



CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DE MINÉRIO FOSFÁTICO DO COMPLEXO DE ANGICO DIAS, BAHIA

CARVALHO, J.A.E.¹, LIMA, S.B.², FERNANDES, I.R.³,
BRANDÃO, P.R.G.⁴, HENRIQUES, A.B.⁵, CANÇADO, R.Z.⁶

¹Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Engenharia de Minas, Laboratório de caracterização de minérios e materiais. e-mail: juliana@demin.ufmg.br

²Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Laboratório de raios X.

³Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Engenharia de Minas, Laboratório de caracterização de minérios e materiais.

⁴Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Engenharia de Minas, Laboratório de caracterização de minérios e materiais.

⁵Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Engenharia de Minas, Laboratório de caracterização de minérios e materiais.

⁶Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Engenharia de Minas, Laboratório de caracterização de minérios e materiais.

RESUMO

Nesta pesquisa estudou-se a composição de uma amostra de minério fosfático do complexo de Angico Dias, Bahia. Buscou-se caracterizar a amostra, objetivando evidenciar a presença do mineral-minério apatita e dos demais minerais presentes na amostra, com enfoque nos filossilicatos interestratificados identificando suas camadas mistas. A caracterização do minério foi feita através da técnica analítica de difratometria de raios X que permitiu a identificação das fases minerais apatita, tremolita, vermiculita e filossilicato interestratificado. Os teores dos elementos presentes nas amostras foram identificados utilizando-se da espectrometria de fluorescência de raios X.

PALAVRAS-CHAVE: Minério fosfático, caracterização, apatita, filossilicatos interestratificados.

ABSTRACT

In this paper was studied the composition of a phosphate ore sample from the Angico Dias complex in Bahia. We attempted to characterize a sample, aiming to evidence the presence of the mineral-apatite and other minerals present in the sample, including the interstratified phyllosilicates. The characterization of the ore was carried out through the technical analysis of X - ray diffraction, which allows the identification of the mineral's phases apatite, tremolite, vermiculite and interstratified phyllosilicates. The elements' contents present in the samples were identified using the X-ray fluorescence spectrometry.

KEYWORDS: Phosphate ore, characterization, apatite, interstratified phyllosilicates.

1. INTRODUÇÃO

O fósforo é um elemento abundante no globo terrestre, presente através de seus diversos compostos, sendo os mais comuns os fosfatos. No Brasil, aproximadamente 80% das jazidas fosfáticas são de origem ígnea, com presença marcante de rocha carbonatítica e minerais micáceos (Souza, 2009).

Existem diversos minerais que contém o fósforo, contudo, apenas os da série da apatita são considerados minerais-minérios. A apatita, $\text{Ca}_5(\text{F,Cl,OH})(\text{PO}_4)_3$, é o único mineral do fósforo com interesse econômico, está principalmente associada a processos lateríticos, e também pode resultar de processos sedimentares (fosforitos marinhos) e orgânicos (guano) (Toledo et.al, 2004). É o mineral mais importante e mais abundante do grupo dos fosfatos, inclusive nos depósitos de concentrado fosfático do Brasil. As substituições dentro da rede cristalina da apatita são variadas, levando a diferenças na solubilidade e no comportamento físico e físico-químico, que são extremamente importantes para todos ramos relacionados ao uso e estudos da apatita (Toledo et.al, 2004). Normalmente encontrada em rochas carbonatíticas, a apatita possui teor de P_2O_5 variando entre 5 a 15%. Seus depósitos apresentam uma mineralogia muito complexa, cujas impurezas exercem uma forte influência no rendimento do fósforo nas plantas de beneficiamento (Souza, 2009).

As rochas do Complexo Metacarbonatítico de Angico Dias são compostas principalmente por metacarbonatitos (olivina-apatita metassovito, biotita-apatita metassovito e magnetita-olivina-apatita metassovito) e metassienitos (variando entre meta-albititos, álcali feldspato metassienitos e quartzo metassienitos), podendo haver a ocorrência de metapiroxenitos, metadioritos, tremolititos e metalamprófiros. Devido ao intemperismo, observa-se sobre as rochas metacarbonatíticas um importante depósito de fosfato residual, chamado de apatitito (Luciano e Godoy, 2017).

