

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÉNCIAS E LETRAS

BOLETIM N.^o 163

MINERALOGIA N.^o 12

JOÃO E. SOUZA CAMPOS

*Sobre Figuras e Canais de Corrosão
em Spodumênio do Brasil*

WILLIAM G. R. DE CAMARGO

*Determinação de Índices de Zona
no Sistema Hexagonal*

RUI R. FRANCO

Scolecita, Rio Pelotas, RS

RUI R. FRANCO, MURILLO C. PORTO

e
BENEDICTO A. FERREIRA

Trifilita de Picuí, Paraíba, Brasil



Os Boletins da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, são editados pelos Departamentos das suas diversas secções.

Toda correspondência deverá ser dirigida para o Departamento respectivo da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras - Caixa Postal 8.105, S. Paulo, Brasil.

The "Boletins da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de S. Paulo" are edited by the different Departments of the Faculty.

All correspondence should be addressed to the Department concerned, Caixa Postal 8.105, São Paulo, Brasil.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor:

Prof. Dr. Ernesto de Moraes Leme

Diretor da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras:

Prof. Dr. Eurípedes Simões de Paula

Secretário:

Dr. Odilon Nogueira de Mattos

DEPARTAMENTO DE MINERALOGIA E PETROGRAFIA

Professor:

Dr. Reynaldo Ramos de Saldanha da Gama

Professor interino:

Dr. Rui Ribeiro Franco

Assistentes:

Dr. William Gerson Rolim de Camargo

Dr. José Moacyr Vianna Coutinho

Auxiliar de ensino:

Lic.º João Ernesto de Souza Campos

Estagiários Licenciandos:

Alfredo S. Björnberg

Francisco K. Takeda

Murillo C. Porto

Rheinholt Ellert

Sobre Figuras e Canais de Corrosão em Spodumênio do Brasil

JOÃO ERNESTO DE SOUZA CAMPOS

(Departamento de Mineralogia e Petrografia, Universidade de S. Paulo)

ABSTRACT

The present note deals with some aspects observed in Brazilian crystals of spodumene, specially those which concern Etch Figures and Channels and its relations to symmetry. It was verified by the author that the crystals which occur in Brazil show very often and with clearness Etch Figures. The author concludes by considering possible that the Etch Figures and Channels could have been originated by activity of fluorhydric solutions through cleavage planes or at the same time as crystallization occurs, owing to the slowness of the substance deposition and the great mobility of fluidal elements in the pegmatites.

A presente nota tem por finalidade estudar alguns aspectos observados em cristais de spodumênio que ocorrem em jazidas brasileiras. São aqui estudados especialmente canalículos e figuras de corrosão naturais. Desses imperfeições muitas são inteiramente novas para a espécie. Cumple reitar que são elas muito frequentes, não tendo sido mesmo encontrado um único exemplar que deixasse de apresentar figuras ou canalículos de corrosão.

Ocorrência de spodumênio no Brasil --- Cristais bem formados grandes por vezes e exibindo formas elegantes, transparentes em geral, ocorrem em várias localidades do Brasil:

Estado de Minas Gerais: Minas Novas, Diamantina, Rio das Americanas, Gravatá, Lufa, Piauí, Corrego do Urubú e Corrego Santa

Maria (Calháo), Arassuá, Bôa Vista, Santa Rita do Jequetinhonha, Cuieté, Peçanha, Alto do Rio Dôce, Figueira, Sayão, Figueira do Rio Dôce (Governador Valadares), Teófilo Otoni, Bom Sucesso, Poáia, etc.

Estado da Bahia: Rio Paraguassú.

Estado do Espírito Santo: Norte Colatina.

Estado da Paraíba: Seridósinho.

As variedades semi-preciosas: hidenita (verde) e kunsita (lilás) ocorrem principalmente em Cuieté, (município de Conselheiro Pena), Teófilo Otoni, Sabinópolis, Minas Novas, Poáia (município de Itambacuri) no Estado de Minas Gerais, em Seridósinho no Estado da Paraíba; em Norte Colatina no Estado do Espírito Santo.

Os dados sobre ocorrência no Brasil de cristais de spodumênio provém de Calmbach (1938), Scorza (1944) e dos exemplares existentes no Museu do Departamento e de origem comprovada.

Material utilizado — Nas observações foram utilizados exemplares do Departamento, provenientes de : Serra do Pereira (Minas Novas); Teófilo Otoni, Figueira do Rio Dôce, Sabinópolis, assim como alguns exemplares de Cuieté (município de Conselheiro Pena), cedidos pelo eng.^º Evaristo Penna Scorza do Departamento Nacional da Produção Mineral; todos de Minas Gerais. Observações também foram feitas em cristais provenientes de Norte Colatina (ES) e Seridósinho (Pa).

Entre os cristais estudados foram particularmente observados os de hábitos segundo {110}. São êsses, em geral, bem transparentes, de brilho vítreo e incolores, exibindo, por vezes, tênue coloração amarelada.

Os principais dados físicos considerados e que podem ser confrontados com os da literatura, Hintze (1937) e Dana (1920), foram os seguintes:

Dureza: 6,5 a 7.

Peso específico: Em 10 amostras diferentes foi determinado o peso específico (a 25° C) que apresentou variação entre 3,14 a 3,18.

O ângulo formado entre as faces de prisma vertical (110) e ($\bar{1}\bar{1}0$), determinado em 10 amostras diferentes deu, em média, o valôr:

$$(110) \wedge (\bar{1}\bar{1}0) = 93^\circ 13 \frac{1}{2}' \pm 1 \frac{1}{2}' \text{ (erro provável)}$$

Os índices de refração determinados em esquírulas pelo método de imersão em líquidos de índices conhecidos (a 20°C) foram os seguintes:

$$n_{\infty} = 1,656 \pm 0,002 \text{ (erro provável)}$$

$$n_{\gamma} = 1,671 \pm 0,002 \text{ (erro provável)}$$

Os cristais de spodumênio observados e que pertencem à classe prismática (Classe 2/m), sistema monoclinico, apresentam estrias verticais como consequênciâ da combinação oscilatória de faces vicinais de prisma e clivagem perfeita segundo (110).

O hábito tabular apresentado pela maioria dos cristais observados resulta da combinação do prisma vertical {110} com o pinacóide basal {001}.

As faces de prisma vertical exibem figuras naturais de corrosão já observadas e descritas por Greim (1889) como apresentando contorno triangular de lados aproximadamente iguais. O mesmo A. comparou as figuras naturais com as provocadas pelo ácido fluorídrico em laboratório, mostrando que num e noutro caso aparecem sempre com as mesmas formas e disposição. Observações semelhantes foram feitas por Dana (1881) em cristais de hidena de Alexander County, North Carolina U. S. A. De fato, essas figuras são triangulares mas não de lados iguais demonstrando, ao contrário, que não correspondem a eixos ou planos de simetria normais às faces em que se encontram o que, aliás, corresponde aos dados sobre a simetria dos cristais em apreço. De resto, não poucas vezes as figuras de corrosão dessas faces, quando acen-tuadas, assumem contornos trapezóides.

As figuras de corrosão observadas sobre (110) e ($\bar{1}\bar{1}0$) exibem aspectos como os vistos nas figuras 1 e 2 os quais demonstram não corresponder a eixos ou planos de simetria. A Fig. 1 dá idéia da dis-

posição e forma mais comum encontrada sobre as faces do prisma vertical. A Fig. 2 mostra duas figuras de corrosão de contorno triangular e uma de contorno trapezóide. As Fotomicrog. 1 e 2 mostram claramente figuras de corrosão naturais correspondentes às faces do prisma vertical.

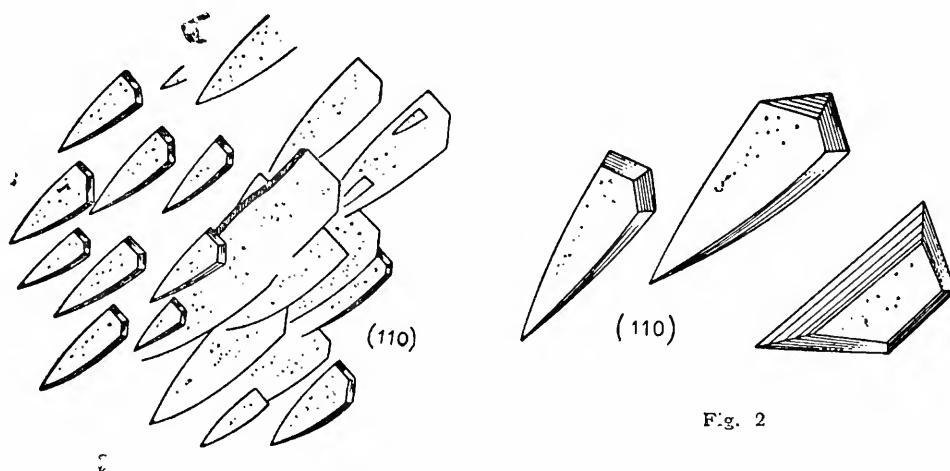
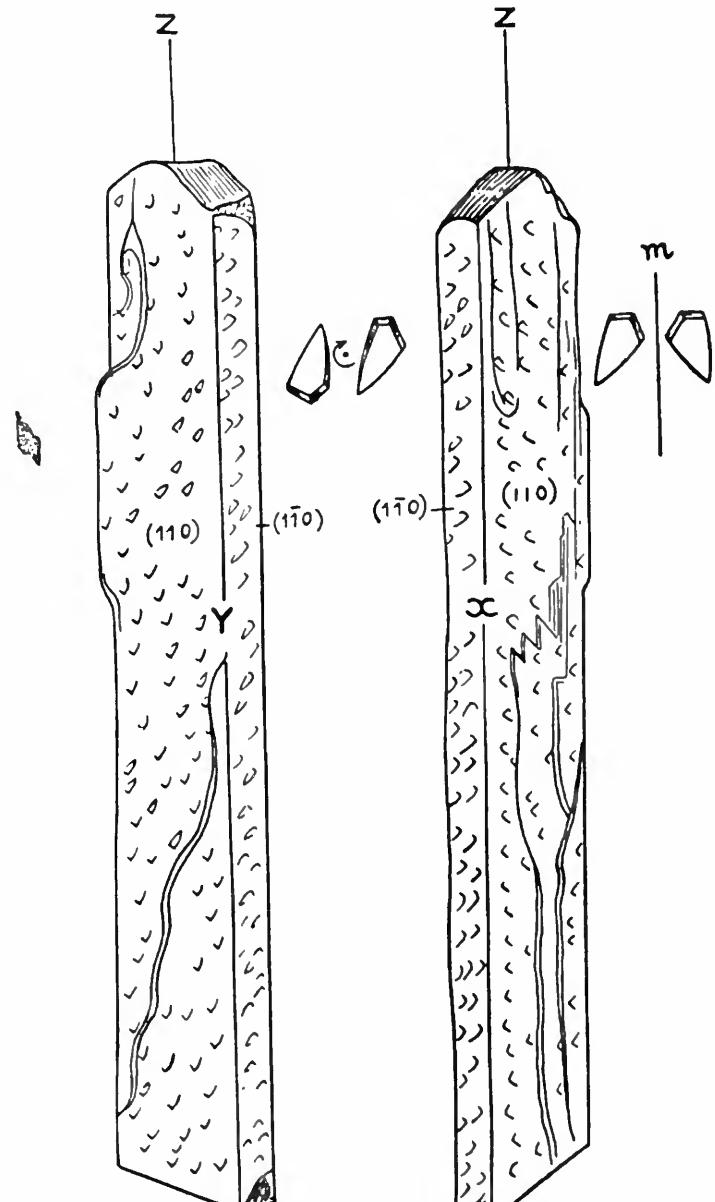


Fig. 1

Fig. 2

A Fig. 3 representa um grande cristal tabular de spodumênio, procedente de Figueira do Rio Dôce (Governador Valadares), Minas Gerais, medindo aproximadamente 23,5 cm de comprimento por 3 cm de largura e 4mm de espessura no qual estão esquematizadas as figuras naturais do corrosão e sua distribuição sobre (110). Nota-se também uma depressão no canto direito superior e que corresponde a plano de clivagem. Observa-se no mesmo cristal início de fratura na altura do segundo terço de sua extensão. A Fot. 3 representa o mesmo cristal segundo ($\bar{0}\bar{1}0$).

