

**EXTRAÇÃO DE ALGUNS PRODUTOS DE FISSÃO COM A TETRACICLINA:
INFLUÊNCIA DA ACIDEZ E DA NATUREZA DE ALGUNS
ÂNIOIS INORGÂNICOS**

Ieda I. L. Cunha e Maria José C. Nastasi

**PUBLICAÇÃO IPEN 49
IPEN - Pub - 49**

OUTUBRO/1982

CONSELHO DELIBERATIVO

MEMBROS

Prof. Dr. Luiz Cintra do Prado – Presidente
Dr. Edgardo Azevedo Soares Júnior – Vice-Presidente

CONSELHEIROS

Dr. Hécio Modesto da Costa
Dr. Ivano Humbert Marchesi
Prof. Dr. Waldyr Muniz Olive
Prof. Dr. José Augusto Martins

REPRESENTANTES

Dr. Akio Tanaka
Dr. Samuel Angarita Ferreira da Silva

SUPERINTENDENTE

Hernani Augusto Lopes de Amorim

**EXTRAÇÃO DE ALGUNS PRODUTOS DE FISSÃO COM A TETRACICLINA:
INFLUÊNCIA DA ACIDEZ E DA NATUREZA DE ALGUNS
ÂNIONS INORGÂNICOS**

Ieda I. L. Cunha e Maria José C. Nastasi

**CENTRO DE OPERAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO REATOR DE PESQUISA - IEAR-1
ÁREA DE RADIOQUÍMICA**

**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
SÃO PAULO - BRASIL**

Série PUBLICAÇÃO IPEN

INIS Categories and Descriptors

B11

FISSION PRODUCTS
SOLVENT EXTRACTION
SEPARATION PROCESSES
TETRACYCLINES
URANIUM

COURP - ARO

Recebido em Março de 1982.

Aprovado para publicação em Maio de 1982.

Nota: A redação, ortografia, conceitos e revisão final são de responsabilidade dos Autores.

EXTRAÇÃO DE ALGUNS PRODUTOS DE FISSÃO COM A TETRACICLINA: INFLUÊNCIA DA ACIDEZ E DA NATUREZA DE ALGUNS ANIONS INORGÂNICOS*

Ieda I. L. Cunha e Maria José C. Nastasi

RESUMO

Neste trabalho foi feito o estudo do comportamento da tetraciclina como agente extraente dos produtos de fissão ^{90}Sr , ^{140}Ba , ^{99}Mo , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{103}Ru e ^{137}Cs presentes numa solução obtida pela dissolução do óxido de urânio irradiado.

Para cada um dos produtos de fissão considerados, e para o urânio, foi determinada a variação da porcentagem de extração dos elementos em função da variação do pH da fase aquosa e da presença de eletrólitos na solução.

Foram examinadas também as possibilidades que a tetraciclina, como agente extraente, apresenta para a separação dos produtos de fissão entre si e para a separação do urânio dos produtos de fissão.

INTRODUÇÃO

Vários pesquisadores têm-se dedicado ao estudo das propriedades complexantes da tetraciclina, mostrando a ocorrência da formação de complexos entre a tetraciclina e vários íons metálicos^(1,2,5).

A primeira aplicação da tetraciclina para uma separação química foi apresentada por Masters⁽³⁾ para determinar ^{90}Sr em amostras de grama. Em outro trabalho, Masters⁽⁴⁾ apresentou um estudo sobre as possibilidades do uso da tetraciclina como agente extraente para a separação de diversos elementos entre si, entre os quais, titânio, escândio, ferro, níquel, ítrio, nióbio, tálio e chumbo.

Na Área de Radioquímica do IPEN foram realizados vários trabalhos visando à possibilidade de aplicação analítica do agente complexante tetraciclina^(6,7,8). Os diversos trabalhos experimentais aqui realizados têm mostrado que a tetraciclina é um reagente adequado para diversos tipos de separações de elementos de interesse nuclear (U, Th, lantanídeos e transurânicos).

Saiki e Lima⁽⁷⁾ estudaram a separação de urânio de uma série de elementos, a saber Se, Br, Mo, Sb, Ba, Ta, W, Au, e Hg, que interferem na determinação de urânio por análise por ativação.

Saiki e colaboradores⁽⁸⁾ fizeram um estudo do comportamento da tetraciclina como agente extraente dos elementos lantanídicos e mostraram que o sistema tetraciclina-álcool benzílico pode ser usado para separar esses elementos entre si e que com o uso de agentes mascarantes pode-se separar urânio dos elementos lantanídicos e urânio do tório, quando se usa a técnica de extração com solventes.

Embora tenha sido mostrado no trabalho de Nastasi e Lima⁽⁶⁾ que, em determinadas condições de acidez, é possível obter a separação do urânio dos produtos de fissão ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{137}Cs e ^{144}Ce quando se emprega a tetraciclina como agente extraente, não foi feito o estudo sistemático do

(*) Trabalho apresentado no XXII Congresso Brasileiro de Química, de 11 a 17 de outubro de 1981, Belo Horizonte - MG.

Trabalho parcialmente financiado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear.

comportamento da tetraciclina como agente extraente dos produtos de fissão e do urânio. Assim sendo, neste trabalho foi realizado o estudo do comportamento da tetraciclina como agente extraente do urânio e dos produtos de fissão de meias-vidas longas, ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{103}Ru e ^{140}Ba e também dos radioisótopos de meias vidas curtas ^{99}Mo e $^{99\text{m}}\text{Tc}$.

Para cada um dos produtos de fissão considerados e para o urânio foi determinada a variação da porcentagem de extração dos elementos em função do pH da fase aquosa e da presença de eletrólitos na solução.

Uma vez finalizada essa parte, o problema foi estudado do ponto de vista de uma aplicação prática, ou seja, foram examinadas as possibilidades que a tetraciclina, como agente extraente, apresenta para a separação dos produtos de fissão entre si e para a separação do urânio dos produtos de fissão.

No presente trabalho, assim como nos demais realizados na Área de Radioquímica do IPEN, a tetraciclina foi utilizada sob a forma de cloridrato de tetraciclina.

PARTE EXPERIMENTAL

1 – Preparação das Soluções

Para a preparação da solução do traçador radioativo do elemento bário foram irradiados 20 mg de seu óxido sob um fluxo de nêutrons térmicos da ordem de $10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ durante 1 hora, no reator IEA-R1.

Após a irradiação, o óxido de bário foi dissolvido a quente com soluções de ácidos clorídrico, nítrico ou perclórico de concentração 0,1M, dependendo do meio em que o experimentos de extração seriam posteriormente executados. A solução resultante foi diluída com água destilada, chegando-se a uma concentração final de bário de $1 \times 10^{-5} \text{ M}$, concentração esta em que os experimentos de extração foram realizados.

O traçador radioativo do elemento molibdênio foi obtido pela irradiação de 100 mg de MoO_3 sob um fluxo de nêutrons térmicos da ordem de $10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ durante 8 horas. Após a irradiação, o MoO_3 foi dissolvido, a quente, com solução de hidróxido de sódio 10M e a solução foi diluída de forma a se obter, para os experimentos de extração, uma solução de concentração $5 \times 10^{-4} \text{ M}$ em molibdênio.

O radioisótopo $^{99\text{m}}\text{Tc}$ foi obtido como produto do decaimento radioativo do ^{99}Mo . Após a retenção do molibdênio em uma coluna de alumina, o tecnécio foi dela removido com o emprego de soluções de perclorato, cloreto, nitrato ou sulfato de sódio 0,2 molar, dependendo do meio em que seriam realizados os experimentos de extração. As soluções de tecnécio foram usadas livres de carregador.

