PROSPECÇÃO DE URÂNIO NO ESTADO DE GOIÁS*

A. M. DE FIGUEIREDO** e P. M. OESTERLEN**

ABSTRACT Nuclam started in 1977 a reconnaissance project in central Goiás based on previous work carried out by CNEN and Nuclebrás. The main motivation has been the similarity in regional geology to areas of Canada and North Australia where some years ago important uranium deposits have been found. Systematic prospecting by means of various technics ranging from regional to detailed scale have been carried out from 1978 to 1980 with promising results. In the Northwestern part of the project area a pegmatite type Uranium mineralization has been localized, which is characterized by low grade and small tonnage. More favourable are the mineralizations encountered in the South and West of Campos Belos. They are related to faults and cataclastic schists, formed out of basement rocks by shear tectonics of the Uruaçu orogenetic cycle (structure controlled mineralization). Another promising mineralization has been encountered recently, further to the West, in migmatitic rocks of the basement. The host rock is characterized mainly by a high amount of albite feldspar and only traces of quartz which points to Na-metasomatic events as source of uranium. The metasomatism apparently started during the Uruaçu Cycle and has been still active post-tectonically. The lithologically and structurally controlled mineralization is spread out over an area of ca. $6 \times 1,5$ km. The field work is still in the preliminary phase, thus final results have not yet been obtained. The finding of the metasomatic mineralization type in Goiás is the first located in central Brazil.

INTRODUÇÃO Baseada em trabalhos anteriores da CNEN e da Nuclebrás, a Nuclam iniciou seus trabalhos de prospecção de urânio em 1977, numa área de aproximadamente 34000 km², no centro de Goiás (Fig. 1). O projeto, administrado pelo Escritório Regional da Nuclam em Brasília, está atualmente na fase de exploração.

Figura 1 — Localização da área do projeto

Esta área foi inicialmente selecionada devido à analogia com áreas de geologia similar no Canadá, onde depósitos uraníferos com grande tonelagem e alto teor foram descobertos próximos à discordância entre rochas do Proterozóico Inferior e Médio. Esses tipos são chamados “tipo inconformidade” ou do “tipo veio”. A premissa era a de que o Grupo Arai representaria uma equivalência ao Grupo Kombolgie (Austrália) e ao Grupo Athabasca (Canadá), ambas discordantes sobre Embasamento Arqueano ou Proterozóico inferior. Esta hipótese encontra apoio no fato de as ocorrências uraníferas em Campos Belos, inicialmente trabalhadas pela Nuclebrás, apresentarem características ambientais semelhantes aos depósitos canadenses e australianos.

SITUAÇÃO GEOLÓGICA A área do projeto é constituída principalmente por rochas do Complexo Basal (“Pré-Cambriano Indiviso”) representado principalmente por gnaisses e rochas migmatíticas (Tab. 1). Esta seqüência de rochas, especialmente afetadas pelo ciclo orogenético Transamazônico, é considerada de idade Arqueana — Proterozóico Inferior (mais de 1700 m.a.).

A unidade pré-Cambriana subsequente, chamada Grupo Arai ou Grupo Natividade, depositada discordantemente sobre o Complexo Basal, é constituída na parte inferior (Formação Arraias) principalmente por rochas quartzíticas metassedimentares e na parte superior (Formação Traíras) por quartzitos e xistos. Este grupo representa o intervalo de tempo no Proterozóico Médio (1700-1100 m.a.).

A mais jovem unidade pré-Cambriana são metapelitos e rochas carbonáticas do Grupo Bambuí de idade Proterozóica Superior.

* Palestra proferida no XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriú, 1980

** Nuclam S.A., Escritório Brasília, Avenida W-3 Norte, Q. 504, Edifício Marianna, Sobreloja, Salas 4 a 20, CEP 70730, Brasília, DF

Tabela 1 — Estratigrafia, sedimentação, tectônica e metamorfismo da área do projeto (segundo Dardenne, 1978, modificado)