As rochas desse Complexo são predominantemente classificadas como calciocarbonatito, cuja composição mineralógica é composta principalmente por calcita e apatita, atrelada a dolomita, olivina, flogopita e magnetita (Luciano e Godoy, 2017).

Em geral, o minério fosfático pode ser composto por minerais do grupo da apatita (mineral-minério), diopsídio, carbonatos, magnetita, hematita, perovskita, anatásio, quartzo, barita, ilmenita, micas além de vermiculita e filossilicatos interestratificados.

Os filossilicatos interestratificados podem interferir no processo de beneficiamento mineral, sendo assim torna-se importante identificá-los e conhecê-los. Reynolds (1980) descreve a ocorrência de camadas mistas ou interestratificação, como estruturas de filossilicatos em que dois ou mais tipos de camadas ocorrem em uma sequência de empilhamento vertical. O mesmo descreve também que as camadas podem ser aleatórias, ordenadas ou parcialmente ordenadas.

Estudos de caracterização do minério fosfático tem tido cada vez mais importância na indústria de fosfato, uma vez que cada dia mais existe a necessidade de trabalhar com minérios mais complexos. Esta pesquisa buscou identificar quais são os minerais presentes na amostra de minério fosfático denominada Bahia, coletada no Complexo de Angico Dias, com objetivo de evidenciar a presença do mineral apatita e os minerais de camada mista, ou filossilicatos interestratificados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem

Analisou-se uma amostra de minério fosfático coletada no depósito de Angico Dias. A amostra foi identificada como Bahia, devido à localização do depósito.

2.2 Caracterização mineralógica

A amostra foi submetida a análise por difratometria de raios X (DRX) em um difratômetro de raios X para amostras em pó, marca Philips-PANalytical e modelo PW 1710, utilizando o detector pontual com cristal monocromador de grafita, tubo de cobre ($Z=29$), λ $K\alpha$ médio = $1,54184\text{\AA}$ e λ $K\alpha_1$ = $1,54056\text{\AA}$. As condições instrumentais foram: alimentação elétrica de 50kV e 35mA, varredura de 3 a 90° em 2θ , passo de $0,06^\circ$ (2θ) e tempo de contagem de 3 segundos.

Observou-se que pode ocorrer desalinhamento no goniômetro do equipamento, deslocando as raias. Por esse motivo a amostra foi submetida a análise com auxílio de uma amostra padrão com objetivo de observar se houve deslocamento das raias no decorrer da análise.

A amostra Bahia foi submetida também à análise química quantitativa por fluorescência de raios X por dispersão de comprimento de onda (WDS). O equipamento utilizado foi o espectrômetro Philips-PANalytical PW 2404, com tubo de anodo de ródio. A preparação da amostra foi pela técnica de fusão com $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ em máquina de fusão da Claisse.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Difratometria de raios X

A amostra identificada como amostra Bahia não apresentou fases amorfas; essa observação foi possível devido à ausência do domo de amorfização no difratograma. O difratograma desta amostra é mostrado na fig. 1.

As fases minerais identificadas por DRX na amostra Bahia são apresentadas na Tab. 1 e descritas na legenda do difratograma, através de resultados qualitativos. Os padrões do banco de dados PDF-2 do ICDD utilizados para a identificação foram:

- i. tremolita: ficha número 85-0876;
- ii. apatita (fluorapatita): ficha número 87-2027;
- iii. vermiculita: ficha número 77-0022;

Para os filossilicatos interestratificados, devido à variação da célula unitária, não existe ficha para identificação no ICDD.

