

ESTUDOS DE SORPÇÃO DE URÂNIO CONTIDO EM SOLUÇÕES DE NITRATO DE URÂNIO POR RESINA CATIONICA FORTE E SUA ELUIÇÃO COM SULFATO DE AMÔNIO — PARTE I: FIXAÇÃO SELETIVA DE TÓRIO

ANTONIO G. S. RIBAS e ALCÍDIO ABRÃO

PUBLICAÇÃO IEA N.º 209
Maio — 1970

INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA
Caixa Postal 11049 (Pinheiros)
CIDADE UNIVERSITÁRIA "ARMANDO DE SALLES OLIVEIRA"
SÃO PAULO — BRASIL

ESTUDOS DE SORPCÃO DE URÂNIO CONTIDO EM SOLUÇÕES DE NITRATO
DE URANILO POR RESINA CATIONICA FORTE E SUA ELUIÇÃO COM
SULFATO DE AMÔNIO - PARTE I: FIXAÇÃO SELETIVA DE TÓRIO^(*)

Antonio G.S. Ribas e Alcídio Abrão

Divisão de Engenharia Química
Instituto de Energia Atômica
São Paulo - Brasil

Publicação IEA Nº 209

Maio - 1970

Comissão Nacional de Energia Nuclear

Presidente: Prof.Dr. Hervásio Guimarães de Carvalho

Universidade de São Paulo

Reitor: Prof.Dr. Miguel Reale

Instituto de Energia Atômica

Diretor: Prof.Dr. Rômulo Ribeiro Pieroni

Conselho Técnico-Científico do IEA

Prof.Dr. José Mauro Gonçalves	}	pela USP		
Prof.Dr. José Augusto Martins				
Prof.Dr. Rui Ribeiro Franco			}	pela CNEA
Prof.Dr. Theodoro H.I. de Arruda Souto				

Divisões Didático-Científicas

Divisão de Física Nuclear -
Chefe: Prof.Dr. José Goldenberg

Divisão de Radioquímica -
Chefe: Prof.Dr. Fausto Walter de Lima

Divisão de Radiobiologia -
Chefe: Prof.Dr. Rômulo Ribeiro Pieroni

Divisão de Metalurgia Nuclear -
Chefe: Prof.Dr. Tharcísio D.S. Santos

Divisão de Engenharia Química -
Chefe: Lic. Alcídio Abrão

Divisão de Engenharia Nuclear -
Chefe: Eng^o Pedro Bento de Camargo

Divisão de Operação e Manutenção de Reatores -
Chefe: Eng^o Asor Camargo Penteadó Filho

Divisão de Física de Reatores -
Chefe: Prof.Dr. Paulo Saraiva de Toledo

Divisão de Ensino e Formação -
Chefe: Prof.Dr. Rui Ribeiro Franco

ESTUDOS DE SORPÇÃO DE URÂNIO CONTIDO EM SOLUÇÕES DE NITRATO
DE URANILO POR RESINA CATIONICA FORTE E SUA ELUIÇÃO COM
SULFATO DE AMÔNIO - PARTE I: FIXAÇÃO SELETIVA DE TÓRIO^(*)

Antonio G.S. Ribas e Alcídio Abrão

RESUMO

Com a finalidade de complementar estudos que vêm sendo feitos há algum tempo no campo de purificação de urânio, foram efetuadas experiências de fixação do íon uranilo em resina catiônica forte e sua eluição com sulfato de amônio.

Foi estudado o comportamento do tório presente como principal impureza, em função da vazão de carga, da concentração de urânio e da acidez da solução influente. Foi também estudada a eluição seletiva de urânio e tório, em função da concentração da solução eluente.

O trabalho apresenta uma série de tabelas e gráficos mostrando os resultados obtidos.

1. INTRODUÇÃO

O fenômeno de sorpção do íon uranilo em resina catiônica e sua eluição com sulfato de amônio é usado no IEA desde 1960, no processo idealizado por F.W. Lima e A. Abrão para a obtenção de compostos de urânio atômicamente puros em escala piloto⁽¹⁾.

Linha geral de processamento

O referido processo parte de soluções de nitrato de uranilo obtidas pela dissolução de diuranato de sódio (DUS) com ácido nítrico concentrado num reator químico em condições apropriadas^(2,3). O DUS é um concentrado bruto de urânio, fornecido pela Administração da Produção da Monazita de São Paulo, cuja análise típica é mostrada na Tabela I.

(*) Trabalho apresentado à XXI Reunião Anual da SBPC, Porto Alegre, RS, Julho de 1969.

O nitrato de urânio obtido deve, então, ser purificado, ou pelo processo de troca iônica ou pelo de extração com solventes, para que, a partir dele, seja precipitado, com NH_3 gasoso, em condições apropriadas^(3,4) o diuranato de amônio (DUA) de elevada pureza química, que será transformado em UO_2 , usado na fabricação de elementos combustíveis.

TABELA I
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO DIURANATO DE SÓDIO

Elemento	(%)
Urânio (como U_3O_8)	79,5
Boro	0,0002
Cobre	0,001
Vanádio	0,004
Molibdênio	0,0005
Arsênico	0,01
Fósforo (como PO_4)	0,3
Enxofre (como SO_4)	1,5
Fluor	0,02
Halogênios	0,015
Tório (como ThO_2)	3,0 (*)
Terras Raras	0,2
Sm + Eu + Gd + Dy	0,02 max.
Ferro	0,1
Cádmio	0,007
Chumbo	0,015
Titânio	0,015
Silício (como SiO_2)	1,4
Sódio (como Na_2O)	9,2

(*) variável de 0,3 a 8,0 %

2. PURIFICAÇÃO POR TROCA IÔNICA

Conforme já foi descrito com detalhes, o processo original de purificação de urânio por troca iônica⁽¹⁾ consta basicamente de duas colunas de resina catiônica forte, denominadas genericamente de Coluna I e Coluna II, como mostra o esquema da Fig. 1.

Na Coluna I é percolada uma solução de nitrato de urânio, em condições tais que aí ficam retidos urânio, tório, terras raras, e outros elementos que eventualmente acompanham o DUS original. A finalidade principal dessa coluna é a descontaminação de

tório e terras raras, deixando sair um efluente constituído por solução de nitrato de urânio cujo teor desses dois elementos já foi grandemente diminuído.

