

Mineralogia da Apatita do Complexo Alcalino-Carbonatítico de Tapira

Mateus Araujo Bezerra, José Affonso Brod

Universidade Federal de Goiás, 74001-970, Brasil

Email: m.a.bezerra@hotmail.com /j.a.brod@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Mineralogia, Apatita, Carbonatito, Alto Paranaíba.

1- INTRODUÇÃO

O fósforo é o décimo elemento mais comum na natureza, e tem fundamental interesse econômico para o país, uma vez que constitui um dos principais componentes na indústria de fertilizantes, e para o qual não existe substituto. Assim, exerce um papel fundamental na produção agrícola. Apesar da abundância, não é encontrado livre na natureza, mas sempre combinado com outros elementos químicos. Os depósitos de fosfato ocorrem em três formas: fosfato sedimentar, que representa 85% da produção mundial; fosfato magmatogênico, que representa 15% da produção mundial e depósitos biogênicos que representam menos de 1% da produção mundial. Os complexos alcalino-carbonatíticos são os responsáveis por 80% das reservas brasileiras, que estão fortemente concentradas nos estados de Minas Gerais, Goiás e São Paulo. O município de Tapira, que pertence à microrregião de Araxá, na mesorregião do Triângulo mineiro e Alto do Paranaíba, no estado de Minas Gerais é o detentor de um dos maiores depósitos de fosfato do Brasil. Geologicamente, a jazida pertence ao complexo alcalino-carbonatítico de Tapira, que por sua vez, faz parte da Província Ígnea do Alto Paranaíba (APIP). Esta província reúne rochas magmáticas alcalinas de idade Neocretácea (90-80 Ma) que ocorrem na margem NE da Bacia do Paraná e cuja origem está ligada à atividade da pluma mantélica de Trindade GIBSON *et. al.*, (1995) apud BROD (2001). O intemperismo tropical predominante na região favorece a concentração econômica de fosfato e nióbio, além de titânio e terras raras, que ainda não são aproveitados comercialmente. O *site* [<http://webmineral.com>] lista 370 minerais com teores de fósforo acima de 10%. Desta lista, 96 têm teores superiores aos da apatita que é de 18,96% de P. Entretanto, em sua maioria, essas espécies têm apenas valor científico, do ponto de vista mineralógico. Com isso, somente os membros da série da apatita são considerados minerais-minério de fósforo. As variedades

de apatita mais comuns são a fluorapatita $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F})]$, a hidroxiapatita $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})]$ e, mais raramente, a cloroapatita $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{Cl})]$. A composição da apatita depende do meio de formação, mas é também influenciada pela necessidade de compensação de cargas quando ocorrem substituições entre íons de carga diferente em relação à apatita ideal. Na apatita de carbonatitos, a substituição por ETR (Elementos Terras Raras) é muito importante, refletindo a composição do magma e sua evolução TOLEDO (2001). Complexos carbonatíticos são frequentemente associados à magmatismo alcalino sódico, caso em que as rochas silicáticas nesses complexos são da série ijolítica. Todavia, os complexos carbonatíticos da Província Ígnea do Alto Paranaíba são de afiliação potássica BROD *et. al.*, (2000), e não contém rochas da série ijolítica. Numa perspectiva petrogenética podem ser considerados como formados por rochas pertencentes a três séries de diferenciação distintas (bebedourítica, foscorítica e carbonatítica).

2- METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos adotados, para a execução deste trabalho foram: (i) levantamento bibliográfico em livros, capítulos de livros e artigos da literatura científica especializada. (ii) Preparação de amostras, com fragmentação mecânica num gral de ágata, das seguintes amostras: AT- 38A, AT 505. (iii) Análise das amostras sob lupa binocular com a separação de grãos de apatita, realizada no laboratório da CPRM - Serviço Geológico do Brasil em Goiânia, para obtenção de concentrados. (iv) Análise dos concentrados em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Jeol, JSM – 6610, equipado com EDS, Thermos scientific NSS Spectral Imaging, no LABORATÓRIO MULTIUSUÁRIO DE MICROSCOPIA DE ALTA RESOLUÇÃO – LABMIC no Instituto de Física da Universidade Federal de Goiás, para obtenção de imagens de superfície da amostra (elétrons secundários e retroespalhados) e dados de composição química. (v) interpretação dos dados.

3- JAZIDAS DE FOSFATO NO MUNDO E BRASIL

Os depósitos de fosfato dos tipos sedimentar e ígneo são os economicamente mais importantes, pois apresentam os maiores volumes. Os depósitos biogénicos são provenientes de excrementos de aves e morcegos, e têm volumes mais restritos. Importantes depósitos de fosfato sedimentar marinho encontram-se nos Estados Unidos, sudoeste do México,

Marrocos, a oeste do deserto do Saara e no Oriente Médio. Depósitos relevantes de origem ígnea são encontrados na África do Sul, Rússia, Finlândia e Brasil. Cerca de 70 % das reservas de rochas fosfáticas do mundo, concentra se no hemisfério norte, em países com China, Estados Unidos, Rússia, Marrocos e Tunísia, que lideram o *ranking* de países produtores. Em 2008, em torno de 84% da produção mundial de rocha fosfática esteve concentrada em sete países: China, Estados Unidos, Marrocos, Rússia, Tunísia, Brasil e Jordânia.

