

OCORRÊNCIA URANÍFERA NA ÁREA DO RIO CRISTALINO, SUL DO PARÁ

Sebastião Maia de Andrade
Edison Ribeiro
Paulo Ernani Naleto Carneiro
Christiano Puppin
Júlio Lourenço dos Santos Filho

NUCLEBRÁS/GO

ABSTRACT

The Rio Cristalino area where occurs uranium mineralization is located in the western part of the Santana do Araguaia Town, Pará State. This area comprises 1.350 km², and was selected from the evolution of the "Projeto Geofísico Brasil - Canadá - PGBC". According to the results obtained from this Project, 15 airborne anomalies were selected for ground check.

In the anomalies AN-03 and H-09 were found the best uranium occurrence. The host rocks consist of arkose and sandstone of Pre-Cambrian ages, which show a very low-grade of metamorphism. The primary mineralization occurs in arkose along the cataclastic foliation (N70°W / 65°NE). The secondary mineralization involves clay galls and fills fracture zones in sandstone of the anomaly H-09. The highest grade detected in a rock sample of the anomaly AN-03 was 6,1% U₃O₈, whereas in the trenches there are intervals of 6 m thickness with a grade of 0,59% U₃O₈.

Based on some mineralization aspects and field data, the genetic conceptual model to the uranium mineralization is proposed.

INTRODUÇÃO

A área do Projeto Rio Cristalino localiza-se no município de Santana do Araguaia, cobrindo 1.350 km², e é delimitada pelas coordenadas 9°00' - 9°20'S e 50°40' - 51°00'W (figura 1).

Os trabalhos geológicos foram iniciados, na região, a partir da obtenção dos resultados do Projeto Geofísico Brasil - Canadá (PGBC), que possibilitaram a definição de um importante contexto uranífero.

As ocorrências uraníferas detectadas revelaram uma grande extensão de áreas anômalas, onde as amostras coletadas em superfície atingiram teores de até 6,1% de U₃O₈, com inexpressiva percentagem de ThO₂.

Com suporte na realização de perfis geológicos e na fotointerpretação preliminar, foi possível dividir as litologias, de idade pré-cambriana, em quatro principais unidades litoestratigráficas, denominadas informalmente: 1, 2, 3 e 4, bem como correlacioná-las com as formações já conhecidas na região Amazônica.

Neste estágio preliminar dos trabalhos, a análise das estruturas locais mais representativas, relacionadas aos demais parâmetros geológicos, permite tecer algumas considerações sobre o aspecto genético das mineralizações.

HISTÓRICO

A partir de dados aerogamaespectrométricos e geoquímicos obtidos pelo Projeto Geofísico Brasil-Canadá (PGBC), executado durante o período de 1975 à 1978, posteriormente liberados pelo Departamento

Nacional da Produção Mineral (DNPM) para as Empresas Nucleares Brasileiras S/A (NUCLEBRÁS), o geólogo Sebastião Maia de Andrade e o técnico de mineração Ricardo Sales Sobrinho realizaram em julho de 1981 o reconhecimento radiogeológico entre a cidade de Conceição do Araguaia e a fazenda Vale do Rio Cristalino. Nesta localidade, na serra do Matão, foram detectados vários pontos anômalos com mineralizações uraníferas.

Em outubro de 1981, os geólogos Sebastião Maia de Andrade, Astúrio Garcia de Oliveira e Paulo Ernani Noleto Camarço retornaram à região do rio Cristalino, coletando novos dados que lhes permitiram propor o Projeto Rio Cristalino, cobrindo uma área de 1.350 km². Este projeto foi reformulado pela NUCLEBRÁS que dividiu a área em 02 partes: a parte norte, com aproximadamente 1.000 km², ficou sob a responsabilidade da NUCLEBRÁS e a parte sul, com a Nuclebrás Auxiliar de Mineração S/A (NUCLAM).

De abril a setembro de 1982, a NUCLEBRÁS desenvolveu os trabalhos de avaliação das anomalias AN-01, AN-05, AN-07 e AN-26, que revelaram consideráveis manchas anômalas em arcósios e arenitos.

Em agosto de 1982, a NUCLAM com o apoio da NUCLEBRÁS realizou um levantamento gamaespectrométrico de detalhe com helicóptero, na área do Projeto Rio Cristalino e na serra do Mururé. Este trabalho confirmou as anomalias já existentes e detectou mais 28 anomalias radiométricas.

No período de outubro a novembro de 1982, a NUCLEBRÁS, baseada nos trabalhos preliminares de avaliação de anomalias, executou uma sondagem exploratória constando de 7 furos com profundidade máxima de 100 metros. Os resultados obtidos pela sondagem, apesar de positivos, não revelaram grandes espessuras de rochas mineralizadas com altos teores. Também os resultados dos trabalhos da NUCLAM, na parte sul da área, não foram considerados por ela satisfatórios, concluindo não ter sido definida uma ocorrência que mereça maiores investimentos.

Em 1984, a NUCLEBRÁS, através do Escritório Regional de Goiânia, deu continuidade aos trabalhos na área, constando do reconhecimento de 15 anomalias radiométricas. Como resultado deste trabalho, foram detectadas excelentes manchas radiométricas nas anomalias AN-03, AN-13 e H-09, com teores locais de até 6,1% de U₃O₈ em arcósio e de até 3,6% de U₃O₈ em arenito, que propiciaram subsídios para confirmar a grande potencialidade uranífera da área do Projeto Rio Cristalino.

GEOLOGIA

O reconhecimento geológico realizado por Andrade (1981), na área do Rio Cristalino; os trabalhos posteriores de reconhecimento de anomalias radiométricas; a fotointerpretação em fotografias aéreas nas escalas 1:60.000 (USAF) e 1:45.000 (PROSPEC) permitiram definir quatro unidades litoestratigráficas denominadas informalmente: 1, 2, 3 e 4.

No mapa fotogeológico, que representa aproximadamente 700 km² da área do Projeto Rio Cristalino, pode ser visualizada a interpretação preliminar do comportamento estratigráfico e estrutural das unidades litoestratigráficas (figura 2).

UNIDADE 1

É representada por rochas metamorfisadas, correlacionadas com as rochas do Complexo Xingu, envolvendo migmatitos, granodioritos e granitos. As outras litologias pertencentes ao Complexo Xingu não foram ainda observadas na área do Rio Cristalino. A unidade 1 está predominantemente em contato por falhas com as unidades subjacentes.