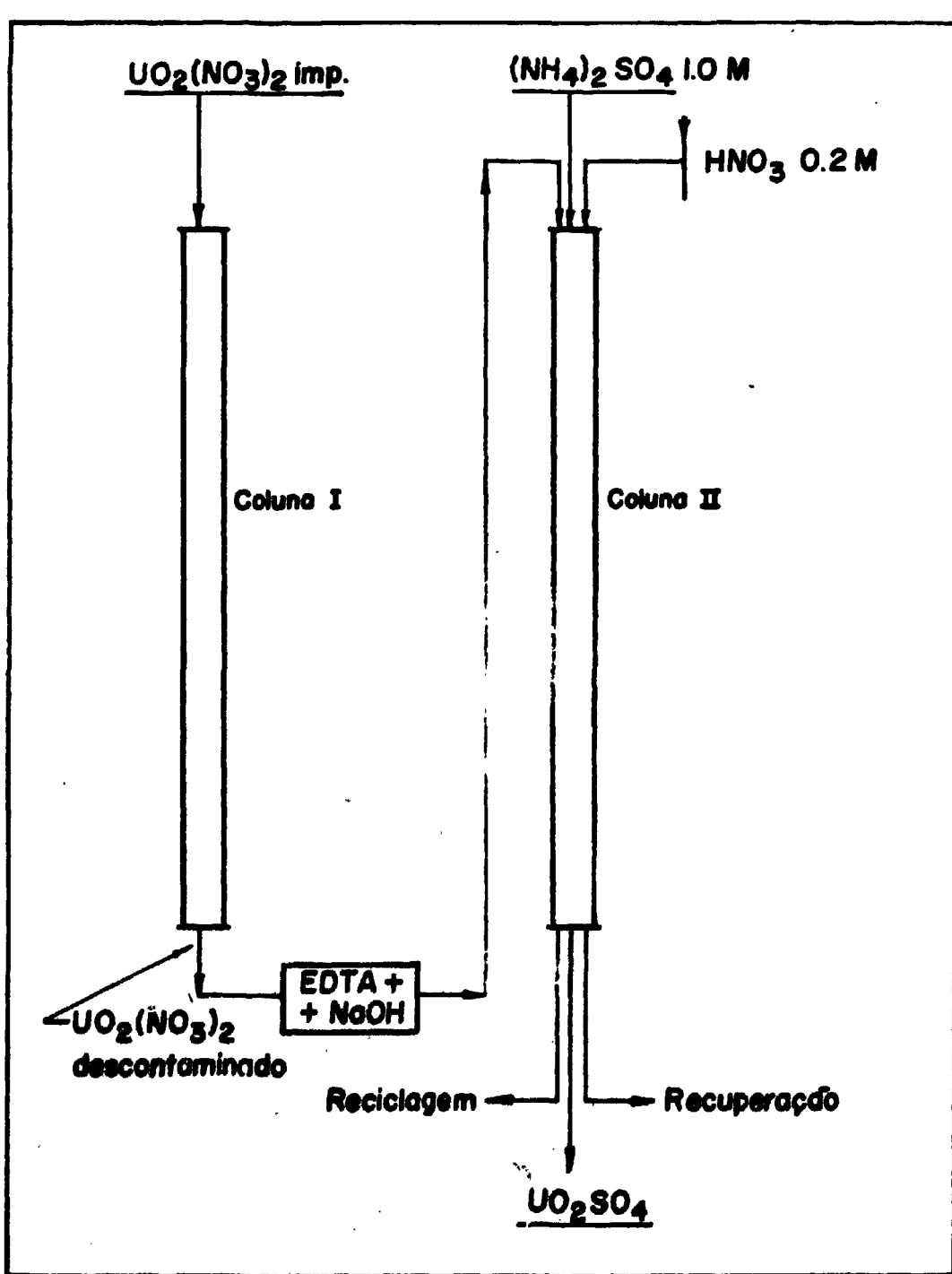


Fig. 1 Esquema de operação do processo

À esse efluente é feita, em seguida, adição de agente complexante (EDTA), para as impurezas como tório, terras raras, ferro, bismuto, cobre, zircônio e háfnio (entre outras), sendo o pH ajustado para 2,5 com NaOH. Esta solução é percolada na Coluna II, que tem a finalidade de reter o urânio e deixar passar as impurezas que, por formarem complexos negativos com o EDTA, não são retidas pela resina catiônica.

Após a saturação desta coluna segue-se uma lavagem com ácido nítrico 0,2 M para a eliminação do fósforo que ficara adsorvido na resina, eluindo-se depois o urânio com sulfato de amônio. O sulfato de urânio obtido, já bastante purificado, será usado para a precipitação do DUA, obtendo-se, simultaneamente, nesta operação, a descontaminação final de várias impurezas⁽¹⁾ entre elas tório e lanatânídeos.

3. OBJETIVO DO TRABALHO

Tendo por base essa linha geral de processamento, foi feito um estudo do comportamento das duas colunas, em função de vários parâmetros que influenciam as suas condições de operação, visando principalmente a máxima descontaminação do tório (na Coluna I), a máxima retenção de urânio e o mínimo volume de eluição (na Coluna II).

Os parâmetros estudados foram: concentração da solução de carga; vazão de carga, acidez da solução de carga, concentração da solução eluente, vazão de eluição e acidez da solução eluente.

Nesta 1a. Parte do trabalho serão estudadas apenas as condições de operação da Coluna I.

4. FIXAÇÃO SELETIVA DO TÓRIO

Já foi visto que a finalidade principal da Coluna I é a de reter o tório e deixar passar o efluente constituído por solu-

ção de nitrato de uranilo, que será percolado na Coluna II. Como é sabido⁽¹⁾ o mecanismo do processo baseia-se no fato de a resina catiônica ter uma afinidade maior pelo tório que pelo íon uranilo.

À medida que a solução vai sendo percolada pela coluna esses dois íons vão sendo retidos pela resina até o ponto de "break-through", quando o urânio começa a efluir, lembrando que estamos tratando apenas do sistema tório/urânio, e que o primeiro encontra-se na solução em proporção de impureza (cêrca de 1-2% sôbre o urânio). Com o prosseguimento da operação, há a saturação da resina e o íon uranilo vai sendo continuamente deslocado pelo tório que lhe toma o lugar na mesma.

Teòricamente, e para soluções muito diluídas, isto se dá até que, atingido o ponto de saturação, para o tório, êle começa a efluir. Mas, na prática, devido às altas concentrações da solução influente e às condições forçadas de equilíbrio a que está sujeito o sistema, o tório não apenas vai ocupando o tópo da resina, como também dissemina-se pela mesma e eflui juntamente com o urânio, embora numa proporção bem menor e após um tempo, ou volume, que varia conforme as condições da operação.

É necessário, então, que se faça um contròle da relação tório/urânio no efluente a fim de que ela não ultrapasse um valor determinado, pré-fixado na prática. Isto porque a descontaminação desse elemento será tanto mais fácil na Coluna II quanto menos êle estiver presente no efluente da Coluna I. Trata-se, então, de estabelecer um compromisso entre a máxima quantidade de urânio purificado pela primeira coluna e um teor de tório tal que não prejudique a descontaminação na segunda. Por razões práticas, ditadas pela experiência, estabeleceu-se em 0,5 (50%) o valor da relação tório/urânio, como "break-through" do tório, que determina o ponto de interrupção da operação.

Após isso faz-se uma lavagem com água para remover a so-

lução intersticial, elui-se a resina com sulfato de amônio, lava-se novamente com água para remover o excesso de sulfato e a coluna está pronta para nova operação. O urânio eluído, contendo elevado teor de tório, é estocado para posterior recuperação por precipitação com hidróxido de sódio.

5. PROGRAMAÇÃO DAS EXPERIÊNCIAS

Para levar a cabo a otimização do processo acima esquematizado, fêz-se um estudo de vários parâmetros que poderiam alterar as condições de carga da coluna, de maneira a se obter o maior volume possível de urânio purificado dentro do limite pré-estabelecido de 50% de descontaminação de tório. Os estudos foram orientados da seguinte maneira:

Estudo da variação da vazão de carga - Baseando-se no fato de que um aumento na velocidade de carga tem como consequência um menor tempo de contactação entre os elementos percolados e a resina, e sabendo-se que o seu coeficiente de partição é diferente (a resina tem uma afinidade maior para com o tório que para com o urânio), alterando, por conseguinte, as suas relações de equilíbrio, procurou-se saber se essa alteração poderia redundar numa maior retenção de tório em relação à retenção do urânio, que já é proporcionalmente menor.

Fêz-se, então, um estudo da influência da vazão de carga, variando-se a mesma de 6 a 48 ml/cm².min (0,25 a 2,0 litros/hora na coluna utilizada para estas experiências), mantendo-se fixas a concentração da solução de carga e a sua acidez (140 g U/litro e pH = 0,5, respectivamente).

Estudo da variação da concentração da solução de carga - Como um fator de provável influência na descontaminação tório-urânio

nio, foi estudada a variação da concentração da solução influente, partindo-se de soluções desde 30 até 140 g U/litro, mantendo-se a vazão de carga em $12 \text{ ml/cm}^2 \cdot \text{min}$ (0,5 l/h) e a acidez da solução em pH 0,5.

A idéia era a de que as soluções mais diluídas proporcionariam uma melhor descontaminação que as mais concentradas, uma vez que a seletividade da resina pelo tório aumenta com a diluição da solução influente. Dessa maneira o tório tenderia a ficar mais fortemente retido no topo da coluna, deixando sair um efluente de urânio bem descontaminado em relação ao tório.

Estudo da variação da acidez da solução de carga - Par-

tin-

do-se do princípio de que o grau de acidez de uma solução influi no comportamento cromatográfico dos elementos que ela contém, quando percolada por uma resina iônica, em virtude da maior ou menor concentração hidrogeniônica (o hidrogênio compete com os íons de menor carga no processo de troca), procurou-se saber até que ponto a acidez da solução de carga influiria na descontaminação do tório.

Fêz-se, então, uma variação na acidez da solução influente, de pH 0 até pH 3, mantendo-se inalteradas as demais condições: concentração igual a 110 g de U/litro e vazão igual a $12 \text{ ml/cm}^2 \cdot \text{min}$ (0,5 l/h).

