

**CNEN/SP**

---

**ipen** *Instituto de Pesquisas  
Energéticas e Nucleares*

ATLAS DE MINERAIS RADIOATIVOS BRASILEIROS POR  
ESPECTROMETRIA DE RAIOS GAMA COM DETECTOR DE GERMÂNIO

Walter Pereira, Laura Tognoli Atalla e Alcídio Abrão

PUBLICAÇÃO IPEN 69

AGOSTO/1985

SÃO PAULO

ISSN 0101-3084

PUBLICAÇÃO IPEN 69

AGOSTO/1985

**ATLAS DE MINERAIS RADIOATIVOS BRASILEIROS POR ESPECTROMETRIA  
DE RAIOS GAMA COM DETECTOR DE GERMÂNIO**

Walter Pereira, Laura Tognoli Atalla e Alcídio Abrão

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**CNEN/SP**  
**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES**  
**SÃO PAULO - BRASIL**

**Série Publicação IPEN**

**INIS Categories and Descriptors**

**B11.10**

**BRAZIL  
GAMMA RADIATION  
RADIOACTIVE MINERALS  
SPECTRA**

# ATLAS DE MINERAIS RADIOATIVOS BRASILEIROS POR ESPECTROMETRIA DE RAIOS GAMA COM DETECTOR DE GERMÂNIO

Walter Pereira, Laura Tognoli Atalla e Alcídio Abrão

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo catalogar os principais minerais de urânio e/ou tório, por seus espectros de raios gama, obtidos pela detecção de radioatividade natural por meio de um detector de germânio de alta pureza. A finalidade foi acumular dados de identificação radiométrica para posterior estudo comparativo de minerais de mesma procedência ou de novas ocorrências uraníferas e toríferas. Nestes espectros registram-se os principais picos, suas energias e os radioisótopos correspondentes. Fez-se, ainda, uma avaliação do estado de equilíbrio radioativo dos minerais examinados.

Incluíram-se, como informações adicionais, os esquemas de decaimento das séries naturais do  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  e  $^{232}\text{Th}$ , as energias gama dos seus descendentes e, finalmente, apresenta-se uma tabela dos principais minerais de urânio e tório conhecidos mundialmente.

## ATLAS OF BRAZILIAN RADIOACTIVE MINERALS BY GAMMA-RAY SPECTROMETRY WITH PURE GERMANIUM DETECTOR

## ABSTRACT

This paper has as scope the organization of a catalogue of the main uranium and/or thorium minerals using their gamma-ray spectra registered by their natural radioactivity with a pure germanium detector. The objective is to accumulate data for the radiometric identification for a posterior comparative study of minerals of same procedence or from new uranium and thorium occurrences. On the respective spectra are marked the main peaks, their energies and the correspondent radioisotopes. An estimative of their radioactive equilibrium state is included.

As additional information the decay of the descendents of the natural series of  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  and  $^{232}\text{Th}$ , their gamma-ray energies and, finally, a table of the main uranium and thorium ores are presented.

## INTRODUÇÃO

Há cerca de 30 anos vêm sendo desenvolvidas pesquisas no Brasil para localizar jazidas de minerais de interesse da tecnologia nuclear.

Os resultados destas pesquisas foram as descobertas de milhares de ocorrências de minerais de urânio e de tório. Estas ocorrências, de acordo com Abreu<sup>(2)</sup>, têm sido encontradas nos seguintes tipos de formações geológicas:

1. em pegmatitos: pechblenda, microlita, euxenita, samarskita, betafita, allanita, xenotímio e zircão – Minas Gerais, Nordeste e outros locais;
2. em veios cortando rochas graníticas: pechblenda e autunita – Minas Gerais;
3. em fosfatos: fosforito – de Olinda, de Pernambuco até a Paraíba; apatita – Araxá, em Minas Gerais e colofano em Itataia, no Ceará;
4. em carvões e folhelhos carbonosos e pirobetuminosos: carvão mineral – Figueira, no Paraná;
5. em aluviões: monazita – nas praias do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, no litoral de Barreirinha no Maranhão e na bacia do Rio Açu no Rio Grande do Norte;
6. em metaconglomerado: urânio associado ao ouro – Serra de Jacobina, na Bahia;
7. em rochas alcalinas: zircão, monazita e pirocloro – Poços de Caldas (MG), Araxá (MG), Salitre (MG), Serra Negra (SP) e outros;
8. em rochas sedimentares: uraninita, coffinita, autunita, metaura ocircita, carnotita e tyuyamunita – bacias paleozóicas do Paraná e do Paraíba e nas bacias sedimentares de Tucano, na Bahia e Jatobá em Pernambuco.

No momento, o urânio tem prioridade no desenvolvimento do programa nuclear brasileiro, por isto mais explorado que o tório, o qual está sendo estocado para aplicações futuras.

As ocorrências brasileiras de urânio foram classificaças<sup>(16)</sup>, de acordo com o tipo de rocha hospedeira, nas regiões uraníferas seguintes:

- a) Alcalinas: Cercado e Campo do Agostinho em Poços de Caldas, MG, Araxá, MG;
- b) Sedimentares: Bacia do Paraná – Figueira, PR  
Bacia do Paraíba  
Bacias do Nordeste  
Jatobá, PE  
Tucano, BA;
- c) Metaconglomeráticas: Quadrilátero Ferrífero, MG  
Jacobina, BA  
Cavalcante, GO;
- d) Graníticas: Currais Novos, RN  
Camaquã, RS  
Carambei, PR  
Itu, SP  
Sorocaba, SP;
- e) Micaxistosas: Teresina e Cavalcante, GO  
Quadrilátero Ferrífero, MG.

As ocorrências de urânio, como pode ser visto na figura 1<sup>(13, 15, 16)</sup>, distribuem-se por várias áreas no País, destacando-se entre elas as de Poços de Caldas (MG) onde o urânio está associado a minerais de zircônio e molibdênio, ao "caldasito" e à rocha potássica, as de Itataia

(CE) onde o urânio está associado ao fosfato, as de Lagoa Real (BA) onde o principal minério de urânio é a uraninita e as de Figueira (PR) onde o urânio está associado aos minerais de molibdênio e ao carvão mineral.

O primeiro concentrado de urânio (diuranato de sódio) produzido no Brasil (Orquima Indústrias Químicas S.A.) origina-se do processamento industrial das areias monazíticas. Esta usina entrou em operação nos idos de 1942, com a industrialização das terras raras e do tório<sup>(3)</sup> e, a partir de 1954, vem produzindo o diuranato de sódio como um subproduto.

Recentemente entrou em operação o complexo industrial de Poços de Caldas, MG, operado pelas Empresas Nucleares Brasileiras S. A. (Nuclebrás), o qual desde 1983 vem produzindo um segundo tipo de concentrado de urânio (diuranato de amônio) a partir do conglomerado uranífero daquela região.

Em decorrência do interesse pelos minerais de urânio e de tório, numerosas amostras foram enviadas ao IPEN para serem analisadas por métodos químicos e instrumentais<sup>(1)</sup>.

## OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é catalogar os principais minerais analisados pelos espectros de raios gama obtidos por detecção da radioatividade natural, com a finalidade de acumular dados de identificação radiométrica para posterior estudo comparativo de minerais de mesma procedência ou de novas ocorrências uraníferas e toríferas. Procura-se assim uma sistemática de dados acumulados para a identificação rápida, segura e não-destrutiva de minerais radioativos (urânio, tório e os dois conjuntamente), bem como a análise quantitativa dos teores de urânio e de tório com precisão e exatidão aceitáveis.

Dada sua importância, interesse e frequência de solicitação de análise, incluíram-se no Atlas espectros de subprodutos derivados de minérios tratados industrialmente no País. É o caso das escórias de tantalita e de pirocloro e o da barita.

## EQUIPAMENTOS

Utilizou-se um sistema de detecção de raios gama composto de um multianalisador marca Norland/inotech modelo IT 5400 de 4096 canais, operado com 2048 canais, acoplado a um detector de germânio marca EG & G-Ortec modelo Gam-13180 série nº 22-PN-859 com resolução (FWHM) de 1,73 keV para o pico em 1,33 MeV do espectro de raios gama do  $^{60}\text{Co}$  e eficiência relativa calculada para esse mesmo pico de 18,6%. A relação entre a altura desse pico e o Compton é de 53,6. Utilizou-se, para registro dos espectros, um registrador omigraphic, série 2000 marca Houston Instrument.

## PROCEDIMENTO

Os minerais foram triturados e pulverizados até granulometria de 32 a 200 mesh e foram introduzidos em recipientes de plástico, com 41 mm de diâmetro e 14 mm de altura, até completar o volume livre, para manter a mesma geometria de contagem. A massa foi determinada por diferença das pesagens dos recipientes vazios e depois de cheios.

Após acondicionar as amostras, esperaram-se, aproximadamente, 45 dias para restabelecimento do equilíbrio radioativo, perturbado, provavelmente pela saída dos radioisótopos do radônio (descendentes do urânio e do tório), no processo de trituração e pulverização.

Os recipientes com as amostras foram colocados diretamente sobre o detector e foram feitas contagens durante 1000 a 40000 segundos, dependendo da atividade da amostra. Foi integrada a área dos picos do espectro de raios gama, registrado para uma posterior análise quantitativa do teor de urânio e tório.

## ORGANIZAÇÃO DO ATLAS

Os espectros dos minerais estão arranjados na ordem alfabética.

Em cada espectro registraram-se os principais picos, suas energias e os radioisótopos correspondentes. Para cada mineral apresenta-se sua ficha técnica: amostra, procedência, parâmetros operacionais e, sempre que possível, os teores de urânio e torio obtidos por determinação química.

Incluiu-se ainda o diagrama de equilíbrio em relação ao pico de absorção total em 186 keV do espectro de raios gama do  $^{235}\text{U}$ . Este diagrama foi obtido, de acordo com o Fujimori<sup>(7)</sup>, relacionando as alturas dos picos do espectro em estudo com as alturas dos picos do espectro de um padrão em equilíbrio radioativo.

O procedimento adotado foi o seguinte:

Seja  $P$  a altura do pico em 186 keV do espectro de raios gama do  $^{235}\text{U}$  e sejam  $P_i$  ( $i = 1$  a  $n$ ) as alturas de  $n$  picos de radioisótopos diferentes, descendentes do  $^{235}\text{U}$  ou  $^{238}\text{U}$ . Calcularam-se as relações  $R_i = P_i/P$  para o padrão e as relações  $r_i$  correspondentes para a amostra. Se houver equilíbrio, a relação  $r_i/R_i = 1$ .

Para efeito de construção do diagrama usaram-se os logaritmos dessas relações, isto é, o equilíbrio é representado por zero.

Os picos usados para a obtenção deste diagrama foram os seguintes, relacionados por energia crescente:

ENERGIA (keV)	RADIOISÓTOPO
46	$^{210}\text{Pb}$
144	$^{223}\text{Ra}$
186	$^{235}\text{U}$
352	$^{214}\text{Pb}$
609	$^{214}\text{Bi}$
704	$^{211}\text{Pb}$
1001	$^{234\text{m}}\text{Pa}$

## APÊNDICES

Como informações adicionais incluíram-se os esquemas de decaimento das séries naturais do  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  e  $^{232}\text{Th}$ <sup>(5)</sup> (Apêndices I, II e III), bem como as energias gama dos seus descendentes (Apêndices IV, V e VI) pela ordem crescente de seus valores. Finalmente, apresenta-se uma tabela (Apêndice VII) onde estão relacionados os principais minerais de urânio e tório conhecidos mundialmente<sup>(2)</sup>.

## AMOSTRAS ANALISADAS

## MINÉRIO DE URÂNIO: PADRÃO INTERNACIONAL

AMOSTRA	FIGURA
Minério de urânio NBL nº 3 B	2
Minério de urânio (Pechblenda)	3

## MINERAIS

AMOSTRA	FIGURA
Barita	4
"Caldasito"	5
Carvão Mineral	6
Colofanito (Fosforito)	7, 8, 9
Columbita	10 a 14
Columbita/Tantalita	15
Djalmaíta	16, 17
Euxenita	18
Folhelho Argiloso	19
Fosforito	20, 21
Minério de Urânio	22, 23, 24
Monazita	25 a 29
Óxidos Complexos -- Samarskita, Euxenita	30
Pirocloro	31
Policrasita	32
Rocha Granítica	33
Rocha Potássica	34
Samarskita	35
Sienito-nefelínico	36
Tantalita	37 a 45
Tantalita/Columbita	46, 47
Terianita	48
Uraninita	49
Xenotímio	50

## SUBPRODUTOS DOS MINERAIS TRATADOS

AMOSTRA	FIGURA
Sulfato de Bário	51
Escória de Pirocloro	52
Escória Tantalífera	53, 54



**AGRADECIMENTOS**

Os autores expressam sua gratidão ao Prof. Dr. Rui Ribeiro Franco, pela orientação quanto à classificação e nomenclatura dos minerais, ao Prof. Dr. Kenkichi Fujimori, pela Discussão sobre gênese e desequilíbrio radioativo dos minerais analisados, à Dra. Élia Constantino Boiça, da Nuclemon S. A., São Paulo, subsidiária das Empresas Nucleares Brasileiras (NUCLEBRÁS), pela colaboração fornecendo várias amostras com as respectivas informações, ao Dr. Carlos Pires Ferreira, Diretor do Departamento de Recursos Minerais da Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro, pelo fornecimento de várias amostras de minerais acompanhadas pelas informações pertinentes.

Agradecem também à Secretaria de Estado da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, Projeto PROMINÉRIO, que contribui em parte com os recursos necessários para a elaboração deste trabalho, por meio do contrato de prestação de serviços (Projeto de Pesquisas "Identificação, Caracterização e Estudos para o Aproveitamento de Elementos de Valor em Minerais Brasileiros") assinado entre a SICCT e o IPEN.





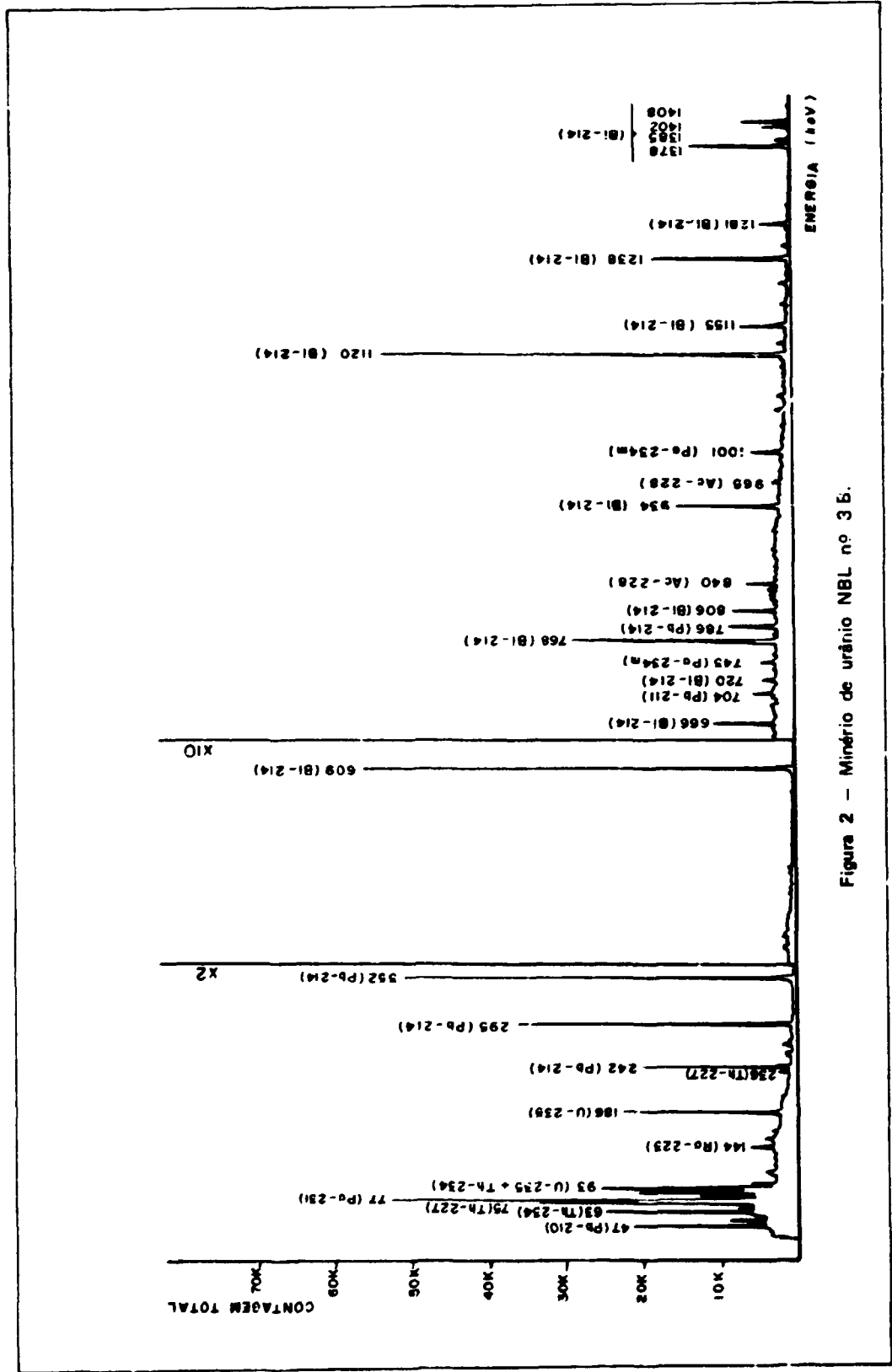


Figura 2 - Minério de urânio NBL nº 35.

### FICHA TÉCNICA (Figura 3)

Amostra: Minério de urânio (Pechblenda) – Referência S-7

Procedência: International Atomic Energy Agency – Mina Los Ratonos, Albalá (Cáceres),  
Espanha.

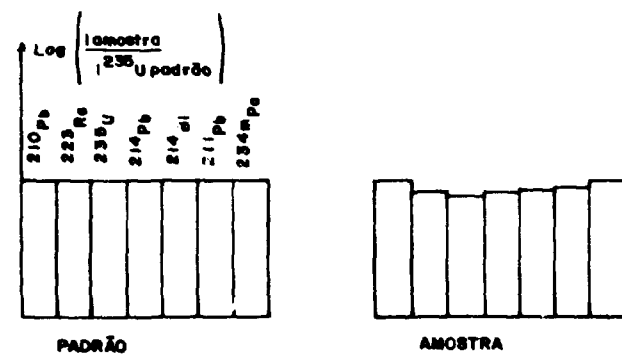
Massa: 10,5507 g

Tempo de Contagem: 40000 segundos

Análise Quantitativa: Junta de Energia Nuclear (JEN) Divisão de Química Analítica – Espanha.

Teor: 0,527% em  $U_3O_8$  – Método usado: Espectrofotometria com Arsenazo I.

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}U$  em 186 keV:



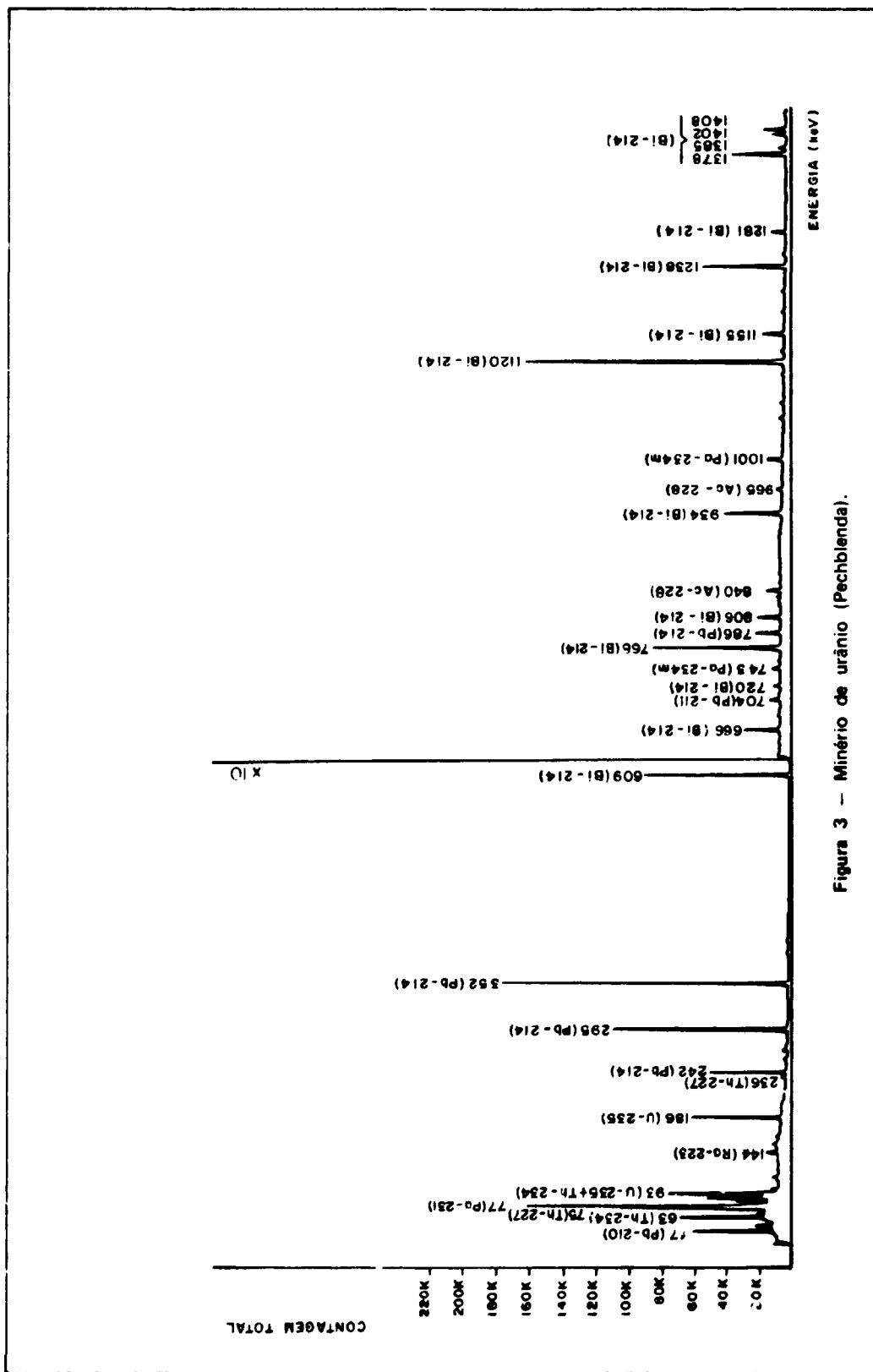


Figura 3 - Minério de urânio (Pechblenda).

## FICHA TÉCNICA (Figura 4)

BARITA<sup>(4)</sup>: Sulfato de bário, BaSO<sub>4</sub>, 65,7% de BaO e 34,3% de SO<sub>3</sub>.

Empregada na perfuração de poços de petróleo e de gás.

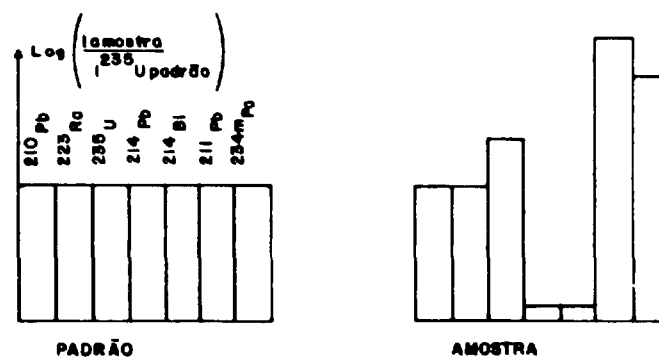
Amostra: Barita QGN

Procedência: Arafertil - Araxá, MG

Massa: 21,4539 g

Tempo de Contagem: 20000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao <sup>235</sup>U em 186 keV:



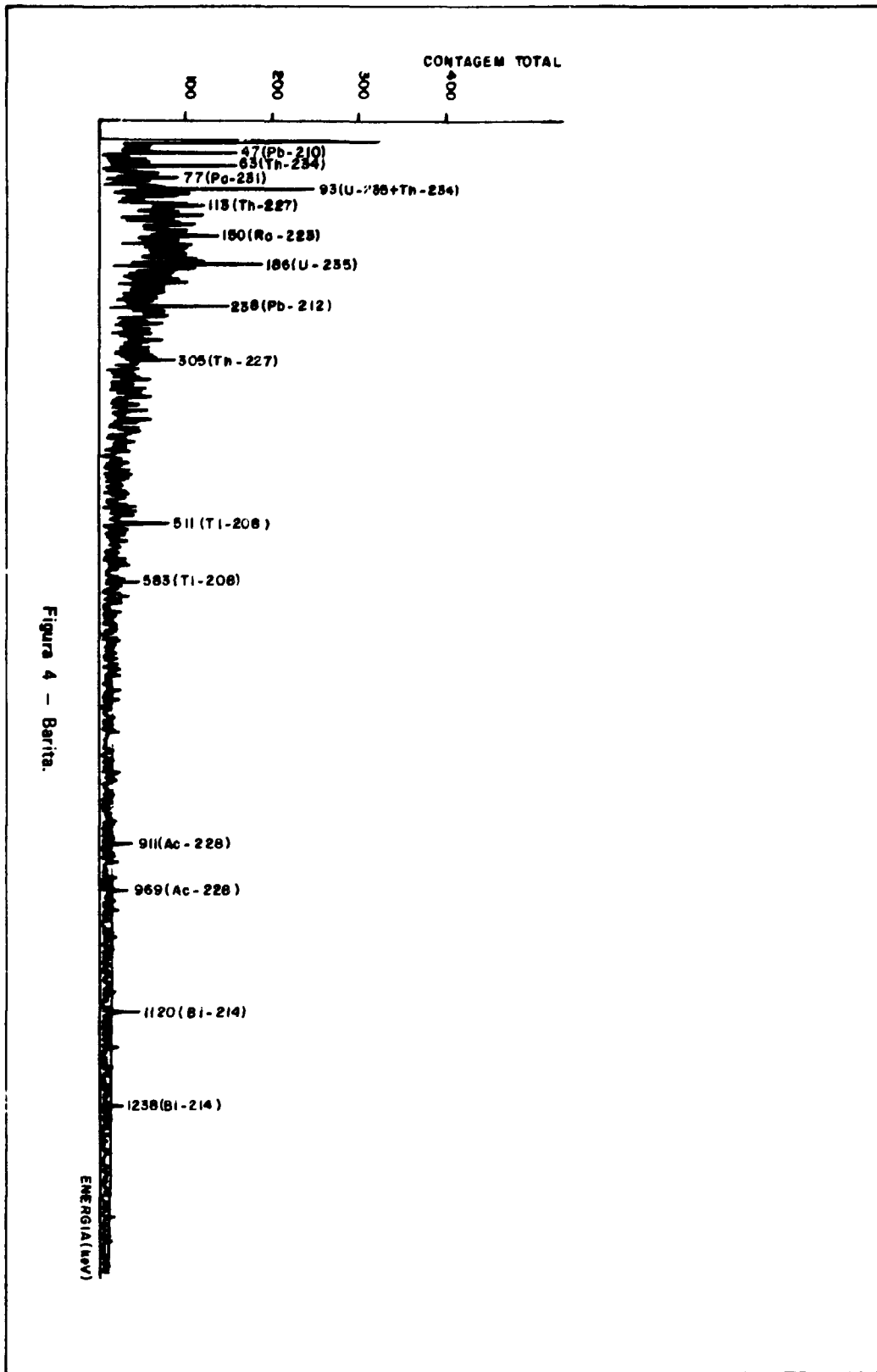


Figura 4 - Barita.



## FICHA TÉCNICA (Figura 5)

CALDASITO<sup>(6)</sup>: Nome dado por Derby (1889) ao agregado de zircão e baddeleyíta, contendo em geral, de 30 a 50% de óxido de zircônio (baddeleyta-ZrO<sub>2</sub>) e 50 a 70% de silicato de zircônio (zircão - ZrSiO<sub>4</sub>). Contém cerca de 0,1 a 1% em U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

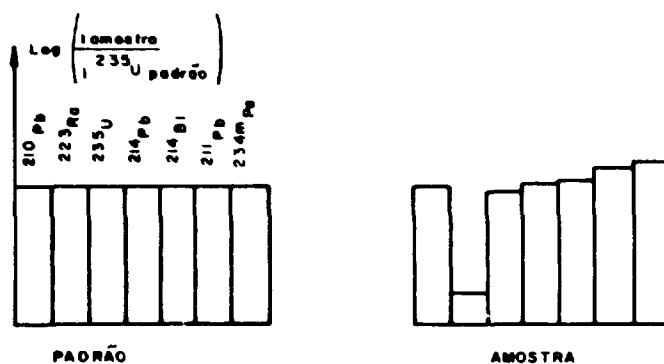
Amostra: Caldasito homogeneizado

Procedência: Poços de Caldas, MG

Massa: 18,7655 g

Tempo de Contagem: 10000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao <sup>235</sup>U em 186 keV:



## Composição Mineralógica do "CALDASITO"

Constituintes	Fórmula Molecular
Zircão*	ZrSiO <sub>4</sub> (54%)
Baddeleyíta*	ZrO <sub>2</sub> (19%)
Gelzircão	ZrSiO <sub>4</sub> .nH <sub>2</sub> O
Magnetita**	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Coríndon	αAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> e βAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Quartzo	αSiO <sub>2</sub>
Fluorita	CaF <sub>2</sub>
Gibbsita	1/2 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O
Moscovita	K Al <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> ) (OH) <sub>2</sub>
Rutilo	TiO <sub>2</sub>
Manganita	MnO (OH)
Cromita**	FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Columbita**	(Fe, Mn) (Nb, La) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>

\* Determinação por difração de raios - X.

\*\* Fração magnética obtida em separador Davis.

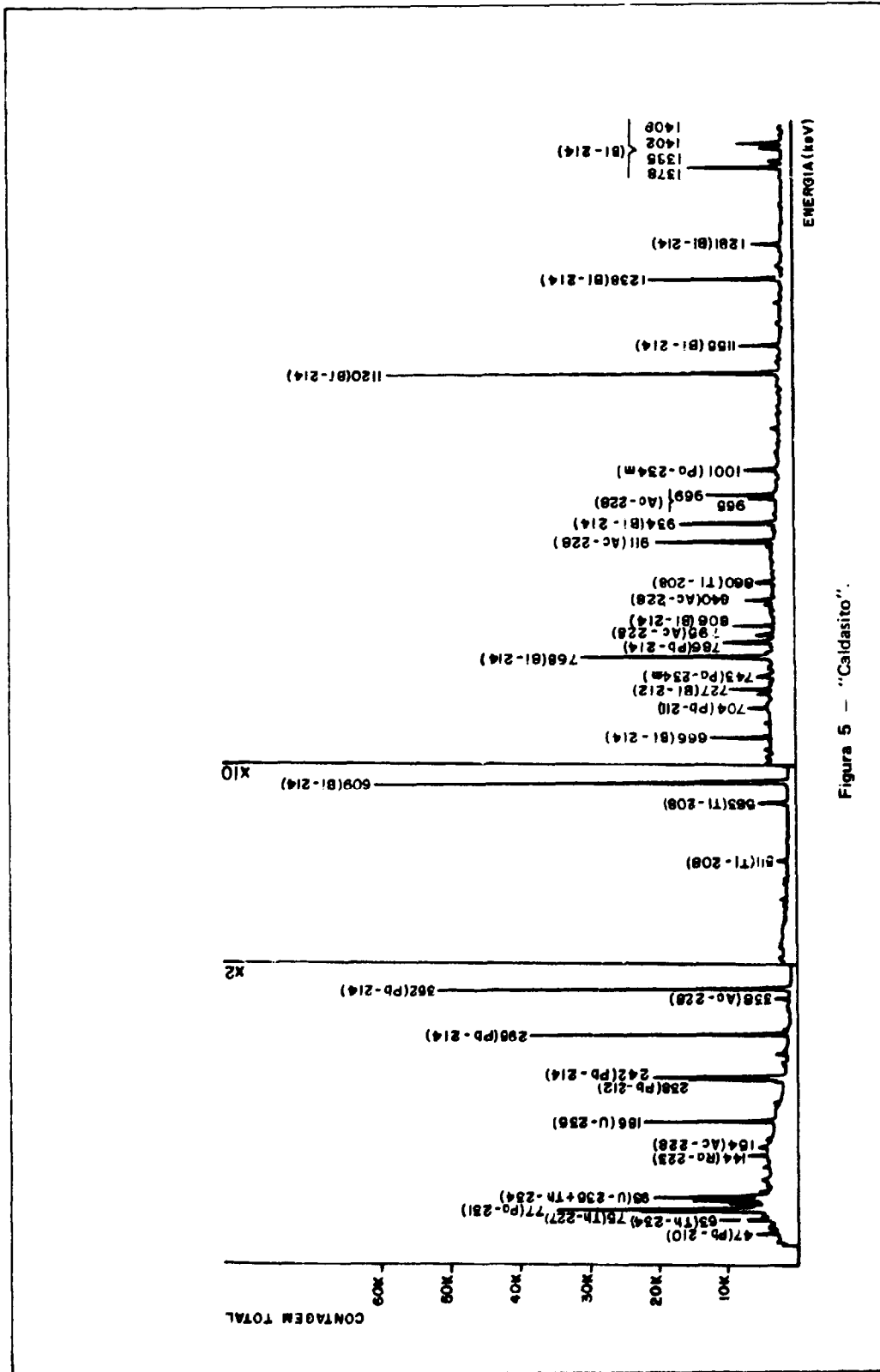


Figura 5 - "Caldasito".

FICHA TÉCNICA (Figura 6)

CARVÃO MINERAL<sup>(11)</sup>: Minério de Figueira contendo cerca de 0,03% em U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

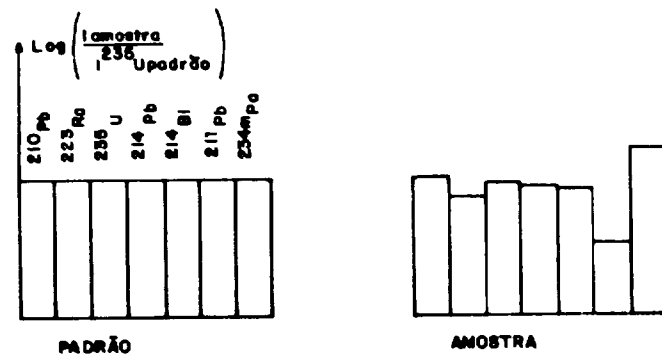
Amostra: Minério de Figueira

Procedência: Figueira, PR

Massa: 6,3265 g

Tempo de Contagem: 40000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao <sup>235</sup>U em 186 keV:



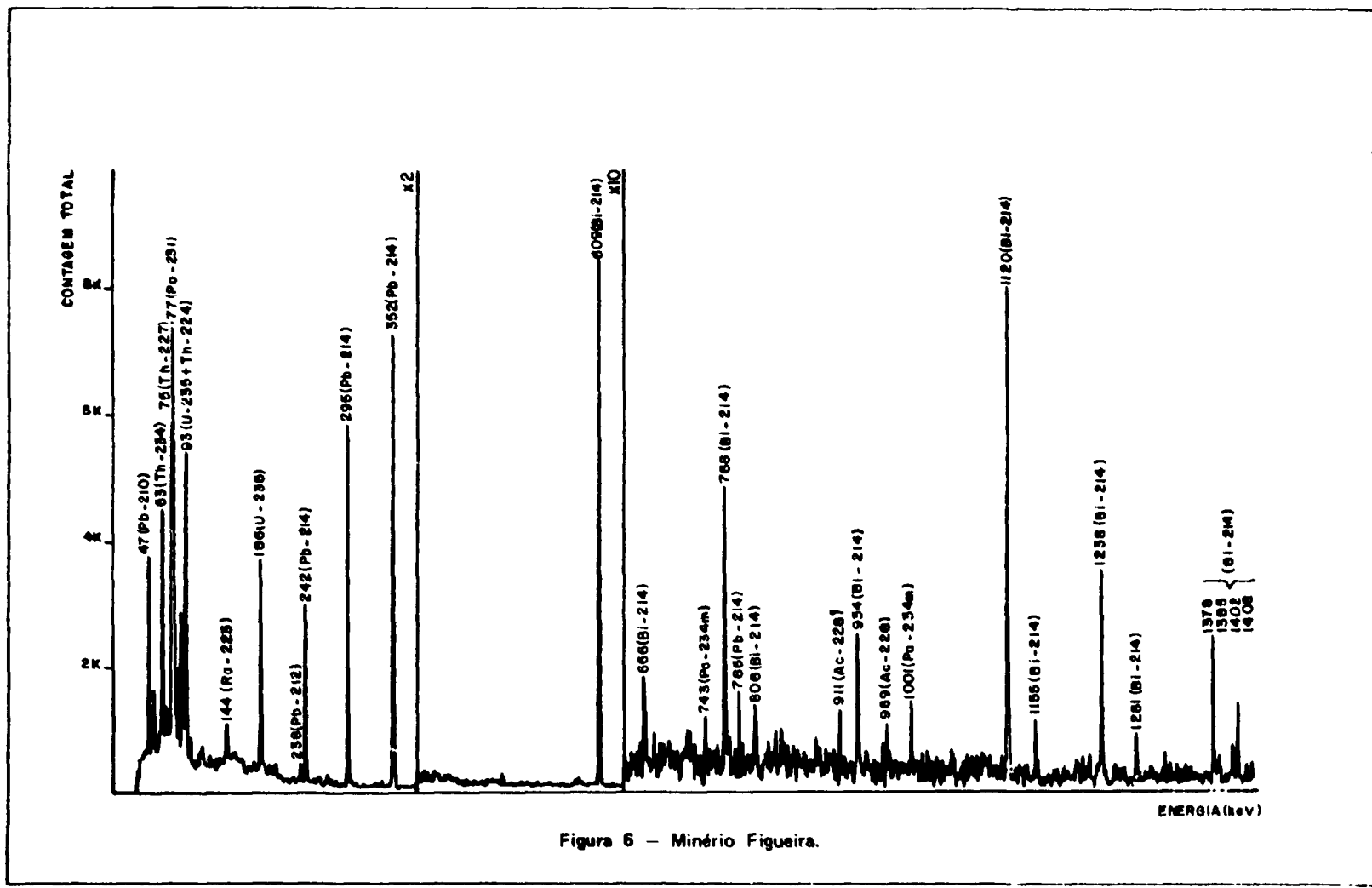


Figura 6 - Minério Figueira.

FICHA TÉCNICA (Figura 7)

COLOFANO<sup>(4)</sup>: (Fosforito), nome dado aos tipos de apatitas maciças criptocristalinas que constituem o grosso da rocha fosfatada e dos ossos fósseis.

Amostra: Fosforito

Procedência: Itaitaia, CE

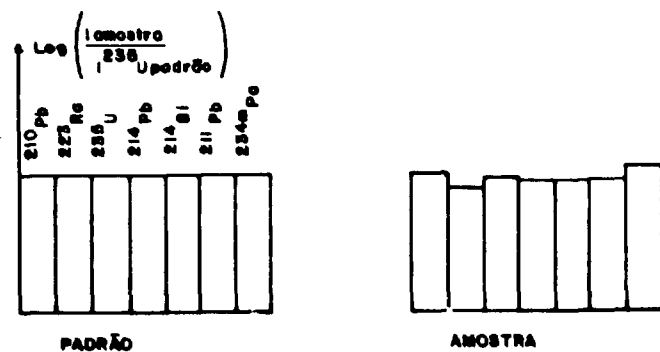
Massa: 8,5231 g

Tempo de Contagem: 10000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao <sup>235</sup>U em 186 keV:

JAZIDA DE ITATAIA<sup>(12)</sup>:

Está inserida dentro do contexto geológico do complexo Caicó. Fundamentalmente, há dois tipos de ocorrência mais ampla apresentando altos teores de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, onde o urânio não constitui mineral algum, é um minério escuro, geralmente associado à brecha, apresenta teores ainda mais elevados de urânio, mas com conteúdo de fósforo relativamente baixo; neste último caso, a relação U solúvel / U total sugere que a maior parte do urânio está relacionada do zircônio.