As reservas brasileiras são 80% de origem ígnea, associadas a complexos carbonatíticos. 67% das reservas estão no estado de Minas Gerais, 14 % em Goiás e 6% em São Paulo. Os outros 13% estão nos estados de Santa Catarina, Ceará, Pernambuco, Bahia, Paraíba, Tocantins, Maranhão, Piauí e Mato Grosso do Sul. SOUZA & FONSECA (2009).

4- GEOLOGIA DOS COMPLEXOS CARBONATÍDICOS DA BACIA DO PARANÁ

A intensa atividade magmática ocorrida na porção central sul do Brasil e no Paraguai oriental, no intervalo entre o Eocretáceo e o Eoceno, inclui os basaltos da Formação de Serra Geral (Sistema Paraná-Etendeka) e diversas províncias alcalinas que ocorrem nas margens da Bacia do Paraná. A formação dos basaltos de platô da bacia do Paraná e a das províncias alcalinas circundantes são geralmente atribuídas à influência térmica ou química de plumas mantélicas que impactaram a base litosfera continental TOLEDO (2001).

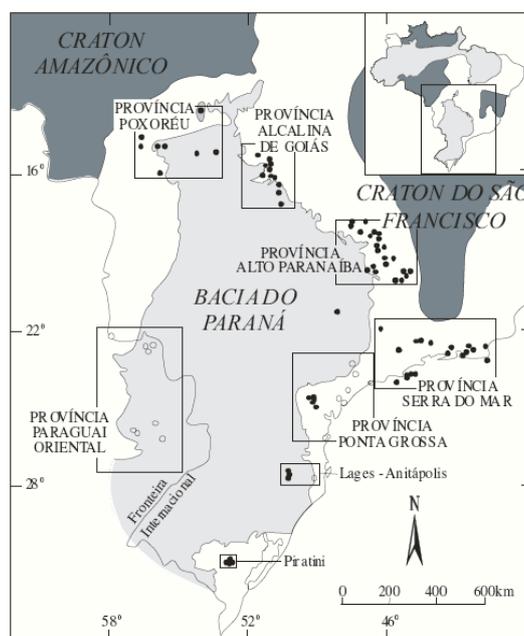


Figura 1- Mapa de localização das províncias alcalinas na Bacia do Paraná. As rochas representadas por círculos vazados são do Eocretáceo e as representadas por círculos preenchidos são do Neocretáceo (com exceção da Província Serra do Mar, Neocretáceo a Eoceno). Mapa de GIBSON *et al.* (1995b).

O magmatismo do Eocretáceo, com cerca de 130 Ma, é resultado da pluma mantélica de Tristão da Cunha, enquanto a atividade mais recente de idade igual ou menor que 80 Ma é correlacionável à pluma de Trindade. Estas plumas foram responsáveis pelo surgimento de várias províncias alcalinas no Brasil, na periferia da bacia do Paraná, a saber: ao norte da bacia estão localizadas as províncias de Poroqué e de Goiás; a nordeste está localizada a província do Alto Paranaíba; a leste a província Serra do Mar; a sudeste as províncias Ponta Grossa e Lages-Anitápolis; a sul a província Piratini e a sudoeste a província Paraguai Oriental.

5-PROVÍNCIA DO ALTO PARANAÍBA

Os complexos carbonatíticos da província do Alto Paranaíba são intrusões ultramáficas-carbonatíticas de dimensões relativamente grandes (até 65 Km²), compreendendo Catalão I e II no sul de Goiás, e Serra Negra, Salitre I, II e III, Araxá e Tapira, no oeste de Minas Gerais. Os complexos intrudem rochas metamórficas neoproterozóicas dos domínios interno e externo da Faixa Brasília, as quais são tipicamente deformadas em estruturas dômicas. GIBSON *et. al.*, (1995), BROD *et. al.* (2004). Entre as bacias do Paraná e Sanfranciscana ocorre uma importante estrutura alongada segundo NW-SE, denominada Arco do Alto do Paranaíba, cujo soerguimento começou no Eocretáceo, porém foi intenso no Neocretáceo, influenciando diretamente a evolução tectono-estratigráfica independente das duas bacias CAMPOS e DARDENE (1997). O arco é bem marcado por anomalias geofísicas. O intenso magmatismo máfico-ultramáfico e ultrapotássico, que gerou os corpos intrusivos (diques, condutos, diatremas e complexos plutônicos), ocorreu principalmente ao longo desta estrutura. Os equivalentes vulcânicos destes magmas foram totalmente erodidos no Arco do Alto Paranaíba, mas estão preservados na Bacia Sanfranciscana, a nordeste.

O intemperismo tropical predominante na região favoreceu a concentração econômica de fosfato e nióbio, além de titânio, terras raras, vermiculita e barita, que ainda não são aproveitados comercialmente.