Estudo da variação da concentração do eluente - Quando

se elui

a resina com sulfato de amônio, após as operações de carga e lavagem, o urânio, que será recuperado com NaOH para posterior reaproveitamento, sai fortemente contaminado com tório.

Procurou-se, então, por meio da variação da concentração da solução eluente (sulfato de amônio), uma maneira de se eluir seletivamente esses dois elementos para que, quando do reaproveita-

mento do urânio, o mesmo não contivesse um teor tão elevado em tório, o que facilitaria sobremaneira novas operações de descontaminação (reciclagem).

A variação da concentração do sulfato de amônio foi feita de 0,25 a 2,0 M, conservando-se a vazão de eluição em 12 ml/min.cm^2 (0,5 l/h) e o pH do eluente em 2.

6. ECUIPAMENTO

Para levar a cabo as experiências em questão usou-se uma coluna de vidro, munida de sifão, com as dimensões de 80 cm de altura, 3 cm de diâmetro interno e volume útil de 560 cm^3 , na qual foram condicionados 500 ml de resina catiônica forte, Nalcite HCR, forma amônio, com granulometria de 30 mesh. A finalidade do sifão foi a de permitir a operação da coluna durante a noite, no caso de experiências que requeriam grande volume de carga, ou no caso das lavagens, por medida de economia de tempo. Uma vez acabada a solução influente o sifão não permitia que a coluna secasse.

As soluções a serem percoladas na coluna foram condicionadas em frascos de Mariotte com quatro litros de capacidade cada, colocados numa plataforma acima das colunas e ligadas à mesma por meio de tubo e rôlha de borracha, sendo o ajuste da vazão feito por meio de pinças.

7. PREPARAÇÃO DAS SOLUÇÕES

As soluções de nitrato de urânio usadas como carga foram preparadas a partir de soluções obtidas na Planta Piloto de Purificação de Urânio da Divisão de Engenharia Química do IEA, setor de dissolução de DUS, sendo os ajustes de concentração e acidez feitos conforme o parâmetro a ser investigado. As soluções oriundas da planta tinham, em média, 280 gramas de U/ litro e $\text{pH} = 0,5$.

No estudo da variação da vazão de carga foi preparada uma

solução de nitrato de urânio com 140 gramas U/litro e pH = 0,5 , por diluição com água da solução estoque.

Para o estudo da variação da concentração da solução de carga foram preparadas soluções de 30, 50, 80, 110 e 140 gramas U/litro, por diluição com água da solução original, sendo os eventuais reajustes de pH feitos com ácido nítrico.

Para estudar a variação da acidez da solução de carga, foram preparadas soluções com 140 gramas U/litro e pHs 0,0, 0,5 , 1,0, 1,5 e 2,0, respectivamente, acertados com ácido nítrico ou NaOH, conforme o caso.

As soluções eluentes foram preparadas por dissolução de sulfato de amônio cristalizado em água, nas concentrações usadas: 0,25, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 sendo os ajustes de pH feitos com ácido sulfúrico.

8. TÉCNICA EXPERIMENTAL

Após preparada, a solução de carga era percolada através da coluna, com a vazão desejada, até que o efluente, coletado em frações de 500 ml, acusasse um índice de descontaminação de 50% para o tório.

Seguia-se uma lavagem com água para remover o urânio intersticial, procedendo-se, depois, à eluição com sulfato de amônio, e, finalmente, uma lavagem com água para retirar o excesso de sulfato. Os eluídos foram coletados geralmente em uma única fração, salvo no caso do estudo da variação da concentração eluente, quando o mesmo foi recolhido em frações de 250 ml.

Análises de controle - Para que as experiências pudessem cumprir a sua finalidade de maneira satisfatória, foi necessário manter-se um controle constante sobre as suas condições de operação, principalmente quanto ao aspecto da relação Th/U dos efluentes, levando-se ainda em consideração a necessidade do conhecimento da concentra-

ção das soluções influentes e efluentes. A amostragem dos efluentes foi feita retirando-se das suas frações coletadas, previamente homogeneizadas, alíquotas de aproximadamente 10 ml.

As determinações analíticas de concentração das soluções influentes, efluentes e eluídos, bem como as determinações da relação Th/U, que permitiram um conhecimento imediato dos fatores de descontaminação do tório, foram feitas pelo processo radiométrico via espectrometria de raios gama⁽⁵⁾. Para essas determinações foi usado um espectrômetro de raios gama de um canal, fabricado pela Nuclear Chicago Co., composto de: analisador de raios gama (modelo 8753, série 42), detetor de NaI (Tl) de 2" (modelo 821330, série 647) e escalímetro (modelo 8166, série 188).

As demais análises rotineiras, tais como determinações de acidez livre e das concentrações dos reagentes, foram efetuadas pelos métodos usuais no Laboratório de Química Analítica da Divisão de Engenharia Química.

9. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

As Tabelas e Figuras apresentadas a seguir indicam os resultados obtidos nas experiências efetuadas de acordo com a programação estabelecida.

A Fig. 2 mostra a descontaminação do tório em função da vazão de carga. Observa-se que o volume de efluente descontaminado diminui à medida que a vazão aumenta, ou, em outras palavras, a descontaminação do tório diminui com o aumento da vazão, substituindo-se por efluente descontaminado aquele que apresenta um índice de descontaminação mínimo de 50% em relação à solução de carga.

A Tabela II evidencia melhor esse efeito, observando-se ainda que, para as condições utilizadas na experiência, a retenção de urânio pela resina diminui com o aumento da vazão, conforme se pode observar também pela curva apresentada na Fig. 3. Des-

de que, evidentemente, o volume da solução não seja excessivo de modo a saturar completamente a coluna.

A Fig. 4 refere-se à experiência de descontaminação tório/urânio em função da concentração da solução de carga, de acordo com os dados apresentados na Tabela III, onde se pode notar dois aspectos interessantes do problema.

TABELA II

Urânio obtido com uma descontaminação mínima de 50%, em função da vazão de carga

Vazão de carga		Urânio percolado		Urânio retido	Urânio purif.
l/h	ml min.cm ²	litros	gramas	gramas	gramas
0,25	6,00	6,00	840,0	67,0	773,0
0,50	12,00	3,50	490,0	60,0	430,0
1,00	24,00	2,75	385,0	57,0	328,0
1,50	36,00	2,50	350,0	55,0	295,0
2,00	48,00	2,25	315,0	53,0	262,0

TABELA III

Urânio descontaminado obtido em função da conc. da solução de carga com uma descontaminação mínima de 50%

Conc. da sol. carga (g U/l)	Urânio percolado		Urânio retido	Urânio purif.
	litros	gramas	gramas	gramas
20,0	56,0	1680,0	60,0	1620,0
50,0	33,0	1650,0	60,0	1590,0
80,0	14,0	1120,0	60,0	1060,0
110,0	7,0	770,0	60,0	710,0
140,0	3,5	490,0	60,0	430,0

O primeiro deles refere-se à descontaminação do tório, que diminui notavelmente e de uma maneira praticamente constante, proporcionalmente ao aumento da concentração. Observa-se que aproximadamente para cada 30 gramas U/litro a mais na solução de carga, o volume da efluente descontaminado reduz-se à metade, salvo no caso específico da solução a 50 g/l onde houve uma pequena di

ferença entre o volume calculado e o volume obtido. O segundo diz respeito à retenção de urânio, que se mostrou praticamente constante dentro da faixa de concentrações utilizada.