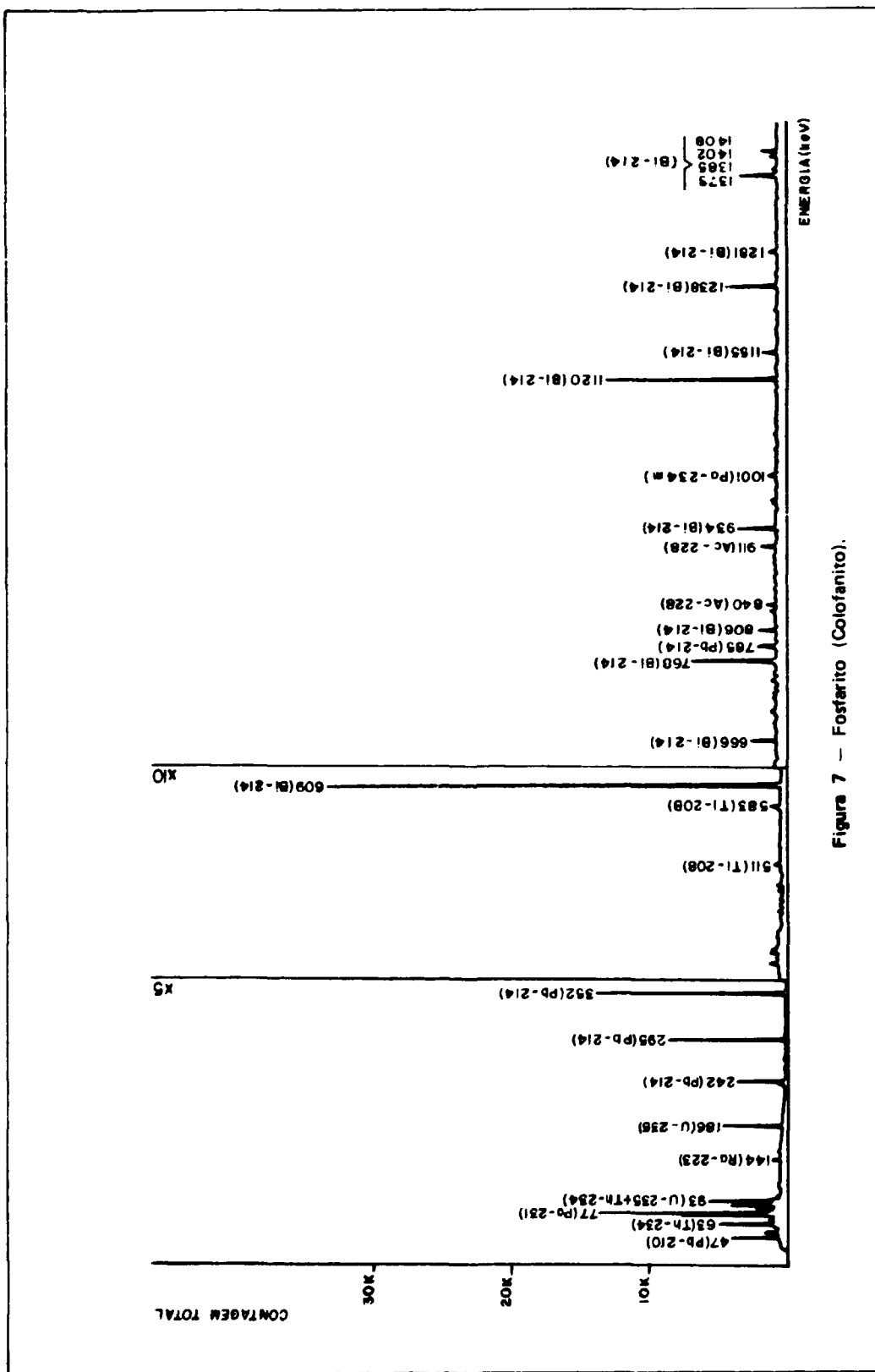


Figura 7 - Fosferito (Colofanito).

FICHA TÉCNICA (Figura 8)

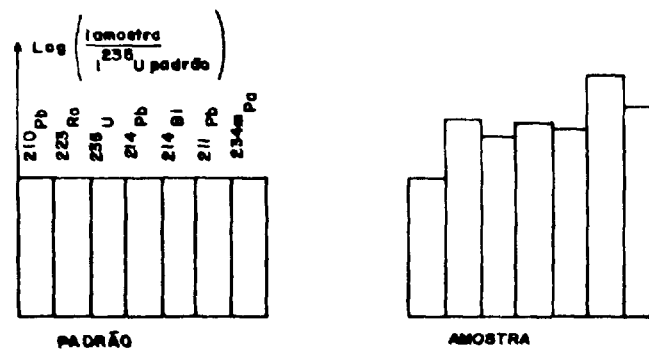
Amostra: Fosforito + Gipso

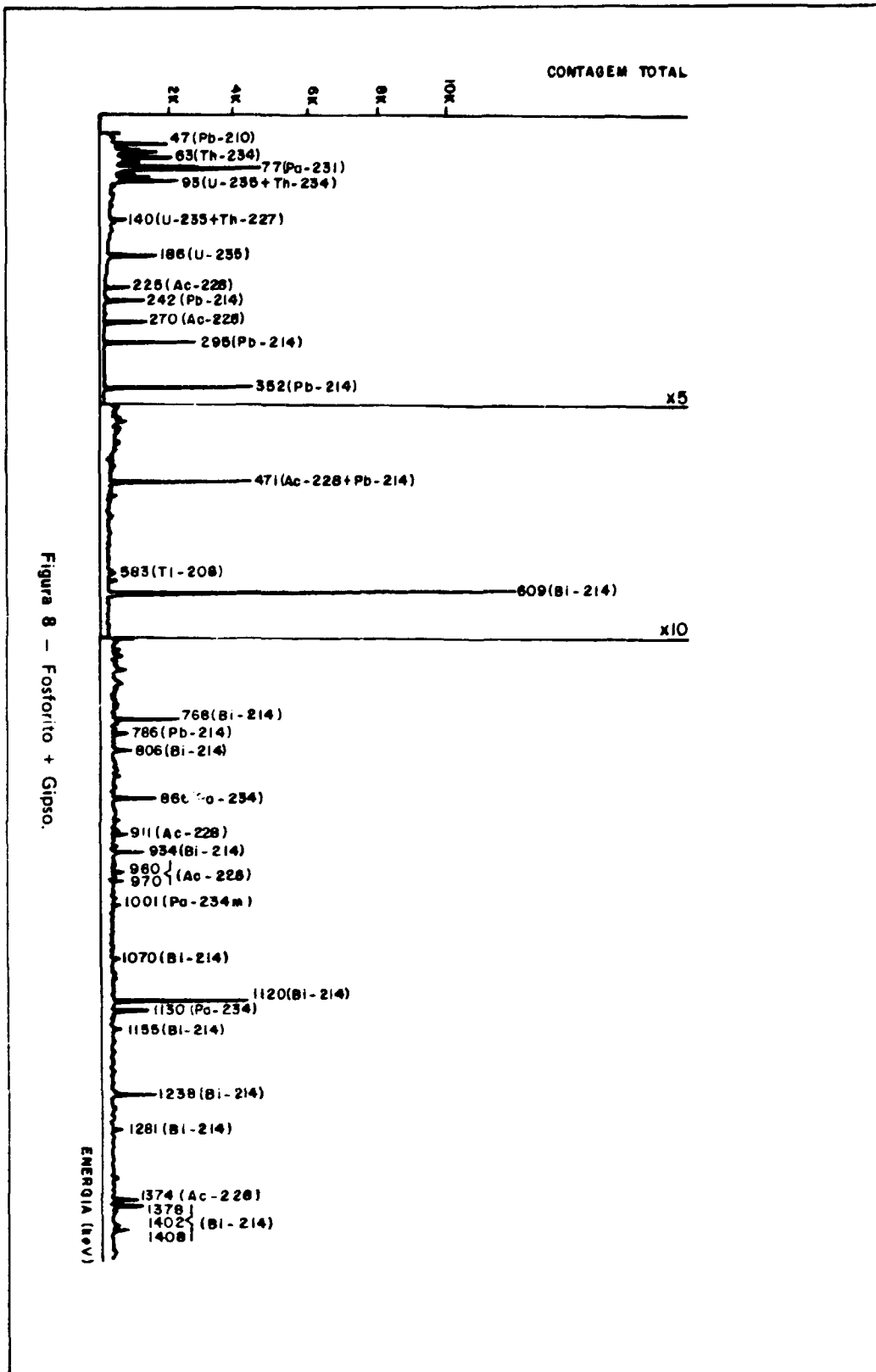
Procedência: Itaitaia, CE

Massa: 7,8859 g

Tempo de Contagem: 40000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:







## FICHA TÉCNICA (Figura 9)

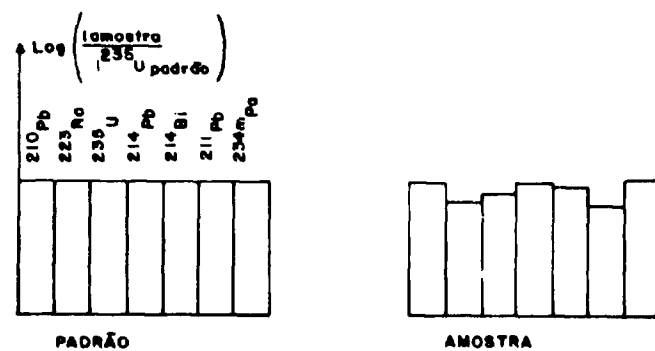
Amostra: Fosforito + Óxidos negros

Procedência: Itaitaia, CE

Massa: 8,6643 g

Tempo de Contagem: 10000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



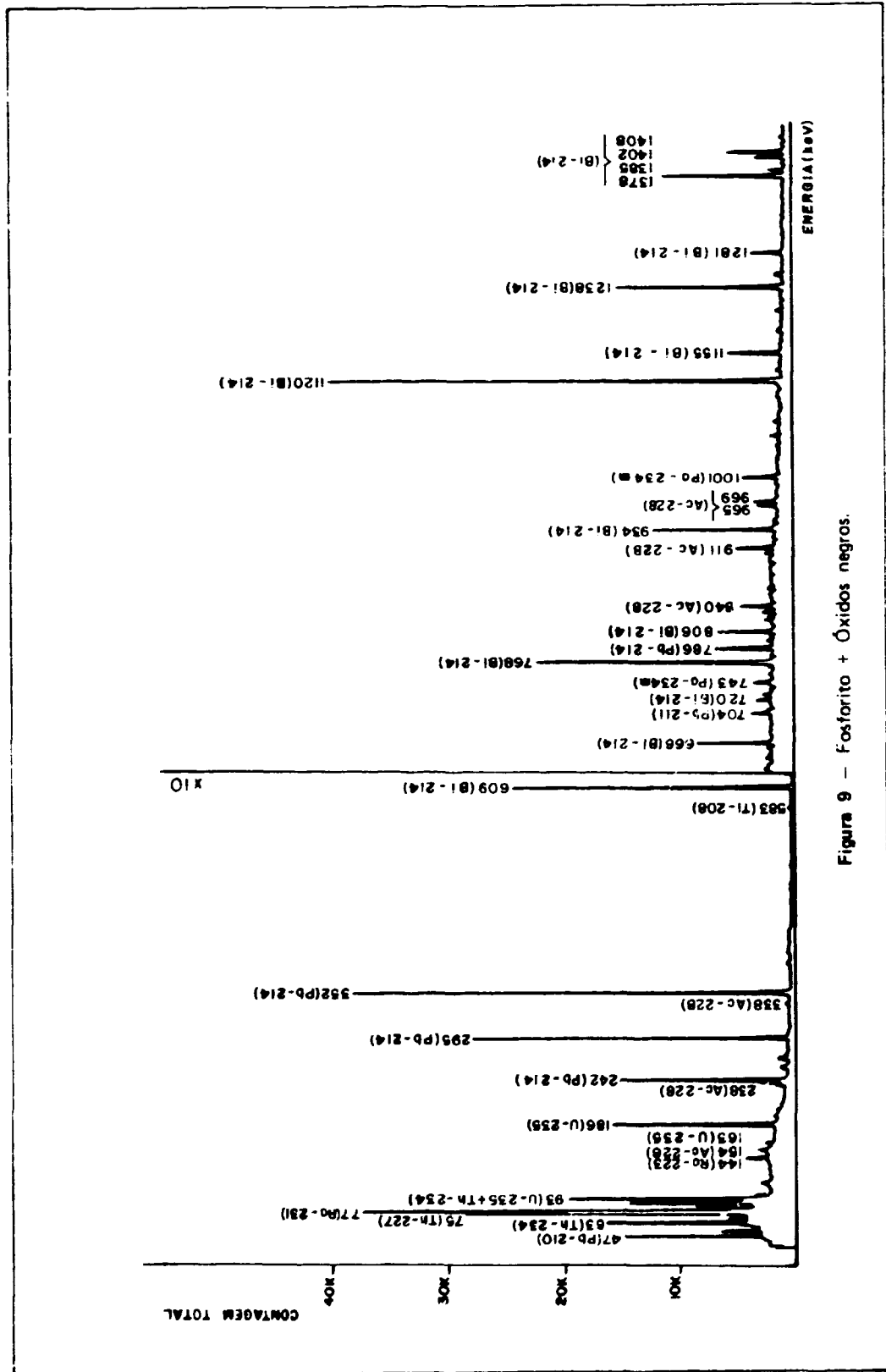


Figura 9 - Fosforito + Óxidos negros.

FICHA TÉCNICA (Figura 10)

COLUMBITA<sup>(2)</sup>: Solução sólida entre a niobita (Fe, Mn) (Nb, Ta)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, (40 – 75% de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 1 – 42% de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e a tantalita (Fe, Mn) (Ta, Nb)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>. (3 – 40% de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 42 – 84% de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Contém urânio e tório.

Ajusta: Columbita

Procedência: Governador Valadares e Araçuaí, MG

Massa: 33.5210 g

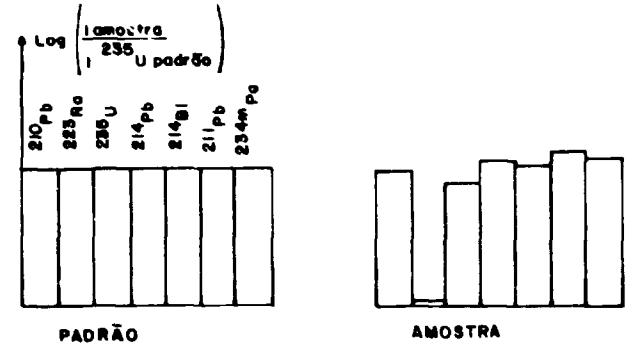
Tempo de Contagem: 10000 segundos

Análise Quantitativa: Instituto de Engenharia Nuclear (IEN)

Teor: Urânio – 0,109% – Método usado: Fluorimetria

Tório – 0,316% – Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao <sup>235</sup>U em 186 keV:



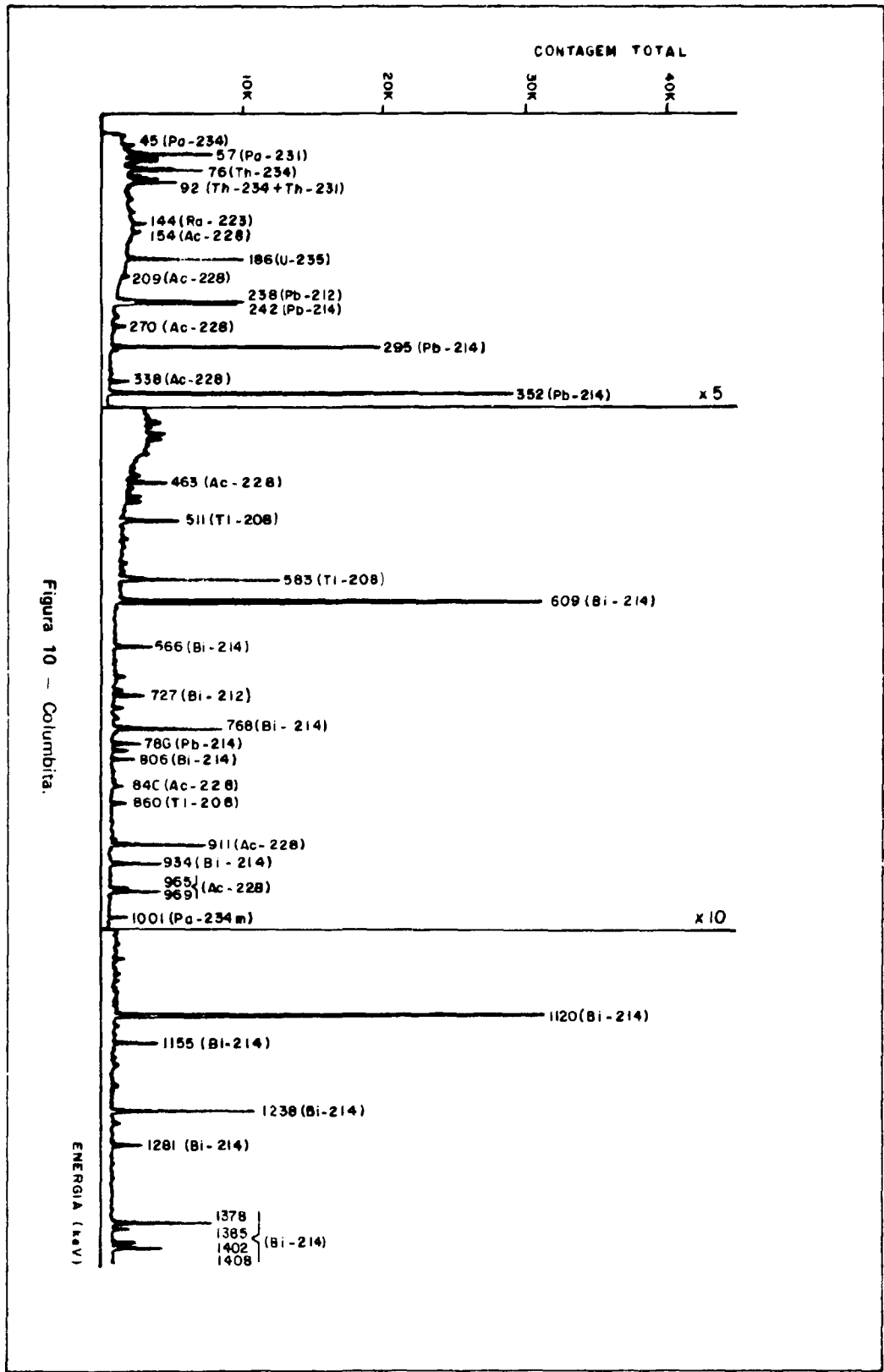


Figura 10 - Columbia.

FICHA TÉCNICA (Figura 11)

Amostra: Columbita

Procedência: Rio Grande do Norte

Massa: 33,2890 g

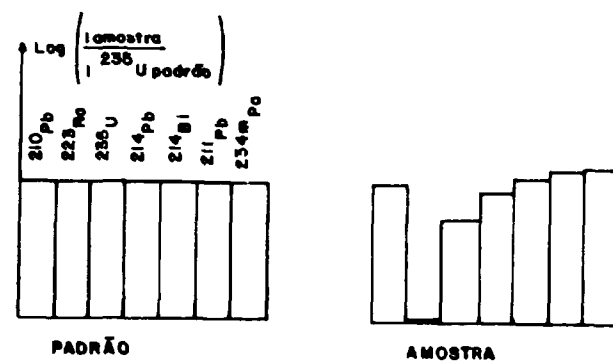
Tempo de Contagem: 2000 segundos

Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio — 0,399% — Método usado: Fluorimetria

Tório — 0,510% — Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



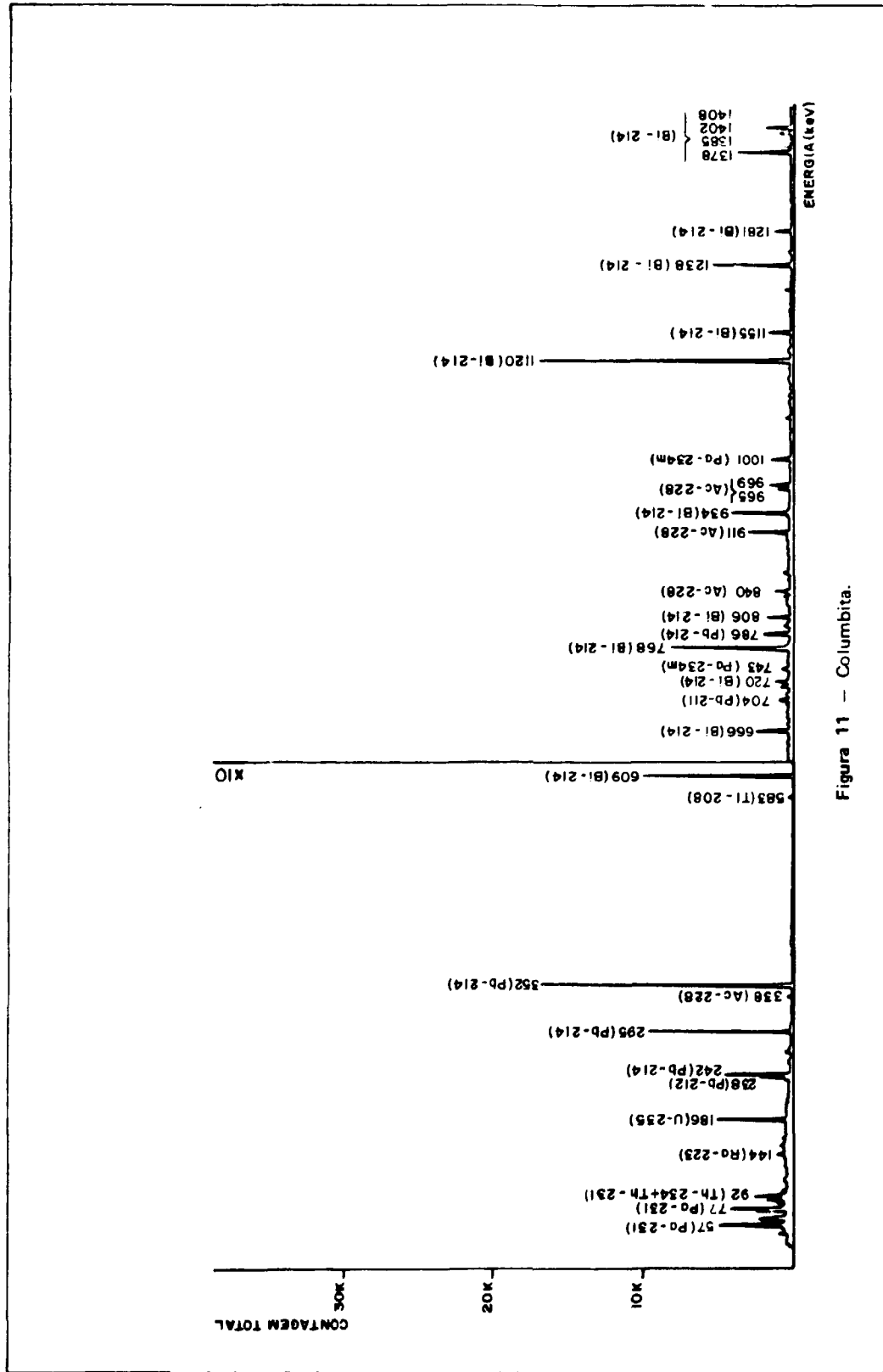


Figure 11 - Columbia.

## FICHA TÉCNICA (Figura 12)

Amostra: Columbita

Procedência: Mina Volta Grande, Nazareno, MG

Massa: 30,8871 g

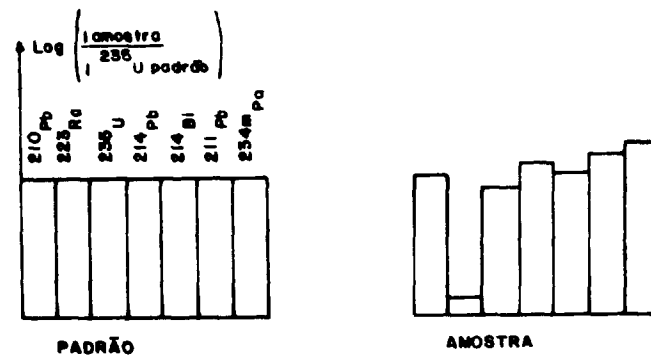
Tempo de Contagem: 40000 segundos

Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio — 0,041% — Método usado: Fluorimetria

Tório — 0,122% — Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



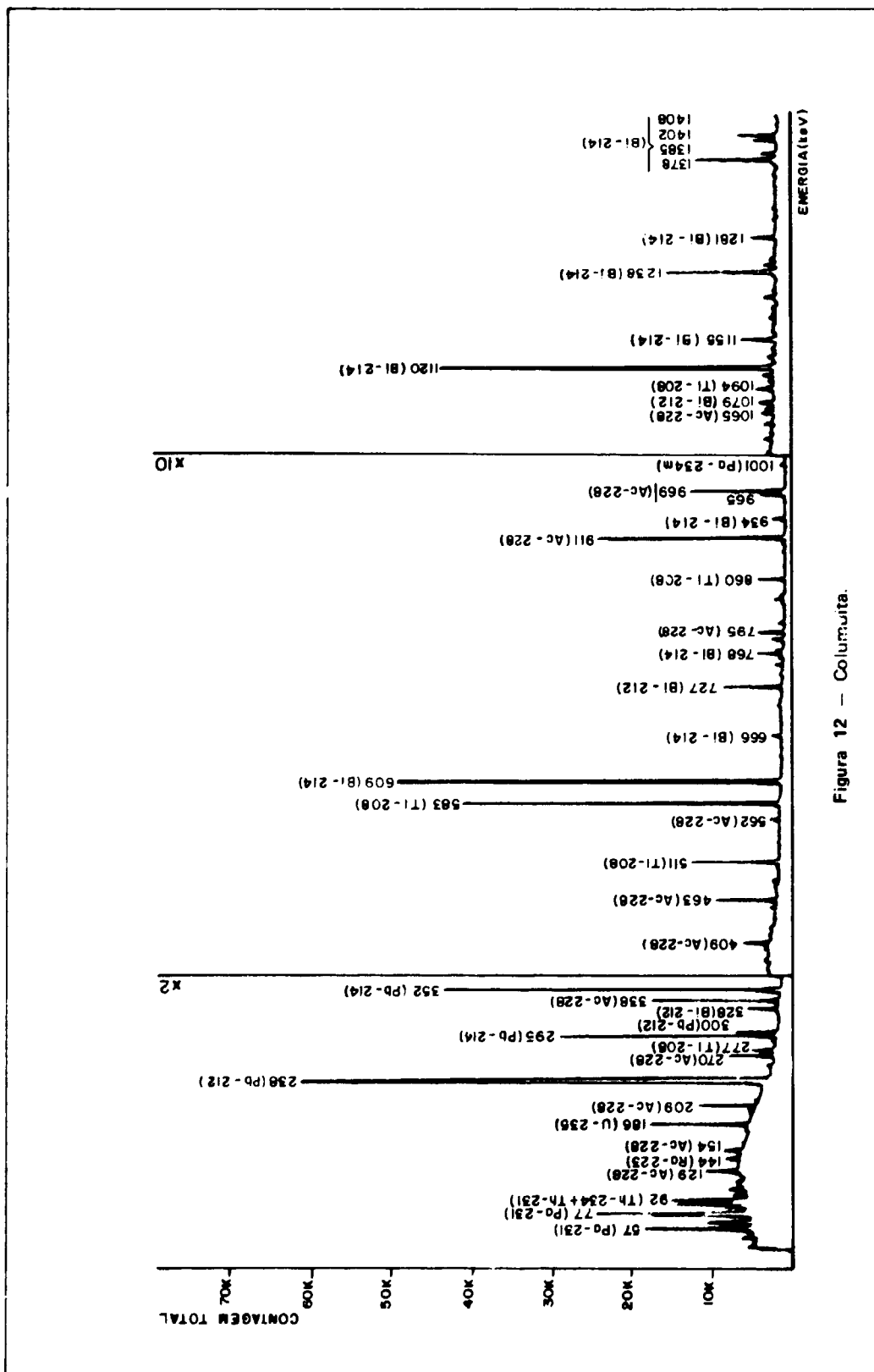


Figura 12 — Columiuita.



### FICHA TÉCNICA (Figura 13)

Amostra: Columbita

Procedência: Rondônia

Massa: 21,4798 g

Tempo de Contagem: 40000 segundos

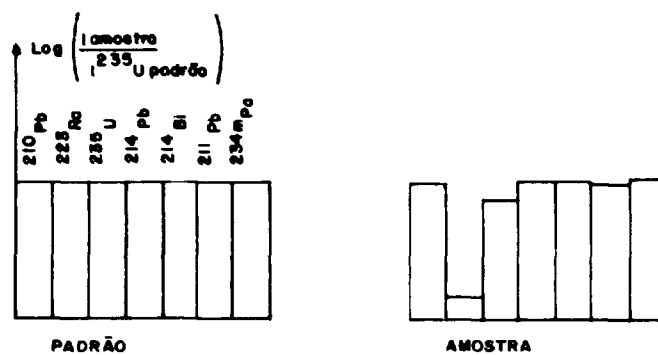
Identificação Mineralógica: Columbita + tantalita + pequena quantidade de tapiolita  
(Análise - IEN).

Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio - 0,0331% - Método usado: Fluorimetria

Tório - 0,0659% - Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



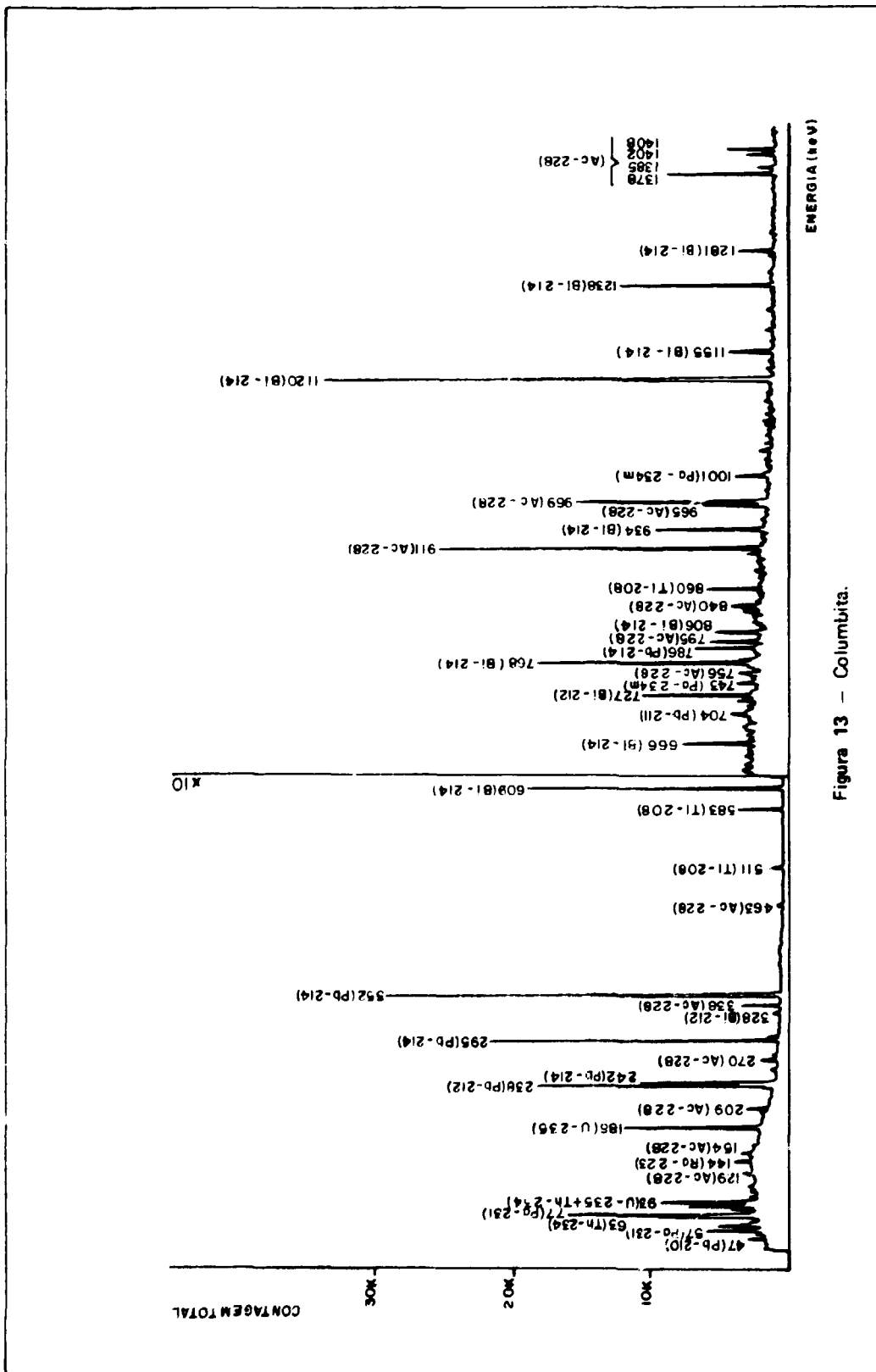


Figure 13 - Columbita.

FICHA TÉCNICA (Figura 14)

Amostra: Columbita - A3

Procedência: Governador Valadares, MG

Massa: 23,6751 g

Tempo de Contagem: 40000 segundos

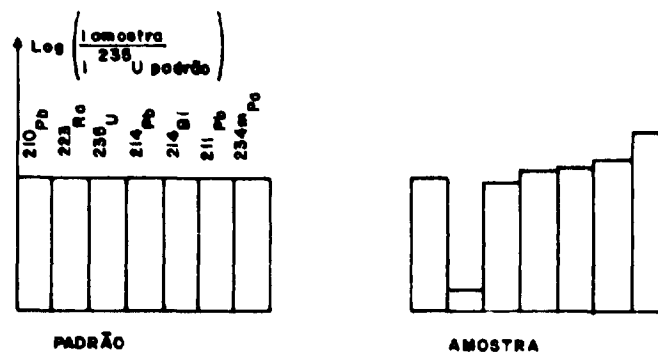
Identificação Mineralógica: Columbita (Análise - IEN)

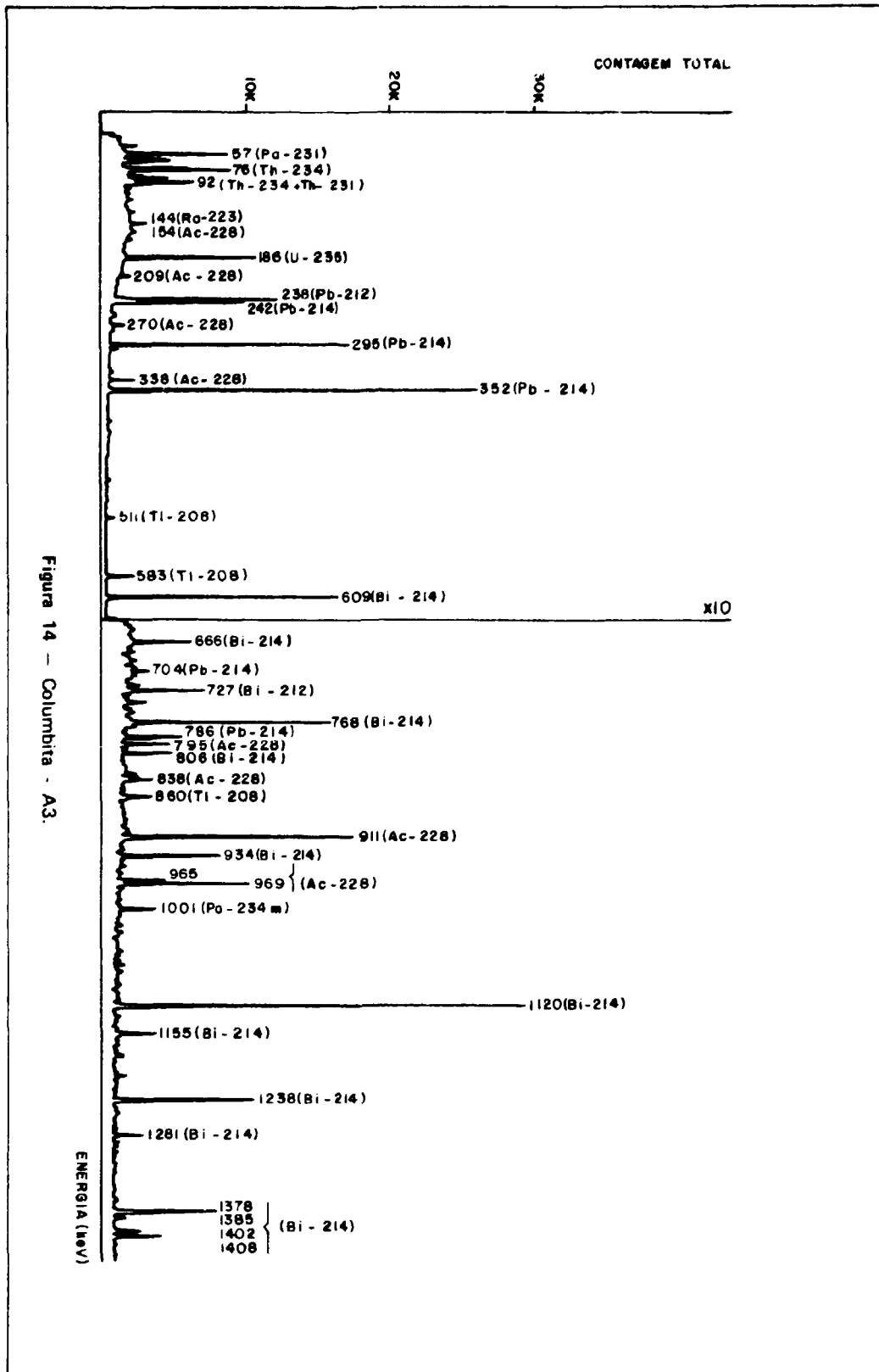
Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio - 0,0526% - Método usado: Fluorimetria

Tório - 0,0369% - Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:





FICHA TÉCNICA (Figura 15)

Amostra: Columbita / Tantalita

Procedência: Governador Valadares, MG

Massa: 22,4993 g

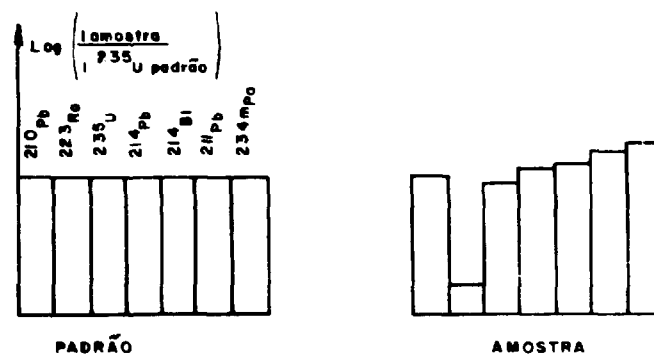
Tempo de Contagem: 20000 segundos

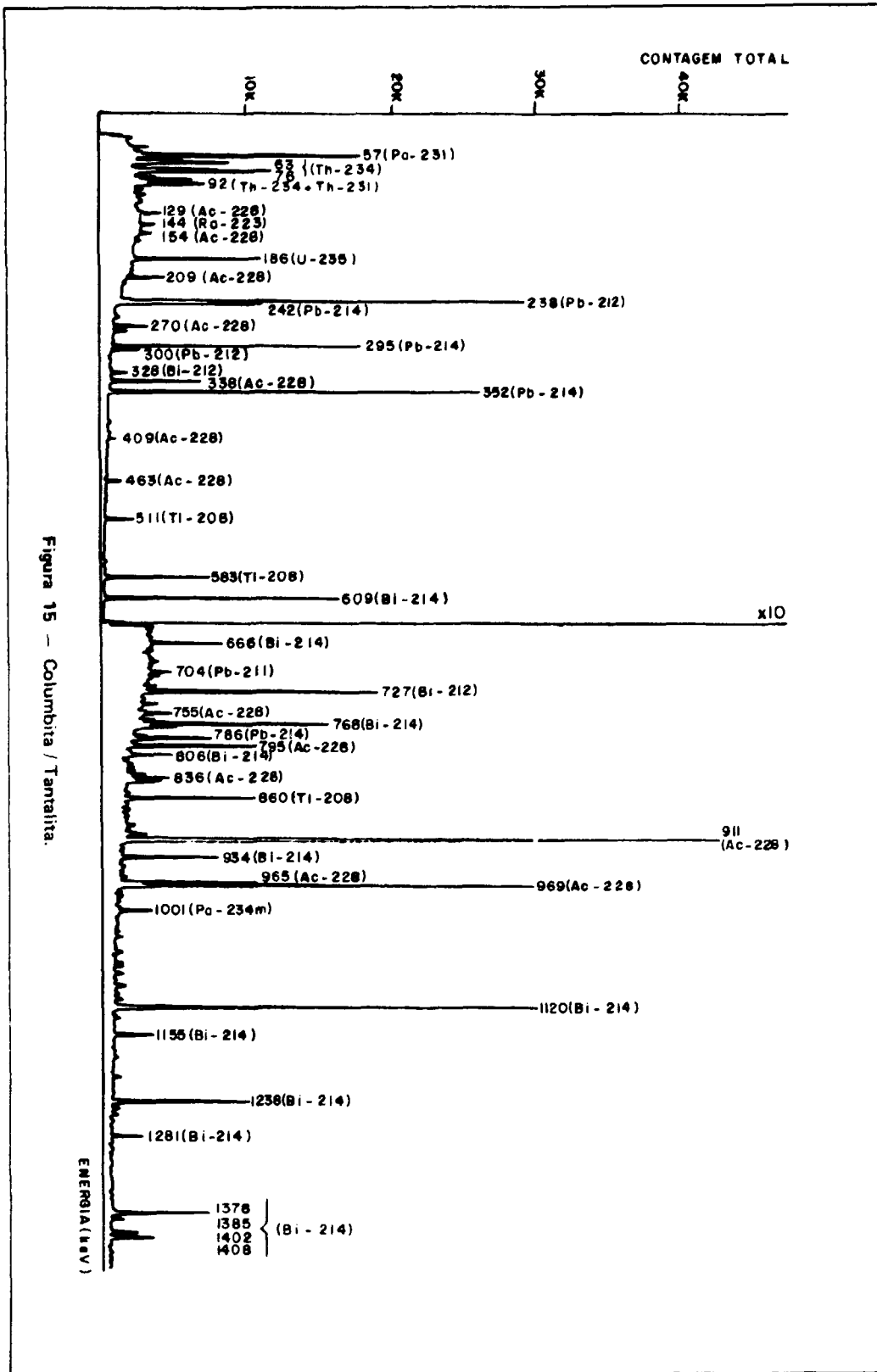
Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio - 0,0670% - Método usado: Fluorimetria

Tório - 0,0887% - Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:





## FICHA TÉCNICA (Figura 16)

DJALMAÍTA<sup>(2)</sup>: Variedade da microlita (tantalato de cálcio -  $(Na, Ca)_2Ta_2O_6$  (O, H, F))  
contendo até 5% em  $U_3O_8$ .