As Figs. 4 e 5 representam um mesmo cristal de spodumênio diferentemente orientado de tal sorte a permitir a observação das figuras naturais de corrosão de (110) e ($\bar{1}\bar{1}0$) e sua distribuição de acordo com a simetria, $2/m$, e nas quais podem ser observadas as emergências



(110)

$(1\bar{1}0)$

$(1\bar{1}0)$

(110)



m

dos eixos cristalográficos x , y e z , do eixo 2 e o plano m de simetria. A Fot. 4 mostra o cristal corresponde às figuras 4 e 5.

Observando outros cristais não tabulares em que outras formas se desenvolveram foi possível verificar outros fatos interessantes no que concerne a corrosão natural.

As figuras naturais de corrosão formadas na face do pinacóide (010) observadas em dois cristais assumem aspecto característico de contorno rombooidal, já mencionado em Hintze. Observam-se, entretanto, nas figuras corroídas por igual e perfeitamente formadas que da depressão de secção aproximadamente rombooidal emergem duas saliências tetraédricas, simétricas em relação a um eixo 2, o que confirma a simetria.

A Fig. 6 representa parte de (010) de um cristal exibindo as citadas figuras de corrosão e a Fig. 7 um pormenor esquemático de uma dessas figuras. A fotomicro. 5 representa aspecto de um dos cristais em apreço.

Das figuras de corrosão citadas, tanto as cuneiformes quanto as romboidais, formam-se, dirigindo-se para o interior, finos canalículos que muitas vezes emprestam ao cristal, quando observado macroscópicamente, aspectos que lembram presença de inclusões aciculares. Trata-se, entretanto, de finos canais que parecem seguir sempre uma orientação, dispondo-se da mesma forma, apresentando paralelismo e emergindo de um mesmo vértice do triângulo, como pode ser observado na Fig. 8 e nas Fotomicro. 6 e 7,

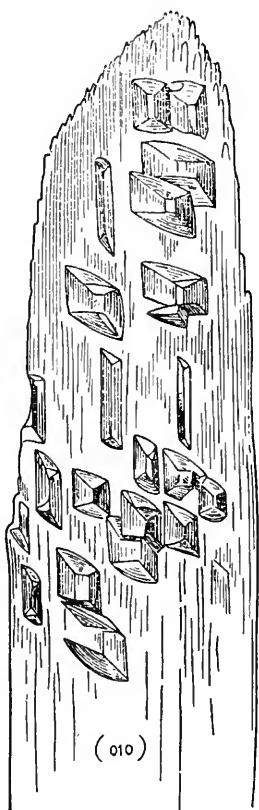


Fig. 6

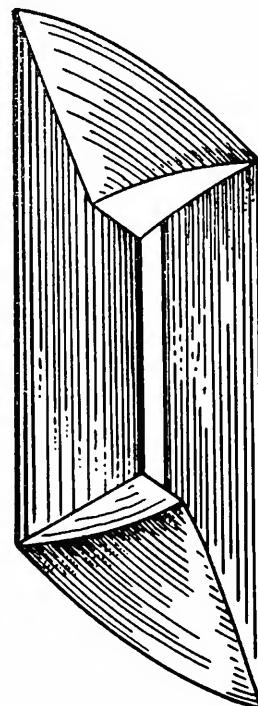


Fig. 7

as quais representam canalículos emergindo de figuras de corrosão correspondentes às faces de clivagem. Observando mais cuidadosamente verifica-se que esse paralelismo nem sempre existe e os canais podem exibir diversas orientações, formando ângulos

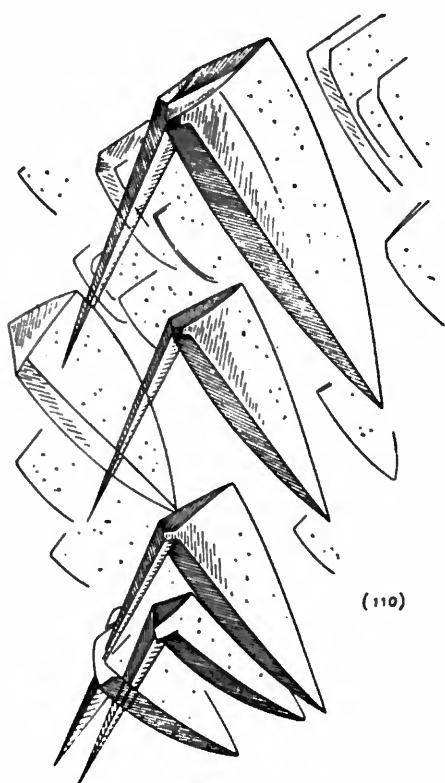


Fig. 8

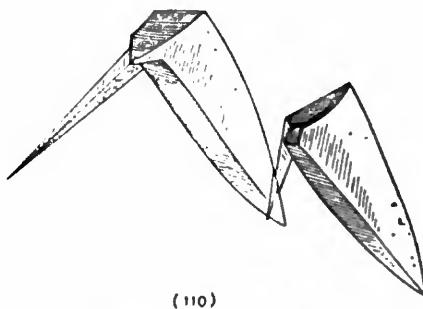
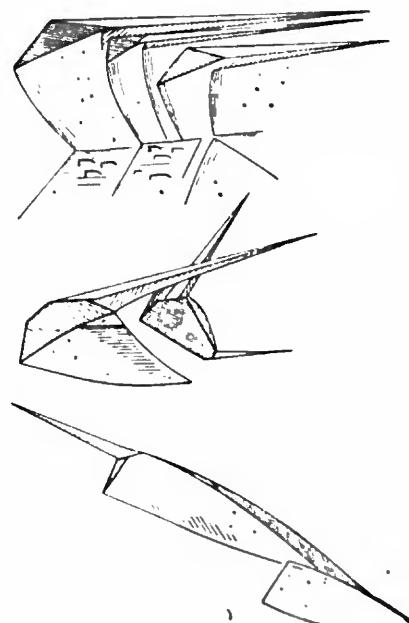


Fig. 9

diferentes com os lados das figuras naturais de corrosão como se observa na Fig. 9 e nas Fotomicr. 8 e 9.

O mesmo pode ser observado nas figuras 10, 11 e 12 que representam canalículos correspondentes às figuras naturais de corrosão de (010). A Fig. 11 mostra esquemàticamente a disposição de alguns canalículos emergentes das figuras de corrosão da face (010). As Fotomicr. 10 e 11 mostram também aspectos dêsses canalículos e suas relações com as figuras naturais de corrosão. Interes-



sante é assinalar que êsses canalículos parecem se entrecruzar no interior do cristal e apresentam diferentes orientações. Porém o que chama particularmente a atenção do observador são as ligações que se processam através dêsses canalículos entre as figuras naturais de corrosão correspondentes às faces de {110} e as faces de {010}. Em uma das amostras foi mesmo possível verificar com grande clareza essas ligações como nos mostram a Fig. 13 e a Fotomicr. 12. Como já foi assinalado, os canalículos em apreço que penetram no interior do cristal não seguem sempre a mesma orientação e muitas vezes inclinam-se formando determinado ângulo durante seu percurso.

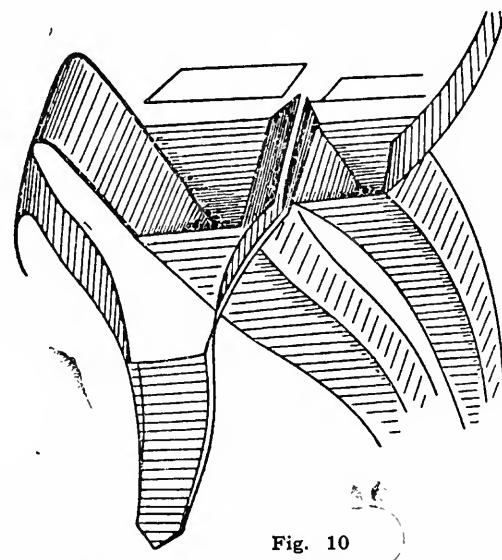


Fig. 10

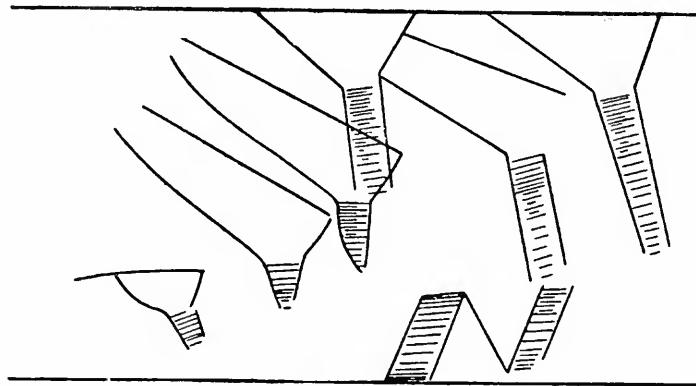


Fig. 11

Em muitos casos parece que êsses canalículos tem inicialmente origem nas figuras de corrosão correspondentes às faces de pinacóide e em outras parecem se originar das figuras correspondentes às faces de prisma vertical. Não foi possível determinar se êles tem origem simultânea ou não.

Em outro cristal, mais rico de formas, apresentando além das consideradas as de pinacóide $\{100\}$, foi possível observar figuras naturais de corrosão sobre (100) e $(\bar{1}00)$. Essas figuras que correspondem a existência de um plano de simetria apresentam-se pouco acentuadas,

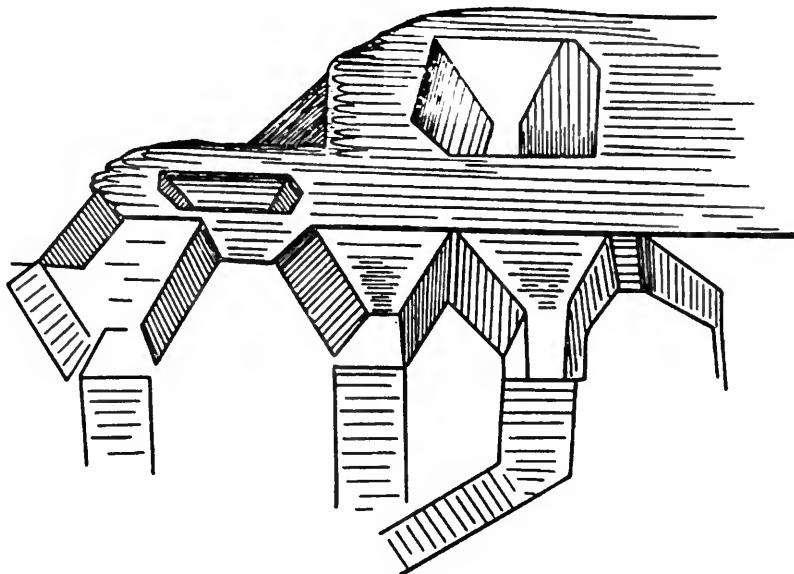


Fig. 12

isto é, pouco corroidas e com forma lanceolada como pode se observado na Fig. 14 e na Fotomicr. 13. O esquema da Fig. 15, mostra êsse cristal no qual desenvolveram bem as formas $\{100\}$, $\{110\}$, $\{010\}$ e as relativas figuras de corrosão que correspondem a sua simetria.

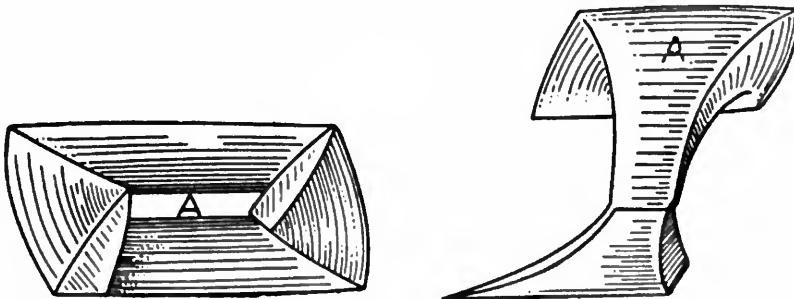


Fig. 13

Vários dos cristais observados exibem faces curvas, especialmente nas terminações. Decorrem elas de combinação oscilatória de faces de prisma vertical e pinacóide basal e à corrosão. Tal fato já assinalado

em cristais da variedade verde-esmeralda de spodumênio de Alexander County pode ser observado na Macrofot. 14.

Deve-se assinalar também que as faces de {010} mostram estriações características devido a combinação oscilatória de faces de prismas verticais que as emprestam brilho fosco, quasi perláceo, característico.

