
INSTITUTO DE ANTROPOLOGIA
Arquivos

Geologia — N.º 2 — p. 1 - 30 — novembro — 1968

ANTONIO CAMPOS E SILVA
SHEILA GARCIA DE CARVALHO

OS MINERAIS DE URÂNIO
NO
RIO GRANDE DO NORTE

IMPrensa UNIVERSITÁRIA
Natal, Rio Grande do Norte - Brasil - 1968

OS MINERAIS DE URÂNIO
NO RIO G. DO NORTE

ANTÔNIO CAMPOS E SILVA
SHEILA GARCIA DE CARVALHO



Biblioteca do Instituto Histórico
e Geográfico do Rio Grande do Norte
DOAÇÃO DO SÓCIO EFETIVO
ANTONIO SOARES FILHO

Arq. Inst. Antrop.
Geologia N. 2, p. 1 a 30
Avenida Hermes da
Fonsêca, 1398
NATAL — 1968

INTRODUÇÃO

O presente trabalho é o primeiro de uma série sobre os minerais do Rio Grande do Norte. Seu objetivo maior é oferecer uma divulgação de bom nível, podendo interessar não apenas ao leigo com noções de mineralogia, mas também ao prospector interessado.

Evidentemente, não se pode escoimar de falhas uma tentativa dessa natureza. Confiamos que a crítica do leitor ajude a melhorar estas páginas para uma edição futura, ampliada e corrigida.

Sentem-se os autores na obrigação de registrar os agradecimentos mais calorosos ao mineralogista ROMULO ARGENTIÈRE pela colaboração prestada, quer tornando acessível uma bibliografia difícil, quer contribuindo com sua própria experiência no campo de trabalhos a que se refere esta publicação. Agradecimentos ainda são devidos ao garimpeiro JOSÉ ANTÔNIO DE LIMA, sempre disposto a oferecer amostras ou situar ocorrências.

OS AUTORES

I PARTE

O URÂNIO E SEUS MINERAIS

A energia nuclear trouxe o urânio de uma posição secundária, no contexto da produção mineral, para um lugar cujo destaque cada vez mais se torna acentuado

Seus átomos, quando bombardeados por neutrons, partem-se, com liberação de enorme quantidade de energia. Inicialmente, êste potencial energético foi tristemente lembrado pelas bombas atômicas de Nagasaki e Hiroshima, mas, muito cedo, os grandes reatores nucleares começaram a funcionar para atender aos reclamos de uma civilização sequiosa de energia.

Em decorrência, inúmeros isótopos radiotivos vêm sendo utilizados nas indústrias, nos campos de aplicação os mais diversos. Do contróle na produção de metais à pesquisa biológica e agrônômica, os isótopos vêm contribuindo para um melhor conhecimento da natureza e um maior bem estar da humanidade.

O Urânio apresenta-se na Natureza como u'a mistura de três isótopos: U238, U235 e U234. O primeiro é o mais abundante (99,28%), seguindo-se-lhe o U235 (0,71%) e o último ocorre com a insignificante porcentagem de 0,0058.

Sua abundância nas rochas ígneas é da ordem de 4 gramas por tonelada, calculando-se que nas partes superiores da litosfera faz-se presente no valor de 1 grama por tonelada.

É um elemento químico de grande afinidade com o oxigênio, razão pela qual não se apresenta em estado nativo na Natureza, nem sob a forma de compostos do tipo sulfato, arsenieto, etc. (RANKHAMA & SAHAMA, 1957:589).

A RADIOATIVIDADE

O átomo de urânio encontra-se num constante processo de desintegração, no curso da qual expelle partículas e energia, transformando-se em outros elementos químicos. Esse processo espontâneo recebe o nome de *radioatividade*, consistindo na emissão de:

- a) partículas alfa, que equivalem a núcleos de átomos do gás Hélio;
- b) partículas beta, isto é, elétrons arrancados às órbitas do átomo;
- c) raios gama, uma forma de radiação semelhante aos raios X.

No curso do processo, o urânio vai-se transmutando, através de elementos químicos intermediários, também instáveis, até transformar-se noutro elemento estável. Como resultado dessa transmutação, o urânio 238 emite o equivalente a oito núcleos de Hélio e transforma-se no isótopo de chumbo Pb206. O urânio 235 emite 7 núcleos de hélio e dá como elemento estável o Pb207.

O tempo necessário para que uma determinada massa de urânio reduza-se à metade, transformada em chumbo e hélio, chama-se *meia vida*. Assim, para que uma determinada massa do urânio 238 transforme-se metade em hélio e chumbo 206, são necessários $4,5 \times 10^9$ anos. O processo U235 — Pb207 envolve $8,8 \times 10^8$ anos.

Como veremos adiante, a *meia-vida* do urânio permite aos geólogos calcularem de maneira absoluta a idade das rochas que contenham aquêle elemento.

A radioatividade dá margem a inúmeros instrumentos de grande utilização no estudo dos minerais que contenham urânio. São discutidos, a seguir, os mais empregados;

1. *Espintariscópio*. Baseia-se no fato de que quando partículas alfa atingem uma superfície recoberta por sulfeto de zinco, produzem uma pequena cintilação. O espintariscópio consiste num tubo contendo um tela impregnada de sulfeto de zinco, em cuja frente coloca-se a substância por examinar. Uma lente permite ampliar e melhor observar as cintilações. (Figura 1).

2. *Ampola de Geiger*. É a “alma” dos chamados contadores Geiger. A ampola é constituída, básicamente, por um cilindro de metal, ligado ao polo negativo de uma bateria, e um fio central, isolado do cilindro e recebendo uma carga positiva. O conjunto é encerrado numa ampôla em que se rarefaz o ar ou se preencheu com outro gás. Suas paredes são revestidas de finas fôlhas de metal (ou outra substância), deixando apenas uma (ou várias) aberturas para entrada da radiação. No momento em que as partículas provenientes de uma fonte radioativa penetram na ampola, ionizam o ar ou o gás ali existente, provocando uma descarga elétrica entre o fio e o cilindro. O número de descargas será tanto maior quanto mais intensa a radioatividade. Um sistema elétrico permite a contagem e registro das descargas, assegurando um meio de avaliar o fenômeno. Expressa-se êste em *curies*, ou ainda em miliroentgens. O emprêgo do contador Geiger simplifica muito a prospecção dos minerais de urânio, pois mesmo quando êstes não afloram, sua presença é traída pela elevação da radioatividade ambiente.

