



**APROVEITAMENTO DO URÂNIO COMO SUBPRODUTO DO
FOSFORITO DO NORDESTE BRASILEIRO**

Marvone Gonzaga e Alcídio Abrão

**PUBLICAÇÃO IEA 416
CEQ 80**

ABRIL/1976

**APROVEITAMENTO DO URÂNIO COMO SUBPRODUTO DO
FOSFORITO DO NORDESTE BRASILEIRO**

Mariyone Gonzaga e Alcídio Abrão

**COORDENADORIA DE ENGENHARIA QUÍMICA
(CEQ)**

**INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA
SÃO PAULO - BRASIL**

APROVADO PARA PUBLICAÇÃO EM JANEIRO/1976

CONSELHO SUPERIOR

Eng^o Roberto N. Jafet - Presidente
Prof. Dr. Emilio Mattar - Vice-Presidente
Prof. Dr. José Augusto Matins
Dr. Ivano Humbert Marchesini
Eng^o Heitor Modesto da Costa

SUPERINTENDENTE

Prof. Dr. Rômulo Ribeiro Pieroni

INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA
Caixa Postal 11 049 (Pinheiros)
Cidade Universitária - Armando de Salles Oliveira
SÃO PAULO - BRASIL

APROVEITAMENTO DO URÂNIO COMO SUBPRODUTO DO FOSFORITO DO NORDESTE BRASILEIRO

Marivone Gonzaga e Alcídio Abrão

RESUMO

Investiga-se neste trabalho a solubilização e a recuperação do urânio dos fosfatos marinhos do Nordeste Brasileiro pelo tratamento desse minério com ácido clorídrico.

Determinou-se o teor de urânio no fosforito encontrando-se um valor médio de 0,03% correspondendo a um dos mais altos teores de urânio mundialmente conhecidos em fosforito.

A lixiviação do fosfato no minério e o conhecimento do teor de urânio solubilizado como consequência do tratamento ácido do fosforito constitui a informação básica para a recuperação desse urânio como subproduto do hidrogenofosfato de cálcio já industrializado no País.

As lixivias obtidas pelo tratamento do fosforito com HCl em laboratório contêm de 40-70 mg U_3O_8/l . Elaborou-se um método analítico sensível e relativamente rápido para o controle de solubilização do urânio cujo aproveitamento se fez por extração líquido-líquido usando-se um agente extrator composto por 3,3% ácido di (2-etil hexil) fosfórico (EHPA) e 2,2% fosfato de tri-n-butila (TBP) em versol. A extração foi quase total encaminhando-se o ácido fosfórico isento de urânio para a produção de hidrogenofosfato de cálcio. Reextraiu-se o urânio da fase orgânica por tratamento com carbonato alcalino e depois precipitou-se o diuranato.

O esquema desenvolvido em laboratório foi também aplicado as lixivias clorídricas do fosforito obtidas industrialmente. Attingiu-se uma recuperação global de urânio próxima de 95%.

1 - INTRODUÇÃO

A existência de uma indústria de monohidrogenofosfato de cálcio em funcionamento no País utilizando como matéria-prima o fosforito do Nordeste sem aproveitamento do urânio foi levada em consideração para este trabalho. Esse urânio de baixa concentração passa a representar um grande potencial quando se considera a produção de derivados fosfatados. Isso permite atribuir o custo da mineração e do processamento do minério à produção do fertilizante como um produto primário reduzindo consideravelmente o custo da produção do urânio como subproduto. A maior ênfase foi dada no sentido de se conseguir um concentrado de urânio sem onerar o processo industrial em uso corrente.

Enquanto enorme esforço é feito em vários países (12, 18, 19, 23, 24, 27, 29, 31, 33, 36, 40) para o aproveitamento do urânio a partir do ácido fosfórico, nenhum trabalho foi publicado envolvendo o estudo de aproveitamento do fósforo e do urânio do fosforito brasileiro. A produção de fosfato em Israel já está se tornando ociosa pela necessidade de obtenção de grandes concentrados de urânio^(25, 37) e os Estados Unidos da América^(2, 9, 11, 14, 15, 17, 20, 21, 35, 38) já ampliam as fábricas de ácido fosfórico para também aumentar a produção de urânio⁽¹⁰⁾.

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma metodologia de determinação do conteúdo de urânio e um procedimento para a sua recuperação de um modo real e econômico. Apresenta-se um método analítico de determinação de microquantidades de urânio em meio fosfórico e uma técnica de

obtenção do concentrado de urânio por extração com solventes partindo-se do fosforito. Para isso procurou-se elaborar o fluxograma de modo a se enquadrar diretamente nas instalações da usina de tratamento do fosforito já em funcionamento em Pernambuco sem nenhuma modificação que acarretasse onus ao processo industrial em uso corrente.

2 – MÉTODOS E MATERIAIS

2.1 – O FOSFORITO DO NORDESTE BRASILEIRO

As primeiras anomalias de alto teor de fosfato foram observadas em 1949 por Duarte e Teixeira⁽³⁵⁾ e a estratigrafia da faixa litorânea de Recife e João Pessoa foi estudada por Kegel⁽²²⁾. Estudos hidrogeológicos realizados entre 1966-1968 por Mattoso⁽³⁰⁾ realçam aspectos da litologia, estratigrafia e estrutura geológica, revelando a presença de cerca de 60 milhões de toneladas do minério em Pernambuco com um teor médio de 22% de P_2O_5 . Os primeiros dados químicos referentes ao teor de P_2O_5 foram apresentados por Duarte⁽¹³⁾. Estudos de solubilização foram feitos por Leonardos⁽³⁶⁾ que encontrou os resultados de 95,97% em solução 2% de ácido cítrico. Recentemente Feitosa⁽¹⁶⁾ estudou o aproveitamento do fosforito usando ácido sulfúrico, tendo que enfrentar um grave problema na filtração devido ao elevado conteúdo de sílica coloidal. Um primeiro levantamento radiométrico de amostras em poços de sondagem foi feito por White⁽⁴¹⁾ constatando as anomalias radioativas e estimando o conteúdo de urânio no fosforito como sendo de 0,02% em U_3O_8 . Esta é o único trabalho encontrado na literatura nacional sobre o fosforito do Nordeste que menciona a presença de urânio.

No presente trabalho estudaram-se amostras de fosforito recolhidas da propriedade Gongagary, 6 Km a leste de Abreu e Lima, município de Paulista, Pernambuco. A técnica de amostragem foi manual, no local a faixa de fosfato estava a uma profundidade de 7,7 m e tinha a espessura de 1,80 m. A coleta do fosforito para a fábrica de Igarassu e a retirada da camada superior calcária pela Fábrica de Cimento Portland Poty facilitou a coleta do material.

2.2 – MÉTODOS ANALÍTICOS

Uma revisão dos métodos analíticos aqui empregados foi feita por Almeida⁽¹⁾. Usaram-se as técnicas de espectrografia de raios X fluorescentes, espectrometria de raios gama, espectrometria de absorção atômica, espectrografia de emissão óptica, fluorimetria, espectrofotometria de absorção molecular e métodos químicos convencionais para a identificação e determinação de fósforo, cálcio, magnésio, ferro, silício, elementos traços (Ni, Cu, Ag, Au) e urânio.