UNIDADE 2

É constituída de arcósios, com variações para arenitos, que apresentam baixo grau de metamorfismo. Localmente, em zonas de cisalhamento, desenvolvem-se milonitos e cataclasitos. Os arcósios e os arenitos mostram coloração variando de esbranquiçada a cinza escuro e têm como minerais principais quartzo e feldspatos, sendo que este último atinge até 30% em relação ao total da composição mineralógica das rochas. Os minerais acessórios são: anfibólio, clorita, fluorita, zircão, apatita, turmalina, titanita, sericita e opacos, ocorrendo ainda

biotita. Salas (1986) descreve a biotita como sendo de origem metasomática, resultante das intrusões ígneas nos sedimentos da unidade 2. Os grãos de quartzo são arredondados, com baixa esfericidade, predominantemente policristalino, às vezes, com extinção fortemente ondulante. A microclina forma grãos inequigranulares, ocasionalmente arredondados, bastante sericitizados. O plagioclásio mostra-se arredondado e zonado. A matriz está praticamente recristalizada, contendo uraninita e outros minerais pesados, conferindo à rocha considerável dureza e densidade. A tabela I mostra a composição química resultante das análises de óxidos em arcósios desta unidade, onde pode ser observada uma elevada predominância de SiO₂ em relação aos demais óxidos. Ainda como característica destas rochas ocorre matéria orgânica, que se encontra atualmente no estágio senil, provavelmente submetida a uma temperatura variando de 250° a 300°C.

A unidade 2 aflora, na área do Rio Cristalino, nas partes arrasadas da serra do Matão, através de estreitas faixas dispostas na direção noroeste, às vezes, limitadas pelos falhamentos de mesma direção. Isto dificulta o conhecimento da sua espessura. Entretanto a sondagem, com testemunhagem contínua, realizada nas anomalias AN-01, AN-05 e AN-07, iniciou-se na unidade 2, atingindo 100 metros de profundidade sem contudo atravessá-la.

Devido a grande ocorrência de talus e intemperismo não foi possível observar diretamente no campo o contato da unidade 2 com a unidade 3. Assim sendo, a análise de sua relação estratigráfica tem como suporte o estudo de lâminas delgadas das rochas da base da unidade 3, que, além de conglomeráticas, mostram fragmentos de metassedimentos, sugerindo a exposição das rochas da unidade 2 e consequentemente a sua erosão. Sobre esta superfície de erosão iniciou-se a sedimentação da unidade 3.

A grande constância dos caracteres litológicos da unidade 2, por toda a área, é mais sugestiva de uma sedimentação marinha, em quanto que o conteúdo da matéria orgânica nos sedimentos é indicativo de um ambiente lagunar redutor.

Os geólogos do Projeto Radambrasil (1981), na área do Rio Cristalino, consideraram os sedimentos como sendo compostos de arenitos ortoquartzíticos e pertencentes à Formação Gorotire não mencionando nenhuma outra unidade sedimentar. Posteriormente, o trabalho de Cunha et alii (1984) estende até às proximidades desta área a Formação Rio Naja, parte superior da Formação Rio Fresco de Barbosa et alii (1966), elevando a Formação Rio Fresco à categoria de grupo e dividindo-o em duas formações: Igarapé Azul e Rio Naja. A nosso ver, é provável a correlação da unidade 2 com a Formação Rio Naja, porém não eliminamos a hipótese da unidade 2 constituir uma nova unidade litostratigráfica.

Finalmente, caso se concretize a correlação da unidade 2 com a parte superior da Formação Rio Fresco ou seja a Formação Rio Naja, a sua idade será superior a 1.800 m.a., baseado nas datações de intrusivas graníticas em sedimentos considerados como pertencentes à Formação Rio Fresco (Gomes et alii, 1975). Outros autores, como Barbosa et alii (op. cit.), atribuem idade mais nova para a Formação Rio Fresco, posicionando-a no Cambro-Ordoviciano.

UNIDADE 3

Esta unidade é representada por arenitos de coloração amarelo esbranquiçada, às vezes, cinza-escura, quartzosos, grãos subarredondados, granulometria variando de fina a grosseira, mal selecionados, geralmente feldspáticos e matrizes argilosas. As principais estruturas sedimentares observadas foram galhas de argila e estratificação cruzada planar. Na parte basal da unidade 3, bastante conglomerática, observaram-se em lâminas delgadas, elevadas proporções de fragmentos de rochas metassedimentares, permitindo classificá-las também como arenitos líticos conglomeráticos. Suas matrizes são compostas por sericita, quartzo, goethita, alanita, traços de zircão e apatita, mostrando às vezes considerável grau de cristalização, sugerindo um baixo grau de metamorfismo.

Na área do Rio Cristalino a unidade 3 está preservada sob a forma de remanescentes na serra do Matão, originada por fenômenos

tectônicos, onde agentes exógenos modelaram as rochas exibindo um relevo com escarpas íngremes e abruptas.

Como foi analisado, o contato da unidade 3 com a unidade 2 foi considerado discordante, tendo em vista a ocorrência de fragmentos de rochas metassedimentares da unidade infrajacente na parte basal da unidade 3.

O ambiente de sedimentação da unidade 3 processou-se sobre uma superfície de erosão da unidade 2, provavelmente através de uma transgressão marinha com contribuição continental que, segundo Barbosa (op. cit.), é assim descrita: " A transgressão se deu principalmente sobre rochas do Arqueano mas também sobre as rochas das séries Araxá, Tocantins e da Formação Rio Fresco ".

As características dos sedimentos da unidade 3, envolvendo a litologia e estruturas primárias, são correlacionadas às estruturas dos sedimentos da Formação Gorotire descritas por Barbosa (op. cit.).

UNIDADE 4

O conjunto de rochas ígneas intrusivas que cortam os metassedimentos na área do Rio Cristalino foi denominado, informalmente, de unidade 4. É composto por sienitos, granitos, dioritos e andesitos, que refletem um certo grau de metamorfismo. Dentro desta unidade a fotointerpretação destacou um expressivo corpo de forma alongada com 13 km de comprimento por 1,5 a 3 km de largura. Neste corpo foi coletada uma amostra de rocha de coloração rósea-acinzentada, granulometria grossa, com textura grano-lepidoblástica, cataclásada, constituída essencialmente por feldspato potássico e aegirina-augita, tendo como acessórios: biotita, apatita, titanita e pirita, caracterizando uma composição sienítica.