Um outro sistema empregado para identificação da radiotividade, baseia-se na propriedade que ela apresenta de “velar” as chapas fotográficas. Se sôbre um papel fotográfico, devidamente protegido da luz, coloca-se um mineral radioativo durante certo tempo, quando é revelado apresenta u’a mancha escura (se o papel fôr positivo) ou branca (no caso de negativo), correspondente a ação do fenômeno sôbre as substâncias que constituem a emulsão do filme fotográfico.

FLUORESCÊNCIA

Fluorescência é a propriedade que possuem certos minerais de emitirem radiações quando submetidos aos raios ultra-violetas.

Muitos minerais de urânio apresentam esta propriedade. Constatou-se, inclusive, que há uma correlação entre a côr com que fluoresce o mineral e a valência do urânio na sua fórmula química. Quando o metal apresenta-se hexavalente reage aos ultravioletas com fluorescência, ausente no caso de tratar-se de urânio tetravalente.

Reconhecem-se dois tipos principais de fluorescência:

sub-tipo autunita: verde amarelado.

A. Tipo Uranila

sub-tipo schroekingerrita: verde esbranquiçado.

B. Tipo uranato: laranja ou vermelho.

A propriedade em discussão, por conseguinte, auxilia na identificação do mineral, indicando o tipo de radical urânico nêle presente.

Dois tipos de instrumentos são empregados no estudo dêste fenômeno: o flluoroscópio e o mineralight.

1. *Fluoroscópio*. É um tubo que encerra num extremo uma lente e, no oposto, um anel de borracha para fixação da amostra. Uma abertura lateral obturada por um vidro especial permite a passagem dos raios ultravioletas da luz solar que vão atingir a amostra. Graças ao flluoroscópio, cujas paredes internas são revestidas de negro para favorecer a observação, pode-se verificar a fluorescência dos minerais sem necessidade de câmara escura.

2. *Mineralight*. Êste instrumento tem como peças básicas uma fonte rica em raios ultravioleta (lâmpada de quartzo) e um vidro para impedir que outras formas de radiação escapem para o exterior. Um refletor, situado por trás da lâmpada, assegura maior concentração dos raios. Deve utilizar-se o mineralight no escuro, fazendo incidir o feixe de ultravioletas sôbre a amostra, cuja fluorescência é imediata.

As vêzes, sòmente a pérola de bórax formada com o mineral apresenta fluorescência.

Reações do Urânio em ensaios de pérolas

Os ensaios em pérola são muito utilizados na identificação de elementos químicos em minerais. O processo segue mais ou menos a seguinte ordem. Uma alça de platina, limpa com ácido clorídrico e aquecida ao rubro é mergulhada no *fluxo* (no caso, bórax ou sal de fósforo), que adere à alça. Leva-se o material assim coletado à chama do bico de Bunsen e aquece-se até que êle venha a constituir uma pérola perfeitamente transparente. Com esta ainda quente, toca-se num pouco de mineral reduzido a pó, do qual algumas partículas são incorporadas à pérola. Aquece-se novamente, primeiro na chama oxidante do bico de Bunsen, a seguir na redutora, observando-se a coloração que a pérola assume quando, após o pó difundir-se nela. A observação deve ser feita logo quando a pérola é retirada e quando esfria, pois nem sempre a côr a quente é igual à que se verifica com o resfriamento.

A seguir, damos as reações do urânio nas pérolas de bórax e de sal de fósforo.

1. Pérola de Bórax:

a. Na chama redutora:

I — Vermelho, castanho avermelhado a castanho, a quente; Amarelo, a frio.

II — Amarelo, a quente; amarelo mais claro, a frio.

b. Na chama redutora:

I — Verde (indica presença de U_2O_3). Quando há saturação, a côr é verde amarelado.

2. Pérola de Sal de Fósforo:

a. Na chama redutora: verde a frio; verde amarelado a quente.

b. Na chama oxidante: amarelo a quente; verde amarelado a frio.

Os minerais de urânio

Registam-se cêrca de 150 minerais de urânio. Nem todos, porém, são aceitos como espécies minerais, alguns autores considerando inúmeros dêles como simples variedades.

Relacionamos a seguir 100 minerais de urânio, segundo seus grupos químicos e apoiados em HEINRICH (1958). As espécies grifadas são as constantes do DANA'S TEXTBOOK OF MINERALOGY (1957) na sua lista dos elementos básicos dos minerais. Em maiúsculas, destacamos os mais comuns.

1. OXIDOS:

URANINITA e PECHBLENDA. Torianita.

2. OXIDOS COMPLEXOS

Série do PIROCLORO-MICRÓLITA. Série da FERGUSONITA-FORMANITA. Série da SAMARSKITA-ITROTANTALITA. Série da EUXENITA-POLICRASITA. BETAFITA. Polimignita. Série Esquinita-Priorita. Zirkelita (*), Davidita (*). Brannerita (*). Ampangabeita (*). Delorenzita (*). Fersmita (*). Hjelmita (*). Ishikawaita (*). Itrocrasita (*). GUMITA.