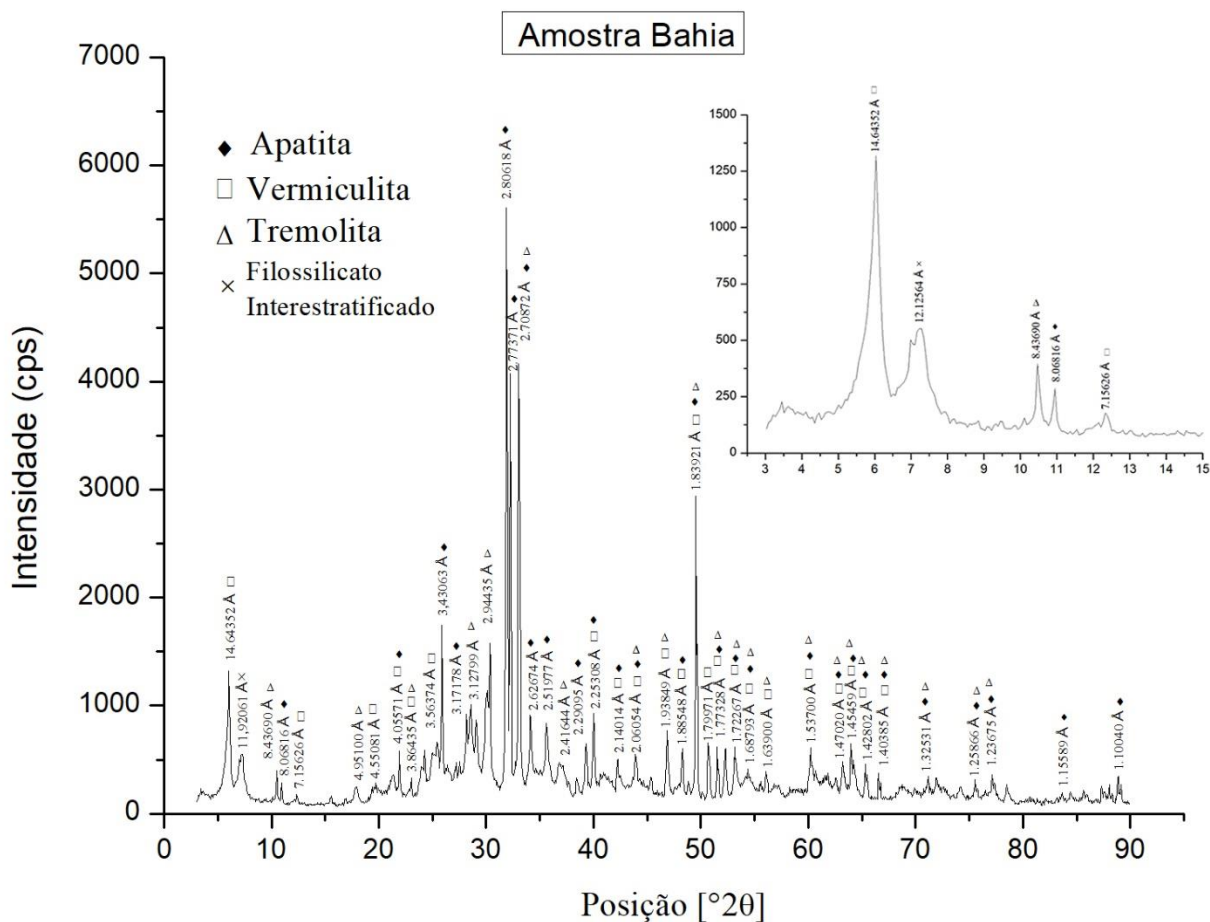


Figura 1 – Difratoograma de raios X da amostra Bahia (λ K α Cu = 1,54060Å)

Tabela 1 – Minerais identificados por difração de raios X na amostra Bahia

Amostra	Minerais identificados
Bahia	Apatita, vermiculita, tremolita e filossilicato interestratificado

Verifica-se pelos resultados que a amostra Bahia apresentou as raiais principais da apatita, evidenciando a presença do mineral em abundância. Percebeu-se também ao analisar o difratograma a presença de um anfibólio, este foi identificado como tremolita. Identificou-se a raia 11,92 Å diagnóstica dos filossilicatos interestratificados.

A identificação dos filossilicatos interestratificados foi possível devido a comparação entre os difratogramas totais observados e difratogramas modelos para camadas mistas ou interestratificadas, segundo dados de Reynolds (1980) e Moore e Reynolds (1997). Nota-se que o filossilicato interestratificado corresponde a uma estrutura mista do tipo mica/vermiculita composta por 70% de mica e 30% de vermiculita, sendo esta estratificação aleatória.