As demais rochas intrusivas distribuem-se em forma de diques andesíticos ou em corpos arredondados graníticos e dioríticos.

A falta de datação da suíte de rochas intrusivas pertencentes à unidade 4 na área do Rio Cristalino dificulta a sua correlação com outras suítes de rochas intrusivas da Plataforma Amazônica.

ESTRUTURA

As principais estruturas de caráter regional que cortam a área do Rio Cristalino são os falhamentos de direção noroeste. Estas estruturas foram modificadas pela ação de corpos intrusivos que proporcionaram um rendilhado sistema de falhas em várias direções.

Uma grande falha, também de caráter regional, disposta na direção E-W, localizada na parte média da área, é evidenciada nas fotografias aéreas. Esta estrutura é deslocada pelos falhamentos regionais e provavelmente seja resultante da reativação de antigas zonas de fraqueza do Complexo Xingu.

Um conjunto de "grabens" e "horsts" associados a rochas intrusivas, disposto na direção noroeste, limitado por rochas do Complexo Xingu constitui a principal estrutura local, onde foram preservadas as rochas da unidade 2 e Formação Gorotire (figuras 2 e 3).

Duas estruturas planares, que se cortam, estão desenvolvidas nas rochas metassedimentares. A primeira, com a direção E-W 745° N, possivelmente esteja relacionada aos dobramentos regionais que afetaram a Formação Gorotire, enquanto que a segunda, com a direção $N70^{\circ}W/65^{\circ}NE$, corresponde a uma foliação milonítica. A intersecção destas duas foliações produziu uma estrutura do tipo sigmoidal característica de zonas milonitizadas.

ANOMALIAS RADIOMÉTRICAS

O levantamento aerogeofísico realizado pelo PGBC revelou na área do Rio Cristalino 15 anomalias radiométricas. Os registros analógicos mostram picos, no canal de urânio, com amplitudes de 2,5 a mais de 3 vezes o BG, que são caracterizados no perfil da anomalia AN-03 (figura 4).

Posteriormente, o levantamento executado por helicóptero detectou 28 anomalias, algumas coincidentes com as do PGBC. O registro analógico de uma destas anomalias é mostrado na figura 4.

Até o momento foram verificadas 19 anomalias, que permitem selecionar como as mais significativas as anomalias AN-03 e H-09.

A anomalia AN-03, cobrindo uma área de aproximadamente 150 ha, engloba uma série de manchas anômalas, subparalelas, alinhadas segundo a direção N50°W e N70°W, delimitadas por valores radiométricos situados entre 14G a mais de 15.000 cps. Nas trincheiras escavadas ficou evidenciado que a mineralização está condicionada basicamente aos planos de foliação cataclástica do arcócio pertencente à unidade 2 (figura 5). A tabela II mostra os teores médios de U₃O₈ em trincheiras abertas na anomalia AN-03.

A anomalia H-09 é um agrupamento de várias anomalias de tectadas pelo helicóptero. O levantamento radiométrico revelou que o conjunto destas anomalias forma uma única mancha, alinhada na direção N30°E, delimitada pela isorada de 200 cps, com 4.000 m de comprimento por 200 a 500 m de largura. Dentro desta mancha destacam-se valores que variam de 500 a 15.000 cps (figura 6). A mineralização ocorre envolvendo galhas de argila nos arenitos da Formação Gorotire.

MINERALIZAÇÃO URANÍFERA

MINERAIS DE URÂNIO

Na área do Rio Cristalino foram identificados os seguintes minerais de urânio: uraninita (UO₂), kasolita (Pb(UO₂)(SiO₃)(OH)₃X) e meta-autunita (Ca(UO₂)₂(PO₄)₂·6H₂O), ocorrendo, principalmente, em arcósios da unidade 2 e arenitos da Formação Gorotire.

MINERALIZAÇÃO PRIMÁRIA

Observações de campo e testemunhos de sondagens mostram que a uraninita está associada a planos de foliação cataclástica, preferencialmente N70°W/65°NE, nos arcósios da unidade 2 (foto 1). Estudo auto-radiomicrográfico realizado por Brandão (1984) indica que a mineralização está também associada a material opaco escuro, que envolve os grãos de quartzo e feldspatos (fotos 2 e 3). Subordinadamente à uraninita ocorrem magnetita, titanita, pirita, pirrotita, calcopirita e, mais raramente, arsenopirita. Análises químicas em amostras seletivas de superfície revelam teores que atingem até 6,1% de U₃O₈.

MINERALIZAÇÃO SECUNDÁRIA

Os minerais secundários de urânio, resultantes da alteração da uraninita, foram identificados, através das análises por difratometria de raios X, como sendo kasolita e meta-autunita. Os minerais que não puderam ser identificados foram posicionados como pertencentes ao grupo das gunitas. Normalmente a mineralização secundária é encontrada preenchendo fraturas nos arcósios da unidade 2 ou envolvendo galhas de argila nos arenitos da Formação Gorotire. Análises químicas em amostras seletivas de arenito da Formação Gorotire revelaram teores de até 3,6% de U₃O₈.

ORIGEM DA MINERALIZAÇÃO

Os conhecimentos preliminares do comportamento da mineralização e do contexto geológico da área do Rio Cristalino permitem ter algumas considerações para a origem da mineralização. Estas considerações são semelhantes aos conceitos genéticos estabelecidos por Dahlkamp (1978) para os depósitos uraníferos do "Key Lake" localizados no nordeste de Saskatchewan, no Canadá.

a) Sobre as rochas do Complexo Xingu instalou-se a bacia de sedimentação da unidade 2, onde, provavelmente, devem ter prevalecido condições marinhas, com a formação de lagunas, propiciando um ambiente redutor favorável à preservação da matéria orgânica. Isto conferiu aos sedimentos da unidade 2 características de fácies mais ou menos constantes, contendo matéria orgânica no estágio senil, que foi submetida a uma temperatura variando de 250° a 300°C. Durante a deposição da unidade 2, as rochas férteis do Complexo Xingu forneciam para dentro da bacia, concomitantemente, sedimentos e urânio sob a forma de íon ou com

plexo uranil. Processos tectônicos devem ter ocorrido após a sedimentação da unidade 2, conferindo-lhe um estágio de metamorfismo incipiente, bem como recristalizando o urânio em uraninita que, segundo Salas (op. cit.), ocorre preenchendo os interstícios granulares da rocha hospedeira.

b) Exposição e erosão da unidade 2 estabeleceram uma superfície de discordância, caracterizada pela ocorrência de conglomerado basal contendo fragmentos de rochas metassedimentares na unidade sobrejacente. Assim sendo, sobre a superfície de erosão da unidade 2, depositaram-se os sedimentos da Formação Gorotire durante uma transgressão marinha, com contribuição continental.

