

J P. Cassedanne\*  
A. Baptista\*\*  
J. Alves\*\*\*

## RESUMÉ

Les minéraux associés à l'allanite de Mucaia (vallée du Rio Marambaia, Nord de Minas Gerais) sont brièvement décrits ainsi que la pegmatite granitique encaissante. L'allanite est noir de poix, métamicté avec une densité de 3.48 et un indice moyen de 1,723. Elle contient de petites inclusions d'hématite. Son diffractogramme après chauffage et son analyse semi-quantitative par fluorescence X sont fournis ainsi que ceux de plages brun orangé correspondant à de l'allanite altérée. Un mince cortex d'altération est formé de bastnaesite mêlée à des hydroxydes de fer, du quartz et de la kaolinite. De la vermiculite qui a adsorbé des terres rares et dérive de l'altération de la biotite est associée à l'allanite.

## INTRODUÇÃO

Durante uma visita à mina da Mucaia, no Vale do Rio Marambaia (Norte de Minas Gerais) dois dos autores (J.C. & J.A.) encontraram um mineral marrom, quase negro, parecendo metamítico e rodeado por uma auréola esverdeada. A forma pouco frequente e o grande tamanho de seus cristais despertaram suas atenções. O mineral foi posteriormente identificado como allanita. Como esse mineral tem sido objeto apenas de breves citações nos pegmatitos brasileiros, decidiu-se descrevê-lo assim como seus produtos

\*Professor Adjunto - Departamento de Geologia. UFRJ.

\*\*Químico - Instituto de Engenharia Nuclear, CNEN.

\*\*\*Geóloga - DRM - SEIC.

de alteração, após seu contexto ter sido examinado.

## O PEGMATITO DA MUCAIA E SEUS MINERAIS

A jazida da Mucaia é vizinha da localidade denominada Ponto de Marambaia (15 quilômetros ao Sul de Padre Paraíso, na BR-116) e situa-se a menos de 1 quilômetro da sede da Fazenda Mu rundu. O acesso se faz ao longo de 3,5 quilômetros pela estrada ligando Ponto de Marambaia à localidade de Maranhão e em seguida por uma trilha carroçável de 2 quilômetros levando até o pegmatito. Este se localiza no cume de uma colina ENE-WSW estabelecida sobre um inselberg de biotita-granito com grandes fenocristais de feldspato. A lavra, de água-marinha e topázio, iniciada nas eluviões encontrou rapidamente o pegmatito subjacente, de onde provêm os minerais aqui estudados. Posteriormente ela se estendeu à parte alta dos declives e às coluviões, enquanto no sopé do inselberg um pequeno flat era garimpado. Durante a lavra subterrânea uma série de galerias curtas e tortuosas explorou um pegmatito de direção ENE-WSW com mergulho Norte, próximo de 860 metros de altitude. Posteriormente o conjunto foi retomado a céu aberto por uma longa trincheira. Nesta, o pegmatito, com um núcleo de quartzo leitoso, apresenta-se NS, com um forte mergulho Leste. Os desmoronamentos não permitem precisar se se trata de duas lentes pegmatíticas separadas por uma falha ou de dois corpos independentes.

O pegmatito contendo a allanita apresenta estrutura gráfica. É uma rocha fanerítica, com cristais anédricos, cujo tamanho médio é de 15 milímetros. O quartzo, que representa 50% da rocha, é muito fraturado, sendo suas fissuras invadidas por quartzo intersticial, óxidos de ferro e saussurita. O feldspato potássico, que forma 45% da rocha, não é geminado. O plagioclásio (de tipo albita), com geminações polissintéticas finas, é raro. Os feldspatos estão alterados e suas fissuras e planos de clivagens são invadidos por óxidos de ferro e saussurita. A bio-

tita é fragmentada, com grandes lâminas levemente torcidas. A muscovita, em palhetas, é o único mineral acessório notável. O zircão é bastante raro. Os minerais de alteração, omnipresentes, são: sericita, epidoto, argila e um carbonato.

