

NUCLEBRÁS
EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A.
ESCRITÓRIO REGIONAL DE CURITIBA
CONVENIO NUCLEBRÁS/MINEROPAR

INCLUSÕES FLUIDAS DA JAZIDA DE FLUORITA
DE VOLTA GRANDE, MUNICIPIO CERRO AZUL-PR

ESTUDO PRELIMINAR

KAZUO FUZIKAWA

OUT/83

NUCLEBRÁS
EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A.

MINERAIS DO PARANÁ S/A.
MINEROPAR
BIBLIOTECA

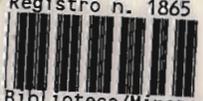
CONVÊNIO NUCLEBRÁS/MINEROPAR
INCLUSÕES FLUIDAS NA JAZIDA DE FLUORITA DE
VOLTA GRANDE, MUNICÍPIO DE CERRO AZUL, PR
ESTUDO PRELIMINAR
- outubro, 1983 -

por KAZUO FUZIKAWA

553.634
(816.22)
N 962

NUCLEBRAS - ASPC-PM
N. 109 (ne)
DIA 19/10/83 Hora 1115
Arasel
RUBRICA

ESTADO PARANÁ
SECRETARIA DE MINERARIA
VOLTA GRANDE, MUNICIPIO DE VOLTA GRANDE
INSTRUMENTO PUBLICO Nº 1865 DE 1985
RECORDE Nº 1865

REGISTRO Nº 1865

Biblioteca/Minerpar

MINEROPAR
Minerais do Paraná S/A.
BIBLIOTÉCA
REG. 1865 DATA 22/10/85

1800



0.1 mm

NUCLEBRÁS

EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A

Inclusão fluída primária mais frequente da Jazida de Fluorita de Volta Grande. Esta inclusão, em particular, acha-se situada na face 001 da barita (BAR-02, tipo 2). Além das fases líquida e de vapor, ocorre uma fase sólida, diminuta, arredondada de natureza desconhecida, situada a 3,5 cm acima e ligeiramente à direita da bolha. A temperatura de homogeneização dessas inclusões situou-se na faixa de 130-140°C, não tendo sido considerada a fase sólida. As salinidades determinadas indicaram 3,0% de equivalente de NaCl em peso.

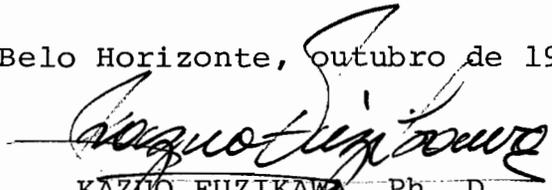
APRESENTAÇÃO

O presente estudo, executado sob os auspícios do convênio MINEROPAR - NUCLEBRÁS, abrangeu o estudo de inclusões fluidas em minerais do minério e da ganga da Jazida de Fluorita de Volta Grande, de propriedade da MINEROPAR e localizada no município de Cerro Azul, Paraná.

O trabalho se estendeu de 29/08/83 a 11/10/83, abrangendo um período de 44 dias contínuos. Com exceção das duas visitas à MINEROPAR, os estudos foram feitos no laboratório de inclusões fluidas do Escritório Regional de Belo Horizonte da NUCLEBRÁS e obedeceram o seguinte calendário:

- 26/08/83 - Recebimento das amostras coletadas pela MINEROPAR e respectivas lâminas;
- 29 a 31/08/83 - Exame preliminar das lâminas recebidas;
- 01 a 03/09/83 - Visita à MINEROPAR e à Jazida de Fluorita de Volta Grande. Amostragem complementar e discussão dos trabalhos a serem executados;
- 04 a 25/09/83 - Estudo e medidas microtermométricas das inclusões fluidas. Confecção de lâminas suplementares. Testes de esmagamento. Interpretação dos resultados.
- 26/09 a 01/10/83 - Integração dos resultados. Confecção da minuta do relatório. Estudos complementares de microtermometria e de esmagamento.
- 03 e 04/10/83 - Visita à MINEROPAR e discussão dos resultados obtidos.
- 05 a 11/10/83 - Elaboração final do relatório: correções, desenhos, fotografias, datilografia e montagem. Encaminhamento do relatório ao EBHO.PM.

Belo Horizonte, outubro de 1983


KAZUO FUZIKAWA, Ph. D.

CREA nº 12221-D - 5ªR

NUCLEBRÁS

EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A.

INCLUSÕES FLUIDAS NA JAZIDA DE FLUORITA DE
VOLTA GRANDE, MUNICÍPIO DE CERRO AZUL, PR

ESTUDO PRELIMINAR

Í N D I C E

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	02
2. METODOLOGIA DE TRABALHO	02
3. RESULTADOS OBTIDOS	03
3.1. Fluoritas	03
3.2. Minerais Associados	09
4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	15
5. REFERÊNCIAS	18

ANEXOS

ILUSTRAÇÕES FOTOGRÁFICAS	19
--------------------------------	----

1. INTRODUÇÃO

Inclusões fluidas são quantidades microscópicas de fluidos aprisionados nos minerais durante ou após a sua cristalização. Elas são, desse modo, amostras dos fluidos presentes durante a formação das jazidas. Como tais, não é difícil entender a sua importância no estudo da gênese dessas jazidas. Elas permitem conhecer em menor ou maior grau a composição química dos fluidos e as condições físico-químicas de pressão, temperatura, pH e densidades reinantes na época da deposição e as modificações posteriores havidas.

Os dados dos contextos geológicos regional, local e da jazida, sobre as quais se basearam as interpretações dos resultados obtidos, são os constantes do relatório de Felipe e Biondi (1983).

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

No exame inicial das lâminas ou fragmentos de minerais, foram estudados a frequência e o tamanho das inclusões, o modo de ocorrência, a morfologia, as fases presentes e as relações entre as mesmas; a viscosidade, a cor, as características de molhamento e os índices de refração das fases fluidas e as propriedades cristalográficas e ópticas, das fases sólidas inclusas.

Essas observações permitem principalmente a distinção entre as inclusões primárias - aquelas originadas durante a cristalização do mineral, indicando portanto contemporaneidade do fluido e do mineral - e as inclusões secundárias - aquelas aprisionadas numa época posterior à cristalização do mineral. Em certos casos, quando ocorre mais de um tipo de inclusões secundárias, é possível o estabelecimento de uma cronologia dos diversos tipos presentes. Critérios para a distinção entre inclusões primárias e secundárias, têm sido amplamente debatidos. Roedder (1982) apresenta uma lista bastante completa desses critérios.

Em seguida, foram estudados os comportamentos das diversas fases durante a microtermometria e anotadas as temperaturas em que ocorriam as mudanças de fase. Essas medidas foram efetuadas na platina de aquecimento do modelo fabricado e comercializado pela CHAIX-MECA LTD. (França) (foto 1). O equipamento tem uma capacidade teórica de trabalho no intervalo de -180° a $+600^{\circ}\text{C}$.

A microtermometria permite a obtenção da composição qualitativa e quantitativa dos fluidos de modo indireto. Permite também obter pelo menos a temperatura mínima de formação das inclusões e, portanto, da cristalização do mineral, se as mesmas são primárias. Quando existe a possibilidade de se conhecer a pressão por meios independentes, a correção da temperatura devida à mesma pode ser obtida, podendo-se, então, chegar à temperatura real de formação do depósito mineral, do mineral ou da rocha. De qualquer modo, a pressão mínima pode sempre ser estimada, desde que se conheça a temperatura mínima de formação da inclusão e desde que se disponha do diagrama P-T do fluido da inclusão.