Após a sedimentação da Formação Gorotire, seguiu-se o dobramento regional da área que foi afetada por intensos falhamentos e intrusões ígneas. A tectônica de ruptura propiciou a formação de armadilhas estruturais na unidade 2 e na Formação Gorotire, constituindo-se em locais ideais para a concentração de urânio. As intrusões ígneas contribuíram com fluidos hidrotermais, que provavelmente poderiam conter urânio, e também remobilizá-lo da unidade 2 para as armadilhas estruturais, onde encontrou condições adequadas à precipitação.

c) Uma outra geração de urânio ocorreu através de processos de enriquecimento supergênico, tendo em vista a concentração de minerais secundários envolvendo galhas de argila nos arenitos da Formação Gorotire. A mineralização processou-se, através de percolação de fluidos, nas zonas de porosidade secundária originadas pelo intenso fraturamento.

Infelizmente, no momento atual, não dispomos de datação da mineralização de urânio. Sem dúvida, este parâmetro, logo seja conhecido, fornecerá subsídios para esclarecer as nossas considerações sobre a gênese da ocorrência uranífera na área do Rio Cristalino.

CONCLUSÕES

a) A unidade 1 corresponde ao Complexo Xingu; a unidade 2 provavelmente correlaciona-se com a parte superior da Formação Rio Fresco, ou pode mesmo constituir-se em uma nova unidade litoestratigráfica; a unidade 3 corresponde à Formação Gorotire e a unidade 4 necessita de datações geocronológicas para ser correlacionada com as suítes intrusivas da Plataforma Amazônica.

b) O grande número de anomalias radiométricas detectadas, os excelentes resultados das análises químicas de amostras coletadas em superfície e a continuidade da mineralização mostrada nas trincheiras sugerem para a área do Rio Cristalino um promissor prospecto uranífero.

c) À luz dos conhecimentos atuais, podemos afirmar que as mineralizações uraníferas, na área do Rio Cristalino, ocorrem em dois contextos geológicos distintos, isto é, ao longo da foliação cataclástica dos arcósis da unidade 2 e em galhas de argila dos arenitos da Formação Gorotire, bem como preenchem fraturas em ambas as unidades.

d) A origem da mineralização processou-se através dos seguintes estágios: transporte de urânio em suspensão, concomitantemente com os sedimentos da unidade 2, para dentro da bacia de sedimentação; recristalização e subsequentes processos hidrotermais, que remobilizaram o urânio até as armadilhas estruturais, onde encontrou condições adequadas à precipitação e, finalmente, uma outra geração de urânio formada por enriquecimento supergênico.

AGRADECIMENTOS

Os autores do trabalho agradecem ao geólogo Rogério Muniz Netto pela colaboração prestada durante a preparação das ilustrações e revisão do texto.

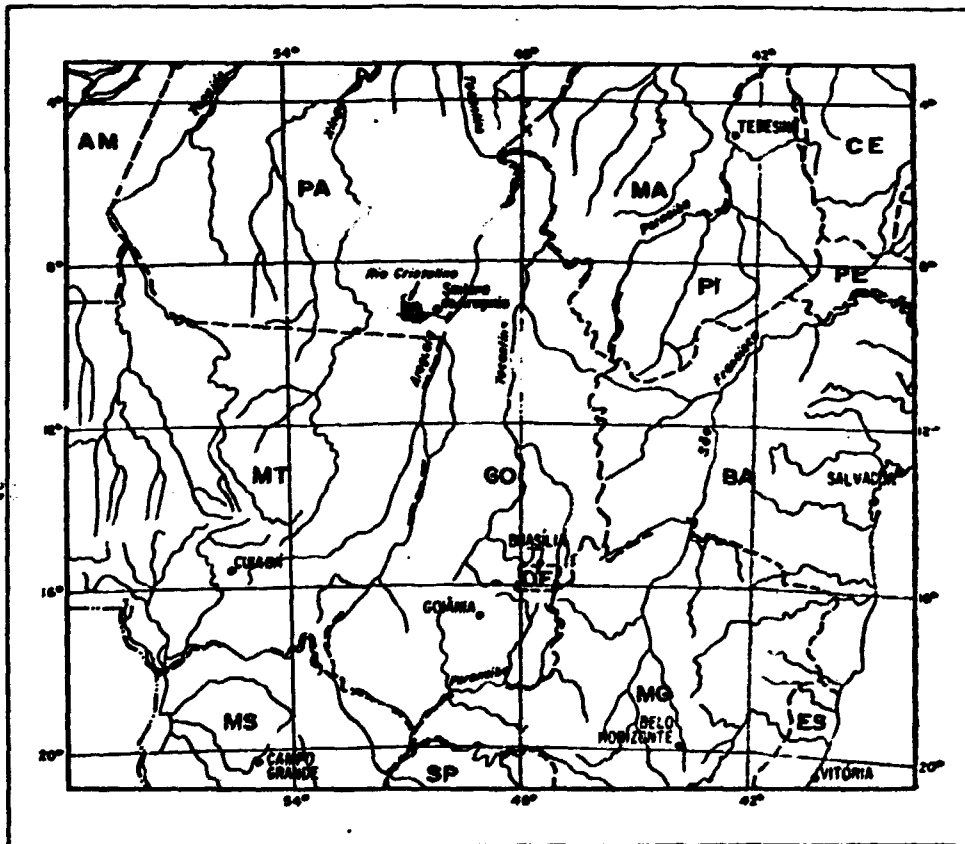
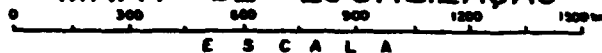
Extensivos agradecimentos são devidos a todos os demais colegas e técnicos de mineração do Escritório Regional de Goiânia, inclusive aqueles que, por motivo de força maior, já não fazem parte de nossa equipe: Gilson da Silva Liberal, Astúrio Garcia de Oliveira, José Roberto Soares Abrahão e Edézio Leão de Souza, que contribuíram com valiosos subsídios de campo para a realização deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