O traçador radioativo do rutênio foi obtido pela irradiação da solução de cloreto de rutênio (10 mg/ml de rutênio) em ampola de quartzo, por um período de 40 horas. A solução irradiada foi diluída com água destilada de modo a obter uma concentração final de $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ em rutênio.

A uma solução nítrica de ^{90}Sr livre de carregador foi adicionado nitrato de estrôncio de tal forma que a concentração final de estrôncio para a realização dos experimentos de extração fosse de $1 \times 10^{-5} \text{ M}$.

O estudo referente aos elementos zircônio e nióbio foi feito usando solução livre de carregador dos radioisótopos ^{95}Zr e ^{95}Nb . Estes foram obtidos como produtos da fissão térmica de ^{235}U ao irradiar 2,6g de U_3C_8 (urânio natural) por um período de 100 horas.

Para os experimentos de extração de ^{95}Zr e ^{95}Nb foram usadas as próprias soluções resultantes da dissolução do U_3O_8 irradiado (feita com ácidos clorídrico, perclórico e sulfúrico concentrados e com solução de ácido nítrico de concentração 4M) estando, portanto, os radioisótopos ^{95}Zr e ^{95}Nb presentes ao lado não só dos demais produtos de fissão como também do urânio cuja concentração era de $2 \times 10^{-3}\text{M}$.

Para o estudo da extração do elemento urânio, as soluções foram obtidas por dissolução do óxido de urânio natural não-irradiado, com solução de ácido nítrico de concentração 4M, e com ácido clorídrico ou perclórico concentrados, dependendo do meio em que os experimentos de extração seriam posteriormente executados. A concentração das soluções de urânio utilizadas nos experimentos de extração foi $2,9 \times 10^{-4}\text{M}$ em urânio.

O cloridrato de tetraciclina foi dissolvido com álcool benzílico (p.a. Carlo Erba) previamente lavado com água destilada. A concentração da solução de tetraciclina em álcool benzílico usada para as extrações foi $2 \times 10^{-2}\text{M}$.

2 – Procedimento Adotado para a Realização dos Experimentos de Extração

Para a execução dos experimentos de extração foram usadas soluções dos traçadores radioativos dos elementos em estudo sendo as concentrações dos elementos bário, estrôncio, molibdênio, rutênio e urânio as anteriormente mencionadas. As soluções de tecnécio, zircônio e nióbio foram usadas livres de carregador.

Os experimentos de extração foram realizados cobrindo um intervalo de acidez amplo indo desde 10M até 10^{-10}M .

No intervalo de pH de 1 até 10 foram adicionados eletrólitos (NaCl , NaNO_3 , NaClO_4 e Na_2SO_4) para manter a força iônica constante. A concentração de eletrólito usado foi de 0,1M.

As fases aquosas (5ml) foram colocadas em contato com 5 ml de solução de concentração $2 \times 10^{-2}\text{M}$ de tetraciclina em álcool benzílico.

Com a adição de volumes adequados de solução de hidróxido de sódio, 0,1M ou de ácido 0,1M foi feito o ajuste do pH aos valores em que seriam posteriormente executados os experimentos de extração.

O tempo de agitação usado para a realização dos experimentos de extração foi de 30 minutos. Terminada a agitação e após uma separação inicial das fases, por decantação, procedeu-se à centrifugação das fases e mediu-se novamente o pH da fase aquosa, sendo este o valor tomado como aquele em que se estabeleceu o equilíbrio entre as fases.

De cada uma das fases foram tomadas alíquotas de 2,0 ml e procedeu-se à contagem das amostras. No caso das amostras nas quais somente um radioisótopo estava presente foi utilizado um espectrômetro de raios gama mono-canal, acoplado a um detector de $\text{NaI}(\text{TI})$ do tipo poço. No caso de amostras contendo mais que um radioisótopo foi utilizado um espectrômetro de raios gama, de 4096 canais, acoplado a um detector de $\text{Ge}(\text{Li})$. Para a contagem das partículas beta do ^{90}S foi utilizado um detector Geiger-Müller.

As determinações do urânio foram feitas usando a técnica de análise por ativação com nêutrons epitérmicos, medindo a atividade correspondente ao fotopico de 74,6 keV do ^{239}U .

O cálculo de porcentagem de extração, %E, foi feito usando a seguinte relação:

$$\%E = \frac{(\text{cpm/ml})_o V_o \times 100}{(\text{cpm/ml})_o V_o + (\text{cpm/ml})_a V_a}$$

onde $(\text{cpm/ml})_o$ representa a radioatividade, em número de contagens por minuto, de um ml da fase orgânica e $(\text{cpm/ml})_a$ representa o número de contagens por minuto, de um ml da fase aquosa, sendo V_o e V_a os volumes das fases orgânica e aquosa, respectivamente.

Para cada um dos elementos considerados neste trabalho foi determinada a variação da porcentagem de extração do metal em função da variação do pH da fase aquosa, sendo mantida constante a concentração da solução de tetraciclina em álcool benzílico em $2 \times 10^{-2} \text{M}$. Variou-se o pH das fases aquosas dentro de um intervalo tal que a porcentagem de extração dos elementos variasse de 0 a 100%.

Foi verificada também a influência da natureza do ânion inorgânico presente (Cl^- , ClO_4^- , NO_3^- , SO_4^{2-}), sobre a extração dos produtos de fissão pela tetraciclina.

Para verificar se realmente os elementos em estudo foram extraídos como complexos metal-tetraciclina foi verificada a ocorrência ou não da extração dos produtos de fissão pelo álcool benzílico. Esses experimentos foram realizados conforme descrito anteriormente, na ausência da tetraciclina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1 e 2^{1*} apresentam as curvas de extração dos elementos tecnécio (sob a forma do íon TcO_4^-) e molibdênio, respectivamente, pelo álcool benzílico sozinho. Estas curvas mostram que o álcool benzílico por si só extrai os elementos tecnécio e molibdênio, sendo que esta extração depende da acidez do meio e da natureza do ânion presente. A extração máxima obtida para ambos os elementos foi de 80% no meio clorídrico.

Para os demais elementos estudados, a saber: zircônio, nióbio, rutênio e bário, constatou-se que para todos os meios considerados e em todo o intervalo de acidez examinado, a extração desses elementos pelo álcool benzílico não excedeu a 5%.

Nas Figuras de 3 a 10 estão representadas as curvas que mostram a variação da porcentagem de extração dos elementos estrôncio, bário, tecnécio, molibdênio, rutênio, zircônio, nióbio e urânio, respectivamente, em função da variação do pH da fase aquosa, nos diferentes meios considerados.

O produto de fissão ^{137}Cs não foi extraído pela solução de tetraciclina em álcool benzílico nas condições experimentais examinadas.

Conforme as curvas apresentadas nas Figuras de 5 a 10 mostram, para soluções de mesma acidez, a extração dos produtos de fissão pela solução de tetraciclina em álcool benzílico é mais elevada em meio clorídrico do que nos meios sulfúrico, nítrico e perclórico, para valores de acidez acima de 1M. Entretanto, para o elemento zircônio foram obtidos valores de porcentagem de extração mais elevados no meio nítrico.

As curvas de extração apresentadas nas Figuras 3, 5 e 7 mostram que no intervalo de pH de 1 a 10, a adição de cloreto de sódio às soluções dos elementos estrôncio, tecnécio e rutênio, propicia valores mais altos de extração, em relação àqueles obtidos ao empregar os demais meios.