6-APATITA EM CARBONATITOS E ROCHAS ALCALINAS

Na APIP os magmas silicáticos alcalinos são predominantemente potássicos. As rochas alcalinas da província incluem kimberlitos, olivina lamproitos madupíticos e kamafugitos, sendo os últimos as rochas mais abundantes GIBSON (1995). As lavas e piroclásticas kamafugíticas da Mata da Corda, na Bacia Sanfranciscana, contêm abundantes xenólitos de dunito, piroxenito, melilitito e sienito, uma associação comum nos complexos carbonatíticos da província, o que pode indicar a presença de complexos carbonatíticos em profundidade e levou BROD *et. al.* (2000) a propor a existência da associação kamafugito-carbonatito na APIP. O trabalho de LEBAS (1985) apud TOLEDO (2001) difundiu amplamente a noção de que complexos carbonatíticos são associados à magmatismo alcalino sódico, e que as rochas silicáticas nesses complexos são da série ijolítica. Contudo a descoberta de carbonatíticos associados a rochas ultrapotássicas, como os da Província Ígnea do Alto do Paranaíba. LLOYD e BAILEY (1991) GIBSON *et. al.* (1995b) BROD *et. al.*(1999) BROD *et.al.*(2000), onde não ocorrem rochas da série ijolítica, oferece uma alternativa a esse modelo.

Uma análise petrogenética três séries de diferenciação distintas (bebedourítica, foscorítica e carbonatítica) presentes nos complexos da APIP indica que a evolução de cada uma está estreitamente ligada com diversos mecanismos, como cristalização fracionada, imiscibilidade de líquidos, mistura de magmas, contaminação crustal e desgaseificação.

Série Bebedourítica – Rochas produzidas por cristalização fracionada de um magma silicático ultrapotássico (flogopitapicrito, BROD, 1999, BROD *et.al.* 2000).

Série Foscorítica– Rochas derivadas de magmas fosfáticos, cujos termos petrográficos são definidos por variações modais de apatita, magnetita e olivina. O foscorito propriamente dito é constituído por proporções equilibradas destas três fases, mas dunitos, magnetitos, apatititos e nelsonitos (apatita +magnetita) são comuns. Rocha desta série estão presentes em todos os complexos carbonatíticos do Alto Paranaíba, e são bastante comuns em Catalão e Araxá.

Série Carbonatítica – Rochas contendo mais de 50% de carbonatos, essencialmente dolomita, calcita, calcita+dolomita, ou dolomita+Fe-dolomita/ankerita, com grande variedade de acessórios. A classificação de carbonatito baseia-se nas proporções modais dos tipos de carbonato presentes e independe do caráter plutônico ou vulcânico da rocha.

5-COMPLEXO DE TAPIRA

O complexo de Tapira localizado nas coordenadas $19^{\circ}53'S$; $46^{\circ}50'O$, é o mais meridional dos complexos da província. Situa-se imediatamente a norte da cidade homônima, e cerca de 30 km a SE de Araxá. A intrusão deformou as rochas encaixantes do grupo Canastra em uma estrutura dômica que tem cerca de 5,2 km de diâmetro. O complexo é quase elíptico, com uma área total de 35 km^2 . As operações de lavra ocorrem a céu aberto e o beneficiamento do minério é feito por flotação. O complexo de Mineração de Tapira - CMT contém reservas medidas de minério da ordem de 265 milhões de toneladas, apresentando uma produção de 1,6 milhões de toneladas/ano de P_2O_5 SANTOS *et. al.* (2002).

O minério atualmente lavrado no complexo de Tapira é o manto de intemperismo, onde ocorre o aumento dos teores de titânio, fosfato, nióbio, terras raras e vermiculita, por concentração residual. Atualmente são minerados apenas fosfato e titânio, e somente o fosfato tem aproveitamento comercial, ficando o minério de titânio estocado no aguardo do desenvolvimento de um processo tecnológico para seu beneficiamento. A mineração iniciou-se no perfil de intemperismo localizado sobre a unidade de apatita piroxenitos e bebedouritos B2 de BROD (1999) apud BROD (2004), na borda norte do complexo, e atualmente avança em direção ao centro (Figura 2). A intensidade do intemperismo condiciona verticalmente o teor e tipo de minério.

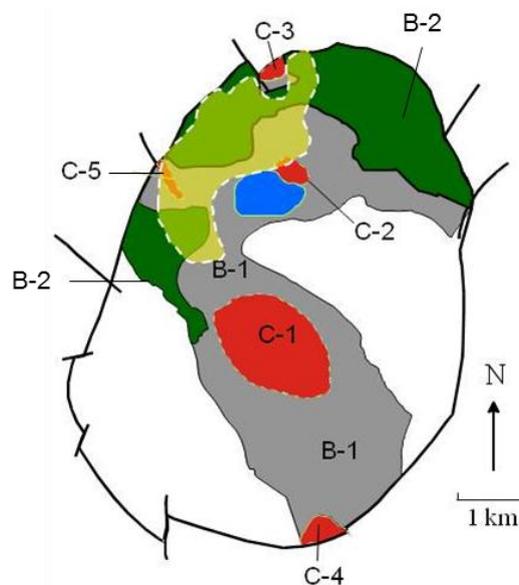


Figura 2 – Esboço geológico do Complexo de Tapira (BROD, 1999) com a localização (área hachurada amarela) da mina de fosfato em 2004. B1 e B2 representam unidades de cumalados bebedouríticos. C1 a C5 são sucessivas intrusões carbonatíticas. A área em azul na porção noroeste é uma intrusão sienítica.