Stratigraphy			Sedimentation		Tectonics/Metamorphism	
			Erosion		Reactivations	
Upper Proterozoic (P e A) 1.100 — 600 MA	Bambuê Gr. (Paraopeba Fm.)	Dolomites Limestones Calcschists	Neritic		? Folding Strong faulting Regional overthrust fault zones (N-S directions) Metamorphism: <i>Nil - Greenschist Facies</i>	Brazilian Cycle
Middle Proterozoic (P e B) 1.700 - 1.100 MA	Araxá-Group	Quartzites Micaschists (Migmatites)	Eugeosynclinal	Marine	Folding Faulting and Shearing Metamorphism: <i>Greenschist - Amphibolite facies</i> Granitic activity	Uruaquin Cycle
	Araí-Gr. Natividade-Group	Quartzites Micaschists Volcanites Conglomerates		Neritic Litoral		
Archean — Lower Proterozoic 1.700 MA	Basement Complex	Migmatitic Gnaisses Micaschists Quartzites Amphibolites Basic-Ultrabasic Rocks			Consolidation of Craton São Francisco (Ultrametamorphism)	Jequié and Transamazonian Cycle

A geologia da área do projeto é complexa devido às várias orogêneses pré-Cambrianas a que foi submetida. Quatro ciclos orogenéticos podem ser destacados; começando com o ciclo Jequié (2500 m.a.), o ciclo Transamazônico (2500-1700 m.a.), o ciclo Uruaquin (1700-1100 m.a.) e finalizando com o ciclo Brasileiro (1100-600 m.a.). Os eventos magmáticos-orogênicos mais bem caracterizados na área pertencem ao Uruaquin, com o aparecimento de granitos intrusivos e efusivos ácidos-básicos, e formação de falhamentos com cisalhamento nas rochas do embasamento e Grupo Araí.

Outro fator que complica mais a situação geológica é a localização da área do projeto com respeito à posição geotectônica entre o Craton São Francisco e a bacia adjacente. Uma parte leste da área é ainda caracterizada por feições cratônicas, enquanto o ambiente geossinclinal já é evidente na parte oeste (Tab. 1, Dardenne, 1978, e outras publicações).

Trabalho realizado de 1977 a 1980 — A geologia regional é bem conhecida por meio dos projetos de mapeamento, LETOS da PROSPEC-DNPM-CPRM-(1976), e BRASÍLIA, da PROSPEC-DNPM-(1969). Recentemente, mapeamento mais detalhado foi feito em algumas partes da área de interesse pelo DNPM-CPRM (Projeto NATIVIDADE e Projeto CANABRAVA-PORTO REAL, 1979). Informações fundamentais são obtidas dos mapas de gama-espectrometria e magnetometria aérea dos pro-

jetos Serra da Mesa (CNEN-CBG, 1973) e Dianópolis (NUCLEBRÁS/LASA, 1975) que cobrem 95% da área atual do projeto.

A Nuclam iniciou suas atividades na região em 1977 com um projeto de reconhecimento cujo objetivo era verificar em geral as condições geológicas para mineralizações de urânio do tipo “*Unconformity*”. Com o reconhecimento no campo de grupos de anomalias aéreas, encontraram-se situações geológicas similares às do Canadá e da Austrália, e descobriram-se as primeiras anomalias radiométricas. Em 1978, quatro subáreas selecionadas com os critérios acima mencionados foram sistematicamente trabalhadas com geoquímica regional de água e sedimento de corrente, e levantamento semi-regional radiométrico, utilizando helicóptero. No final de 1978, anomalias radiométricas promissoras e as primeiras mineralizações de urânio foram delimitadas nas partes norte e sul da área do projeto.

Em 1979, a área do projeto foi aumentada para sul com a inclusão da região de Campos Belos, que fazia parte de um projeto da Nuclebrás, onde, de 1975 a 1978, fundamentais levantamentos de exploração e prospecção foram desenvolvidos. Os trabalhos continuaram com pesquisas detalhadas em áreas favoráveis ao norte e ao sul: mapeamento geológico detalhado de superfície e de trincheiras, além de levantamento detalhado por helicóptero nas proximidades das anomalias mais favoráveis. Por outro lado, a prospecção regional conti-

Figura 3 — Mapa geológico da zona central, anomalia Rosário

Mineralizações controladas por estruturas tectônicas de Campos Belos Mais importantes são as ocorrências uraníferas situadas ao sul e a oeste da cidade de Campos Belos (Figs. 2 e 4). Como resultado do reconhecimento geológico-radiométrico, mais de 100 anomalias de urânio foram catalogadas sendo selecionadas dez ocorrências de maior significado, principalmente as mineralizações das anomalias AN-2 e AN-10 (Fig. 4). Como se observa nas Figs. 4 e 5, todas as zonas mineralizadas estão associadas a estruturas tectônicas, sendo 0° , 50° e 140° as direções estruturais mais características. O urânio está associado geralmente a quartzo sericita xisto com grafita, e as rochas granitóides e granito gnaisses, pertencentes ao complexo basal.