Outro fato interessante que foi possível assinalar é o aspecto assumido pelo spodumênio oriundo de Seridózinho, Paraíba, semelhante

aos da mina Etta, South Dakota, U.S.A., de côn branca acinzentada e opaco, exigindo profunda alteração.

É lícito concluir, dada a frequência e o número incontável de figuras de corrosão verificadas nos exemplares estudados pelo autor que o spodumênio é mineral que se deixa corroer muito facilmente. Praticamente não há faces que não estejam mais ou menos corroidas apresentando figuras mais ou menos acentuadas. Há mesmo pontos ou faces inteiras que foram quase totalmente cobertas pelas figuras naturais de corrosão.

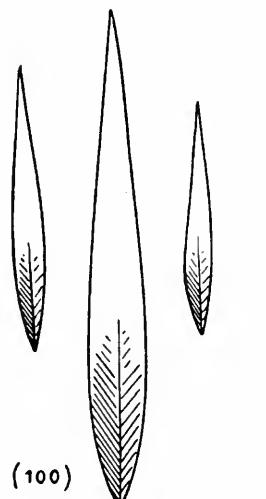


Fig. 14

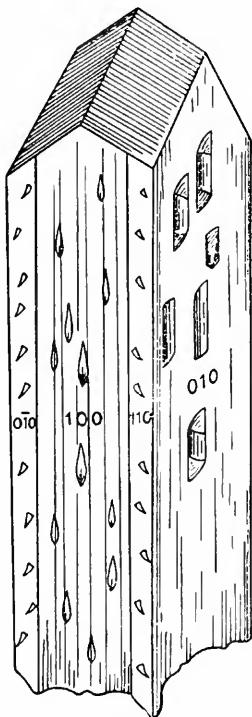


Fig. 15

Curiosa ainda é a presença de figuras naturais de corrosão em faces de clivagem provocadas artificialmente em laboratório. É bem possível que tais figuras tenham se originado por atividade de soluções fluorídricas que se infiltraram através das lâminas de clivagem. É admissível, de outro lado, que tenham se formado concomitantemente com o desenvolvimento dos cristais, pois sendo lenta a deposição de substância em jazidas pegmatíticas e grande a mobilidade dos elementos fluidos fácil é compreender que ao mesmo tempo que ocorre o crescimento dos cristais dá-se também sua própria corrosão.

SUMÁRIO

A presente nota analisa alguns aspectos apresentados por cristais de spodumênio do Brasil, principalmente no que concerne figuras e canalículos de corrosão e suas relações com a simetria. Verifica o autor que os cristais que ocorrem no Brasil exibem as referidas figuras com grande frequência e nitidês. Conclui que as figuras poderiam ter se originado por atividade de soluções fluorídricas através das lâminas de clivagem ou concomitantemente com a cristalização, dada a lentidão do processo de deposição de substâncias nas jazidas pegmatíticas e a grande mobilidade dos elementos fluidos.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Rui Ribeiro Franco, diretor do Departamento os nossos agradecimentos pelas sugestões e orientação que possibilitaram a consecução deste pequeno trabalho. Ao eng.^o Evaristo Penna Scorza, do D. N. P. M., os agradecimentos pelos exemplares de spodumênio enviados para estudo e ao Snr. G. Oscar Campiglia, diretor do Serviço de Documentação da Reitoria da Universidade de São Paulo, pelas fotografias que ilustram o trabalho.

BIBLIOGRAFIA

Citada:

- CALMBACH, W. Friedrich von (1938), *Handbuch brasiliischer Edelstein und ihrer Vorkommene*. N. Medawar. Rio de Janeiro, pag. 182.
- DANA, E. S. (1881), *On the Emerald-green Spodumene from Alexander County*. Am. Jour. Sci., n.^o 128, vol. XXII, pag. 179.
- DANA, E. S. (1920), *System of Mineralogy*, 6.^a ed., John Wiley & Sons Inc, New York, pag. 366.
- GREIM, G. (1889), *Ueber Aetzfiguren an Diopsid und Spodumen*, Neues Jahrb. f. Min. 1889 I, pag. 253.
- HINTZE, Carl (1897), *Handbuch der Mineralogie, II Band*, Verlag von Veit & Comp. pag. 1117.
- SCORZA, Evaristo Penna (1944), *Kunzita e Hedenita de Cuiabá, Município de Conselheiro Penna, M. G. Min. Met.* vol. VII, n.^o 42, p. 333.

Consultada:

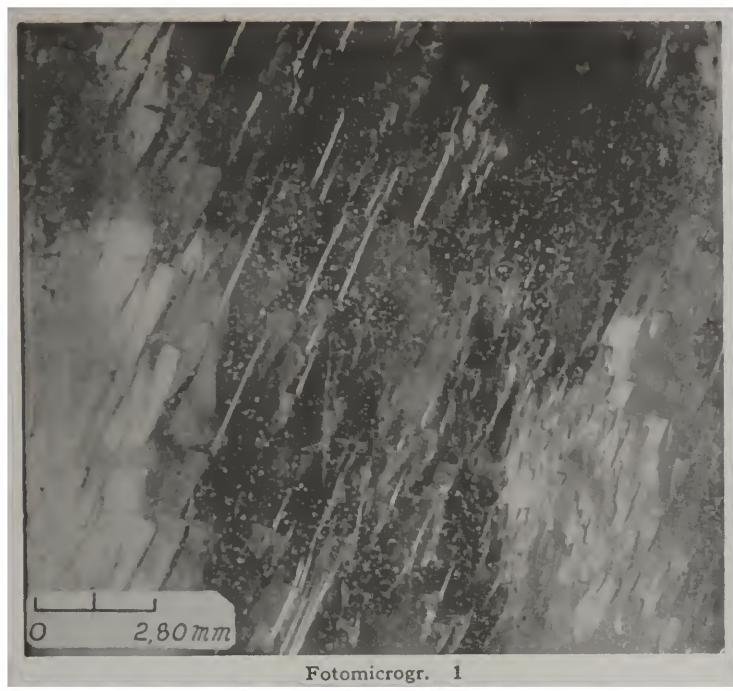
- BAUMHAUER, H. (1889), *Ueber sogenannte Aetzfiguren an monoklinen Krystallen etc.* Zeits, f. Kryst. u. Min., vol. 30, pag. 97.
- DOELTER, C. (1878), *Ueber Spodumen und Petalit - 2. Spodumen von Brasilien.* Tschemarks Min. Petr. Mitt., vol. I, pag. 526.
- HONESS, A. P. (1927), *The nature, origin and interpretation of the Etch Figures on crystals.* John Wiley & Sons Inc, New York.
- PELIKAN, A. (1897), *Ueber den Schichtenbau der Kristalle.* Tschemarks Min. Petr. Mitt., vol. XVI, pag. 16
- SMITH, J. L. (1881), *Hiddenite, an Emerald-green variety of Spodumene.* Am. Jour. Sci., vol. XXI, pag. 128.

LEGENDAS DAS FOTOS 1, 2 e 3

Fotomicrogr. 1 — Figuras de corrosão de contorno triangular observadas sobre (110) em cristal de spodumênio.

Fotomicrogr. 2 — Figuras de corrosão de contornos triangulares e trapezóides sobre (110) em cristal de Kunzita.

Fotogr. 3 — Fotografia de um grande cristal tabular de spodumênio medindo 23,5 cm x 3 cm.



Fotomicrogr. 1

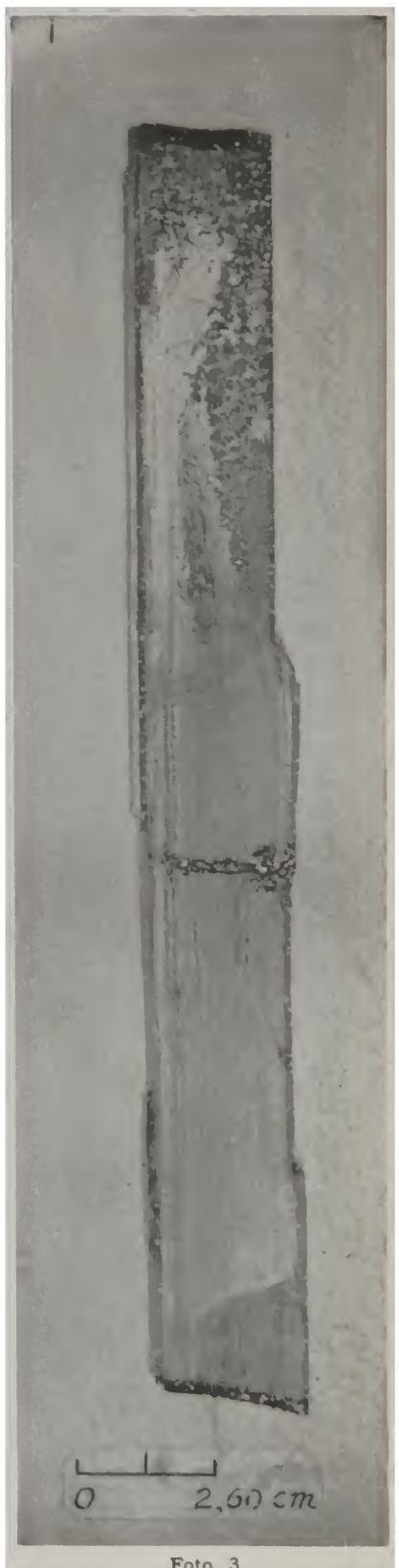


Foto 3



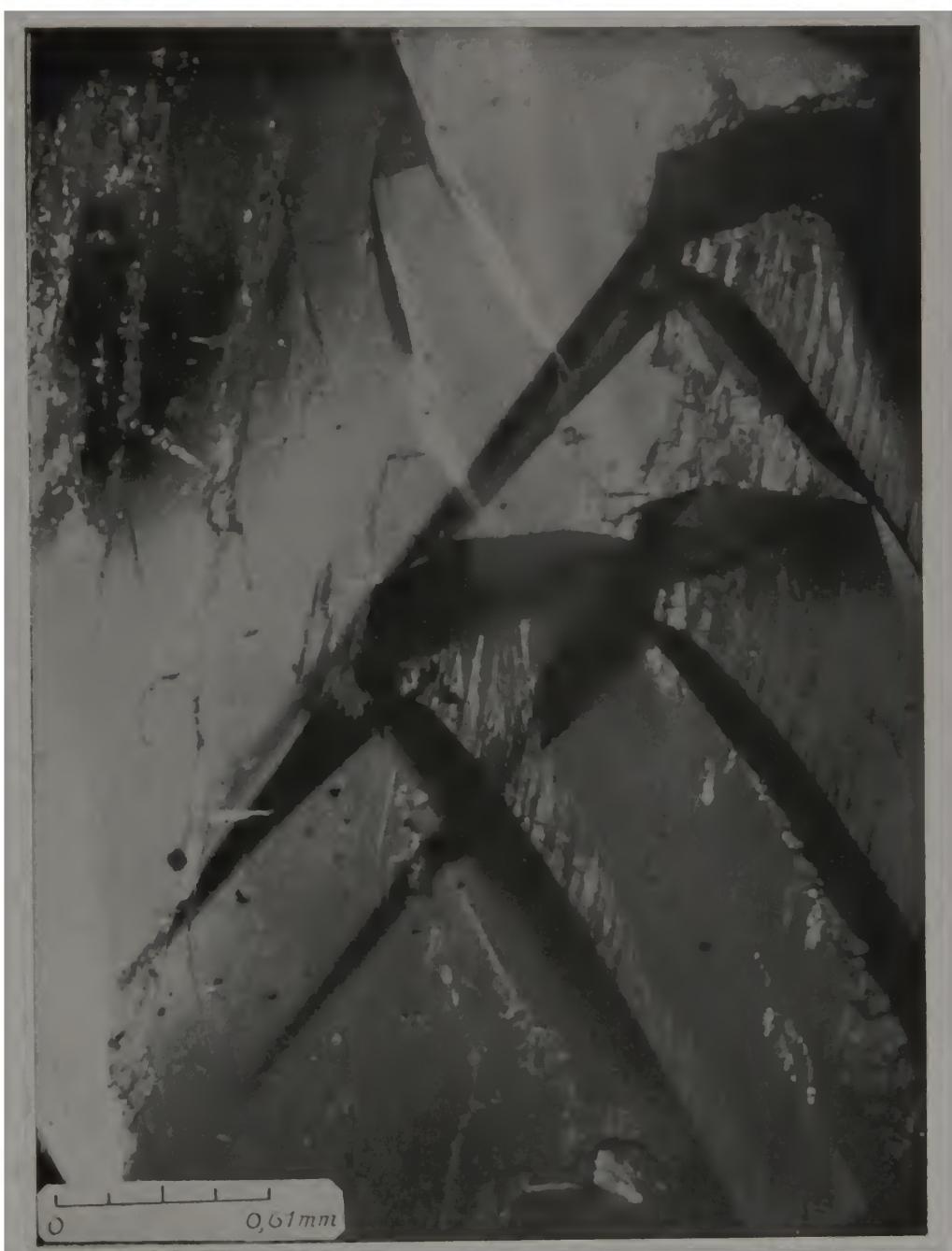
Fotomicrogr. 2



Foto 4 — Cristal tabular de spodumênio,
observado segundo (110)

Fotomicrogr. 5 — Cristal de spodumênio
observado segundo (010) e exibindo fi-
guras de corrosão de contorno romboidal.