Amostra: Djalmaíta - A4

Procedência: Mina Volta Grande, Nazareno, MG

Massa: 23,5028 g

Tempo de Contagem: 10000 segundos

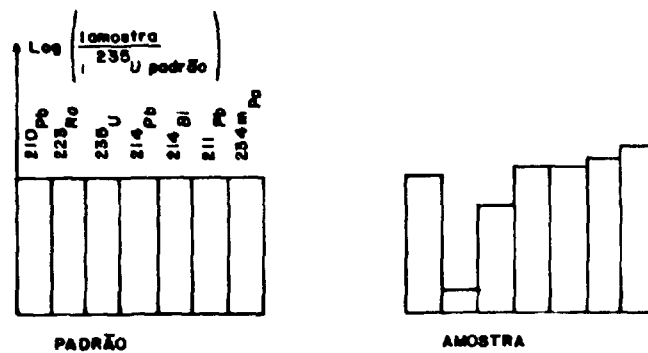
Identificação Mineralógica: Microlíta (Análise IEN)

Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio - 1,0337% - Método usado: Fluorimetria

Tório - 0,0474% - Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}U$  em 186 keV:



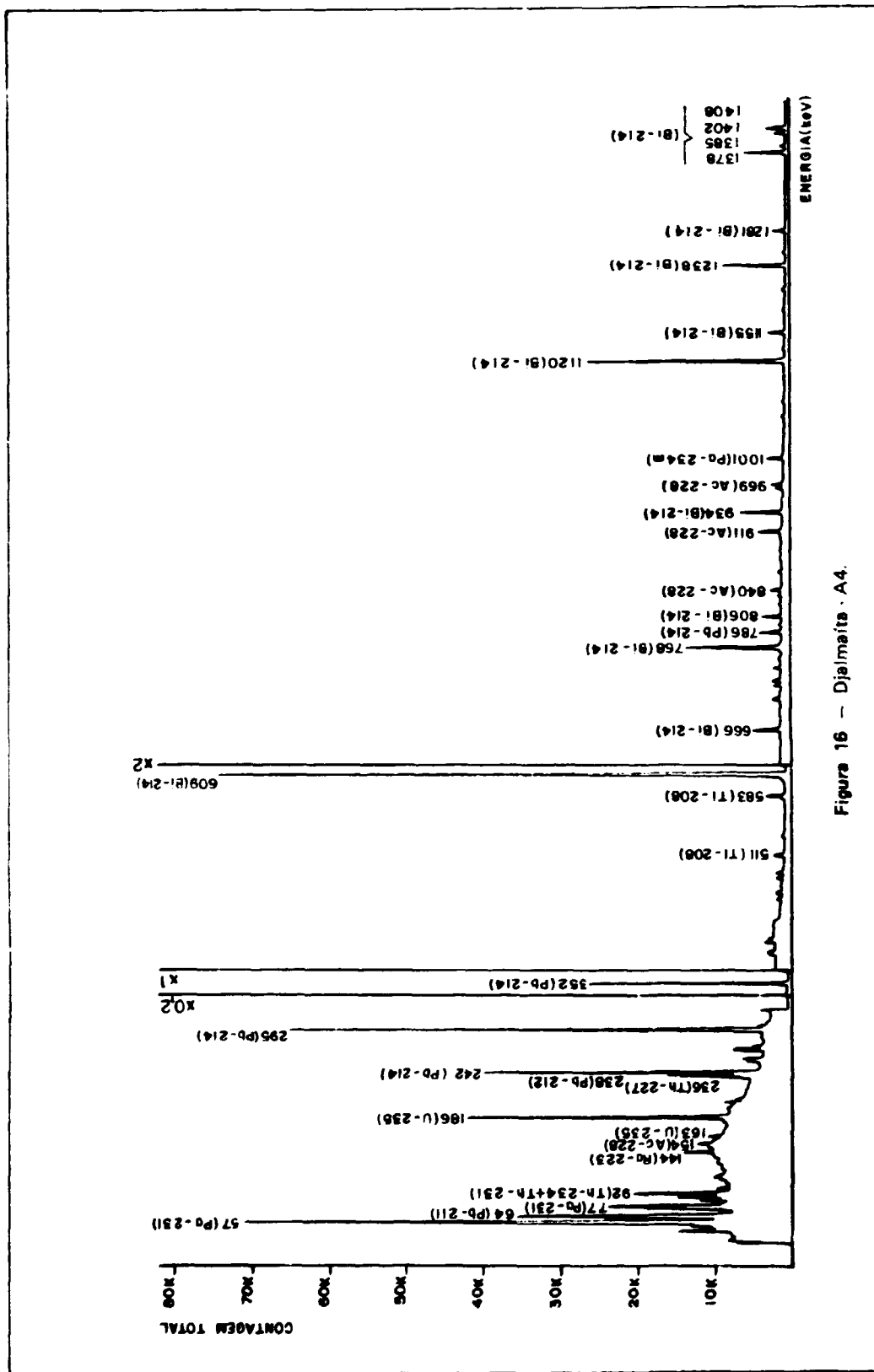


Figura 16 - Djalmaita - A4.



### FICHA TÉCNICA (Figura 17)

Amostra: Djalmaita - A5

Procedência: Mina Volta Grande, Nazareno, MG

Massa: 22,1410 g

Tempo de Contagem: 10000 segundos

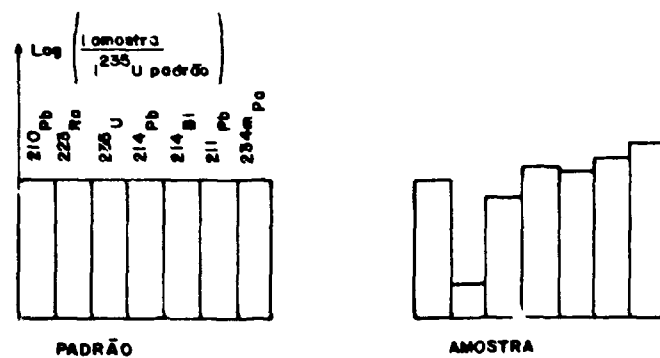
Identificação Mineralógica: Microlita + pequena quantidade de tapiolita (Análise IEN).

Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio — 0,7768% — Método usado: Fluorimetria

Tório — 0,0343% — Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



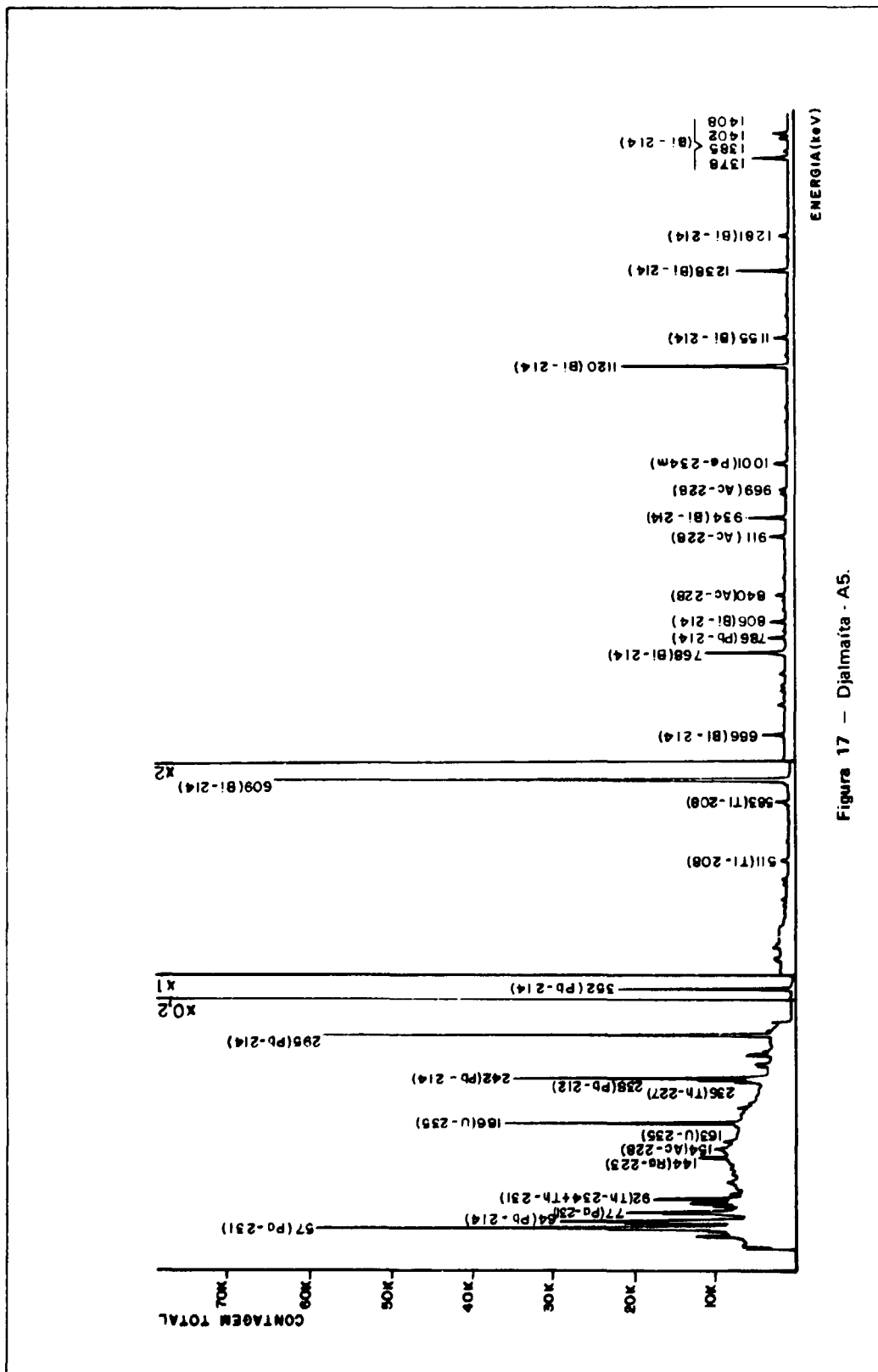


Figura 17 - Djalmaita - A5.

FICHA TÉCNICA (Figura 18)

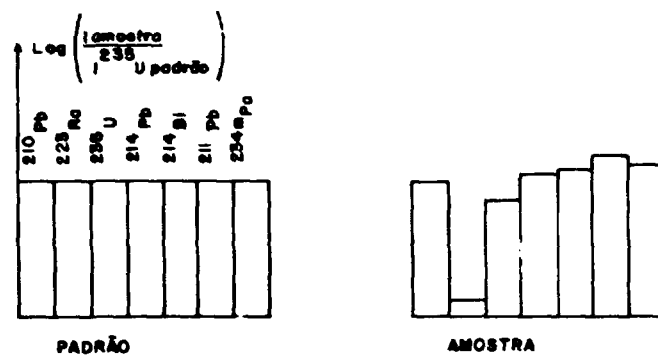
EUXENITA<sup>(2)</sup>: Niobato de terras raras encontrado em pegmatitos, mas com distribuição errática e proporções muito pequenas. Contém alto teor de urânio.  
 $(Y, Ca, Ce, U, Th) (Nb, Ta, Ti)_2O_6$ .

Amostra: Euxenita

Massa: 24,6038 g

Tempo de Contagem: 1000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



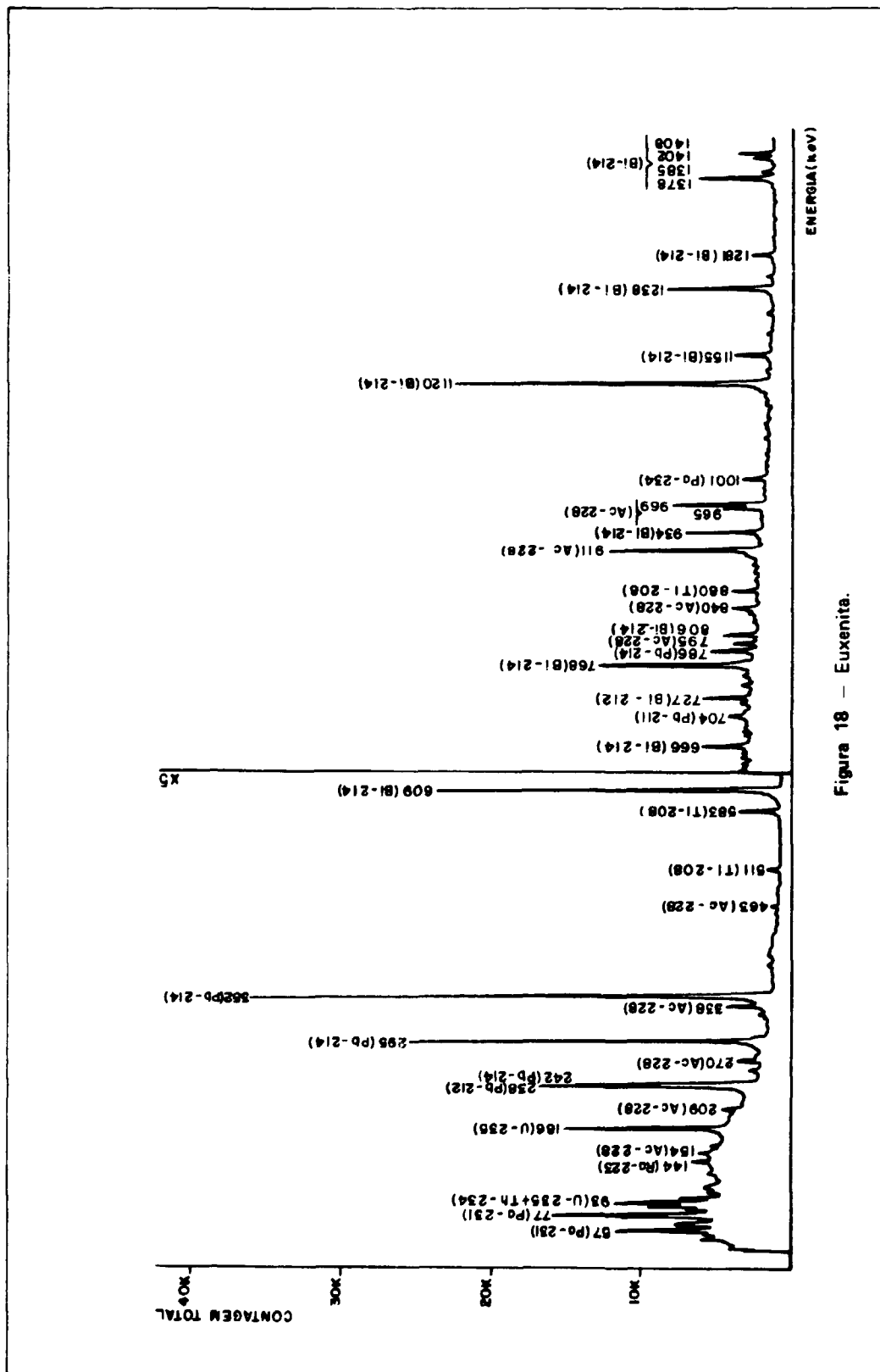


Figura 18 - Euxenita.

### FICHA TÉCNICA (Figura 19)

FOLHELHO<sup>(4)</sup>: Rocha sedimentar de granulação muito fina formada pela consolidação de camadas de lama, argila ou silte.

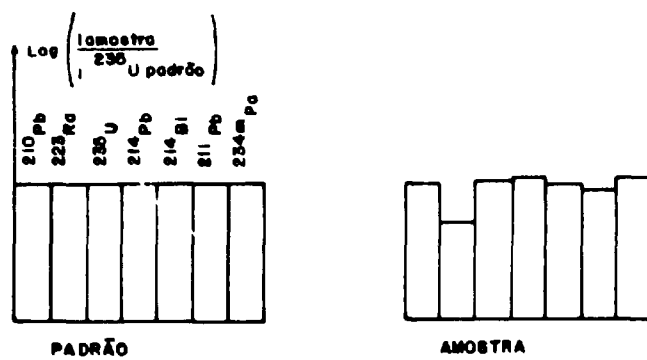
Amostra: Folhelho argiloso

Procedência: São Mateus do Sul, PR

Massa: 14,2453 g

Tempo de Contagem: 5000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



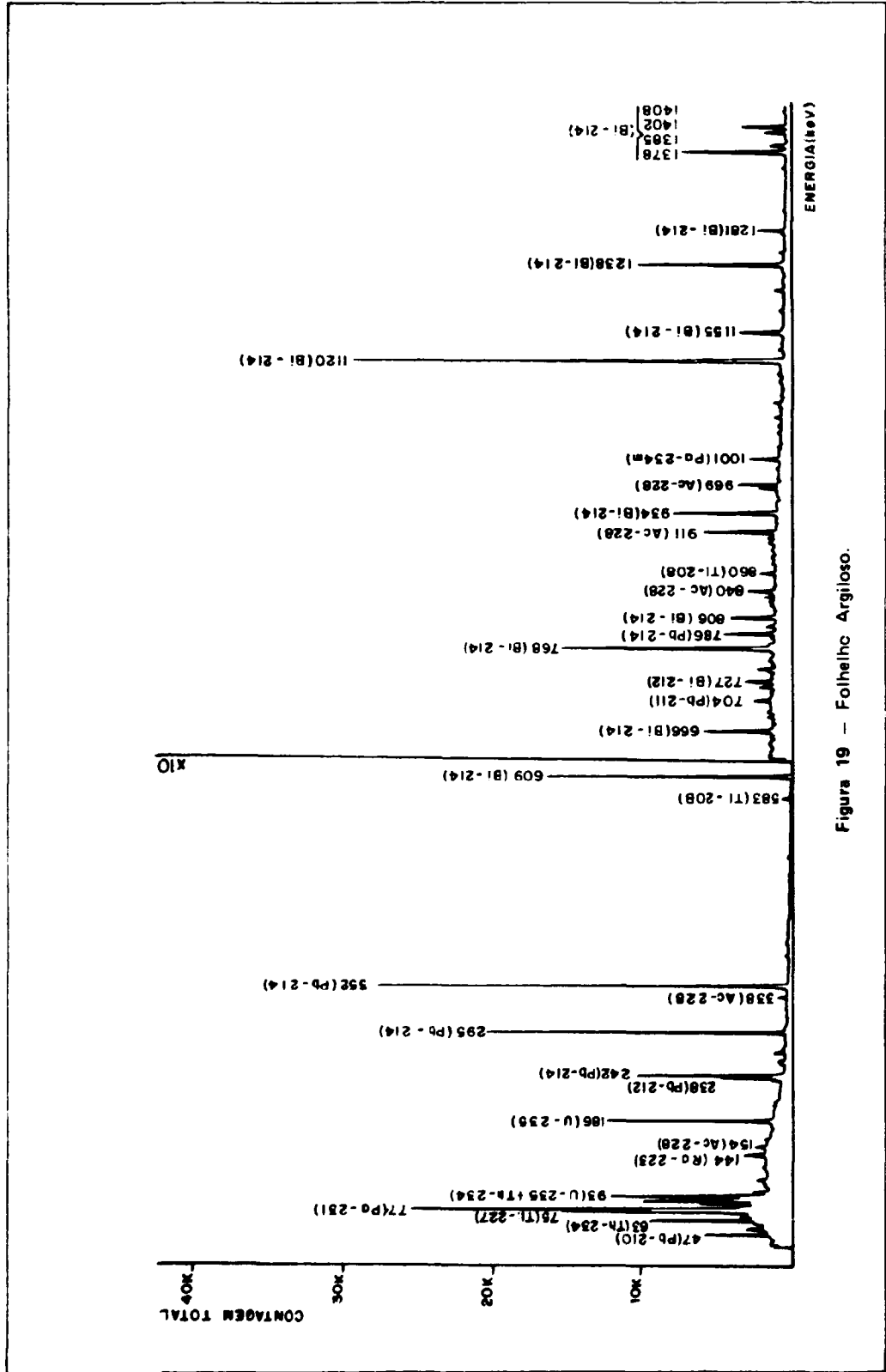


Figura 19 - Folhelhc Argiloso.

## FICHA TÉCNICA (Figura 20)

FOSFORITO<sup>(2, 4)</sup>. Fosfato de cálcio de origem sedimentar geralmente apresenta pequena quantidade de urânio, cerca de 0,02% em  $U_3O_8$  (Ca (F, Cl, OH)  $Ca_3$  (PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>).

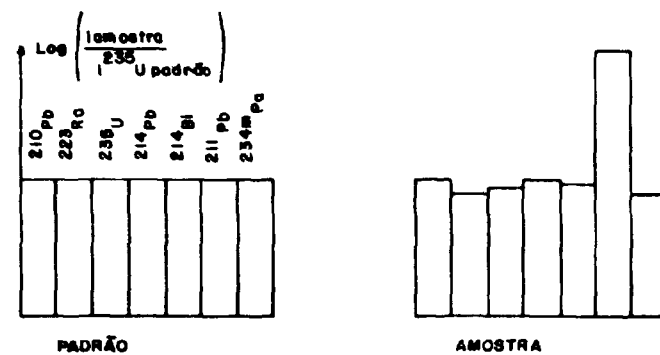
Amostra: Fosforito de Olinda

Procedência: Pernambuco

Massa: 7,9622 g

Tempo de Contagem: 40000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}U$  em 186 keV:



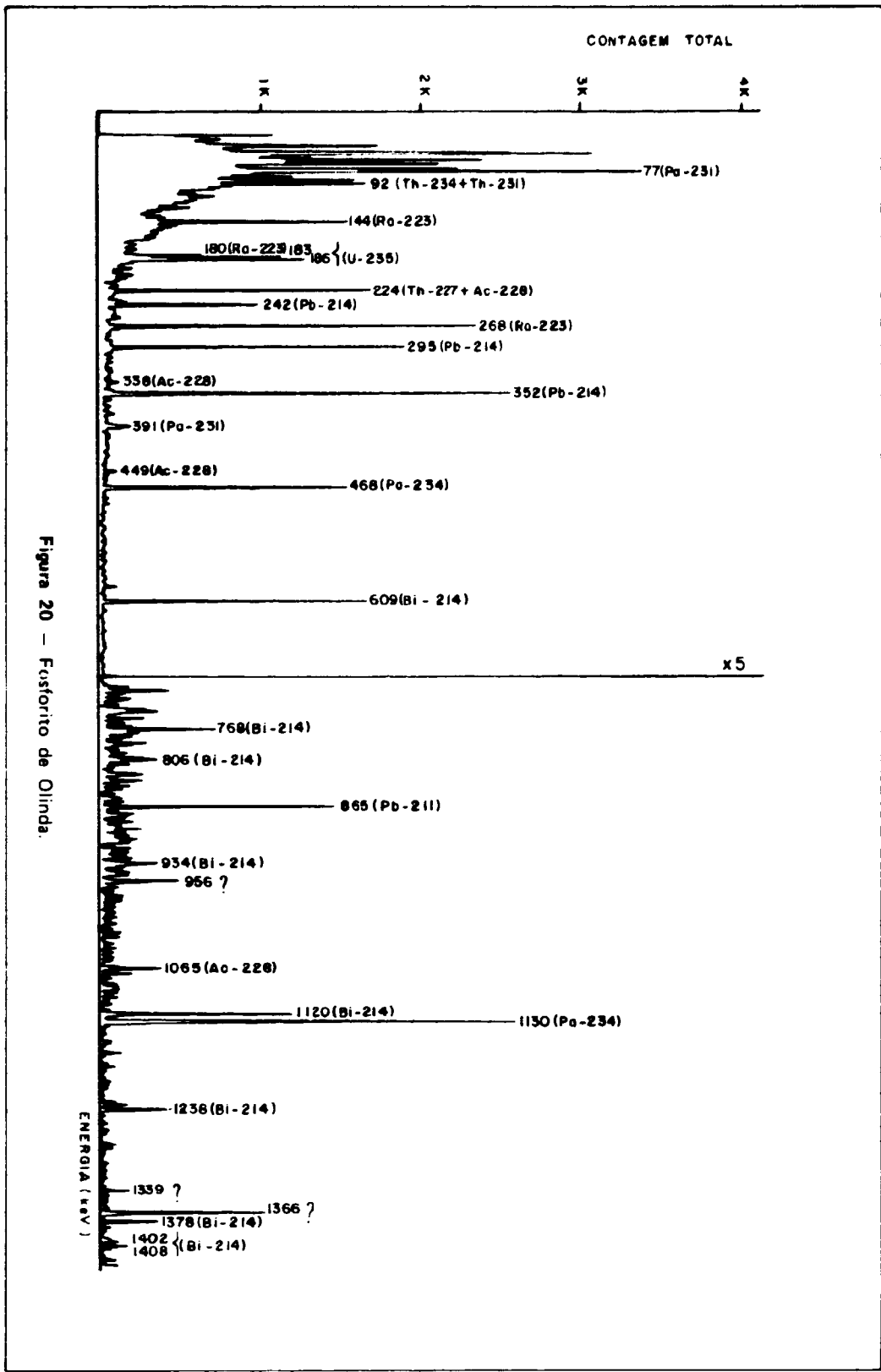


Figura 20 - Fluorito de Olinda.



## FICHA TÉCNICA (Figura 21)

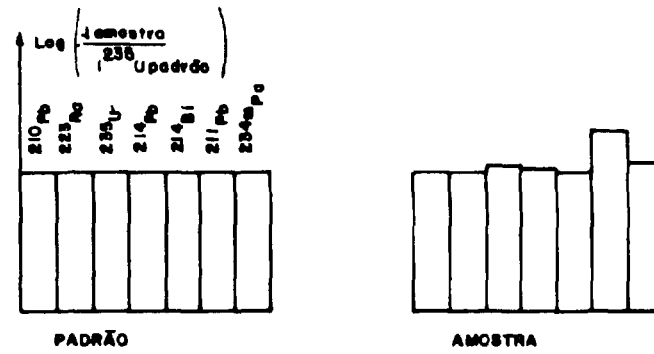
Amostra: Fosforito Paulista

Procedência: Pernambuco

Massa: 7,9139 g

Tempo de Contagem: 4000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



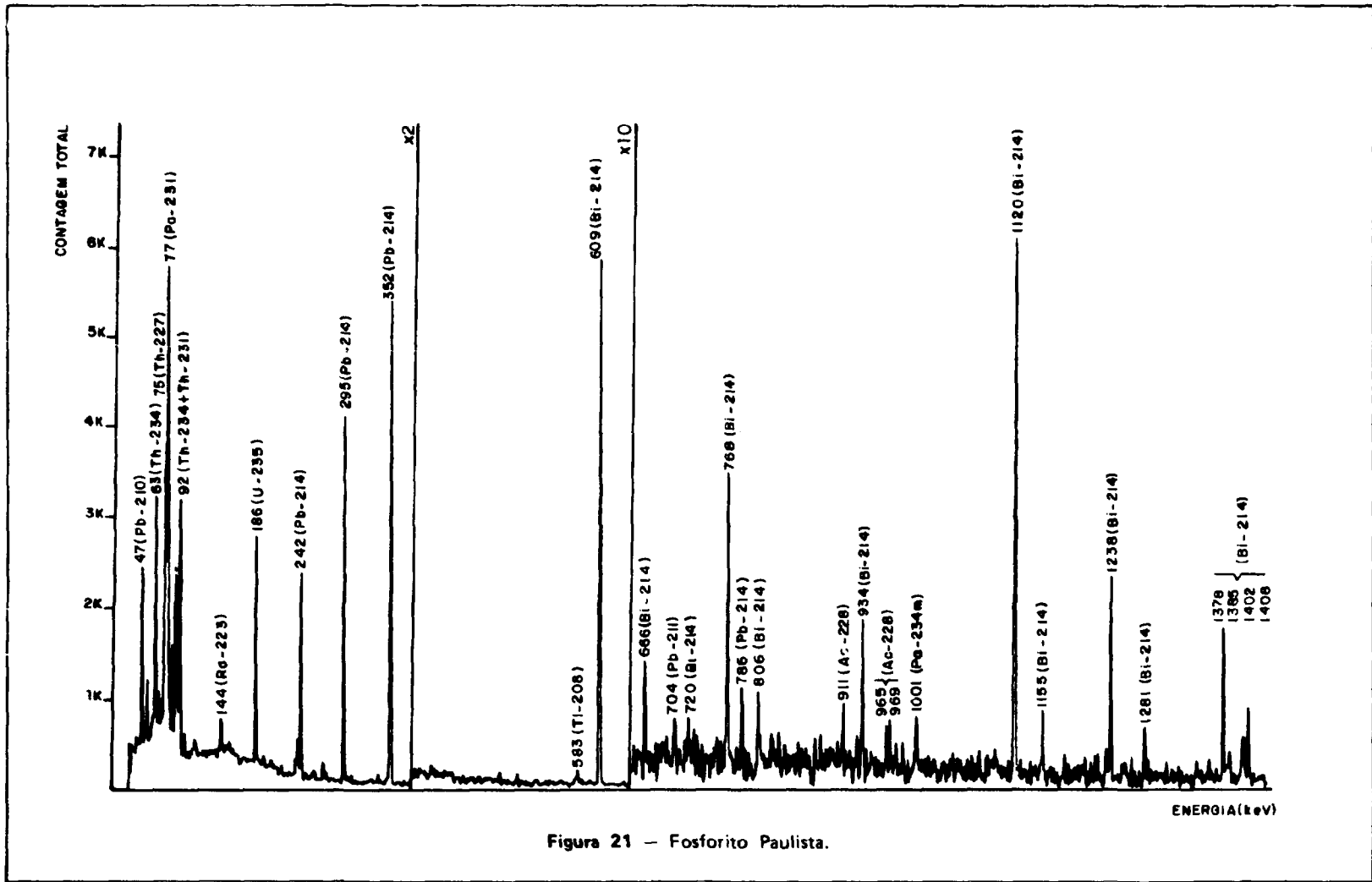


Figura 21 — Fosforito Paulista.

FICHA TÉCNICA (Figura 22)

MINÉRIO DE URÂNIO<sup>181</sup>: Urânio associado a minerais de zircônio e molibdênio.

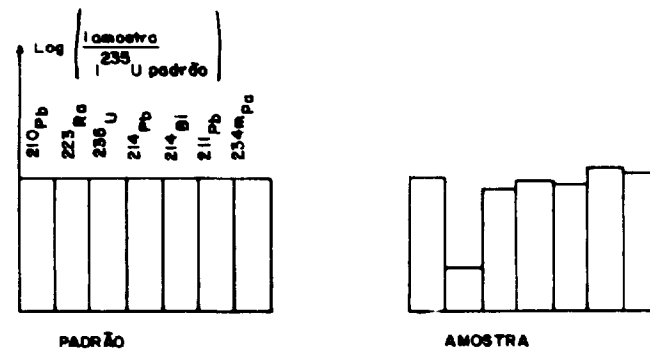
Amostra: Minério de Urânio

Procedência: Morro do Santo Agostinho, Poços de Caldas, MG

Massa: 19,2277 g

Tempo de Contagem: 2000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



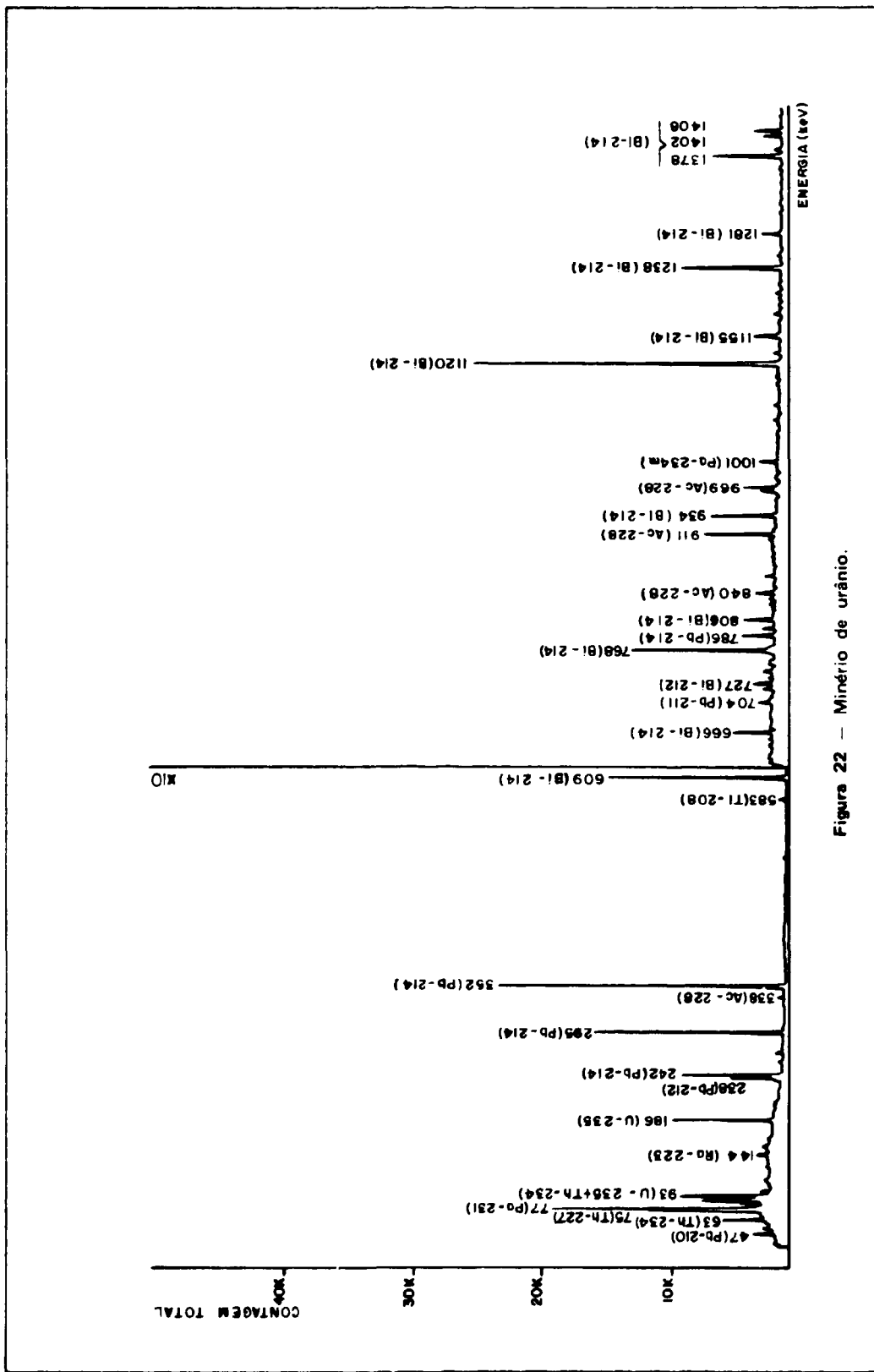


Figura 22 - Minério de urânio.

## FICHA TÉCNICA (Figura 23)

MINÉRIO DE URÂNIO<sup>(7)</sup>: Urânio associado a minerais de zircônio e molibdênio.