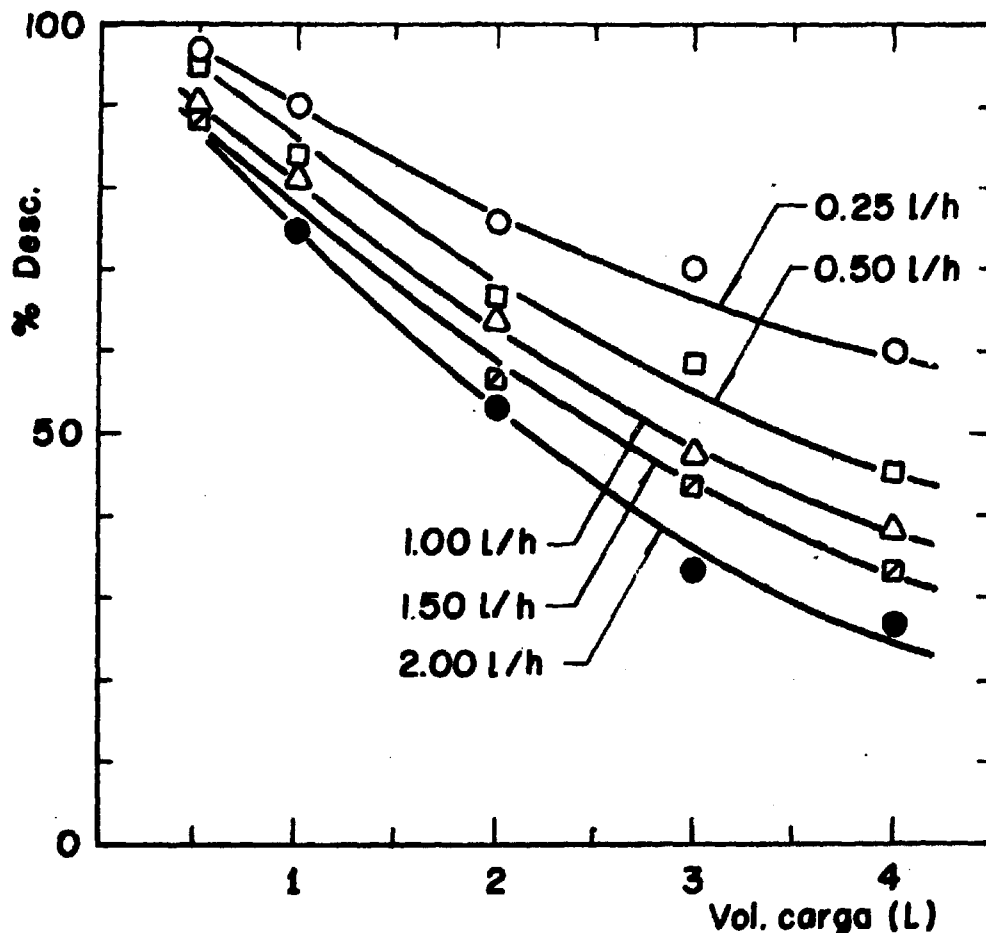


Fig. 2 Curva de descontaminação Th/U vs. volume de carga, em função da velocidade de carga.

Coluna: 80 cm altura x 3 cm ϕ interno
(500 ml de resina)

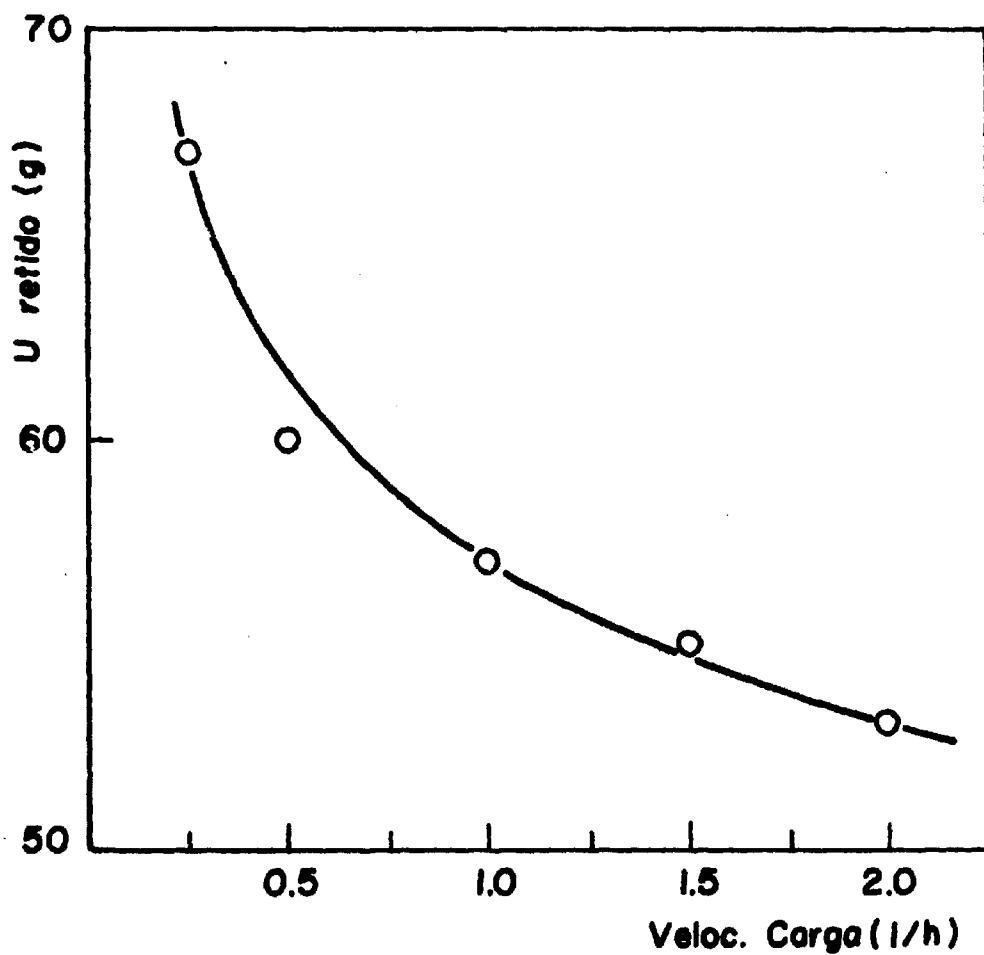


Fig. 3 Curva de retenção do Urânio vs. velocidade de carga

Coluna: 80 cm altura x 3 cm \varnothing interno
(500 ml de resina)