Fotomicrogr. 6

Três figuras de corrosão de (110) de um cristal de spodumênio das quais emergem
3 canáculos que se aprofundam no cristal, mostrando nitido paralelismo.



← Fotomicrogr. 7 — Canaes em inicio de formação sobre a face (110) de um cristal.



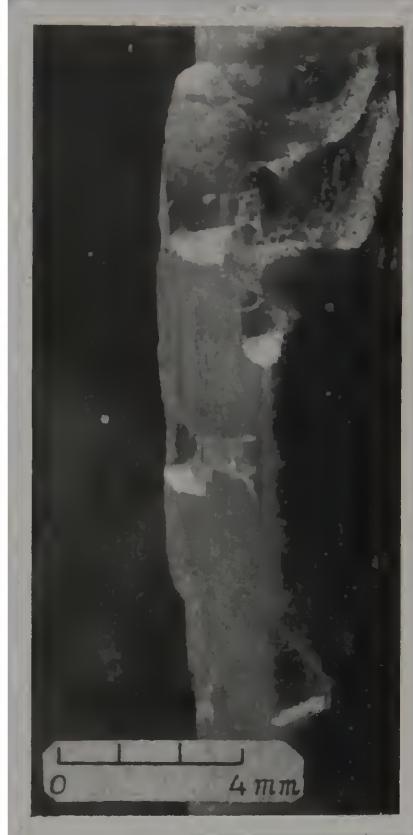
Fotomicrogr. 9 — canalículos com orientações diferentes sobre face de clivagem.



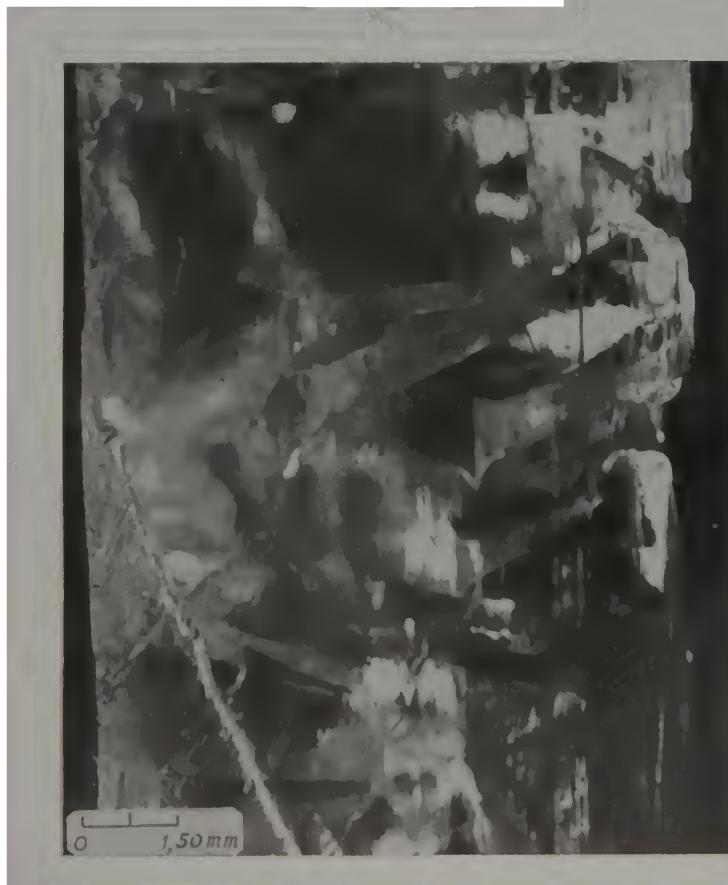
Fotomicrogr. 8 — Figuras de corrosão mostrando canalículos, onde nem sempre ha paralelismo.



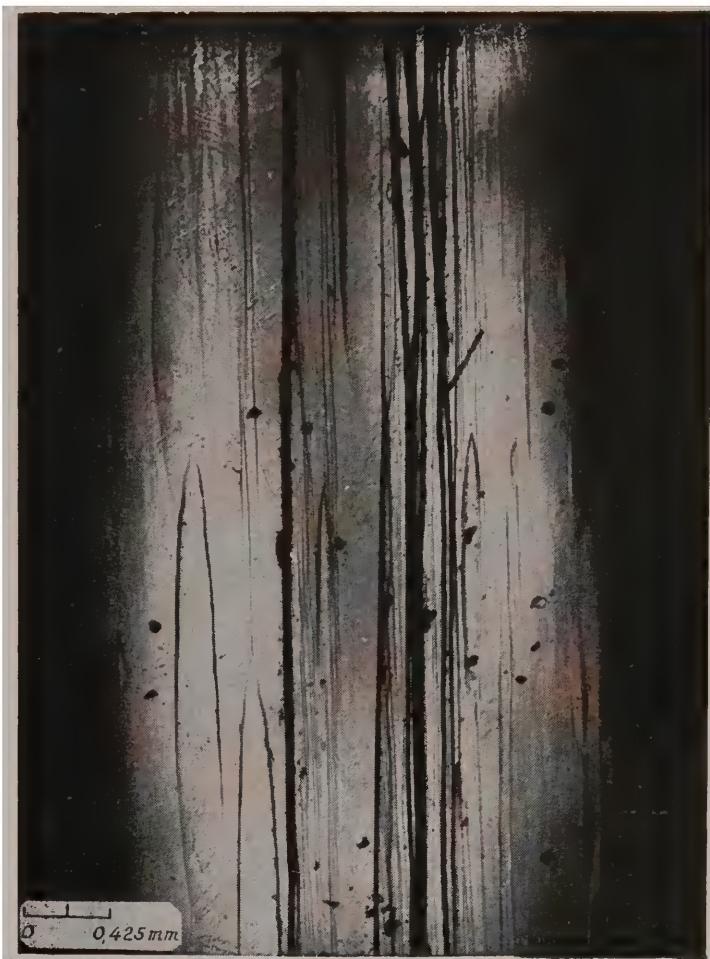
Fotomicrogr. 10 — Canaes de corrosão emergentes das figuras de (010).



Fotomicrogr. 12 — Canal ligando uma fig. de corrosão de (010) a outra (110).

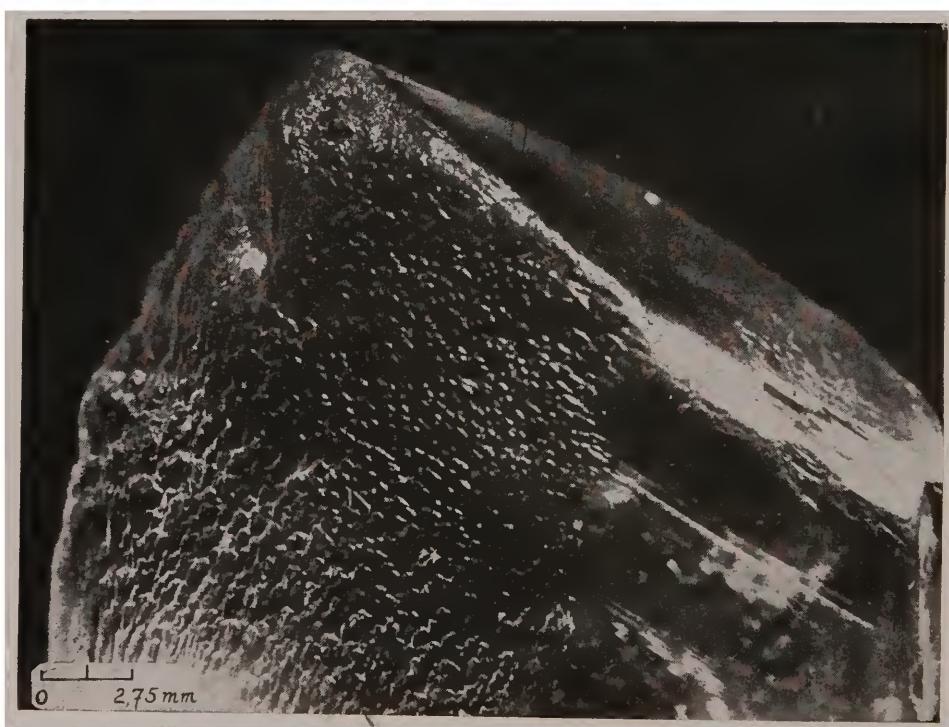


Fotomicrogr. — 11
Cristal de spoduménio "perfurado" por canaes de corrosão.



Microfotogr. 13 —
Figuras de corrosão sôbre a face (110) em cristal de Spodumenio.

Macrofoto. 14 — Cristal mostrando faces curvas.



Determinação de Índices de Zona no Sistema Hexagonal

WILLIAM G. R. DE CAMARGO

(Departamento de Mineralogia e Petrografia, Universidade de S. Paulo)

ABSTRACT

A general graphical solution of zone index determination in the hexagonal system is herein described. Zone axis may be treated as vectors in such a manner that they could be solved into several components, according to the crystallographic axis X, Y, W, Z. These components are proportional to the searched zone indices.

The vector decomposition may be performed by drawing normals to the crystallographic axis from any given point P of the vector. In such way, the computed zone indices will satisfy the condition $u+v+\omega=0$.

Em trabalho anterior (*Mineração e Metalurgia* n. 85, v. XV, 1950) foi deduzida a relação $h+k+i=0$, para os índices de face de um cristal hexagonal, e foi demonstrado como a relação $u+v+\omega=0$, poderia ser imposta e estabelecida por convenção, pois que para os índices de zona haveria um número indeterminado de soluções possíveis.

No mesmo trabalho, a solução gráfica da determinação dos índices de zona ou de aresta foi tratada, porém sómente aplicável a uma aresta z' , que estivesse contida no plano equatorial, isto é, no plano dos três eixos cristalográficos horizontais X, Y, W.

O presente artigo focaliza o problema gráfico de maneira mais geral. Considerando-se um vetor genérico z , que representa a direção de uma aresta no cristal (fig. 1), a sua decomposição gráfica pode ser efetuada de acordo com as indicações que se seguem. Traça-se um plano perpendicular ao vetor z , a qualquer distância da origem (pois

não interessa o módulo do vetor, mas exclusivamente a sua direção) e faz-se o rebatimento do plano Z-z-z' para o papel (figs. 1 e 2).

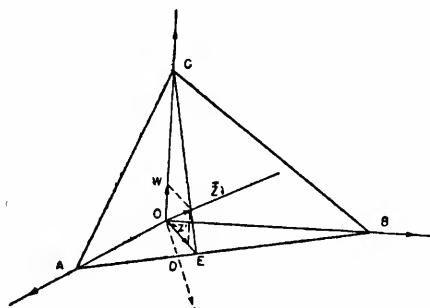


Fig. 1

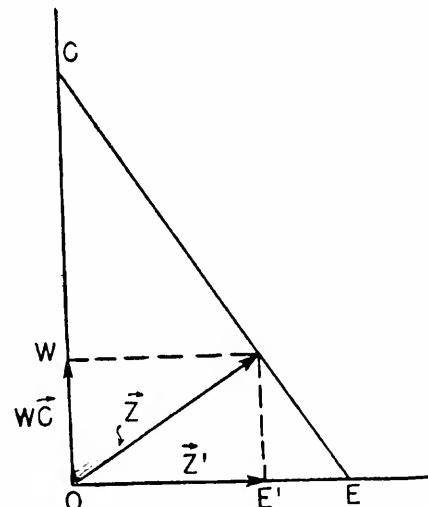


Fig. 2

O vetor z deve ser decomposto em duas direções, pela regra do paralelogramo, obtendo-se uma componente OW segundo o eixo cristalográfico Z , e outra z' contida no plano horizontal. A componente z' possui direção variável, que depende de z (fig. 1).