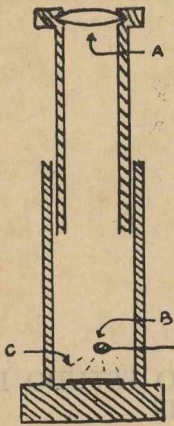


Fig. 1

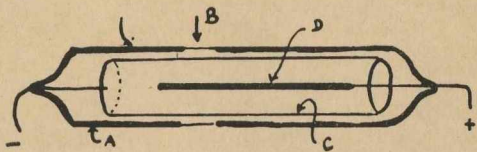


Fig. 2

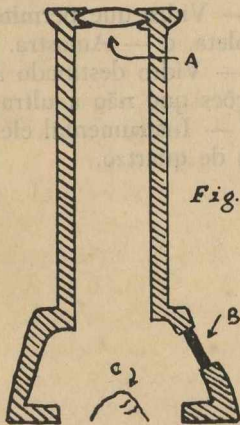


Fig. 3

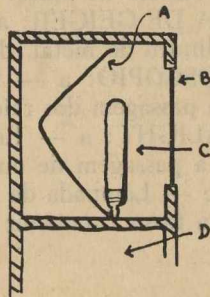
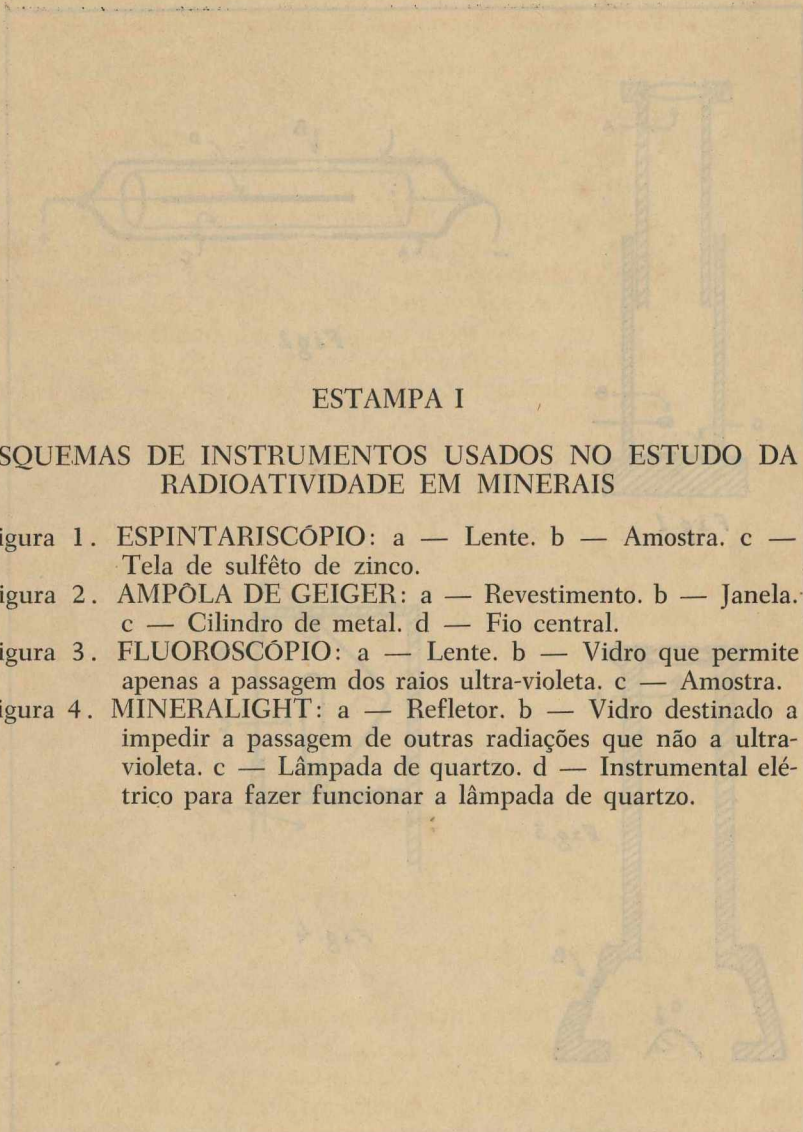


Fig. 4



ESTAMPA I

ESQUEMAS DE INSTRUMENTOS USADOS NO ESTUDO DA
RADIOATIVIDADE EM MINERAIS

- Figura 1. ESPINTARISCÓPIO: a — Lente. b — Amostra. c — Tela de sulfeto de zinco.
- Figura 2. AMPOLA DE GEIGER: a — Revestimento. b — Janela. c — Cilindro de metal. d — Fio central.
- Figura 3. FLUOROSCÓPIO: a — Lente. b — Vidro que permite apenas a passagem dos raios ultra-violeta. c — Amostra.
- Figura 4. MÍNERALIGHT: a — Refletor. b — Vidro destinado a impedir a passagem de outras radiações que não a ultra-violeta. c — Lâmpada de quartzo. d — Instrumental elétrico para fazer funcionar a lâmpada de quartzo.

3. ÓXIDOS HIDRATADOS E HIDRÓXIDOS.

Masuyta. Iantinita. Epuantinita. Schoepita. Beckerelita. Billietita. Curita. Fourmarierita. Vandrendiesscheita. Wolsendorfita. Clarkeita. Vandenbrandeita. Uranosferita. Richetita (*).

4. CARBONATOS

Rutherfordita. Andersonita. Liebigita. Swartzita. Rabittita. Bayleyita. SHROECKINGERITA. Iantinita (*). Sharpita (*). Studtita (*). Voglita (*).

5. SULFATOS

Zippeita. Uranopilita. Johannita. Beta-uranopilita (*). Cuprozippeita (*). Uranocalcita. Voglianita.

6. FOSFATOS

Cheralita.

7. FOSFATOS HIDRATADOS

AUTUNITA e meta-autunita. Autunita sódica. TORBERNITA e meta-torbernita. Metauranocircita. Saléita. Bassetita. Sabugalita. FOSFURANILITA. Renardita. Parsonita. Dumontita. Dewindtita (*). Lermontovita (*). Fritzcheita (*). Przhebsalkita (*).

8. ARSENATOS

Zeunerita e metazeunerita. Uranospurita. Nacekita. Uranospatita. Kahlerita. Abernathita. Troegerita. Valpurgita.