Para os elementos bário, molibdênio, nióbio e zircônio não houve influência da natureza do meio sobre a extração desses elementos pela tetraciclina, no intervalo de pH de 1 a 10.

(*) Não se faz constar as tabelas correspondentes às figuras (11 Figuras) uma vez que, tendo cada figura cerca de quatro curvas, haveria um total de 43 tabelas.

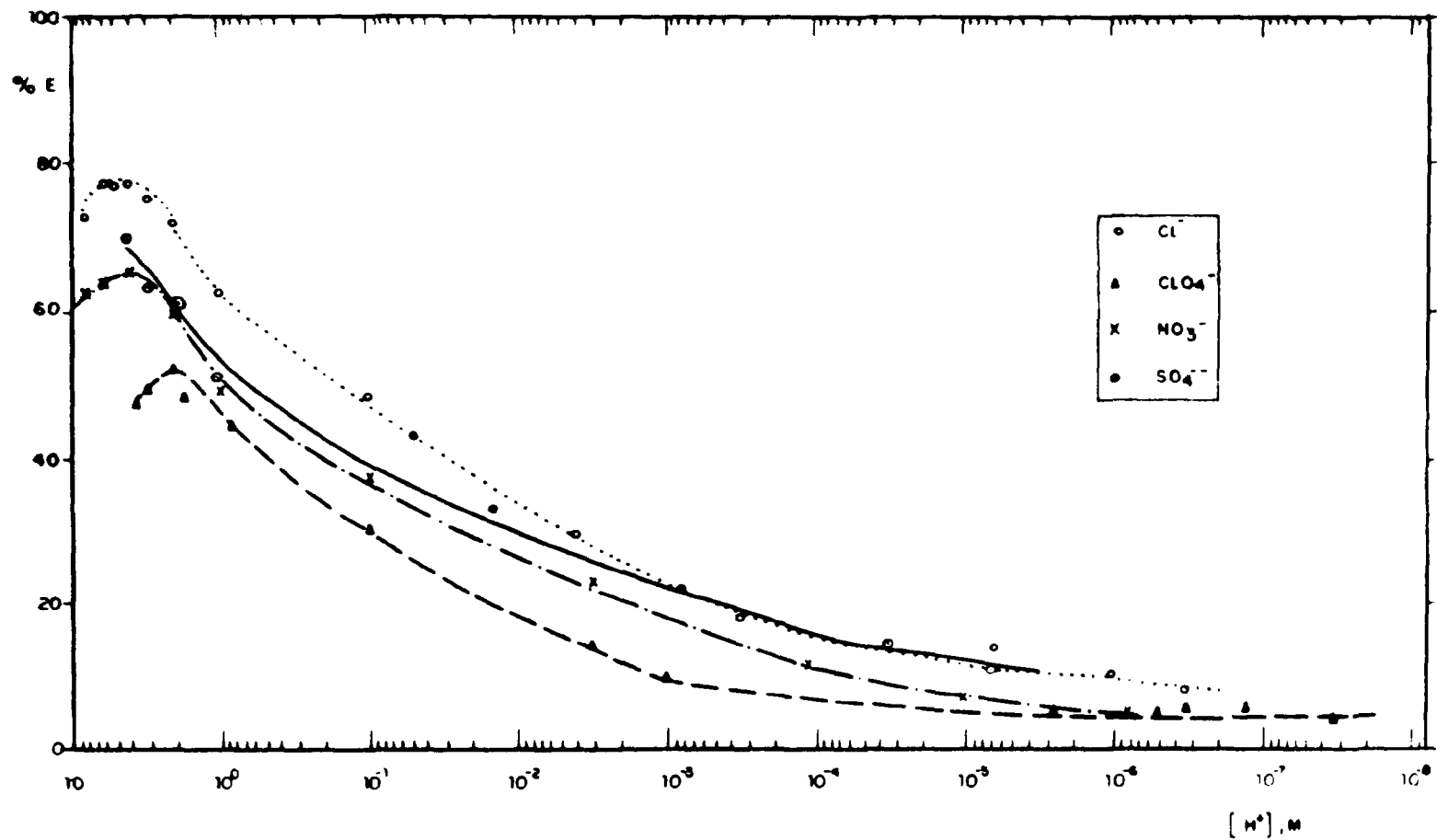


Figura 1 - Curvas de Extração do Tecnécio (TcO_4^-) pelo Álcool Benzílico, na Ausência da Tetraciclina. Tecnécio Livre de Carregador. Concentração dos Eletrólitos 0,1M. Tempo de Agitação = 30 minutos.

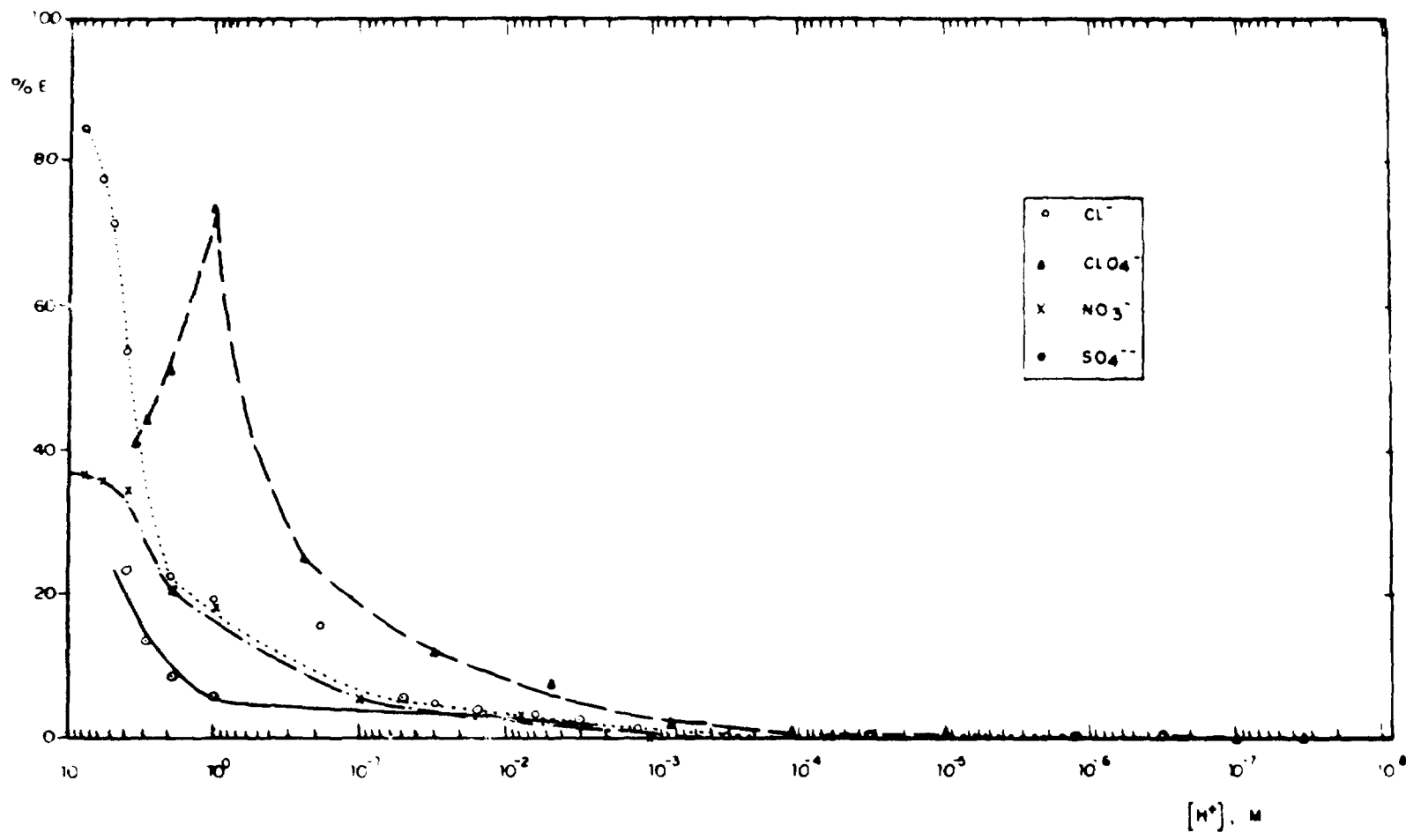


Figura 2 - Curvas de Extração do Molibdênio pelo Álcool Benzílico, na Ausência da Tetraciclina. Concentração do Molibdênio 5×10^{-4} M. Concentração dos Eletrólitos 0,1M. Tempo de Agitação = 30 minutos.

