



CARACTERIZAÇÃO DE MINÉRIO DE GRAFITA DE ITAPECERICA (MG)

COSTA, M.E.S.¹, COSTA, R.G. da¹, VASCONCELOS, J.O.¹,
FONSECA, A.P.R.¹, HENRIQUES, A.B.², VIANA, P.R. de M.²

¹Graduandos em Engenharia de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Minas.

² Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Minas.

RESUMO

Este trabalho objetivou o estudo da grafita presente na alimentação da flotação numa usina de processamento. A grafita é um mineral formado apenas por carbono e tem inúmeras aplicações industriais destacando-se o seu uso como revestimento na indústria de refratários, na fabricação de eletrodos e lubrificantes. A caracterização da amostra foi feita, inicialmente, através de análise granulométrica, determinação do grau de liberação, retirada de fração magnética, determinação da densidade e por fim análise via raios X (DRX, FRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) com EDS. Através das análises, nas faixas granulométricas mais interessantes, identificou-se além da grafita, variedades de silicatos e minerais com propriedades magnéticas específicas, dos quais se destacam predominantemente o quartzo, mica, caulinita e hematita. Os testes de separação magnética mostraram a presença de óxidos de ferro e particularmente da hematita.

PALAVRAS-CHAVE: Grafita, Grafita em flocos, Minério grafítico.

ABSTRACT

This work aimed the study of the graphite mineral in a graphite flotation pulp from the Itapecerica mine with emphasis on the mineralogical characterization. Graphite is a carbon-only mineral and has many industrial applications, especially in the refractory industry, the manufacture of electrodes and lubricants. The characterization of the sample was initially made by means of granulometric analysis, determination of the liberation degree, removal of magnetic fraction, determination of the density and finally x-ray analysis (XRD and XRF) as well as scanning electron microscopy (SEM) with EDS. Through the analyzes in the most interesting granulometric fractions, it was identified besides the graphite some silicate minerals and minerals with specific magnetic properties. Quartz, mica, kaolinite and hematite predominated. Magnetic separation tests showed the presence of iron oxides and particularly of hematite.

KEYWORDS: Graphite, Graphite Flakes, Graphite Ore.

1. INTRODUÇÃO

A grafita é um mineral formado apenas de carbono, assim como o diamante, porém possuem um arranjo dos átomos que o fazem se diferenciar, no caso da grafita em camadas. Sua utilização remonta desde a antiguidade quando os primeiros humanos a utilizavam para desenhar nas cavernas até atualmente com o uso tradicional da grafita na fabricação de lápis e principalmente na indústria de lubrificantes, tintas, cadinhos assim como em refratários e peças automotivas.

A grafita é um mineral preto lustroso, organizado em sistema hexagonal, em que, ao contrário do diamante possui uma força de ligação (Força de Van der Waals) muito baixa, com espaçamentos entre as camadas da ordem de 3,35 Å em uma de suas direções cristalográficas, o que confere baixa densidade, facilidade de dividir em lâminas finas e dar sua anisotropia óptica. O mineral possui dureza, segundo a escala Mohs, de 1 a 2,9 e densidade entre 2,1 e 2,3. Além disso, a grafita é um ótimo condutor elétrico e de calor e não oxida a temperatura ambiente, iniciando o processo de oxidação somente a partir de 300°C. A grafita natural é mais comumente encontrada em rochas xistosas na forma de lâminas, agregadas ou ainda em veios dos quais normalmente é vista sob estrutura folheada ou fibrosa, (SAMPAIO *et al*, 2008).

Cerca de 99% das reservas brasileiras de grafita, MINAS GERAIS (2018), situam-se nos estados de MG e BA. Destaca-se no centro da porção meridional do Cráton São Francisco, nas proximidades da cidade de Itapeçerica (MG). A unidade geológica Itapeçerica, do Complexo Metamórfico Campo Belo (CMCB), se dá pela associação de rochas paraderivadas que possuem um alto grau metamorfismo em que se encontra gnaiss cinza-rosado, migmatítico, de composição granítica que vem a incluir quartzitos e grafita xistos, em que neste último encontra-se as mineralizações de forma disseminada e com textura em geral do tipo *flakes* (MINAS GERAIS, 2018).

Segundo o Sumário Mineral, BRASIL (2014), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de grafita, atrás apenas da China e Índia. Em 2013, alcançou a produção de cerca de 91.908 toneladas, sendo 96% proveniente da empresa Nacional Grafite Ltda, (MINAS GERAIS, 2018).

