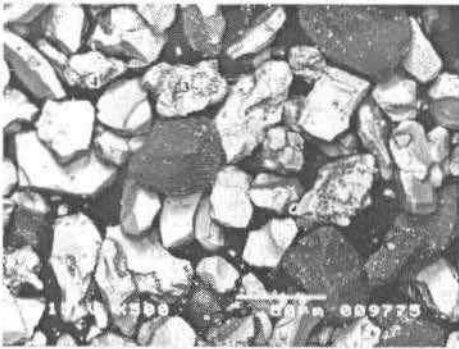


Figura 4 - fração -44+30 $\mu$ m



Figura 5 - fração -15,3+11 $\mu$ m

Miniárea	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Interpretação
3	96,91	1,05	2,04	Goethita
4	89,20	1,27	9,53	Goethita terrosa

Miniárea	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Interpretação
1	99,17	0,24	0,59	Hematita especular
2	95,62	0,37	4,01	Goethita
3	0,05	0,00	99,85	Quartzo

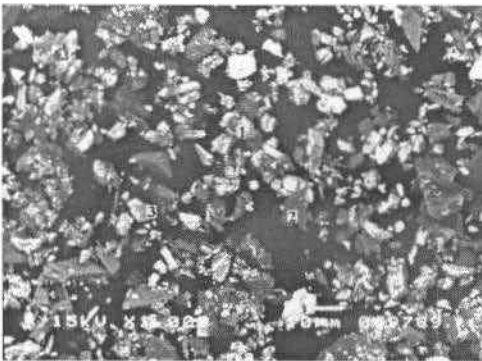


Figura 6 - fração -8,8 $\mu$ m

Miniárea	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Interpretação
1	92,01	1,51	6,48	Goethita
2	17,79	35,74	46,46	Caulinita
3	88,02	1,86	10,12	Goethita

As análises de MEV identificaram a presença de minerais portadores de quantidades consideráveis de alumina e sílica, como caulinita e goethita. Observa-se ainda uma grande quantidade de ultrafinos identificados como sendo de hematita na fração  $-8,8\mu\text{m}$ . Essas constatações mostram uma provável necessidade de deslamagem da amostra antes de uma concentração.

## **CONCLUSÕES**

O estudo de caracterização apresentado forneceu valiosas informações a respeito da amostra dos rejeitos da Barragem de Germano. Através da utilização de métodos de análise relativamente simples e rápidos, foram determinadas características de grande importância para sustentar o estudo da produção de concentrados utilizando esses rejeitos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos aos laboratórios da UFMG pela realização e interpretação dos resultados das análises de microscopia eletrônica e difração de raios-X.

## **5. Referências**

SANTOS, I.J. (2003). Estudo da produção de concentrados de minério de ferro a partir dos rejeitos da barragem de Germano. Dissertação de Mestrado, UFOP, Ouro Preto, MG.