9. VANADATOS

CARNOTITA. Tyuyamunita e meta-tyuyamunita. Francevillita. Sengierita. Rauvita. Ferghanita (*). Uranita (*).

10. MOLIBDATOS

Umohoita. Iriginita (*). Moluranita (*).

11. SILICATOS

Coffinita.

12. SILICATOS HIDRATADOS

SODDYITA. URANOFANA e beta-uranofana. Sklodowska. Cuprosklodowskita. Kasolita. Boltwoodita. Droogmansita (*). Gastunita (*). Orlita (*).

13. HIDROCARBONETOS

Tucolilta.

O asterisco indica os minerais ainda mal definidos, às vezes considerados como simples variedades.

Os minerais do urânio ocorrem em praticamente todos os tipos de rochas, embora no Rio Grande do Norte tenham sido registrados principalmente nos pegmatitos, que, inclusive, forneceram o material presente em aluviões.

MINÉRIOS DE URÂNIO

Para que o agregado mineral contendo urânio tenha valor comercial, seu teor em U deve ser superior a 0,1%. Evidentemente, como êsse teor econômico varia com todo o conjunto de circunstâncias que presidem as atividades mineiras, varia dentro de limites mais ou menos amplos de local para local. O assunto ainda não foi objeto de estudos precisos no Rio Grande do Norte.

Os principais minérios de urânio são: uraninita, pechblenda, carnotita, autunita, torbernitita e samarskita. Com exceção da torbernitita, os demais têm ocorrência constatada (ou, como no caso da carnotita, suposta) no Rio Grande do Norte.

II PARTE

OS MINERAIS DE URÂNIO NO RIO GRANDE DO NORTE

Em estudo sôbre a radiometria do Nordeste, em duas áreas do Estado ARGENTIÈRE (1961) registrou as anomalias radiométricas positivas mais elevadas. Seguindo o autor citado, o background radioativa do Estado é da ordem de 0,03 mr/h (*). Nas duas áreas indicadas, porém, o valor da radiação torna-se bem mais elevado.

Na área A (Almino Afonso — Demétrio Lemos), registraram-se contagens superiores até a 0,5 mr/h, sempre nas proximidades de pegmatitos.

Na área B (Sudeste do Seridó), as anomalias observadas variaram de mais de 0,03 a quase 0,05 mr/h.

Deve-se destacar que tais valôres de radioatividade expressam não apenas a presença de urânio, como ainda de tório e outros corpos radioativos.

As ocorrências de minerais de urânio no Estado prendem-se à zona dos pegmatitos. Os minerais ocorrem disseminados na massa destas rochas, às vêzes formando "buchos". Eventualmente, fazem-se presentes nos alúvios. Nota-se que há uma preferência dos minerais uraníferos pelos pegmatitos com berilo e tantalita-columbita.

Os pegmatitos do Alto do Giz e Alto dos Mamões são aqueles que até agora apresentaram maior número de minerais: cinco

espécies para o primeiro e oito para o segundo. ROLFF, especialmente, teve oportunidade de estudá-los com certa profundidade.

Freqüentemente, a uraninita faz-se acompanhar pela autuninita e, junto a ela, sempre ocorre a gumita, verdadeira mistura de óxidos hidratados, de côr verde, que às vêzes a recobre.

Na região de Coronel Ezequiel, a euxenita-policrasita está acompanhada da alanita.

Embora a presença de carnotita tenha sido referida nos pegmatitos do Seridó, sua identificação está ainda um pouco controvertida, podendo tratar-se de um dos muitos produtos de alteração dos minerais de urânio. Na terceira parte dêste trabalho são dados as características que permitem identificá-la.

A alta densidade e a côr negra foram dois fatos que, aliadas à ignorância ou à má fé dos garimpeiros, contribuíram para que minérios de urânio fôssem vendidos como tantalita.

As perspectivas econômicas dos minérios de urânio no Estado ainda não estão definidas. Embora o D. N. P. M. tenha decidido, em alguns casos, pela ausência de interêsse econômico dos mesmos em alguns pegmatitos, isso não implica numa generalização muito ampla.

No estado atual dos conhecimentos, parece viável que os minérios de urânio sejam recuperados como subprodutos da mineração dos pegmatitos. ARGENTIÈRE (1957) apoiado em dados preliminares de prospecção, mas sem avaliação precisa das reservas, calcula que, la forma atrás expressa, poder-se-ia assegurar uma produção anual de 10 a 12 toneladas.

Ocorrência de Minerais de Urânio no Estado

Arrolamos, a seguir, as ocorrências registradas de minerais de urânio no Rio Grande do Norte. Tratam-se de *ocorrências*, não implicando, portanto, necessariamente em jazidas. Em muitos casos, aponta-se a simples presença; noutros, ocorrências que inclusive mereceram pesquisas por parte das autoridades competentes; noutros, ainda, os minerais foram “aproveitados” como tantalita. Foram as espécies arroladas em ordem alfabética.

1. AUTUNITA

1.1 — Carnaúba dos Dantas.

1.1.1 — Alto Xique-Xique.

1.1.2 — Alto dos Mamões. ROLFF assinala

u'a mica com invasão de ocre de urânio. Uma dessas amostras pesa cerca de 100 kg, tendo sido recolhida ao museu do Departamento Nacional da Produção Mineral.

1.2 — Jardim do Seridó.

1.2.1 — Malhada do Angicos. Amostras ocasionais.

1.3 — Parelhas.

1.3.1 — Berra Sapo.

1.3.2 — Boa Vista.

1.3.3 — Alto Boqueirão. Nesta ocorrência, como nas duas anteriores, a autunita faz-se acompanhar da uraninita.

2. BETAFITA

2.1 — Carnaúba dos Dantas.

2.1.1 — Garrote.

2.1.2 — Bico da Arara.

2.2 — Equador

2.2.1 — Alto dos Mamões.

2.3 — Jardim do Seridó

2.3.1 — Sítio Pessoa.

2.4 — Parelhas

2.4.1 — Boqueirão.

2.4.2 — Trigueiro.