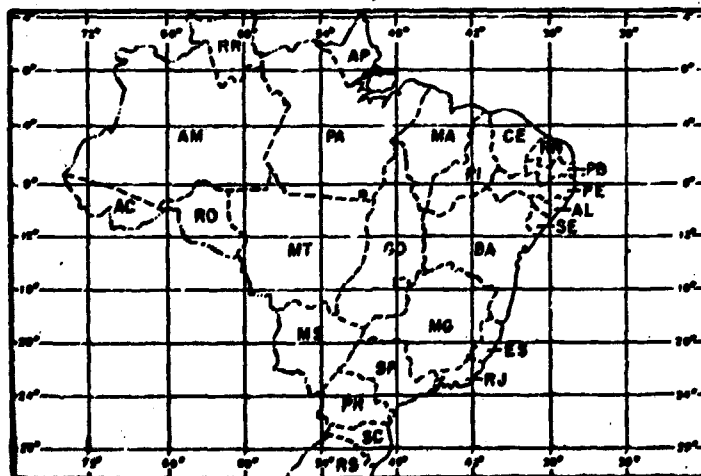
- ANDRADE, S.M. - 1981 - Relatório de Viagem - Conceição do Araguaia - Rio Cristalino-PA, NUCLEBRÁS, Relatório Interno.
- BARBOSA, O. et. alii - 1966 - Geologia estratigráfica, estrutural e econômica da área do "Projeto Araguaia", Monog. Div. Geol. Mineral, Rio de Janeiro (19) : 1-94.
- BRANDÃO, P.M.C. - 1984 - Estudo Auto-radiomicrográfico. In.: Relatório de Estudo, Amostra HBV-457. Projeto Rio Cristalino. NUCLEBRÁS. Relatório Interno.
- CUNHA, B.C.C. da et alii - 1984 - Contribuição ao estudo da estratigrafia da região dos Gradaús, com ênfase no Grupo Rio Fresco. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 339, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia.
- DAHLKAMP, F.J. - 1978 - Geologic Appraisal of the Key Lake U - Ni Deposits, Northern Saskatchewan. Economic Geology, Vol. 73, p. 1430 - 1449.
- GOMES, C.B. et alii - 1975 - Radiometric ages from the serra dos Carajás area, northern Brazil. Bol. Geol. Soc. Am., Washington, D.C. 86 : 939-942, July.
- PROJETO RADAMBRASIL - 1981 - Levantamento de Recursos Naturais. Folha SC.22 TOCANTINS. Vol. 22 p. 25-196 - Rio de Janeiro-RJ.
- SALAS, H. T. - 1986 - Caracterização petrográfica das rochas mineralizadas em uraninita do Projeto Rio Cristalino-PA. Nota Técnica DETM.CN-012/86, NUCLEBRÁS/CDTN, Belo Horizonte-MG.

NUCLEBRÁS
 EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S. A.
 SUPERINTENDÊNCIA GERAL DE PROSPECÇÃO E PESQUISA MINERAL
 ESCRITÓRIO REGIONAL DE GOIÂNIA

PROJETO RIO CRISTALINO
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



SITUAÇÃO



NOTAS:

- Sebastião M. Andrade
- Christiano Poppin
- Edison Ribeiro
- João L. Santos Filho
- Paulo E. N. Camargo

Desenho:

Roberto V. Nascimento

FIGURA 1

NUCLEBRÁS
 EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A.
 SUPERINTENDÊNCIA GERAL DE PROSPECÇÃO E PESQUISA MINERAL
PROJETO RIO CRISTALINO
MAPA FOTOGEOLOGICO