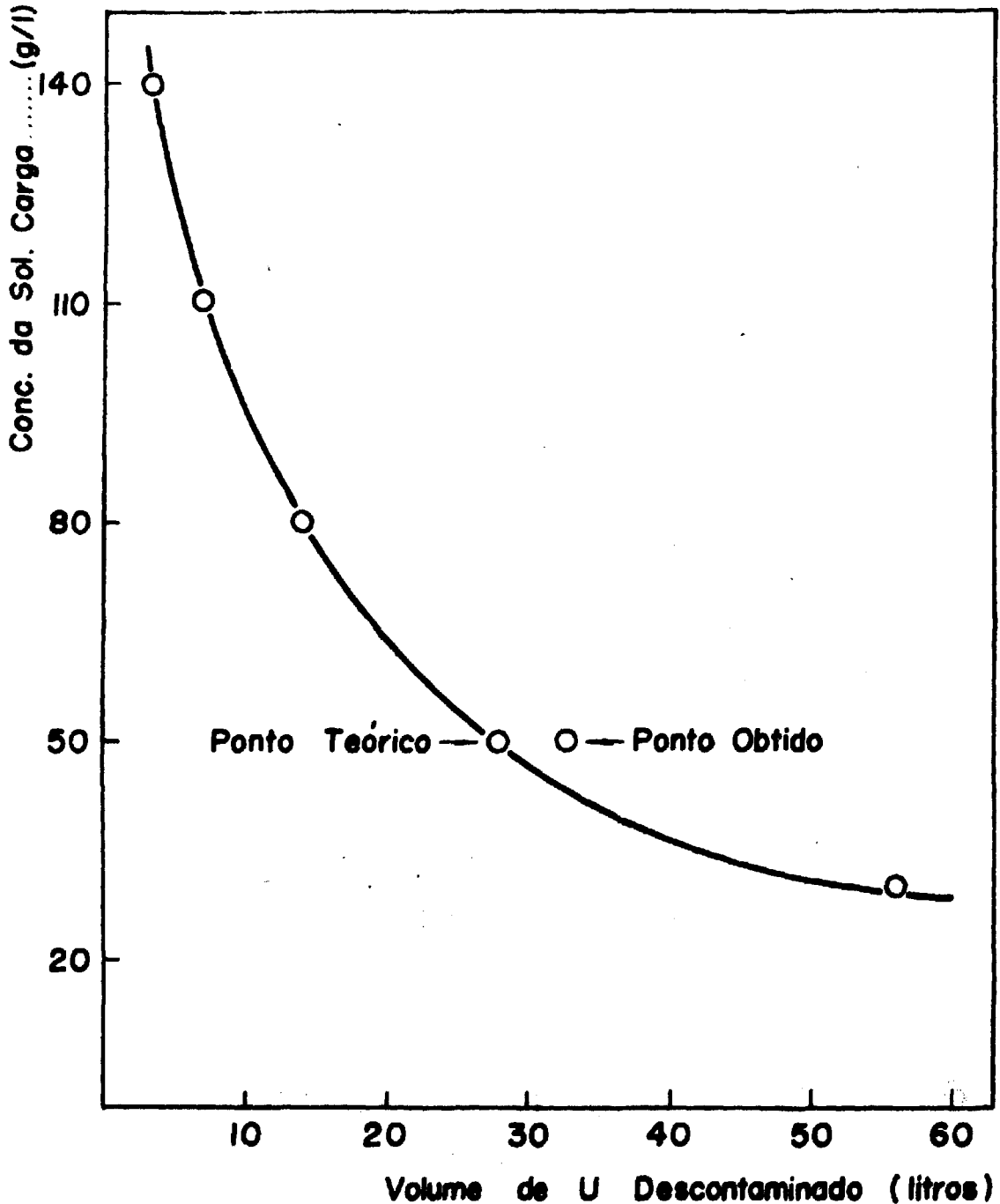


Fig. 4 Curva de Descontaminação Th/U vs. conc. da solução de carga, para um nível de descontaminação de 50 %

O estudo da variação da acidez da solução de carga mostrou a curva de aspecto um tanto irregular que se observa na Fig. 5, com uma descontaminação Th/U mínima para pH = 0, seguida de um máximo para pH = 0,5, permanecendo constante entre pH 1 e 2 para, finalmente, cair um pouco mais no ponto de pH = 2,5, acima do qual não foi possível operar por haver formação de precipitado na solução.

As Figs. 6 a 10 mostram curvas típicas de eluição quando se fez a variação da concentração da solução eluente. A descontaminação do tório é muito boa para concentrações de sulfato de amônio entre 0,1 e 0,25 M (Fig. 6), com separação nítida do urânio.. que é eluído primeiro, havendo pequena contaminação quando eluído com sulfato de amônio 0,5 M, com interferência nas áreas de eluição (Fig. 7), e separação pobre acima de 0,5 M (Figs. 8, 9, e 10).

10. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Experiências efetuadas em trabalho anterior⁽¹⁾, levaram à conclusão da possibilidade de purificação de compostos de urânio por meio de resinas catiônicas. Neste trabalho foi feito um estudo sistemático com o objetivo de otimizar todos os parâmetros que controlam o processo de purificação de urânio descrito no trabalho anterior⁽¹⁾.

Resultados obtidos no presente estudo atestam, por sua vez, a viabilidade da otimização, particularmente sob o ponto de vista da descontaminação do tório, pelo estudo de suas principais variáveis.

Pelos dados apresentados no ítem 9, sob a forma de tabelas e curvas, conclui-se que o volume de urânio descontaminado é maior:

1. Para menores vazões de alimentação da solução de carga.

2. Para menores concentrações da solução de carga.

3. Para soluções de carga de $pH = 0,5$.

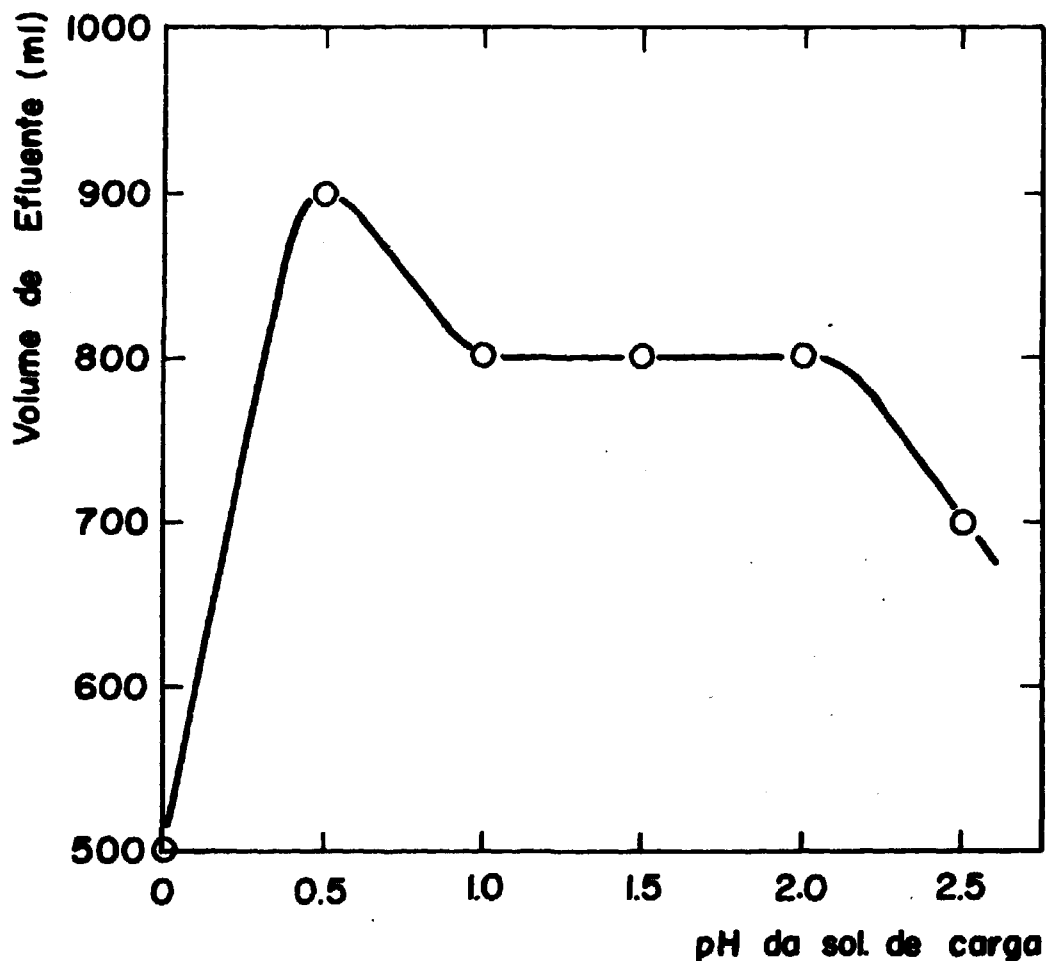


Fig. 5 Curva de Descontaminação
Th/U em função da acidez da
solução de carga para um
nível mínimo de 50 % de desc.

Coluna: 40 cm altura x 1,3 cm ϕ interno
(100 ml de resina)