2.3 – LIXIVIAÇÃO DO FOSFORITO

Estudou-se a lixiviação do fosforito sob agitação com os ácidos nítrico, nítrico + sulfúrico, sulfúrico, clorídrico, clorídrico + agente oxidante. Mesmo desviando-se do meio clássico já difundido universalmente de lixiviação dos fosfatos pelo ácido sulfúrico, trabalhou-se neste caso com o ácido clorídrico. A finalidade era a adaptação da técnica de concentração do urânio na fábrica de monohidrogenofosfato de cálcio que utiliza HCl fabricado no local para a lixiviação do mineral. Esta lixívia assim obtida foi tratada com solvente orgânico, extraíndo-se o urânio, em seguida revertido para a fase aquosa com carbonato alcalino. As lixivias, já quase sem urânio, são encaminhadas para o aproveitamento do fósforo na forma de hidrogenofosfato de cálcio (e superfosfatos).

3 – DADOS EXPERIMENTAIS

3.1 – RESULTADOS ANALÍTICOS

A análise espectrométrica por raios X fluorescentes (Figura 1) de pastilhas de fosforito obtidas por compactação sob pressão de 1,5 ton/cm² de pó de 0,047 mm (300 mesh), medindo 22 mm de diâmetro e 5 mm de espessura, permitiu identificar urânio e outros elementos menores, entre eles zinco e ítrio. Um

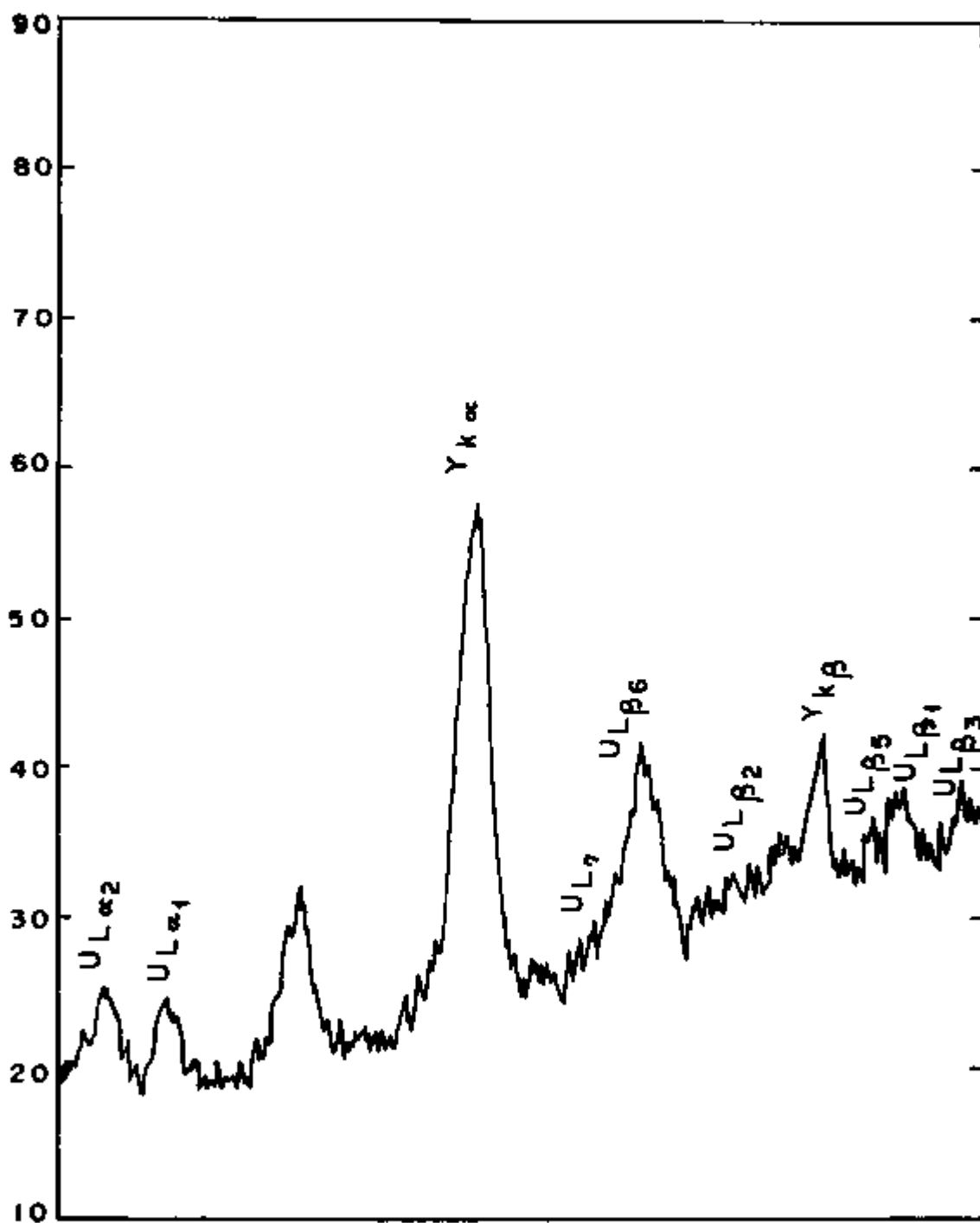


Figura 1 - Identificação de urânio numa amostra de fosforito do Nordeste Brasileiro por fluorescência de Raios X. Condições analisador LiF 40 KV 16 mA TC = 1 \bar{v} = 1°/min RM = 2×10^5

espectro de raios gama (Figura 2) de amostras de 3 gramas do minério permitiu identificar os fotopicos do uranio-235 do tório-234 e do chumbo 214 descendentes do uranio Posteriormente usou-se essa mesma técnica para o controle nos experimentos de abertura do fosforito e na extração do uranio por ser rápida e não destrutiva

Uma análise espectrográfica semiquantitativa permitiu determinar os elementos Fe Si Al Ca P Mg Mn Cr Ni V Sr Ba Cu B e Pb Fez-se a análise de amostras de fosforito calcinadas a 400°C o que levou a um resultado um pouco mais alto no teor de P quando comparado com o fosforito bruto devido a uma concentração pela queima de matéria orgânica Os resultados desta análise estão na Tabela 1

Tabela 1

Análise espectrográfica semiquantitativa
do fosforito do Nordeste Brasileiro

Elementos	(%)	Elementos	(%)	Elementos	(%)
Fe	5	Mg	1	Sr	0 05
Si	20	Mn	0 05	Ba	0 05
Al	6	Cr	0 04	Cu	0 005
Ca	25	Ni	0 02	B	0 005
P	30	V	0 05	Pb	0 015

Por espectrofotometria de absorção atômica determinaram-se os elementos traços Chumbo Níquel Cobre e Ouro

Com análises químicas convencionais determinaram-se além do uranio outros elementos presentes no fosforito permitindo conhecer com boa aproximação a composição química do mineral Uma das maiores dificuldades encontradas neste trabalho foi o controle analítico do uranio nas lixírias A alta concentração de íons fosfatos contida seria interferência para todos os métodos químicos de determinação de uranio em uso corrente nos laboratórios Adaptou-se para isso o método de Nagle e Murthy (32-34) com algumas modificações como a de se usar cloreto estânico em lugar de ácido ascórbico O uranio é extraído da lixívia após adição de nitrato de alumínio com fosfato de tri n butila (TBP) 10% em éter de petróleo e determinado diretamente na fase orgânica após complexação do íon urânico com tiocianato O método assim adaptado permitiu a determinação de 50 a 300 microgramas de uranio com erro ao redor de 3% Mais informações poderão ser encontradas no trabalho de Almeida⁽¹⁾

3.2 - APROVEITAMENTO DO URÂNIO

A primeira fase desenvolvida em laboratório foi a dissolução do uranio e do fósforo do mineral usando-se fosforito classificado entre 0 04 e 0 08 mm Trabalhando-se em condições bem próximas aquelas do processo industrial (Igarassu) com uma razão de massas HCl/minério de 0 371 1 0 à temperatura ambiente (25-30°C) obteve-se um rendimento de 71% para a dissolução do uranio e de 92% para o fósforo (Figura 3)