Amostra: Minério de Urânio - A2

Procedência: Mina Osamu Utsumi, Poços de Caldas, MG

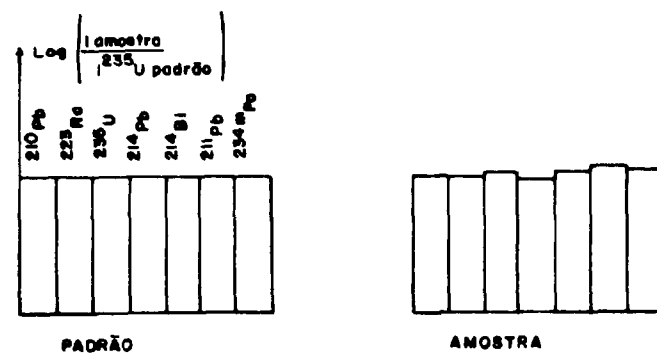
Massa: 14,0595 g

Tempo de Contagem: 20000 segundos

Análise Quantitativa: Complexo Industrial de Poços de Caldas, NUCLEBRÁS

Teor: Urânio — 0,084% — Método usado: Fluorescência de Raios-X

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



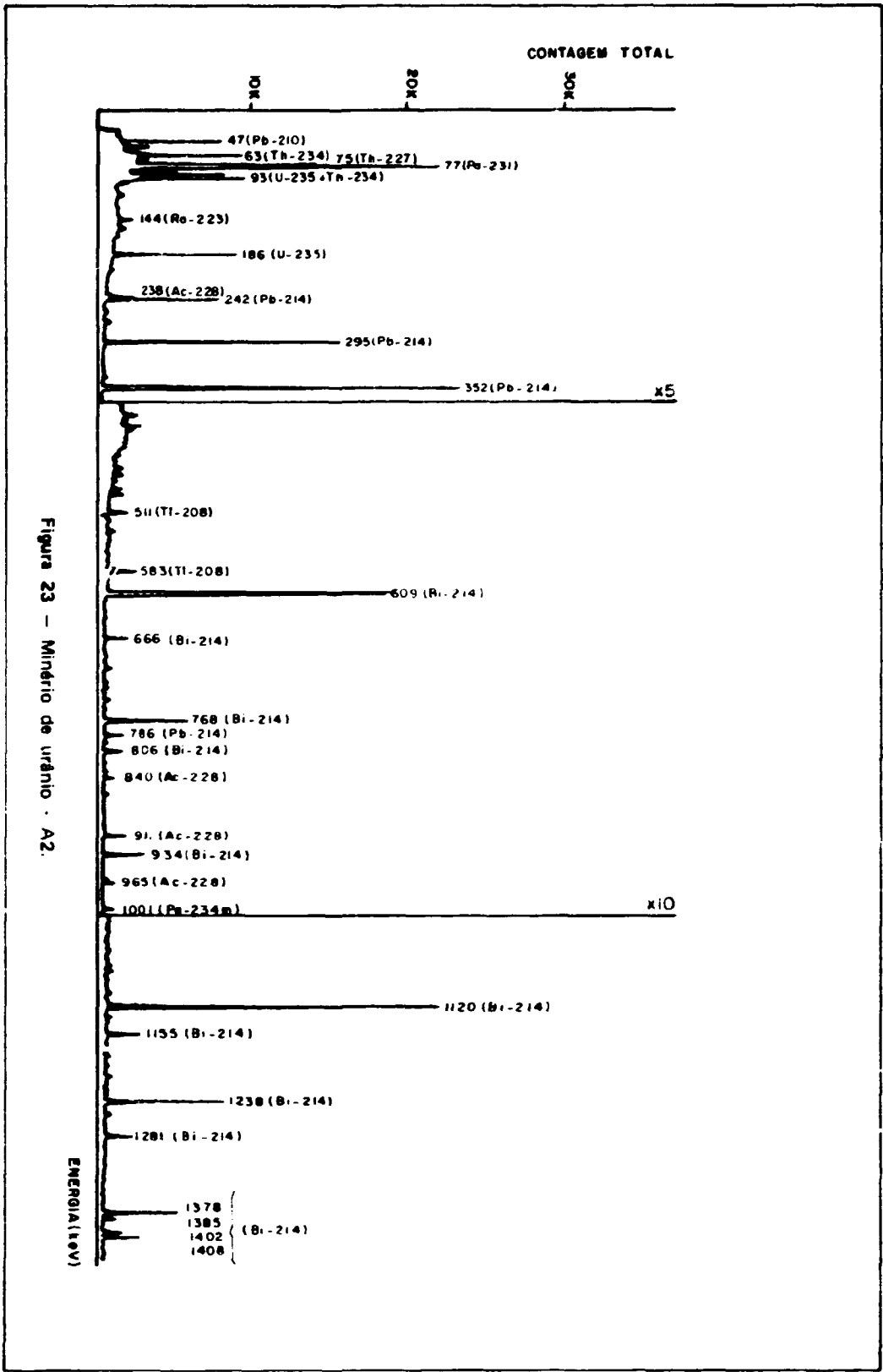


Figura 23 - Minério de urânio - A2.

FICHA TÉCNICA (Figura 24)

Amostra: Minério de Urânio - A2

Procedência: Lagoa Real, Ba

Massa: 11,6017 g

Tempo de Contagem: 20000 segundos

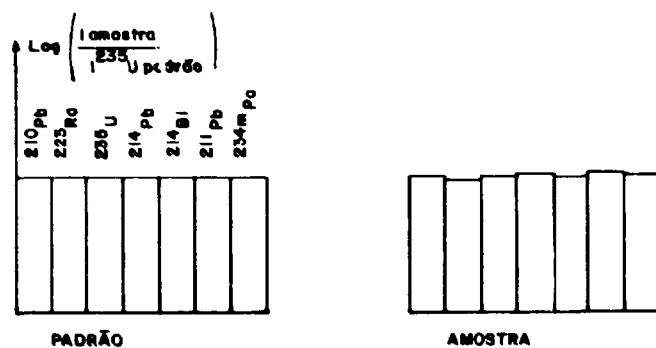
Análise Quantitativa: IEN

Teor: U — 0,495% — Método usado: Fluorimetria

Th — 0,0012% — Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:

Lagoa Real, Ba<sup>(9)</sup>: o principal minério de urânio é a uraninita, ocorrendo subordinadamente uranofano (variedade da uraninita). O teor médio de urânio é da ordem de 0,15% e o de tório é inferior a 100 ppm.



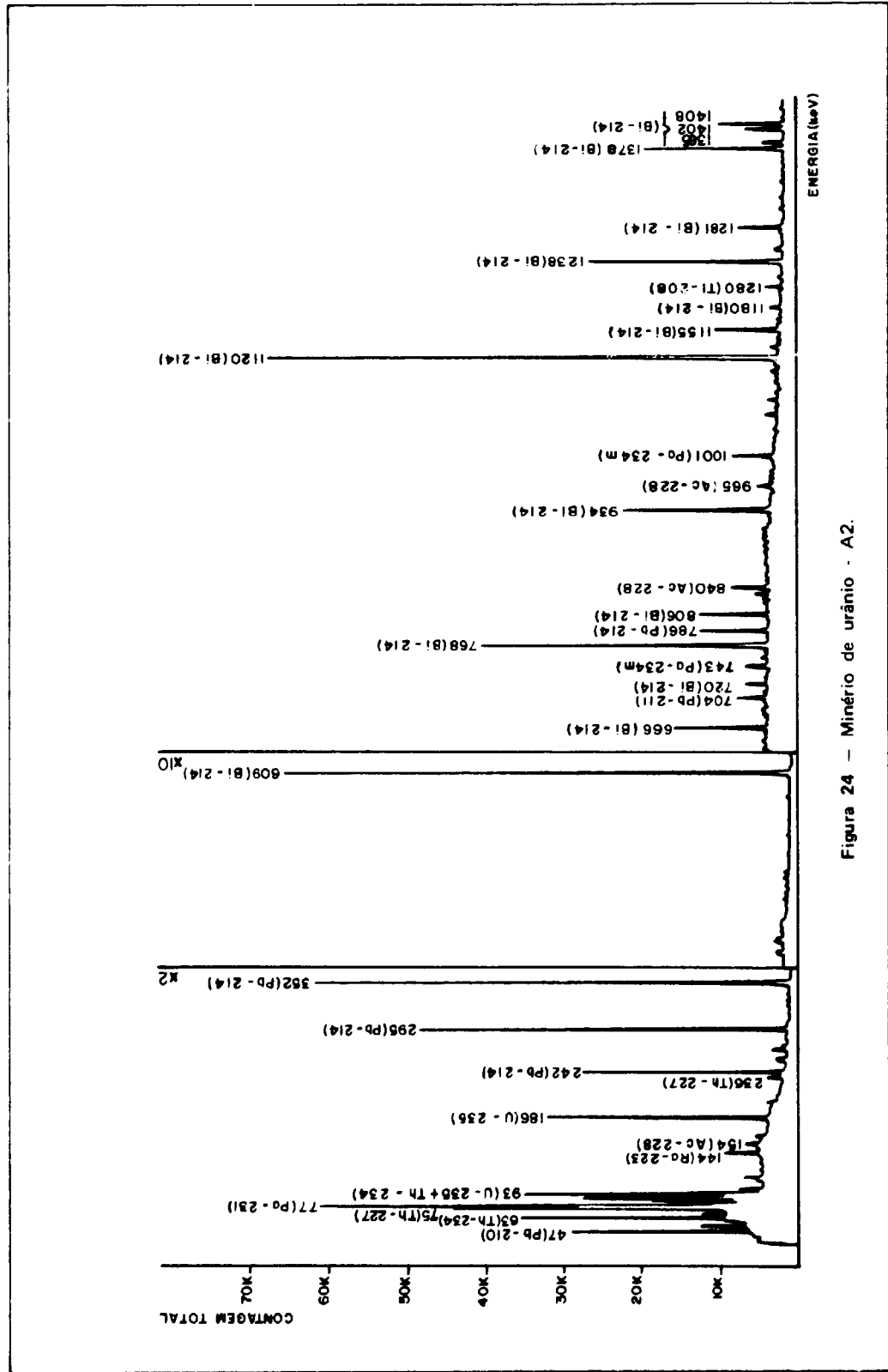


Figura 24 - Minério de urânio - A2.



FICHA TÉCNICA (Figura 25)

MONAZITA<sup>(2, 10)</sup>: Fosfato de terras raras contendo de 5 a 6% de ThO<sub>2</sub> e, no máximo 1% de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

Amostra: Monazita (PADRÃO)

Procedência: NUCLEMON – Média semanal, 1ª semana – NOV/83 – cargas 1285 a 1308(24)

Lote 133/USAM

Massa: 17,6192

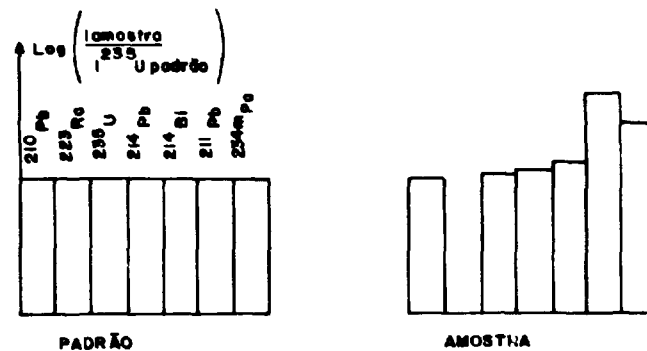
Tempo de Contagem: 5000 segundos

Análise Quantitativa: Nuclemon/SP

Teor: Urânio – 0,22% em U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> – Método usado: “Químico”

Tório – 5,5% em ThO<sub>2</sub> – Método usado: “Químico”

Diagrama de equilíbrio em relação ao <sup>235</sup>U em 186 keV:



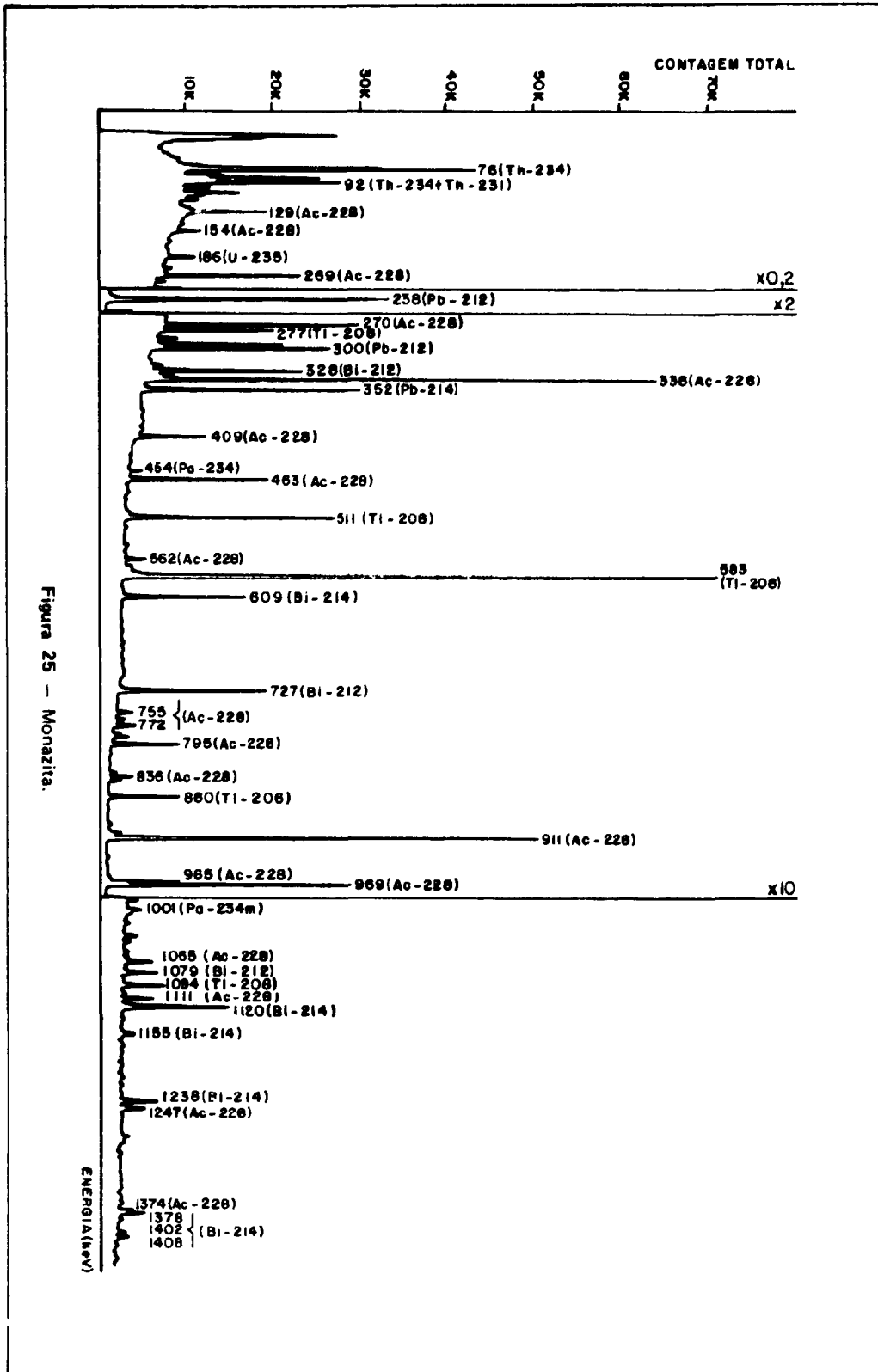


Figura 25 - Monazita.

FICHA TÉCNICA (Figura 26)

Amostra: Monazita

Procedência: Poços de Caldas, MG

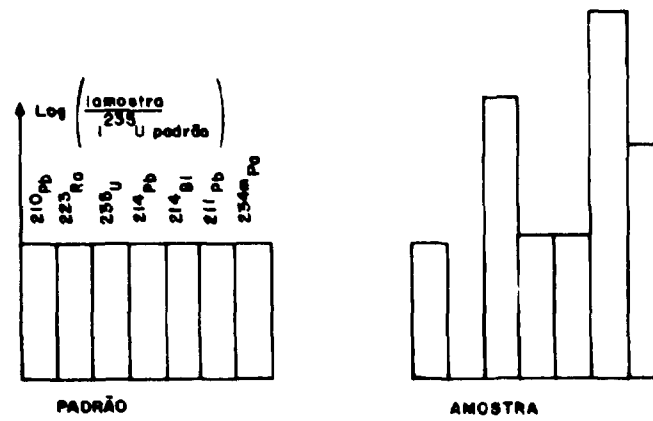
Massa: 26,9391 g

Tempo de Contagem: 40000 segundos

Análise Quantitativa:

Teor: Tório - 0,19% - Método usado:

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



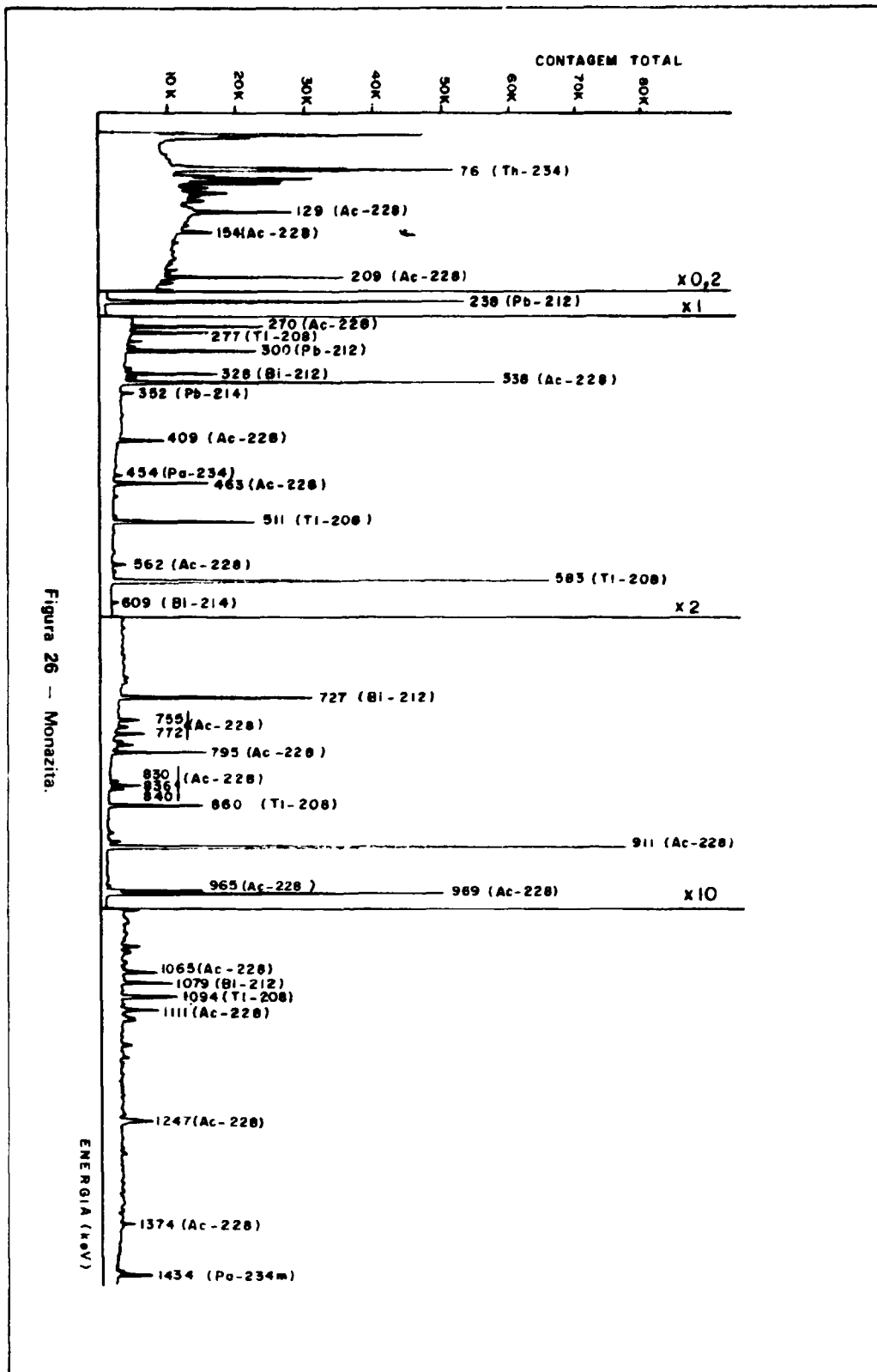


Figura 26 - Monazita.

## FICHA TÉCNICA (Figura 27)

Amostra: Monazita

Procedência: Cumuruxatiba, BA

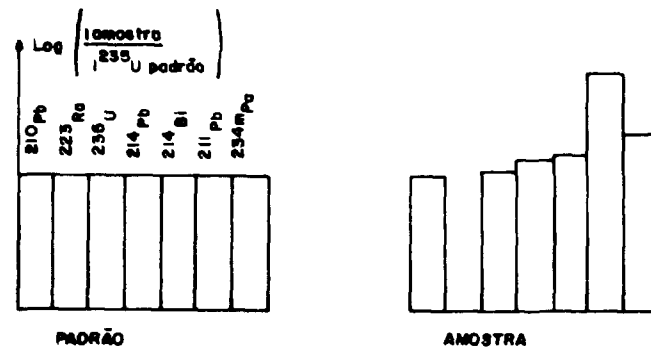
Massa: 30,4522 g

Tempo de Contagem: 2000 segundos

Análise Quantitativa: Laboratório Analítico, Departamento de Engenharia Química, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. LA/MQ/IPEN – CNEN/SP

Teor: Tório – 3,6915% – Método usado: "Químico"

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



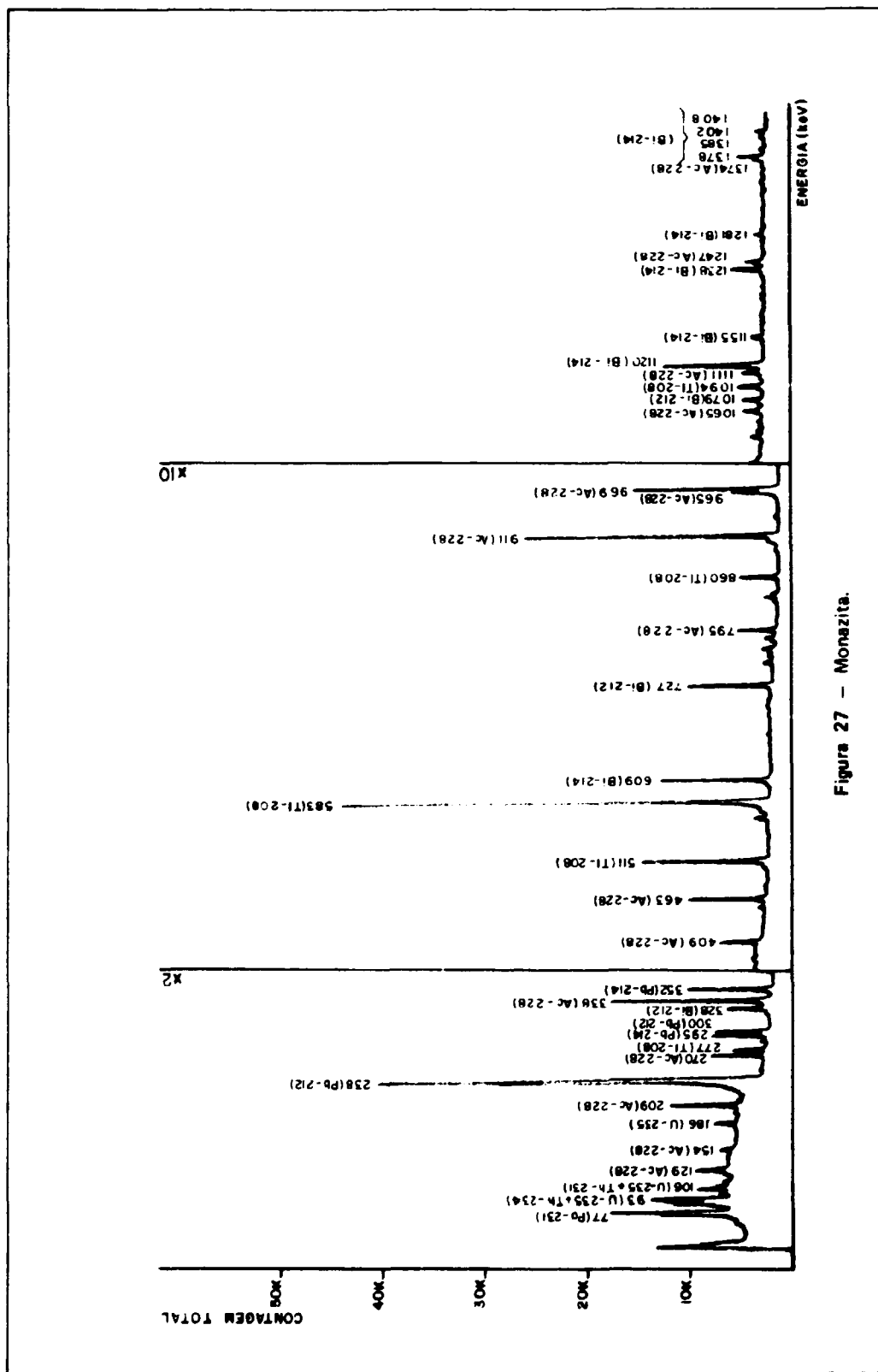


Figure 27 - Monazite.

FICHA TÉCNICA (Figura 28)

Amostra: Monazita

Procedência: Goiás

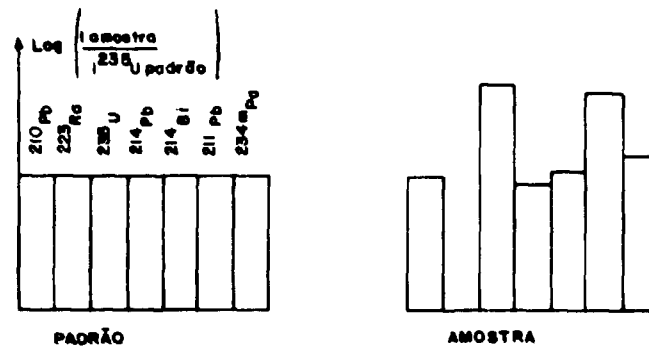
Massa: 17,6765 g

Tempo de Contagem: 20000 segundos

Análise Quantitativa: Nuclemon, SP

Teor: Tório - 1,7576% - Método usado: "Químico"

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



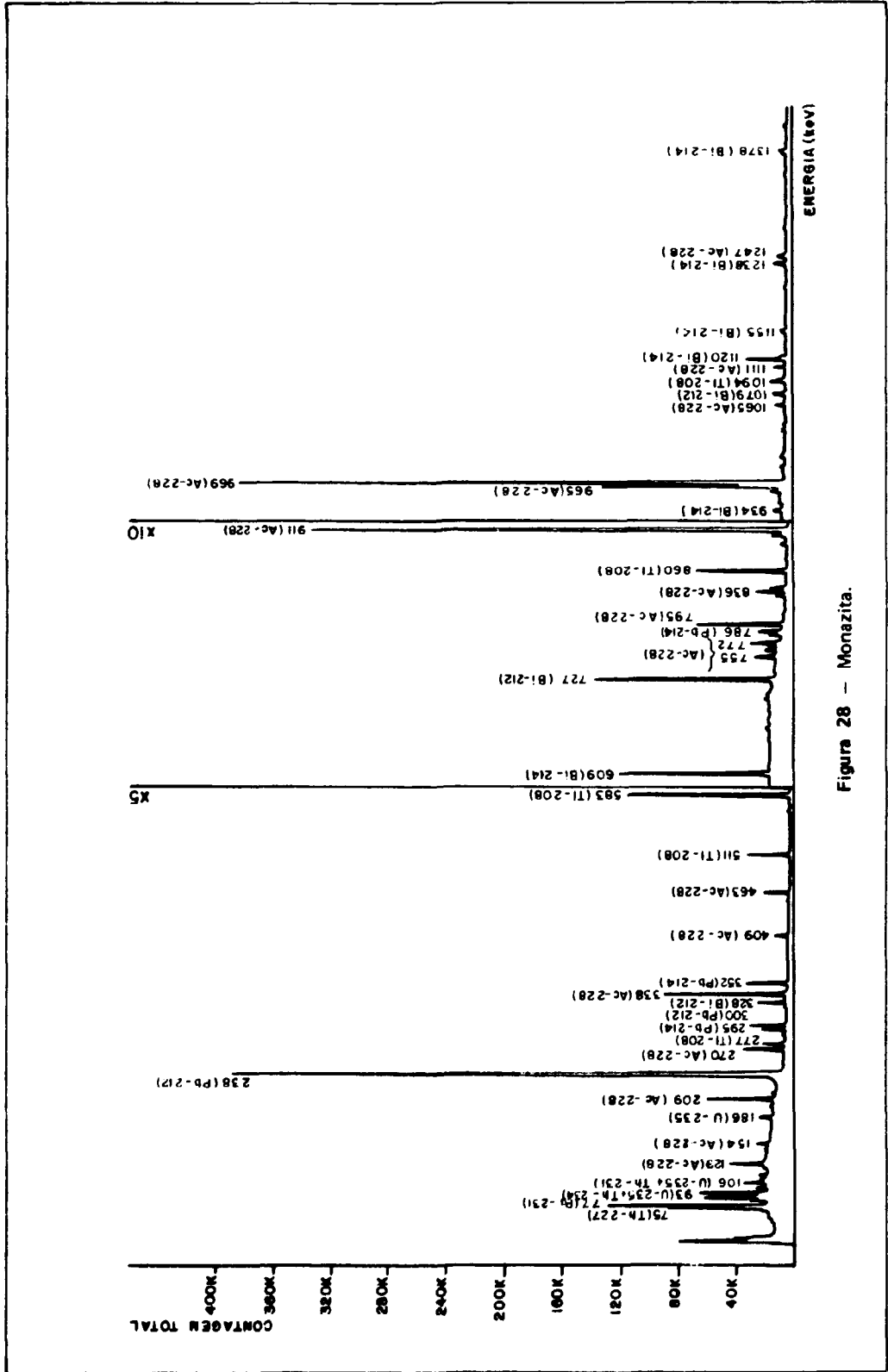


Figura 28 - Monazita.



FICHA TÉCNICA (Figura 29)

Amostra: Monazita

Procedência: Tipiti (Barra Itabapuaana), R. J.

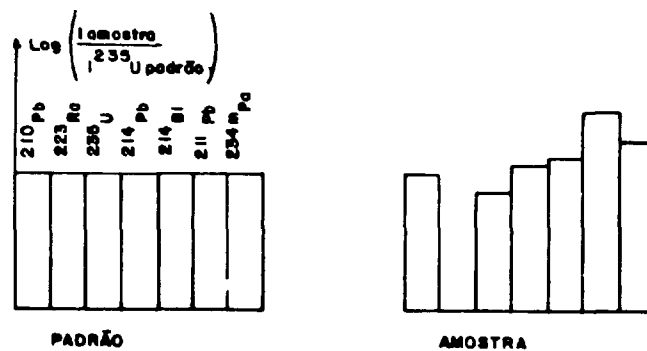
Massa: 30,3374 g

Tempo de Contagem: 5000 segundos

Análise Quantitativa: Nuclemon

Teor: Tório - 0,1272 a 0,1696 - Método usado: "Químico"

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



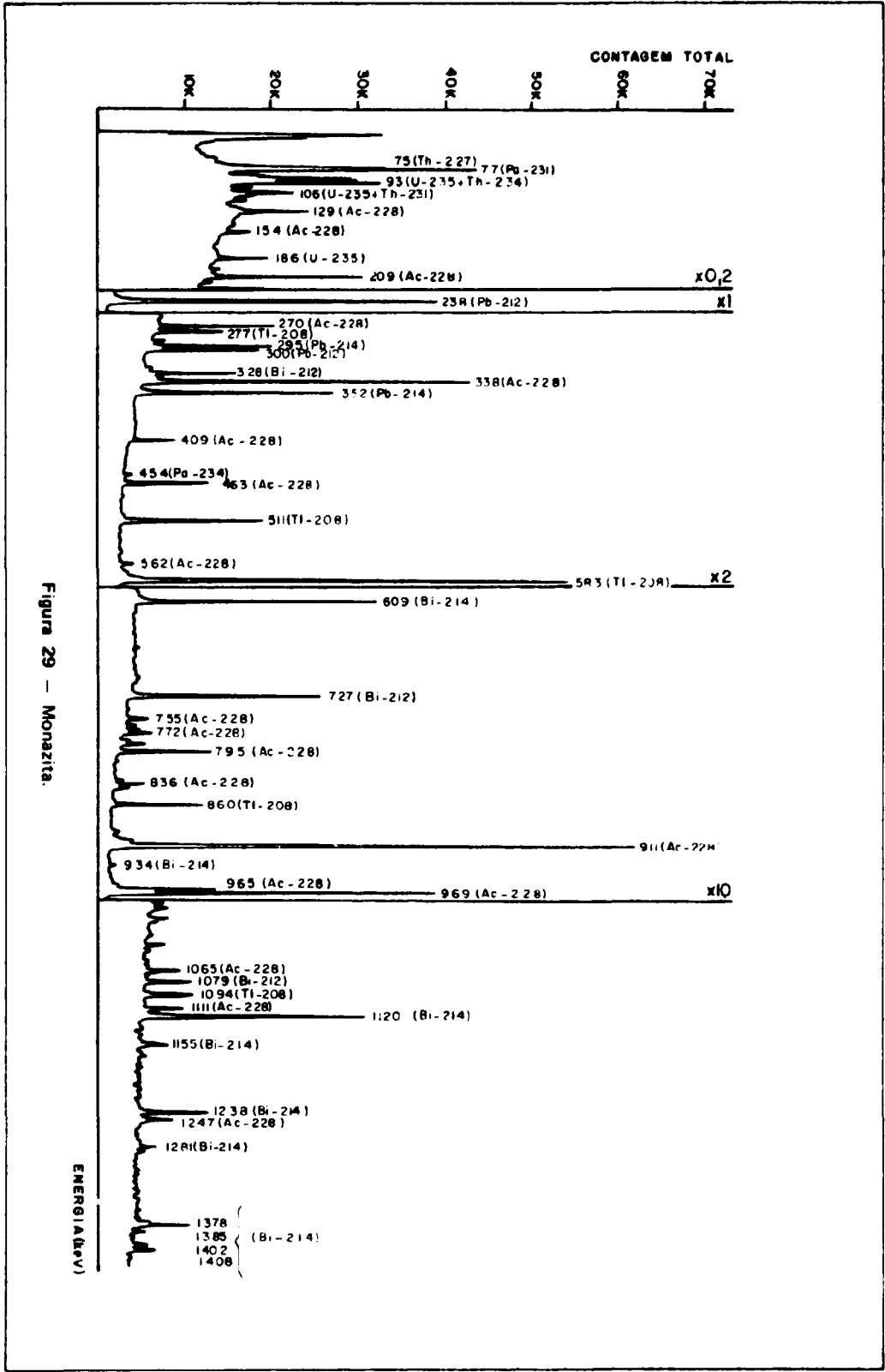


Figura 29 - Monazita.

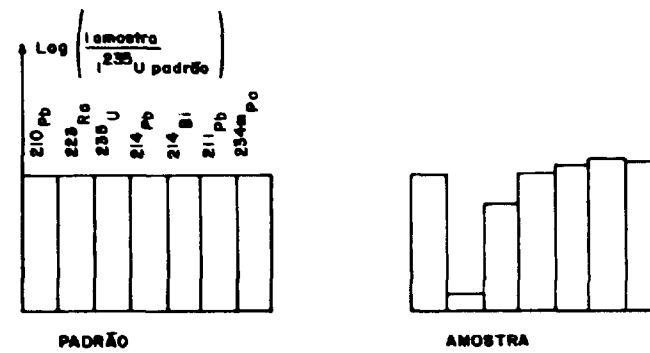
FICHA TÉCNICA (Figura 30)

Amostra: Óxidos Complexos – Samarskita?, Euxenita?

Massa: 23,6945 g

Tempo de Contagem: 1000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



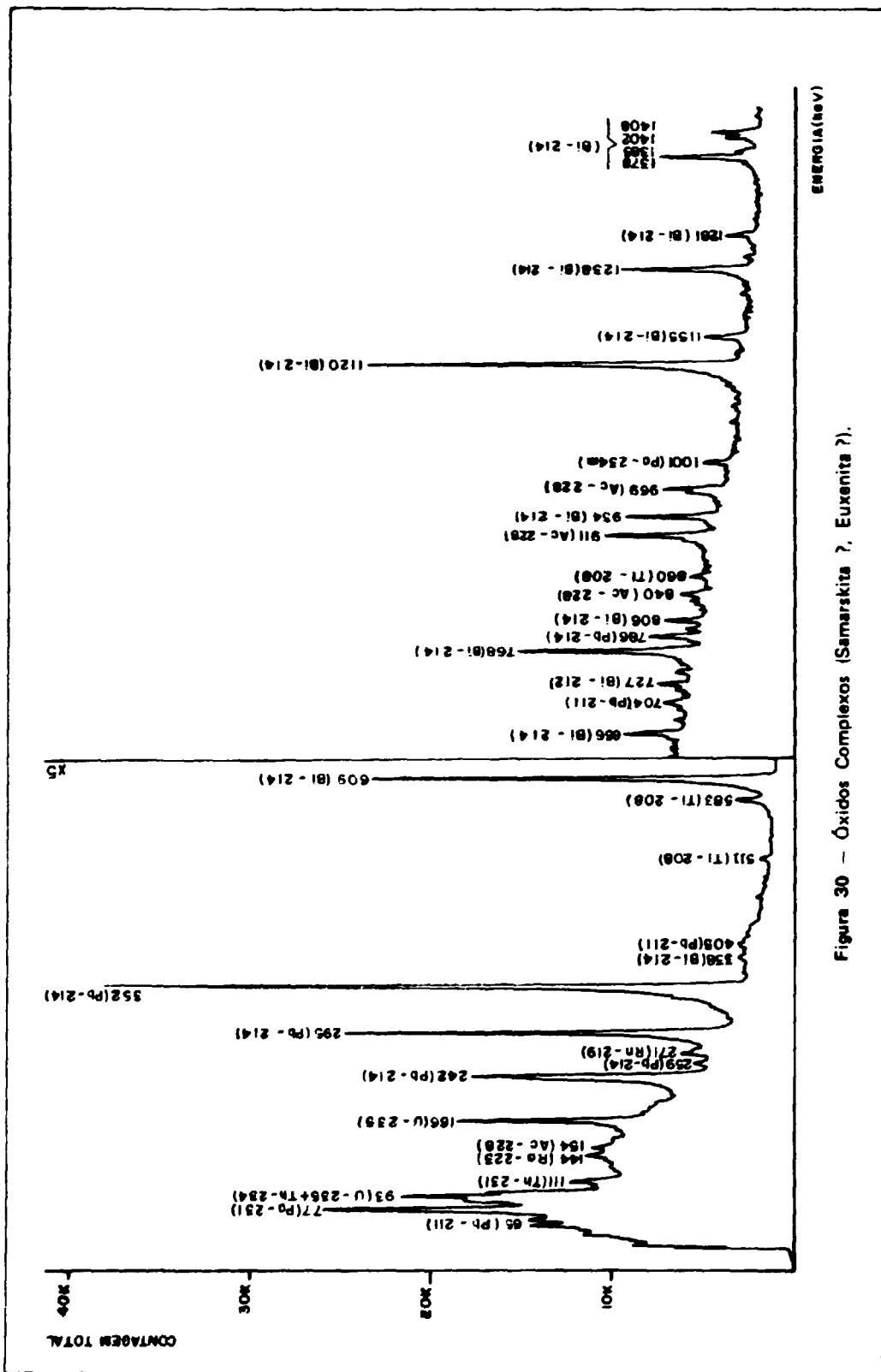


Figura 30 - Óxidos Complexos (Samarskita?, Euxenita?).

FICHA TÉCNICA (Figura 31)

PIROCLORO<sup>(2, 4)</sup>:  $(Na, Ca)_2 (Nb, Ta)_2 (O, F)_7$  - 47 a 70% de  $Nb_2O_5$  e 0,2 a 20% de  $Ta_2O_5$ . Contém cerca de 0,9% em  $U_3O_8$  e 5% em  $ThO_2$ .