2.4.3 — Riacho do Boi.

2.4.4 — Alto das Cobras.

2.4.5 — Alto Craibeira.

2.5 — Santa Cruz.

2.5.1 — Localidade indeterminada, ao sul da cidade.

3. DJALMAITA

3.1 — Carnaúba dos Dantas

3.1.1 — Alto do Dinheiro.

3.2 — Parelhas

3.2.1 — Alto do Giz.

3.2.2 — Alto do Algodão.

4. ELISWORTHITA

- 4.1 — Equador
 - 4.1.1 — Alto dos Mamões.

5. EUXENITA-POLICRASITA

- 5.1 — Acari.
 - 5.1.1 — Rio Acauã. Associada à tantalita e à monazita.
 - 5.1.2 — Fazenda Belém.
 - 5.1.3 — Barrentas.
 - 5.1.4 — Olho d'Água.
- 5.2 — Almino Afonso.
 - 5.2.1 — Fazenda Fidalga. Numa produção experimental de 16 dias de trabalho, extrairam-se 50 kg de euxenita e 50 kg de policrasita.
 - 5.2.2 — Pedra d'Água.
- 5.3 — Angicos
 - 5.3.1 — Fazenda Gurupá.
- 5.4 — Caicó.
 - 5.4.1 — Ocorrências não localizadas de policrasita em aluviões.
- 5.5 — Coronel Ezequiel.
 - 5.5.1 — Fazenda Santa Quitéria. Policrasita.
- 5.6 — Equador
 - 5.6.1 — Alto do Giz. À diferença de outros minérios de urânio, a policrasita, neste alto, não foi recuperada.
 - 5.6.2 — Alto dos Mamões. Policrasita mais ou menos abundante.
- 5.7 — Jardim do Seridó.
 - 5.7.1 — Localidade incerta. Policrasita associada à fergusonita.
- 5.8 — Parelhas.
 - 5.8.1 — Alto Cobras. Apenas euxenita.
 - 5.8.2 — Riacho do Boi.
- 5.9 — São Fernando.
 - 5.9.1 — Sítio Cais. Apenas euxenita.
- 5.10 — Serra de São Bento.

- 5.10.1 — Fazenda Remédios.
- 5.10.2 — Fazenda Cachoeira.
- 5.10.3 — Fazenda Aroeiras. O teor da policrasita segundo ARGENTIÈRE (1957) é de 9,3% de U^3O^8 .

6. FERGUSONITA

- 6.1 — Caicó.
 - 6.1.1 — Rio Sabugi. Associada à policrasita nos aluviões.
- 6.2 — Carnaúba dos Dantas.
 - 6.2.1 — Bico da Arara.
- 6.3 — Jardim do Seridó.
 - 6.3.1 — Localidade indeterminada. Associada à policrasita.
- 6.4 — Parelhas.
 - 6.4.1 — Alto Cobras.
 - 6.4.2 — Riacho dos Bois.
- 6.5 — Serra Negra do Norte.
 - 6.5.1 — Localidade indeterminada.

7. FOSFURANILITA

- 7.1 — Equador.
 - 7.1.1 — Alto dos Mamões.

8. GUMITA

Para as ocorrências de gumita, vide as de uraninita, à qual aquêl mineral vai sempre associado. Merece destaque o fato de que, no Alto Xique-Xique, ela ocorre na arrojadita.

W. FLORENCIO (in ARGENTIÈRE, 1953) oferece a seguinte análise química da gumita do Alto Boqueirão, Parelhas:

H ₂ O	7,83%
SiO ₂	38,98%
PbO	(*)
U ³ O ⁸	28,16%

Fe ² O ³	13,89%
Al ² O ³	7,11%
CaO	1,19%
MgO	0,50%
MnO	0,08%
ThO ²	nihil
P ² O ⁵	traços
K ² O + Na ² O	1,70%

(*) O PbO encontra-se presente em quantidades ínfimas, de forma que se tornou impossível dosá-lo.

9. ITROTANTALITA

9.1 — Parelhas.

9.1.1—Alto do Algodão.

10. MICRÓLITA

10.1 — Equador.

10.1.1 — Alto do Giz.

10.1.2 — Alto dos Mamões. A micrólita, no garimpo, foi muitas vêzes recuperada como tantalita.

11. SAMARSKITA

11.1 — Almino Afonso.

11.1.1 — Fazenda Fidalgo. Numa produção experimental de 16 dias de trabalho, extraíram-se 200 kg de samarskita (ARGENTIÈRE).

11.1.2 — Pedra d'Água.

11.2 — Angicos

11.2.1 — Fazenda Gurupá.

11.3 — Caiçara do Rio do Vento.

11.3.1 — Fazenda da Barra.

11.4 — Carnaúba dos Dantas.

11.4.1 — Alto do Dinheiro.

- 11.4.2 — Alto do Garrote.
- 11.4.3 — Bico da Arara.
- 11.5 — Equador.
 - 11.5.1 — Alto do Giz.
- 11.6 — Parelhas.
 - 11.6.1 — Alto do Algodão.
 - 11.6.2 — Alto Cobras.
 - 11.6.3 — Alto dos Mamões. Neste alto, ROLFF assinala cristais com mais de 1 kg de pêsos.
 - 11.6.4 — Riacho do Boi
- 11.7 — São Vicente.
 - 11.7.1 — Sítio do Marco. Associada à monazita.
- 11.8 — Tenente Ananias.
 - 11.8.1 — Fazenda Ipueira. Associada à betafita.
 - 11.9.1 — Fazenda São Félix.