Dados complementares foram obtidos na platina de esmagamento que é fabricada pela mesma firma. Essa técnica permite obter uma estimativa empírica da pressão dos fluidos das inclusões, bem como uma determinação qualitativa de alguns gases presentes na inclusão. Fuzikawa (1980) aplicou o método em amostras das jazidas uraníferas de Lagoa Real - BA. As primeiras platinas remontam a Deicha (1950), mas o princípio já fora utilizado por Davy (1822).

3. RESULTADOS OBTIDOS

Em primeiro lugar serão apresentados os resultados dos estudos das inclusões fluidas em fluorita. Em seguida, serão descritos os resultados obtidos nos minerais associados a ela: barita, carbonato e sílica.

3.1. Fluoritas

Foram efetuados estudos microtermométricos em seis amostras, procurando abranger fluoritas do minério primário e fluoritas tardias de diversos tipos, cuja cristalização se processou pela formação de diversas crostas sobre o minério primário. A fluorita primária se apresenta geralmente em granulação fina e com abundância de inclusões sólidas opacas (óxidos e hidróxidos de Fe, possivelmente), dando um aspecto sujo à lâmina e dificultando o estudo (foto 3). Por outro lado, a fluorita tardia apresentava-se geralmente límpida e com inclusões fluidas maiores e mais abundantes.

A morfologia das inclusões, nos dois tipos de fluorita, era semelhante: poliédricas (angulosas ou não) (fotos 3 e 5) e plano-alongadas (foto 4). Aparentemente essas morfologias não apresentam nenhuma correlação com a cronologia e a composição das inclusões.

As inclusões eram todas monofásicas ou bifásicas. Todavia, esse fato deixa de ter uma importância fundamental, devido a um pronunciado fenômeno de metaestabilidade.

Amostra VGF-15 (67,0 m)

Conforme pode ser visto no histograma da figura 1, nessa amostra foi possível o estudo de três populações distintas de inclusões:

- a) na fluorita primária;
- b) na fase inicial da fluorita tardia;
- c) na fase final da mesma.

As temperaturas de homogeneização (T_H) das inclusões bifásicas e as respectivas salinidades, foram de:

- a) 150° - 158° C e 5,6% NaCl*
- b) 130° - 140° C e 4,4% NaCl
- c) 120° - 145° C e 0,0% a 2,4% NaCl.

(*) Essa notação significa "% equivalente de NaCl em peso".

Isso mostra, claramente, um decréscimo da temperatura e da salinidade desde a fase inicial do processo de mineralização, embora as inclusões apresentassem sempre o mesmo aspecto (foto 3).

Os testes de esmagamento mostraram uma liberação "forte" de gás que se dissolveu rapidamente em querosene (fig. 2). O padrão das curvas indica que os gases são provavelmente, constituídos por uma mistura de hidrocarbonetos leves.

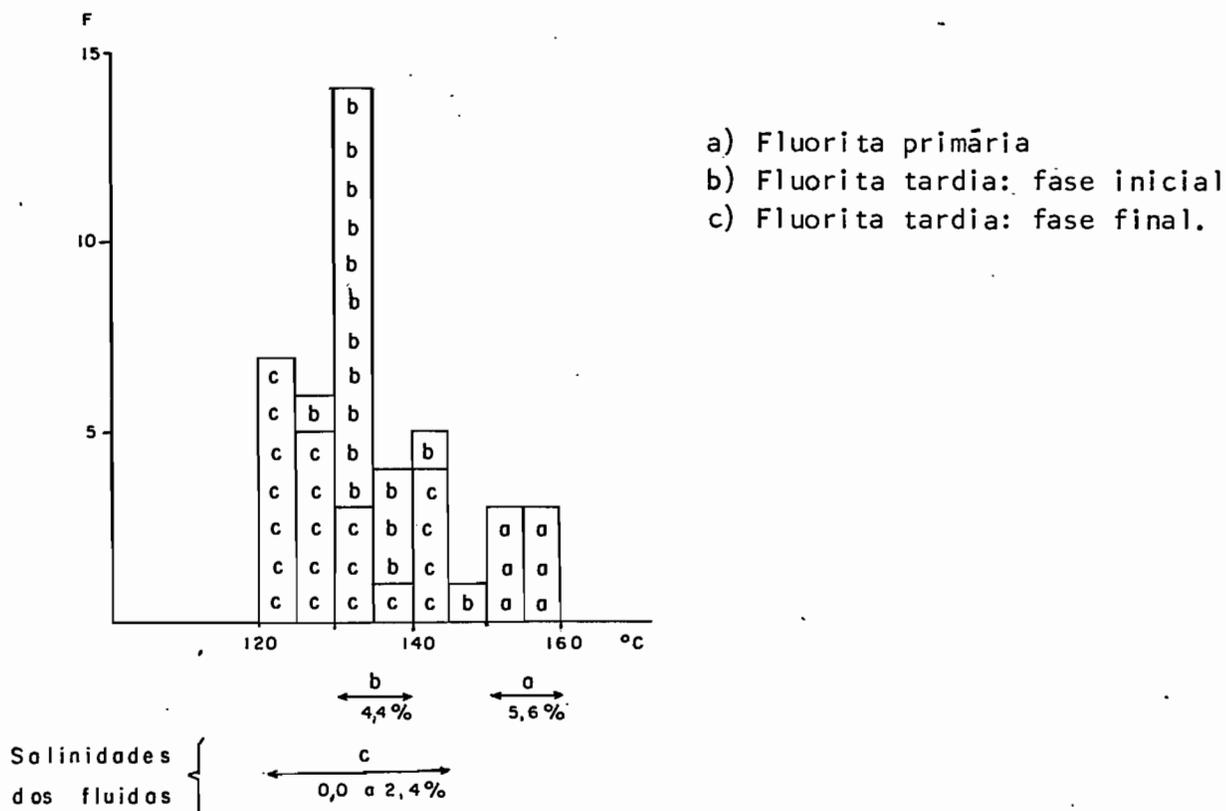


Fig. 1: Temperaturas de homogeneização e respectivas salinidades. Amostra VGF-15.

Amostra RG-519

A amostra é constituída de fluorita do minério primário. Embora a fluorita apresentasse boa transparência, as inclusões fluidas eram escassas. As estudadas por microtermometria e as outras examinadas na lâmina, tinham aspecto similar aos da foto 3 (Amostra VGF-15).

AS T_H encontradas apresentaram valores próximos a 180°C e salinidade de 2,5% de NaCl. Apesar do número de medidas ser pequeno, são importantes por serem dados provenientes do minério primário.

Amostra VGF-5 (62,9 m)

Essa amostra foi escolhida pelo fato de conter inclusões fluidas provenientes de vênulas de fluorita cortando o minério primário. Estas vênulas são anteriores à fluorita tardia crustificada

da amostra FGF-15 ou das descritas adiante. Os resultados poderiam indicar condições diferentes das encontradas nas outras amostras. No entanto, os resultados confirmaram a faixa de temperatura e composição encontradas para a jazida.