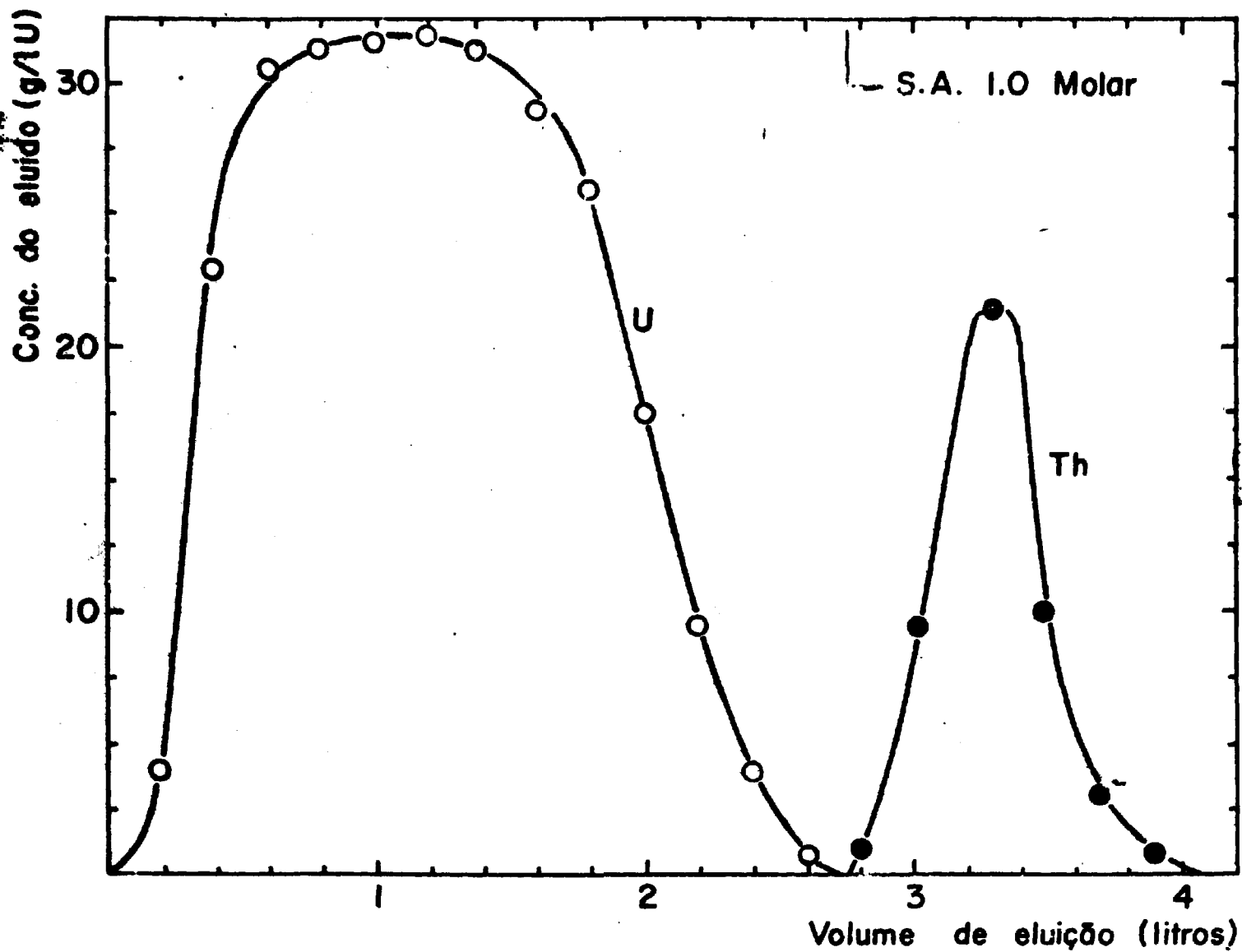


Fig. 6 - Eluição com Sulfato de Amônio 0,25 Molar pH=2,0

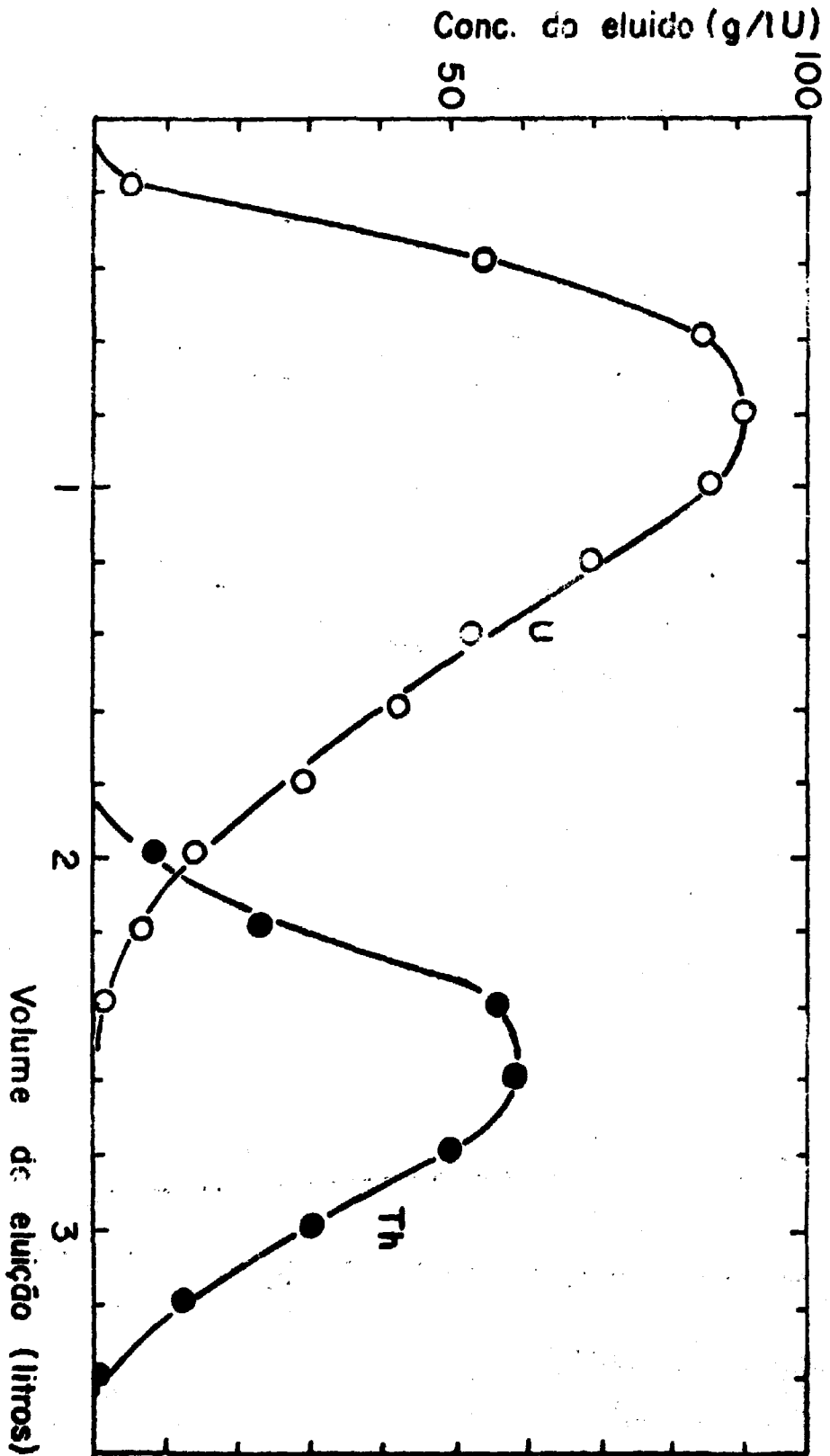


Fig. 7 - Eluição com Sulfato de Amônio 0,5 Molar pH = 2,0

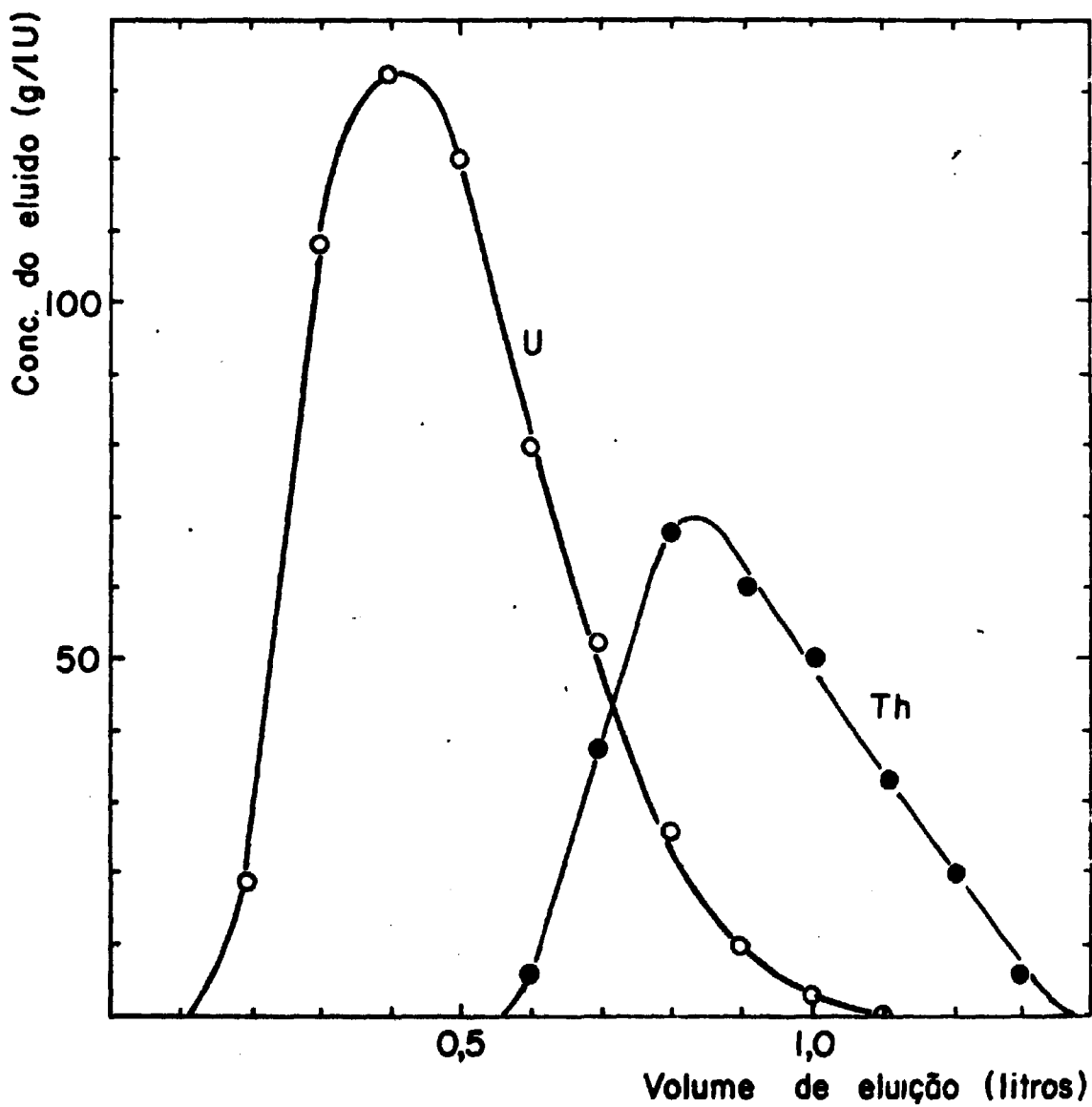


Fig. 8 - Eluição com Sulfato de Amônio
1,0 Molar, pH = 2,0

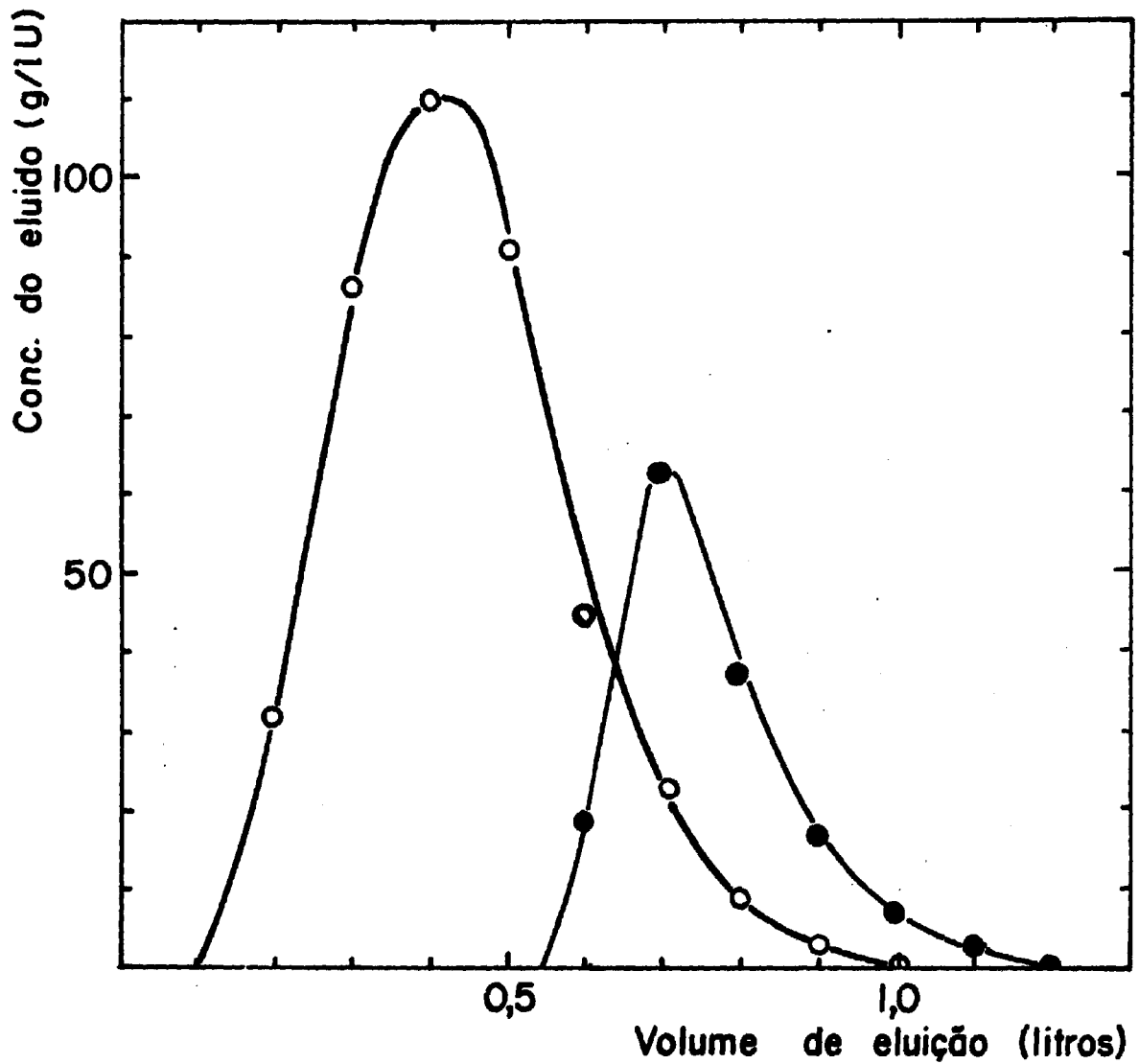


Fig. 9 - Eluição com Sulfato de Amônio
1,5 Molar, pH = 2,0

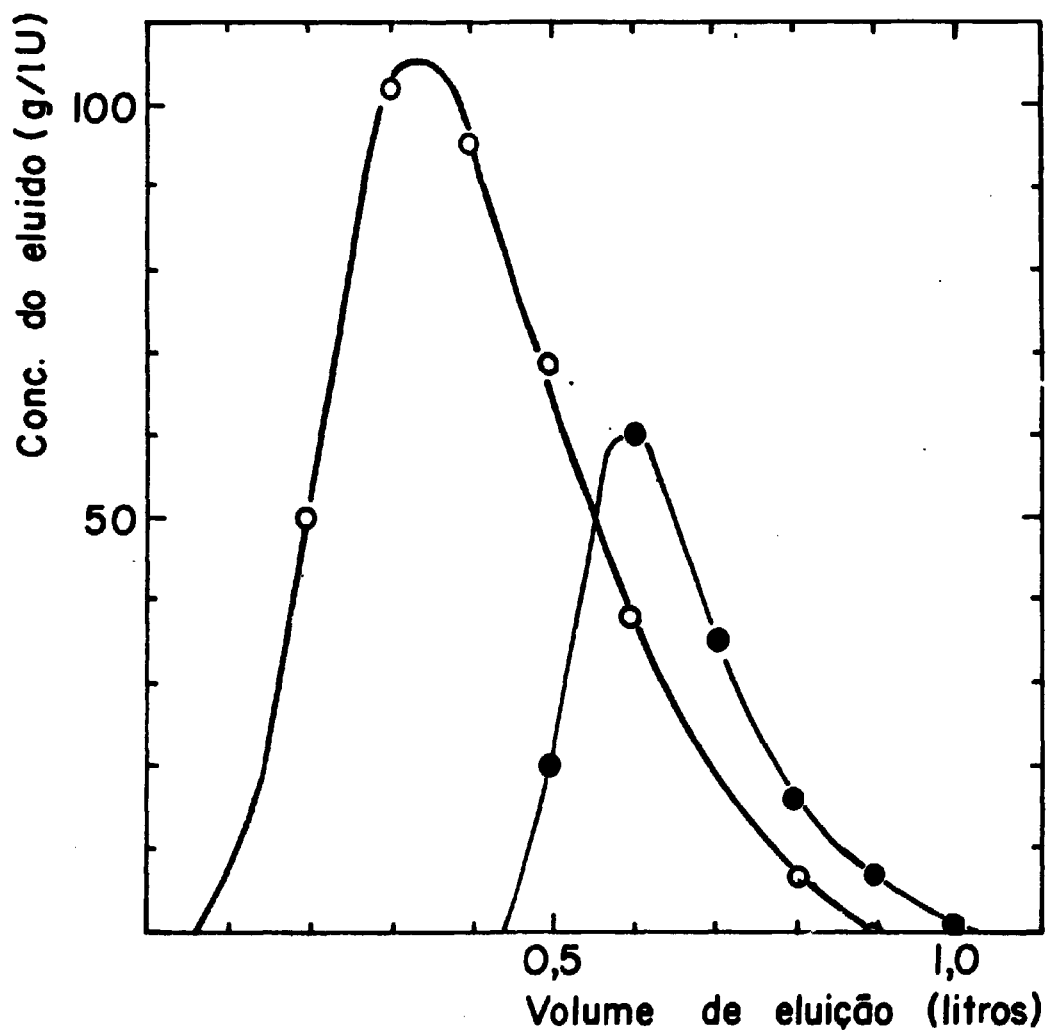


Fig.10 - Eluição com Sulfato de Amônio
2,0 Molar, pH = 2,0

Tomando-se agora êsses dados e colocando-os sob a forma de Tabela IV, obtêm-se a massa de urânio descontaminado, em gramas, por litro de resina, em função da concentração da solução de carga e da vazão de carga. Para a execução desta Tabela tomou-se por base os valores apresentados nas Tabelas II e III e, por meio de cálculos simples, utilizando-se os fatores de conversão, calcularam-se as massas de urânio obtidas nos demais casos.

Vê-se, portanto, que percolando-se pela resina uma solução de nitrato de urânio de pH = 0,5 e concentração de 30 g U/litro com uma vazão de 12 ml/min.cm² (0,5 l/h no caso estudado), teríamos, dentro das condições estudadas, o ponto ótimo do processo, em termos de massa de urânio purificado.

TABELA IV

Urânio descontaminado obtido em função da conc. da solução de carga e da vazão de carga

Vazão de carga ($\frac{\text{ml}}{\text{min.cm}^2}$)	Conc. da solução de carga (g U/l)				
	30,0	50,0	80,0	110,0	140,0
	gramas de urânio/litro de resina				
6,0	5832,0	5716,0	3810,0	2552,0	1546,0
12,0	3240,0	3178,0	2118,0	1419,0	860,0
24,0	2472,0	2425,0	1616,0	1082,0	656,0
36,0	2216,0	2173,0	1449,0	970,0	588,0
48,0	1704,0	1672,0	1114,0	746,0	452,0

Frize-se, contudo, que as considerações acima são válidas somente quando se consideram as operações de uma maneira global, sem levar em consideração o tempo de operação.

A Tabela V mostra o tempo, em horas, que cada operação requer para se obter o máximo volume, ou massa, de urânio descontaminado no efluente de cada operação. Note-se que o caso, antes considerado ideal (solução a 30 g/l e vazão de 6 ml/min.cm²) é, na

realidade, o que requer maior tempo de operação, dentre os casos estudados.

Então, tomando-se por base os dados desta Tabela, pode-se por meio de cálculos simples, dispô-los de acôrdo com a Tabela VI, obtendo-se, dessa maneira, a massa de urânio descontaminado, em função da concentração da solução de carga e da vazão, em gramas de Urânio por litro de resina por hora.