6-CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E MINERALÓGICAS DA APATITA

A apatita ocorre comumente em prismas longos ou prismas curtos, comumente terminados por proeminentes bipirâmides ou por um pinacóide basal. Diversos cristais mostram faces de uma bipirâmide hexagonal $m/6,0$ que revela a simetria verdadeira. Também ocorre como massas granulares, maciças a compactas.

A estrutura da fluorapatita foi detalhada há muito tempo, por MEHMEL (1930) e por NARAYSZABO (1930) McCONNELL (1974) ambos *apud*. TOLEDO (2001). Apresenta tetraedros PO_4 associados a colunas Ca-O, formando uma estrutura em colméia. Perpendicularmente ao plano (001), há dois tipos de canais; o primeiro, com diâmetro de cerca de 2Å , corresponde aos eixos ternários da estrutura rodeados por íons Ca^{2+} em posição Ca1, coordenados a 9 átomos de oxigênio. O outro tipo, com diâmetro um pouco maior (3 a $3,5\text{Å}$), é formado por eixos helicoidais, rodeados pelos íons Ca^{2+} na posição Ca2, coordenados a 7 átomos de oxigênio. Resulta uma malha elementar correspondente a um prisma reto de base losangular, com quatro íons Ca1, seis íons Ca2, seis íons P, dois íons F e 24 átomos de O TOLEDO (2001).

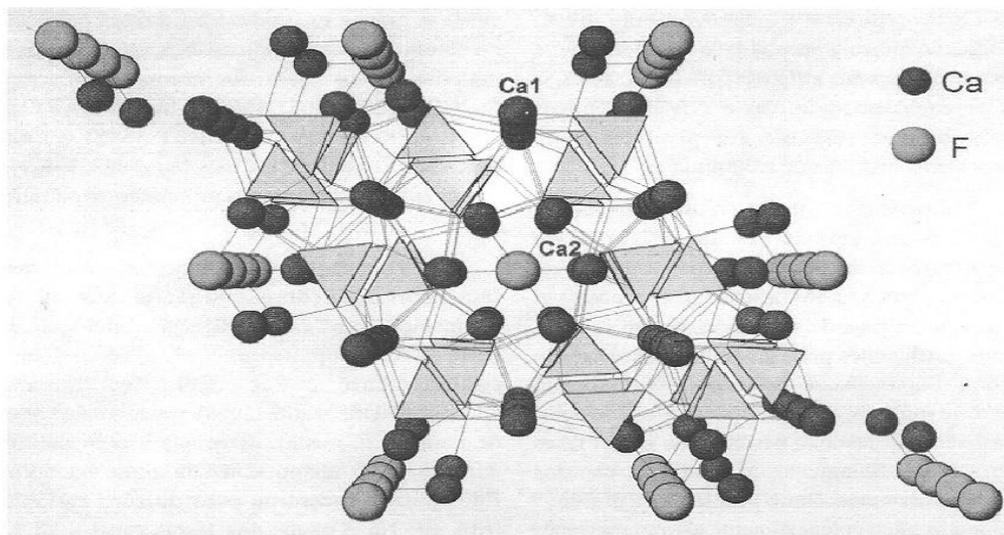


Figura 3 - Modelo da estrutura da fluorapatita, em corte perpendicular ao eixo c, segundo o programa *ATOMS for Windows*, versão 3.2(DOWLY, 1995), destacando os átomos de F e de Ca, em suas duas posições Ca1 e Ca2, e os tetraedros de PO_4^{3-} . O centro do modelo evidencia o canal ocupado com flúor neste caso.

A apatita possui uma clivagem pobre $\{0001\}$, dureza 5na escala de Mohs, densidade relativa entre $3,1$ a $3,2\text{g/cm}^3$, fratura conchoidal, fluorescência amarelo-alaranjado, termoluminescência branco-azulada, brilho não metálico (vítreo), com cores geralmente em tons de verde, marrom, azul, violeta, e também incolor.

A variedade mais comum é a fluorapatita $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_6\text{F}$. Contudo, existem muitos substituintes. As variações comuns da fluorapatita associada aos complexos carbonatíticos são substituições catiônicas de Mn, Sr, Na, ETR (Elementos Terras Raras) GULBRANDSEN *et.al.* (1966) apud TOLEDO (2001).

A distribuição dos ETR em apatita é claramente dependente da natureza da rocha. A apatita ígnea apresenta uma progressiva mudança de composição desde granitos pegmatíticos, mais rica em lantanídeos pesados e ítrio, até a de pegmatitos alcalinos e carbonatitos, mais rica em lantanídeos leves. TOLEDO (2001). Na apatita de carbonatitos, a substituição por ETR depende da composição e estágio evolutivo do magma carbonatítico, e o mineral pode exercer um controle importante sobre a distribuição dos ETR no complexo. O conteúdo em ETR na apatita de carbonatitos varia de menos de 1% a mais de 8% em peso do somatório dos óxidos de ETR (ETR_2O_3).