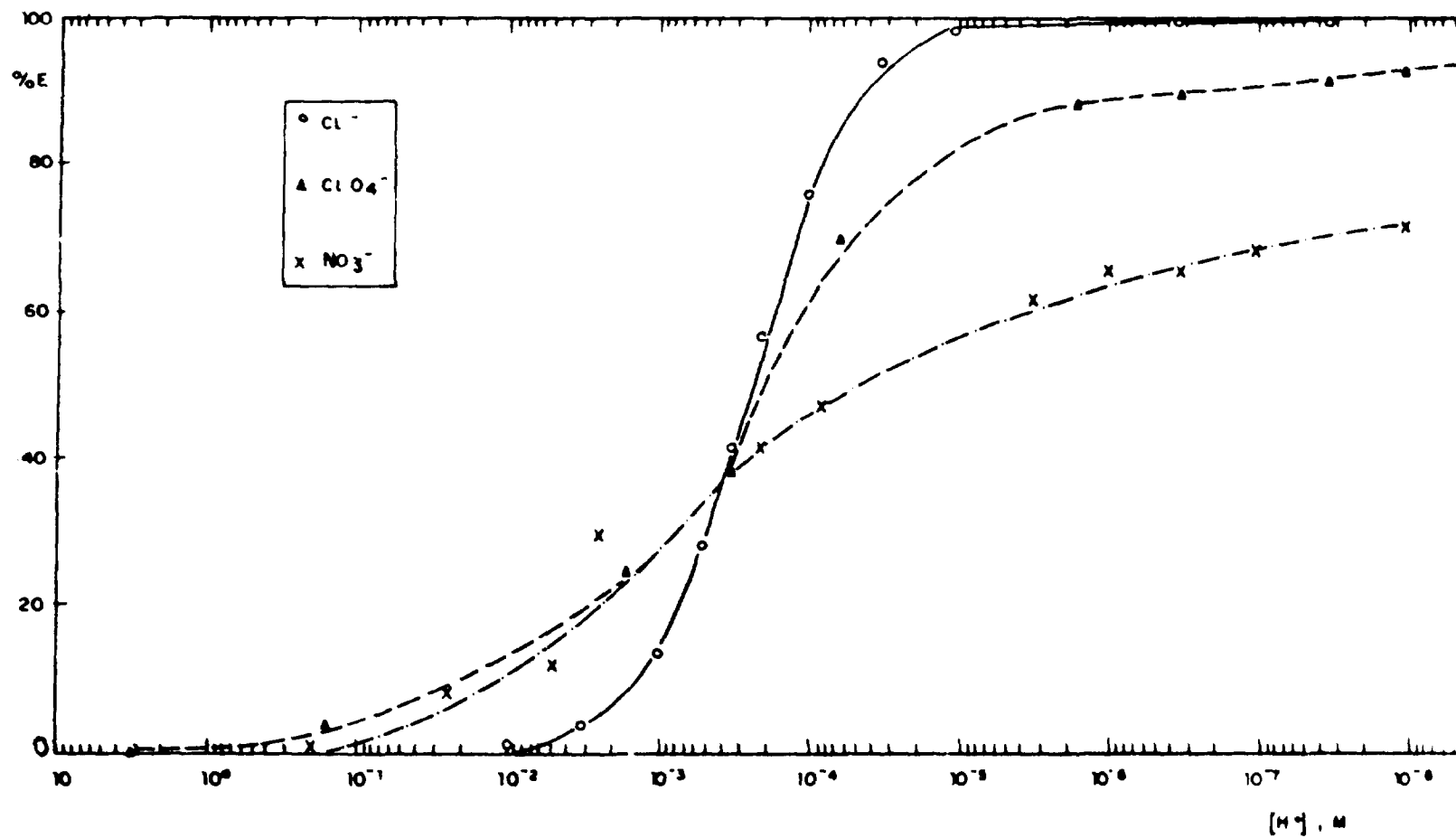


Figura 3 - Influência da Natureza do Ânion Inorgânico sobre a Extração do Estrôncio. Concentração do Estrôncio 1×10^{-5} M. Concentração dos Eletrólitos 0,1M. Concentração da Tetraciclina 2×10^{-2} M. Tempo de Agitação = 30 minutos.