Fizeram-se estudos com a finalidade de otimização do rendimento de dissolução do uranio trabalhando-se na mesma relação de massas e adicionando-se água oxigenada (0 05 l/kg de rocha) como agente oxidante e NaCl como agente salino conseguindo-se um rendimento de 93% U e 99% P₂O₅ Nenhuma modificação foi notada com relação à dissolução do fósforo contudo a diferença de 22% no rendimento de dissolução do uranio (Figura 4) comprova a não homogeneidade no estado de oxidação do uranio na rocha Contudo executou-se o trabalho nas condições anteriores isto é sem a adição

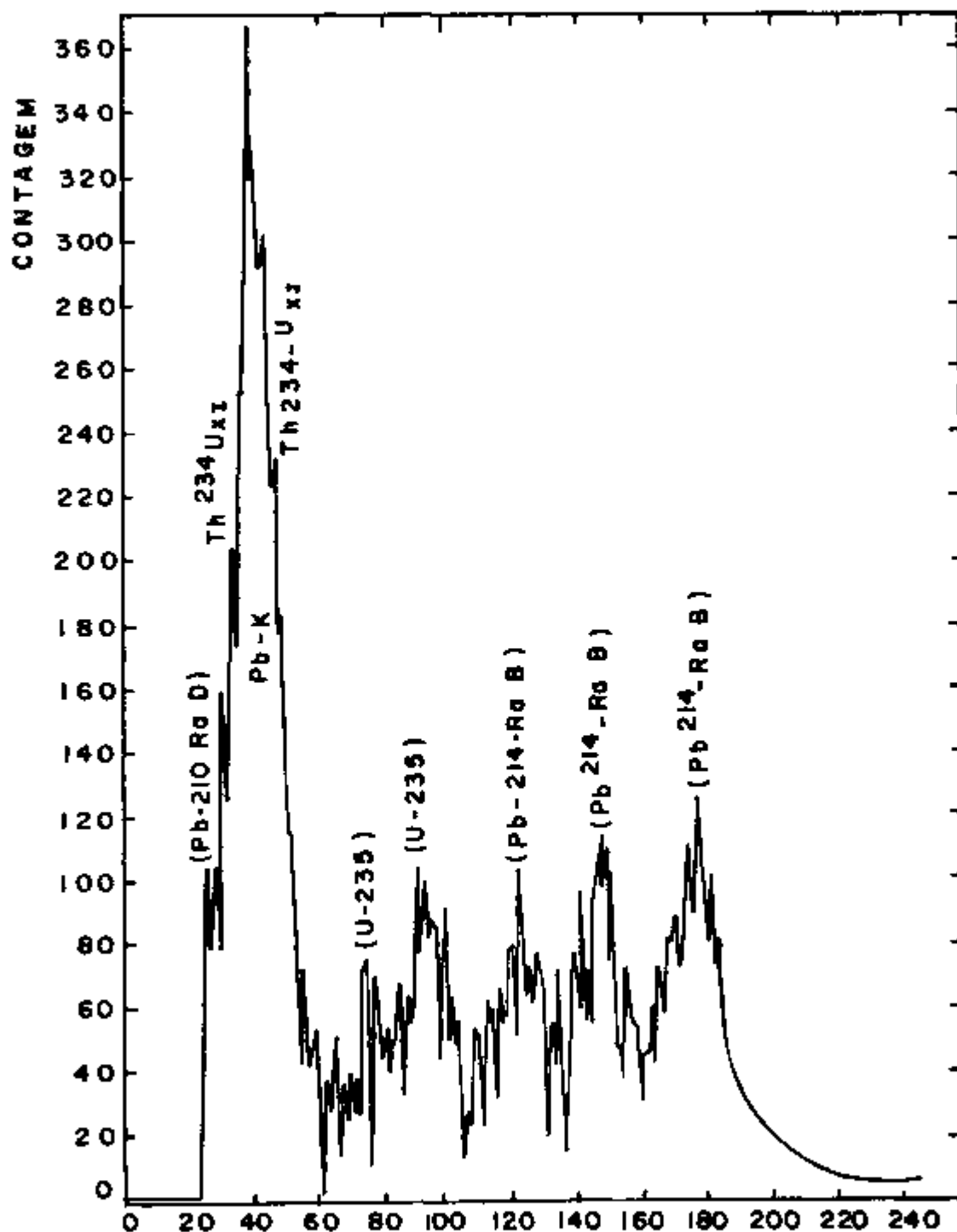


Figura 2 — Espectro de atividade gama do fosforito do Nordeste Brasileiro com identificação do urânio e alguns descendentes 3 g de minério ocupando 3 cm de altura por 1 cm de diametro interno num tubo de poliestireno. Tempo de contagem 30 minutos