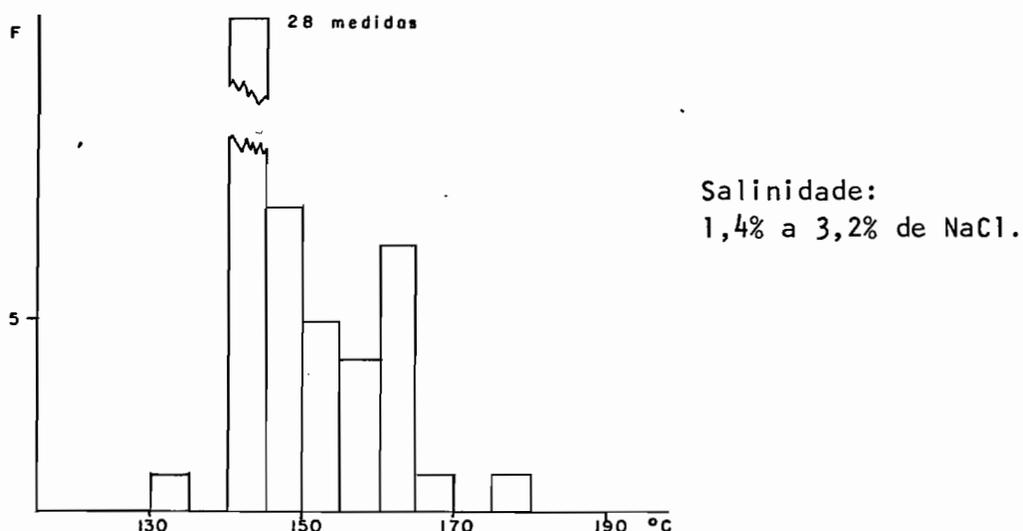


Fig. 3: Temperatura de homogeneização das inclusões bifásicas. Amostra VGF-5.

Amostra de "Fluorita Euédrica Tricolor"

O estudo dessa amostra foi efetuado em função do aparente zoneamento em três cores dos cristais cúbicos de fluorita e uma possível diferenciação térmica durante a deposição de cada uma dessas fases cromáticas.

Um exame microscópico mostrou que, na realidade, os cristais cúbicos exibiam somente duas cores: uma interna (lilás - claro) e uma externa (incolor), separadas por uma película amarela. Essa dava, erroneamente, a idéia de uma terceira zona.

Os estudos foram efetuados nas duas zonas desses cristais e nas inclusões da fluorita crustiforme (rôsea) (foto 4), que servia de suporte para a deposição dos cristais cúbicos zonados.

A figura 4 mostra os histogramas de criometria (A) e homogeneização (B) das inclusões desses três níveis de fluorita. As T_H são mais elevadas para os níveis das fluoritas coloridas e bem inferiores para as incolores. As duas medidas dessas últimas são de inclusões primárias (foto 5).

A variação da salinidade de 0,0% a 3,8% de NaCl, indica a ocorrência de u'a mistura de fluidos salinos e águas meteóricas.

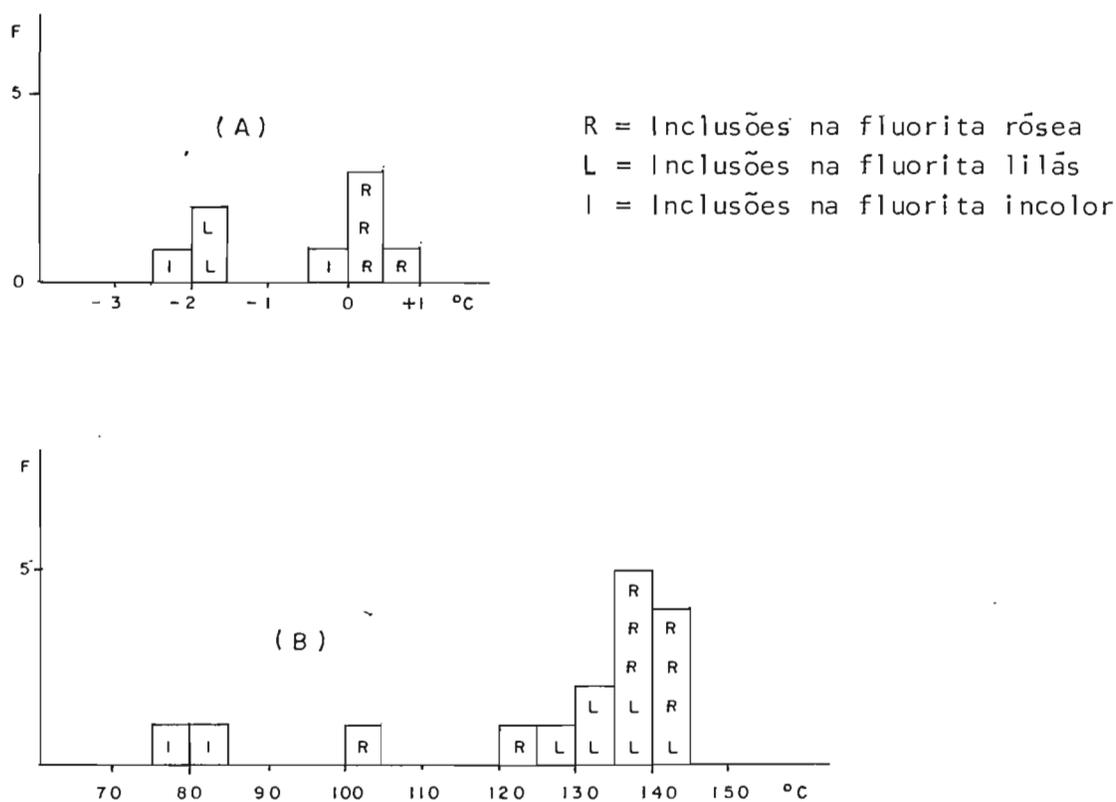


Fig. 4: Histogramas das temperaturas de fusão do gelo (A) e homogeneização das inclusões (B) da amostra de fluorita euédrica tricolor.

Amostra de Fluorita Preta

Essa amostra é de uma fluorita tardia, cujos cristais apresentam coloração roxa muito escura, na zona mais externa dos cristais cúbicos (foto 2). O estudo visava a verificação de uma possível T_H maior para essa zona.

As inclusões fluidas aí encontradas eram poucas e minúsculas. Os resultados do histograma abaixo (figura 5) mostram valores idênticos aos das demais amostras até agora estudadas, não exibindo, a rigor nenhuma correlação entre as cores da fluorita e as T_H .

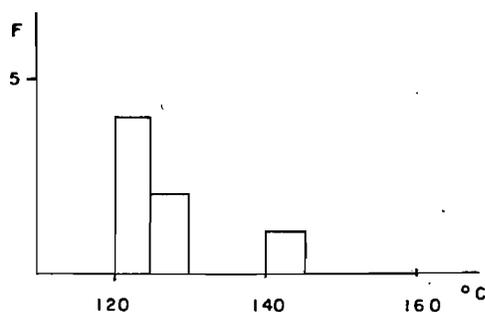


Fig. 5: T_H das inclusões fluidas na fluorita preta.

O teste de esmagamento confirmou também a presença de uma mistura de hidrocarbonetos e a ausência de CO_2 . As curvas de dissolução dos gases liberados são mostrados na figura 6.

Amostra HBV-407 (Poço 1)

As inclusões encontradas nessa amostra são semelhantes às vistas nas demais amostras. A salinidade determinada foi de 0,2% de NaCl. Como, após a criometria, muitas inclusões apresentaram um aumento da fase gasosa, não foi efetuado o aquecimento para determinação das T_H .

3.2. Minerais Associados

Barita, carbonato e quartzo foram os minerais associados à fluorita, examinados quanto ao conteúdo de suas inclusões fluidas.

Amostra BAR-02 (Barita - Corpo 2)

Os cristais tabulares (001), transparentes continham as maiores inclusões dessa jazida (fotos do frontispício e nº 6). Além das inclusões semelhantes às das fluoritas, ocorriam outras de tipos diferentes. Elas foram agrupadas em 4 tipos, cujos resultados de microtermometria estão ilustrados no histograma da figura 7.