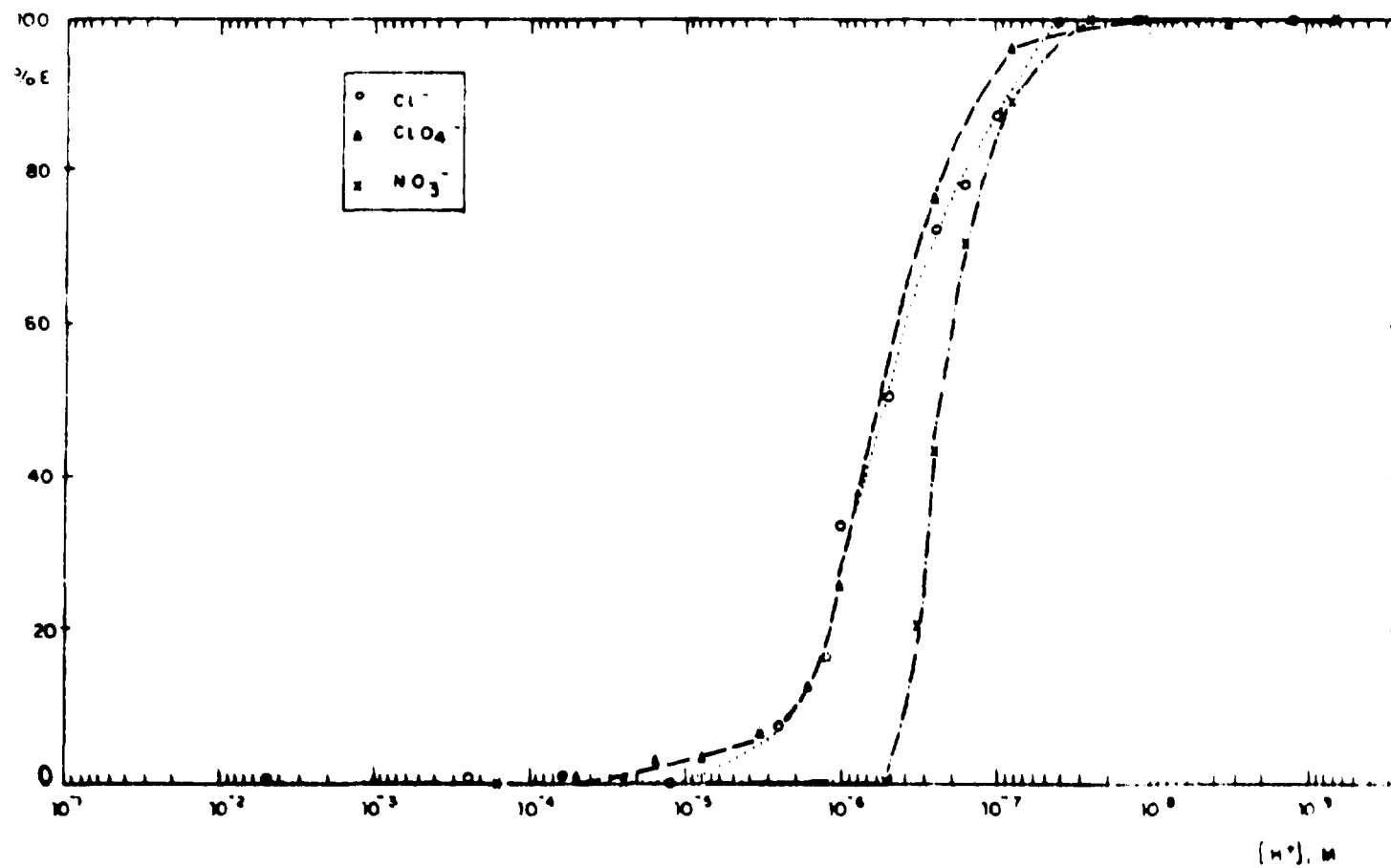


Figura 4 - Influência da Natureza do Ânion Inorgânico sobre a Extração do Bário. Concentração do Bário 10^{-5} M. Concentração dos Eletrólitos 0,1M. Concentração da Tetraciclina 2×10^{-2} M. Tempo de Agitação = 30 minutos.

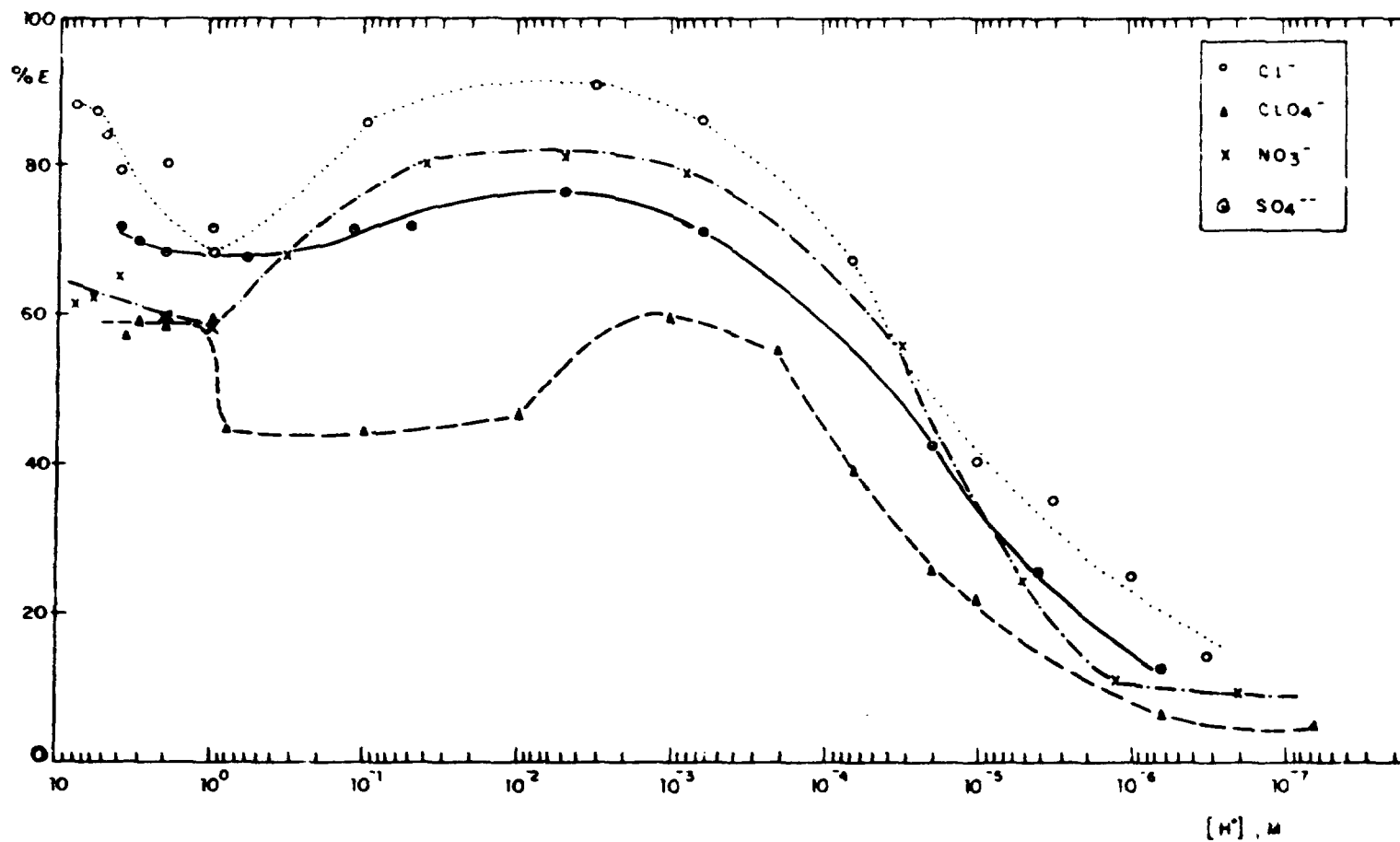


Figura 5 - Influência da Natureza do Ânion Inorgânico sobre a Extração do Tecnécio. Tecnécio Livre de Carregador. Concentração dos Eletrólitos 0,1M. Concentração da Tetraciclina 2×10^{-2} M. Tempo de Agitação = 30 minutos.