Amostra: Concentrado de pirocloro - A1

Procedência: CBMM, Araxá, MG

Massa: 16,8912 g

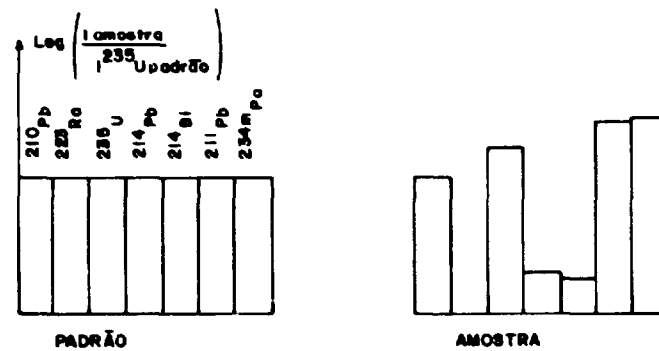
Tempo de Contagem: 20000 segundos

Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio - 0,116% - Método usado: Fluorimetria

Tório - 2,021% - Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}U$  em 186 keV:



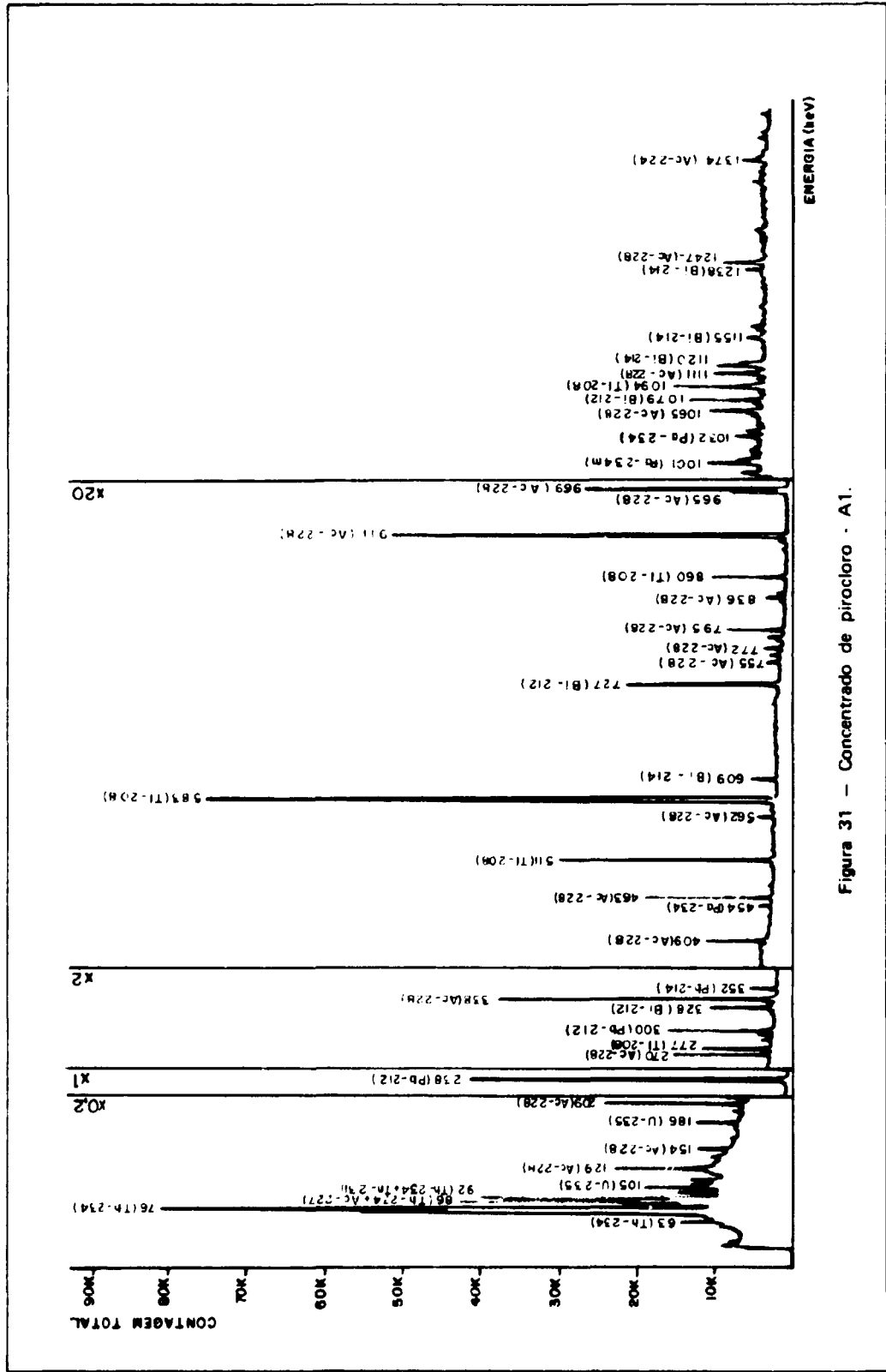


Figura 31 - Concentrado de pirocloro - A1.

FICHA TÉCNICA (Figura 32)

POLICRÁSIO<sup>(2)</sup>: Mineral encontrado nos pegmatitos, mas com distribuição errática e proporção muito pequena. Contém alto teor de urânio (de 4 a 10% em  $U_3O_8$ ).

Massa: 19,9961 g

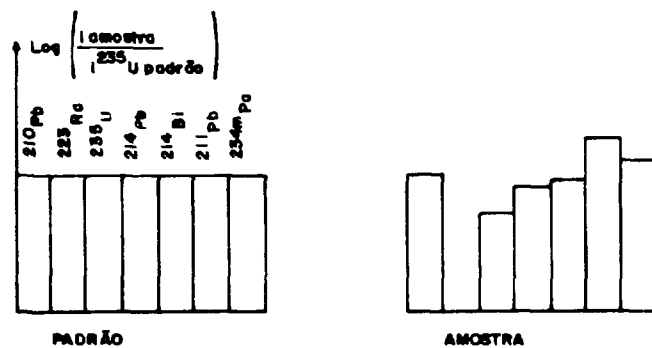
Tempo de Contagem: 1000 segundos

Análise Quantitativa:

Teor: Urânio — 13,65(3)% — Método usado:

Tório — 0,439% — Método usado:

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}U$  em 186 keV:



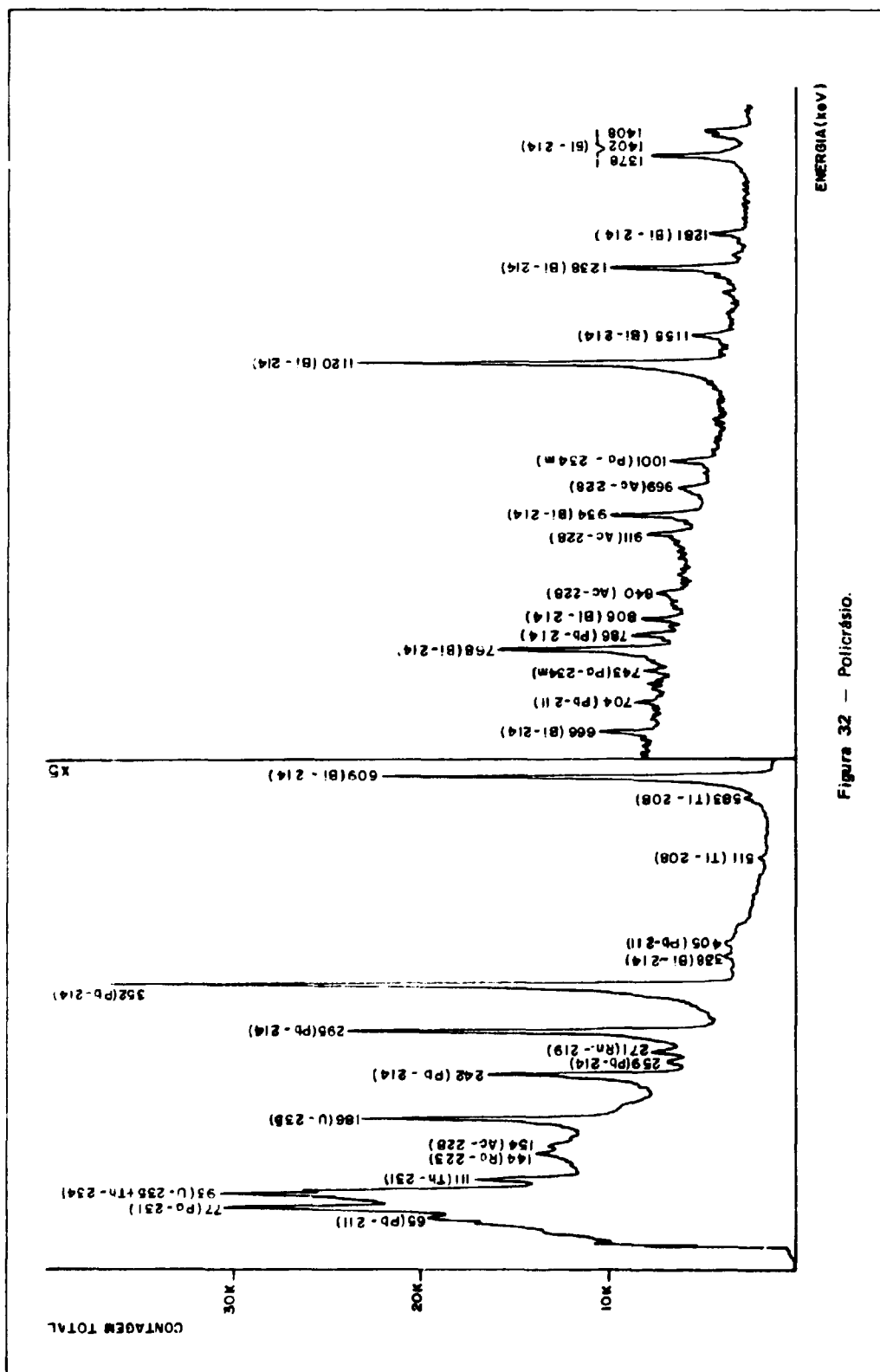


Figura 32 - Policristalino.



FICHA TÉCNICA (Figura 33)

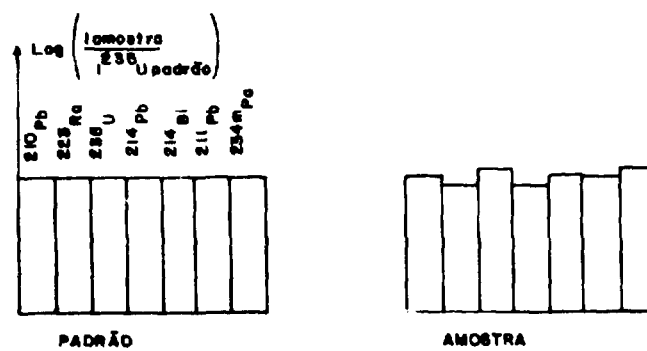
Amostra: Rocha Granítica

Procedência: Perus, SP

Massa: 14,2463 g

Tempo de Contagem: 40000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



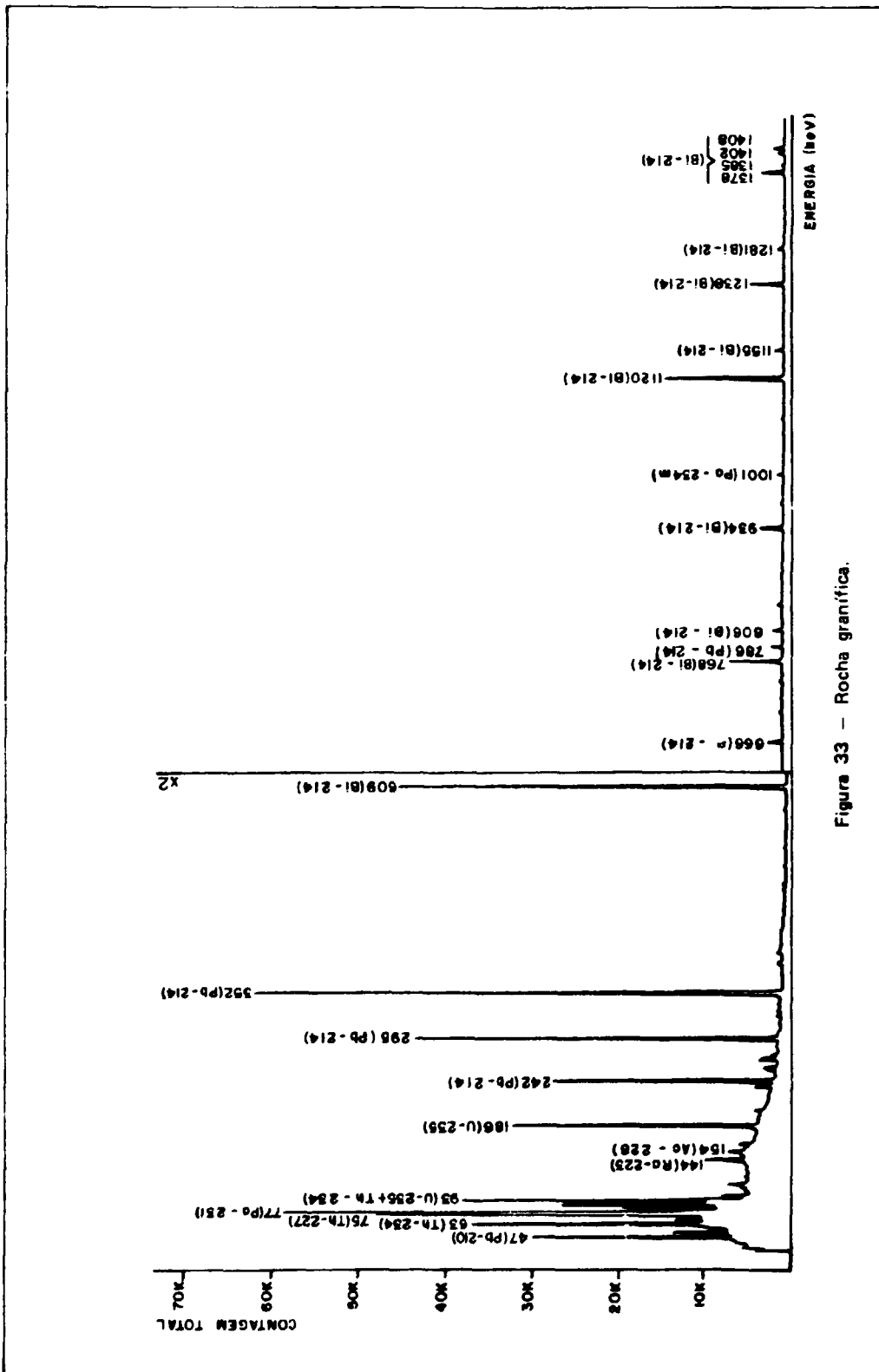


Figure 33 - Rocha granitica.

## FICHA TÉCNICA (Figura 34)

"ROCHA POTÁSSICA"<sup>(8)</sup>: Nome dado regionalmente a uma rocha alcalina impregnada por solução uranífera no setor C/ 09, Campo do Cercado, no Planalto de Poços de Caldas. Essa rocha alcalina formada inicialmente por tinguaito sofreu a ação de soluções hidrotermais e perdeu parcialmente a sua parte máfica e se tornou uma rocha esbranquiçada. Tem a seguinte composição predominante:  $\text{SiO}_2$  - 30 a 65%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 7 a 50% e  $\text{K}_2\text{O}$  - 5 a 18%. É rica de pirita e contém urânio, tório e outros elementos.

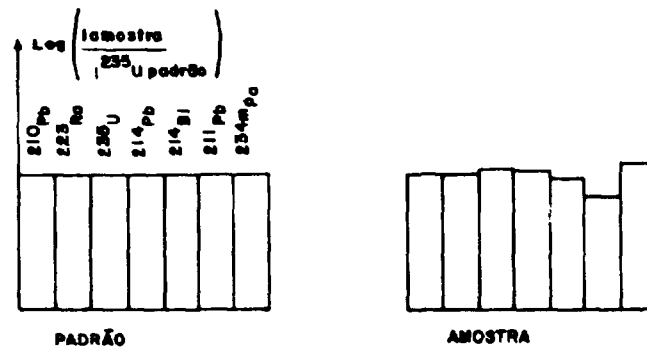
Amostra: "Rocha Potássica"

Procedência: Poços de Caldas, MG

Massa: 10,8372 g

Tempo de Contagem: 40000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



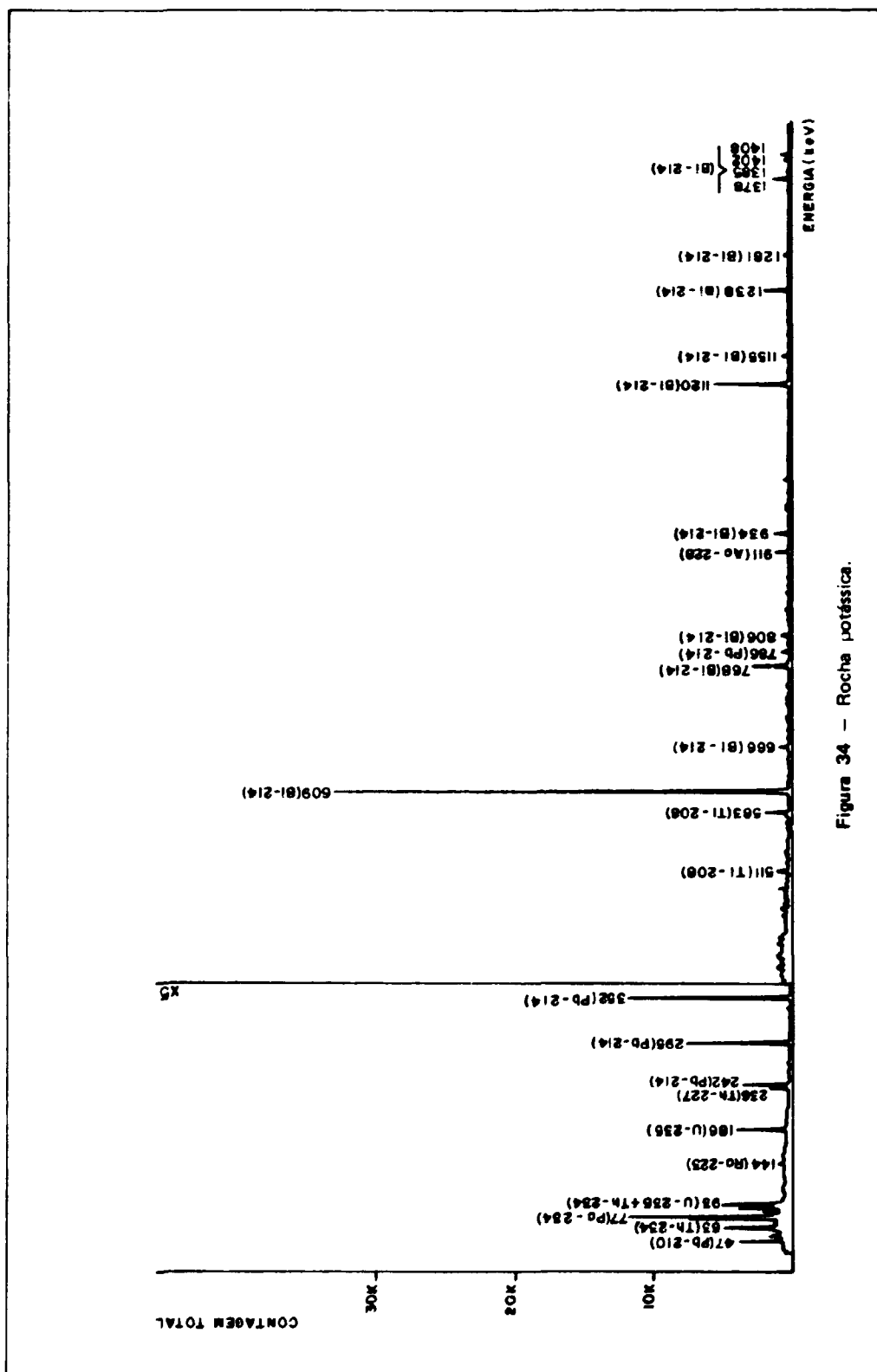


Figura 34 - Rocha potássica.

### FICHA TÉCNICA (Figura 35)

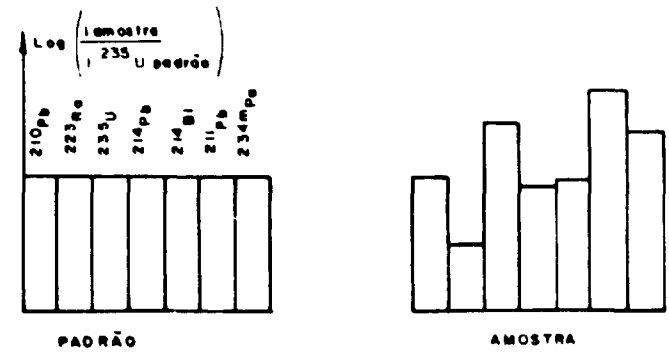
**SAMARSKITA<sup>(2)</sup>**: Nióbio – tantalato de terras raras encontrado nos pegmatitos, mas com distribuição errática e proporção muito pequena. Contém de 6 a 18% em UO<sub>2</sub>.

Amostra: Samarskita

Massa: 13,4847 g

Tempo de Contagem: 20000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao <sup>235</sup>U em 186 keV:



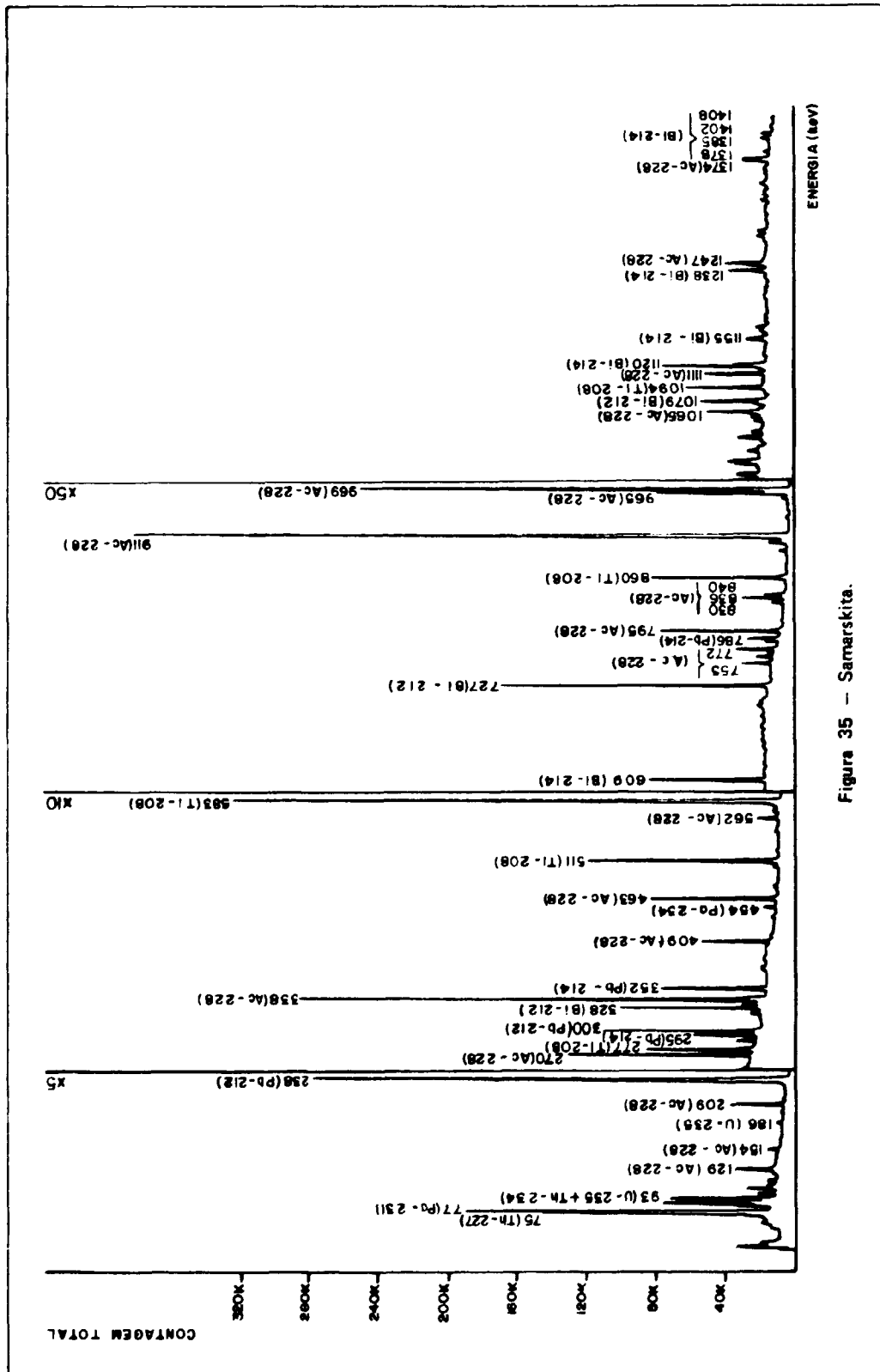


Figure 35 - Samarskita.

FICHA TÉCNICA (Figura 36)

NEFELINA SIENITO<sup>(2)</sup>: Rocha alcalina de Poços de Caldas contendo tório e urânio.

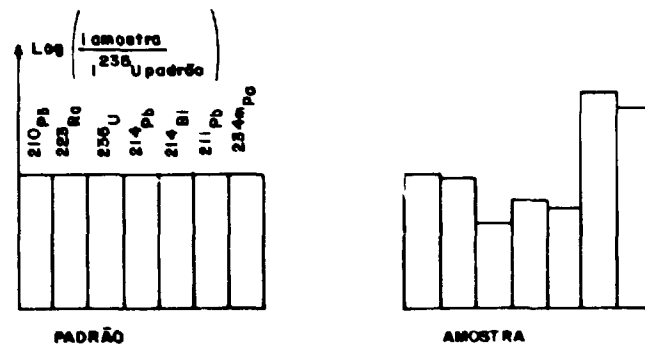
Amostra: Nefelina sienito

Procedência: Poços de Caldas, MG

Massa: 9,4124 g

Tempo de Contagem: 40000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao <sup>235</sup>U em 186 keV:



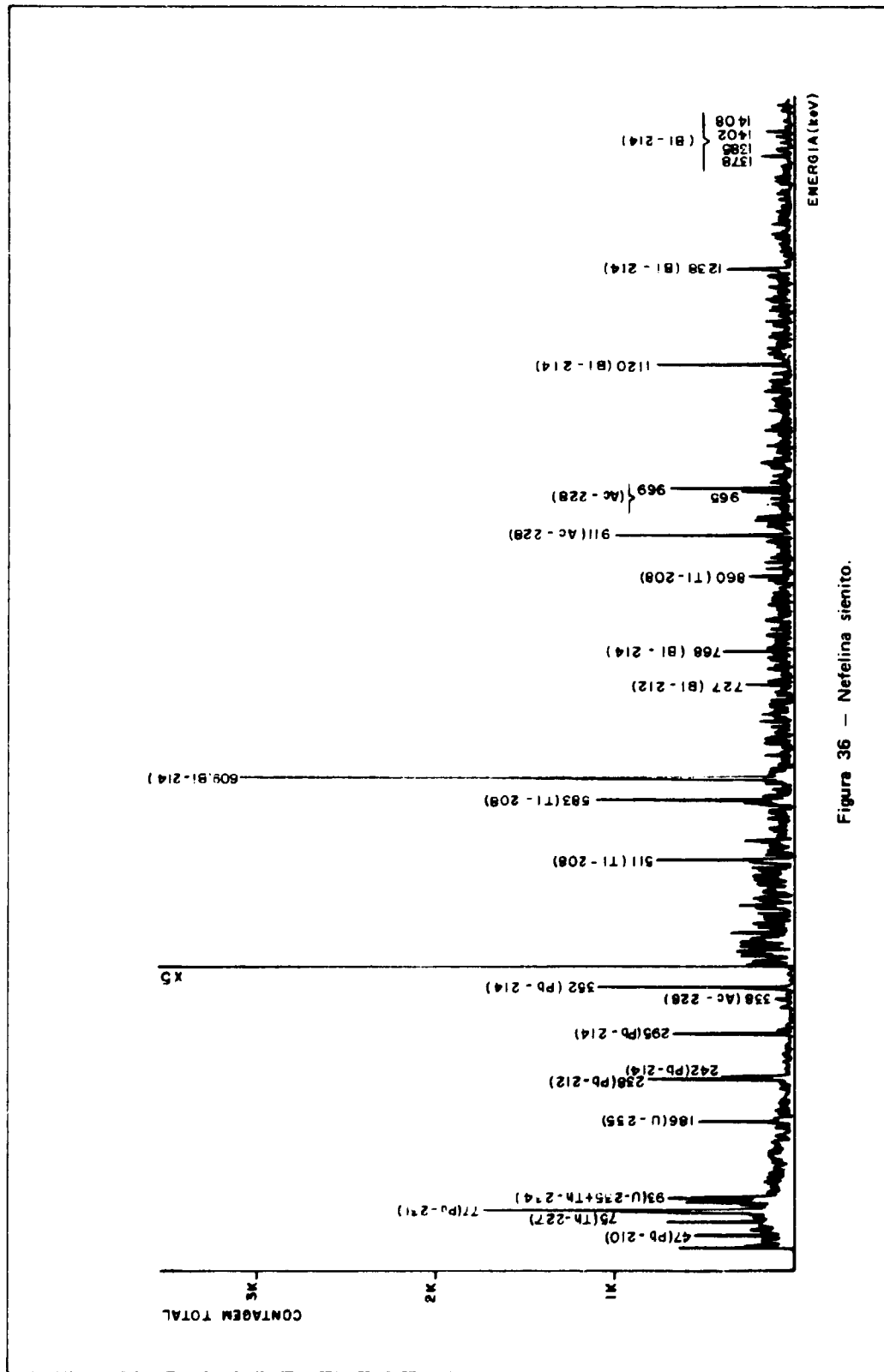


Figure 36 - Nefelina sienito.



## FICHA TÉCNICA (Figura 37)

TATALITA<sup>(2. 10)</sup>: (Fe, Mn)Ta<sub>2</sub>O<sub>6</sub> com 42 a 84% de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contendo urânio.

Amostra: Tantalita

Procedência: Território do Amapá e Goiás

Massa: 33,8574 g

Tempo de Contagem: 2000 segundos

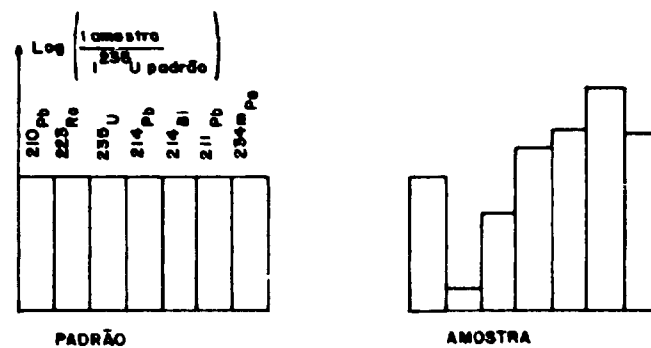
Identificação Mineralógica: Tantalita + torianita + pequena quantidade de Tapiolita (IEN)

Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio — 0,869% — Método usado: Fluorimetria

Tório — 6,769% — Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao <sup>235</sup>U em 165 keV:



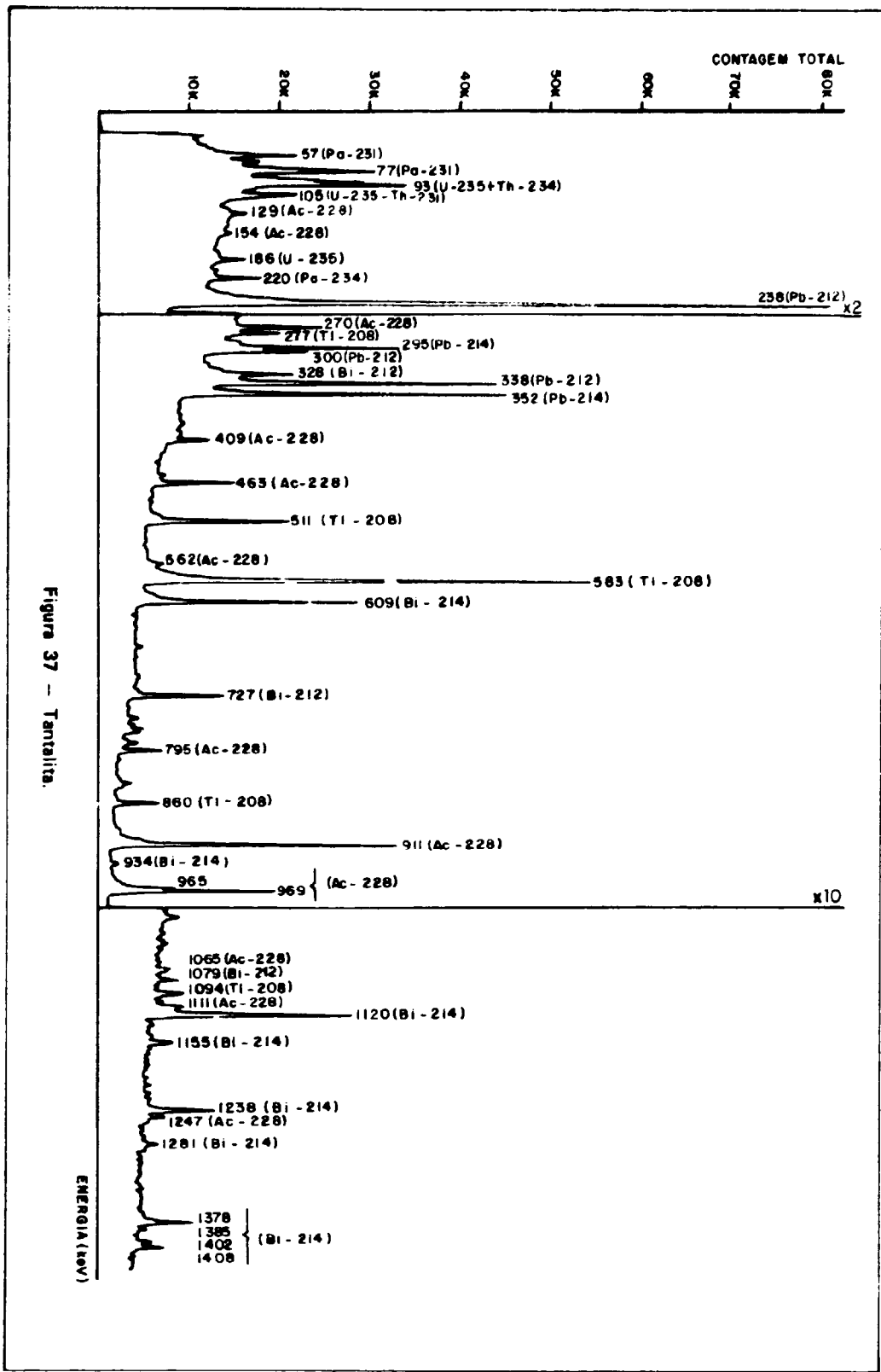


Figura 37 - Tantalita.

### FICHA TÉCNICA (Figura 38)

Amostra: tantalita

Procedência: Currais Novos, RN

Massa: 33,9508 g

Tempo de Contagem: 2000 segundos

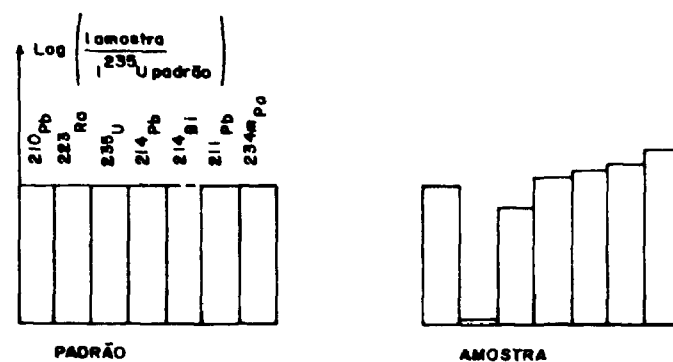
Identificação Mineralógica: Tantalita + pequena quantidade de Tapiolita (IEN)

Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio - 0,552% - Método usado: Fluorimetria

Tório - 0,018% - Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



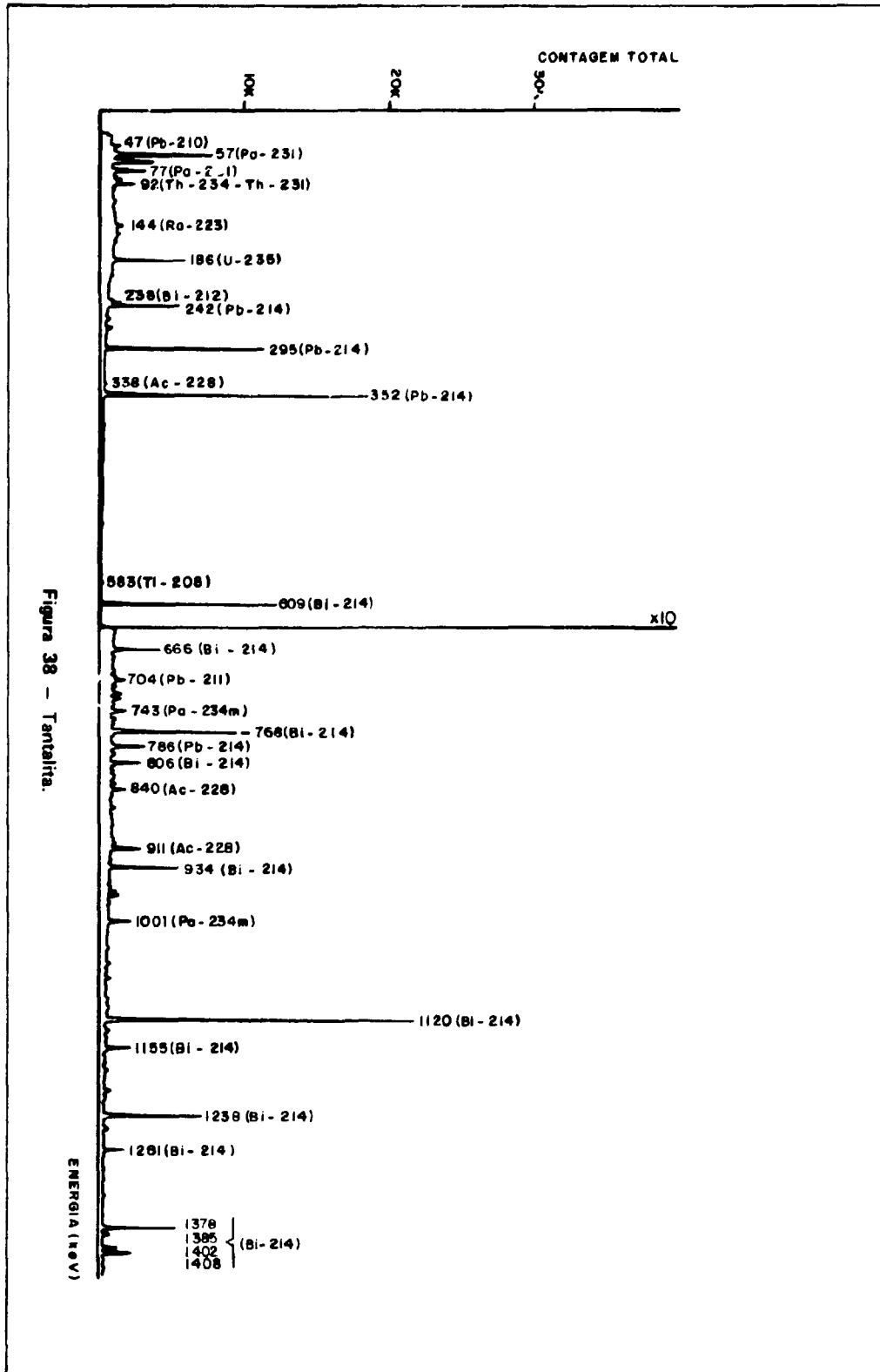


Figura 38 - Tantalita.