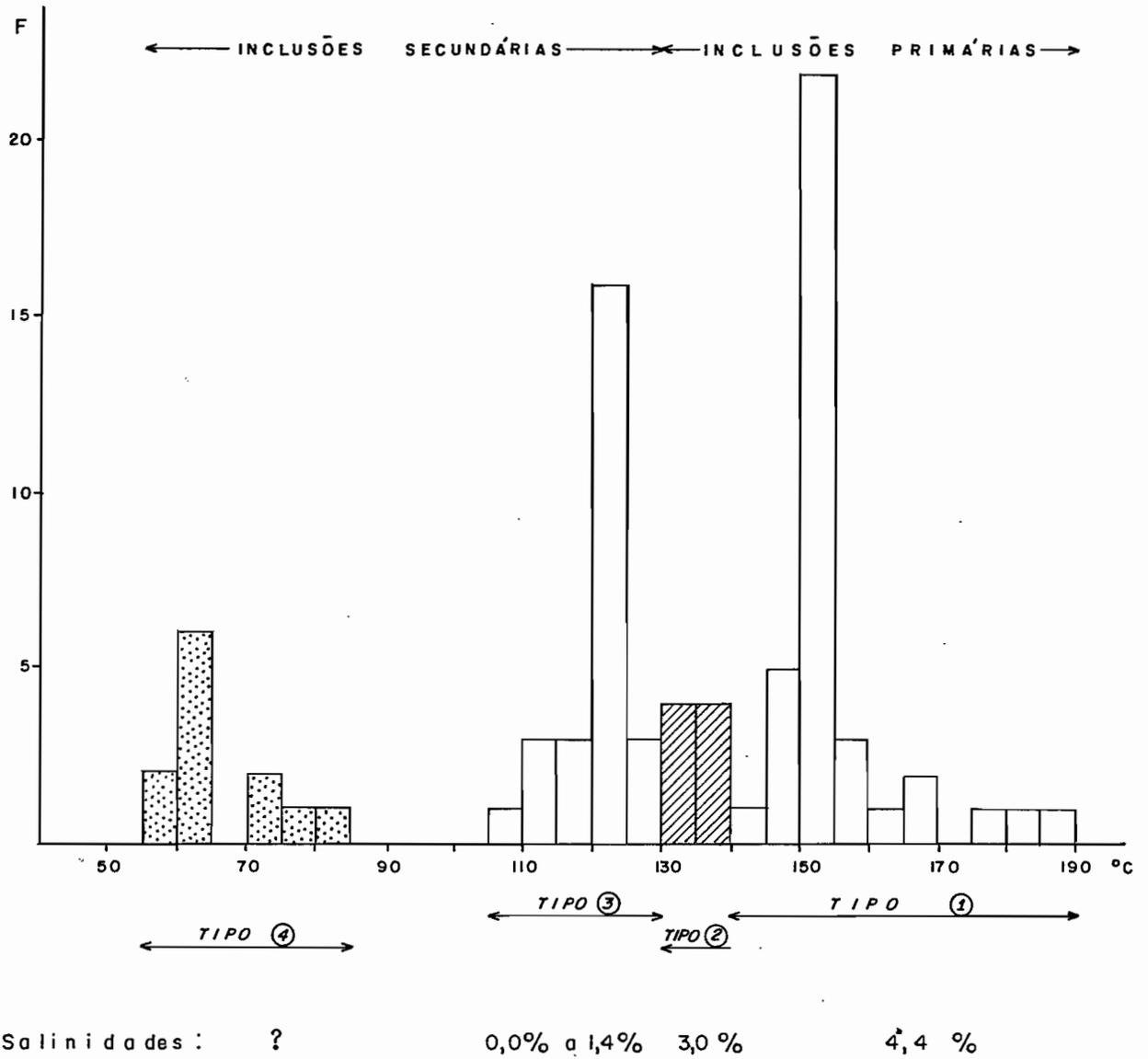


Fig. 7: T_H e salinidades das inclusões fluidas na barita (BAR-02). Notar o decrêscimo da salinidade com o decrêscimo das T_H.

As inclusões tipo 1 e 2 (foto 7) são morfologicamente semelhantes às da fluorita. As inclusões tipo 3 (foto 8) eram monofásicas. As inclusões tipo 4 (foto 9), quando resfriadas a $\approx -30^{\circ}\text{C}$, apresentaram vazamento, razão pela qual as salinidades não puderam ser determinadas.

As fotos 10, 11 e 12 mostram as etapas do descongelamento de um grupo de inclusões tipo 1.

Como foi constatado na fluorita VGF-15, vemos a repetição do decréscimo da salinidade com o decréscimo da T_H (figura 7).

Os testes de esmagamento em mais de 30 grãos do mineral indicaram presença de hidrocarbonetos em menor quantidade que os vistos nas fluoritas e ausência de CO_2 , confirmando os dados criométricos. As inclusões tipo 1 apresentaram pressão negativa.

Amostra BAR-01 (Corpo 1)

As inclusões fluidas vistas eram muito menores que as da amostra anterior. As poucas medidas efetuadas indicaram T_H de 120° a 165°C e salinidade de 6,6% NaCl. Os testes de esmagamento mostraram também hidrocarbonetos e algum CO_2 (figura 8).

Amostra RG-417 (carbonato)

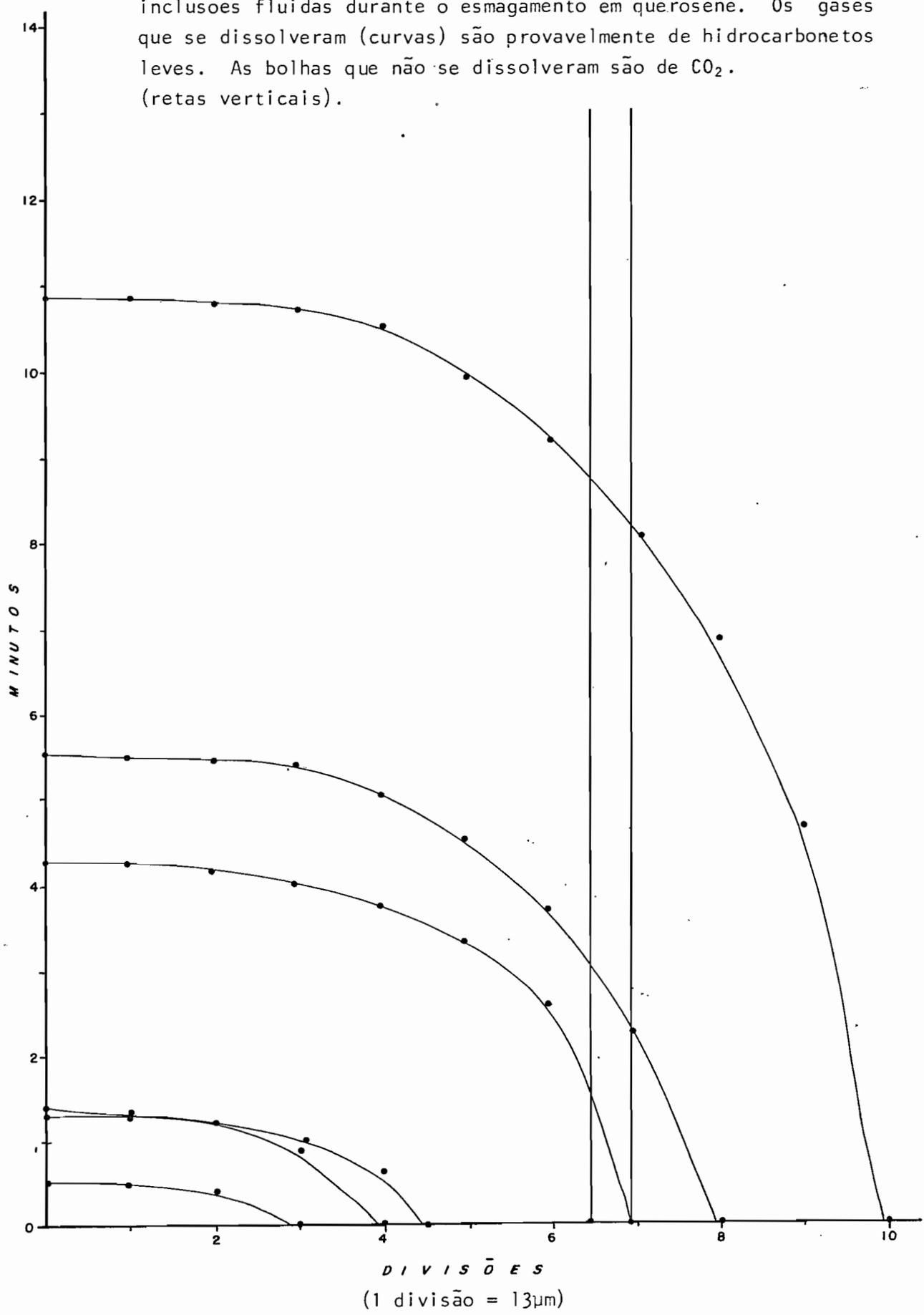
As cinco medidas efetuadas nas inclusões em carbonato (foto 13) indicaram T_H na faixa de 100° a 120°C e salinidade de 4,8% NaCl. O teste de esmagamento mostrou uma abundância de hidrocarbonetos (figura 9).