12. URANINITA

- 12.1 — Acari.
 - 12.1.1 — Serra do Bico. Extrairam-se massas de 2 kg de pêsos.
 - 12.1.2 — Tira-Ceroula.
- 12.2 — Carnaúba dos Dantas.
 - 12.2.1 — Craibeira.
 - 12.2.2 — Alto do Dinheiro.
 - 12.2.3 — Alto do Mendes.
 - 12.2.4 — Alto do Marimbondo.
 - 12.2.5 — Alto do Xique-Xique. A uraninita ocorre no contato do pegmatito com o quartzito encaixante, a uma profundidade de 8,50 m. De 1.535,26 m³ de rocha, extrairam-se 4,55 kg de uraninita. (Relatórios da Diretoria do D. N. P. M., 1952 e 1953.).
- 12.3 — Equador.
 - 12.3.1 — Alto do Giz.
 - 12.3.2 — Alto dos Mamões.
 - 12.3.3 — Quintos de Baixo.
 - 12.3.4 — Quintos de Cima.

12.4 — Parelhas.

12.4.1 — Berra Sapo.

12.4.2 — Boa Vista.

12.4.3 — Alto Boqueirão. Este pegmatito é um dos mais interessantes do ponto de vista metalogenético na Província Pegmatítica da Borborema, dada a intensidade de sua mineralização. A análise da uraninita que ali ocorre, realizada por W. Florêncio (ARGENTIÈRE, 1953), apresenta o seguinte resultado:

H ₂ O	1,70%
SiO ₂	0,26%
PbO	5,38%
U ₃ O ₈	91,34%
Fe ₂ O ₃	0,70%
Al ₂ O ₃	traços
CaO	0,26%
MgO	traços
MnO	0,05%
ThO ₂	nihil

Datações de idade pelo processo do Urânio-Chumbo indicam para ela idades de 472, 121 e 400 milhões de anos (GUIMARÃES,).

12.4.4 — Riacho do Boi.

12.4.5 — Alto do Trigueiro. Em prospecção efetuada pelo D. N. P. M. em 1953, num desmonte de 15.860 toneladas de pegmatito extrairam-se 1,5 kg de uraninita.

13. URANOFANA

13.1 — Carnaúba dos Dantas.

13.1.1 — Alto do Xique-Xique.

III PARTE

PROPRIEDADES DOS MINERAIS DE URÂNIO COMUNS NO RIO GRANDE DO NORTE

Nas páginas seguintes, apresentamos as propriedades físicas e químicas dos minerais de urânio até agora registrados no Rio Grande do Norte. Reduzimos os dados de forma a facilitar uma identificação macroscópica pelo leigo com noções de mineralogia. Na realidade, muitas vezes, em presença do mineral, será possível apenas situá-lo entre duas ou três espécies afins, em virtude da grande variabilidade aparente dos mesmos. Uma identificação precisa só é plenamente realizável com auxílio de equipamento muitas vezes dispendioso, não acessível ao amador.

Ao leitor que se interessar no estudo mais minucioso dos minerais radioativos, remetemos às referências bibliográficas no fim do trabalho.

AUTUNITA

COMPOSIÇÃO — $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10-12 \text{H}_2\text{O}$

DUREZA — 2 a 2,5

PÊSO ESPECÍFICO — 3 a 3,1

CLIVAGEM — Basal eminente.

CÔR — Amarelo limão a amarelo claro. Amarelo dourado.

LAIVO — Amarelo.

BRILHO — Nacarado.

TRANSPARÊNCIA — Transparente a translúcido.

SISTEMA CRISTALINO — Ortorrômbico.

APRESENTAÇÃO — Em cristais tabulares ou em grupos de aspecto escamoso.

REAÇÕES QUÍMICAS — Aquecido em tubo fechado, produz água. Dissolve-se com facilidade no ácido nítrico. Com o sal de fósforo dá pérola verde, fluorescente à luz ultra-violeta. Funde-se no bico de Bunsen, tornando-se numa massa negra.

OBSERVAÇÕES — A autunita é u'a mica de urânio.

BETAFITA

COMPOSIÇÃO — A fórmula provável é: $(U,Ca) (Nb, Ta, Ti)^3O_9 \cdot nH_2O$

DUREZA — 5,5 a 4.

PÊSO ESPECÍFICO — 3,7 a 5,25.

FRATURA — Concoidal.

CÔR — Negro, castanho ou amarelo.

LAIVO — Amarelo a castanho escuro.

BRILHO — Vítreo a graxo.

TRANSPARÊNCIA — Translúcido em bordos de esqúirulas.

APRESENTAÇÃO — Massas achatadas ou grãos irregulares.

Às vêzes cristais octédricos.

SISTEMA CRISTALINO — Cúbico.

REAÇÕES QUÍMICAS — Funde, com facilidade desigual, transformando-se num material negro. Atacado pelos ácidos.

CARNOTITA

COMPOSIÇÃO — $K^2(UO_2) 2(UO_4) 2 \cdot 1-3H_2O$.

DUREZA — 2 a 3.

PÊSO ESPECÍFICO — 4,6.

CLIVAGEM — Basal perfeita.

CÔR — Amarelo limão ou esverdeado.

LAIVO — Amarelo.

BRILHO — Terroso. Nacarado ou sedoso quando em cristais.

TRANSPARÊNCIA — Opaco a translúcido.

SISTEMA CRISTALINO — Ortorrômbico.

APRESENTAÇÃO — Muito raro em cristais microscópicos imperfeitos achatados. Frequentemente, como um pó ou agregados pouco coerentes, cimentando arenitos.

REAÇÕES QUÍMICAS — Infusível. Solúvel em ácidos. A pérola sódica, produz fluorescência em presença do ultra-violeta. Quando tocada por uma gota de ácido clorídrico concentrado, torna-se castanha avermelhada.

DJALMAÍTA

COMPOSIÇÃO — (U, Ca, Pb, Bi, Fe) (Ta, Cb, Ti, Zr)³O⁹
nH²O

DUREZA — 5,5.

PÊSO ESPECÍFICO — 5,8

FRATURA — Irregular.

CÔR — Castanho, tendendo para o amarelo ou o negro.

LAIVO — Castanho.

BRILHO — Graxo.

TRANSPARÊNCIA — Translúcido.

SISTEMA CRISTALINO — Cúbico.

APRESENTAÇÃO — Cristais octaédricos. Massas irregulares.