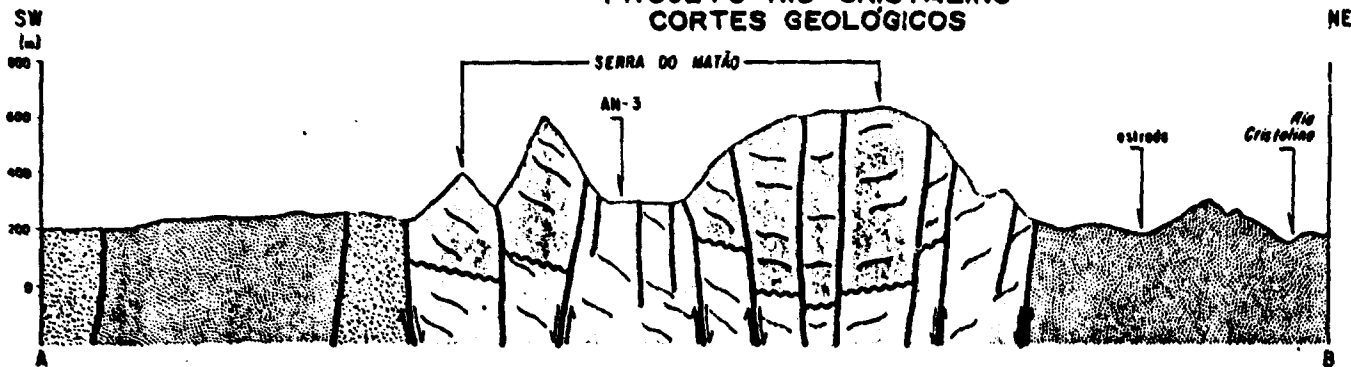


FIGURA 2

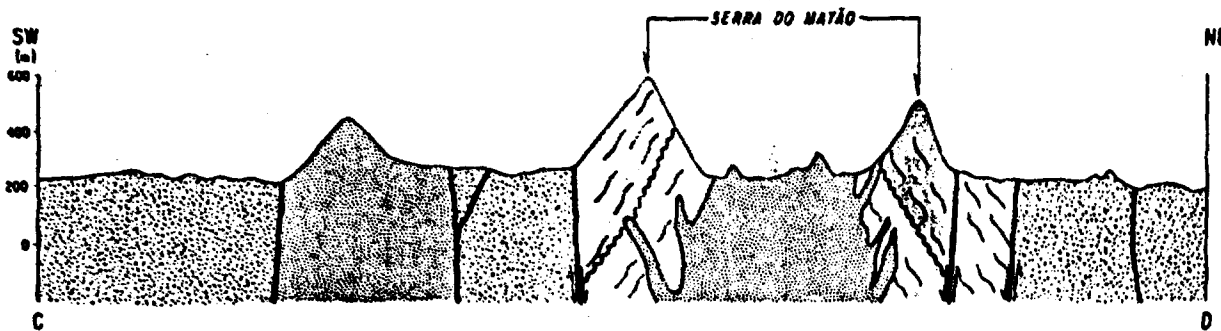
CONVENÇÕES

- | | | |
|--|--|--|
| ■ Acompanhamento NUCLEBRÁS | — Fratura | ▲ Anomalias radioométricas |
| ■ Roteiros de fazenda Vale do Rio Cristalino | — Folha indiscriminada | ■ UNIDADE 4 - Intrusivos, granitos e diáritas |
| ~ Estradas | --- Folha interida | ■ UNIDADE 3 - Arenitos e congl. margosos - fase mineralizada |
| ~ Drainagem | ~ Foliação c/indicação de mergulho | ■ UNIDADE 2 - Arcóseos e arenitos - fase mineralizada |
| — Diques de andesitos | ~ Acompanhamento c/indicação de mergulho | ■ UNIDADE 1 - Negmatitos, granitos e granodioritos |
| ~ Contato aproximado | + Foliação vertical | |
| | A-B Perfil geológico | |
- 0 2 4 km
ESCALA

NUCLEBRÁS
 EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A.
 SUPERINTENDÊNCIA GERAL DE PROSPECÇÃO E PESQUISA MINERAL
PROJETO RIO CRISTALINO
CORTES GEOLÓGICOS



- CONVENÇÕES**
- ~~~~~ Contato discordante
 - ~~~~~ Foliação
 - Falha / Indicação de movimento
 - AN-3 Anomalia Radiométrica



- UNIDADE 4 - Intrusivos: sienitos, granitos e dioritos
- UNIDADE 3 - Arenitos e conglomeratos
- UNIDADE 2 - Arcóscias e granitos
- UNIDADE 1 - Magnetitos, granodioritos e granitos

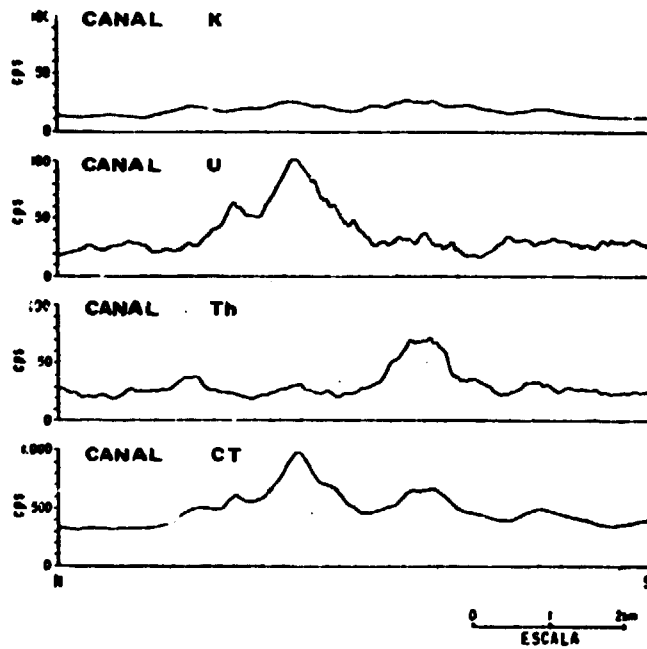
ESCALA HORIZONTAL

FIGURA 3

PROJETO RIO CRISTALINO

REGISTROS ANALÓGICOS DAS ANOMALIAS
RADIOMÉTRICAS AN-03 E H-09, DETECTADAS
PELO PGBC E NUCLEBRÁS (HELICÓPTERO)