Com o objetivo de caracterizar a grafita presente na alimentação da flotação de uma usina de processamento, sendo este um minério estratégico e com ampla utilidade desde a indústria de base até de alta tecnologia, foram feitos estudos com uma amostra proveniente da polpa de flotação de minério grafítico através de diversas técnicas de preparação, caracterização mineralógicas e tecnológica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Iniciou-se os estudos com a preparação da amostra inicial com 684,5 g de material, após amostragem, proveniente da polpa de flotação de grafita, proveniente da Mina de Itapeçerica – MG. O primeiro método utilizado foi o peneiramento combinado, com corte em 38µm e por conseguinte a análise granulométrica, baseada na série Taylor.

Com ênfase na caracterização, iniciou-se a verificação do grau de liberação em cada faixa granulométrica, em duas leituras, via lupa, com aumento de até 40x. Posteriormente, foi realizado o teste magnético, no ímã de mão e num separador magnético de alta intensidade (WHIMS 3X4L), em que as amostras foram submetidas aos campos de 0,2T e 0,6T. Por fim, as amostras foram submetidas a análises por difratometria de raios X, em um

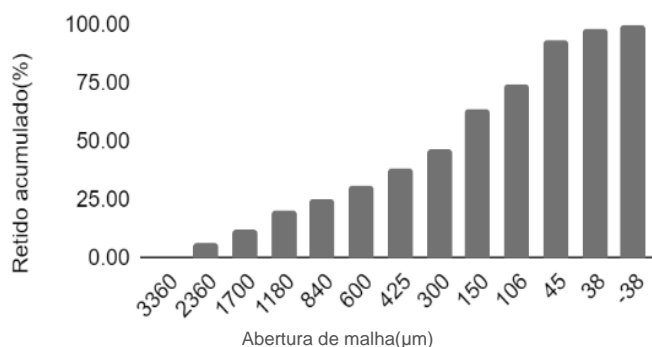


difratômetro de raios X para amostras em pó, marca Philips-PANalytical sistema Epyrean, com os detectores tipo proporcional de Xe selado e de estado sólido X'Celerator. Tubo de cobre ($Z=29$): $\lambda K\alpha$ médio = $1,54184\text{Å}$ -- $\lambda K\alpha_1 = 1,54056\text{Å}$. As condições instrumentais foram: varredura de 3 a 90° em 2θ , 40kV, 40mA, passo de 0,02 (2θ) e tempo de contagem de 20 segundos, fluorescência de raios X (FRX), num espectrômetro Philips-PANalytical PW 2400, com tubo de anodo de ródio e microscopia eletrônica de varredura (MEV) com espectroscopia de raios X por dispersão em energia (EDS), através da Microsonda Eletrônica Jeol - Modelo JXA 8900RL WD/ED Combined Microanalyzer, equipada com quatro espectrômetros WDS dotados de oito cristais analisadores e um espectrômetro EDS, com detector para produzir imagens por elétrons retroespalhados, modos composição e topografia, e imagens por elétrons secundários. Tensões entre 0,2 e 40kV, magnificação entre 40 e 300.000X.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, a amostra da alimentação da flotação do minério de grafita foi pesada e quarteada. A primeira parte foi estocada como testemunho e tomou-se uma segunda parte de 343g foi retirada para uso na caracterização. Com o peneiramento combinado, e por conseguinte a análise granulométrica, baseada na série Taylor, obteve-se os resultados demonstrados no gráfico 1.

GRÁFICO 1 - Relação de massa retida acumulada em série de peneiras.



Em seguida, realizou-se a verificação do grau de liberação em cada faixa granulométrica, em duas leituras, via lupa, com aumento de até 40x, conforme a Tabela 1.

TABELA 1 - Grau de liberação médio (%) por faixa de tamanho.

Grau de Liberação	
Tamanho(µm)	Grau de Liberação Médio (%)
106	92,4
150	85,7
300	86,6
425	91,6
600	67,0
840	57,6
1180	32,0
1700	22,4
2360	18,9
3360	-

Os testes de separação magnética demonstraram presença de algum material de caráter magnético. À medida que se aumentou o campo aplicado, maior foi a massa magnética recolhida no experimento, uma vez que com o imã de mão não foi recolhida nenhuma fração magnética. Já com a aplicação do campo de 0,2T foram recolhidas 58g da fração magnética e 95,40g para não magnética. Com o aumento do campo para 0,6T, foram recolhidas 0,81g de fração magnética contraposta com 95,01g da não magnética.

As amostras: cabeça, 106 μm , 150 μm , magnética e não-magnética de 0,6T foram submetidas aos testes de difratometria de raios X, fluorescência de raios X, microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia de energia dispersiva.