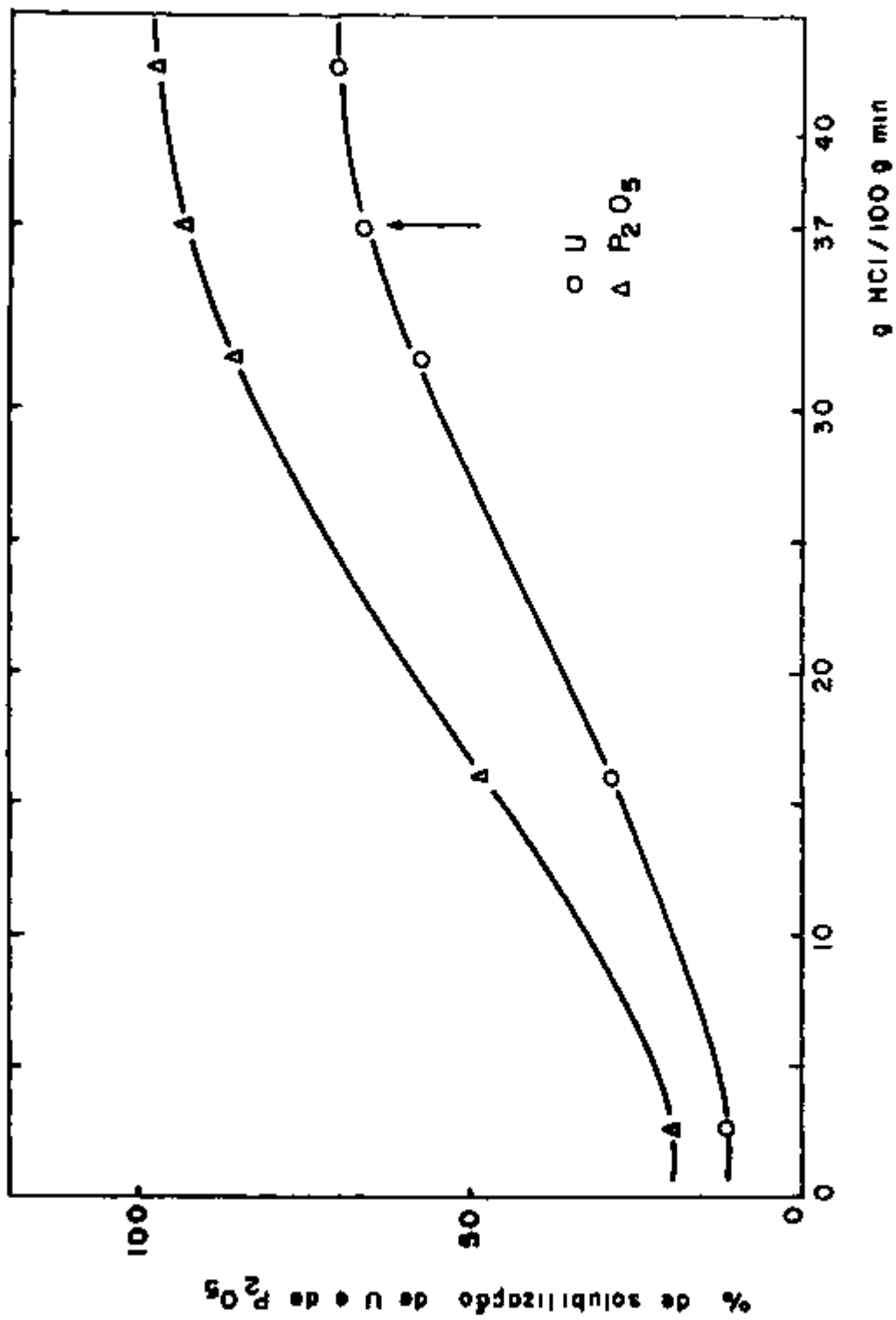


Figura 3 - Influência da concentração de HCl na solubilização de urânio e de fósforo de fosforito do Nordeste Brasileiro sem uso de agente oxidante. Contagem gama total em 3 g de resíduo. Tempo de agitação 2 hs. 40 ml de água para empastar 50 g de minério. Volume final 300 ml.

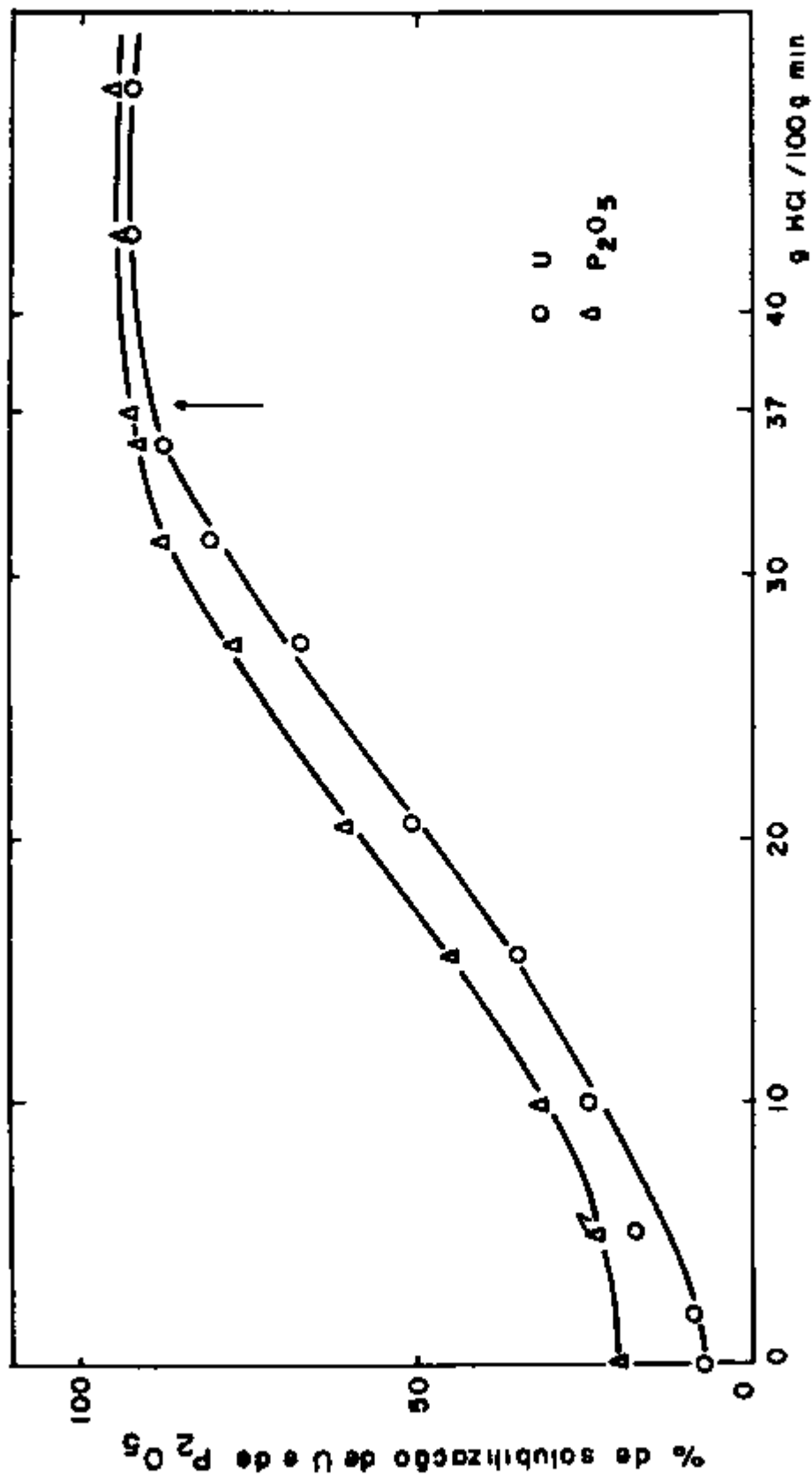


Figura 4 - Lixiviação de Urânio e de fósforo em função da concentração de ácido clorídrico em meio oxidante 20 g de minério 29.5 g NaCl 1 ml H₂O₂ 2 hs de agitação após adição do ácido Volume final 100 ml

de agentes oxidante e salino para não fugir do objetivo principal o de não adição de fases estranhas ao método industrial já em uso para a recuperação do fósforo.

Fez-se a dissolução adicionando-se ácido clorídrico ao minério moído já ampestado com água sob agitação. Terminada a adição do ácido acerta-se o volume desejado com água e mantém-se a agitação por duas horas. Adiciona-se o floculante (Separan D 05%) aos poucos e filtra-se em flanela (escala de laboratório porque na Fábrica faz-se apenas uma decantação). As lixívias assim obtidas estão numa faixa de pH 0,4 a 1,0 contendo 40 a 70 mg U/litro e 20 a 30 g P_2O_5 /litro.

Decidiu-se fazer o aproveitamento do urânio por meio de extração com mistura 3,2% ácido di (2-etil hexil) fosfórico (EHPA) + 2,2% tri n butil fosfato (TBP) diluídos em varsol. Demonstrou-se que esse solvente trabalha com ótima eficiência para o urânio na faixa de pH das lixívias clorídricas (Figura 5). Esse solvente orgânico ofereceu alta seletividade para o urânio deixando na fase aquosa (FA) os vários contaminantes e extraíndo efetivamente pequenas quantidades de urânio do meio fosfórico. Evidentemente também o fosfato de tri n butila, dado seu alto coeficiente de extração para o urânio e o sinergismo provocado pela adição de EHPA aumentou sensivelmente o rendimento da extração. Esta é feita numa relação de volumes [aquoso/orgânico] = 10 com agitação suave durante três minutos a fase aquosa (FA) sendo extraída mais duas vezes com o solvente limpo. As duas primeiras fases orgânicas (FO) são reunidas para posterior reextração do urânio e a terceira fase orgânica é reciclada para a alimentação orgânica seguinte. As FO reunidas são lavadas com água numa relação (FO/água) = 10 para eliminação de traços de ácido fosfórico e depois lavada com HCl 4 M numa relação (FO/HCl) = 4 para a eliminação da quase totalidade do ferro. A FO assim preparada está pronta para a re extração do urânio.