Para que u, v, ω , índices de aresta ou zona, estejam em relação tal que quando recompostos conduzam novamente ao vetor z primitivo, deve ser traçada uma perpendicular ao vetor z' , passando pelo ponto E . Isto será feito para decompor z' , de maneira a satisfazer a relação $u+v+\omega=0$ (fig. 3).

A perpendicular a z' no ponto E , determina respectivamente sobre os eixos cristalográficos X, Y, W , os segmentos OA, OB e OD , cujos inversos fornecem os índices u, v, ω , como foi demonstrado em trabalho anterior. Este processo gráfico, embora facilmente exequível, exige ainda pequeno trabalho analítico no cálculo dos inversos de OA, OB e

OD. Entretanto, um segundo processo inteiramente gráfico, pode ser demonstrado para o cálculo dos inversos.

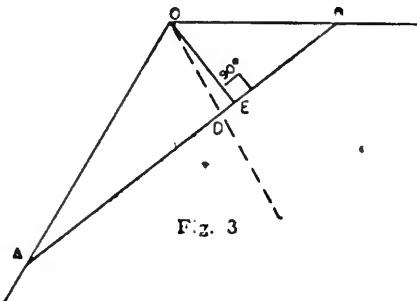


Fig. 3

Dada uma determinada aresta definida pela direção do vetor z , este pode ser decomposto em quatro componentes, segundo os eixos cristalográficos, traçando-se perpendiculares a X, Y, W, Z, a partir de um ponto P qualquer do vetor z (fig. 4).

Os segmentos OP , OQ , OR , OS , obtidos sobre os eixos, são proporcionais a u , v , ω , w , e dão diretamente os índices de zona procurados, de forma a satisfazer $u+v+\omega=0$. O segmento OS , entretanto, deve ser dividido pela constante cristalográfica c , relativa ao eixo Z.

Os ângulos diretores da aresta, P_x , P_y , P_w e P_z devem ser calculados por processo analítico e constituem dados experimentais extraídos de medidas goniométricas de um determinado cristal.

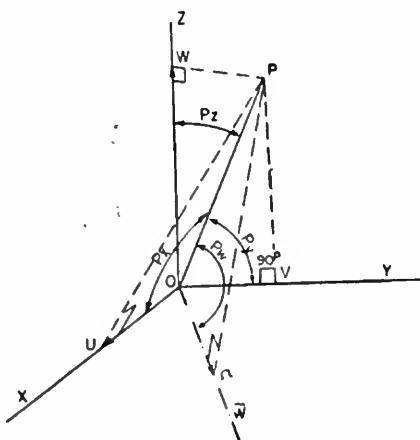


Fig. 4

A prova matemática do processo gráfico descrito, tratada de maneira mais geral, constitui ainda processo analítico para o cômputo de u , v , ω , w , na relação $u+v+\omega=0$. Se ficar provado, que para arestas e faces mutuamente perpendiculares, é válida a seguinte relação,

$h : k : i = u : v : \omega$, a relação $u+v+\omega=0$ está automaticamente demonstrada, pois que, como já foi demonstrado, $h+k+i=0$.

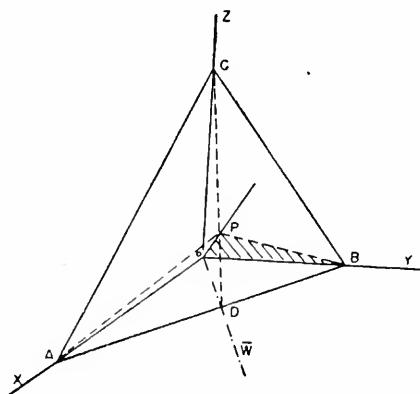


Fig. 5

Seja uma face (fig. 5) ABCD e uma aresta perpendicular OP. Sejam ainda OA, OB, OC, OD, ou abreviadamente a', b', c', d', os parâmetros da face considerada.

No triângulo retângulo OPA:

$$OP/OA = \cos Px$$

$$OP = OA \cos Px = a' \cos Px$$

Por analogia:

$$OP = b' \cos Py$$

$$OP = d' \cos Pw$$

$$OP = c' \cos Pz$$

Portanto:

$$a' : b' : d' : c' = 1/\cos Px : 1/\cos Py : 1/\cos Pw : 1/\cos Pz$$

Pela relação de Hauy aplicada ao sistema hexagonal:

$$h : k : i : 1 = 1/a' : 1/b' : 1/d' : c/c'$$

$$h : k : i : 1 = \cos Px : \cos Py : \cos Pw : c \cos Pz \quad (1)$$

Nos triângulos retângulos OPU, OPV, OPΩ, OPW, formados pela decomposição do vetor z (fig. 4):

$$OU/OP = \cos Px$$

$$u = OU = OP \cos Px$$

Por analogia:

$$v = OP \cos Py$$

$$\omega = OP \cos Pw$$

$$w = OP \cos Pz$$

Relacionando $u : v : \omega : w$, teremos:

$$u : v : \omega : w = \cos P_x : \cos P_y : \cos P_z : c \quad (2)$$

Comparando as expressões (1) e (2), veremos que para os primeiros três índices vale a seguinte equação:

$$u : v : \omega = h : k : i$$

Portanto se existir uma relação $h+k+i=0$, como já foi comprovado, haverá anàlogamente $u+v+\omega=0$, desde que a decomposição dos vetores seja efetuada conforme processo descrito.

BIBLIOGRAFIA

- CAMARGO, W. G. R. (1950), *Os índices de face e de zona no sistema hexagonal*. Mineração e Metalurgia, vol. XV, n. 85.
- TAVORA, E. (1946), *Solução vetorial para uma conversão de símbolos*. Mineração e Metalurgia, v. 11, n. 61, pg. 31.
- NIGGLI, P. (1924), *Lehrbuch der Mineralogie*, pp. 107-120, Bd. I, Berlin.
- WOLFF, C. W., (1944), *Hexagonal zone symbols and transformation formulae* — Am. Min., v. 29, n. 1-2, pp. 49-55.
- HEY, M. H. (1930), *On face and zone symbols referred to the hexagonal axis*. Min. Mag., vol. 22, pg. 283.
- WERBER, L. (1922), Zt. f. Kr., vol. 57, pg. 200.
- CAMARGO, W. G. R. (1952), *Miller índices in the hexagonal system* (no prelo).

Scolecita, Rio Pelotas, RS

RUI RIBEIRO FRANCO

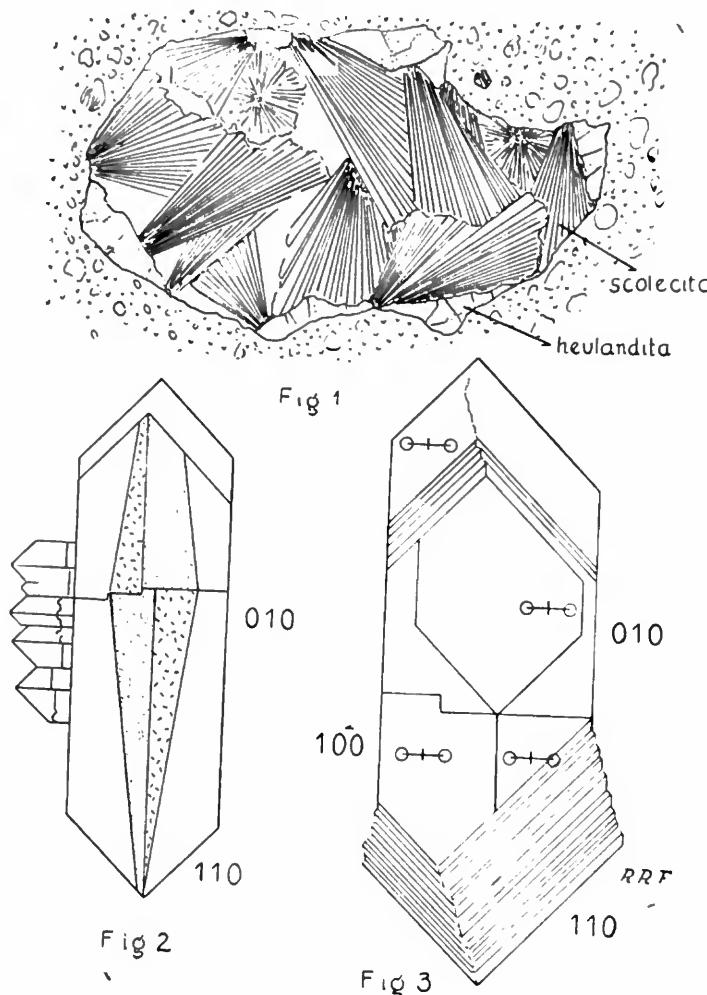
(Departamento de Mineralogia e Petrografia, Universidade de S. Paulo)

Em nosso trabalho, "Zeólitas dos basaltos do Brasil Meridional", Franco (1952), foram feitas referências a êsse mineral do grupo das zeólitas e verificou-se ser êle pouco frequente nos basaltos amigdaloidais. Assim, referência foi feita apenas às ocorrências da Fazenda Palmital (Sertãozinho), SP e Campos Novos, rio Canoas e serra Tubarão, SC, com a apresentação de alguns dados morfológicos, físicos e químicos.

O material objeto dessa nota foi coletado pelo autor à margem do rio Pelotas, Estado do Rio Grande do Sul, onde recentemente foram feitos numerosos cortes no basalto amigdaloidal que constitui o vale do mencionado rio. Além das associações de zeólitas e minerais associados (incluem-se aqui numerosas amígdalas e fendas preenchidas por quartzo, calcedônea e ágata) já mencionados no trabalho referido acima ocorrem também nos basaltos do rio Pelotas numerosas drusas preenchidas predominantemente por grandes massas de cristais fibro-radiados, puros, divergentes e de brilho vítreo, nas regiões não alteradas, que analisados óticamente mostraram ser scolecita. O aspecto exibido por êsse mineral é idêntico às formações por nós já descritas para as mesolitas da serra de Botucatú, Torrinha e Sertãozinho, no Estado de São Paulo, Fig. 1.

Exibem nítida clivagem em duas direções, paralelas às faces do prisma {110}, com ângulo aproximado de 88°. Os cristais alongam-se por vezes até 10,00 cm de comprimento, alguns atingindo 0,7 cm na secção normal ao comprimento. Não exibem terminações inteiras, isto é, faces de prismas obliquos e pinacóides. As terminações estão frequentemente fraturadas. A simetria monoclinica dos cristais é característica. Não foi encontrado um único cristal simples; todos exibem a invariável geminação segundo a {100}, geminação observada pela primeira vez por David Brewster, Figs. 2, 3 e 4. Nem sempre o traço do plano de geminação é uma linha reta ou mesmo quebrada. Muitas

vezes o traço é uma linha inteiramente sinuosa, irregular, que penetra ora um cristal, ora outro.



Muitos cristais se apresentam cruzados, isto é, dispostos a 90° um do outro, parecendo tratar-se de verdadeira geminação. O prisma $m\{110\}$ é sempre presente. É curioso notar, em alguns cristais das Figs. 3 e 4, um alargamento das suas partes terminais. Esse alargamento é a continuação perfeita das faces do prisma m , embora ele se mostre formado por sucessão de pequenas faixas, todas óticamente isorientadas. Às vezes o alargamento se dá de um só lado do cristal. Tudo indica que êsse alargamento, tão bem visível nas figuras mencionadas, seja consequência de crescimento secundário, sobre cristais anteriormente formados. Isso leva a crêr que pelo menos dois tempos de crescimento ocorreram durante o processo de cristalização da scolecita.

A segunda fase de crescimento parece corresponder a nítida combinação oscilatória entre as faces de {010} e {110}, como se vê nas Figs. 3 e 4.

Os cristais tabulares, alongados, mostram todos os graus de alteração até a sua transformação completa em pó branco, que se desfaz à maneira de caulim.

Em um caso foi fácil verificar que um dos cristais apresentava-se corroído e na área da reabsorção precipitaram-se numerosos e minúsculos cristais orientados diversamente.