Além dos minerais que serão estudados detalhadamente, foram determinados, ora após coleta direta, ora após lavagem de uma volumosa amostra do pegmatito decomposto:

- Quartzo, leitoso e cinza escuro, em tripirâmides, da fácies "catedral" ou em prismas achatados. O citrino, escuro, apresenta-se em fragmentos, enquanto o morião ocorre em grandes cristais, algumas vezes listrados ou fissurados. A ametista, clara, aparece em pequenos cristais que cresceram paralelamente ao eixo de quartzos anteriores.
- Feldspato potássico, variavelmente caolinizado.
- Biotita abundante, muito rica em hematita, formando placas de vários centímetros de espessura e palhetas bastante fraturadas.
- Muscovita (sericita), substituindo, algumas vezes, um mineral acicular.
- Topázio abundante, incolor, cataclasado, localmente sacaroidal, com véus de argila paralelos à clivagem basal e "finger prints".
- Berilo pouco abundante, azul, transparente e leitoso, frequentemente cataclasado.
- Schorl maciço, pouco abundante. Ocorrem longas agulhas finas, verde escuro de turmalina (s.l.).
- Hematita abundante, vacuolar, em placas radiadas ou não, cristais torcidos e em massas emaranhadas substituindo um mineral trigonal. Este último hábito já foi reportado em um pegmatito granítico de Pikes Peak, no Colorado (Muntyan & Muntyan, 1985). Nódulos de ocre vermelho estão esparsos no caolim.
- Ilmenita, em grãos de vários centímetros, com fina exsolução de agulhas de rutilo ou lâminas de hematita. Ilmenita leucoxenizada e leucoxênio bege são abundantes na fração fina.

- Niobotantalita, na fração fina.
- Goethita. Apresenta-se sob a forma de nódulos radiados, de vários centímetros de diâmetro, com estrutura esponjosa em seções polidas, ou envolvendo cristais de quartzo ou ainda pseudomorfoseando a hematita.
- Monazita. Ocorre em cristais atingindo 1 decímetro de comprimento, cor mel escuro, com uma densidade de  $5,11 \pm 0,02$ . Abundante na fração fina, onde ocorre em grãos foscos marrom avermelhado, ou brilhantes e transparentes, amarelo ouro.
- Apatita s.l.. Apresenta-se ora creme rosada em prismas alongados, arredondados e corroídos, ora em fragmentos ricos em inclusões, sempre na fração fina.
- Autunita s.l., em películas bastante fluorescentes.
- Fosfuranilita, raríssima, ocorre nas fissuras dos feldspatos.
- Zircão em cristais de vários milímetros, biterminados, ora alongados, isolados ou em grupos, bege arroxeadado ou castanho, até incolor, ora achatados, cor de caramelo. Nos cristais marrons, uma crosta opaca envolve um núcleo translúcido.
- Torita, amarelo e alaranjado, bastante mole, com brilho vítreo, pseudo-isotrópica (índice médio: 1,68) indicando que o mineral está bastante alterado. As linhas do óxido de tório somente aparecem após aquecimento a  $750^{\circ}\text{C}$ , confirmando a identidade do mineral (Frondel, 1958).
- Fluorita, em pequenos fragmentos irregulares, hialinos, com superfície freqüentemente fosca.

A paragênese precedente (fluorita, monazita, topázio, hematita) permite classificar o pegmatito da Mucaia no tipo pouco diferenciado das jazidas de água-marinha (Cassedanne, 1985).

## A ALLANITA

A allanita ocorre em tabletes paralelos (100) cuja largura e comprimento podem ultrapassar 8 centímetros, enquanto que a espessura atinge raramente 1 centímetro. A parte central dos cristais é negro de piche, passando gradativa e irregularmente a zonas marrom escuro e avermelhado devido a um princípio de alteração. A allanita não mostra clivagem, possui dureza 5,5, é frágil e pulveriza-se em fragmentos arredondados. As escamas finas são translúcidas e de cor vidro fumê, marrom avermelhado ou vermelho alaranjado. O pó proveniente das partes inalteradas é cinza escuro fosco, o das partes alteradas, marrom alaranjado escuro. A densidade da allanita negra metamítica é  $3,48 \pm 0,05$ , inferior à do mineral não metamítico.