A reversão do urânio é feita com solução de carbonato de sódio ou de amônio a 20% numa relação de fases (FO/FA) = 1 sendo suficiente dois estágios para transferir 95% do urânio para a fase aquosa. O solvente orgânico quase sem urânio é tratado com a própria lixívia clorídrica do fosforito numa relação de volumes (solvente/lixívia) = 1 e em seguida com HCl até o pH ótimo de reequilíbrio do solvente orgânico. As soluções de carbonato contêm em média 160 mg U/litro representando 80% do conteúdo de urânio presente no ácido fosfórico e 95% quando se recuperou o urânio da 3ª bateria de extração obtendo-se o concentrado de urânio por precipitação do diuranato de sódio ou amônio.

Todas as fases do método DAPLEX (extração com compostos dialquilfosfóricos) aqui descritas estão no fluxograma (Figura 6) onde os números dentro dos retângulos representam as massas de urânio/mg e os números dentro dos círculos representam os volumes em (ml). Um controle radiométrico por contagem gama no pico de 0,184 Mev (urânio 235) e a determinação química do fósforo em todas as fases do processo industrial possibilitaram a observação de uma verdadeira proporcionalidade entre as concentrações do fósforo e do urânio (Figura 7).

O produto final da fábrica Igarassu é o monohidrogeno fosfato de cálcio cujos teores de urânio e fósforo foram analisados também aqui. Duas amostras produzidas em épocas diferentes mostraram teores de 0,016% e 0,064% de urânio respectivamente. Isso corresponde na primeira retenção de aproximadamente 50% do urânio dissolvido do fosforito e na segunda um fator de concentração de aproximadamente 2 quando comparado com o teor de urânio no fosforito original. Este fato não é surpresa uma vez que o fosfato é um excelente agente precipitante para o urânio este ficando retido no fosfato de cálcio a maior ou menor retenção depende do pH de precipitação.

Analisou-se cada uma das fases do fluxograma industrial para se conhecer o teor de urânio e fósforo e para uma comprovação dos dados para as lixívias obtidas em laboratório e na fábrica Igarassu. De posse da informação de que parte ou todo o urânio pode ser arrastado pelo precipitado o aproveitamento do urânio deverá ser feito na solução que antecede a precipitação do monohidrogenofosfato de cálcio de acordo com o projeto inicial desta pesquisa. Assim o circuito de extração por solventes desenvolvido e apresentado neste trabalho (Figura 6) foi inserido no fluxograma industrial (Figura 8) de modo que o aproveitamento do urânio não viesse a onerar a indústria de produção do ácido fosfórico ou de seus sais.

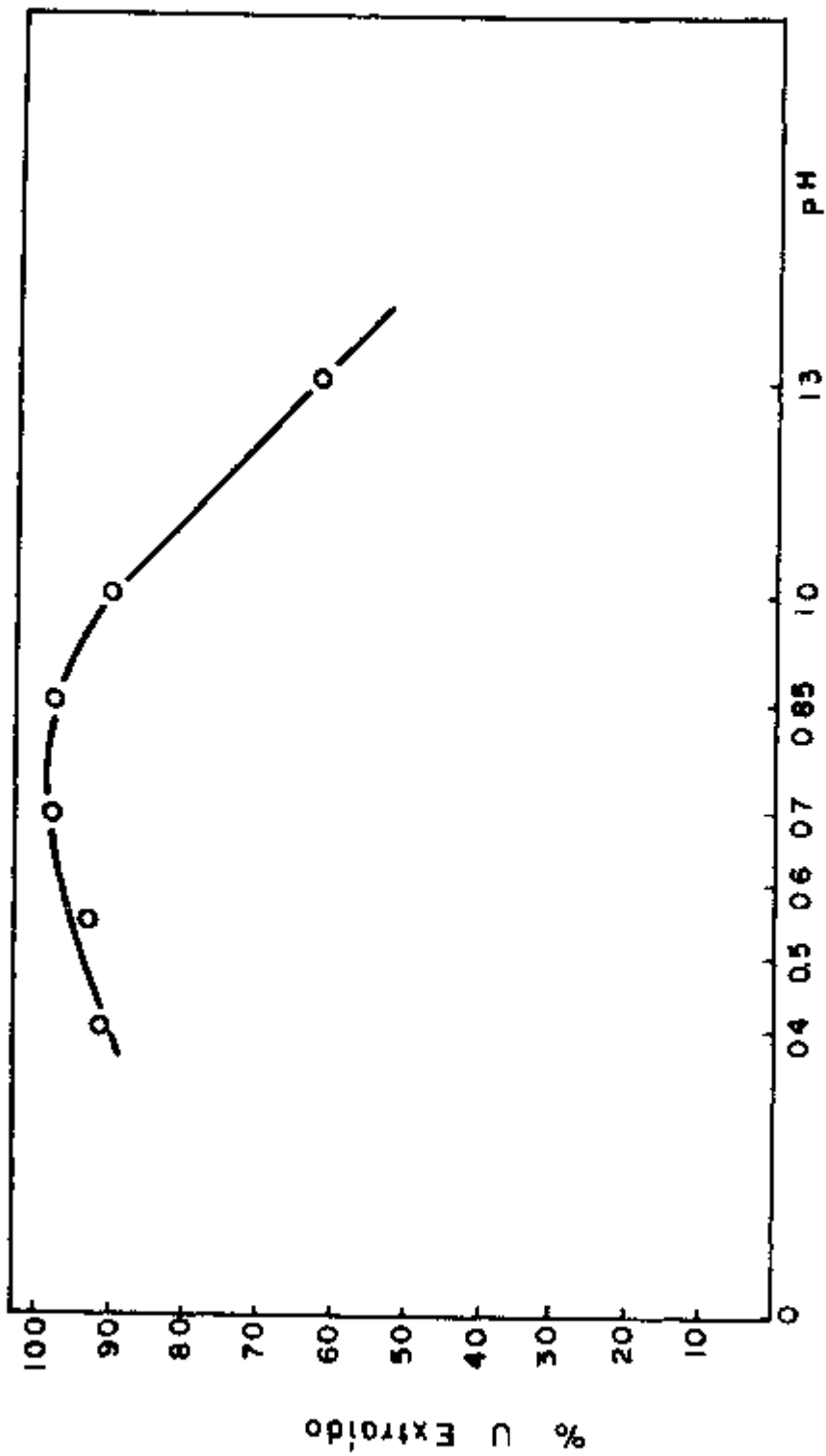


Figure 5 — Influencia do pH na extração de urânio com di 2 EHFA TBP Varsol nas lixívias clorídricas do fosforito