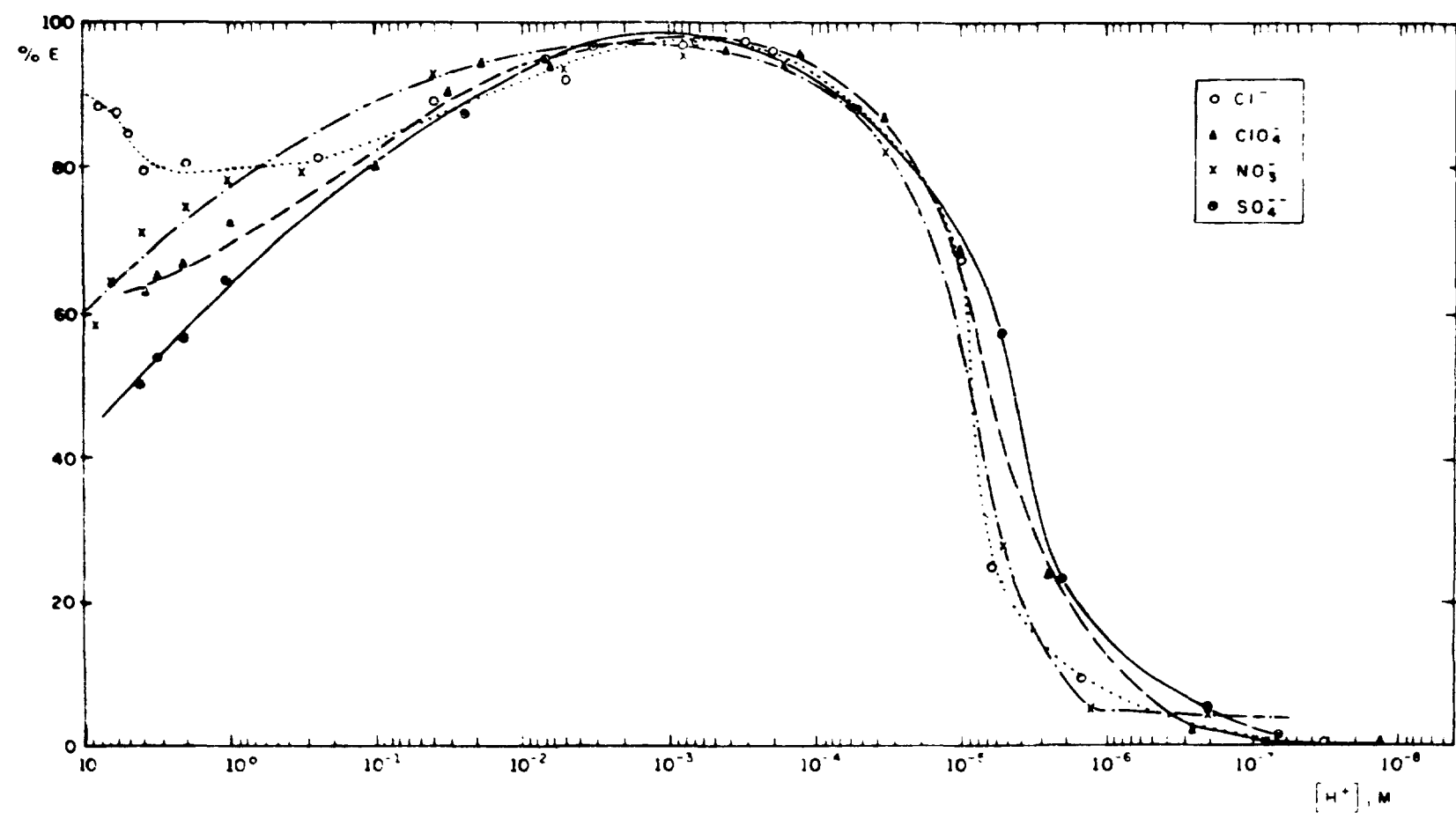


Figura 6 - Influência da Natureza do Ânion Inorgânico sobre a Extração do Molibdênio. Concentração do Molibdênio 5×10^{-4} M. Concentração dos Eletrólitos 0,1M. Concentração da Tetraciclina 2×10^{-2} M. Tempo de Agitação = 30 minutos.

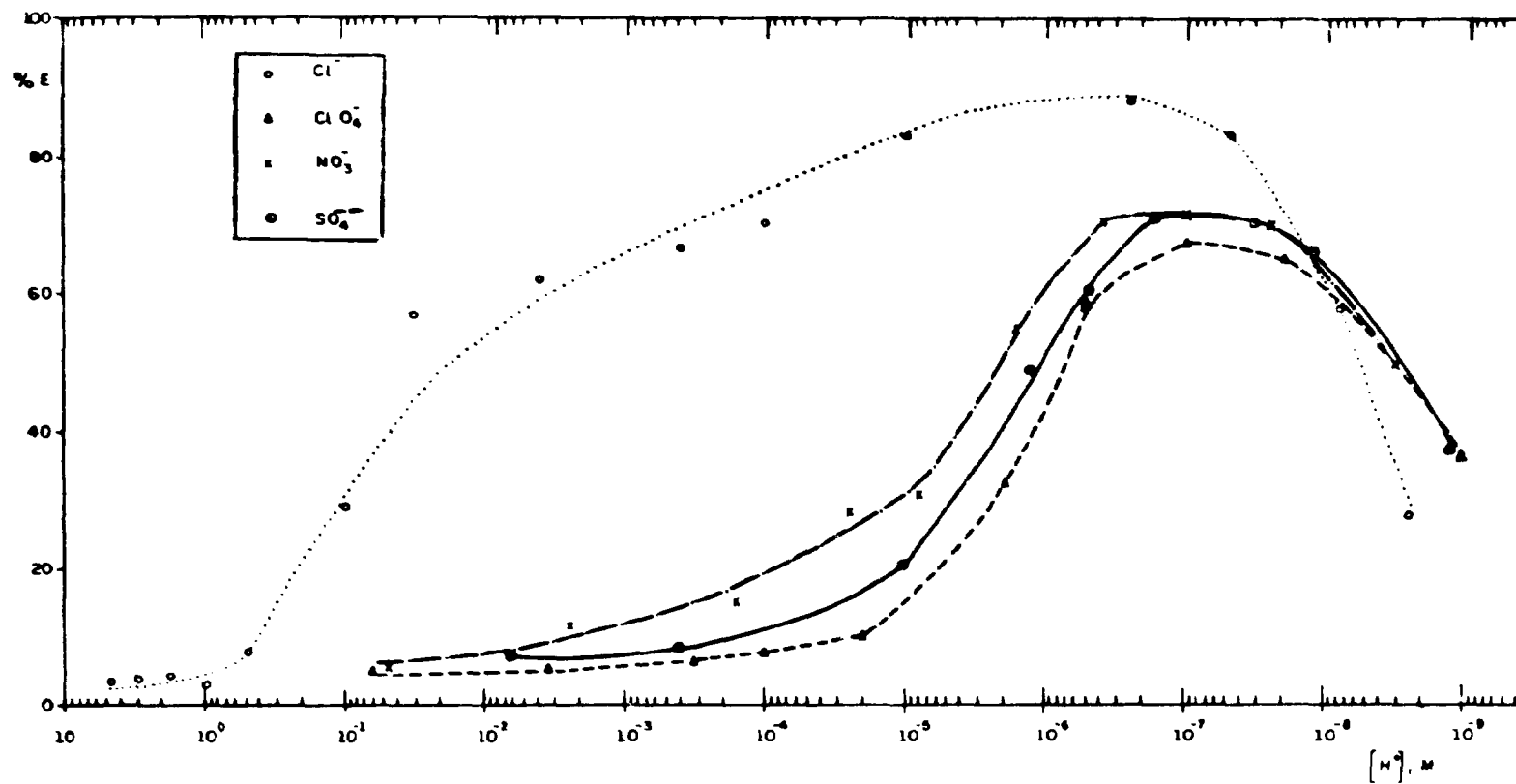


Figura 7 - Influência da Natureza do Ânion Inorgânico sobre a Extração do Rutênio. Concentração do Rutênio 10^{-4} M. Concentração dos Eletrólitos 0,1M. Concentração da Tetraciclina 2×10^{-2} M. Tempo de Agitação = 30 minutos.