Em luz transmitida, as escamas fumês são isotrópicas com  $n = 1,723 \pm 0,002$ . Em secção polida a allanita é maciça, cinza e levemente brilhante em luz natural, enquanto suas partes alteradas fissuradas são foscas com reflexos castanhos. Em luz polarizada é isotrópica com numerosas reflexões internas marrom avermelhado. Seu córtex é avermelhado e vermelho alaranjado devido à luz difusa. Pequenas inclusões de hematita em grãos arredondados e ilhas alongadas, algumas vezes fendilhadas, são esparsas na allanita e apresentam algumas reflexões internas vermelho sangue e finas geminações mecânicas. As ilhas alongadas são, às vezes, paralelas e oblíquas em relação às faces laterais dos cristais de allanita. O mineral é fracamente radioativo, não fluoresce e seu pó exibe uma viva luz esverdeada quando examinado em UV não filtrados.

A allanita é posterior à fase gráfica e também à biotita e zircão, frequentemente inclusos nela.

Um difratograma da allanita negra demonstrou sua total metamitização pela ausência de picos. Após 2 horas de aquecimento ao ar a  $1.100^{\circ}\text{C}$ , o difratograma obtido revelou-se um tanto diferente daquele descrito por Lima de Faria (1958). Afim de se obter outro termo de comparação, um aquecimento idêntico foi a-

plicado a uma allanita de Itorendrika (Madagascar), proveniente das duplicatas do Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. Os dados do difratograma obtidos com o produto tratado são transcritos na Tabela 1 (Condições de operação: velocidade de varredura  $1^\circ\theta/\text{mn}$ , radiação  $\text{CuK}\alpha$ , Filtro de Ni. Um contador proporcional e um "Pulse Height Analyser" foram usados a fim de limitar o fundo contínuo devido à presença do ferro). Eles podem ser interpretados como uma mistura de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , de uma fase idêntica àquela de  $\text{CeO}_2$  (Bouska 1970) e de uma terceira que não pode ser identificada, porém em via de pesquisa. A persistência de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  a  $1.100^\circ\text{C}$  pode ser explicada pela presença de óxidos de terras raras que atrasam o aparecimento de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , normalmente presente a essa temperatura (Cassedanne, 1966). A interpretação precedente torna-se difícil porque a temperatura de decomposição da allanita foi ultrapassada ( $850^\circ\text{C}$  - Berman, 1955). Segundo Mitchell (1973) a allanita recristaliza entre  $600$  e  $900^\circ\text{C}$ , sendo  $750^\circ\text{C}$  a temperatura mais conveniente de estudo. Acima daquela o autor distingue três fases: uma de tipo espinélio vizinho da magnetita, um silicato de estrutura análoga à da apatita (tipo Ce-britholita) e um plagioclásio próximo da anortita.

O difratograma obtido da allanita da Mucaia, aquecida nas mesmas condições que a amostra de Madagascar, é parecido com o precedente: as reflexões que podem ser atribuídas à fase  $\text{CeO}_2$  são bem desenvolvidas, enquanto as da fase  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  demonstram uma fraca cristalinidade, assim como as da terceira fase.

A fim de usar melhores condições de operação do que as precedentes, a allanita negra da Mucaia foi aquecida por etapas de  $50^\circ\text{C}$ , entre  $600$  e  $900^\circ\text{C}$ , sendo realizado um difratograma após cada etapa de aquecimento. O diagrama obtido a partir da amostra levada a  $900^\circ\text{C}$  apresentou a melhor cristalinidade. As distâncias interplanares determinadas a partir desse difratograma (Tabela 2) estão em excelente acordo com as das fichas JCPDS 9-474 (allanita metamítica aquecida a  $850^\circ\text{C}$  durante 14 horas, amostra H.M. 86.077) e JCPDS 25-169 (allanita não metamítica da Zâmbia). Condições de operação: idênticas àsquelas da Tabela 1.