FICHA TÉCNICA (Figura 39)

Amostra: Tantalita

Procedência: Paraíba

Massa: 41,6627 g

Tempo de Contagem: 40000 segundos

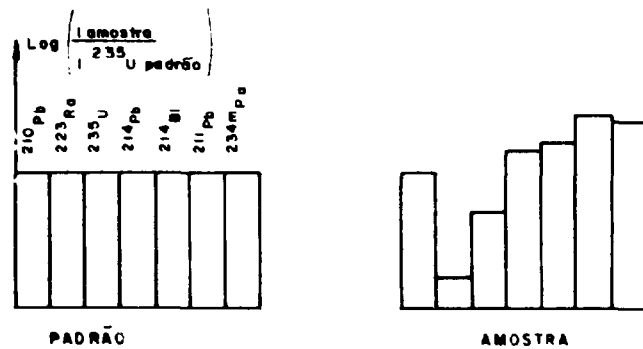
Identificação Mineralógica: Tantalita + Tapiolita (IEN)

Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio — 0,010% — Método usado: Fluorimetria

Tório — 0,004% — Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



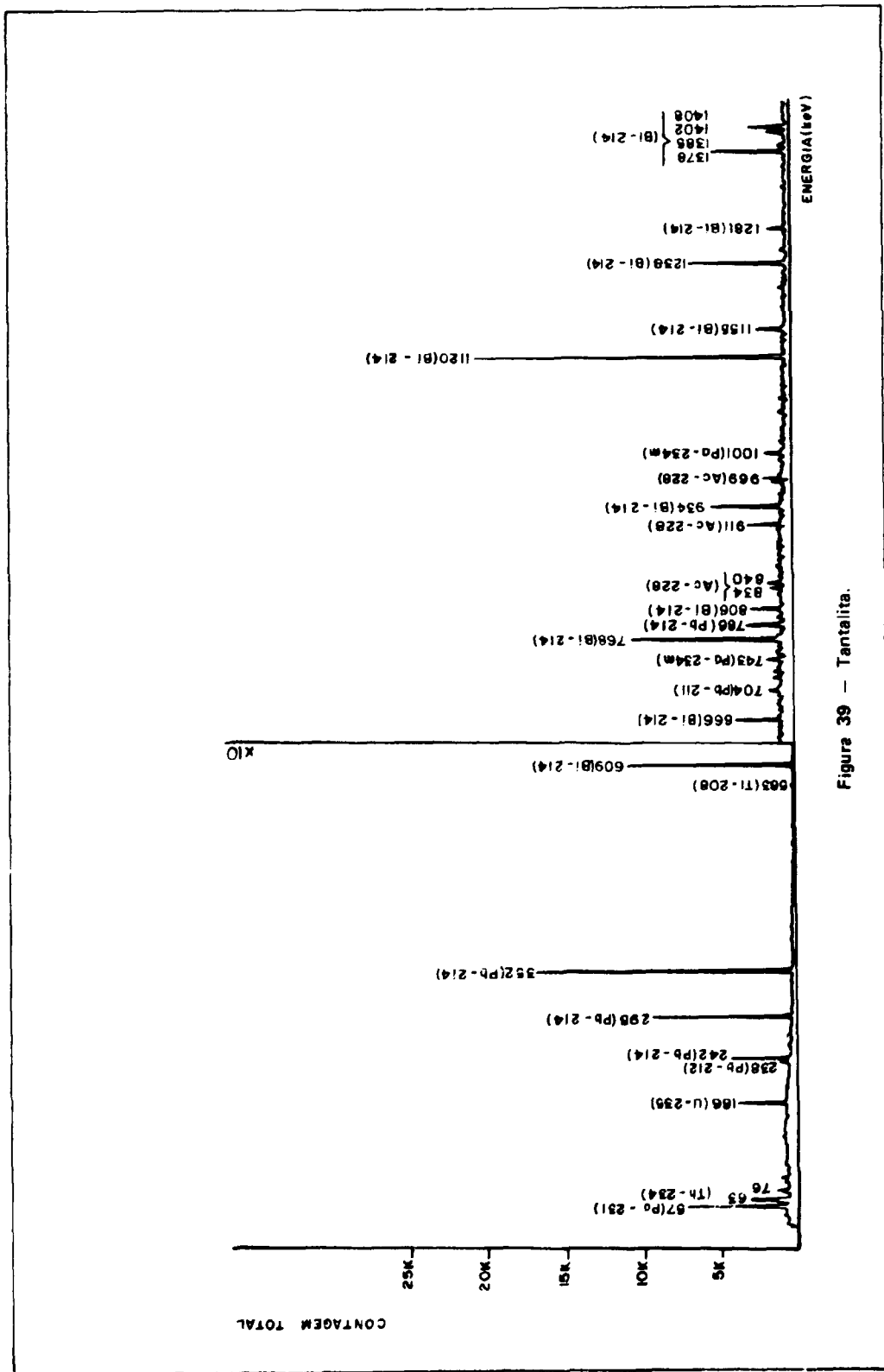


Figure 39 - Tantalita.

FICHA TÉCNICA (Figura 40)

Amostra: Tantalita

Procedência: Monte Alegre de Goiás, GO

Massa: 23,4773 g

Tempo de Contagem: 40000 segundos

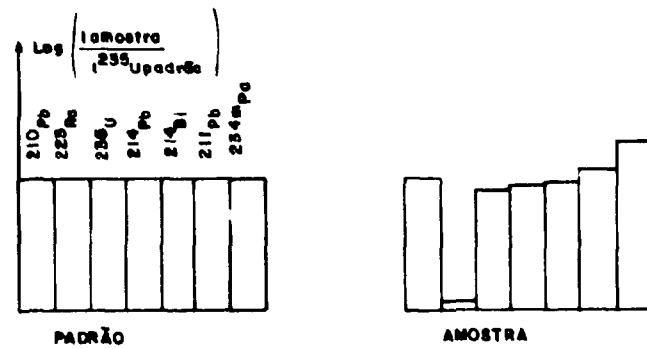
Identificação Mineralógica: Tantalita + pequena quantidade de Tapiolita (IEN)

Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio - 0,1272% - Método usado: Fluorimetria

Tório - 0,0167% - Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



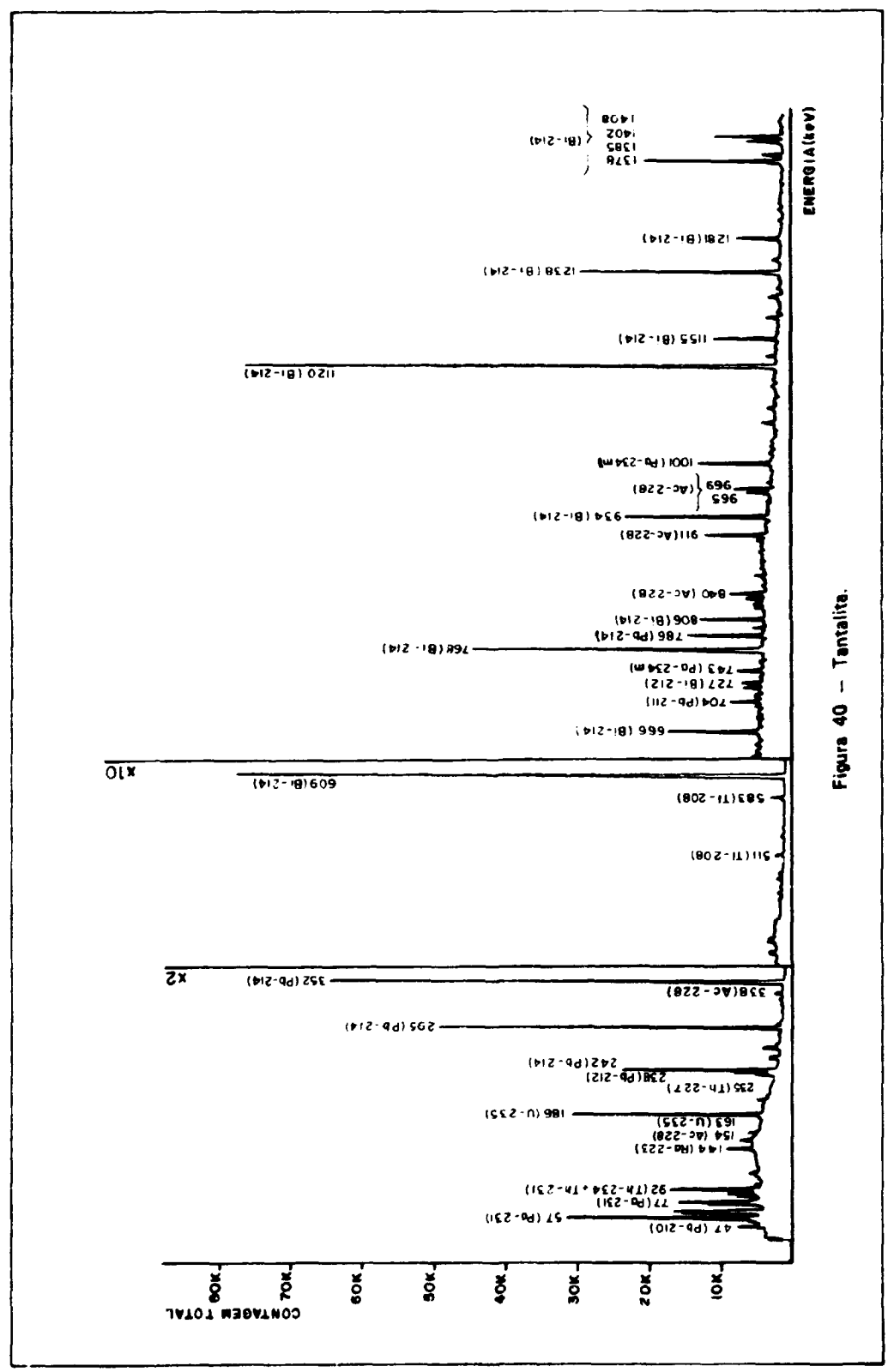


Figura 40 - Tantalite.



FICHA TÉCNICA (Figura 41)

Amostra: Tantalita

Procedência: Território do Amapá

Massa: 22,9883 g

Tempo de Contagem: 40000 segundos

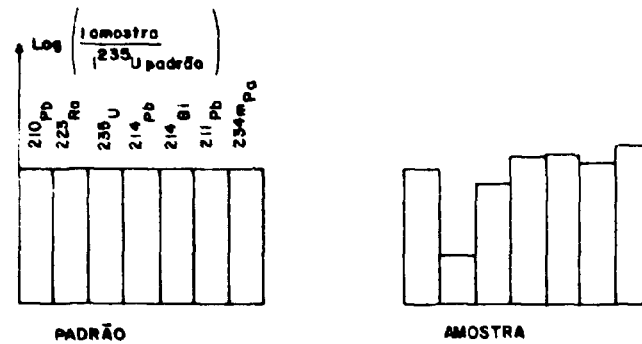
Identificação Mineralógica: Tantalita + pequena quantidade de tapiolita (IEN)

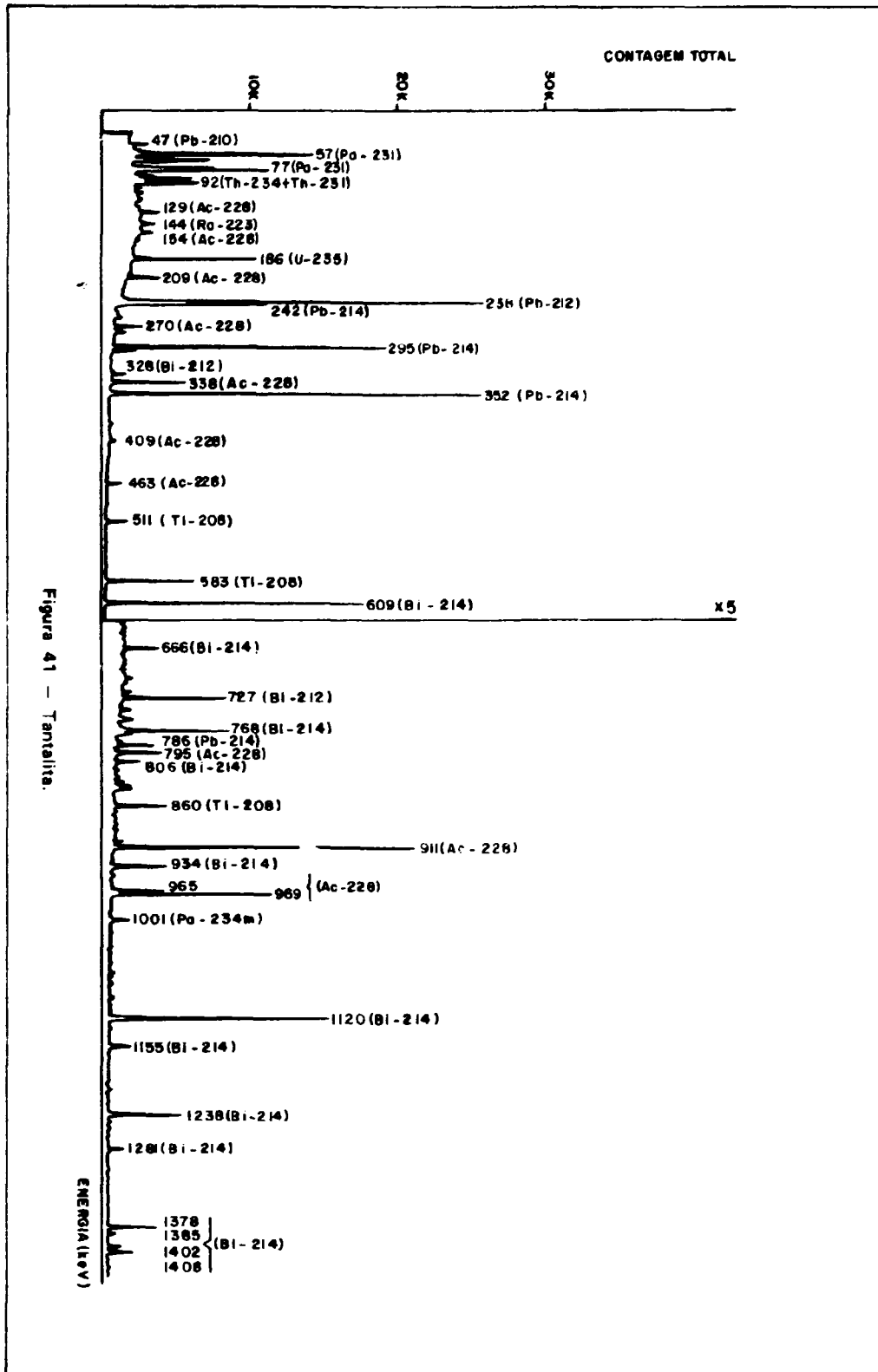
Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio - 0,0441% - Método usado: Fluorimetria

Tório - 0,0518% - Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:





FICHA TÉCNICA (Figura 42)

Amostra: Tantalita

Procedência: Região do Seridó, RN

Massa: 26,9350 g

Tempo de Contagem: 40000 segundos

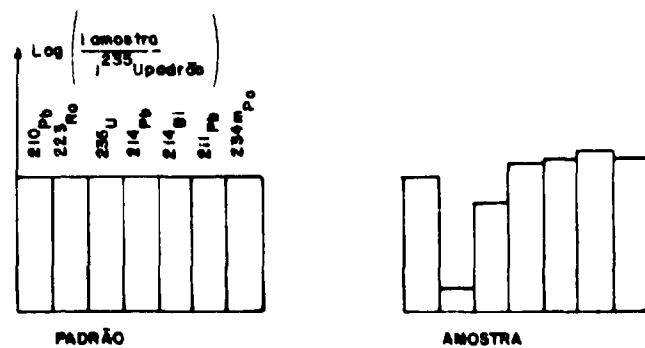
Identificação Mineralógica: Tantalita + Tapiolita (IEN)

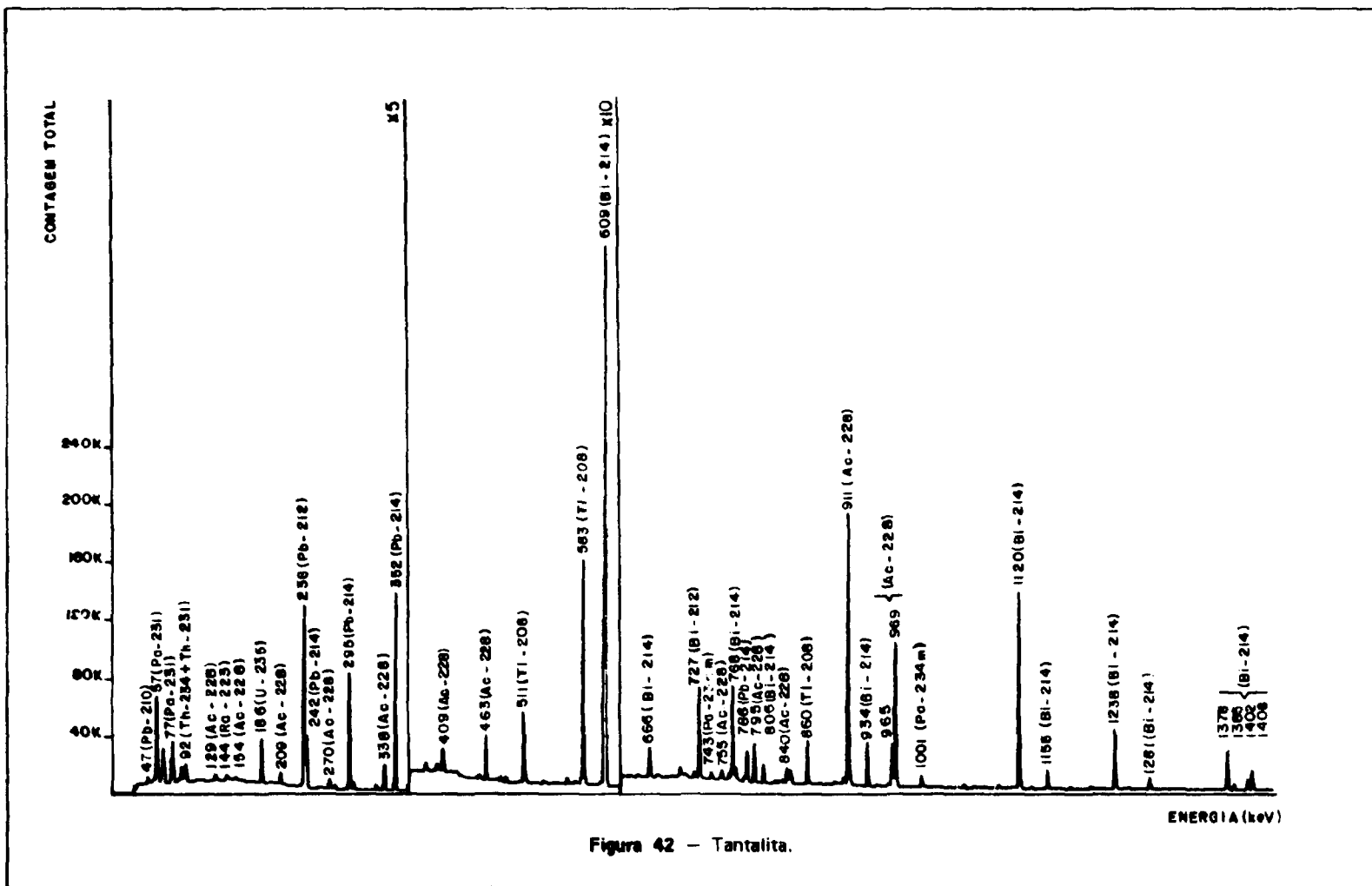
Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio - 0,090% - Método usado: Fluorimetria

Tório - 0,1371% - Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:





FICHA TÉCNICA (Figura 43)

Amostra: Tantalita

Procedência: São José da Safira, MG

Massa: 24,7573 g

Tempo de Contagem: 10000 segundos

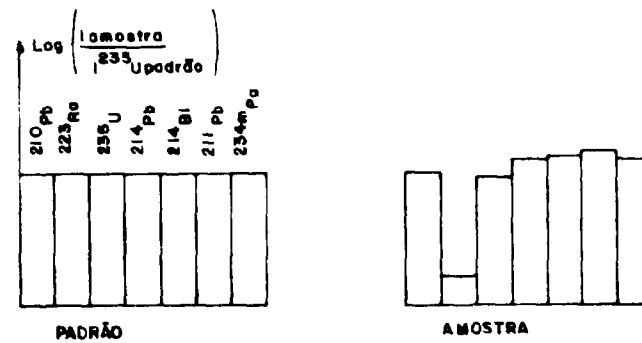
Identificação Mineralógica: Tantalita + Tapiolita (IEN)

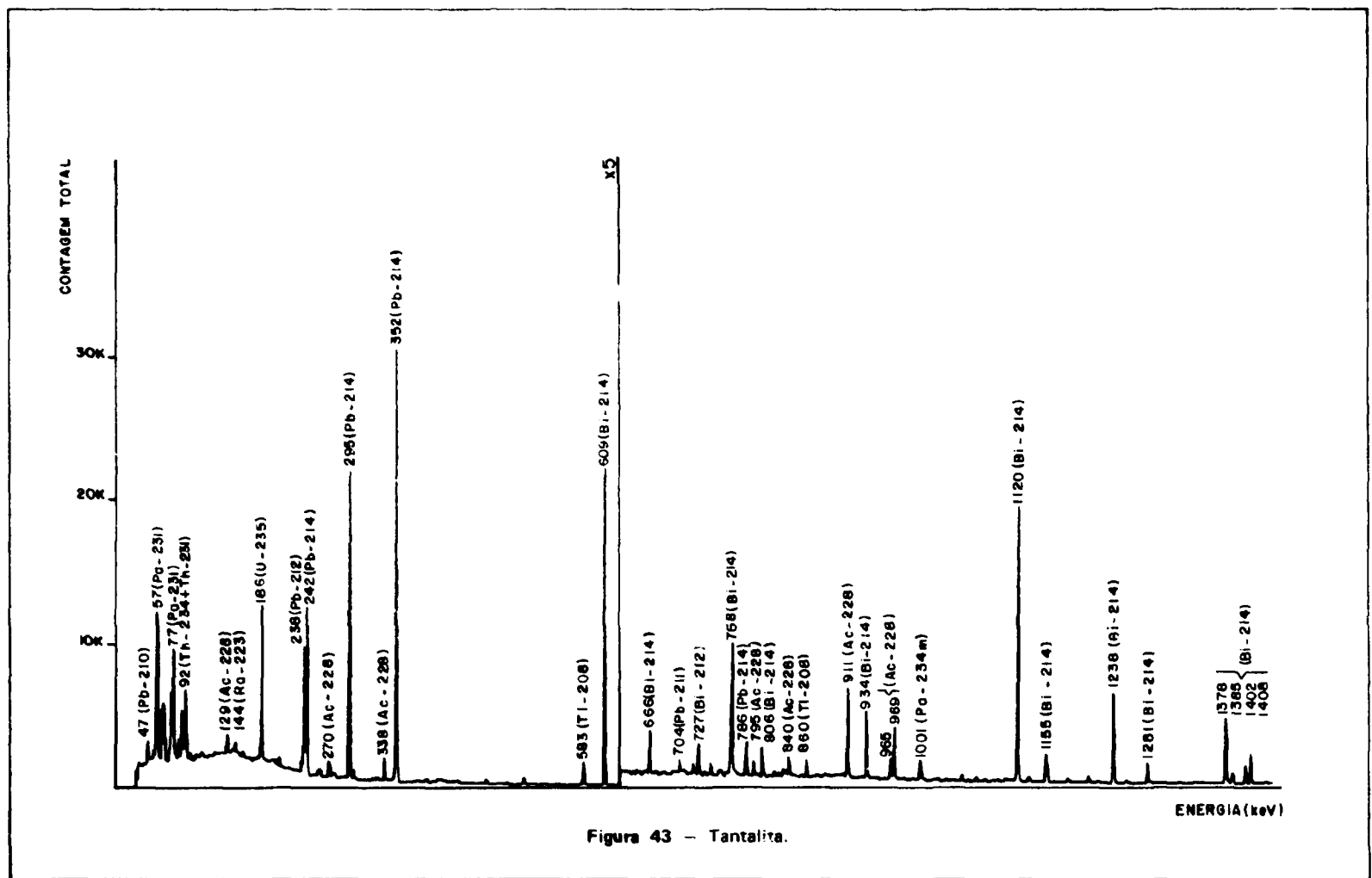
Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio — 0,1416% — Método usado: Fluorimetria

Tório — 0,0492% — Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:





FICHA TÉCNICA (Figura 44)

Amostra: Tantalita

Procedência: Solonópolis, CE

Massa: 27,2964 g

Tempo de Contagem: 40000 segundos

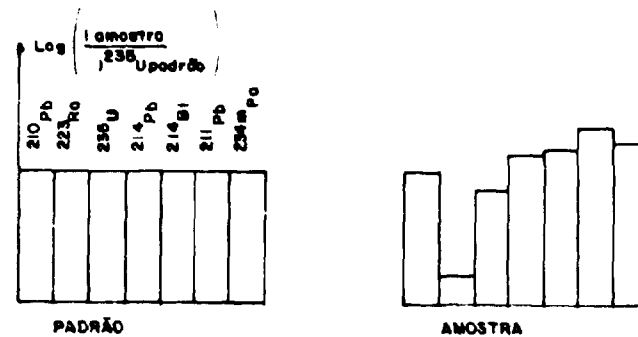
Identificação Mineralógica: Tantalita + Tapiolita (IEN)

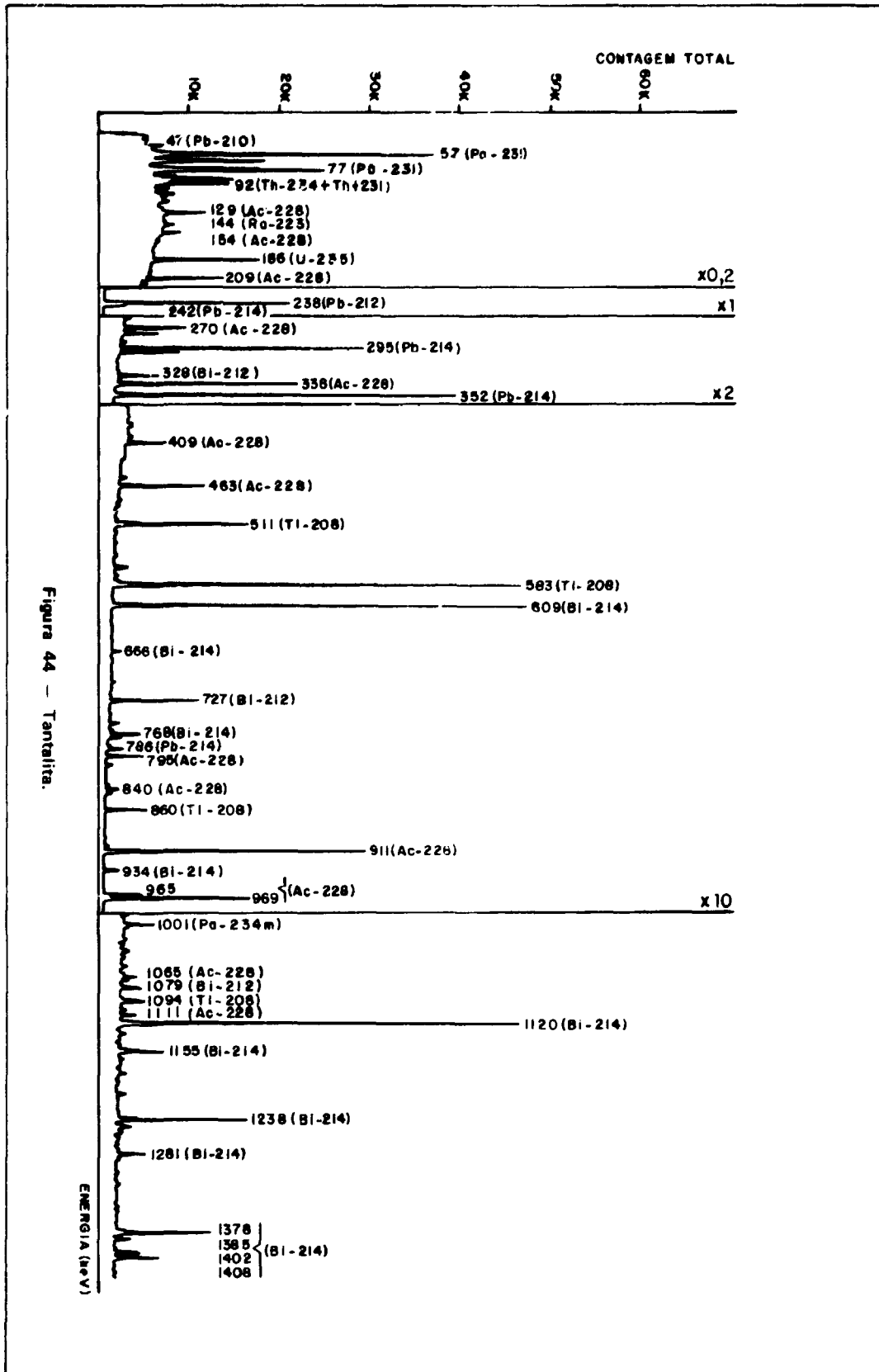
Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio - 0,028% - Método usado: Fluorimetria

Tório - 0,0246% - Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:

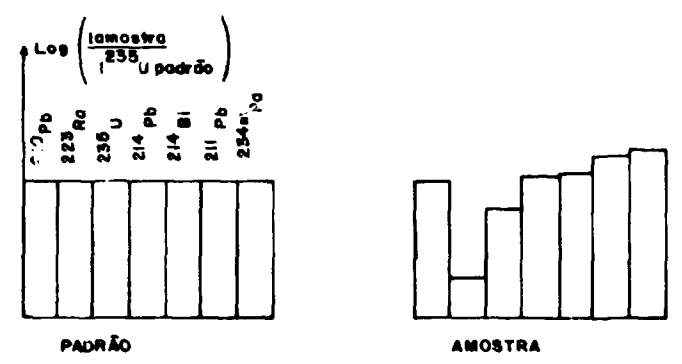






FICHA TÉCNICA (Figura 45)

Amostra: Tantalita  
 Procedência: Mina Volta Grande, Nazareno, MG  
 Massa: 23,7541g  
 Tempo de Contagem: 20000 segundos  
 Identificação Mineralógica: Tantalita + pequena quantidade de Tapiolita (IEN)  
 Análise Quantitativa: IEN  
 Teor: Urânio - 0,095% - Método usado: Fluorimetria  
 Tório - 0,1204% - Método usado: Arsenazo III  
 Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



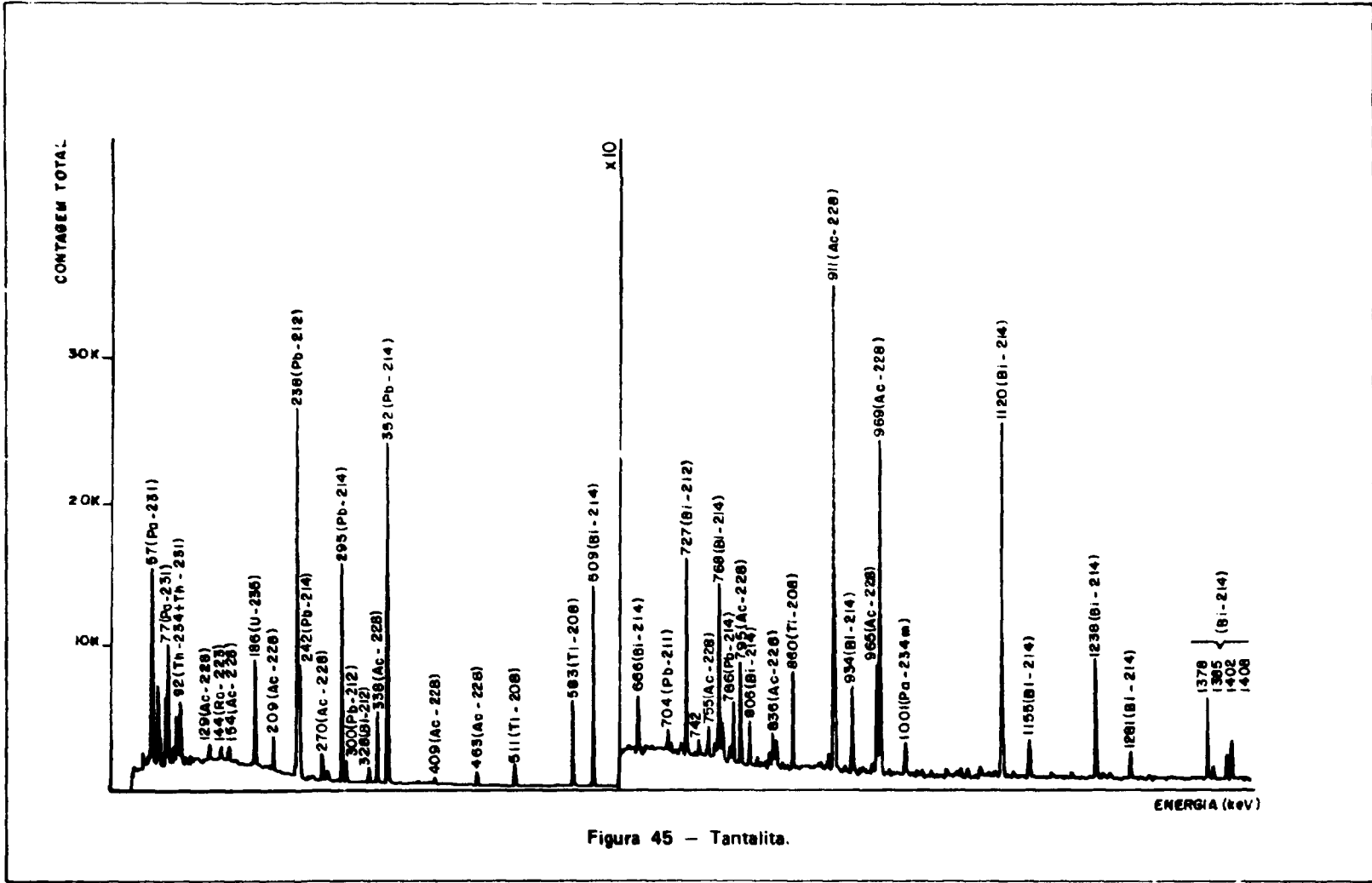


Figura 45 - Tantalita.

### FICHA TÉCNICA (Figura 46)

TANTALITA / COLUMBITA<sup>(2. 10)</sup>: Solução sólida entre a tantalita e a niobita (Fe, Mn)  
 $(Ta, Nb)_2O_6$ , 3 – 40% de  $Nb_2O_5$  e 42 – 84% de  
 $Ta_2O_5$  – contendo urânio.

Amostra: Tantalita / Columbita - A1

Procedência: São José da Safira e Araçuaí, MG

Massa: 22,5958 g

Tempo de Contagem: 10000 segundos

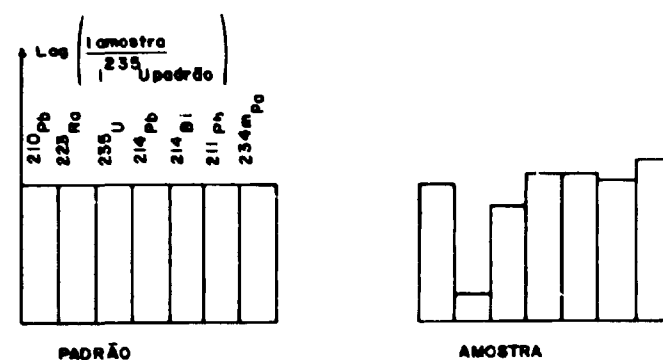
Identificação Mineralógica: Tantalita / Columbita + pequena quantidade de Tapiolita

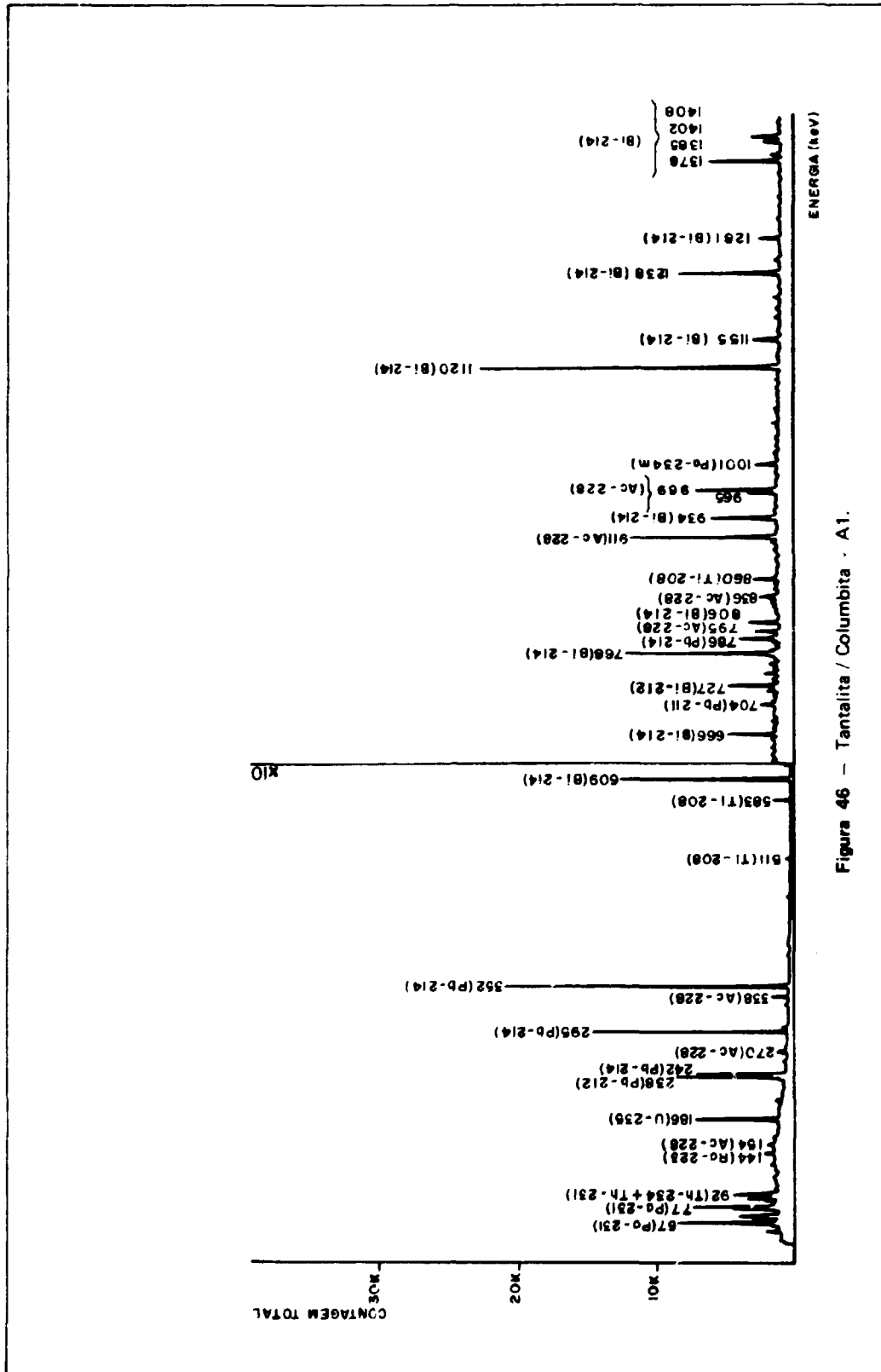
Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio – 0,095% – Método usado: Fluorimetria

Tório – 0,087% – Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}U$  em 186 keV:





FICHA TÉCNICA (Figura 47)

Amostra: Tantalita / Columbita - A2

Procedência: São José da Safira e Araçuaí, MG

Massa: 24,6514 g

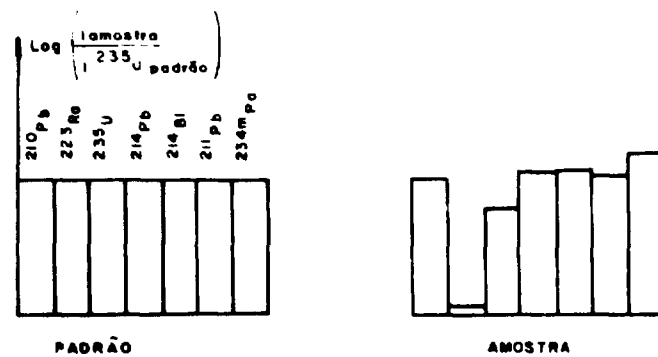
Tempo de Contagem: 20000 segundos

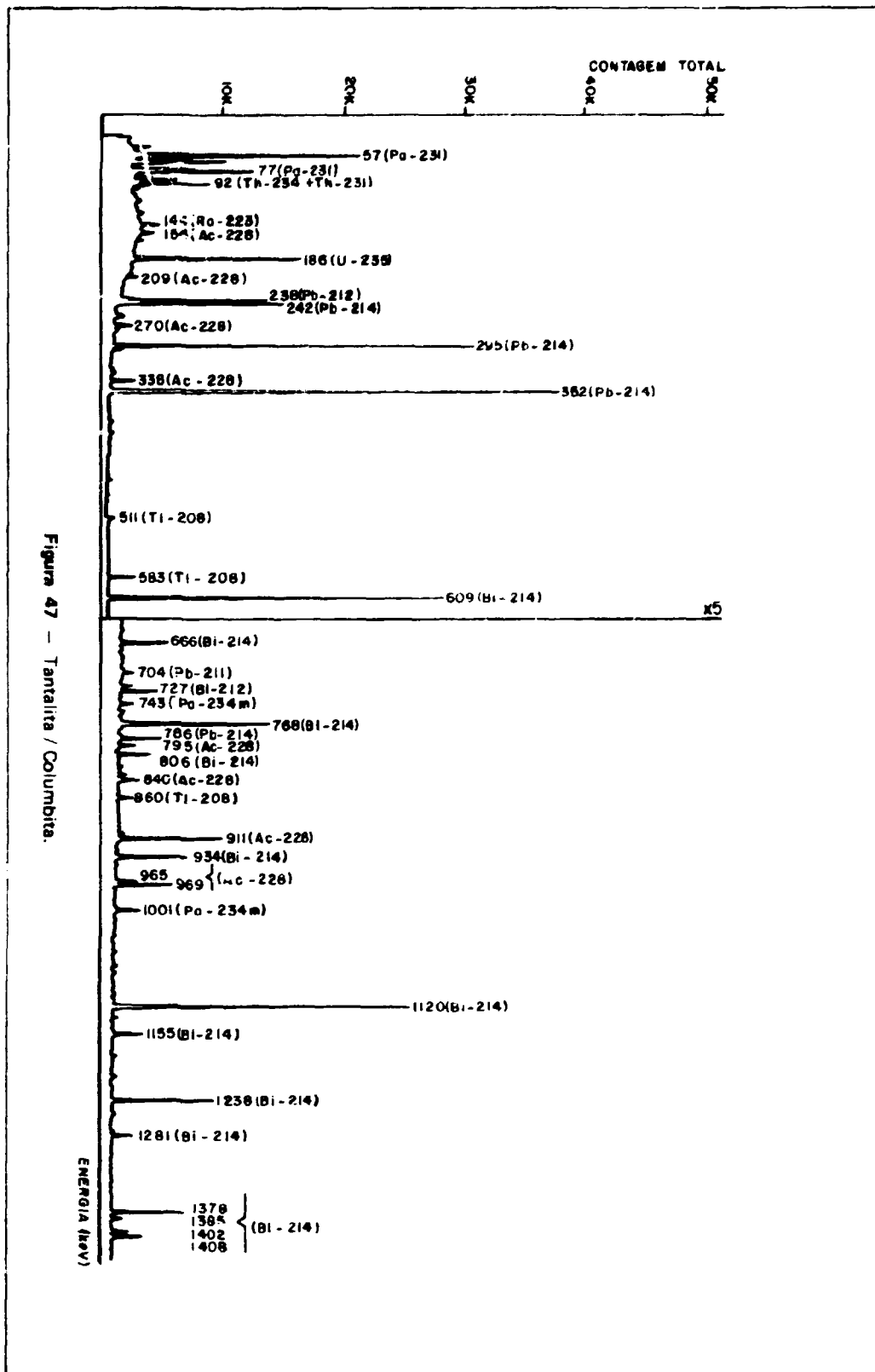
Identificação Mineralógica: IEN

Teor: Urânio - 0,1102% - Método usado: Fluorimetria

Tório - 0,0044% - Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:





## FICHA TÉCNICA (Figura 48)

TORIANITA<sup>(4)</sup>: ThO<sub>2</sub>, espécie semelhante à uraninita encontrada, principalmente, em pegmatitos, e como cristais rolados, nos cascalhos fluviais.