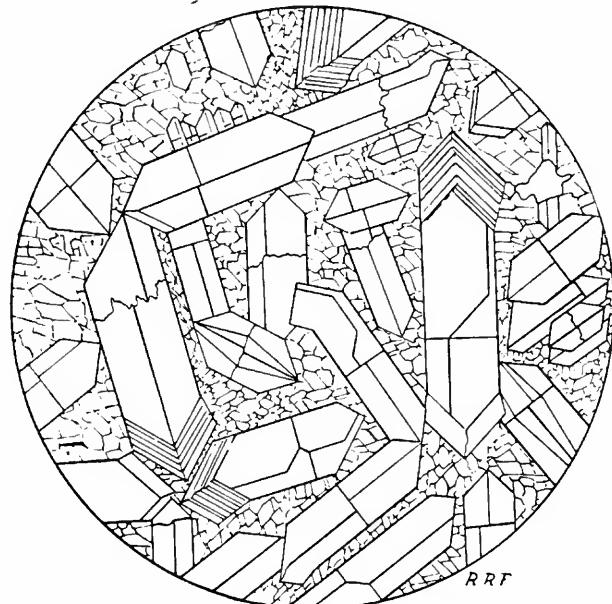


Fig. 4

Secção delgada de um feixe aproximadamente paralelo de cristais de scolecita. Notar cristais geminados bem desenvolvidos e cristais menores. Alguns cristais exibem crescimento secundário. 19 x.

Em preparado algum pudemos reconhecer a associação scolecita-okenita, como sugere Michell (1911, pag. 494), que afirma nunca ocorrer a scolecita isolada.

O peso específico de material comprovadamente puro, isento de alteração e inclusões e determinado pelo método da balança é o seguinte:

$$\begin{aligned} \text{a } 20^\circ\text{C} &= 2,274 \pm 0,008 \text{ (erro provável)} \\ \text{a } 4^\circ\text{C} &= 2,262 \pm 0,003 \text{ (erro provável)} \end{aligned}$$

Os cristais apresentam-se inteiramente incolores e birrefringência baixa, $\gamma_{\gamma} (1,519) - \gamma_{\alpha} (1,512) = 0,007$. O valor do índice de refração intermediário é $\gamma_{\beta} = 1,518$.



Feixes divergentes de cristais de scolecita em basalto amigdaloidal.

Os cristais apresentam elongação negativa e os ângulos de extinção nas secções longitudinais, medidos em numerosos cristais apresentaram os valores seguintes:

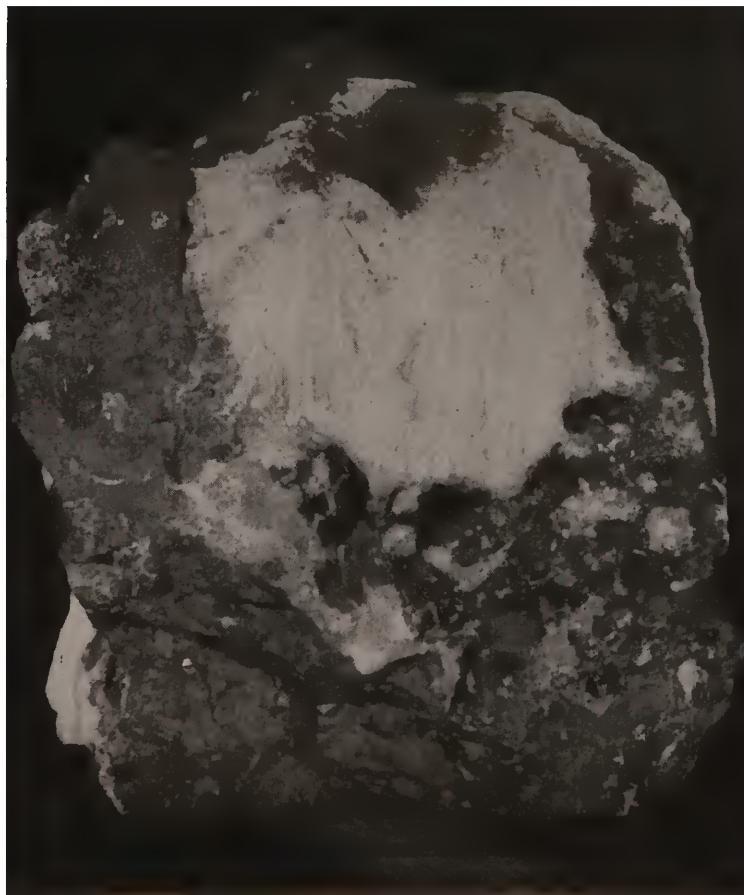
9°	—	14°10'
13°30'	—	25°10'
9°30'	—	11°30'
14°	—	19°30'
13°	—	20°
13°30'	—	25°10'
14°	—	20°50'

A variação dos valores angulares se deve, provavelmente, ao fato de não ter sido possível isolar secções perfeitamente normais a {010}, dada a clivagem distinta segundo {110}.

As secções normais ao comprimento dos cristais tabulares exibem a geminação característica.

A extinção não é paralela ao traço de geminação, variando de indivíduo para outro. Os dados abaixo foram obtidos estudando cristais cortados normalmente ao comprimento, onde é fácil a verificação das faces de prismas e o traço do plano de {100}, plano de geminação:

1. ^o indivíduo	—	26°30'	,	2. ^o indivíduo	—	20°
"	—	21°	,	"	—	9°30'
"	—	19°	,	"	—	12°30'



Basalto amigdaloidal do rio Pelotas, com numerosas amigdalas contendo heulanditas e scolecita. Aqui, também é fácil ver os feixes divergentes de cristais de scolecita.

A bissetriz aguda (negativa) é quase perpendicular à secção normal às faces do prisma {110}, Fig. 3.

O ângulo dos eixos óticos é relativamente pequeno. Medido em numerosos cristais, na platina de Federov, tem-se como valor médio:

$$2V = \pm 36^\circ$$

Muitas secções parecem mostrar anomalias óticas. Desses são mais comuns as seguintes: diferentes ângulos de extinção nas duas partes do geminado, mesmo quando as duas metades são igualmente orientadas, e divisão dos indivíduos que se geminam em diferentes campos, apresentando comportamentos diversos. Em muitos geminados verificou-se que as partes opostas, pertencentes a indivíduos diferentes, apresentam extinção simultânea. Contudo, isso não é a regra. Extinção ondulante é muito comum nos cristais.

A scolecita do rio Pelotas contém proporções mínimas de potássio e sódio. Bário e estrôncio não foram identificados na análise química.

BIBLIOGRAFIA

Citada

FRANCO, R. R. (1952), *Zeólitas dos basaltos do Brasil meridional*: Bol. Fac. Fil. Ci. Let. n.º 150, Mineralogia n.º 10, pp 1-69.

MICHELL, H. (1911), *Ein neues Zeolithvorkommen im böhmischen Mittelgebirge*: Tschermak Min. Petr. Mitt., vol. 30, pp. 482-496.

Consultada

GORGÉY, R. (1909), *Über Mesolith*: Tschermaks Min. Petr. Mitt., vol. 28, pp. 77-105.

HAÜY, R. J. (1801), *Traité de Min.* (Paris), vol. 3, p. 159.

HEY, M. H. (1936), *Studies on the zeolites. Part IX. Scolecite and Metascolecite*: Min. Mag., vol. XXIV, n.º 152, pp. 227-253.

HUSSAK, E. (1890), *Notas sobre zeolitas do augito-porphyrito de São Paulo e Santa Catarina*: Bol. Com. Geogr. Geol., E. de São Paulo, n.º 7, pp. 244-251.

KALB, G. (1932), *Die Vizinalerscheinungen auf den Hauptformen der Skolezitkristalle*: Zeits. Kryst., vol. 81, pp. 243-247, 333-351.

- LACROIX, A. (1885), *Sur le diagnostic des zéolithes en l'absence de formes cristallines déterminables*: Bull. Soc. Min. France, vol. 8, pp. 321-365.
- LUEDECKE, O. (1881), *Mesolith und Skolezit*: Neues Jahrb. Min., vol. 2, pp. 1-41.
- RINNE, F. (1894), *Beitrag zur Kenntniss des Skolezits*: Neues Jahrb. Min., vol. 2, pp. 51-68.
- RINNE, F. (1923), *Bemerkungen zur Röntgenographie des Skolezits und Metaskolezits*: Neues Jahrb. Min., Beil. — Bd. 48, p. 240.
- SCHMIDT, C. (1886), *Beiträge zur Kenntniss des Skolezit*: Zeits. Kryst. Min., vol. 11, pp. 587-596.
- STOKLOSSA, G. (1918), *Über die Natur des Wassers in den Zeolithen*: Neues Jahrb. Min., Beil. — Bd. 42, p. 1.
- TAYLOR, W. H., Meek, C. A. e Jackson. W. W. (1933), *The structure of the fibrous zeolites*: Zeits. Kryst., vol. 84, pp. 373-398.
- THUGUTT, S. J. (1948), *Zeolites: Chemical properties and origin*: An. Soc. Geol. Pologne, vol. XVIII, pp. 5-35.
- ZEPHAROVICH, V. von (1884), *Skolezitkrystalle aus Island*: Zeits. Kryst. Min., vol. 8, p. 588.
- WINCHELL, A. N. (1925), *A new theory of the composition of the zeolites, Part II*: Am. Min., vol. 10, pp. 112-117.
- WYART, J. (1933), *Recherches sur les zéolites*: Bull. Soc. Franç. Min., vol. 56, pp. 81-188.

Trifilita de Picuí, Paraíba, Brasil

RUI RIBEIRO FRANCO E MURILLO CABRAL PORTO
(Departamento de Mineralogia e Petrografia, Universidade de São Paulo)

BENEDICTO ALVES FERREIRA
(Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo)

INTRODUÇÃO

Em seu trabalho, "Graftonita de São Luiz do Paraitinga", (1952) os autores Rui Ribeiro Franco e Murillo Cabral Porto manifestaram o desejo de estudar, com os pormenores possíveis, minerais fosfatados originados em pegmatitos.

Assim, o objeto do presente estudo é o fosfato denominado *trifilita*, encontrado em pegmatitos da região de Picuí, estado da Paraíba, região nordeste do Brasil. O material que serviu para estudo é um pedaço de trifilita de forma irregular, desprovido de faces naturais, Fig. 1. Encontra-se na coleção de amostras do Museu de Mineralogia e Petrografia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo e foi doado pelo eng. Evaristo Penna Scorza, do Departamento Nacional da Produção Mineral, Rio de Janeiro.

CARACTERES MACROSCÓPICOS

A trifilita em questão apresenta-se em alguns pontos de côn verde-cinzenta e em outros de coloração cinza-azulada.

Ao longo dos planos de clivagem ocorre comumente material friável, de coloração amarela ou azul que, sem dúvida, constitui minerais de alteração. Algumas veias de material escuro, provavelmente limonita e óxidos de manganês ocorrem não só ao longo dos planos de clivagem mas também em outras direções. A dureza oscila ao redor de 5 e o peso específico é 3,496 a 18º C.

Para melhor confronto com outras trifilitas e litiofilitas já estudadas os autores reproduziram o quadro da Fig. 2, introduzindo nele o peso específico da trifilita de Picui. No quadro pode-se verificar que à medida que aumenta o conteúdo de FeO, aumenta também o peso específico.