Uma análise semi-quantitativa por fluorescência X da amostra de Madagascar apresentou como elementos principais: Ca, Si e Al; como elementos presentes entre 1 e 10%: Fe, Ce e La; como elementos presentes com 1% ou menos: Th, Y, Nd e Pr e como traços: Ti, Mn, Sm(?), Cl(?) e P(?). Uma análise idêntica à allanita da Mucaia revelou idênticos resultados, acrescentando-se apenas o fósforo nos elementos presentes entre 1% ou menos, enquanto os traços diferem levemente: Ti, Zn, Cl, S, Mg(?) e Sm(?). Uma análise do fósforo deu 0,5% de  $P_2O_5$  na allanita negra que pode assim ser classificada como allanita-(Ce) segundo Nickel & Mandarino (1987).

A allanita é facilmente solúvel no ácido clorídrico concentrado e produz um precipitado de sílica pulverulenta (Deer et alii., 1972)

A allanita, constituinte comum dos granitos e pegmatitos plumasíticos ( $Al > Na + K$ ), é um mineral precoce que retém todo o cério, deixando o essencial de  $Y_2O_3$  para as fases seguintes. Caracterizado pela presença das terras raras mais leves, ele pertence às fases B e C de Fersman (1961), ou seja, epimagnéticas, por volta de  $800^{\circ}C$ . Na fase B a allanita ocorre em cristais alongados. Na fase C, como a da Mucaia, a allanita, em grandes cristais lamelares, está associada à biotita, monazita, cirtolita e niobotantalita.

A allanita é muito abundante em grandes cristais negros com brilho graxo, sem formas geométricas, atingindo vários quilogramas, em Madagascar, particularmente à Itorendrika segundo Lacroix (1922). Grandes cristais são também conhecidos nos USA, particularmente em Baringer Hill, Llano Co (Texas - Marble, 1940), assim como em Chaffee e Fremont Co (Colorado - Heinrich, 1948) e no Canadá, nos pegmatitos de Hybla, Monteagle Twp (Ontário - Steacy, 1972) em blocos de mais de 100 libras. Na Argentina, no Valle Fertil (San Juan - Brodtkorb 1971), a allanita contém diminutas inclusões de pirita.

No Brasil, a allanita é citada em pegmatitos por Ferraz (1929): Ilha do Sapucaia (Baía de Guanabara), Pedreira São

José (Madureira, RJ), pegmatitos cupríferos de Picuí (PB) e barragem do Rio Espinharas (RN). Diversas jazidas onde a allanita ocorre em blocos de vários quilogramas, associada com policrácio, euxenita, monazita, ilmenita e ilmenomagnetita, são descritas por Argentière (1957) nos municípios de Santa Cruz, Coronel Ezequiel e Fernando Pedrosa (RN). Cunha e Silva (1983) assinala também allanita em São Rafael, Florânia, São Vicente (RN) e São Mamede (PB).

#### A CROSTA DE ALTERAÇÃO DA ALLANITA

Os cristais de allanita são freqüentemente envolvidos por uma crosta de alguns milímetros de alteração. Ela é alaranjada pálida ou bege castanho, cerosa, bastante dura, porém muito friável e prolonga-se às vezes em películas entre as lâminas de biotita. Esta crosta, não fluorescente em condições normais, apresenta, assim como a allanita triturada, uma fluorescência muito forte em UV sem filtro de proteção, seu pó é cor castanho claro. No microscópio, a luz transmitida é microcristalina, castanha, com um índice de refração de  $1,610 \pm 0,002$ .