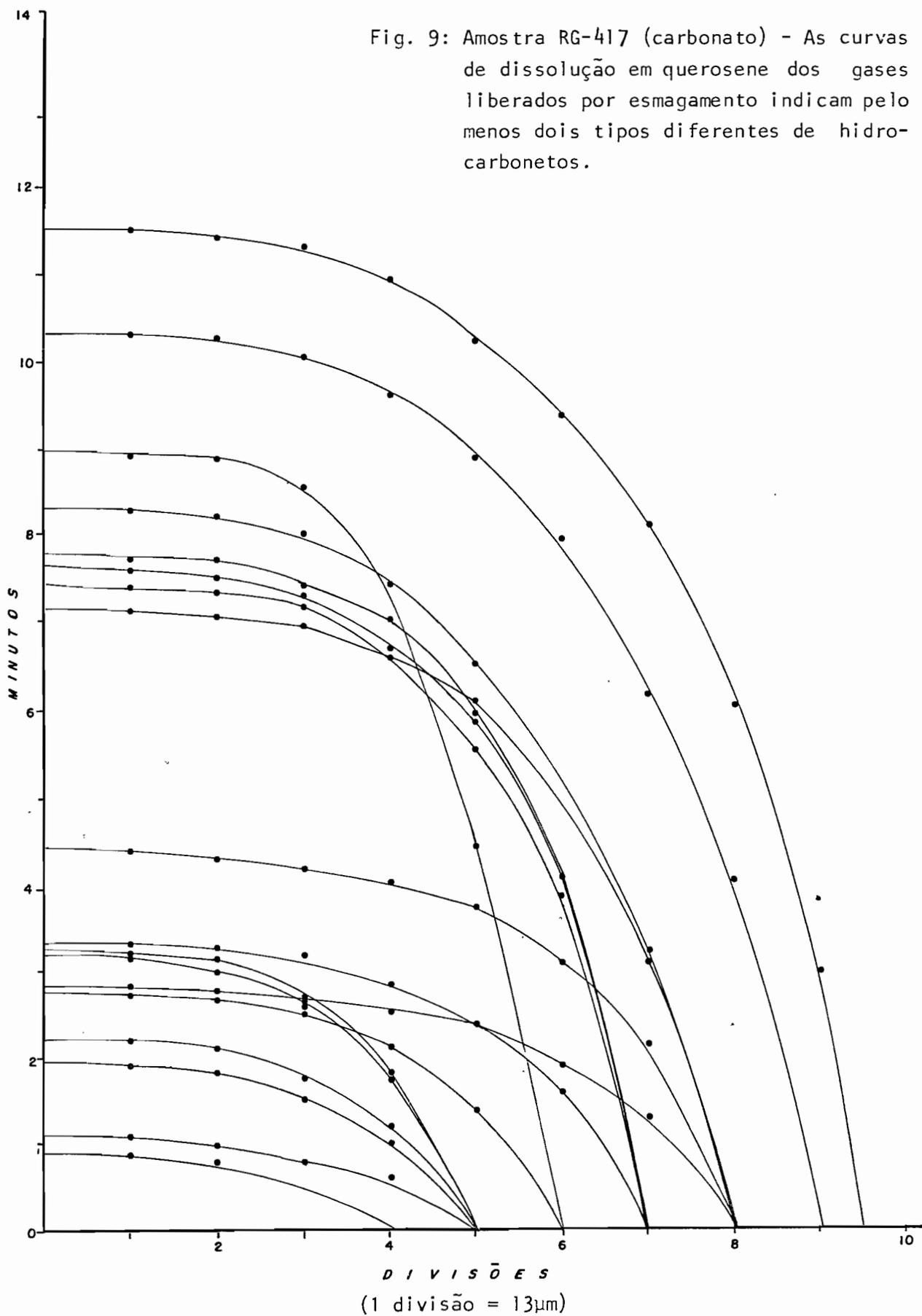
Sílica (quartzo microcristalino)

Os cristais de quartzo ou sílica examinados, apresentaram apenas minúsculas inclusões monofásicas que não puderam ser submetidas aos estudos termométricos.

No entanto, elas apresentaram CO_2 como um dos componentes dos fluidos (foto 14). A presença de CO_2 , em maior quantidade que em todas outras amostras estudadas, foi confirmada pelos testes de esmagamento.

Fig. 8: Amostra BAR-1 (barita) - Comportamento dos gases liberados pelas inclusões fluidas durante o esmagamento em querosene. Os gases que se dissolveram (curvas) são provavelmente de hidrocarbonetos leves. As bolhas que não se dissolveram são de CO₂. (retas verticais).





4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

(As conclusões de natureza não analíticas e interpretativas das inclusões fluidas são resultados de discussões com os técnicos da MINEROPAR).

A fluorita e os minerais associados - barita e carbonato - apresentam inclusões fluidas (primárias e secundárias) em abundância. As últimas, na maioria, devem ser pseudo-secundárias, visto que a mesma faixa de salinidade (0,0% a 6,6% de equivalente de NaCl em peso) e T_H (55° a 190°C), abrange os dois tipos de inclusões.

A fluorita ocorre em duas gerações distintas: a primária de granulação fina e aspecto sujo e a tardia de aspecto límpido que ocorre de modo crustiforme ou em cristais idiomórficos depositados sobre a primária. A microtermometria das inclusões de cada um desses estágios indica uma correlação positiva salinidade/ T_H (Amostra VGF-15). O mesmo tipo de correlação é obtido com os resultados da microtermometria das inclusões na barita (BAR-02).

Essas correlações e a presença de fluidos aquosos de salinidade nula parecem ser indicativos da ocorrência de u'a mistura de fluidos hidrotermais pouco salinos com águas meteóricas.

As fluoritas tardias de diversas cores não apresentaram T_H diferente nas amostras estudadas, com exceção da amostra com cristais euédricos tricolores. A existência de inclusões primárias nessa amostra, com T_H de 80°C, e a faixa T_H obtida na barita, mostra que esta se precipitou concomitantemente com a fluorita. As T_H do carbonato (não as dos metassedimentos) indicam deposição posterior à da fluorita primária. Essa paragênese confirma a proposta por Felipe e Biondi (1983), desde que a faixa de deposição da fluorita seja estendida para além da deposição do carbonato (Figura 10).