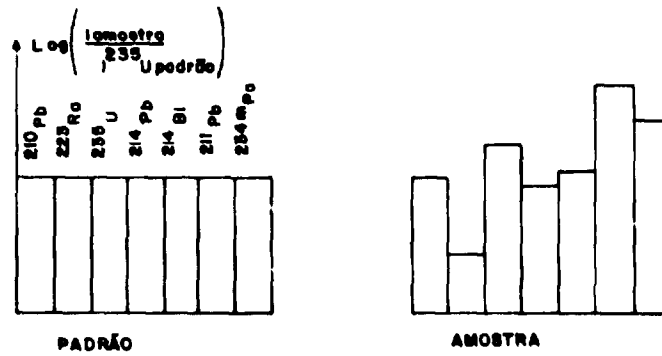
Amostra: Torianita

Procedência: Território do Amapá

Massa: 7,3592 g

Tempo de Contagem: 1000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao <sup>235</sup>U em 186 keV:



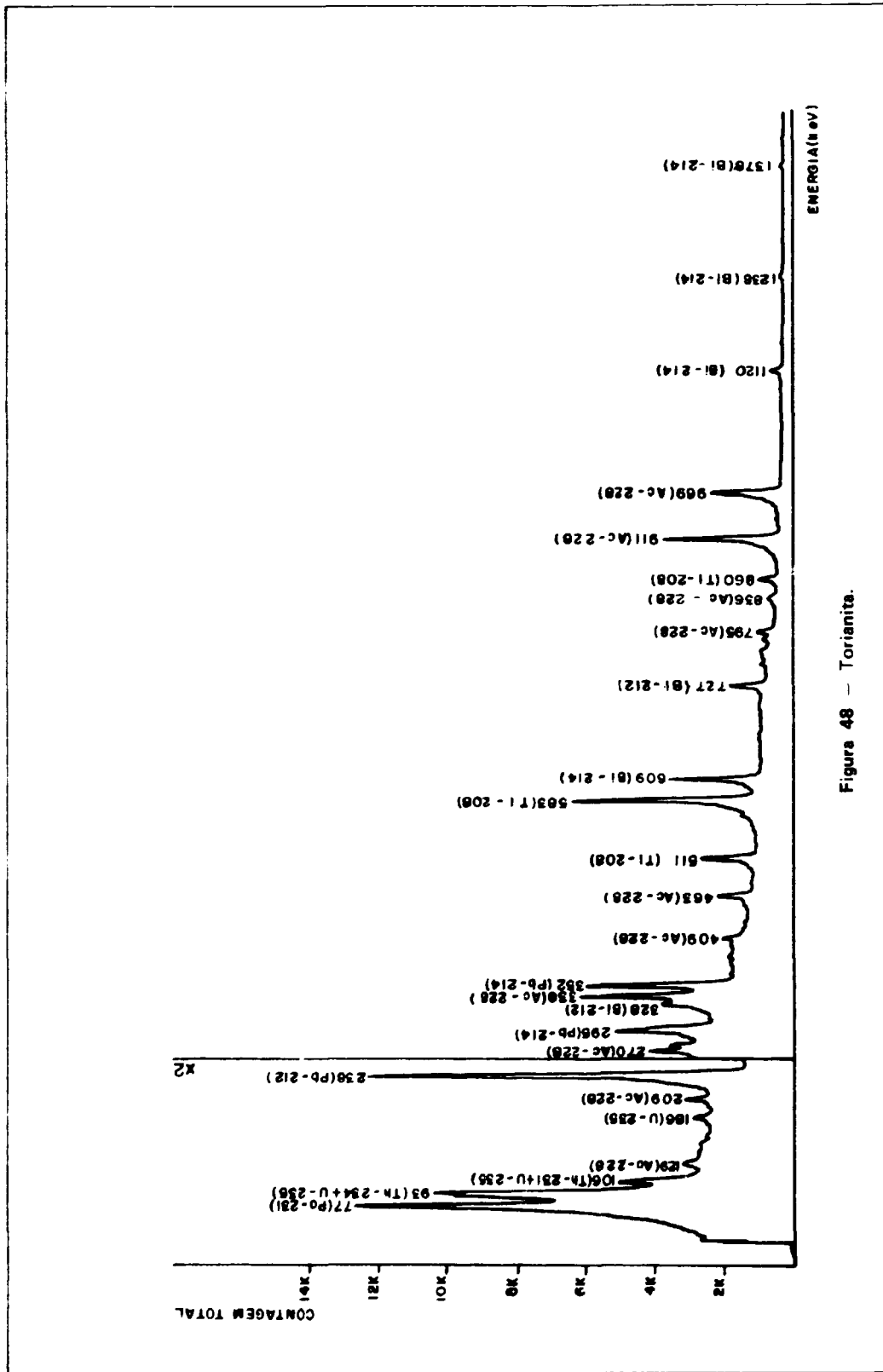


Figure 48 - Torianita.



FICHA TÉCNICA (Figura 49)

URANINITA<sup>14</sup>: Está sempre parcialmente oxidada tendo sua composição verdadeira entre  $UO_2$  e  $U_3O_8$ .

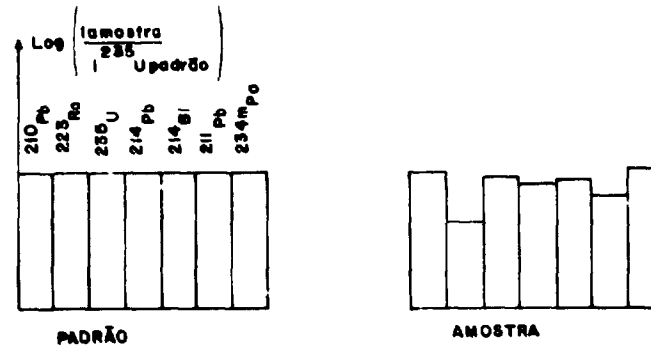
Amostra: Uraninita na "Rocha Potássica"

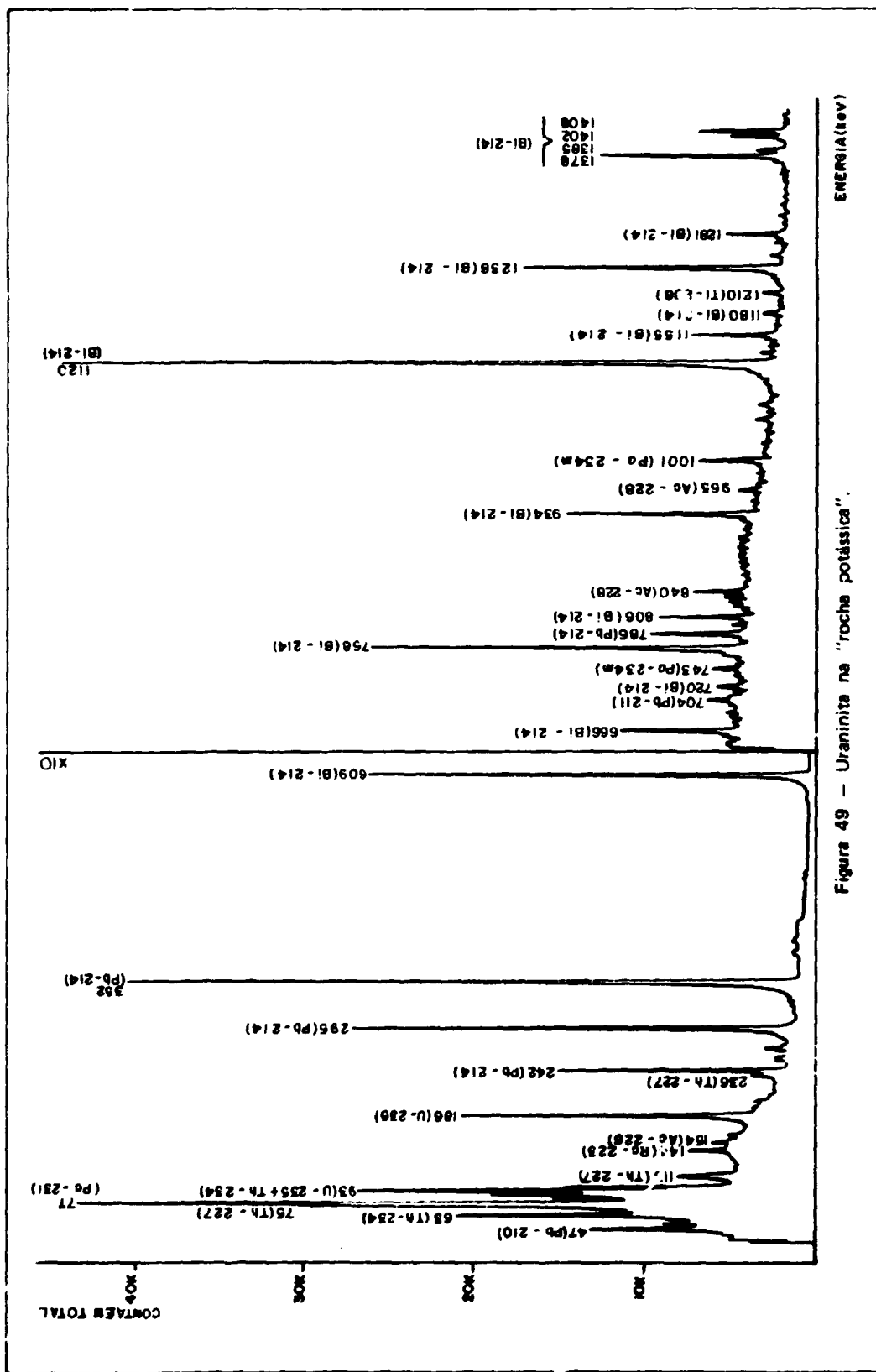
Procedência: Poços de Caldas, MG

Massa: 9.1611 g

Tempo de Contagem: 1000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}U$  em 186 keV:





FICHA TÉCNICA (Figura 50)

XENOTÍMIO<sup>(2)</sup>: Fosfato de ítrio contendo tório e urânio (Y(PO<sub>4</sub>) + Th + U, encontrado junto à monazita.

Amostra: Xenotímio

Massa: 23,8521 g

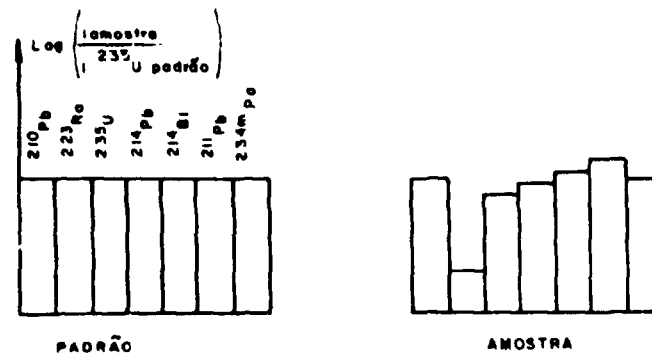
Tempo de Contagem: 2000 segundos

Análise Quantitativa: LA/MQ/IPEN - CNEN/SP

Teor: Urânio - 0,53% - Método usado: "Químico"

Tório - 0,18% - Método usado: "Químico"

Diagrama de equilíbrio em relação ao <sup>235</sup>U em 186 keV:



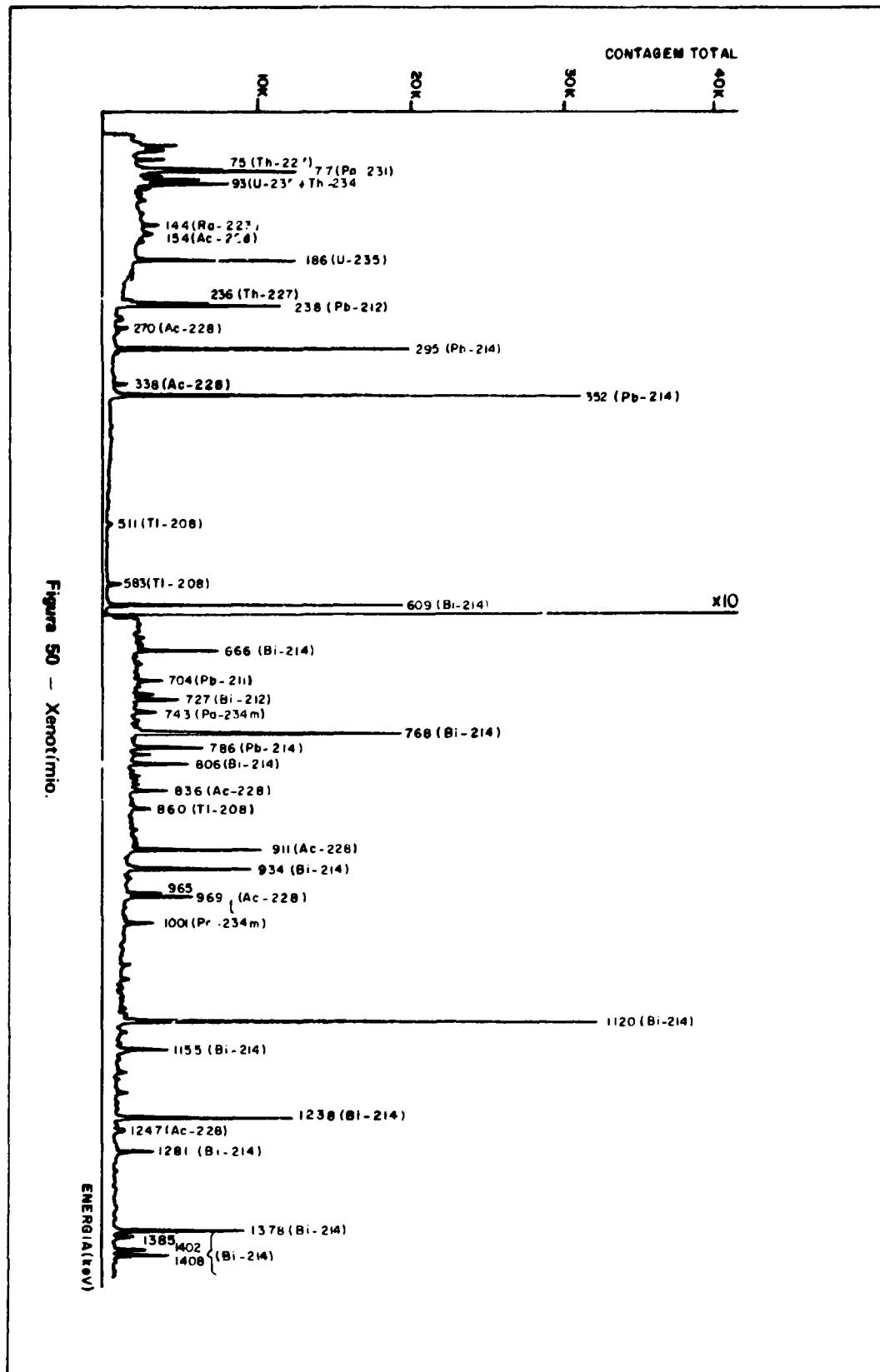


Figura 50 - Xenotímio.

FICHA TÉCNICA (Figura 51)

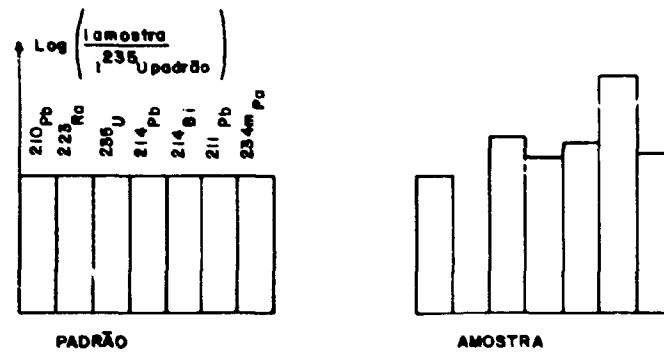
Amostra: Sulfato de Bário

Procedência: CBMM, Araxá, MG

Massa: 12,2712 g

Tempo de Contagem: 10000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



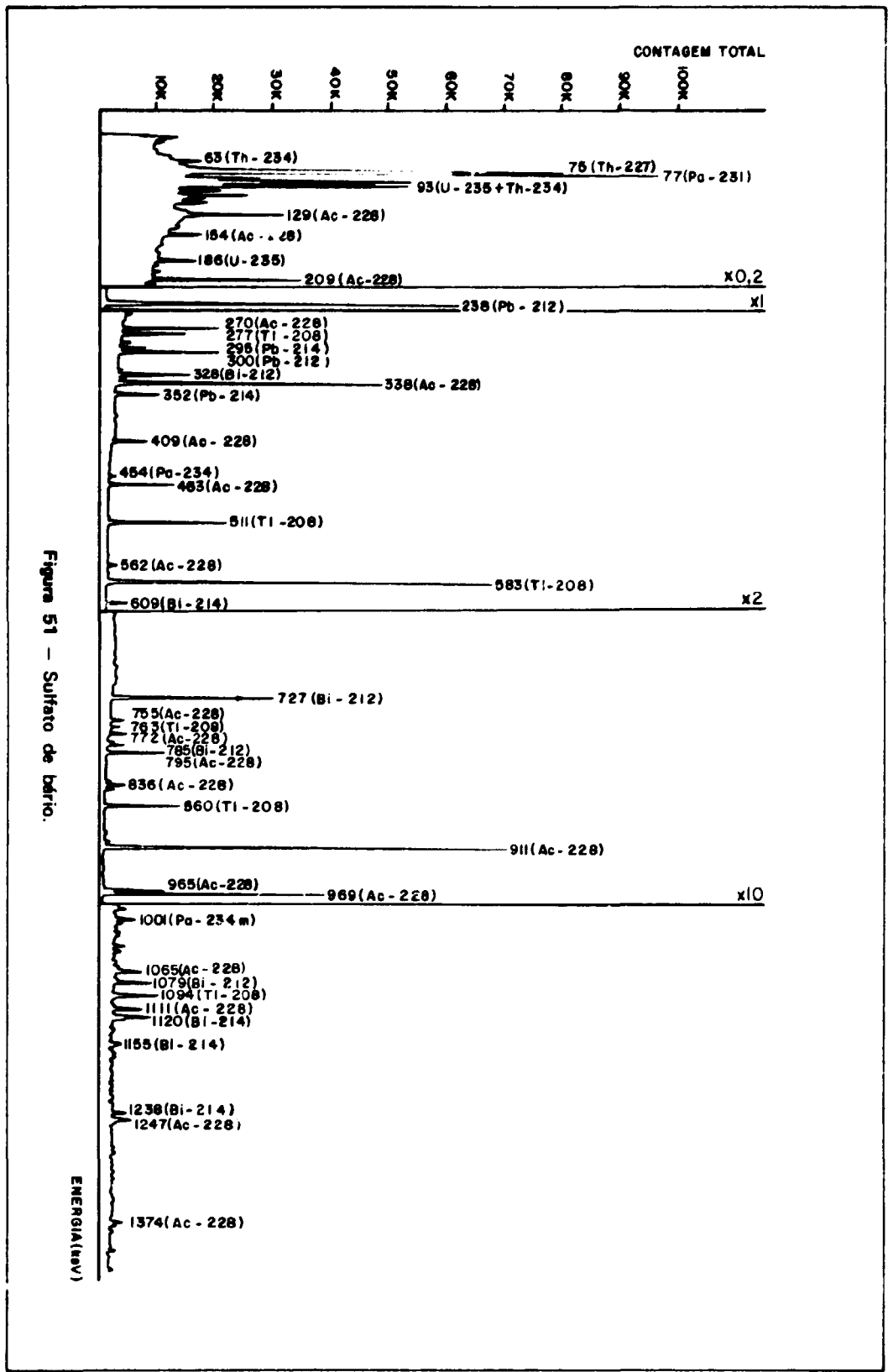


Figura 51 - Sulfato de bário.

FICHA TÉCNICA (Figura 52)

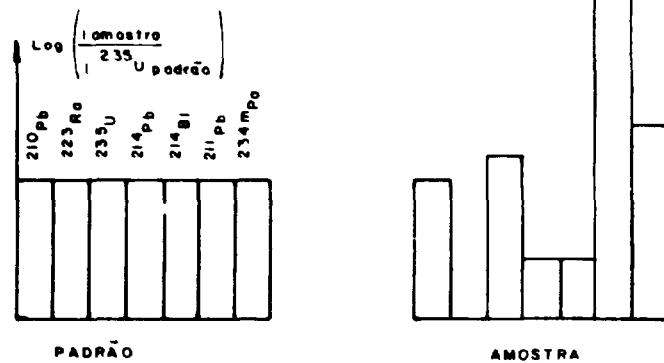
Amostra: Escória de Pirocloro

Procedência: CBMM, Araxá, MG

Massa: 14,6914 g

Tempo de Contagem: 20000 segundos

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



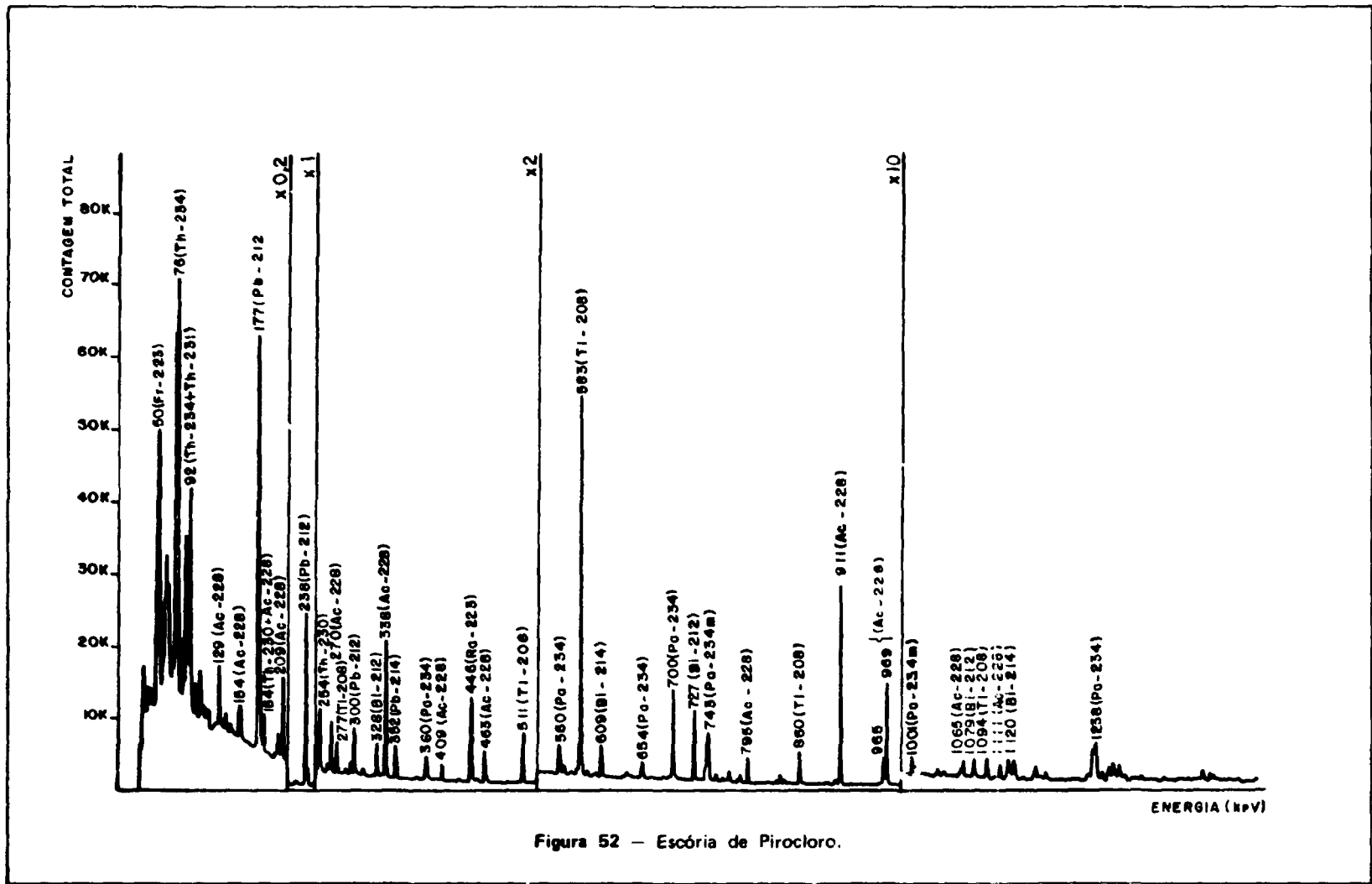
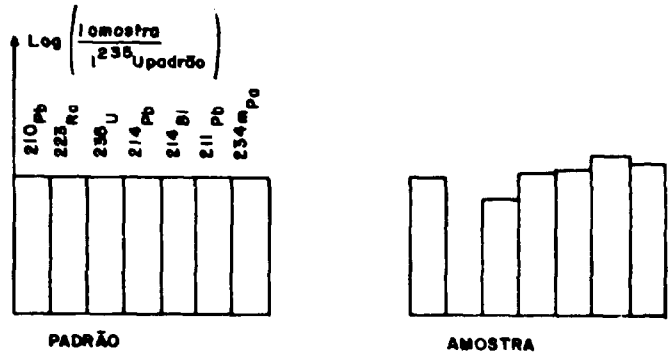


Figura 52 - Escória de Pirocloro.



FICHA TÉCNICA (Figura 53)

Amostra: Escória Tantalífera  
Procedência: Mina Volta Grande, Nazareno, MG  
Massa: 21,8235 g  
Tempo de Contagem: 20000 segundos  
Análise Quantitativa: IEN  
Teor: Urânio - 0,516% - Método usado: Fluorimetria  
Tório - 0,089% - Método usado: Arsenazo III  
Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



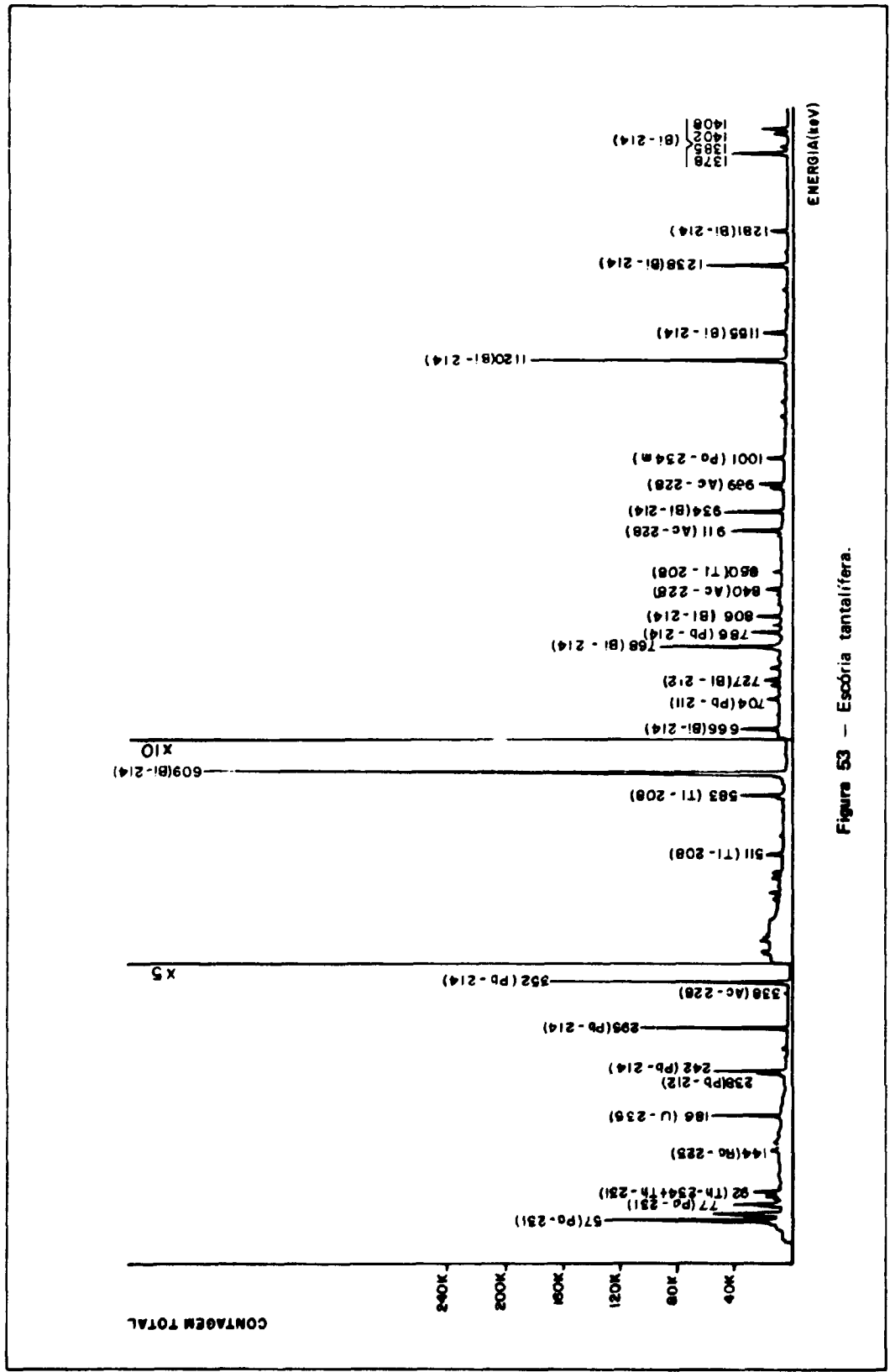


Figure 53 - Esória tantalífera.

## FICHA TÉCNICA: (Figura 54)

Amostra: Escória Tantalífera

Procedência: Mineração Mamoré, SP

Massa: 20,4626 g

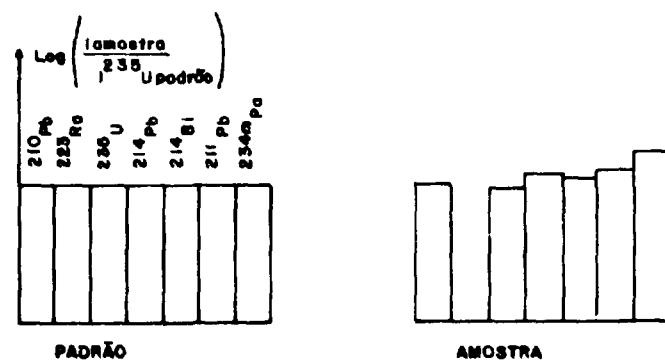
Tempo de Contagem: 20000 segundos

Análise Quantitativa: IEN

Teor: Urânio - 0,051% - Método usado: Fluorimetria

Tório - 0,166% - Método usado: Arsenazo III

Diagrama de equilíbrio em relação ao  $^{235}\text{U}$  em 186 keV:



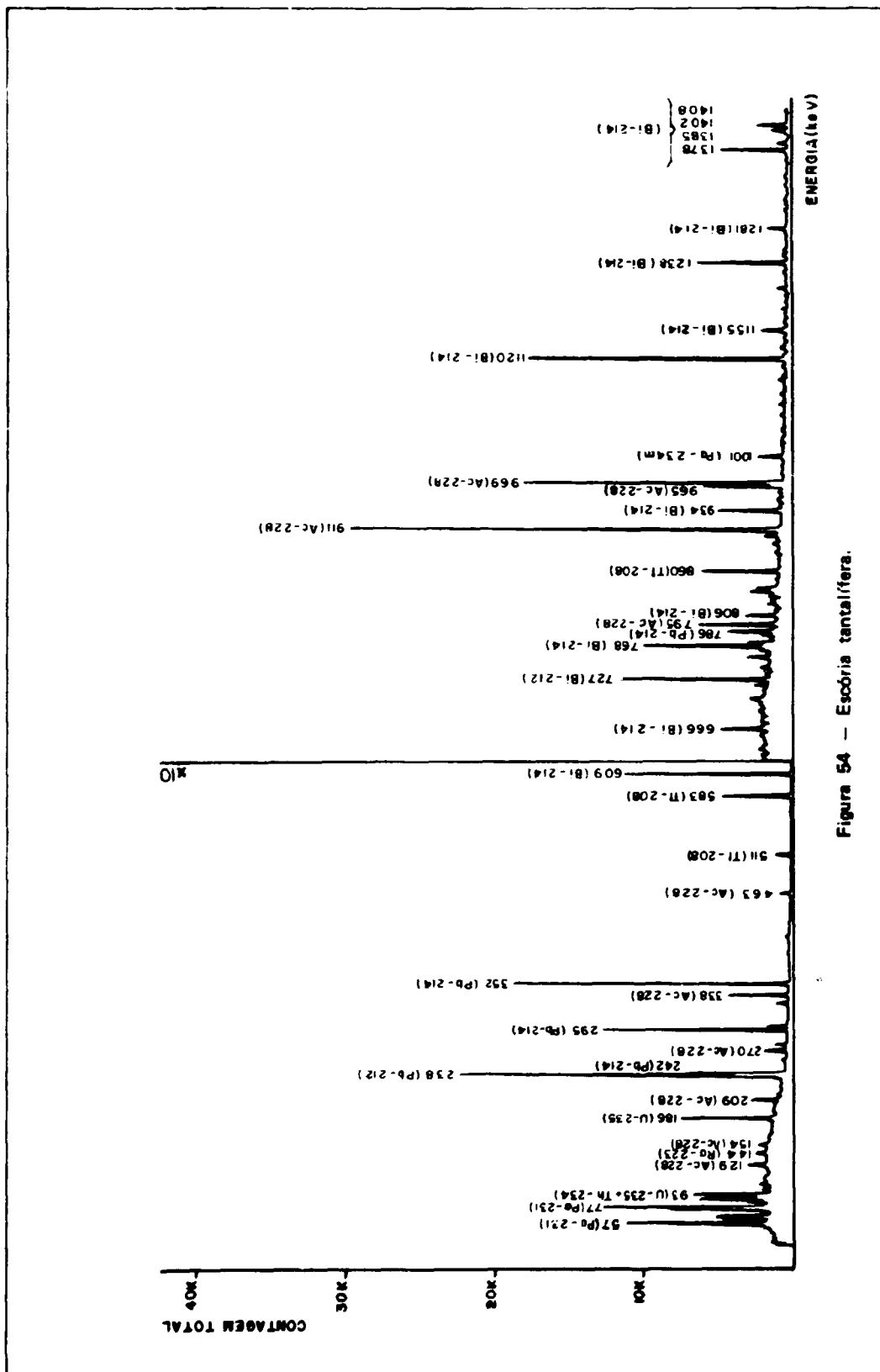
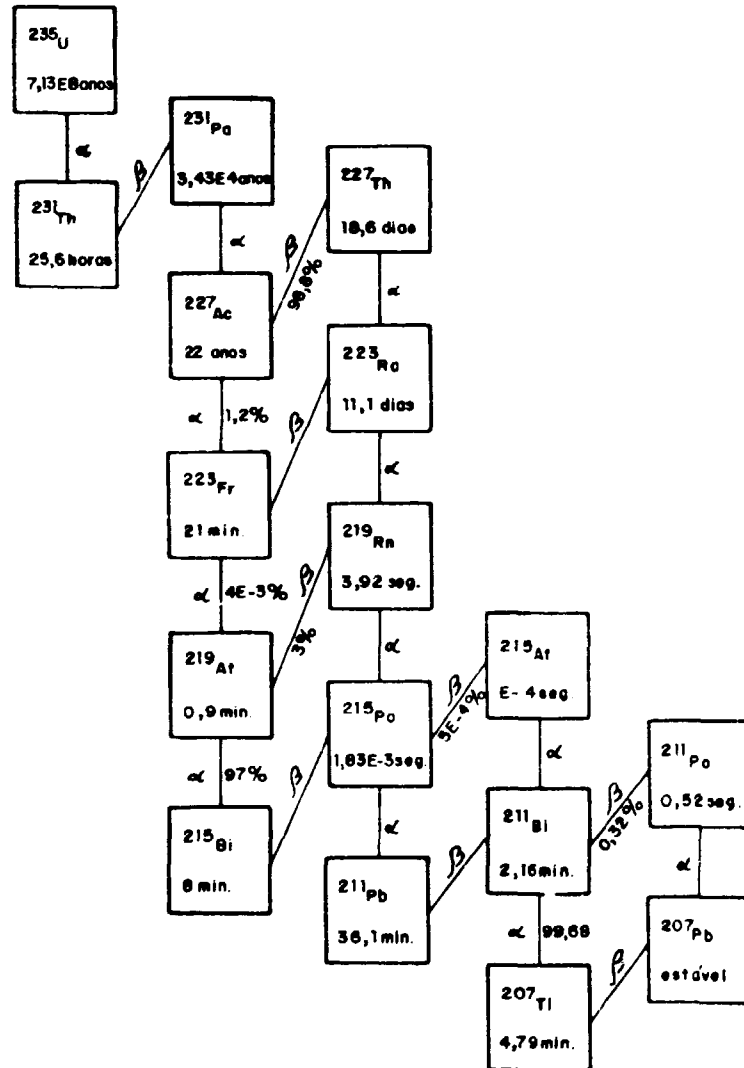


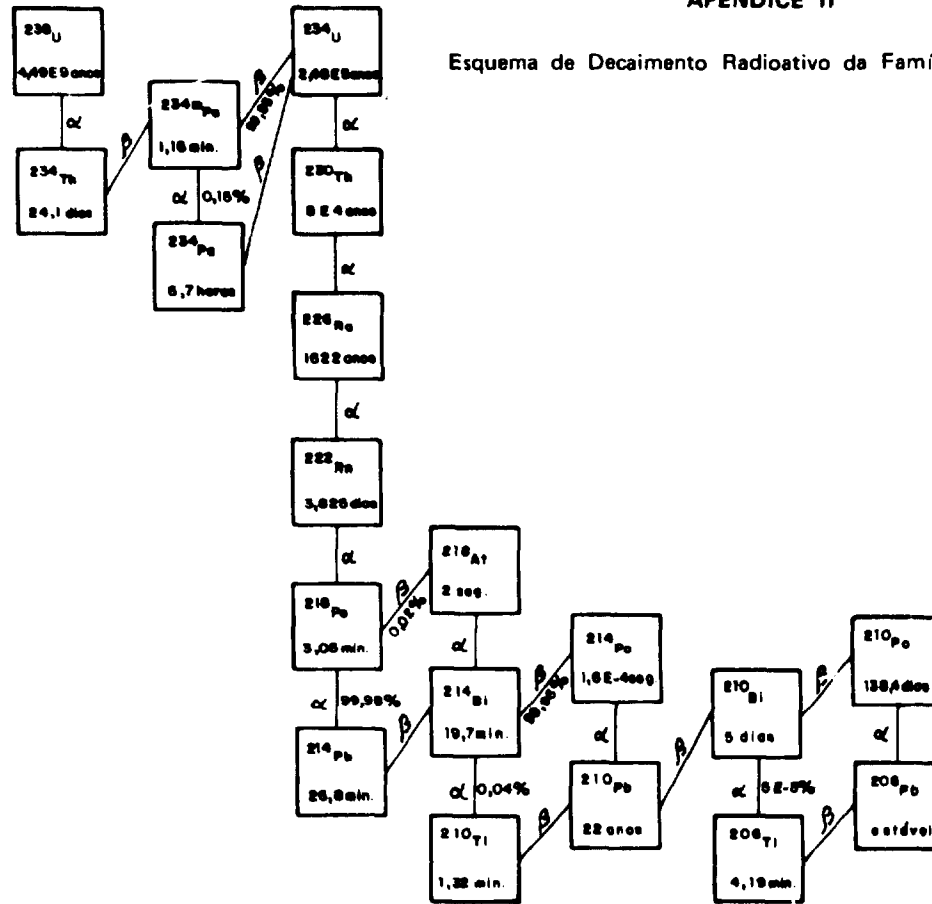
Figura 54 — Escória tantalífera.