Análises de apatita laterítica de Tapira, apresentadas por ROEDER *et.al.* (1987) apud TOLEDO (2001), mostraram um fracionamento dos ETR beneficiando os ETRP (Elementos Terras Raras Pesados), com a razão La:Yb atingindo valores muito mais baixos que o normal para apatita de carbonatitos. Por outro lado, pode ser esperado um enriquecimento em Ce em apatita formada em condições oxidantes de superfície, devido à possibilidade do Ce ser oxidado e tornar-se menos móvel que os outros ETR TOLEDO (2001).

7- RESULTADOS

A amostra AT-505 faz parte das unidades de cumulos bebedouríticos. A figura 4 é uma imagem de elétrons retroespalhados da amostra AT-505, com um aumento de 35 vezes, mostrando o aspecto geral dos grãos de apatita do concentrado e a localização da área imageada das figuras 5 e 6. A figura 5 é uma imagem de elétrons secundários com um aumento de 1000 vezes, da amostra AT-505, ressaltando as feições topográficas da superfície da amostra. A figura 6 é a imagem de elétrons retroespalhados correspondente à figura 5. A imagem registra uma pequena variação de tons de cinza. A região da amostra representada pelo ponto 1 caracteriza-se por um tom ligeiramente mais escuro, indicando a presença de elementos mais leves (número atômico médio menor) do que nas áreas mais claras, representadas pelo ponto 2.

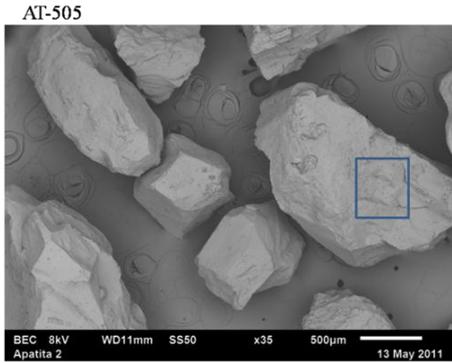


Figura 4 - Imagem de elétrons retroespalhados da amostra AT-505 (marcação em azul indica a área das figuras 5 e 6)

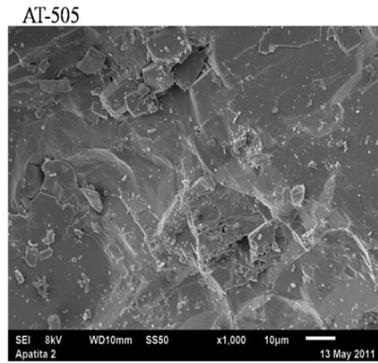


Figura 5 - Imagem de elétrons secundários da amostra AT-505

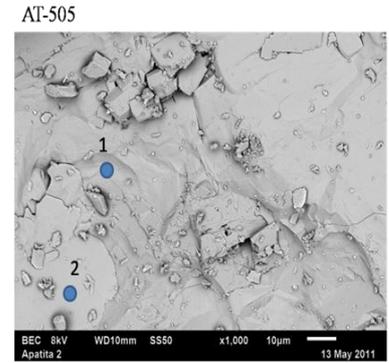


Figura 6 - Imagem de elétrons retroespalhados da amostra AT-505, com indicação dos pontos.

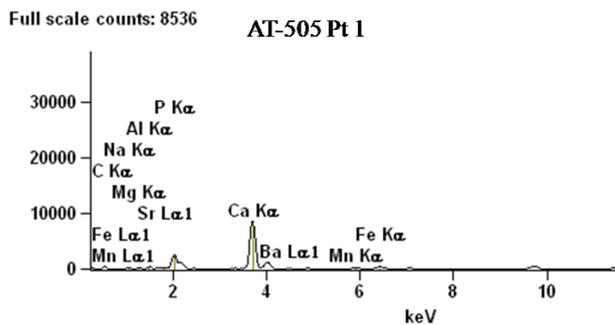


Gráfico 1 - Espectro de dispersão de energia (EDS), AT-505, Pt1

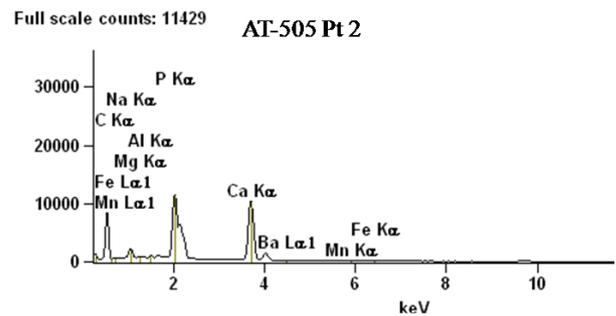


Gráfico 2 - Espectro de dispersão de energia (EDS), AT-505, Pt2

Os dados da análise química semi quantitativa da tabela 1, onde a análise do ponto 1 revela a presença de maior quantidade de Mn, Fe, Sr e Ba., mas teores bem menores de P_2O_5 do que o ponto 2, sugerem que a análise atingiu uma área mista de fosfato e carbonato, e que o ponto 1 representa uma inclusão de carbonato na apatita. Esta interpretação é consistente com a presença comum desses elementos em pequenas quantidades em carbonatos magmáticos.