A microtermometria e os testes na platina de esmagamento apresentam uma forte indicação da presença, quase constante, de hidrocarbonetos leves. O CO_2 , quando detectado, ocorre sempre em proporção muito menor em relação aos hidrocarbonetos. Essa tendência foi inaplicável somente no quartzo microcristalino, cuja deposição é anterior à mineralização. A origem dos hidrocarbonetos, permanece obscura. Todavia, a faixa de T_H determinada é perfeitamente compatível com a sua presença.

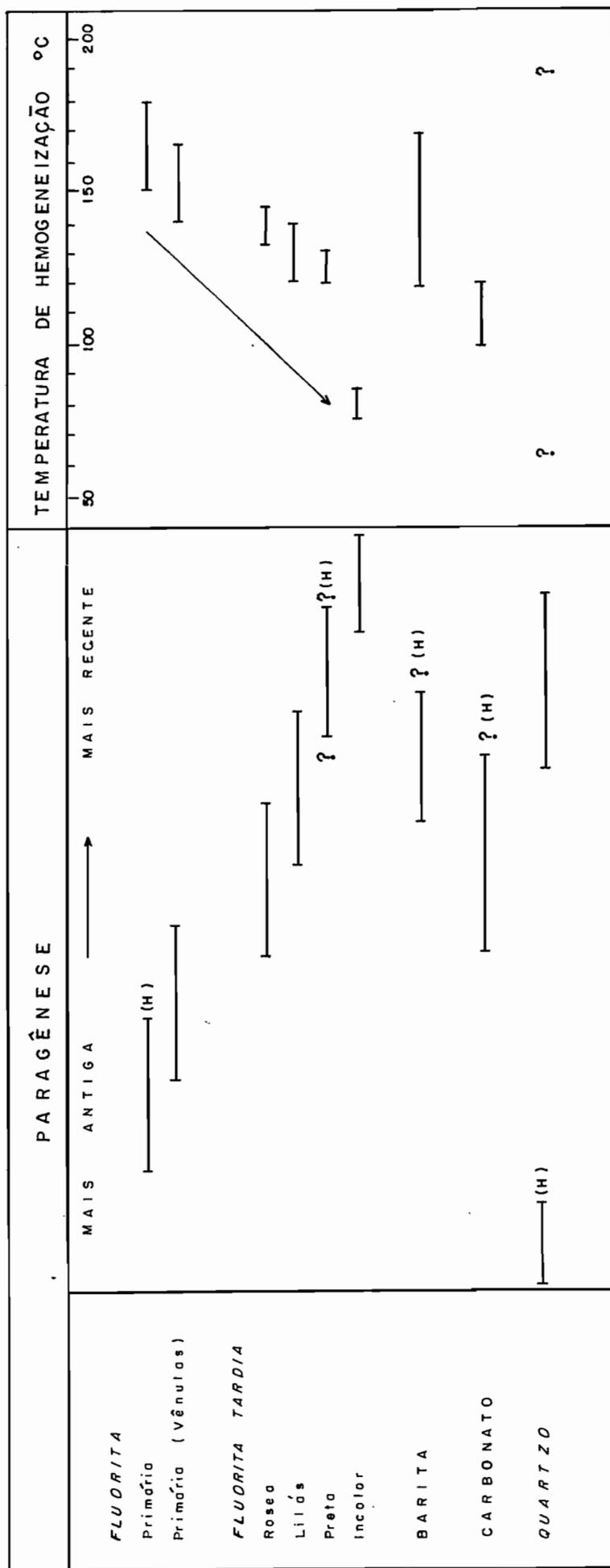


Fig. 10: Paragênese mineral estimada e respectivas temperaturas de homogeneização (T_H) das inclusões fluidas da jazida de fluorita de Volta Grande. Notar o constante decréscimo das T_H com a sequência de deposição da fluorita. (H) presença de hidrocarbonetos leves.

O conjunto de todos esses resultados, onde se destacam a homogeneidade da composição dos fluidos e da faixa de T_H moderada a baixa, são, para a jazida de fluorita de Volta Grande, fortes indicações de uma origem hidrotermal sem perturbação por eventos metamórficos ou térmicos posteriores. Se a jazida tivesse sido submetida a quaisquer desses eventos, esses teriam deixado seus registros nas inclusões fluidas existentes, principalmente em minerais com clivagens perfeitas como a fluorita, barita ou calcita, resultando em faixas de T_H mais elevadas. Além disso, composicionalmente, os fluidos deveriam apresentar maiores índices de CO_2 se o processo foi metamórfico. Se o evento tiver sido apenas térmico muitas das inclusões poderiam ter crepitado e deveriam fornecer T_H numa faixa muito mais ampla com os limites superiores muito além dos valores medidos. Isso traz, sem dúvida, um suporte adicional à hipótese de Felipe e Biondi (1983) para a gênese relacionada às manifestações alcalinas da região.

Essa indicação é de grande relevância na estratégia de prospecções futuras na região, pois permitirá uma melhor distribuição dos recursos para áreas onde ocorram fatores estruturais e condições geológicas semelhantes.

Estudos adicionais, visando consolidar essas indicações genéticas, poderiam ser feitos. Tais seriam:

- estudo de inclusões fluidas em "níveis de sedimentos carbonatados aparentemente não afetados por ações hidrotermais que são mineralizados a fluorita", conforme descrito por Felipe e Biondi (op. cit., p.118).
- estudos isotópicos de oxigênio para confirmar ou não as temperaturas obtidas e a fonte dos fluidos.
- cromatografia de gases para obtenção direta da composição da fase gasosa. Isto poderia auxiliar no entendimento mais preciso da evolução dos fluidos mineralizantes.

5. REFERÊNCIAS

DAVY, Sir Humphry (1822) - On the state of water and aëriiform matter in cavities found in certain crystals. Royal Soc. London Philos. Trans., pt. 2, p. 367 - 376.

DEICHA, Georges (1950) - Essais pour écrasement de fragments minéraux pour la mise en évidence d'inclusions de gaz sous pression. Bull.Soc.française Minéralogie et Cristallographie, V. 73, p. 439-445.

FELIPE, Rogério da Silva; BIONDI, João Carlos (1983) - Fluorita de Volta Grande. Parte I, Geologia. Relatório interno da MINEROPAR. (inédito).

FUZIKAWA, K. (1980) - Estudos preliminares de inclusões fluidas em albita dos albititos do Projeto Lagoa Real, Caetité, BA. Anais do XXXI Congr. Bras. Geol., Camboriú, V. 4, p. 2038 - 2049.

ROEDDER, Edwin (1979) - Fluid inclusions as samples of ore fluids. In. Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits (2ª edição), Cap. 14, H. L. Barnes, Editor, 798 p., Wiley & Sons, N. York.

NUCLEBRÁS

EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A.

19

ILUSTRAÇÕES FOTOGRÁFICAS



Foto 1: Equipamento CHAIX-MECA para estudo de inclusões fluidas, montado em microscópio LEITZ, mod. ORTHOLUX II POL-BK com câmara clara.



Foto 2: Cristais de fluorita tardia com zona externa preta. Corpo 1.