Um difratograma da crosta mostrou que se trata de bastnaesita (misturada com hidróxidos de ferro, quartzo e caolinita), cujos picos bem nítidos provam a boa cristalinidade (Tabela 3). Condições de operação: idênticas àquelas da Tabela 1. Convém salientar que um difratograma efetuado sobre uma amostra das zonas marrom alaranjadas, às quais passa gradativamente a allanita negra, forneceu resultados análogos aos precedentes, porém com picos arredondados, ressaltando uma cristalinidade pobre. Uma análise semi-quantitativa por fluorescência X mostrou uma composição idêntica à da allanita, porém com menos tório e terras raras e mais ferro. Urânio e estrôncio, inexistentes na allanita, estão presentes. Entre os elementos leves, deve se notar a diminuição do cálcio e fósforo. A análise semi-quantitativa por fluorescência X, de um fragmento de bastnaesita da crosta

ta, mostrou também uma composição vizinha daquela da amostra precedente, com Fe, U e Si em quantidade similar a das zonas marrom alaranjadas, enquanto Th e Y são mais abundantes que na allanita. As terras raras apresentam uma concentração intermediária entre aquela da allanita e aquela das zonas marrom alaranjadas.

A substituição da allanita pela bastnaesita é frequente e se processa, geralmente, durante a fase hidrotermal, ou mesmo supergênica. Essa bastnaesita caracteriza-se por uma estrutura fibrosa bastante fina, presença de muita água e de impurezas, assim como por densidade e índices relativamente baixos (Vlasov, 1966). Segundo o mesmo autor, o produto final da alteração da allanita é um ocre avermelhado, amorfo aos RX, com composição complexa de tipo  $n\text{TR}_2\text{O}_3 \cdot m\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot p\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot r\text{SiO}_2 \cdot q\text{H}_2\text{O}$ , que pode transformar-se em limonita e bastnaesita. Nesse caso o ferro se oxida enquanto que Ca e  $\text{SiO}_2$  são lixiviados. Hata (1939) afirma que a crosta de alteração é mais rica em tório do que a allanita, observação confirmada em Mucaia. Convém salientar que Lacroix, (1922) referindo-se à allanita de Itorendrika, assinala que a bastnaesita se encontra misturada a agulhas de rutilo, hematita e cristais microscópicos de quartzo, e que forma uma crosta marrom escuro esverdeada, resultando da alteração da allanita. Em Valle Fertil, Brodtkorb (1971) determinou somente laumontita e hidróxidos de ferro na crosta da allanita.

#### A VERMICULITA

A biotita vizinha dos cristais de allanita decompõe-se por alteração hidrotermal ou supergênica em um material verde claro pálido ou pouco mais escuro, finamente micáceo, untuoso ao tato, freqüentemente manchado por hidróxidos de ferro liberados pela alteração da biotita e da allanita. Este material preenche muitas vezes os "boxworks" deixados pelo desaparecimento dos cristais de allanita e atapeta as fissuras do pegmatito e dos minerais vizinhos. No microscópio apresenta-se em cristalitos

lamelares diminutos que somente permitiram determinar o índice médio de refração de  $1,534 \pm 0,001$ . Esse baixo índice e um difratograma permitem classificar o mineral como vermiculita. Essa é inerte aos UV em condições normais, mas apresenta uma viva fluorescência sob a lâmpada UV sem filtro de proteção demonstrando a presença de terras raras adsorvidas. A vermiculita da Mucaia é solúvel nos ácidos, formando pelo esfriamento um volumoso gel tingido pelos sais de ferro em solução. Devido à sua fina granulação, expande-se pouco por aquecimento.

Uma análise semi-quantitativa por fluorescência X apresentou: Si, Al e Fe como elementos principais, K entre 1 e 10%, Ca, Pb e Ti presentes até 1% e traços de Rb, Nb, Zn, Zr, Nd, Pr, La, Yb, Th(?), Sr, Cl, P e Mg. A abundância do potássio realçada pela análise precedente é provavelmente devida à capacidade que possui a vermiculita originada da biotita de adsorver esse elemento (Kunze & Jeffries, 1953), que foi liberado pela caolinização dos feldspatos.