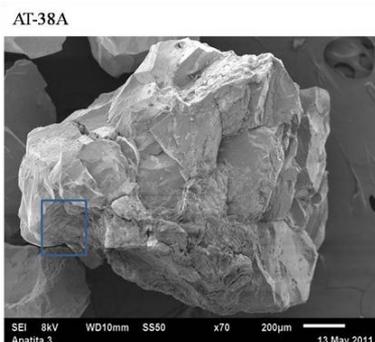


Figura 7 - Imagem de elétrons retroespalhados da amostra AT-38A (marcação em azul indica a área das figuras 8 e 9)

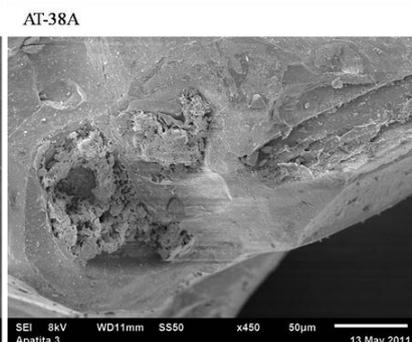


Figura 8 - Imagem de elétrons secundários da amostra AT-38 A

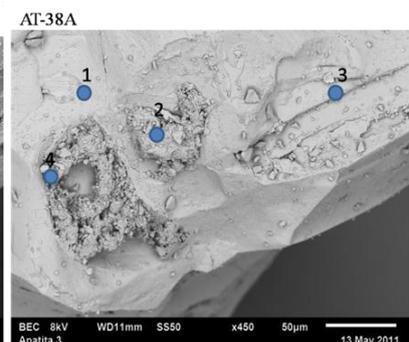


Figura 9 - Imagem de elétrons retroespalhados

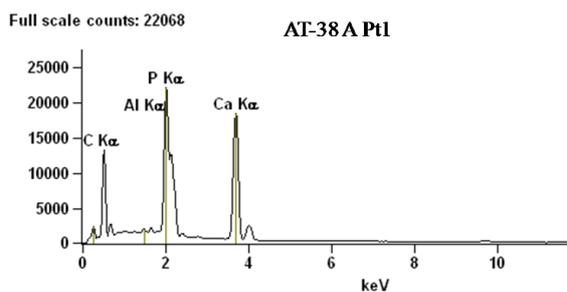


Gráfico 3- Espectro de dispersão de energia (EDS), AT-38APt1

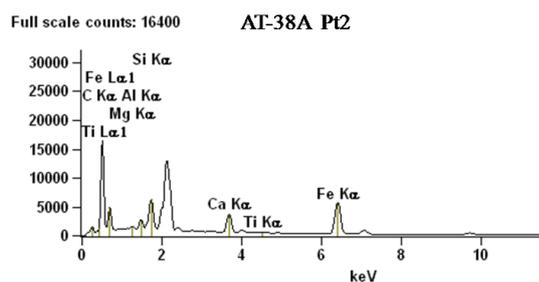


Gráfico 4- Espectro de dispersão de energia (EDS), AT-38APt2

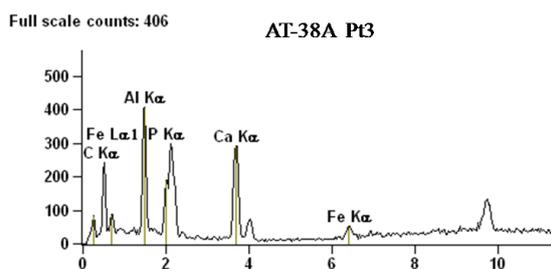


Gráfico 5- Espectro de dispersão de energia (EDS), AT-38APt3

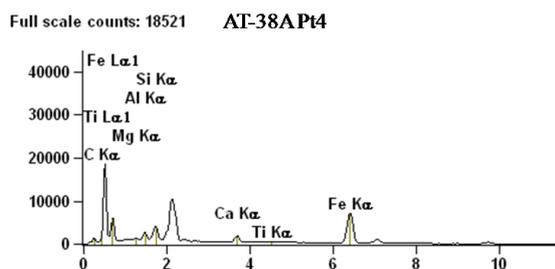


Gráfico 6- Espectro de dispersão de energia (EDS), AT-38APt4

A amostra AT-38A faz parte das unidades de cumalados bebedouríticos B2. A figura 7 é uma imagem de elétrons retroespalhados da amostra, com um aumento de 70 vezes, mostrando o aspecto geral dos grãos de apatita. A figura 8 mostra uma imagem de elétrons secundários da área selecionada, com um aumento de 450 vezes, e a figura 9 é a imagem de elétrons retroespalhados correspondente. Neste local foram realizadas análises semi-quantitativas de quatro pontos (tabela 2). O ponto 1 representa uma fluorapatita, que é o material predominante nesta área. Os pontos 2 e 4 são provavelmente uma mistura de silicatos e óxido de ferro, aderidos na superfície da apatita, tendo em vista os teores de Si e, principalmente, de Fe observados na tabela 2. Os resultados da análise semi quantitativa no ponto 3 não permitiram a identificação dessa fase.

A amostra AT-505 PT 1 faz parte das unidades de cumalados bebedouríticos. A figura 10 é uma imagem de elétrons retroespalhados da amostra AT-505 P1, mostrando o aspecto geral dos grãos de apatita, com um aumento de 35 vezes, e a localização das áreas imageadas nas figuras 11 e 12. A figura 11 mostra a imagem de elétrons secundários com um aumento de 1000 vezes, onde o grão de apatita mostra uma superfície suave e regular. A figura 12 é a imagem de elétrons retroespalhados correspondente, mostrando que a apatita tem uma

composição uniforme. A região mais clara observada nesta imagem sugere a presença de elementos com maior número atômico, mas os resultados da análise semi-quantitativa (tabela 3) não confirmaram este fato. Os pontos analisados (1 e 2) sugerem tratar-se de uma fluorapatita, embora o ponto 2 tenha fornecido teor de fósforo menor do que o esperado.