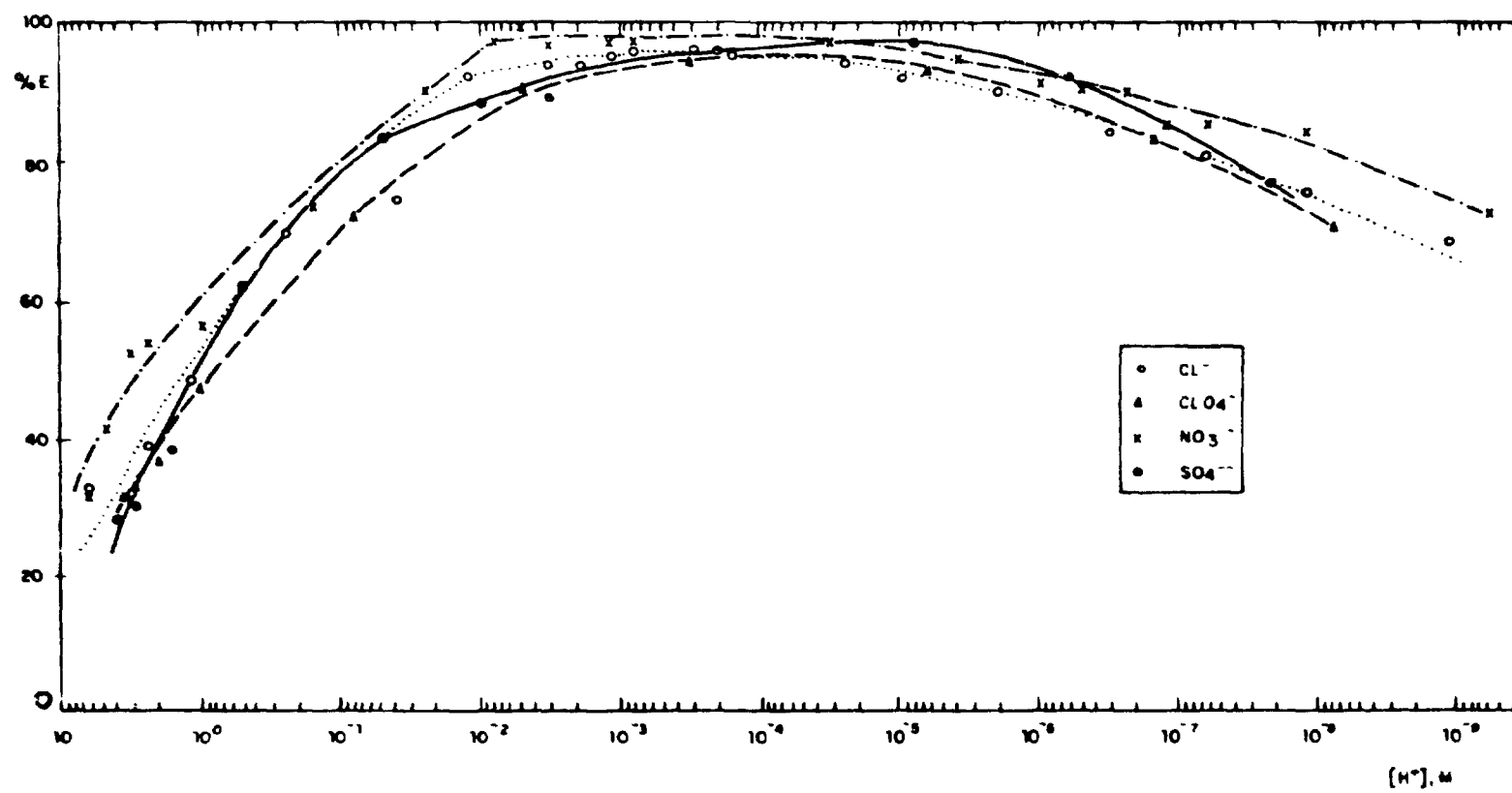


Figura 8 - Influência da Natureza do Ânion Inorgânico sobre a Extração do Zircônio. Zircônio Livre de Carregador. Concentração dos Eletrólitos 0,1M. Concentração da Tetraciclina $2 \times 10^{-2} M$. Tempo de Agitação = 30 minutos.

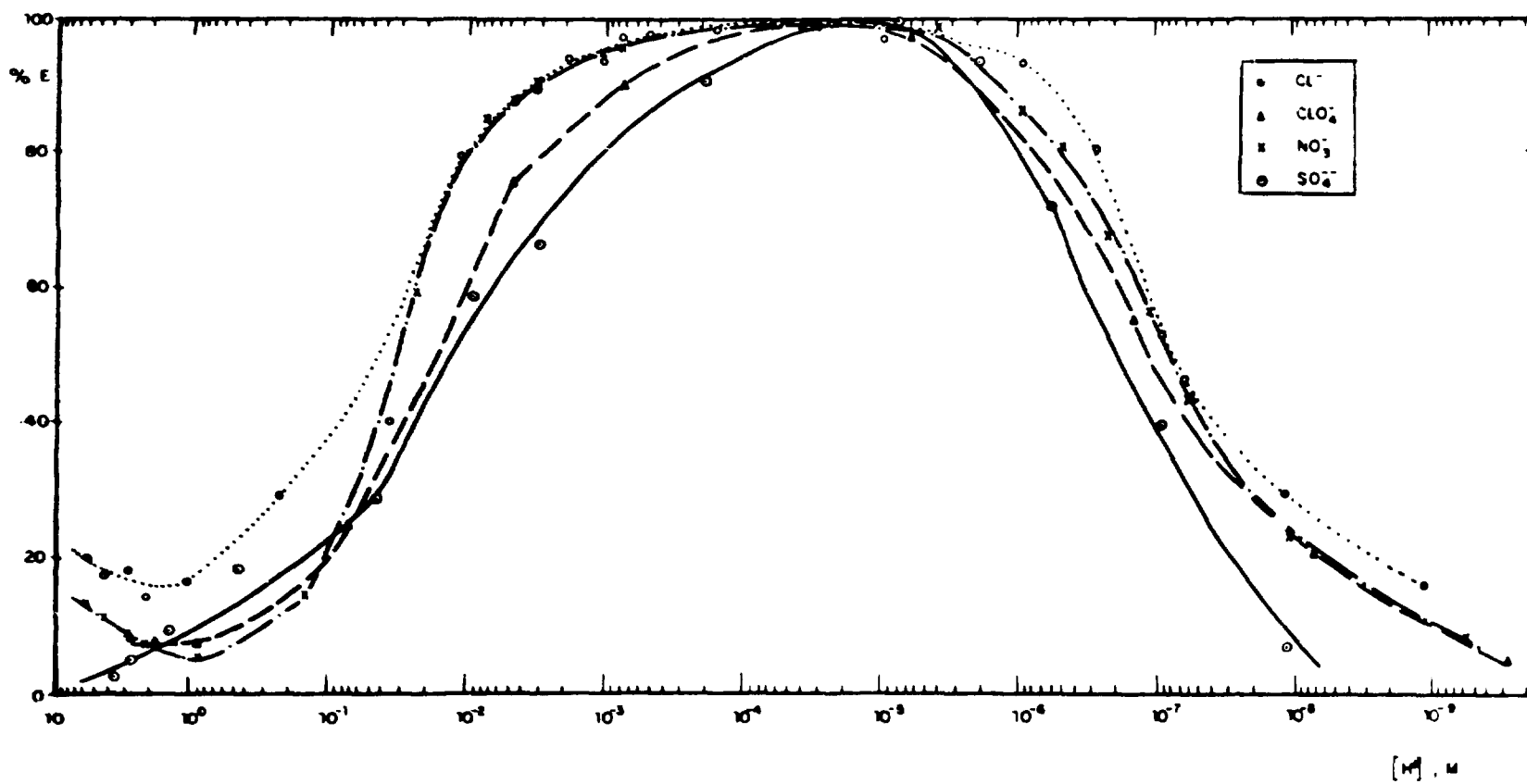


Figura 9 - Influência da Natureza do Ânion Inorgânico sobre a Extração do Nióbio. Nióbio Livre de Carregador. Concentração dos Eletrólitos 0,1M. Concentração da Tetraciclina 2×10^{-2} M. Tempo de Agitação = 30 minutos.