REAÇÕES QUÍMICAS — Funde-se numa massa negra. De-compõe-se no ácido clorídrico, deixando um resíduo branco e conferindo à solução uma coloração amarelo-dourada.

EUXENITA — POLICRASITA

Êstes dois minerais encontram-se na natureza sempre em mistura, de forma que se torna difícil a separação de ambos sem utilização de métodos mineralógicos altamente refinados.

COMPOSIÇÃO — Fórmula do tipo AB₂O₆, sendo que para a euxenita A = Y, Ce, U, Th e B = Ta + Nb, enquanto que para a policrasita A = Y, Ce, U, Th e B = Ti + Nb.

DUREZA — 5 a 6,5

PÊSO ESPECÍFICO — 4,7 a 5,0

FRATURA — Concoidal a subconcoidal.

CÔR — Negro acastanhado. Em esqúirulas, negro.

LAIVO — Castanho escuro. Pode ainda ser amarelado, acinzentado ou castanho avermelhado.

BRILHO — Vítreo a resinoso. Quando o mineral é atacado pelo intemperismo, altera para terroso.

TRANSPARÊNCIA — Translúcido nos bordos.

SISTEMA CRISTALINO — Ortorrômbico.

APRESENTAÇÃO — Em prismas espessos, dispostos radial ou paralelamente. Às vèzes, em massas irregulares.

REAÇÕES QUÍMICAS — Distinguem-se da fergusonita e da samarskita por apresentar uma forte reação indicando a presença do titânio (o mineral fundido com carbonato de sódio e dissolvido no ácido clorídrico, produz uma coloração violeta na solução em presença de estanho metálico e a quente). Decomposto total ou parcialmente pelos ácidos fortes a quente. Decompõe-se também por fusão no sulfato ácido de potássio.

FERGUSONITA

COMPOSIÇÃO — (Y, Er, Ce, Fe) (Nb, Ta, Ti) O₄

DUREZA — 5,2 a 6,5

PESO ESPECÍFICO — 5,2 a 6,5. Quando o mineral é alterado, pode chegar a aproximadamente 4.

FRATURA — Subconcoïdal.

CÔR — Negro de pixe ou castanho muito escuro.

LAIVO — Castanho claro

BRILHO — Submetálico a vítreo.

TRANSPARÊNCIA — Translúcido a opaco.

SISTEMA CRISTALINO — Possivelmente tetragonal.

APRESENTAÇÃO — Em placas, às vèzes em grupos radiais. Granular.

REAÇÕES QUÍMICAS — Decompõe-se pelo ácido fluorídrico concentrado e por fusão no sulfato ácido de potássio. Infusível. Aquecido, torna-se súbitamente incandescente e passa a birrefringente.

ELLSWORTHITA

COMPOSIÇÃO — Fórmula Provável: CaO. Nb O. 2H O, contendo urânio (óxido), titânio, etc.

DUREZA — 4 a 4,5.

PESO ESPECÍFICO — 3,6 a 3,75. Os dois valôres correspondem à variedade amarelo ambarino e castanho escuro respectivamente.

FRATURA — Subconcoïdal a irregular.
CÔR — Amarelo ambar e castanho chocolate.
LAIVO — Amarelo a castanho.
BRILHO — Adamantino.
SISTEMA CRISTALINO — Cúbico.

ITROTANTALITA

COMPOSIÇÃO — $(Y, Th, U, Ca)_2(Ti, Fe^3, W)_4 O_{11}?$
DUREZA — 5 a 5,5.
PESO ESPECÍFICO — 5,5 a 5,9
FRATURA — Concoïdal.
CÔR — Negro, castanho, amarelo castanho ou amarelo palha.
LAIVO — Cinza.
BRILHO — Submetálico, vítreo ou graxo.
TRANSPARENCIA — Opaco a subtranslúcido.
SISTEMA CRISTALINO — Ortorrômbo.
APRESENTAÇÃO — Em grãos ou massas irregulares.
REAÇÕES QUÍMICAS — No bico de Bunsen não funde, mas torna-se cinzento e racha. O pó dissolve-se no ácido sulfúrico a quente, produzindo uma solução verde amarelada. Atacada pelo ácido fluorídrico.

MICRÓLITA

COMPOSIÇÃO — $(Na, Ca)_2(Ta, Nb)_2 O_6(O, OH, F)$
DUREZA — 5 a 6.
PESO — ESPECÍFICO — 4,2 a 6,4. O pêso específico é afetado pelo teor de Tantálio, que o aumenta, e com a hidratação, que o reduz

FRATURA — Subconcoïdal a irregular.
CÔR — Negro, castanho, amarelo pálido.
LAIVO — Amarelo pálido ou acastanhado.
BRILHO — Vítreo a resinoso.
SISTEMA CRISTALINO — Cúbico.
APRESENTAÇÃO — Massas irregulares ou grãos esparsos na rocha.

PROPRIEDADES QUÍMICAS — Dificilmente fusível. Na ignição, pode mudar de côr. Em pó, solúvel facilmente no ácido clorídrico, lentamente no ácido sulfúrico e prontamente, por fusão, no sulfato ácido de potássio.

OBSERVAÇÕES — A distinção entre a micrólita e o outro membro da série, o pirocloro, requer aparelhagem muito especializada. É comum a associação de micrólita com a lepidolita, u'a mica de lítio de bela coloração violeta.

GUMITA

COMPOSIÇÃO — Incerta. Consiste num produto gelatinoso da alteração da uraninita, comportando óxidos hidratados e silicatos.

DUREZA — 2,5 a 3

PESA ESPECÍFICO — 3,9 a 4,2

FRATURA — Concoidal a irregular.

CÔR — Verde amarelado, amarelo avermelhado, laranja, castanho avermelhado.

LAIVO — Amarelo.

BRILHO — Graxo, ceroso ou vítreo.

TRANSPARÊNCIA — Em pequenos grãos, transparente. Em massas, opaco.

APRESENTAÇÃO — Em formas irregulares ou achatadas, freqüentemente formando crostas associadas à uraninita.