## BIBLIOGRAFIA

- ARGENTIERE, R. Algumas ocorrências de minerais do grupo da allanita no Rio Grande do Norte. *Min. & Met.*, XXV, 147: 129-132, 1957.
- BERMAN, J. Identification of metamict minerals by X-Ray diffraction. *Amer. Mineral.*, 40: 805-827, 1955.
- BOUSKA, V. A systematic review of metamict minerals. *Acta Universitatis Carolinae. Geologia*, 3: 143-149, 1970.
- BRODTKORB, M.K. de. Estudio mineralógico de una allanita de Valle Fertil, Provincia de San Juan (Republica Argentina). *Rev. Asoc. Geol. Argent.*, XXVI, 4: 469-474, 1971.
- CASSEDANNE, J.P. Pegmatites à aigue-marine et pegmatites à tourmaline du Brésil. *Actas IV Congr. Geol. Chileno, Univ. del Norte, Antofagasta*, 3: 184-203, 1985.

- CASSEDANNE, J.P. Contribution à l'étude des diagrammes d'équilibre  $Fe_2O_3-La_2O_3-R_xO_y$ . Thèse Doct. Univ. Strasbourg (FR), 63 p., inedito, 1966.
- CUNHA E SILVA, J. da. Zonação polimetalífera da região da Borborema, Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba. Min. & Met., XLVII, 445: 24-36, 1983.
- DEER, W.A., HOWIE, R.A. & ZUSSMAN, J. Rock forming minerals. Vol. 1: Ortho and ring silicates. Longman, London, 333 p., 1972.
- FERRAZ, L.C. Compêndio dos minerais do Brasil em forma de dicionário. Impr. Nac., Rio de Janeiro, 645 p., 1929.
- FERSMAN, E.A. Les pegmatites. Leur importance scientifique et pratique. Tome III: les pegmatites granitiques. p. 438-739. Leningrad 1931, Ac. Sc. URSS. Trad. por Libr. Univ. Uyst-pruyist, Louvain, 1961.
- FRONDEL, Cl. Systematic mineralogy of uranium and thorium. Geol. Survey Bull. 1064, Washington, 400 p., 1958.
- HATA, S. The alteration of allanite. Sc. papers Inst. Phys. Chem. Res. Tokyo, 36: 301 (M.A. 8-85), 1939.
- HEINRICH, E.W. Fluorite-rare earth mineral pegmatites of Chaffee, and Fremont Counties, Colorado, Amer. Mineral., 33: 64-75, 1948.
- KUNZE, G.W. & JEFFRIES, C.D. X-Ray characteristics of clay minerals as related to potassium fixation. Proc. Soil Sc. Soc. America, 17: 242-248, 1953.
- LACROIX, A. Minéralogie de Madagascar. Tome 1: Géologie, minéralogie descriptive. Challamel, Paris, 624 p., 1922.
- LIMA DE FARIA, J. Heat treatment of metamict euxenites, polymignites, yttrantalites, samarskite, pyrochlores and allanites. Mineral. Mag., 31: 937-951, 1958.
- MARBLE, J.P. Allanite from Baringer Hill, Llano County, Texas.

Amer. Mineral., 25: 168-174, 1940.

MITCHELL, R.S. Metamict minerals. Mineral. Record, 4(5): 214-223, 1973.

MUNTYAN, B.L. & MUNTYAN, J. Mineral of the Pikes Peak granite. Mineral. Record, 16(3): 217-230, 1985.

NICKEL, E.H. & MANDARINO, J.A. Procedures involving the IMA commission on new minerals and mineral names and guidelines on mineral nomenclature. Can. Mineral., 25(2): 353-377, 1987.

STEACY, H.R. Excerpts from "Rare element minerals of Canada" for use of delegates on excursion A47, C47 and C47b. Int. Geol. Congr., Ottawa, Canada, 55 p., 1972.

VLASOV, K.A. Geochemistry and mineralogy of rare elements and genetic types of their deposits. Vol. III: Mineralogy of rare elements. Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem, 945 p., 1966.