## APÊNDICE I

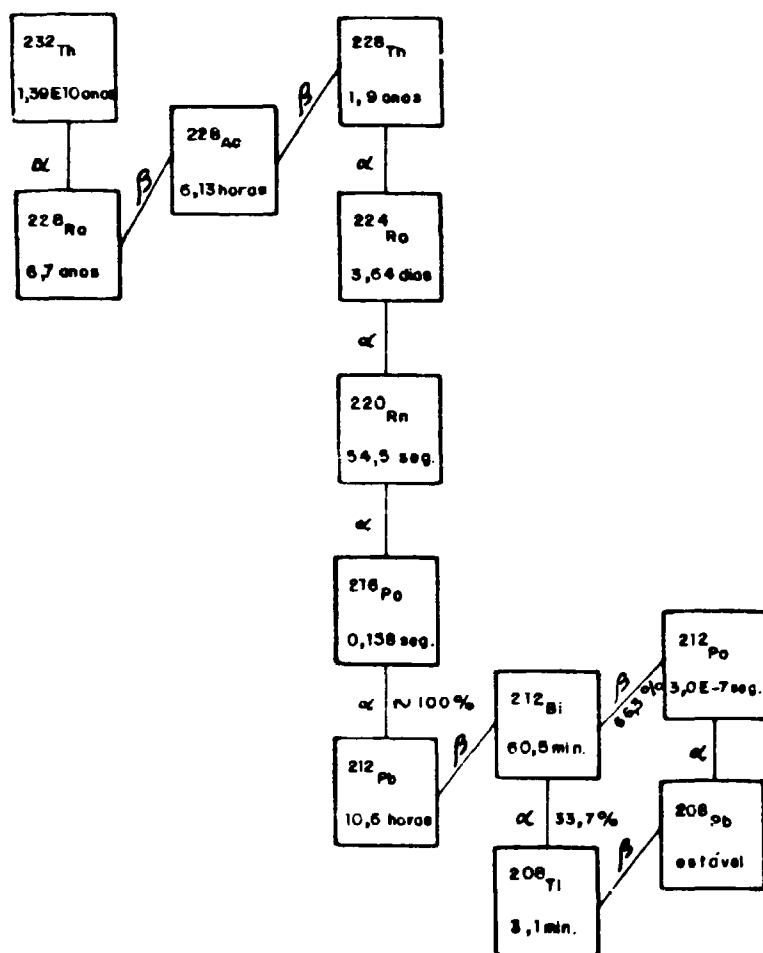
Esquema de Decaimento Radiativo da Família do  $^{235}\text{U}$ 

APÊNDICE II

Esquema de Decaimento Radioativo da Família do  $^{238}\text{U}$



## APÊNDICE III

Esquema de Decaimento Radioativo da Família do  $^{232}\text{Th}$ 

## APÊNDICE IV

Tabela 1

Energia Gama de Decaimento da Família do  $^{238}\text{U}^{(14)}$ 

ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)
Pa-234	34,30	Pa-234m	182,50	Bi-214	303,00
Pa-234	43,40	Pa-234	184,00	Pb-214	305,40
Pa-234	45,19	Th-230	184,00	Pb-214	314,20
Pb-210	46,52	Pa-234	185,95	Pb-214	324,30
Pb-214	53,23	Ra-226	186,00	Bi-214	334,30
U-234	53,30	Pa-234	193,40	Bi-214	338,50
Pa-234	58,20	Pb-214	196,30	Pb-214	351,99
Th-234	62,80	Pa-234	196,40	Tl-210	360,00
Th-234	63,30				
Pa-234	63,40	Pa-234	199,70	Pa-234	369,50
Pa-234	67,10	Pa-234	200,60	Pa-234	371,90
Th-230	67,80	Pa-234	202,90	Tl-210	380,00
Pa-234	69,90	Pb-214	205,59	Bi-214	386,80
Pa-234	79,79	Th-230	206,00	Bi-214	388,80
Tl-210	80,00	Pa-234	219,60	Bi-214	396,30
Th-234	92,30	Pa-234	226,15	Bi-214	405,90
Th-234	92,80	Pa-234	227,00	Bi-214	426,50
Tl-210	97,00	Th-230	235,00	Bi-214	440,40
Pa-234	103,41	Pb-214	238,40	Pa-234m	451,00
Th-330	110,00	Pb-214	241,92	Pa-234	453,90
Th-234	115,00	Pa-234	245,00	Pa-234	458,20
U-234	120,90	Pa-234	248,80	U-234	460,00
Pa-234	125,20	Th-230	253,00	Pb-214	462,10
Pa-234	131,00	Th-230	257,00	Pa-234	468,30
Pa-234	134,37	Pa-234m	258,23	Pb-214	470,60
Th-234	136,00	Pb-214	258,82	Bi-214	474,60
Pb-214	137,45	Ra-226	260,00	Pa-234	475,90
Pa-234	139,97	Pa-234	271,85	Tl-210	480,00
Pb-214	141,30	Pa-234	272,00	Pb-214	480,50
Th-230	142,00	Bi-214	273,50	Pb-214	487,25
Pa-234	144,35	Pb-214	274,80	U-234	510,00
Pa-234	150,20	Bi-214	281,10	Pb-214	511,00
Pa-234	152,46	Bi-214	286,90	Pb-214	533,80
Th-234	155,00	Pa-234	294,90	Bi-214	536,60
Pa-234	159,10	Pb-214	295,22	Pb-214	538,70
Th-234	167,00	Tl-210	298,00	Bi-214	543,50
Pa-234	170,77	Pb-214	298,76	Pa-234	544,00



Tabela I  
(Continuação)

ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)
Pb-214	544,00	Pa-234m	786,30	Pa-234	984,10
Bi-214	546,80	Pa-234	796,40	Pa-234	994,90
Pa-234	569,29	Tl-210	798,20	Pa-234m	1001,10
Bi-214	572,60	Po-214	799,00	Pa-234	1028,70
U-234	580,00	Po-210	803,00	Bi-214	1032,50
Pb-214	580,30	Pa-234	805,80	Pa-234	1041,70
Bi-214	609,37	Bi-214	806,20	Pa-234	1044,30
Ra-226	610,00	Pa-234	808,40	Bi-214	1052,00
Bi-214	615,80	Bi-214	815,00	Tl-210	1060,00
Bi-214	633,60	Pa-234	819,10	Pa-234	1061,86
Bi-214	639,00	Bi-214	821,20	Bi-214	1070,00
Bi-214	649,40	Pa-234m	825,00	Pa-234	1083,70
Pa-234	654,30	Bi-214	826,00	Bi-214	1104,00
Bi-214	665,60	Pa-234m	831,30	Bi-214	1120,40
Tl-210	670,00	Bi-214	832,00	Pa-234	1122,00
Bi-214	683,30	Bi-214	839,20	Pa-234m	1125,10
Pa-234	691,30	Pa-234m	851,66	Bi-214	1133,80
Bi-214	693,30	Tl-210	860,00	Pa-234	1151,10
Bi-214	698,40	Pa-234	866,50	Bi-214	1155,30
Pa-234	699,00	Pa-234	876,10	Bi-214	1172,90
Pa-234	701,10	Pa-234	880,50	Pa-234m	1193,76
Bi-214	703,10	Pa-234	883,24	Bi-214	1207,80
Pa-234	706,00	Pa-234	887,39	Tl-210	1210,00
Bi-214	710,00	Pa-234	898,67	Pa-234	1220,10
Bi-214	719,90	Pa-214	904,10	Pa-234m	1237,26
Bi-214	727,00	Bi-214	904,10	Bi-214	1238,20
Pa-234	733,39	Tl-210	910,00	Bi-214	1281,00
Bi-214	734,30	Pa-234	921,77	Pa-234	1292,70
Pa-234	739,70	Pa-234	925,07	Bi-214	1303,80
Pa-234m	742,79	Pa-234	926,68	Tl-210	1310,00
Bi-214	753,00	Bi-214	934,00	Bi-214	1317,10
Pa-234m	766,39	Pa-234	936,70	Pa-234	1320,50
Pb-214	768,40	Pa-234	941,50	Pa-234	1352,80
Bi-214	768,40	Pa-234	946,07	Bi-214	1377,70
Pa-234	781,50	Bi-214	966,10	Bi-214	1385,40
Pb-214	785,95	Pa-234	965,70	Pa-234m	1393,50
Bi-214	786,10	Pa-234	980,50	Bi-214	1401,60

Tabela I  
(Continuação)

ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)
Bi-214	1408,00	Pa-234	1750,20	Bi-214	2118,70
Tl-210	1410,00	Pa-234m	1760,05	Pa-234	2136,40
Pa-234m	1413,90	Bi-214	1764,60	Bi-214	2147,70
Bi-214	1415,70	Pa-234m	1765,80	Bi-214	2192,50
Pa-234m	1434,27	Bi-214	1782,10	Bi-214	2204,30
Pa-234	1445,80	Pa-234m	1796,70	Bi-214	2260,00
Bi-214	1447,00	Pa-234m	1809,25	Bi-214	2266,40
Pa-234	1452,60	Pa-234	1819,80	Tl-210	2280,00
Bi-214	1479,20	Pa-234m	1831,48	Bi-214	2293,70
Tl-210	1490,00	Bi-214	1828,60	Bi-214	2312,50
Bi-214	1509,30	Bi-214	1847,60	Bi-214	2331,70
Pa-234m	1510,32	Pa-234	1863,00	Bi-214	2377,90
Pa-234m	1527,25	Pa-234m	1867,48	Tl-210	2380,00
Bi-214	1538,70	Bi-214	1873,40	Bi-214	2423,70
Tl-210	1540,00	Pa-234	1874,77	Tl-210	2430,00
Bi-214	1543,30	Pa-234m	1877,00	Bi-214	2448,00
Pa-234	1548,24	Bi-214	1890,40	Bi-214	2479,00
Pa-234m	1553,80	Pa-234	1890,50	Bi-214	2505,60
Pa-234	1558,90	Pa-234m	1893,75	Bi-214	2695,10
Pa-234m	1570,80	Bi-214	1896,70	Bi-214	2695,50
Bi-214	1583,30	Pa-234m	1911,21	Bi-214	2719,40
Tl-210	1590,00	Pa-234	1925,78	Bi-214	2770,30
Pa-234	1593,20	Bi-214	1936,60	Bi-214	2786,10
Pa-234m	1593,20	Pa-234m	1937,06	Bi-214	2880,70
Bi-214	1594,80	Pa-234m	1969,04	Bi-214	2893,70
Bi-214	1599,50	Bi-214	1924,70	Bi-214	2918,00
Pa-234	1638,10	Tl-210	2010,00	Bi-214	2922,20
Tl-210	1650,00	Bi-214	2011,00	Bi-214	2940,00
Pa-234	1654,10	Bi-214	2016,00	Bi-214	2963,00
Bi-214	1661,40	Pa-234	2022,50	Bi-214	2979,00
Pa-234	1668,40	Pa-234	2041,00	Bi-214	2988,70
Bi-214	1684,10	Bi-214	2053,20	Bi-214	3000,10
Pa-234	1685,80	Pa-234	2065,50	Bi-214	3054,00
Pa-234	1694,30	Bi-214	2084,20	Bi-214	3081,70
Pa-234	1716,50	Bi-214	2089,70	Bi-214	3142,50
Bi-214	1729,80	Tl-210	2090,00	Bi-214	3162,20
Pa-234m	1737,91	Bi-214	2110,40	Bi-214	3183,80

## APÊNDICE V

Tabela II  
Energia Gama de Decaimento da Família do  $^{235}\text{U}^{(14)}$

ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)
Pa-231	25,54	Th-227	61,50	Th-231	95,85
Pa-231	27,35	Th-227	62,00	Th-227	96,10
Pa-231	29,95	Th-227	62,50	Pa-231	96,88
Pa-231	31,00	Th-227	62,70	Th-231	99,27
Pa-231	31,54	Pa-231	63,67	Ac-227	99,50
Pa-231	35,82	Th-227	64,50	Th-227	99,50
Pa-231	38,20	Pb-211	65,40	Th-227	99,70
Pa-231	39,57	Th-227	66,20	Fr-223	100,00
Pa-231	39,97	Th-227	66,40	Th-227	100,40
Th-227	40,10	Th-227	68,70	Pa-231	100,92
Th-227	42,20	Th-227	68,80	Th-231	102,29
Pa-231	42,48	Th-227	69,80	Th-227	102,50
Th-231	42,81	Ac-227	70,00	Pa-231	102,60
Pa-231	43,05	Pa-231	70,50	U-235	104,82
Th-227	43,50	Pa-231	71,90	U-235	105,61
Th-227	43,80	Pa-231	72,50	Ac-227	106,50
Th-227	44,10	Th-231	72,76	Ra-223	106,80
Pa-231	44,16	Th-227	72,90	Th-231	107,60
Th-227	44,30	Th-227	73,70	Th-227	108,00
Pa-231	46,37	Pa-231	74,18	Th-231	108,44
Th-227	48,30	Th-227	75,30	Th-227	109,60
Th-227	48,50	Pa-231	77,36	Th-227	110,60
Th-227	49,80	Th-227	79,70	Ra-223	110,80
Fr-223	49,80	Fr-223	80,00	Th-231	111,54
Th-227	50,20	Th-231	81,21	Th-231	112,48
Th-227	50,70	Th-231	82,06	Th-227	112,60
Pa-231	50,98	Th-231	84,20	Th-227	113,10
Th-227	51,20	Ac-227	85,60	Th-231	116,83
Pa-231	52,74	Th-227	89,90	Th-227	117,00
Th-227	54,20	Th-231	89,93	Th-227	117,50
Pa-231	54,61	U-235	89,96	Ac-227	121,50
Th-227	56,10	Th-231	92,27	Ra-223	122,30
Pa-231	56,76	Th-231	92,94	Th-227	123,60
Pa-231	57,19	U-235	93,35	Th-227	124,40
Th-231	58,55	Th-227	94,00	Pa-231	124,60
Th-227	59,60	Th-227	95,00	Th-227	124,70
Pa-231	60,50	Pb-211	95,00	Th-231	124,95

Tabela II  
(Continuação)

ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)
Rn-219	130,70	Fr-223	190,00	Th-227	250,40
Ac-227	133,50	Ra-223	193,00	Ra-223	251,70
Th-231	134,03	U-235	194,94	Th-227	252,50
Th-227	134,20	Th-227	197,60	Th-227	254,70
Th-231	135,69	Pa-231	199,00	Ra-223	255,00
Fr-223	136,00	Th-227	200,50	Pa-231	255,78
Th-231	136,80	Th-227	201,80	Th-227	256,20
Th-227	140,50	U-235	202,10	Pa-231	258,40
U-235	140,75	Th-227	202,50	Pa-231	260,14
Th-227	141,20	Th-227	204,20	Th-227	262,00
U-235	143,77	Fr-223	205,00	Th-227	267,00
Ra-223	144,19	Th-227	205,20	Th-227	267,90
Pa-231	144,50	U-235	205,33	Ra-223	269,41
Th-231	145,13	Th-227	206,10	Th-227	270,50
Th-231	145,96	Th-227	206,40	Th-227	270,70
Ac-227	147,00	Th-227	210,60	Rn-219	271,20
Th-227	149,80	Th-227	212,60	Th-227	273,00
Ra-223	154,18	Th-227	212,70	Pa-231	273,08
Ra-223	158,62	U-235	215,35	U-235	275,34
Ac-227	160,00	Th-227	218,20	Pa-231	276,99
Th-227	162,20	Th-227	219,00	Th-227	279,70
Th-231	163,16	Rn-219	222,00	Th-227	281,00
U-235	163,37	Th-227	224,70	Th-227	281,40
Th-227	168,20	Th-227	230,40	Pa-231	283,56
Fr-223	170,00	U-235	233,54	Th-227	284,30
Th-227	170,10	Fr-223	234,00	Th-227	285,60
Th-227	171,40	Th-227	234,90	Th-227	286,20
Ac-227	172,00	Th-227	236,00	Pa-231	286,55
Th-227	173,40	U-235	240,93	Ra-223	288,40
Th-227	175,80	Pa-231	242,20	Th-227	289,60
Ra-223	176,00	Pa-231	243,00	Fr-223	290,00
Ra-223	177,30	Pa-231	245,40	U-235	291,83
Ra-223	179,60	Pa-231	246,00	Th-227	292,30
U-235	182,57	Th-227	246,40	Rn-219	294,00
Th-227	184,70	U-235	246,88	Th-227	296,60
U-235	185,72	Th-227	249,60	Pa-231	299,94
Ac-227	190,00	Th-227	250,20	Th-227	300,00

**Tabela II**  
(Continuação)

ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)
Th-227	300,30	Pa-231	354,38	Pa-231	438,70
Pa-231	302,52	Pa-231	356,96	Ra-223	444,92
Th-227	304,40	Pa-231	359,25	Pa-231	486,70
Th-227	308,50	Ra-223	361,50	Ra-223	488,00
Pa-231	310,00	Th-227	362,50	Pa-231	491,00
Th-227	312,60	Pa-231	363,74	Pa-231	501,60
Pa-231	312,88	Th-227	369,40	Pb-211	503,60
Pb-211	313,60	Th-227	370,90	Pa-231	509,00
Th-227	314,60	Ra-223	371,50	Pa-231	516,20
Th-227	314,80	Pa-231	374,90	Rn-219	516,50
Th-227	318,80	Th-227	375,10	Ra-223	527,00
Th-227	319,20	Ra-223	376,00	Pa-231	535,20
Fr-223	320,00	Pa-231	379,09	Pa-231	546,60
Ra-223	323,88	Th-227	382,40	Po-211	596,60
Th-227	325,20	Ra-223	382,50	Pa-231	572,10
Th-227	326,20	Th-227	383,60	Ra-223	598,50
Pa-231	327,02	Pa-231	384,70	Ra-223	609,00
Ra-223	328,50	Pa-231	387,00	Pb-211	609,30
Pa-231	329,89	U-235	387,81	Ra-223	632,00
Th-227	329,90	Pa-231	391,50	Pb-211	675,20
Ra-223	333,80	Th-227	392,40	Rn-219	677,00
Th-227	334,40	Ra-223	393,50	Pb-211	704,30
Ra-223	338,30	Pa-231	395,50	Pb-211	766,40
Th-227	339,80	Pa-231	398,10	Fr-223	780,00
Pa-231	340,61	Rn-219	401,80	Pb-211	831,80
Th-227	342,50	Th-227	402,50	Pb-211	865,20
Pb-211	342,70	Pb-211	404,80	Pb-211	897,30
Ra-223	342,90	Pa-231	407,71	Po-211	897,30
U-235	345,89	Pa-231	410,50	Tl-207	897,30
Th-227	346,30	Th-227	415,80	Pb-211	1014,10
Ra-223	346,80	Pb-211	426,90	Pb-211	1080,00
Th-227	348,50	Pb-211	429,10	Pb-211	1109,10
Fr-223	350,00	Ra-223	432,00	Pb-211	1195,50
Th-227	350,50	Th-227	432,50	Pb-211	1270,00
Bi-211	351,10	Pa-231	435,10		
Th-227	352,60	Pa-231	437,90		

## APÊNDICE VI

Tabela III  
Energia Gama de Decaimento da Família do  $^{232}\text{Th}^{(14)}$

ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)
Bi-212	39,97	Ra-224	290,00	Ac-228	520,00
Th-228	84,40	Bi-212	295,10	Ac-228	523,00
Ac-228	99,50	Pb-212	300,11	Ac-228	540,40
Pb-212	115,16	Ac-228	321,70	Rn-220	542,00
Ac-228	129,10	Bi-212	327,96	Ac-228	546,30
Th-228	132,00	Ac-228	328,00	Ac-228	555,20
Ac-228	141,00	Ac-228	323,40	Ac-228	562,30
Bi-212	144,00	Ac-228	338,40	Ac-228	570,70
Ac-228	145,90	Ac-228	340,90	Ac-228	572,10
Ac-228	154,20	Ac-228	357,00	Tl-208	583,14
Bi-212	164,00	Ac-228	372,20	Ac-228	615,90
Th-228	169,00	Ac-228	377,80	Ac-228	620,30
Ac-228	174,10	Ac-228	388,80	Ac-228	629,20
Pb-212	176,63	Ac-228	396,80	Ac-228	640,20
Ac-228	184,60	Ac-228	398,60	Ra-224	650,00
Ac-228	191,50	Ac-228	409,40	Ac-228	651,30
Ac-228	199,50	Ra-224	410,00	Ac-228	660,40
Ac-228	204,10	Pb-212	415,20	Ac-228	666,30
Th-228	205,00	Ac-228	416,10	Ac-228	674,60
Ac-228	209,40	Ac-228	419,40	Ac-228	677,30
Tl-208	211,50	Bi-212	433,50	Ac-228	687,90
Th-228	217,00	Ac-228	440,30	Ac-228	701,30
Ac-228	224,00	Ac-228	449,00	Ac-228	707,30
Ac-228	231,50	Bi-212	452,83	Tl-208	722,30
Tl-208	233,50	Ac-228	463,00	Ac-228	727,00
Pb-212	238,63	Ac-228	471,30	Bi-212	727,27
Ra-224	240,98	Bi-212	473,50	Ac-228	737,60
Tl-208	252,60	Ac-228	474,60	Ac-228	755,20
Ac-228	257,30	Ac-228	478,20	Tl-208	763,30
Ac-228	263,60	Tl-208	486,00	Ac-228	772,10
Ac-228	270,30	Bi-212	493,20	Ac-228	782,00
Tl-208	277,36	Ac-228	503,70	Bi-212	785,46
Ac-228	279,00	Ac-228	509,60	Ac-228	794,80
Ac-228	282,00	Tl-208	510,72	Ac-228	816,70
Bi-212	288,07	Ac-228	515,30	Tl-208	821,10

Tabela III  
(Continuação)

ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)	ISÓTOPO	ENERGIA GAMA (keV)
Ac-228	824,80	Ac-228	1095,70	Ac-228	1580,20
Ac-228	830,40	Ac-228	1103,40	Ac-228	1587,90
Ac-228	835,60	Ac-228	1110,60	Ac-228	1609,30
Ac-228	840,20	Ac-228	1117,80	Bi-212	1620,62
Ac-228	853,50	Ac-228	1135,60	Ac-228	1624,70
Tl-208	860,47	Ac-228	1142,70	Ac-228	1630,40
Ac-228	870,40	Ac-228	1153,60	Ac-228	1638,00
Ac-228	873,80	Ac-228	1164,60	Tl-208	1643,00
Ac-228	887,10	Ac-228	1175,30	Ac-228	1666,40
Bi-212	893,35	Ac-228	1217,10	Ac-228	1677,60
Ac-228	904,20	Ac-228	1247,10	Bi-212	1679,50
Ac-228	911,10	Ac-228	1249,70	Ac-228	1685,90
Ac-228	919,00	Ac-228	1276,80	Ac-228	1702,30
Ac-228	921,80	Tl-208	1282,70	Ac-228	1706,50
Tl-208	927,70	Ac-228	1287,50	Ac-228	1713,00
Ac-228	931,00	Ac-228	1309,50	Ac-228	1724,30
Ac-228	944,10	Ac-228	1316,10	Ac-228	1738,30
Ac-228	948,00	Ac-228	1348,40	Ac-228	1741,10
Bi-212	952,10	Ac-228	1358,50	Ac-228	1750,80
Ac-228	958,50	Ac-228	1374,30	Ac-228	1757,90
Ac-228	964,60	Tl-208	1384,00	Ac-228	1784,40
Ac-228	968,90	Ac-228	1415,70	Bi-212	1800,00
Ac-228	975,90	Ac-228	1430,90	Bi-212	1806,00
Ac-228	979,60	Ac-228	1451,50	Ac-228	1823,30
Tl-208	982,80	Ac-228	1459,20	Ac-228	1835,60
Ac-228	988,10	Ac-228	1469,60	Ac-228	1842,30
Tl-208	1004,00	Ac-228	1480,40	Ac-228	1871,10
Ac-228	1016,70	Ac-228	1495,80	Ac-228	1887,40
Ac-228	1019,70	Ac-228	1501,50	Ac-228	1907,80
Ac-228	1033,10	Bi-212	1512,75	Ac-228	1930,20
Ac-228	1053,50	Ac-228	1528,80	Ac-228	1952,60
Ac-228	1065,10	Ac-228	1537,70	Ac-228	1965,70
Bi-212	1074,00	Ac-228	1548,40	Tl-208	2614,47
Bi-212	1078,80	Ac-228	1556,90		
Tl-208	1093,90	Ac-228	1573,10		

## APÊNDICE VII

PRINCIPAIS MINERAIS DE URÂNIO E TÓRIO<sup>(2)</sup>

Andersonita	– (Na <sub>2</sub> Ca) (UO <sub>2</sub> ) (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> . 6H <sub>2</sub> O	–B–
Abernathyíta	– K(UO <sub>2</sub> ) (AsO <sub>4</sub> ) . 4H <sub>2</sub> O	–E–
Apatita	– (CaF) Ca <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	–F–
Autunita	– Ca(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . 10 – 12H <sub>2</sub> O	–F–
Allanita	– 4(Ca, Fe)O . 3(Fe, Al, Ce) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . 6SiO <sub>2</sub> . H <sub>2</sub> O	–H–
Becquerelita	– 2UO <sub>3</sub> . 3H <sub>2</sub> O (?)	–A–
Brannerita	– (U, Ca, Fe, Th, Y) <sub>3</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>16</sub> (?)	–A–
Billietita	– BaO . 6UO <sub>2</sub> . 11H <sub>2</sub> O	–A–
Bayleyíta	– Mg <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> 18H <sub>2</sub> O	–B–
Bassetita	– Fe(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . 8H <sub>2</sub> O	–F–
Beta-Uranotila	– CaO . 2UO <sub>3</sub> . 2SiO <sub>2</sub> . 6H <sub>2</sub> O	–G–
Clarkeíta	– UO <sub>3</sub> . nH <sub>2</sub> O (?) (necessita novos estudos)	–A–
Curita	– 2PbO . 5UO <sub>3</sub> . 4H <sub>2</sub> O (?)	–A–
Calcolita	– Cu(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . 8 – 12H <sub>2</sub> O	–F–
Carnotita	– K <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (VO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . 3H <sub>2</sub> O	–J–
Coffinita	– U(SiO <sub>4</sub> ) <sub>1-x</sub> (OH) <sub>4x</sub>	–G–
Cuprosklodovskita	– Cu(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (SiO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> . 5H <sub>2</sub> O	–G–
Cirtolita	– ZrO <sub>2</sub> . SiO <sub>2</sub>	–H–
Columbíta	– tantalita – (Fe, Mn) (Nb, Ta) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	–I–
Davidita	– (Fe, Ce, U) (Ti, Fe, V, Cr) <sub>3</sub> (O, OH) <sub>7</sub> (?)	–A–
Dewindtita	– Pb <sub>3</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>4</sub> . 10H <sub>2</sub> O	–F–
Dumontita	– Pb <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>4</sub> . 3H <sub>2</sub> O	–F–
Euxenita	– (γ, Ce) (Ti, Nb, Ta) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	–I–
Fourmarierita	– PbO . 4UO <sub>3</sub> . 5H <sub>2</sub> O (?)	–A–
Fosfuranilita	– Ca(UO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O	–F–
Francevillita	– (Ba, Pb) (UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (VO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . 5H <sub>2</sub> O	–J–



(Continuação)

Ferghanita	- $U_3(VO_4)_2 \cdot 6H_2O$	-J-
Gummita	- $UO_3 \cdot nH_2O$	-A-
Iantinita	- $2UO_2 \cdot 7H_2O$ (?)	-A-
Itrocrasita	- $(Y, Th, U, Ca)_2(Ti, Fe, W)_4O_{11}$ (?)	-A-
Johannita	- $Cu(UO_2)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	-C-
Kahléríta	- $Fe(UO_2)_2(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$	-E-
Kasolita	- $3PbO \cdot 3UO_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 4H_2O$	-G-
Liebigita	- $Ca_2U(CO_3)_4 \cdot 10H_2O$	-B-
Masuyita	- $3PbO \cdot 8UO_3 \cdot 10H_2O$	-A-
Metauranopilita	- $(UO_2)_6(SO_4)(OH)_{10} \cdot 5H_2O$	-C-
Metazeunerita	- $Cu(UO_2)_2(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$	-E-
Monazita	- $(Ce, Y, La, Th)PO_4$	-F-
Metauranocircita	- $Ba(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	-F-
Metatorbernita	- $Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	-F-
Microlita	- $(Na, Ca)_2Ta_2O_6(OH, F)$	-I-
Misturas de hidrocarbonetos com U, Th e terras raras		-H-
Manganotantalita	- $(Fe, Mn)Ta_2O_6$	-I-
Novacekita	- $Mg(UO_2)_2(AsO_4)_2 \cdot nH_2O$	-E-
Nenadkevita	- $\{U^{+4}, Y, Ce, Th\}U^{+6}(Ca, Mg, Pb)(SiO_4)_2(OH)_2(OH)_4 \cdot nH_2O$	-G-
Parsonsita	- $Pb_2(UO_2)(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$	-F-
Policrácio	- $(Y, Ce)(Nb, Ti, Ta)_2O_6$	-I-
Pirocloro	- $NaCaNb_2O_6F$	-I-
Rabbitsita	- $Ca_3Mg_3(UO_2)_2(CO_3)_6(OH)_4 \cdot 18H_2O$	-B-
Rutherfordina	- $(UO_2)(CO_3)$	-B-
Renardita	- $Pb(UO_2)_4(PO_4)_2(OH)_4 \cdot 7H_2O$	-F-
Rauvita	- $CaU_2V_{12}O_{36} \cdot 20H_2O$	-J-
Schoepita e Paraschoepita	- $4UO_3 \cdot 9H_2O$ (?)	-A-
Schroëckingerita	- $NaCa_3(UO_2)(CO_3)_3(SO_4)F \cdot 10H_2O$	-B-
Sharpita	- $(UO_2)_6(CO_3)_5(OH)_2 \cdot 7H_2O$ (?)	-B-
Swartzita	- $(CaMg)(UO_2)(CO_3)_3 \cdot 12H_2O$	-B-
Sabugalita	- $HA(UO_2)_4(PO_4)_4 \cdot 16H_2O$	-F-
Saleeíta	- $Mg(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 10 - 8H_2O$	-F-

(Continuação)

Sengierita - $2\text{CuO} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	-J-
Skłodowskita - $\text{MgO} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	-G-
Torianita - $\text{ThO}_2(\text{U}^4)$ ; substitui o tório, U:Th = 1	-A-
Troegerita - $(\text{UO}_2)_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	-E-
Torbernita - $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8 - 12\text{H}_2\text{O}$	-F-
Tyuyamunita - $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	-J-
Torita - $\text{Th}(\text{SiO}_4)$	-G-
Thucholita - (carburano) Th, U, C, OH	-H-
Torogummita - $\text{Th}(\text{SiO}_4)(\text{OH})_{4x}$	-H-
Uraninita - $\text{UO}_2$ ou $\text{UO}_2 \cdot \text{UO}_3$ (variedade de pechblenda)	-A-
Uranosferita - $\text{Bi}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{UO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	-A-
Uranopilita - $(\text{UO}_2)_6(\text{SO}_4)(\text{OH})_{10} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	-C-
Umohoíta - $(\text{UO}_2)(\text{MoO}_4) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	-D-
Uranospinita - $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	-E-
Uranospatita - Presença de urânio, de fósforo e água; ausência de cálcio, arsênico e cobre.	-F-
Uranfita - $\text{NH}_4(\text{UO}_2)(\text{PO}_4) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	-F-
Uvanita - $\text{U}_2\text{V}_6\text{O}_{21} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	-J-
Uranotorita - $(\text{U}, \text{Th})\text{O}_2 \cdot \text{SiO}_2$	-G-
Uranofana - $\text{CaO} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	-G-
Ursilita - $2(\text{CaO}) \cdot 2(\text{UO}_3) \cdot 5(\text{SiO}_2) \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	-G-
Uranotila-alfa - $\text{CaO} \cdot 2\text{UO}_2 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	-G-
Uranotila-beta - $\text{CaO} \cdot 2\text{UO}_2 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	-G-
Vandenbrandita - $\text{CuO} \cdot \text{UO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-A-
Vandendriesscheíta - $\text{PbO} \cdot 7\text{UO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	-A-
Voglita - $\text{Ca}_2\text{UCu}(\text{CO}_3)_5 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	-B-
Wölsendorfita - $(\text{Pb}, \text{Ca})\text{O} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-A-
Walpurgita - $\text{Bi}_4(\text{UO}_2)(\text{AsO}_4)_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	-E-
Xemotímio - $\text{Y}(\text{PO}_4) + \text{Th}$	-F-
Zirkelita - $(\text{Fe}, \text{Th}, \text{U}, \text{Ca})_2(\text{Ti}, \text{Zr})_2\text{O}_5$	-A-
Zippeíta - $(\text{UO}_2)_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	-C-

Sendo: A = óxidos; B = carbonatos; C = sulfatos; D = molibdatos;  
E = arseniats; F = fosfatos; G = silicatos; H = columbats, tantalatos e titanatos (o urânio e o tório são constituintes acessórios) e  
J = vandatos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRÃO, A.; FRANÇA JR., J. M.; IKUTA, A.; PUESCHEL, C. R.; FEDERGRUN, L.; LORDELLO, A. R.; TOMIDA, E. K.; MORAES, S.; BRITO, J.; GOMES, R. P.; ARAUJO, J. A.; FLOH, B.; MATSUDA, H. T. *Review of experience gained in fabricating nuclear grade uranium and thorium compounds and their analytical quality control at the Instituto de Energia Atômica, São Paulo, Brasil.* São Paulo, Instituto de Energia Atômica, 1977. (IEA-PUB-487).
2. ABREU, S. F. *Recursos minerais no Brasil.* 2ed. São Paulo, Edgar Bluecher, 1983. v.2.
3. BRIL, K. J. & KRUMHOLZ, P. *Produção de Óxido de Tório Nuclearmente Puro.* São Paulo, Instituto de Energia Atômica, dez. 1965. (IEA-Pub-115).
4. DANA, J. D. *Manual de Mineralogia.* Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1978.
5. FRIEDLANDER, G. & KENNEDY, J. W. *Nuclear and Radiochemistry.* New York, John, Wiley, 1949.
6. FUJIMORI, K.; SARDELA, I. A. Estudo mineralógico do caldasito dos campos do Serrote, Brígida, e Taquari no Planalto de Poços de Caldas, MG. In: GEOLOGIA: Anais do 31º congresso brasileiro realizado em Camboriú, Santa Catarina, 1980. p.2023-37.
7. FUJIMORI, K. *Minerais radioativos do Campo Agostinho, Poços de Caldas.* São Paulo, 1974. (Tese de livre docência, Instituto de Geociências, USP).
8. FUJIMORI, K.; OLIVEIRA, A. G.; UTISIMI, O. Minerais Uraníferos do Campo do Cercado C-09, Poços de Caldas, MG. In: GEOLOGIA: anais do 29º congresso brasileiro, s.l. s.d.
9. GEISEL SOBRº, E.; RAPOSO, C.; ALVES, J. V.; BRITO, W. de; VASCONCELOS, T. G. *NUCLEBRÁS, Belo Horizonte. O distrito uranífero de Lagoa Real, BA,* Vienna International Atomic Energy Agency, 1980. (INIS-mf-7810).
10. LEINZ, V. & CAMPOS, J. E. S. *Guia para determinação de minerais.* 7.ed. São Paulo, Editora Nacional, 1977.
11. MARQUES, J. P. M. *NUCLEBRÁS, Rio de Janeiro. Reservas brasileiras de urânio: anais do 2º congresso brasileiro de energia.* Vienna, IAEA, 1981. (INIS-mf-7475).
12. MENDONÇA, J. C. G. S.; BRAGA, A. de P. G.; CAMPOS, M. de;NUCLEBRÁS, Fortaleza. *Considerações sobre mineralização fósforo-uranífera da jazida de Itatiaia, CE.* Vienna IAEA, 1980. (INIS-mf-7812).
13. PEREIRA, N. M. NUCLEBRÁS. Rio de Janeiro. A geoquímica como método de prospecção para urânio na NUCLEBRÁS. *Rev. Ciências da Terra*, (3):20, mar/abr., 1982.
14. SMITH, A. R.; WOLLENBERG, H. A. High resolution gama ray spectrometry for laboratory analysis of the uranium and thorium decay series. s.l. s.d. (Separata).
15. *Rev. Minério. Extração e Processamento*, Jul. 1980.
16. COMISSÃO NACIONAL ENERGIA NUCLEAR. *Urânio no Brasil.* 1974. p.15. (Folheto).