OBSERVAÇÃO — A gumita pode funcionar como um bom indicador da presença de uraninita, dado representar um produto de alteração.

FOSFURANILITA

COMPOSIÇÃO — $\text{Ca} (\text{UO}_2)_4 (\text{PO}_4)_2 (\text{OH})_4 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$

DUREZA — 3

PESO ESPECÍFICO — 4,05 a 4,14

FRATURA — Irregular.

CÔR — Amarelo dourado.

LAIVO — Amarelo.

BRILHO — Nacarado.

SISTEMA CRISTALINO — Ortorrômbico.

APRESENTAÇÃO — Freqüente como crôstas finas, es-
o pó produz uma côr azul quando aquecido em presença de zinco.

URANINITA

COMPOSIÇÃO — UO_2

DUREZA — 5,5

PESO ESPECÍFICO — 9,0 a 9,7. Alterado, entretanto, a
dureza pode baixar até 6,5.

FRATURA — Concoidal a indistinta.
camadas.

CÔR — Acinzentada, esverdeada, acastanhada, negro veludo.

LAIVO — Negro tendendo para o castanho, acinzentado, verde oliva.

BRILHO — Submetálico. Graxo. Fôsko.

TRANSPARÊNCIA — Opaco.

SISTEMA CRISTALINO — Cúbico.

APRESENTAÇÃO — Em grãos. Maciço. Botrioidal. Às vêzes colunar.

REAÇÕES QUÍMICAS — Não se funde na chama do maçarico. Solúvio nos ácidos nítrico e sulfúrico. Aquecidas com carbonato de sódio sôbre o carvão, algumas variedades produzem um depósito de óxido de chumbo. Fortemente radioativa.

SAMARSKITA

COMPOSIÇÃO — (Y, Er, Ce, U, Ca, Fe, Pb, Th) (Cb, Ta, Ti, Sn)₂O₆

DUREZA — 5 a 6

PESO ESPECÍFICO — 5,6 a 6,8

FRATURA — Concoidal.

CÔR — Negro aveludado.

LAIVO — Castanho avermelhado escuro.

BRILHO — Vítreo a resinoso.

TRANSPARÊNCIA — Quase opaco.

SISTEMA CRISTALINO — Ortorrômico.

APRESENTAÇÃO — Maciço ou em grãos achatados.

REAÇÕES QUÍMICAS — No tubo fechado, crepita, racha e torna-se negra. No bico de Bunsen, as arestas dos cristais fundem-se num vidro negro. No sal de fósforo produz uma pérola de côr verde esmeralda, fluorescente à luz ultra-violeta.

URANOFANA

COMPOSIÇÃO — Ca (UO₂)₂ (SiO₃)₂ (OH)₂ · 5H₂O

DUREZA — 2 a 3

PESO ESPECÍFICO — 3,7 a 3,9

CÔR — Amarelo a alaranjado.

LAIVO — Amarelo claro.

BRILHO — Nacarado ou graxo. Quando o mineral apresenta-se em agregados aciculares, sedoso. Frequentemente a uranofana apresenta-se coberta de uma crosta de aspecto terroso ou de cêra.

TRANSPARÊNCIA — Transparente a opaco.

SISTEMA CRISTALINO — Monoclínico.

APRESENTAÇÃO — Em crôstas escamosas ou agregados prismáticos ou aciculares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Referências gerais.*

- DANA, E. S. 1957 — "A textbook of Mineralogy with an extended treatise on 'Crystallography and Physical Mineralogy", 4a. ed., rev. ampl. por W. E. Frod, John Wilwy e Sons Inc. New York.
- HEINRICH, E. Wm. 1958 — "Mineralogy and geology of radioactive raw materials", McGraw Hill Book Company Inc., New York.
- NININGER, R. D. 1955 — "Minerals for Atomic Energy", D. Van Nostrand Company Inc., New York.
- PALACHE, C. et al. 1966 — "The System of Mineralogy of James Dwight Dana and Edward Salisbury Dana", Vol I (Elements, Sulphides, Sulphosalts, Oxides), John Wiley & Sons Inc., New York.
- RANKAMA, K. e SAHAMA, TH. G. 1954 — "Geoquímica", Aguilar S. A. de Ediciones, Madrid.

2. *Referências especiais*

- AMARAL, I. C. Do — 1963 — "Relatório da Diretoria — 1952", D. N. P. M. — D. F. P. M., Bol., 100, Rio de Janeiro.
- AMARAL, I. C. Do — 1963 — "Relatório da Diretoria — 1953", D. N. P. M. — D. F. P. M., Bol., 101, Rio de Janeiro.

- ARGENTIÈRE, R. 1961 — “A prospecção de Urânio e radiometria dos Terrenos do Nordeste”, Engenharia, Ano XIX, Vol. XIX, n. 322, p. 608-616, São Paulo.
- 1957 — “A Terra”, Ed. Pincar, São Paulo.
- 1953 — “Urânio e Tório no Brasil”, Ed. Lep. S. Paulo.
- JOHNSTON JR., W. D. 1945 — “Os pegmatitos berilo-tantalíferos da Paraíba e Rio Grande do Norte”, D. N. P. M. — D. F. P. M., Bol., 72, Rio de Janeiro.
- GUIMARÃES, D. 1965 — “Considerações sôbre dados cronogeológicos da América do Sul e Outros Continentes”, D. N. P. M. — D. G. M., Bol., 228, Rio de Janeiro.
- ROLEFF, P. M. de A. 1946 — “Minerais dos pegmatitos da Borborema”, D. N. P. M. — D. F. P. M., Bol. 78, Rio de Janeiro.



Trabalhos gráficos executados pela Imprensa Universitária do Rio Grande do Norte, sendo Reitor da Universidade o professor Onofre Lopes da Silva; Diretor do Departamento de Educação e Cultura o professor Edgar Barbosa e Diretor da Imprensa o professor Geraldo Batista de Araújo. Terminou-se de imprimir em outubro de 1968.