a) ANOMALIA AN-03



b) ANOMALIA H-09

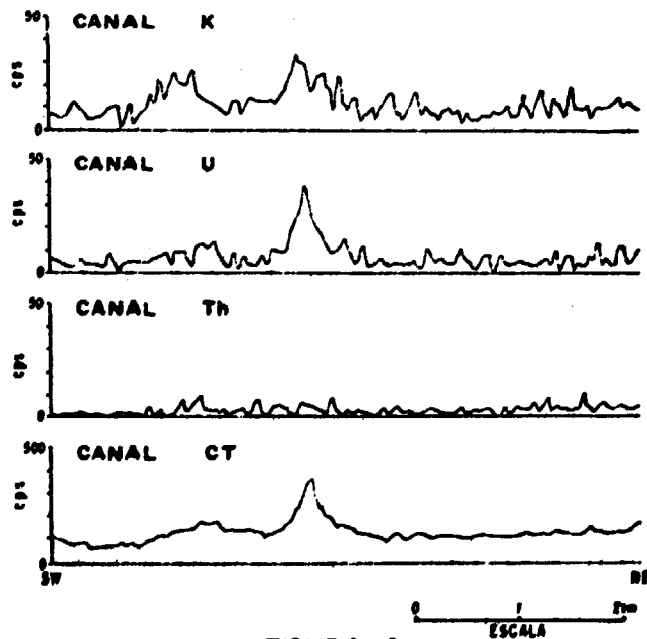
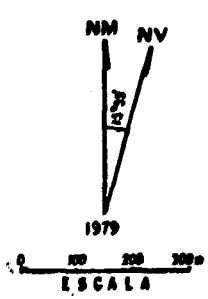
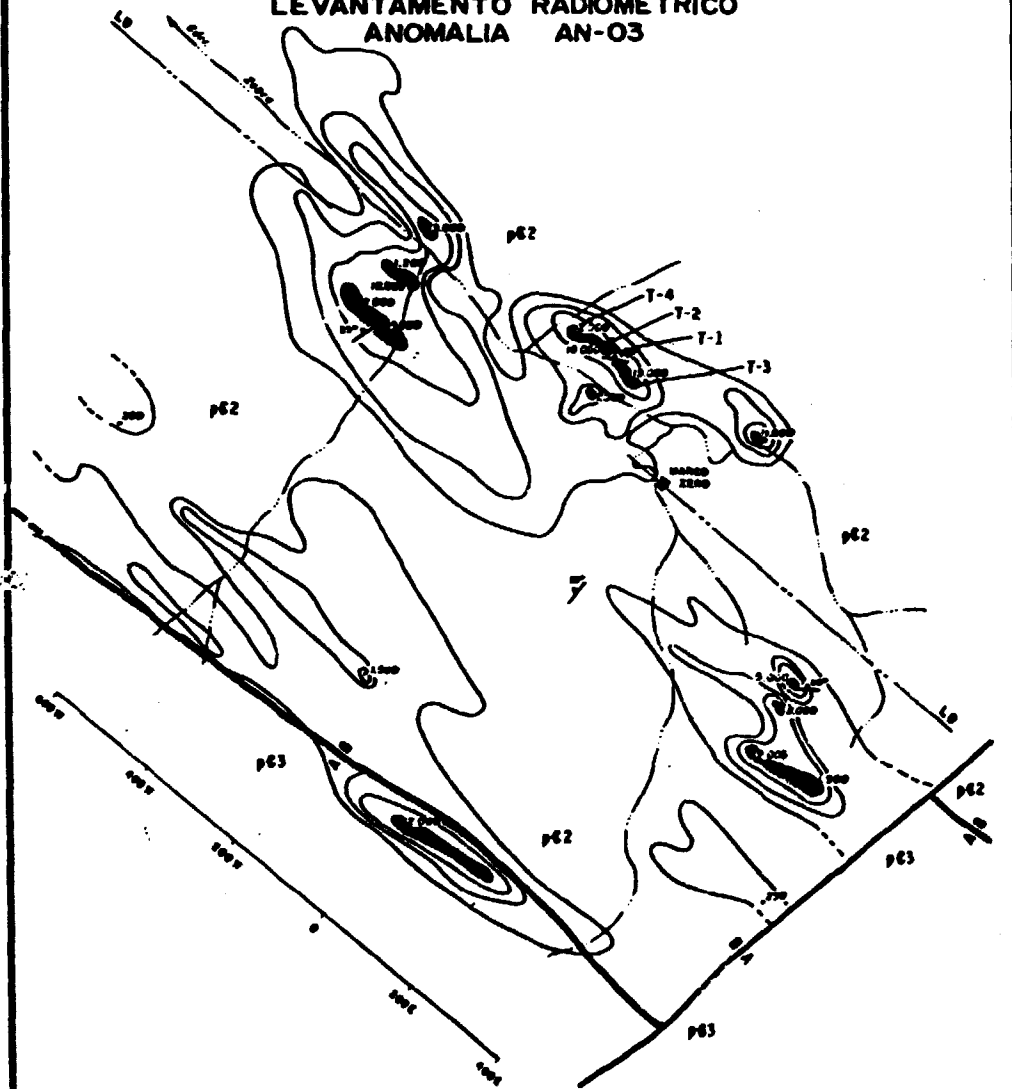


FIGURA 4

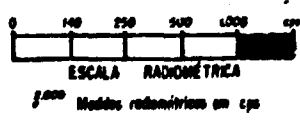
NUCLEBRÁS
 EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A.
 SUPERINTENDÊNCIA GERAL DE PROSPECÇÃO E PESQUISA MINERAL

PROJETO RIO CRISTALINO

LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO
 ANOMALIA AN-03



CONVENÇÕES:



- Curvas de isoradões
- Drenagem

- T-1 Troncheiro
- Foliação
- Falha
- p63 UNIDADE 3 - Arenitos e conglomerados
- p62 UNIDADE 2 - Arcêlios

FIGURA 5

NUCLEBRÁS
 EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A.
 SUPERINTENDÊNCIA GERAL DE PROSPECÇÃO E PESQUISA MINERAL

PROJETO RIO CRISTALINO
 LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO
 ANOMALIA H-09