NUCLEBRÁS

EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A

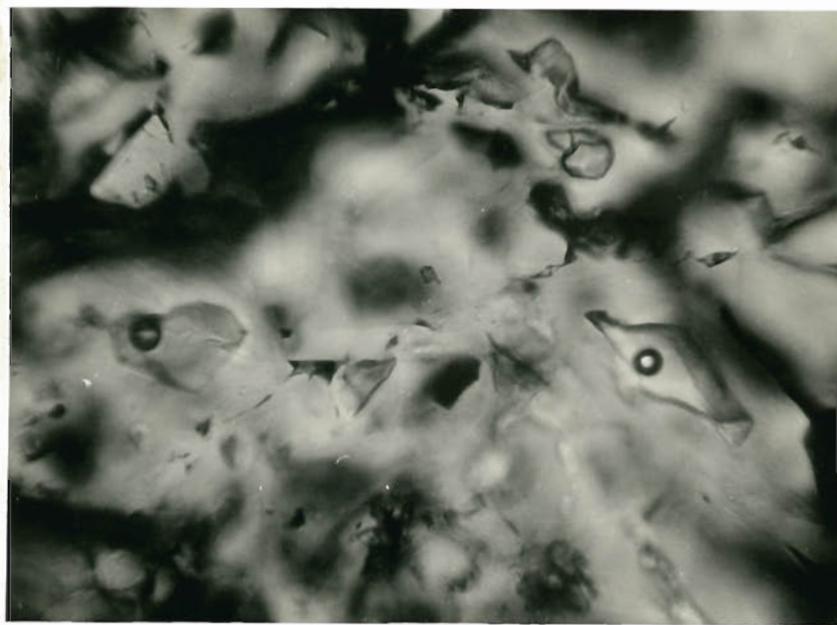
100 μ m

Foto 3: Inclusões fluidas poliédricas mono e bifásicas na fluorita primária. As faixas escuras são causadas pelas inclusões opacas.

100 μ m

Foto 4: Inclusões fluidas bifásicas, planas e alongadas na fluorita tardia. A foto mostra a superposição de vários planos de inclusões.

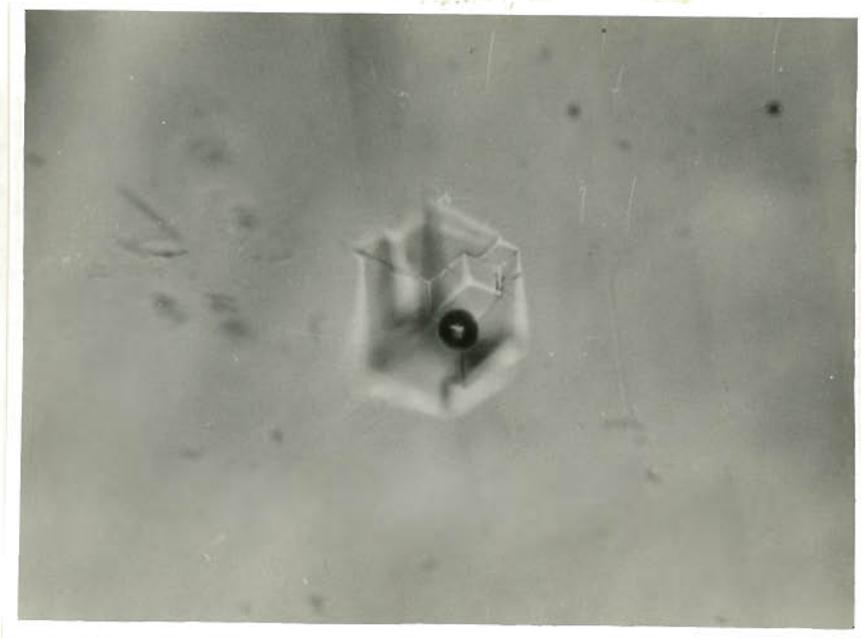


Foto 5: Inclusão fluida primária (cristal negativo).
Fluorita tardia (incolor). $T_H = 82^\circ\text{C}$.

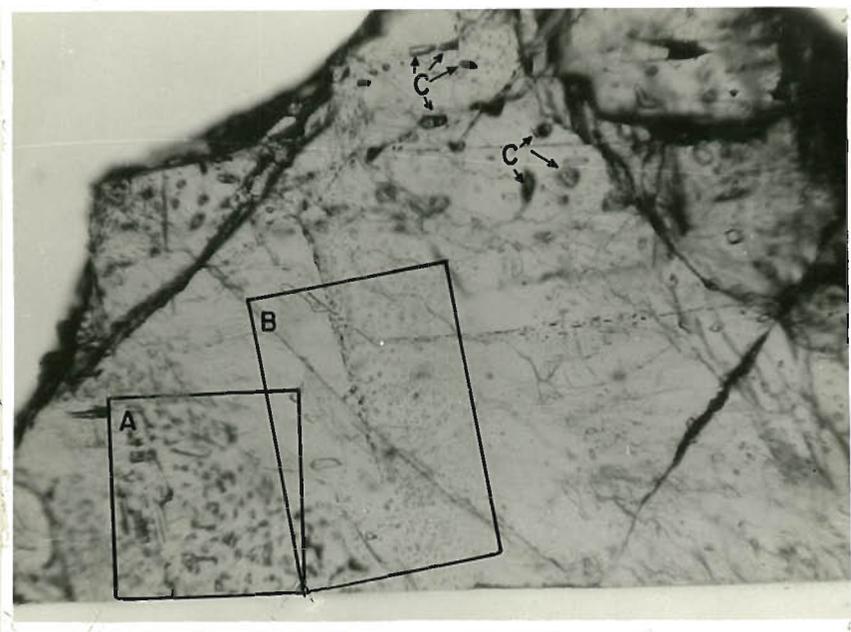
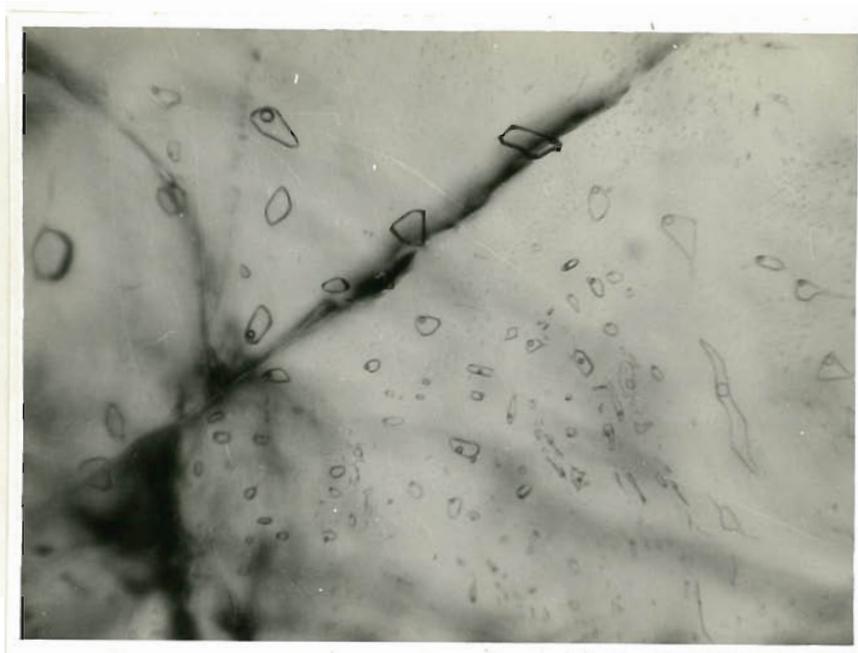


Foto 6: Fragmento de barita. Vista da face 001 com inúmeras inclusões.