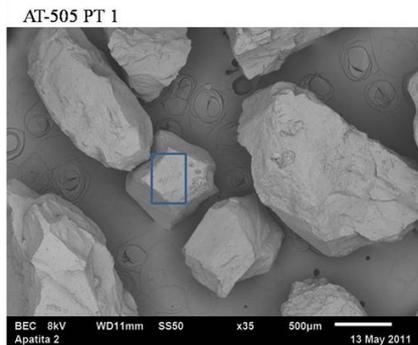


Figura 10 - Imagem de elétrons retro-espalhados da amostra AT-505 P1 (marcação em azul indica a área das figuras 10 e 11)

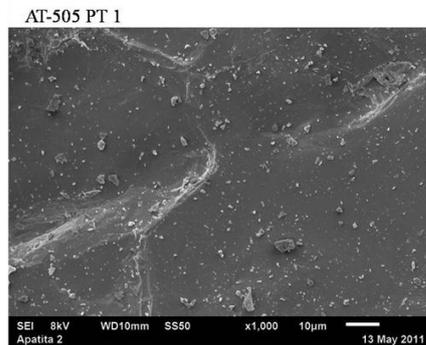


Figura 11 - Imagem de elétrons secundários da amostra AT-505 P1

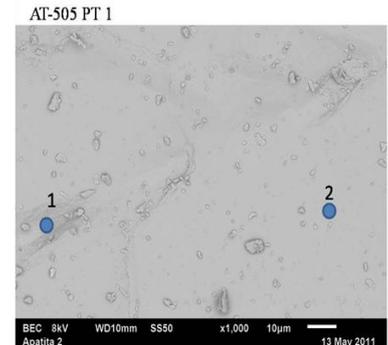


Figura 12 - Imagem de elétrons retro-espalhados da amostra AT-505 P1

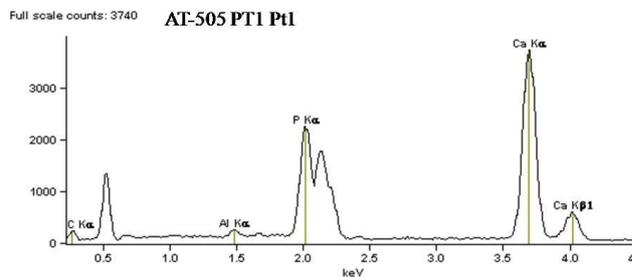


Gráfico 7- Espectro de dispersão de energia (EDS), AT-505 P1Pt1

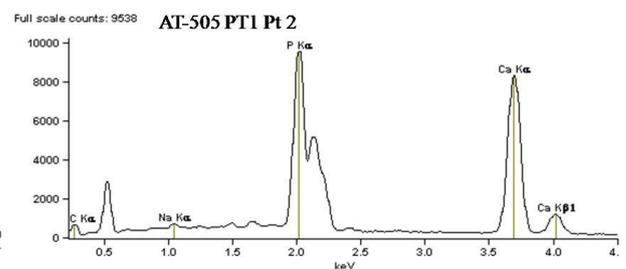


Gráfico 8- Espectro de dispersão de energia (EDS), AT-505 P1Pt1

8- CONCLUSÃO

A apatita é um dos principais insumos para a indústria de fertilizantes e, portanto, essencial para as atividades do setor agrícola e da indústria de alimentos. Ao contrário de muitos outros países, a produção de fosfato no Brasil é proveniente principalmente de jazidas de fosfato magmatogênico que ocorrem em complexos alcalino-carbonatíticos. Dentre estes, o complexo de Tapira contém uma das maiores jazidas de apatita do país, além de recursos ainda não explorados de Ti, Nb e elementos terras raras. No presente trabalho investigou-se as características da apatita de duas amostras de Tapira, com uso de imagens de microscopia eletrônica e análises semi - quantitativas por EDS. A apatita de Tapira é uma fluorapatita de

composição relativamente uniforme, não tendo sido observadas zonações ou variações composicionais de grande monta nos grãos analisados. Apenas localmente se observa nas análises ligeiros aumentos nos teores de Ba, Sr, Fe e Mn, o que pode representar solução sólida restrita, ou, mais provavelmente, inclusões de carbonato. Silicatos e óxidos identificados na superfície da apatita podem representar inclusões parcialmente expostas ou partículas aderidas à superfície, uma vez que não foi realizado nenhum tratamento para eliminação do material de granulação fina. Em muitos casos, as análises químicas semi-quantitativas revelam teores de fósforo abaixo do esperado para apatitas estequiométricas, o que pode ser resultado de vários fatores como calibração, superfície irregular da amostra, ou análise de partículas mistas.

9- TABELAS

Tabela1-Dados de análise química semi-quantitativa por EDS dos pontos da amostra AT-505.