TABELA 1

ALLANITA AQUECIDA a 1.100°C ao ar

ALLANITA		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *		CeO <sub>2</sub> **	
d <sub>hkl</sub>	I/I <sub>o</sub>	d <sub>hkl</sub>	I/I <sub>o</sub>	d <sub>hkl</sub>	I/I <sub>o</sub>
4,123	11				
4 022	13				
3,934	5				
3,746	5				
3,670	13	3,686	33		
3,641	9				
3,376	24				
3,267	14				
3,226	19				
3,181	42				
3,126	100			3,123	100
2,945	12				
2 849	31				
2,694	46	2,703	100	2 706	30
2,512	32	2,519	70		
2,199	5	2 208	17		
2,021	4				
1,969	4				
1,916	44			1,913	52
1,871	10				
1,834	14	1,834	31		
1,828	9				
1,801	5				
1,689	12	1,697	36		
1,653	10				
1,634	32			1,632	42
1,594	5	1,601	8		
1,563	8			1,562	8
1,530	9				
1,483	11	1,487	22		
1,450	9	1,454	21		
1,356	7			1,353	8
1,260	6				
1,243	13			1,242	14
1,213	9			1,210	8
1,160	11				

\* Ficha JCPDS 24-72.  
\*\* Ficha JCPDS 24-394.

TABELA 2

## ALLANITA

ZAMBIA			H.M. 86077			MUCAIA*	
$d_{hkl}$	$I/I_o$	hkl	$d_{hkl}$	$I/I_o$	hkl	$d_{hkl}$	$I/I_o$
9,23	8	001	9,30	30	100	9,26	12
8,11	11	100					
7,96	17	$\bar{1}01$					
						5,34	6
5,12	13	101				5,15	15
5,02	10	$\bar{1}02$	5,07	30	101- $\bar{2}01$	5,05	12
4,89	5	011	4,84	10	110	4,84	12
4,70	15	110	4,67	10	011- $\bar{1}11$		
4,61	10	002	4,62	50	200	4,62	24
			4,43B	3	$\bar{1}02$		
						4,23	10
4,06	1	200	4,10B	3	002		
3,98	3	$\bar{2}02$	4,00	20	$20\bar{2}$	3,98	15
3,83	4	111	3,81B	10	$\bar{2}11-111$	3,82	15
3,79	8	$\bar{1}12$				3,75	15
3,60	9	012	3,60B	1	210	3,60	13
3,53	45	$\bar{2}11$	3,50	80	$\bar{1}12$	3,56	36
3,32	7	210	3,34	30	012	3,33	31
3,28	6	$\bar{2}12$					
3,25	13	201	3,27	20	$\bar{2}12$	3,26	18
3,17	2	$\bar{2}03$	3,20	10	102- $\bar{3}02$	3,12	46B
2,920	100	$\bar{1}13$	2,96	100	$\bar{1}03-211$	2,959	100
2,886	30	020					
2,829	16	211	2,83	30	020-112	2,831	32
			2,79B	3		2,776	25
2,753	5	021	2,74	30		2,734	78
2,714	65	013- $\bar{1}21$				2,694	34
2,658	5	303	2,67	80		2,663	35
2,627	40	$\bar{3}11$	2,60	40		2,592	34
2,561	20	202	2,54	30		2,536	12
2,506	10	$\bar{2}04-112$	2,48B	3		2,478	10
2,447	8	310-022	2,43	30		2,436	22
2,413	14	$\bar{3}13$	2,40B	3		2,386	10
2,337	13	212-222	2,33B	10		2,321	18
2,301	8	$\bar{1}14-214$					
2,291	5	$\bar{3}04$					
2,233	2	$\bar{4}02$	2,24B	10			
2,210	7	122					
2,193	12	$\bar{1}23$	2,20B	10			
2,182	35	$\bar{4}01$					
2,158	25	$\bar{4}03-221$	2,16B	30			
2,141	13	014					
2,135	19	$\bar{2}23$	2,13B	30		2,134	18B
2,105	11	023					