As análises semiquantitativas por difratometria de raios X (DRX) identificaram como segue nos difratogramas das figuras 1 e 2, o aumento da intensidade em determinado ângulo de incidência θ . Os testes realizados indicaram a presença, conforme os padrões do banco de dados do *Center for Diffraction Data* (ICDD), predominantemente de quartzo, grafita, biotita e caulinita. Na amostra magnética de 0,6T foi identificado também o mineral hematita.

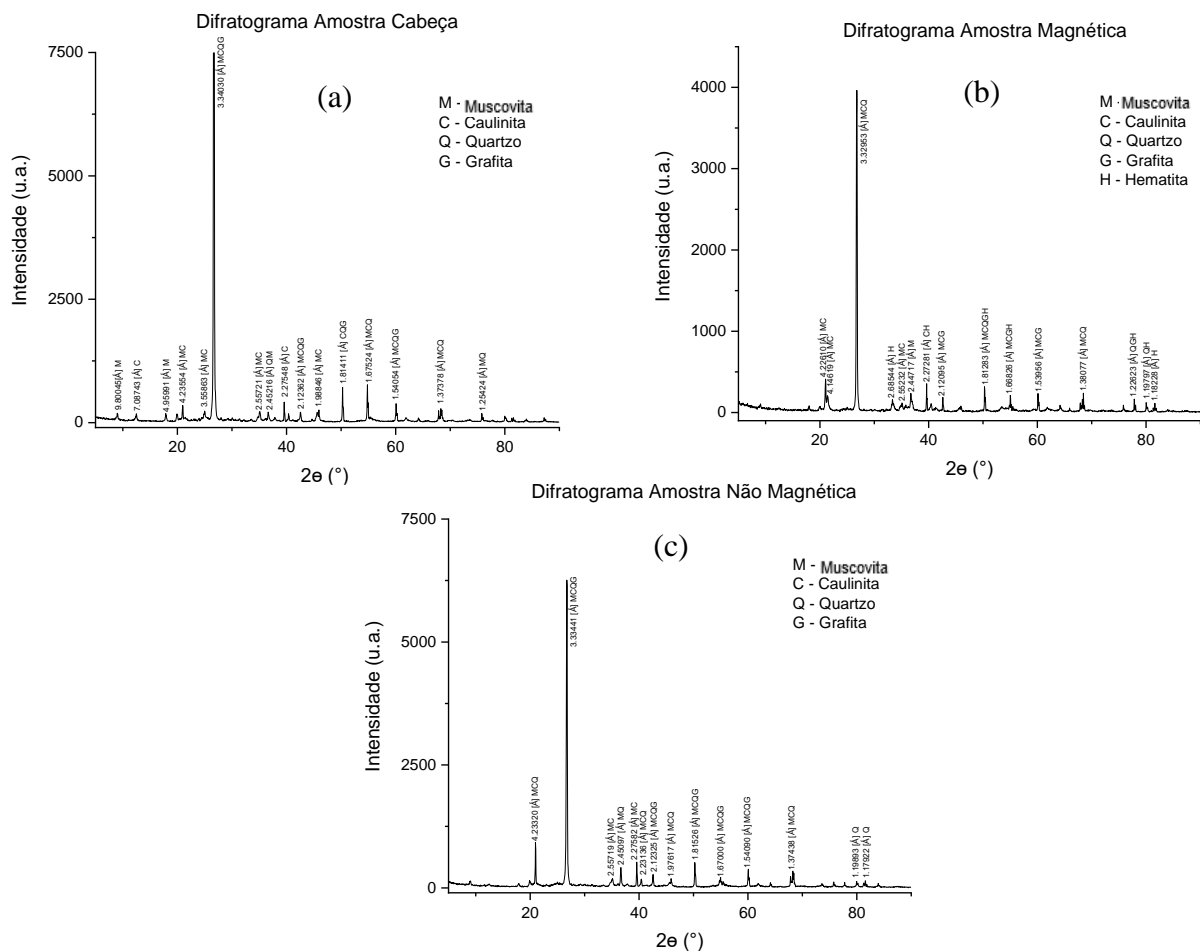


FIGURA 1– Difratogramas de raios X das amostras: (a) amostra cabeça, (b) amostra magnética e (c) amostra não magnética.