Os xistos com grafita foram formados devido a processos de cisalhamento nas rochas do embasamento, sendo comuns na região típicas feições de deformações tectônicas, tais como milonitos, brechas, estruturas do tipo *augen*, além de transições entre as rochas originais e os produtos tectonizados. Investigações petrográficas e analíticas confirmaram a semelhança da composição mineral das rochas do complexo Basal com os xistos miloníticos. De um modo geral, a sequência de rochas está

Figura 4 — Mapa geológico da parte sul de Campos Belos com zonas de mineralização

Figura 5 — Relação das mineralizações com as estruturas tectônicas, anomalia AN-10

intensamente foliada devido ao cisalhamento e num estágio avançado de alteração (sericitização, milonitização, caulinitização).

A mineralização é constituída só por minerais de urânio de origem secundária, principalmente autunita (fosfato de urânio e cálcio), torbernita (fosfato de urânio e cobre) e renardita (fosfato de urânio e chumbo). Maiores indicações para uma natureza epigenética são dadas pelo caráter descontínuo das mineralizações em superfície. O teor de urânio varia consideravelmente de 100 ppm de U_3O_8 em 0,5 m a 0,5% em 10 m. Neste tipo de ocorrência, a zona de mineralização com altos teores possui, geralmente, espessura e extensão limitada, porém nas vizinhanças ocorre um halo de dispersão de maiores dimensões com teores de 50-200 ppm de U_3O_8 .

O tipo de ocorrência de urânio controlado por estruturas tectônicas é amplamente encontrado na parte sul da área do projeto, sendo que as ocorrências com melhor potencialidade estão situadas nas vizinhanças da cidade de Campos Belos, onde os trabalhos de prospecção da Nuclam se encontram em fase complementar, a fim de selecionar as zonas mineralizadas mais promissoras para um programa de sondagem.

Essas mineralizações de Campos Belos mostram algumas feições típicas dos depósitos uraníferos, do tipo inconformidade, encontrados no Canadá e na Austrália. A melhor evidência é marcada pela proximidade da zona uranífera com o contato do Complexo Basal com o Grupo Araí, isto é, Arqueano-Proterozóico Inferior/Proterozóico Médio. Outro ponto de semelhança é a forte alteração da rocha hospedeira devido ao metamorfismo retrógrado regional do final do ciclo Uruaçuano. Por outro lado, algumas indicações geológicas são favoráveis para o modelo de mineralização de urânio associado a uma fonte granítica. Isto é fundamentado principalmente pelas relações do urânio com rochas granitoides-pegmatíticas nas anomalias e na presença de granitos, graissens e pegmatitos da província estanífera-tantalífera situada próximo e ao sul de Campos Belos. Neste caso, as mineralizações poderiam ser oriundas de mobilizações tardias uraníferas das intrusões graníticas, e o evento termal seria considerado como parte final do ciclo Uruaçuano, de acordo com as idades de datação de granitos da área (Hassui *et al.*, 1980).

Mineralizações do tipo metassomático Um outro tipo de mineralização com boas perspectivas foi localizado recentemente a 40 km oeste da cidade de Campos Belos em uma área com dimensões de $6 \times 1,5$ km (anomalia Alecrim-Paiol, Fig. 6). A mineralização está associada a migmatitos do embasamento que foram afetados por processos metassomáticos. O metassomatismo foi caracterizado principalmente pela introdução de soluções ricas em sódio e urânio, com modificações do quartzo e feldspato potássico. A albita é o mineral principal, contribuindo com até mais de 80% (albititos). Outra característica das rochas metassomatizadas é a forte alteração possivelmente oriunda de influências hidrotermais, além de intemperismo. Esses processos metassomáticos aconteceram em várias pulsações, o primeiro foi síncrono com o ciclo Uruaçuano e os posteriores foram pós-tectônicos.