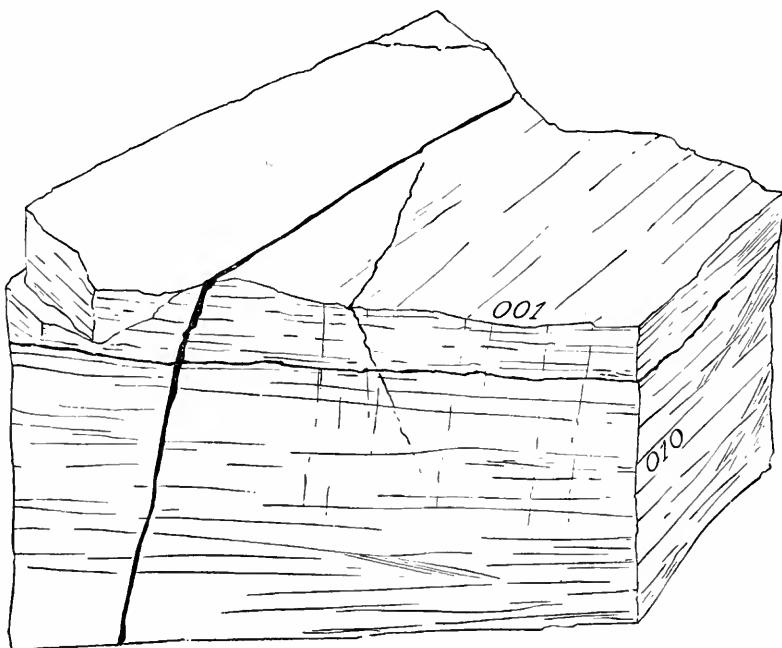


Fig. 1

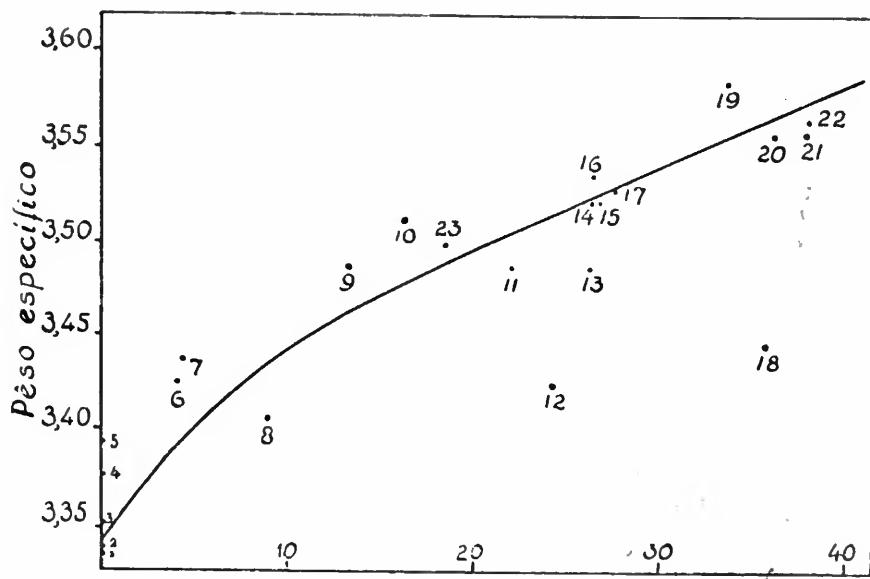
PROPRIEDADES ÓTICAS

Os dados óticos contidos neste trabalho foram obtidos utilizando-se, principalmente, o método de imersão. Foram feitas, contudo, secções delgadas orientadas. A tabela 1 fornece os índices de refração e outros valores óticos determinados à temperatura de 18° C.

Tabela 1

CONSTANTES ÓTICAS PARA A TRIFILITA DE PICUI, PARAIBA, BRASIL.

Indices de refração	Outras propriedades
$n \alpha = 1,686 \pm 0,002$	$2V = \pm 30^\circ$
$n \beta = 1,686 \pm 0,002$	Dispersão forte $r < v$
$n \gamma = 1,690 \pm 0,002$	Biaxial positivo



Porcentagem de FeO

Fig. 2

Quadro demonstrativo da variação do peso específico de trifilita-litiofilita com o aumento de FeO. Seg. C. A. Chapman, Am. Min. 28, 90 (1943).

- 1 — 5 — Zambonini e Malossi, Zeits. Krist., 80, 449 (1931)
- 6 e 7 — Brush e Dana, Zeits. Krist., 2, 546 (1878)
- 8 — Penfield, Am. Jour. Sci., (3) 26, 176 (1883)
- 9 — Penfield, Am. Jour. Sci., (3) 17, 228 (1879)
- 10 — Penfield, Am. Jour. Sci., (3) 26, 176 (1883)
- 11 — Walker, Contr. to Canad. Min., 10 (1931)
- 12 — Quensel, Geol. Foren. Forhandl. Stock., 59, 77 (1937)
- 13 — Penfield, Am. Jour. Sci., (3) 17, 226 (1879)
- 14 e 15 — Penfield, Am. Jour. Sci., (3), 18, 425 (1877)
- 16 — Penfield, Am. Jour. Sci., (3), 17, 226 (1879)
- 17 — Wherry, U. S. Nat. Mus., Proc., 49, 466 (1916)
- 18 — Trifilita de Newport, New Hampshire.
- 19 — Penfield, Am. Jour. Sci., (4), 9, 20 (1900)
- 20 — Penfield, Am. Jour. Sci., (3) 17, 226 (1879)
- 21 e 22 — Oesten, Pogg. Ann., 107, 436 (1859)
- 23 — Trifilita de Picui, Paraíba, Brasil.

Os autores verificaram que secções normais à bissetriz aguda ($n\gamma$) e secções normais a um dos eixos óticos da trifilita de Picui exibem côres de interferência anô malas, sendo as mais comuns o "ultra azul" e o "castanho claro". Pequenos fragmentos orientados normalmente à direção $n\gamma$ exibem ao microscópio curiosa textura granofírica entre a trifilita e outro mineral não identificável. Estas texturas lembram, muito de perto, as texturas micropegmatíticas (feldspato potássico e quartzo) e as mirmecíticas (plagioclásio e quartzo), Fig. 3. Comuns também, em secções normais a $n\gamma$, são as texturas denominadas microplaquíticas, Fig. 4. No interior de muitas plaquitas aparecem pequeninos círculos que lembram bolhas de ar em líquido E' muito provável que a trifilita de Picui haja sido formada em ambiente aquoso, possivelmente na fase hidrotermal.

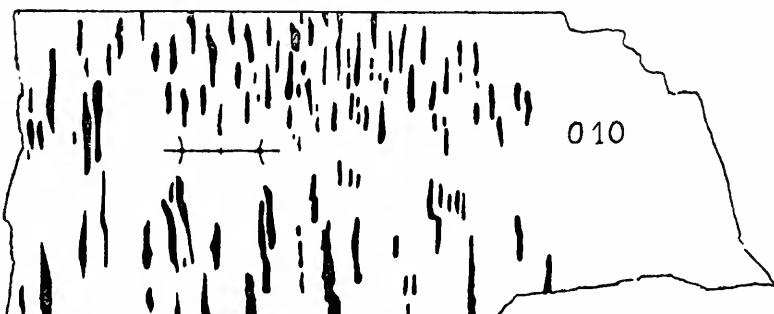


Fig. 3

Textura de implicação entre trifilita e um mineral não identificável, de coloração amarela.

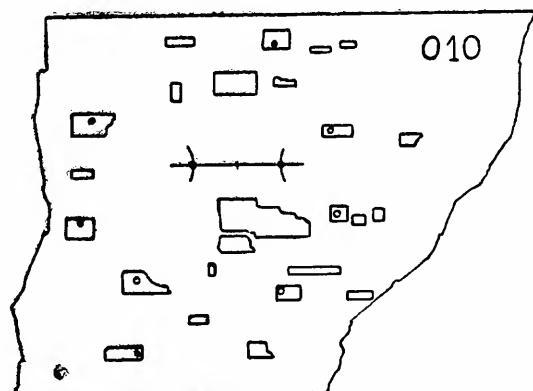


Fig. 4

Nesta figura é fácil reconhecer as plaquitas e os pequeninos círculos que devem corresponder a bolhas no interior de um líquido.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A análise química da trifilita de Picui, realizada por um dos autores, B. A. Ferreira, forneceu os dados seguintes:

Li ₂ O	8,20%
Na ₂ O	0,40
FeO	18,10
MnO	24,00
CaO	—
MgO	—
P ₂ O ₅	43,60
H ₂ O (—)	0,30
SiO ₂	0,40
Fe ₂ O ₃	3,60
K ₂ O	—
H ₂ O (+)	0,90
<hr/>	
	99,50%

A tabela 2, permite comparar os valores encontrados na análise química da trifilita de Picui e os encontrados na literatura.

Tabela 2
COMPILAÇÃO DE ANÁLISES QUÍMICAS DA TRIFILITA

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Li ₂ O	9,47	8,36	6,95	8,59	8,86	8,36	8,20
Na ₂ O	—	1,05	2,71	—	0,15	0,12	0,40
FeO	45,54	32,93	31,09	35,06	29,13	21,70	18,10
MnO	—	3,11	8,49	11,40	15,96	21,13	24,00
CaO	—	—	6,13	—	0,31	0,65	—
MgO	—	7,38	—	—	0,42	0,23	—
P ₂ O ₅	44,99	46,03	41,08	44,43	44,87	46,41	43,60
H ₂ O (—)	—	0,77 (±)	0,42 (±)	—	0,48 (±)	0,99 (±)	0,30
SiO ₂ ...	—	0,33	—	—	—	—	0,40
Fe ₂ O ₃	—	—	2,76	—	—	—	3,60
K ₂ O	—	0,45	traços	—	0,07	0,44	—
H ₂ O (+)	—	—	—	—	—	—	0,90
Rem.	—	3,19	0,50	0,60	0,21	0,20	—

I. LiFe''(P₂O₅)

II. Trifilita, Newport, N. Hamp.. Rem. = K₂O 0,45; SiO₂ etc.

III. Trifilita, Sukula, Finlandia.

IV. Trifilita, Hagendorf, Bavaria.

V. Trifilita, Center Strafford, N. Hamp.

VI. Trifilita, Pointe du Bois, Manitoba.

VII. Trifilita, Picui, Paraíba, Brasil.

A tabela 3 fornece os dados para o cálculo da fórmula química a partir na análise química e das relações moleculares.

Tabela 3

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E RELAÇÕES MOLECULARES PARA A TRIFILITA DE PICUI, PARAIBA.

Análise (em porcentagem)	Relações moleculares			
Li ₂ O 8,20%	0,5466			
Na ₂ O 0,40	0,015874			
FeO 18,10	0,2514			
MnO 24,00	0,3380			
CaO —				
MgO —				
P ₂ O ₅ 43,60	0,6140			1,0000
H ₂ O (—) 0,30 (—)				
SiO ₂ 0,40				
Fe ₂ O ₃ 3,60	0,0450	1,1968	1,9491	
H ₂ O (+) 0,90				
K ₂ O —				
	99,50%			
P. esp. = 3,496				

Dos resultados das análises químicas e do cálculo das relações moleculares verifica-se que o mineral em questão segue muito de perto as exigências quanto à sua composição química e relação entre elementos bi- e monovalentes. Assim, na tabela 4, verifica-se a relação para:



(afim de fornecer dados comparativos com outras análises realizadas anteriormente, são computados também dados extraídos do trabalho de Penfield (1879) e dados calculados a partir da análise química obtida no trabalho de Chapman (1943).

Tabela 4

Localidades	Relação $P : \overset{II}{R} : \overset{I}{R}$		
	P	$\overset{II}{R}$	$\overset{I}{R}$
Trifilita, Bodenmais	0,608	: 0,652 : 0,552	= 1 : 1,07 : 0,91
" , Norwich	0,630	: 0,633 : 0,632	= 1 : 1,00 : 1,00
" , Grafton	0,620	: 0,651 : 0,598	= 1 : 1,05 : 0,97
" , Newport	0,648	: 0,685 : 0,665	= 1 : 1,05 : 1,02
" , Paraiba	0,614	: 0,634 : 0,562	= 1 : 1,03 : 0,91

Segundo Penfield, todos êsses dados se aproximam muito da relação requerida pela fórmula geral que o citado Autor determinou para os fosfatos da série trifilita-litiofilita: $\overset{III}{R}RPO_4$.

Ainda segundo Penfield (1879), deve existir a relação 1:1,5 entre P:

$\overset{II}{R} + \overset{I}{R}$. Na tabela 5 são fornecidos os valores extraídos de seu trabalho, os calculados a partir dos dados fornecidos por Chapman (1943) e os obtidos para o presente mineral.

Tabela 5

Localidades	Relação $1 : 1,5 = P : \overset{II}{R} + \overset{I}{R}$		
	P	$\overset{II}{R} + \overset{I}{R}$	
Trifilita, Bodenmais	1,0	: 1,52	
" , Norwich	1,0	: 1,50	
" , Grafton	1,0	: 1,53	
" , Newport	1,0	: 2,08	
" , Paraiba	1,0	: 1,49	

Presumem os autores do presente trabalho que a discrepância observada nos dados para o mineral estudado por Chapman seja devida à elevada porcentagem de MgO que ele apresenta (7,38).