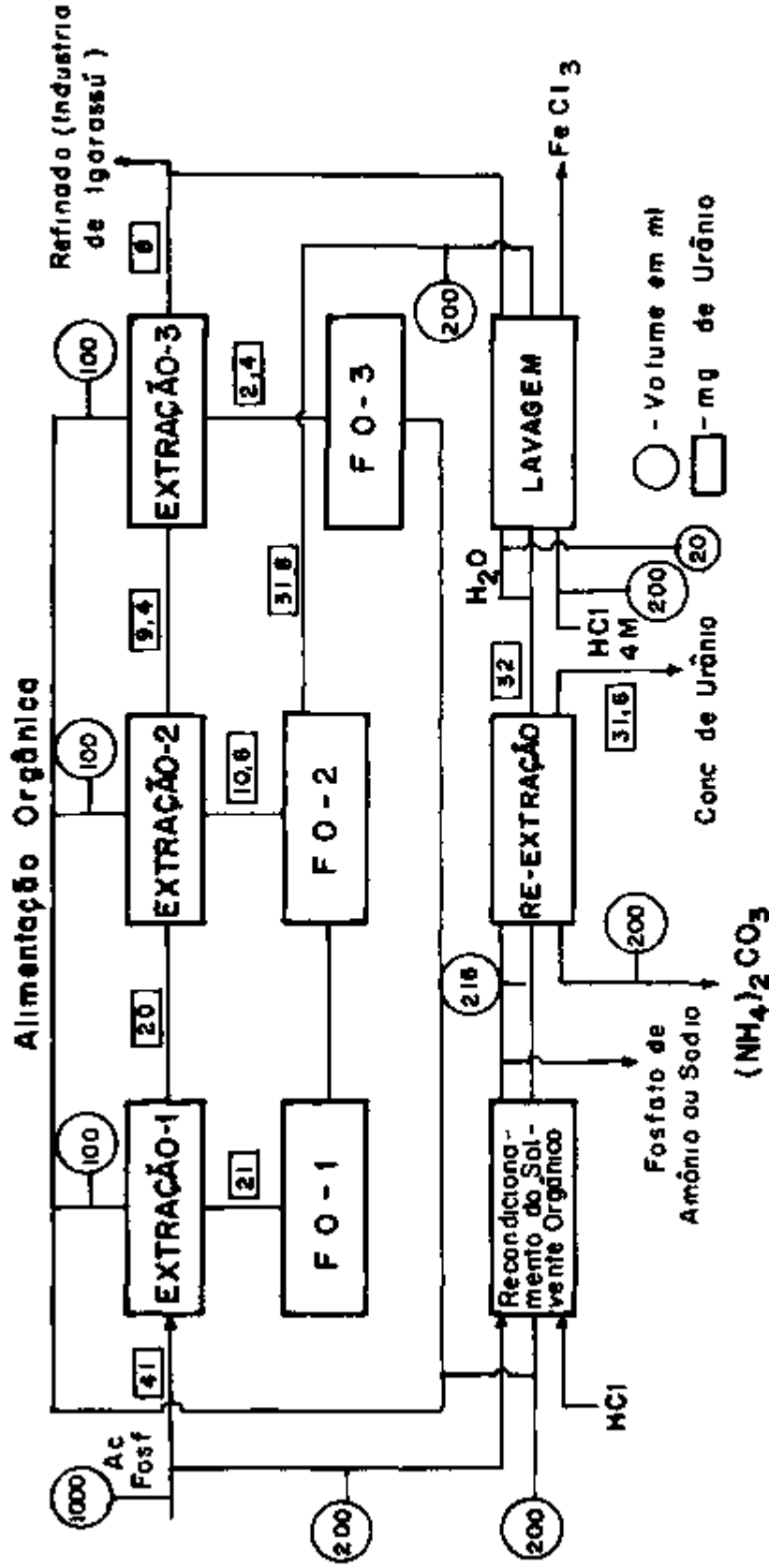


Figura 8 - Fluxograma do processo Dapex (extração com ácidos dialquilfosforicos) proposto para recuperar o urânio das lixívias clorídricas de fosforito do Nordeste Brasileiro Extrator de 2 EHPA 3.3% (v/v) + TBP 2.2% (v/v) em varso

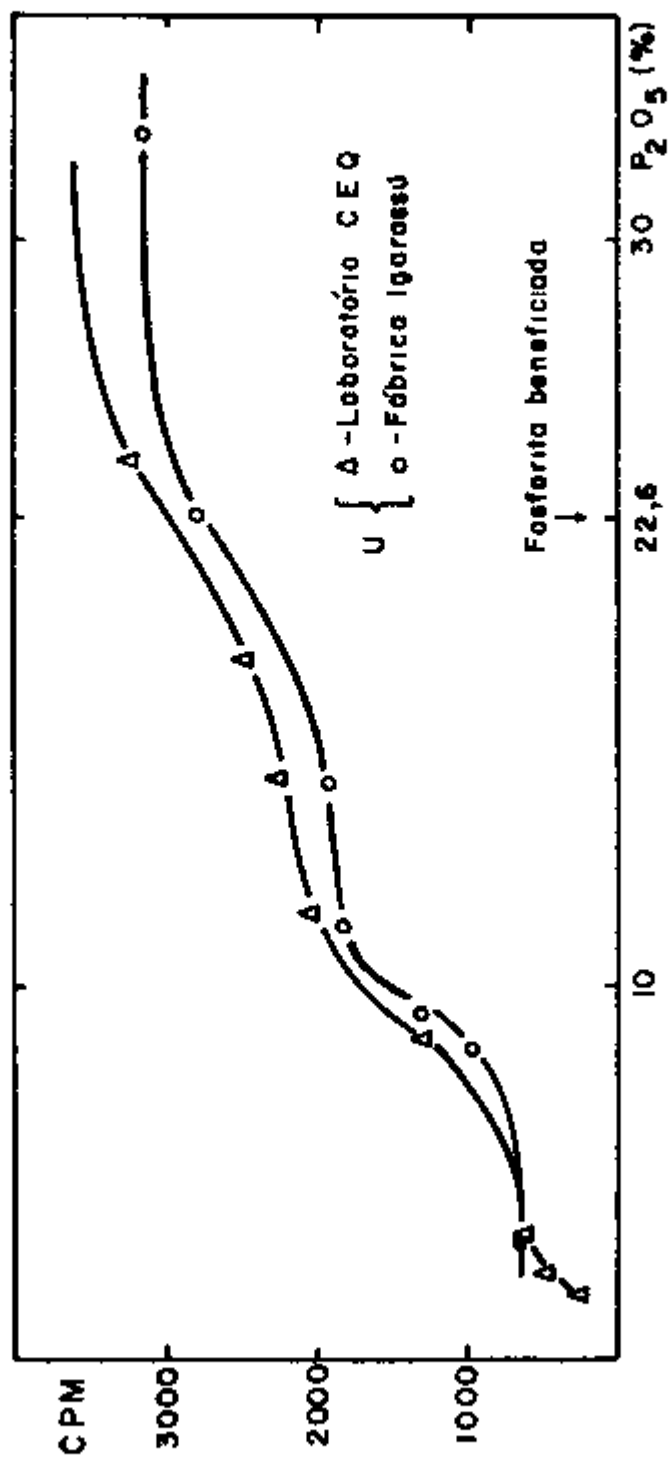


Figura 7 - Atividade do material nas principais fases do tratamento ácido do fosforito na Cia Agro Industrial de Igarassú comparada aos dados obtidos em laboratório (contagem no pico de 0 184 MeV (^{235}U) 3 g de amostra tempo de contagem 5 minutos)