	<i>CO₂</i>	<i>O</i>	<i>Na₂O</i>	<i>MgO</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>SiO₂</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>S</i>	<i>Cl</i>	<i>K₂O</i>	<i>CaO</i>	<i>TiO₂</i>	<i>MnO</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>SrO</i>	<i>Y₂O₃</i>	<i>BaO</i>
<i>AT- 505_pt1</i>	10,7	0	1,7	0,95	2,33	0	15,72	0	0	0,09	57,1	0	1,71	4,95	2	0,9	1,85
<i>AT-505_pt2</i>	9,39	0	0,63	0	0,24	0	31,66	0	0	0	57,3	0	0	0,4	0	0	0,35

Tabela2-Dados de análise química semi-quantitativa por EDS dos pontos da amostra AT-38A

	<i>CO₂</i>	<i>O</i>	<i>Na₂O</i>	<i>MgO</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>SiO₂</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>S</i>	<i>Cl</i>	<i>K₂O</i>	<i>CaO</i>	<i>TiO₂</i>	<i>MnO</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>SrO</i>	<i>Y₂O₃</i>	<i>BaO</i>
<i>AT-38 A_pt1</i>	0	0	0,28	0,12	0,03	0	35,63	0	0	0,03	63,1	0	0,14	0,42	0	0	0,25
<i>AT-38 A_pt2</i>	0	0	0,26	0,66	2,87	15,55	0	0	0	0,11	10	1,05	0,22	69,25	0	0	0
<i>AT-38 A_pt3</i>	21,19	0	0	0,97	24,86	0	3,28	0	0	0	35,4	0,09	0	13,94	0	0	0,31
<i>AT-38 A_pt4</i>	0	0	0,13	0,62	3,17	9,64	0	0	0	0,04	3,79	0,47	0,12	82,02	0	0	0

Tabela3-Dados de análise química semi-quantitativa (EDS) dos pontos da amostra AT-505P1

	<i>CO₂</i>	<i>O</i>	<i>Na₂O</i>	<i>MgO</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>SiO₂</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>S</i>	<i>Cl</i>	<i>K₂O</i>	<i>CaO</i>	<i>TiO₂</i>	<i>MnO</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>SrO</i>	<i>Y₂O₃</i>	<i>BaO</i>
<i>AT-505- PT1pt1</i>	10.7	0	0.62	0	0	0	31.83	0	0	0	56.56	0	0	0.11	0	0	0.18
<i>AT-505- PT1_pt2</i>	0	0	0.51	0.21	1.19	0	20.96	0	0	0.02	75.74	0	0	0.39	0	0	0.98

11- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROD J. A.; RIBEIRO C. C.; GASPAR J. C.; JUNQUEIRA-BROD T. C.; RIFFEL B. F.; SILVA J. F.; CHABAN N.; A. J. D. FERRARI. **Excursão 1: Geologia e Mineralizações dos Complexos Alcalino- Carbonatíticos da Província Ígnea do Alto Paranaíba.** In: *Congresso brasileiro de geologia*, 42., 2004, Araxá.
- CAMPOS J. E. G.; DARDENE M. A.; **Origem e evolução tectônica da bacia Sanfranciscana.***Rev.Bras. Geoc.*,27: 283-294.; 1997.
- CAMPOS J. E. G.; DARDENE M. A.; **Estratigrafia e sedimentação da bacia Sanfranciscana: Uma revisão.** *Rev. Bras. Geoc.* 27(3) 269-282, : 1997.
- GIBSON S.A.; THOMPSON R.N.; DICKINA.P.; LEONARDOSO.H. **High-Ti and low-Ti mafic potassic magmas: Key to plume-lithosphere interactions and continental flood-basaltgenesis.***EarthPlanet.Sci.Lett.* 136: 149-165. 1995
- LLOYD F. E., BAILEY D. K.; **Complex mineral textures in bebedourite:possible links with alkali clinopyroxene xenoliths and kamafugiticvolcanism.**InO.H. Leonardos, H.O.A Meyer, J.C. Gaspar (Eds.), *5th Internat.Conf. (Ext. Abstr.)*Araxá,CPRM,Sp. Publ. 3/91. 263-269
- SANTOS, R.L.C.; SOBRAL, L.G.S.; ARAÚJO, R.V.V.; EQUIPE TÉCNICA FOSFERTIL/CMT. **Produção de fosfato no Brasil: Complexo de mineração Tapira / Fosfertil.** Contribuição técnica ao XIXENTMME-Recife, Pernambuco. 2002.
- SOUSA, A. E. de, FONSECA, D. S., 2009. **Fosfato.** In: Rodrigues, A. F. S. (coord)**Economia Mineral do Brasil.** Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, 764p.
- SOUZA, N. P. de. **Espectrorradiometria em depósito de fosfato magmatogênico: Aplicação para o depósito de Catalão I- GO.** Salvador, 2009.
- TOLEDO, M. C. M. de. **A variabilidade de composição da apatita associada à carbonatitos.***Revista do Instituto Geológico.* São Paulo, 2001.

Sites visitados

<http://www.webmineral.com>-Acessado no período de agosto de 2010 a maio de 2011.

<http://vsites.unb.br/ig/glossario> - Acessado no período de agosto de 2010 a maio de 2011.