A mineralização é de urânio aparentemente de baixo teor, não possuindo tório. Os minerais de urânio são

Figura 6 — Zonas anômalas Alecrim, Paiol e Bonito

brannerita (U-Ti-óxido), uraninita, pechblenda e minerais secundários autunita e torbernita. Estudos ao microscópio revelaram que os minerais de urânio estão disseminados nos metassomatitos existindo também concentrações secundárias ao longo das fraturas.

Esta ocorrência de urânio em rochas metassomatizadas é a primeira a ser reconhecida no Brasil central. Os trabalhos de campo estão em andamento e os resultados até agora são bastante animadores, influenciados também pelo fato de que há alguns anos a Nuclebrás bem como a Nuclam já haviam localizado ocorrências similares no nordeste do Brasil e no Estado da Bahia, e que atualmente se encontram em fase final de exploração.

Agradecimentos Os autores desejam agradecer à Diretoria da Nuclam S.A. por ter permitido a publicação deste artigo. Reconhecem também os esforços e a colaboração prestados pela equipe de geólogos e prospectores do Escritório Regional de Brasília que participaram do planejamento e da execução do projeto.

BIBLIOGRAFIA

- ARAÚJO, V.A. e CAVALCANTE ALVES, A. — 1979 — Projeto Canabrava-Porto Real, Relatório final, volume I, texto e ilustrações. MME-DNPM, DNPM/CPRM, CPRM, Sup. Reg. Goiânia; 191 pp.
- BARBOSA, O. *et al.* — 1969 — Projeto Brasília-Goiás, Relatório Final. DNPM/PROSPEC, 225 pp.
- CORREIA FILHO, F.C.L. e MARTINS DE SÁ, A. — 1980 — Projeto Natividade, Relatório final, volume I, texto, ilustrações e anexos. MME/DNPM, DNPM/CPRM, CPRM, Sup. Reg. Goiânia; 225 pp.
- DAHLKAMP, F.J. — 1980 — Typology and geographic/geotectonic distribution of uranium deposits. *Revue l'Institut. Franc. Pétróle*, XXXV (3), 499-536.
- DARDENNE, M.A. — 1978 — Zonacão tectônica da borda ocidental do Craton São Francisco. Anais do XXX Congr. Bras. de Geologia, Recife, 1: 299-308.
- EUPENE, G.S. — 1980 — Stratigraphic, structural and temporal control of mineralization in the Alligator Rivers Uranium province, Northern Territory, Australia. Proceed 5th Quadrennial IAGOD Sympos., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhdlg, Germany: 347-376.
- GEISEL SOBRINHO, E. *et al.* — 1980 — O distrito uranífero de Lagoa Real, Bahia. An. XXXI Congr. Bras. Geol., Camboriú, vol. 3, 1499-1512.
- HASUI, Y. *et al.* — 1980 — Datações Rb-Sr e K-Ar do centro-norte do Brasil e seu significado geológico-geotectônico. An. XXXI Congr. Bras. de Geol., Camboriú, vol. 5, 2659-2676.
- HIGGINS, M.W. — 1971 — Cataclastic rocks. Geol. Survey Prof. Pap. 687, Washington, 97 pp.
- MARINI, O.J. *et al.* — 1977 — Contribuição à geologia do Precambriano da porção central de Goiás. *Rev. Bras. Geoc.* 7 (4): 304-324.
- McMILAN, R.H. — 1978 — Genetic aspects and classification of important Canadian Uranium deposits. Mineralog. Assoc. Canada, Short Course Handbook, 3, (ed. M.M. Kimberley): 187-204.
- MME/DNPM — 1976 — Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha Brasília SD-23, texto explicativo. Brasília, 163 pp.
- MOUTINHO DA COSTA, L.A. *et al.* — 1976 — Projeto Leste do Tocantins/Oeste do Rio São Francisco. Relatório final, volume Ia. MME/DNPM, DNPM/CPRM, PROSPEC: 300 pp.

Recebido em 24 de setembro de 1981.