A = área foto 9 - inclusões tipo 4

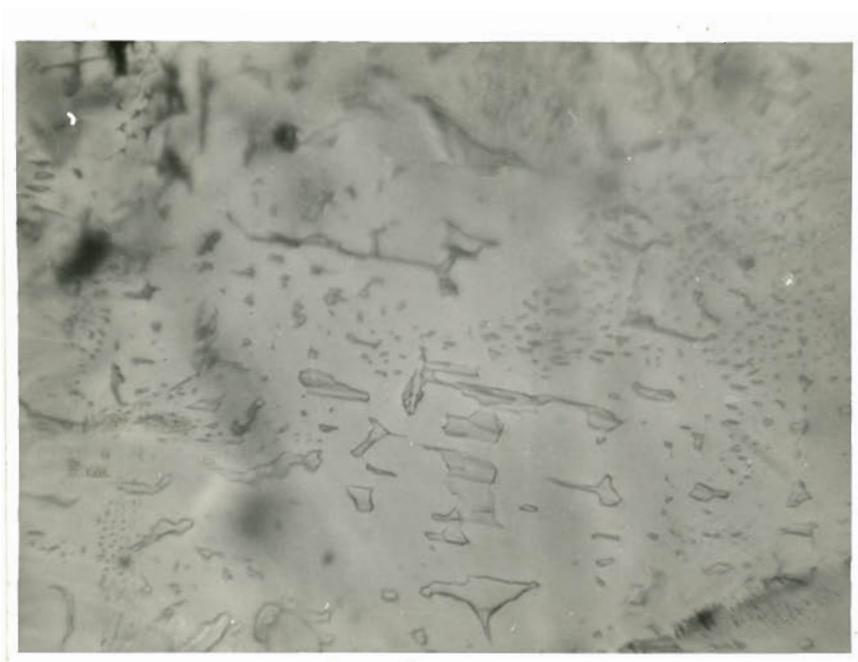
B = área foto 10 - inclusões tipo 1

C = inclusões tipo 2.



200 μ m

Foto 7: Inclusões tipo 1 (relevo fraco) e tipo 2 (relevo forte) na barita (BAR-02).



100 μ m

Foto 8: Inclusões fluidas tipo 3 na barita (BAR-02).

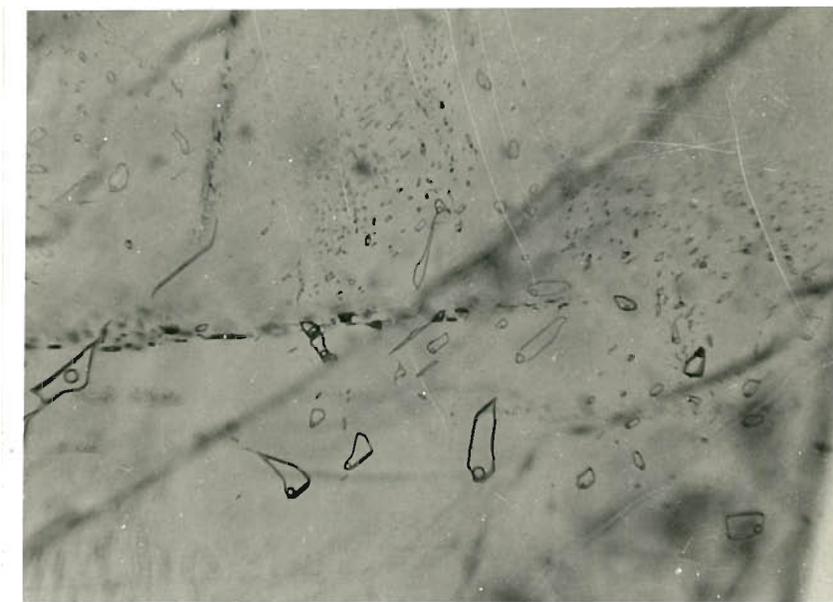
NUCLEBRÁS

EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A



200 μ m

Foto 9: Inclusões fluidas ricas em gás tipo 4 na bari-
ta (BAR-02).



200 μ m

Foto 10: Grupo de inclusões tipo 1 à 25°C. Barita
(BAR-02).

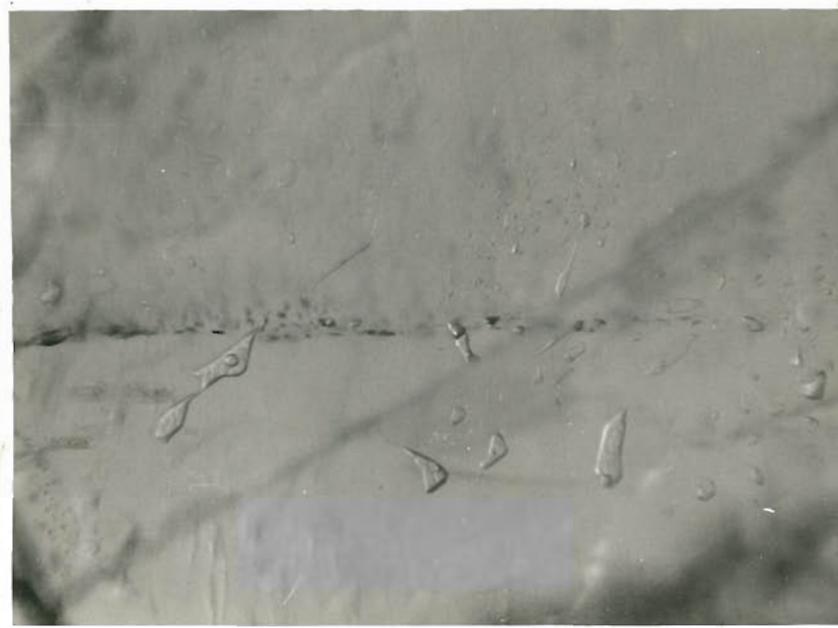
NUCLEBRÁS

EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A.



200 μ m

Foto 11: Mesmas inclusões da foto 10 a $-3,4^{\circ}\text{C}$ após congelamento. Notar os cristais de gelo.



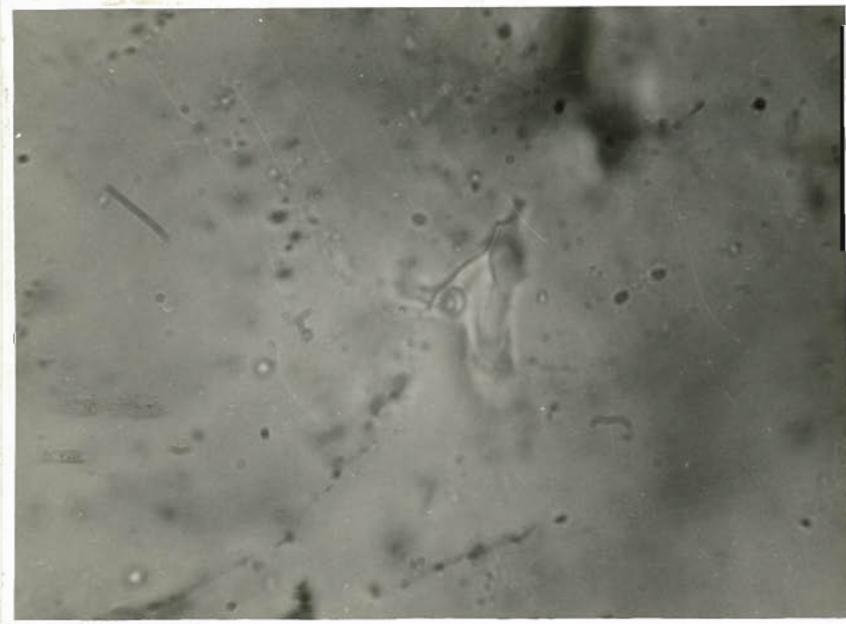
200 μ m

Foto 12: Idem a $-3,2^{\circ}\text{C}$. A $-2,8^{\circ}\text{C}$ o gelo se fundiu e as inclusões retornaram ao aspecto da foto 10.



100 μm

Foto 13: Inclusões fluidas em carbonato. (RG-417).



10 μm

Foto 14: Inclusão fluida com CO₂ em quartzo cristalino.