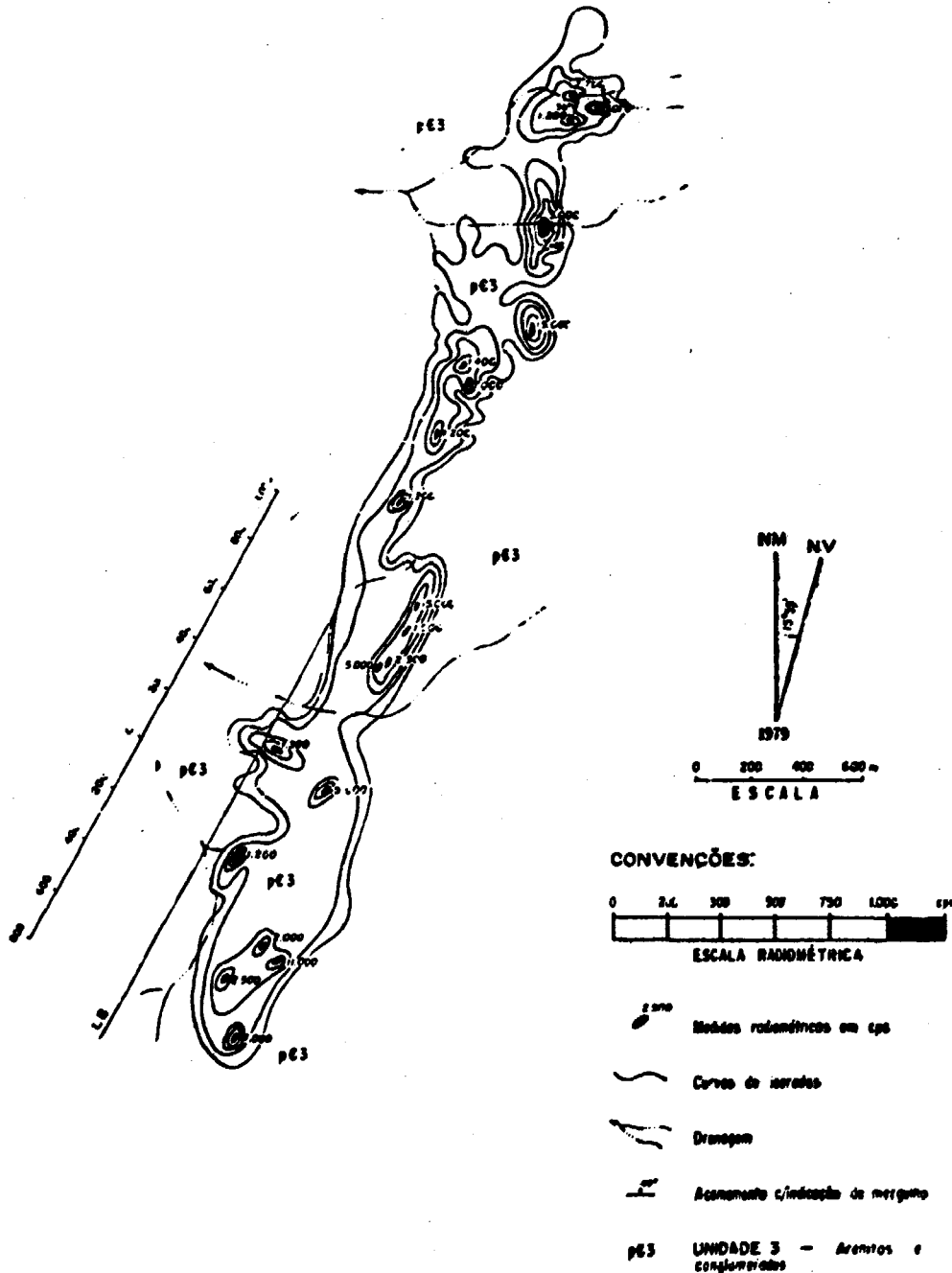


FIGURA 6

NUCLEBRÁS
EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A.
SUPERINTENDÊNCIA GERAL DE PROSPECÇÃO E PESQUISA MINERAL

PROJETO RIO CRISTALINO

**TABELA I - ANÁLISES QUÍMICAS DE AMOSTRAS
DA UNIDADE 2**

OXÍDOS Nº AMOSTRA LITOLÓGICA	U ₃ O ₈ ppm	TiO ₂ ppm	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	MgO %	MnO %	CaO %	TiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	Fe ₂ O ₃ %	FeO %	NiO %	K ₂ O %	H ₂ O %	PF %
GBP-522 arcésio	4.100	< 100	77,0	9,46	0,12	0,03	< 0,10	0,11	0,23	0,40	0,32	1,62	3,38	< 0,05	6,40
GBP-523 arcésio	2.240	< 100	80,1	10,70	0,12	0,11	0,10	0,17	0,11	1,49	1,16	2,70	3,40	< 0,05	0,69
GBP-524 arcésio	61.000	< 100	74,0	9,45	0,10	0,03	< 0,10	0,08	0,16	0,32	0,67	0,31	2,63	0,72	3,60
GBP-525 arcésio	29.500	< 100	78,0	9,33	0,17	0,07	0,31	0,13	0,11	1,74	0,75	2,80	2,70	< 0,05	1,15
GBP-526 arcésio	236	< 100	87,4	6,44	0,15	0,07	< 0,01	0,07	0,11	1,07	0,70	0,70	2,40	0,11	0,75
GBP-527 arcésio	7.300	< 100	76,6	9,50	0,68	0,20	1,63	0,15	0,13	0,43	1,84	1,94	2,40	0,14	0,81
GBP-528 arcésio	25.800	< 100	78,6	9,49	0,32	0,04	< 0,01	0,20	0,13	4,10	0,37	1,00	3,00	0,45	2,20
GBP-529 arcésio	16.400	< 100	80,0	8,46	0,44	0,22	< 0,01	0,24	0,10	2,40	1,76	1,71	3,00	0,19	1,37
GBP-530 arcésio	4.500	< 100	78,7	10,50	0,52	0,04	0,29	0,13	0,09	2,50	0,98	2,40	3,00	0,05	0,77

**TABELA II - TEOR MÉDIO DAS ANÁLISES DE AMOSTRAS
DAS TRINCHEIRAS - ANOMALIA AN-03**

TRINCHEIRA	TEOR DE CORTE (ppm/U ₃ O ₈)	ESPESSURA (m)	TEOR MÉDIO (ppm/U ₃ O ₈)
T-1	500	3,25	1.200
		0,75	3.400
		0,50	1.600
T-2	500	6,00	5.900
T-3	500	2,75	5.100
T-4	500	1,75	1.500



foto 1, testemunho de sondagem, no qual observa-se pequenos filmes de uraninita acompanhando a foliação cataclástica.

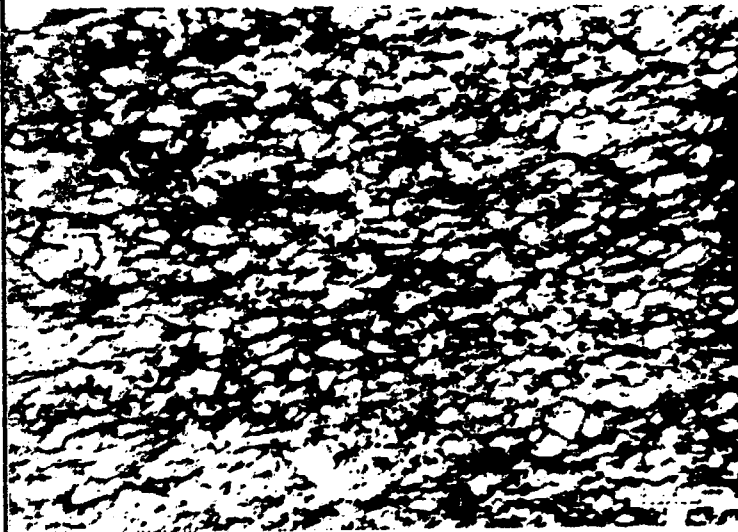


foto 2, arcócio com opacos evidenciando duas direções de foliação. Nicóis //.



foto 3, foto anterior com superposição do detector CN.35. A mineralização (traços de U) localiza-se no material escuro que envolve os grãos e em alguns grânulos de opacos (uraninita). Nota-se que a mineralização acompanha, preferencialmente a foliação da rocha. Nicóis //.