TABELA 2 (Continuação)

$d_{hkl}$	$I/I_o$	hkl	$d_{hkl}$	$I/I_o$	hkl	$d_{hkl}$	$I/I_o$					
2,070	5	203- $\bar{3}$ 21	2,06B	10		2,062	10B					
2,056	3	$\bar{3}$ 22										
2,030	2B	$\bar{2}$ 05-400										
1,992	1	$\bar{4}$ 04- $\bar{1}$ 05										
1,951	2	$\bar{3}$ 23-305										
1,916	11	222- $\bar{2}$ 15						1,914	27			
1,909	7	123						1,90B	20		1,908	31B
1,892	14B	$\bar{2}$ 24										
1,871	5	130-131										
1,849	2	$\bar{3}$ 15-005										
1,801	4B	024-131										
1,783	5B	$\bar{4}$ 05-502										
1,767	11B	$\bar{2}$ 13-422										
			1,65B	30								
			1,63B	60								
			1,634	28B								
			1,625	28B								
			1,47B	10								
			1,469	28B								
			Mais 3 linhas até 1,238									

B = "broad"  
\* Aquecida a 900°C ao ar.

TABELA 3

## BASTNAESITA

MUCAIA		CALIFÓRNIA*		
$d_{hkl}$	$I/I_o$	$d_{hkl}$	$I/I_o$	hkl
4,85	52	4,88	40	002
3,534	92	3,564	70	110
2,853	100	2,879	100	112
2,433	21	2,445	9	004
2,276	19	2,273	3	104
2,040	32	2,057	40	300
2,004	44	2,016	40	114
1,881	29	1,898	40	302
1,770	11	1,783	9	220
1,661	16	1,674	21	222
1,563	12	1,573	15	304
1,477	15	1,481	9	116
1,432	13	1,439	11	224
1,288	8	1,298	15	412
1,269	7	1,277	7	306
		Mais 21 linhas até 0,8701		

\* Ficha JCPS 11-340.



FIGURA 1 - Cristais tabulares de allanita no pegmatito gráfico. Comprimento da amostra: 16 centímetros.

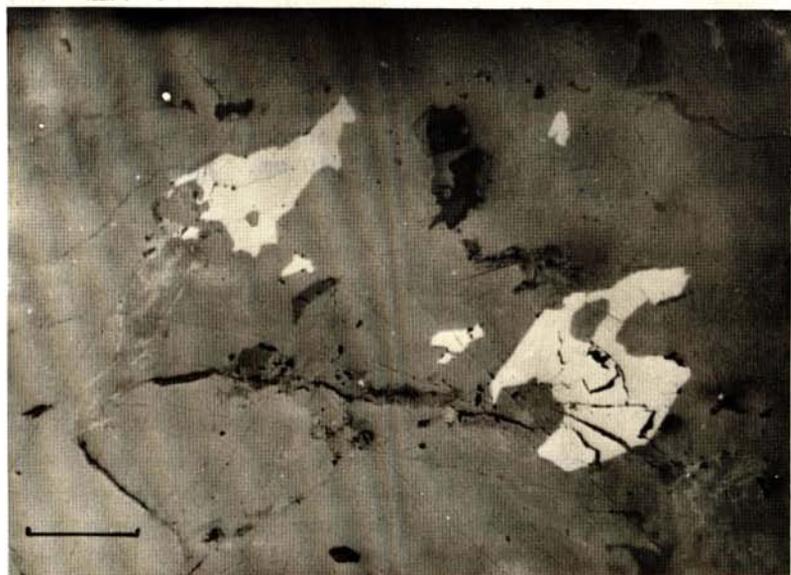


FIGURA 2 - Ilhas de ilmenita na allanita negra. Escala: 1/20 mm. Secção polida.



FIGURA 3 - Contato allanita-feldspato (acima, à esquer  
da). Franja de bastnaesita no bordo do  
feldspato e lentes alongadas de quartzo na  
allanita. Escala: 1/10 mm. Secção polida  
atacada com HCl.