TABELA V

Tempos de operação

(relacionados às massas de U citadas na Tabela IV)

Vazão de carga		Conc. da solução de carga (g U/l)				
		30,0	50,0	80,0	110,0	140,0
l/h	$\frac{\text{ml}}{\text{min.cm}^2}$	Tempos de operação (horas)				
0,25	6,00	384,0	226,0	96,0	48,00	24,00
0,50	12,00	112,0	66,0	28,0	14,00	7,00
1,00	24,00	44,0	26,0	11,0	5,50	2,75
1,50	36,00	26,5	15,5	6,5	3,30	1,65
2,00	48,00	18,0	10,6	4,5	2,25	1,12

E a conclusão a que se chega é que o ponto ideal de operação é aquele que utiliza uma solução de carga de 140 g U/l com uma vazão de 48 ml/min.cm².

Com referência ao problema da eluição seletiva de urânio e tório pela utilização adequada da concentração do sulfato de amônio como eluente, o exame das curvas apresentadas nas Figuras de 6 a 10, leva à duas conclusões fundamentais:

1. A descontaminação do tório diminui sensivelmente à medida que a concentração do sulfato de amônio aumenta.
2. O volume total de eluição (urânio + tório) também diminui sensivelmente com o aumento da concentração do

sulfato de amônio.

Em outras palavras, à medida que se aumenta a concentração da solução eluente, o volume do urânio eluído é cada vez menor e mais contaminado em tório.

TABELA VI

Urânio descontaminado obtido em função da concentração da solução de carga e da vazão de carga

Vazão de carga		Conc. da solução de carga (g U/l)				
		30,0	50,0	80,0	110,0	140,0
l/h	$\frac{\text{ml}}{\text{min.cm}^2}$	gramas urânio/litro resina/hora				
0,25	6,00	15,2	25,3	39,7	53,0	64,4
0,50	12,00	28,9	48,2	75,6	77,3	122,9
1,00	24,00	56,2	93,3	146,9	196,7	238,5
1,50	36,00	83,6	140,2	222,9	293,9	356,4
2,00	48,00	94,7	157,7	247,6	331,6	401,4

Como esse urânio será levado a recuperação por precipitação com NaOH , trata-se de estabelecer um compromisso entre o volume da solução a ser recuperada e a concentração de tório dessa solução. Porque, se de um lado, um alto teor de tório acarreta certas dificuldades nas posteriores reciclagens do urânio, de outro um excessivo volume de solução resulta ser antieconômico, não só pelo gasto de reagentes como também pela disponibilidade de espaço, exigindo mais e maiores tanques de estocagem.