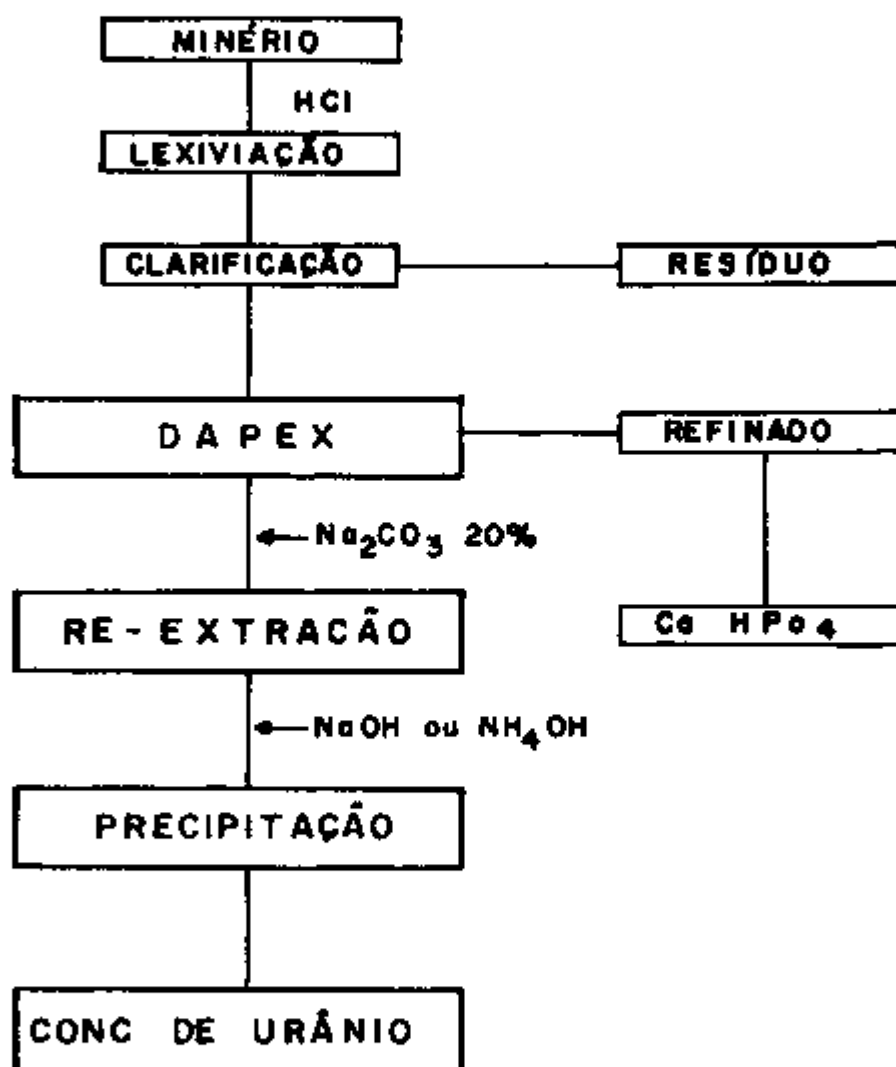


Figura 8 – Fluxograma do processo de beneficiamento do fosforito em Pernambuco e o encarte do processo Dapex (extração com di 2/EHPA/TBP/Varsoi) proposto nesta dissertação para a recuperação do urânio como subproduto

4 - CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

O resultado animador de 250 320 g U/ton do fosforito do Nordeste Brasileiro quando comparado a outras fontes de fosfatos já explorados mundialmente nos levou a desenvolver uma metodologia experimental de aproveitamento daquele elemento como subproduto do tratamento desse mineral para a obtenção de 10 000 toneladas de CaHPO_4 produzidas anualmente pela fábrica de Igarassu

A separação do urânio das lixívias clorídricas do fosforito feita pela mistura orgânica EHPA TBP Varsol mostrou ser eficiente e de fácil adaptação as lixívias obtidas tanto em laboratório quanto na Fábrica de Igarassu

Partindo-se de lixívias contendo 41 mg U/litro e pH 0,8 obtiveram-se fases orgânicas com teor de 160 mg U/litro com um rendimento de extração de 80% para o urânio. Este rendimento poderá ser otimizado pela alteração das relações FO/FA (fase orgânica/fase aquosa). A reversão do urânio para uma fase aquosa usando-se carbonato alcalino não mostrou dificuldade alguma permitindo a obtenção de um concentrado na forma de diuranato de sódio ou de amônio pela simples elevação do pH. O refinado (lixívia clorídrica do fosforito) já exaurida em urânio e contendo 95% do fósforo dissolvido da rocha é reciclado para posterior precipitação do produto industrial de interesse.

Os resultados animadores deste trabalho permitiram fazer a seguinte sugestão: encarte do processo DAPEX como aqui descrito no circuito industrial de produção de 10 000 toneladas de CaHPO_4 por ano de maneira a obter um concentrado de urânio como subproduto do derivado fosfatado sem onerar o processo industrial já em uso. Isso possibilitaria a obtenção de aproximadamente 2,7 toneladas de urânio (rendimento global de 60%) por ano com base no tratamento atual de aproximadamente 13 000 toneladas de fosforito naquela fábrica.

AGRADECIMENTOS

A Dra. Ludmila Federgrun e seus colaboradores pelas análises químicas de urânio e fósforo. Ao mestre Antonio Roberto Lordeilo e seus colaboradores pelas análises espectroquímicas ao Dr. Kengo Imakuma pelos espectrogramas de raios X fluorescentes.

ABSTRACT

The extraction and recovery of uranium contained in marine phosphates of Northeast Brazil were investigated by treating the ores with hydrochloric acid.

The average content of uranium in the ore was found to be about 0.03 percent which corresponds to the highest worldly known content of uranium in phosphorite.

The leaching of phosphate from the ore and the knowledge of the amount of solubilized uranium as a consequence of the acid treatment of phosphorite supplied the basic information necessary for the recovery of uranium as a by product in the calcium hydrogenophosphate manufacture already carried out in this country.

The solutions obtained in laboratory by leaching the phosphorite with hydrochloric acid contained 40-70 mg U/l. A sensitive and rapid analytical method to control the uranium solubilization was outlined. A liquid-liquid extraction of uranium from these liquors was performed using a mixture of 3 percent di-(2-ethyl hexyl) phosphoric acid and 2.2 percent TBP in kerosene. After extraction the phosphoric acid free from uranium is sent to the calcium hydrogenophosphate production. The uranium is recovered from the organic phase by carbonate treatment and precipitated as diuranate.

The process developed at a laboratory scale was also applied to the phosphorite hydrochloric leaching solutions obtained industrially. An overall uranium recovery of about 85 percent was reached.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ALMEIDA M G *Estudo para o aproveitamento do urânio como subproduto do fosforito do Nordeste Brasileiro* São Paulo 1974 (Dissertação de mestrado) (Instituto de Química USP)
- 2 ALTER I et alii *Selective leaching of uranium from phosphate rock by dilute mineral acids* In UNITED NATIONS New York *Peaceful uses of atomic energy proceedings of the 2nd United Nations International Conference held in Geneva 1-13 Sep 1958* v 3 *Processing of raw materials* Geneva 1958 p 253-9
- 3 ANDRESEN A W & BRIDGER G L *Recovery of uranium from superphosphate* Oak Ridge USAEC Technical Information Service 1955 (ISC-612) (Microficha)
- 4 BAILES R H *Uranium recovery from industrial phosphoric acid progress report for December 1950* Pittsburg Dow Chemical Co 1950 (DOW-41) 1951 (DOW-60) 1951 (DOW-62) 1951 (DOW-63) 1952 (DOW-69)
- 5 BLAKE C A et alii *The extraction and recovery of uranium (and vanadium) from acidic liquors with Di(2 ethyl hexyl) phosphoric acid and some other organophosphorus compounds* Oak Ridge Oak Ridge National Laboratory May 1955 (ORNL 1903) (Microficha)
- 6 _____ *Further studies of the dialkylphosphoric acid extraction (dapex) process for uranium progress report* Oak Ridge National Laboratory Jan 1957 (ORNL 2172) (Microficha)
- 7 _____ *Solvent extraction with alkyl phosphoric compounds* *Ind Engng Chem* Washington 50(12) 1763-9 1958
- 8 CAMMACK K Z & BRIDGER G L *Recovery of uranium from slag from the electric furnace production of phosphorus* Oak Ridge USAEC Technical Information Service Aug 1955 (ISC 638) (Microficha)
- 9 CATHCART J B *Distribution and occurrence of uranium in the calcium phosphate zone of the land pebble phosphate District of Florida* In UNITED NATIONS New York *Peaceful uses of atomic energy proceedings of the International Conference held at Geneva 8-20 Aug 1955* v 8 *Geology of uranium and thorium* New York 1956 p 514-9
- 10 RECOVERY of uranium from phosphoric acid *Chem Engng News* Easton Pa 51-9 1973
- 11 CLEMENTS D F et alii *Uranium production process designs for leached zone plants. V 12 Dry mining sulphuric acid digestion uranium and P₂O₅ recovery processes* Chicago Intern Min Chem Corpo Sep 1953 (RMO 2025) (microficha)
- 12 DELEON A & LAZAREVIC M *Possibilities for recovery of uranium as a by-product in the production of phosphate fertilizers and tripolyphosphate* In INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY Vienna *The recovery of uranium proceedings of a symposium on the recovery of uranium from its ores and other sources held in São Paulo 17-21 Aug 1970* Vienna 1971 p 351-61 (IAEA SM 135/39)
- 13 DUARTE P J *Depositos de fosfatos na formação Maria Farinha* *Anais Soc Biol Pernambuco Recife* 9 37-42 1949
- 14 ELLIS D A *The recovery of uranium from industrial phosphoric acids by solvent extraction Pt 1-2* Pittsburg Dow Chemical Co Jul 1952 (DOW 81) (microficha)