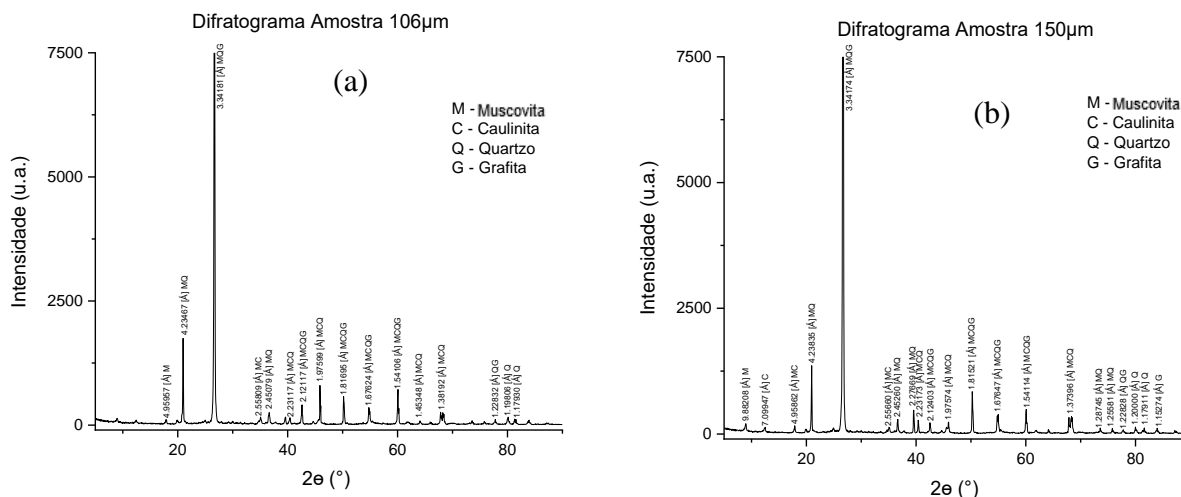


FIGURA 2 – Difratoformas de raios X das amostras: (a) amostra 106µm e (b) amostra 150µm.

As análises semiquantitativas por fluorescência de raios-X das amostras detectou os elementos químicos presentes na amostra, também pela Lei de Bragg. A ocorrência dos elementos identificados é classificada em alta, média, baixa e de traço dependendo da intensidade observada no gráfico. A tabela 2 apresenta os resultados obtidos na análise.

TABELA 2 - Relação de ocorrência de elementos identificados por FRX.

Ocorrência	Cabeça	Peneira 106µm	Peneira 150µm	Magnético	Não-Magnético
Alta	O e Si	O e Si	O e Si	O e Si	O e Si
Média	-	-	-	Fe	-
Baixa	Fe e Al	Al e Fe	Fe e Al	Al	Fe e Al
Traço	Mg, Cr, K, Ti, Ni, Li, Mn, Ce, Cr, Ba, Ca e Na	Mg, K, Ti, Cr, P, Ni e Mn	Mg, K, Li, Cr, P, Mn, S, Ba e Ca	Mg, P, K, Ca, Mn, Cr, Ti, S e Na	Mg, K, P, Li, B, Na, S, Cr, Ti e Mn

As imagens apresentadas na figura 3 tratam-se de diferentes partículas minerais presentes nas amostras do minério gráfitico de Itapequerica, identificadas como grafita, magnetita e feldspato potássico, obtidas pela Microscopia Eletrônica de Varredura com espectroscopia de raios X por dispersão em energia (MEV-EDS).

Para realizar este estudo as amostras foram recobertas por um filme condutor de carbono (C), o que em tempo tornou a identificação com razoável grau de dificuldade devido a difícil diferenciação entre o carbono da grafita e o carbono do recobrimento em algumas microrregiões. Os pontos vermelhos representam as áreas alvo da microanálise.