3.2 Fluorescência de raios X

Realizou-se análise química por fluorescência de raios X na amostra Bahia, os teores estão fornecidos em óxidos conforme pode ser observado na Tab. 2. O objetivo dessa análise foi observar os teores de fósforo e cálcio para identificação do mineral apatita e os teores de óxido potássio para identificação dos filossilicatos interestratificados.

O teor de potássio distingui os filossilicatos interestratificados das vermiculitas e das micas. Segundo Gruner (1934) a verdadeira vermiculita não apresenta potássio em sua composição, para Carvalho (2017) a mica original teria teores de óxido de potássio acima de 6% e os filossilicatos interestratificados teores de óxido de potássio entre 1% e 6%.

Tabela 2 – Análise química (%)

P ₂ O ₅	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	ZnO	F
16,78	7,64	6,22	21,60	23,40	1,51	14,90	0,45	0,67	0,02	1,69

Os altos teores de fósforo e cálcio e o teor baixo de flúor, mostram que na composição da amostra, encontra-se a fase mineral fluorapatita. Nota-se também alto teor de óxido silício, médios teores de óxido alumínio, magnésio, ferro e um teor de óxido de potássio de 1,51% o que é sugestivo de filossilicato de camadas mistas ou filossilicato interestratificado.

4. CONCLUSÕES

Os estudos de caracterização por difratometria de raios X e fluorescência de raios X, permitiram as seguintes conclusões:

- A amostra Bahia é rica em apatita. A análise química mostrou porcentagem de flúor, sugerindo assim que o mineral se trata da variedade mais comum de apatita conhecida como fluorapatita.
- Identificou-se filossilicato interestratificado ou de camadas mistas baseado na comparação do difratogramas modelos fornecidos por Reynolds (1980) e Moore e Reynolds (1997).
- O filossilicato interestratificado presente na amostra Bahia possui estratificação aleatória com 70% de mica e 30% de vermiculita. A mica presente na estratificação é sugestiva de biotita devido ao alto teor de ferro encontrado na análise química.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas e a Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais pelo apoio.

6. REFERÊNCIAS

Carvalho, J.A.E. *Caracterização dos minerais micáceos presentes em minérios fosfáticos do Centro-Sudeste do Brasil*. [Dissertação de mestrado]. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte; 2017.

Gruner, J.W. *The Structures of Vermiculites and their Collapse by Dehydration. Journal of the Mineralogical Society of América*, v.19, nº 12, p. 557-575, 1934. Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/msa/ammin/article/19/12/557/537546/the-structures-ofvermiculites-and-their-collapse> Acesso em: 11 de janeiro de 2019.

Luciano, R. L.; Godoy, A. M. *Geologia do Complexo Metacarbonatítico de Angico dos Dias, Divisa Bahia/Piauí, Brasil*. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 36, n. 2, pág. 301 – 314, 2017.

Moore, D.M; Reynolds, R.C. *X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. Second edition. New York: Oxford University Press, 1997.

Reynolds, R. C. *Interstratified clay minerals. In: BRINDLEY, G. W. and BROWN, G. Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification*. Monograph Nº. 5. London: Mineralogical Society, 1980.

Souza, A. E; Fonseca, D. S. *Fosfato*. 2009. Disponível em: < <http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/7-2-fosfato/view>>. Acesso em: 15 de maio de 2019.

Toledo, C.M.; Ferrari, V.C.; Fontan, F.; Parseval, P.; Leroy, G. *The Compositional Evolution Of Apatite In The Weathering Profile Of The Catalão I Alkaline-Carbonatitic Complex, Goiás, Brazil*. *Revista GeoScienceWorld. The Canadian Mineralogist* (2004),42(4):1139.

Torres, M. G. *Composição química superficial e nanotopográfica da apatita do protominério da mina do Barreiro, Araxá, MG*. Tese de Doutorado nº89, Universidade de Brasília, Instituto de Geociências (IG). Brasília, DF. 270p. 2008.