- 16 ELLIS D A et alii *Recovery of uranium from plateau ores by solvent extraction with Di OPA* Pittsburg Dow Chemical Co Apr 1956 (DOW 140) (microficha)
- 16 FEITOSA J A et alii *Fabricação de fosfato bicálcico a partir de fosforita natural com baixo teor de P_2O_5* Recife SUDENE Divisão de Geologia 1971 (serie especial 13)
- 17 GARRETT D E & MORE G R *Recovery of uranium by an ion-exchange pilot plant from concentrated phosphoric acid (29% P_2O_5) summary status report* Pittsburg Dow Chemical Co Mar 1952 (DOW 70) (microficha)
- 18 GASOS P et alii *Recuperation del uranio de recursos potenciales. In INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY Vienna The recovery of uranium proceedings of a symposium on the recovery of uranium from its ores and other sources held in São Paulo 17-21 Aug 1970* Vienna 1971 p 333-40 (IAEA-SM 135/37)
- 19 GAUDIN A M *Principles and new developments in uranium leaching. In UNITED NATIONS New York Peaceful uses of atomic energy proceedings of the International Conference held in Geneva 8-20 Aug 1955 v B Production technology of the materials used for nuclear energy* Geneva 1956 p 8-12
- 20 GREEK B F et alii *Uranium recovery from wet process phosphoric acid* *Ind Engng Chem* Easton Pa 49 628 1957
- 21 HURST F J et alii *Recovery of uranium from wet-process phosphoric acid* *Ind Engng Chem Process Des. Dev* Easton Pa 11 122 B 1972
- 22 KEGEL W *Geologia do fosfato de Pernambuco* *Boim Minist Agric* Rio de Janeiro (157) 11-35 1955
- 23 KENNEDY R H *Recovery of uranium from low grade sandstone ores and phosphate rock. In INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY Vienna Processing of low grade uranium ores proceedings of a panel held in Vienna 27 June - 1 July 1966* Vienna 1967 p 216-28
- 24 KETZINEL Z et alii *A process for the recovery of uranium as by product of phosphoric acid via HCl acidulation from undissolved residue. In INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY Vienna The recovery of uranium proceedings of symposium on the recovery of uranium from its ores and other sources held in São Paulo 17-21 Aug 1970* Vienna 1971 p 363-76 (IAEA SM 135/12)
- 25 _____ *Recovery of uranium from I M I phosphoric acid process* Tel Aviv Israel Atomic Energy Commission 1972 (IA 1268)
- 26 LEONARDOS H O *A industrialização dos fosfatos de Pernambuco* *Engnh Miner Metal* Rio de Janeiro 22(128) 85-7 1955
- 27 LONG R S et alii *Recovery of uranium from phosphates by solvent extraction. In UNITED NATIONS New York Peaceful uses of atomic energy proceedings of the International Conference held in Geneva 8-20 Aug 1955 v 8 Production technology of the materials used for nuclear energy* New York 1956 p 77-80
- 28 MAGNER J E *Extraction of uranium from I M C phosphoric acid with various dialkylpyrophosphoric acids.* Pittsburg Dow Chemical Co, May 1957 (DOW 160) (microficha)
- 29 MARVIN G et alii *Recovery of uranium from its ores. In UNITED NATIONS New York Peaceful uses of atomic energy proceedings of the International Conference held in Geneva 8-20*

- Aug 1955 v 8 Production technology of the material used for nuclear energy Geneva 1956 p 37
- 30 MATTOSO S Q *Hidrogeologia da região de rocha fosfática (tipo fosforito) em Olinda Pernambuco* Salvador 1972 (Tese de doutoramento)
- 31 McKELEY V E Uranium in phosphate rock In UNITED NATIONS New York *Peaceful uses of atomic energy proceedings of the International Conference held in Geneva 8-20 Aug 1955* v 6 Geology of uranium and thorium Geneva 1956 p 499-506
- 32 MURTHY T K S *Study of methods for the recovery of uranium from phosphate rock and products derived from it Part of a coordinate programme on the recovery of uranium as a by-product of fertilizer phosphate production final report for the period 1 Jan. 1970 - 31 Dec 1971* Vienna International Atomic Energy Agency 1972 (IAEA R 834 F)
- 33 _____ *Study of some phenyl phosphoric acids for extraction of uranium from phosphoric acid* In INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY Vienna *The recovery of uranium proceedings of a symposium on the recovery of uranium from its ores and other sources held in São Paulo 17-21 Aug 1970* Vienna 1971 p 341-50 (IAEA-SM 135/11)
- 34 NAGLE R A & MURTHY T K S *Spectrophotometric determination of uranium in commercial wet process phosphoric acid and phosphate rock using thiocyanate* Bombay Bhabha Atomic Research Center 1972 (B A R C 638)
- 35 OLIVEIRA P E & RAMOS J R A *Contribuição a geologia do Município de Olinda Pernambuco Bolm Minist Agric Rio de Janeiro (138) 13-21 1957*
- 36 QUINN P J *Recovery of uranium from wet process phosphoric acid final report* Bartow Florida Armour Fertilizer Works Oct 1954 (AECD 3738) (microficha)
- 37 RISORSE a produzione di uranio in Israele *CNEN Notiz Roma* 19(4) 56-60 1973
- 38 STEPHAN E F et alii *Recovery of uranium from phosphate rock final report* Columbus Ohio Batelle Memorial Institute June 1950 (BMI 238)
- 39 STOLTZ JR E M *Recovery of uranium from phosphate ores* In UNITED NATIONS Geneva *Peaceful uses of atomic energy proceedings of the 2nd United Nations International Conference held in Geneva 1-13 Sep 1958* v 3 Processing of raw materials Geneva 1958 p 234-9
- 40 _____ *La recuperación de uranio a partir de minerales fosfatados*. In NACIONES UNIDAS Ginebra *Actas de la segunda Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la utilización de la energía atómica con fines pacíficos. Celebrada en Ginebra del 1º al 13 Sep 1958* v 2 Primeras materias Ginebra 1958 p 479-85
- 41 WHITE M G *Urânio nos depósitos de fosfatos marinhos perto de Recife Estado de Pernambuco Nordeste do Brasil* Trad M H Vidal Rio de Janeiro IBRD 1958 (Comissão Nacional de Energia Nuclear DMP/G 1)