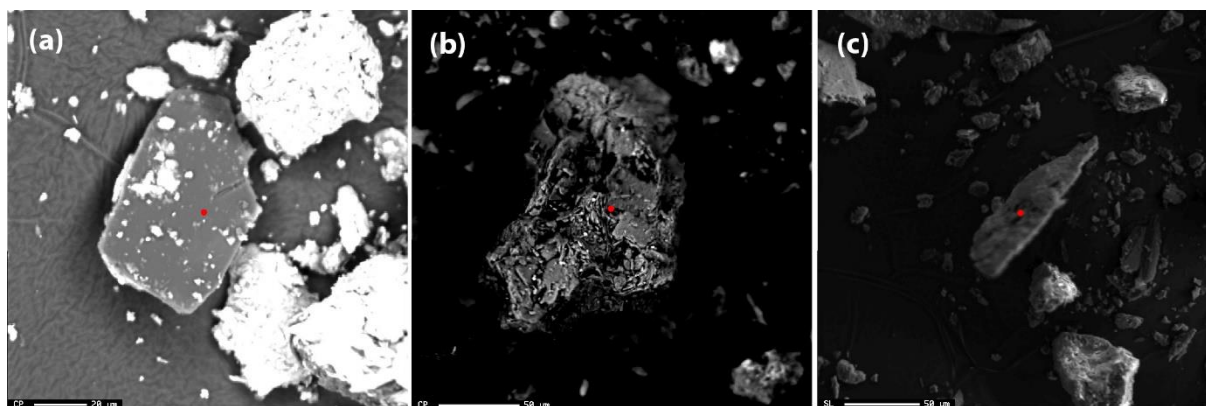


FIGURA 3 - (a) Imagem de elétrons retroespalhados da fase mineral grafita; (b) Imagem de elétrons retroespalhados de uma fase de óxido de ferro; (c) Imagem de elétrons retroespalhados de uma partícula rica em silicato.

Com os resultados das microanálises realizadas na área indicada em cada partícula, observou-se na figura 3 (a) uma partícula central com um plano muito bem definido. Na porção mais cinza desta partícula, a análise EDS indicou que seja a fase mineral é a grafita, já que só foi encontrado carbono na região. Na figura 3 (b) nota-se que a partícula não apresenta um polimento bom, tendo muitas diferenças de relevo em sua face analisada. No ponto escolhido para análise EDS, o indicativo foi de ser um óxido de ferro, devido ao alto teor de ferro e oxigênio na região, possivelmente hematita como identificado na difração de raios X – amostra magnética (Figura 1); Na figura 3 (c) foi possível observar uma partícula alongada e também sem uma face muito bem definida. A microanálise por EDS indicou se tratar de um silicato potássico, devido às concentrações silício, alumínio, oxigênio e potássio.

As análises de FRX e DRX confirmaram as análises realizadas no MEV/EDS, principalmente as fases grafita e óxido de ferro, quanto a fase silicatada, o MEV/EDS confirmou a presença dos mesmos elementos dos minerais caulinita, quartzo e muscovita.

Quanto ao feldspato potássico identificado na microanálise, constatou-se que este se encontra em baixas quantidades, haja visto que não foi identificado no DRX, porém há concentrações de potássio em nível de traço registrados pelo FRX que sugerem sua presença na amostra.

4. CONCLUSÕES

Na amostra estudada do minério proveniente da Mina de Itapeçerica identificou-se a presença de grafita, diferentes silicatos e óxido de ferro. Através das análises quantitativas e daquelas feitas em FRX, DRX e EDS foi possível constatar a presença de grafita comprovando a qualidade do minério e seu potencial.

Além da grafita notou-se a presença de diferentes silicatos indicados nas análises de difração de raios X e EDS, principalmente quartzo, caulinita e muscovita. Através da separação magnética e das técnicas de FRX, DRX e MEV/EDS constatou-se a presença de hematita.

Ademais, foi possível identificar que, para próximos estudos em processamento mineral deste material, a faixa ótima para a concentração em função de seu grau de liberação considerável, em torno de 92%, encontra-se em torno dos 425µm.

Observou-se a alta ocorrência em diversos testes do elemento Silício ou, por conseguinte do mineral Quartzo que podem, para possíveis estudos de métodos de concentração, interferir diretamente sobre os processos de enriquecimento do material.



Essas características se confirmam em função de sua geologia, uma vez que a grafita do tipo *flakes*, é rotineiramente associada na literatura a impurezas como as descritas no presente estudo como quartzo, feldspato, micas, anfibólio, granada, calcita e ferro.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem, especialmente, ao Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais, que proporcionou todo o insumo físico e teórico para a execução deste trabalho. Os autores também agradecem: a empresa Nacional Grafite por ceder as amostras, ao Laboratório de Tratamentos de Minérios, ao Laboratório de Caracterização de Minérios e Materiais, ao Centro de Microscopia e, a todos os colaboradores dos respectivos lugares que nos receberam com tamanha atenção.

6. REFERÊNCIAS

BRASIL. *Sumário Mineral*. Departamento Nacional de Produção Mineral, 2014.

MINAS GERAIS. *Recursos Minerais de Minas Gerais: síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e ambiente e mineração de Minas Gerais / Pedrosa-Soares, Antônio Carmeio los; Voll, Eliane; Cunha, Edson Campos (coordenadores)*. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE)— 2018.

SAMPAIO, J. A.; BRAGA, P. F. A.; DUTRA, A. J. B. Grafita. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. *Rochas & minerais Industriais: usos e especificações*. 2.Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. Cap. 24, p. 527-549.