Com base nos resultados obtidos, comparando-se as áreas de interferências das curvas, e atendendo à esse compromisso, conclui-se que a concentração ótima do sulfato de amônio para a eluição seletiva de urânio e tório após as operações de carga da Coluna I é 0,5 molar.

RÉSUMÉ

Ayant pour objectif mieux documenter les études réalisées dans le domaine de purification d'uranium on a effectué des expériences quand à la fixation de l'ion uranile en résine cationique et sa élution par le sulfate d'ammonium.

On a étudié l'influence du thorium présent comme impureté principale dans le phénomène de sorption de l'ion uranile, en fonction du débit de charge, de la concentration d'uranium et de l'acidité de la solution influent. On a étudié aussi l'élution sélective d'uranium et de thorium en fonction de la concentration de la solution éluant.

Ce travail présente aussi des tableaux et des graphiques qui montrent des résultats obtenus.

SUMMARY

The uranyl ion sorption on strong cationic resin and its elution with ammonium sulfate was done with the scope of to complement some work that have being performed in the uranium purification field.

The behavior of thorium present as main impurity was studied as function of flow rate, uranium concentration and acidity of the uranyl nitrate solution used as influent. Uranium and Thorium were eluted selectively with ammonium sulfate used as the same eluent for both elements at different concentration.

Several tables and graphs are included in this paper showing the results obtained.

BIBLIOGRAFIA

1. Lima, F.W. e Abrão, A. "Produção de Compostos de Urânio Atômicamente Puros no Instituto de Energia Atômica". Publicação IEA nº 42, abril de 1961.
2. Abrão, A. and França Jr., J.M. "Preparation of Clear Uranyl Nitrate Solution by Fractional Dissolution of Sodium Diuranate". Materials Technology, An Interamerican Approach. San Antonio, Texas, 20-24, p. 104-107, 1968.
3. Abrão, A., França Jr., J.M., Ribas, A.G., Cussiol Fº, A., Gochnarg, I. and Araújo, J.A. "An Ion-Exchange Pilot Plant for the Preparation of Nuclear Pure Uranium Compounds". II Inter-American Conference on Materials Technology. México, D.F., México, August, 1970.
4. Abrão, A. e Araújo, J.M. "Precipitação de Diuranato de Amônio a partir de Soluções de Sulfato de Urânio: Descontaminação".

ção do Íon Sulfato". A ser publicado no IEA.

5. Abrão, A. e Tamura, H. "Routine Radiometric Determination of Uranium by Gamma Ray Spectrometry." Publicação IEA nº 170 , 1968.