O mineral em estudo pertence à serie isomorfa litiofilita-trifilita. A correlação entre as relações moleculares de Fe e Mn é a seguinte:

$$\text{Fe} : \text{Mn} = 1,00 : 1,34$$

A trifilita de Picui, pela sua elevada porcentagem de MnO, situa-se em posição mais ou menos intermediária na série. Todavia, os índices de refração, ligeiramente mais altos que os da litiofilita (litiofilita $n_x = 1,676$; $n_\beta = 1,679$; $n_\gamma = 1,687$) e o ângulo dos eixos óticos sensivelmente mais baixo (cerca de 30° , enquanto que o valor citado comumente para a litiofilita oscila do redor de 60°) permitem classificar o material em estudo, com segurança, como trifilita.

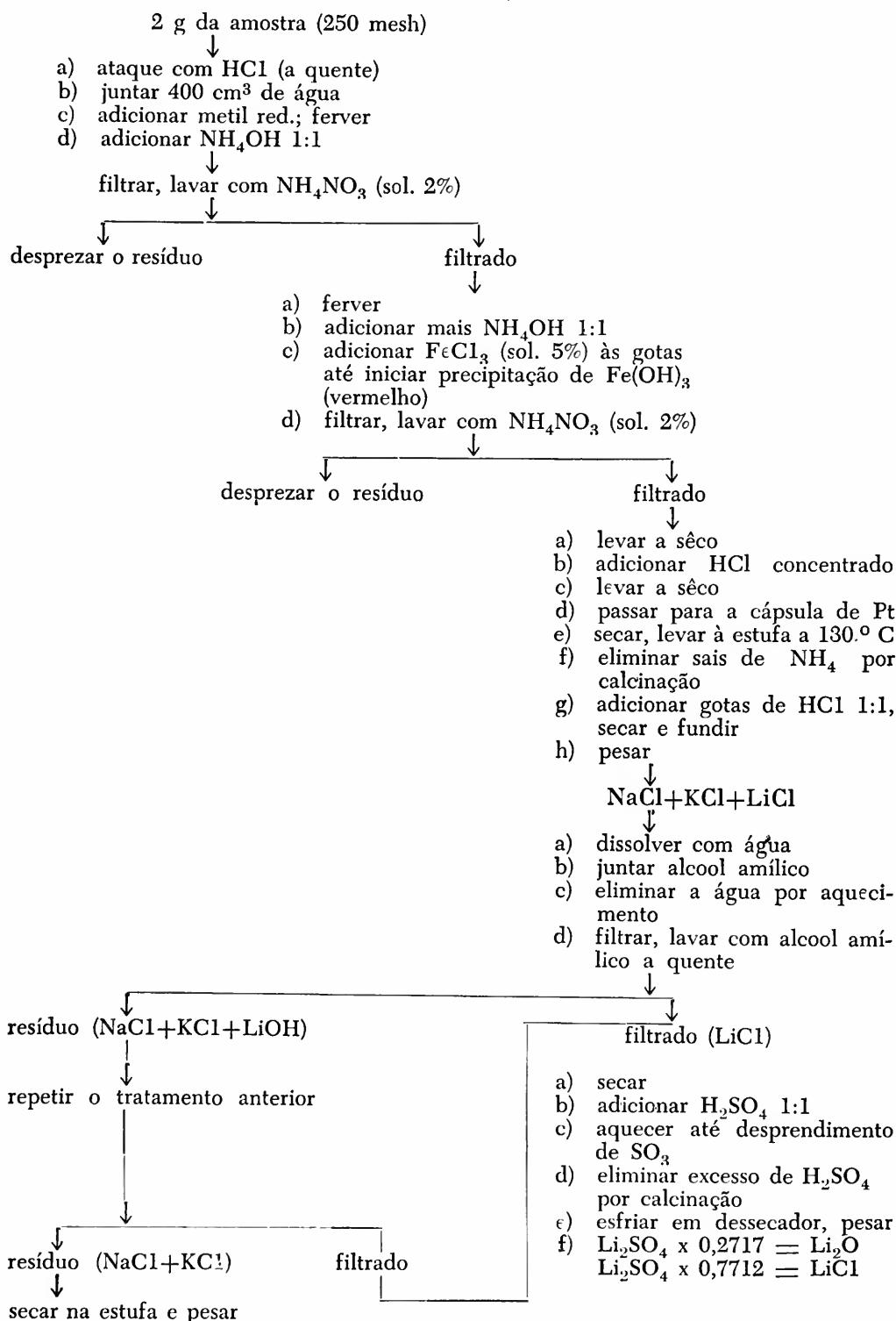
A tabela 6 fornece os elementos para a comparação entre a relação Fe : Mn da trifilita de Picui e diversas outras estudadas até então.

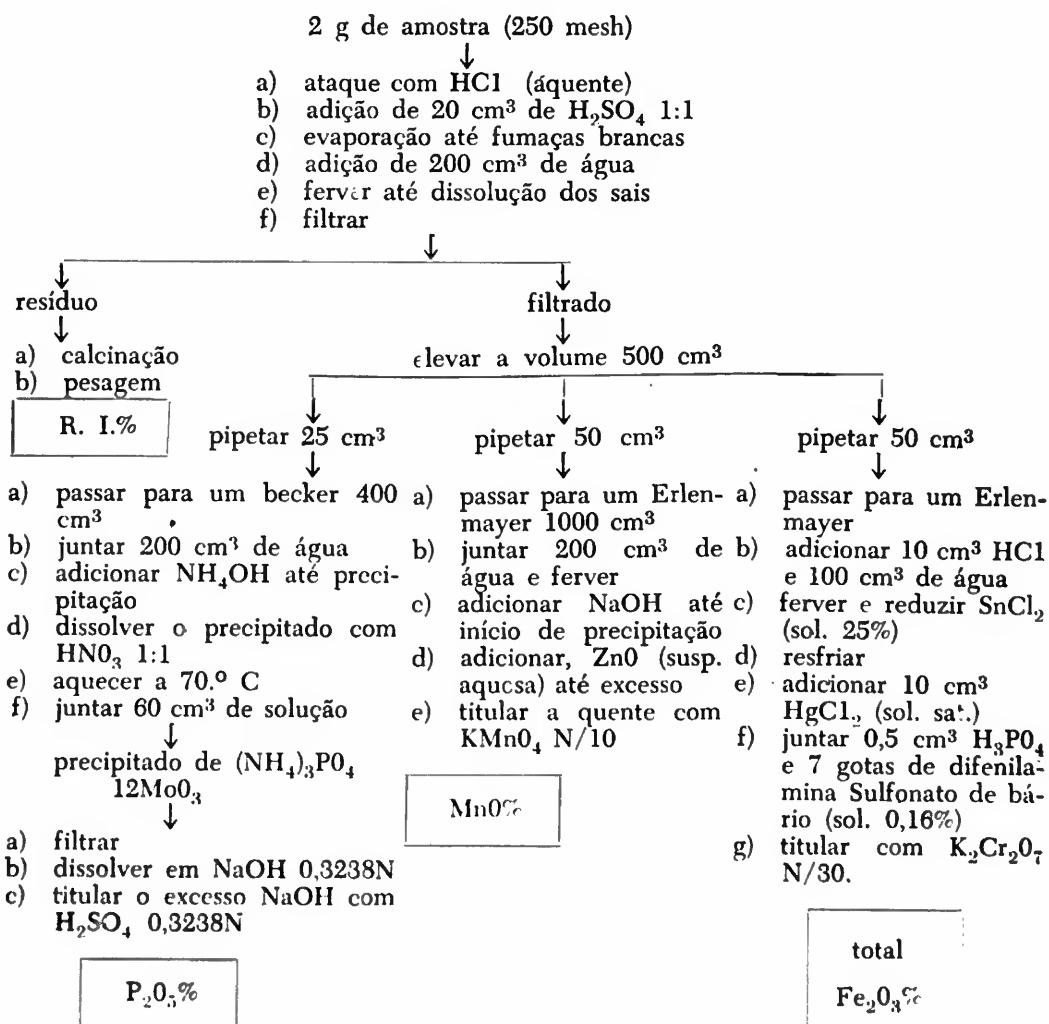
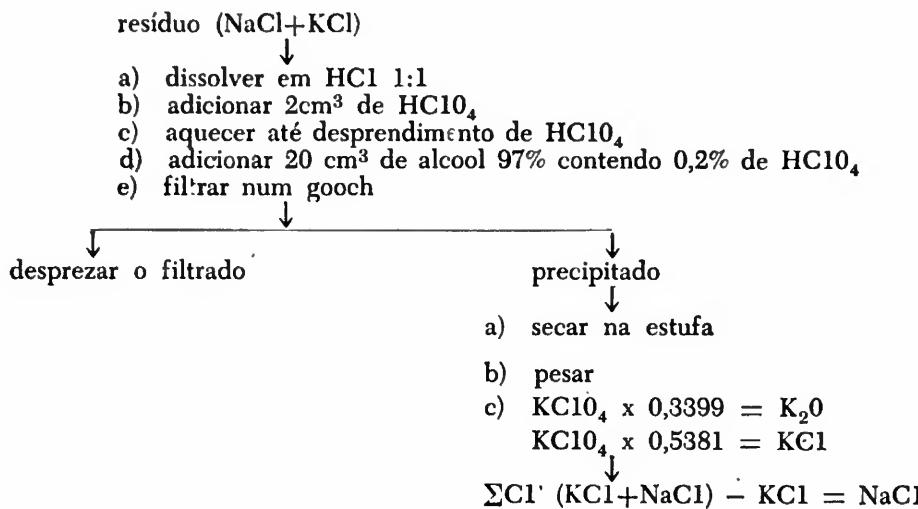
Tabela 6

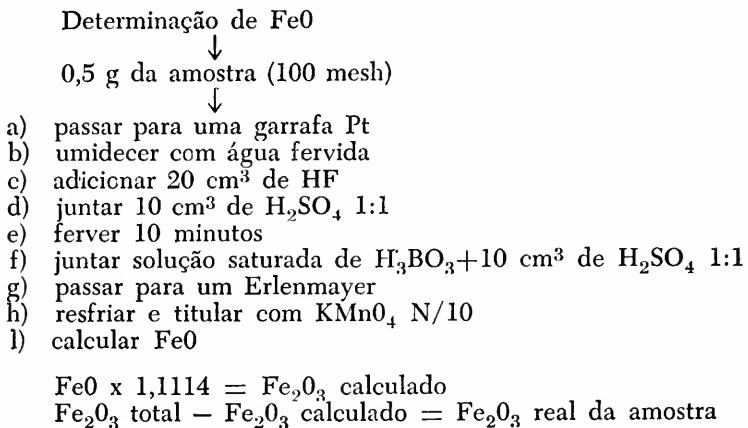
Relação Fe : Mn

Trifilita, Center Straf.	1,0 : 0,55
" , Newport	1,0 : 0,15
" , Bodenmais	1,0 : 0,25
" , Norwich	1,0 : 0,68
" , Paraíba	1,0 : 1,34

**MÉTODO ESQUEMÁTICO PARA ANÁLISE DE FOSFATO DE LÍTIO
(TRIFILITA)**







AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Prof. Elysiário Távora Filho, da Faculdade Nacional de Filosofia, Universidade do Brasil, a análise roentgenográfica do material e ao sr. Deocleciano Soares de Araujo, as lâminas delgadas.

BIBLIOGRAFIA

- CHAPMAN, C. A. (1943), *Large magnesia-rich Triphylite crystals in pegmatite*: Am. Min., vol. 28 p. 90.
- DANA, E. S. (1947), *A Textbook of Mineralogy*: John Wiley & Sons, Inc., New York, N. Y.
- FRANCO, R. R. e Porto, M. C. (1952), *Graftonita de São Luiz do Paraitinga, SP*: An. Acad. Bras. Ci., vol. 24 n.º 3, p. 267.
- HINTZE, C. (1933), *Handbuch der Mineralogie*, vol. 1; met. 1a., p. 226.
- PENFIELD, S. L. (1879), *On the chemical composition of Triphylite*: Am. Jour. Sci. vol. 17 (3), p. 226.
- PENFIELD, S. L. e Pratt, J. H. (1895), *Effect of the mutual replacement of manganese and iron on the optical properties of lithiophyllite and triphylite*: Am. Jour. Sci., vol. 50 (3), p. 387.

**INDÚSTRIA GRÁFICA
JOSÉ MAGALHÃES LTDA.
Rua Spartaco, 215
SÃO PAULO — BRASIL**