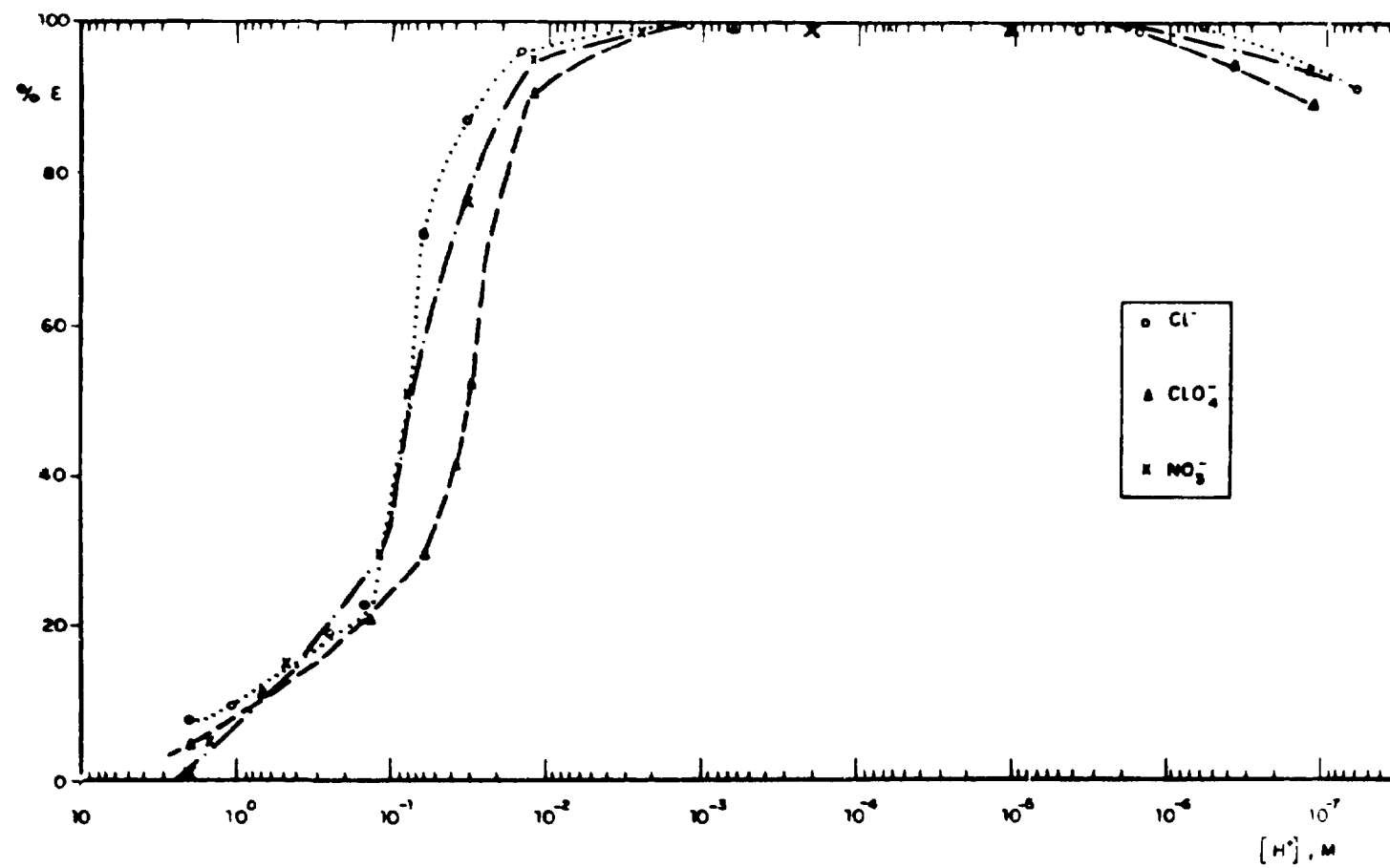


Figura 10 – Influência da Natureza do Ânion Inorgânico sobre a Extração do Urânio. Concentração do Urânio $2,9 \times 10^{-4}$ M. Concentração dos Eletrólitos 0,1M. Concentração da Tetraciclina 2×10^{-2} M. Tempo de Agitação = 30 minutos.

Ao comparar as curvas de extração do tecnécio pelo álcool benzílico sozinho (Figura 1) e quando realizada em presença da tetraciclina (Figura 5), verifica-se que na faixa de acidez de 8M a 1M, o álcool benzílico é responsável pela extração do tecnécio, e que a adição da tetraciclina não ocasiona aumento na extração do tecnécio para esta faixa de acidez, para os meios clorídrico e nítrico.

A Figura 10 mostra as curvas de extração do urânio pela tetraciclina ao empregar como eletrólitos o cloreto de sódio, o nitrato de sódio e o perclorato de sódio.

As curvas de extração apresentadas na Figura 10 são bem adequadas para evidenciar a eficiência de extração da tetraciclina em relação ao urânio. Pode-se ver que a região de pH em que ocorre a extração quantitativa do urânio está compreendida na faixa de pH de 2,0 a 6,0.

Com objetivo de verificar a possibilidade da aplicação analítica da tetraciclina na separação dos produtos de fissão entre si e do urânio, foi estudado o comportamento da tetraciclina como agente extraente dos produtos de fissão de meias vidas longas, ^{141}Ce , ^{140}Ba , ^{140}La , ^{95}Zr , ^{95}Nb e ^{103}Ru presentes na amostra de nitrato de urânio obtida por dissolução do óxido de urânio irradiado. O U_3O_8 foi irradiado com nêutrons térmicos durante 100 horas, sendo de 2 meses o período de tempo decorrido desde o fim de irradiação até a execução do experimento. Por este motivo só se encontravam presentes na mistura, os produtos de fissão de meias vidas longas. Após a irradiação, a amostra foi dissolvida com solução de ácido nítrico 4M.

A Figura 11 mostra as curvas de extração dos produtos de fissão estudados ^{141}Ce , ^{140}La , ^{140}Ba , ^{95}Zr , ^{95}Nb e ^{103}Ru para o sistema tetraciclina-álcool benzílico e também para o urânio.

Pode-se ver que do ponto de vista de aplicação analítica as curvas de extração são muito úteis, principalmente no que diz respeito à indicação que elas dão quanto à possibilidade de separação entre diferentes elementos. Essas curvas de extração apresentadas na Figura 11 mostram que se pode obter uma separação entre o urânio e os elementos bário, cério e lantânio, desde que para a realização do experimento de extração seja escolhido um valor apropriado de pH. Em $\text{pH} = 1,8$ a extração do urânio é de 95% enquanto que neste pH não ocorre a extração dos elementos bário, cério e lantânio.

Verifica-se também, nesta Figura 11, que é possível separar zircônio do urânio, pois em solução 2,0M em ácido nítrico, 55% do zircônio e 5% do nióbio são extraídos para a fase orgânica, enquanto que nestas condições não há extração do urânio pela tetraciclina. Com repetidas operações de extração, pode-se separar totalmente o urânio do zircônio. As curvas de extração dos elementos urânio e nióbio são muito próximas e não se consegue uma separação satisfatória desses elementos com a tetraciclina, quando é realizada uma operação única de extração.

Nas condições experimentais estudadas não se conseguiu a extração quantitativa do rutênio pela tetraciclina.

Com relação à separação dos produtos de fissão entre si, verifica-se que é possível separar bário dos elementos zircônio, nióbio, cério e lantânio, pois enquanto a extração do bário pela tetraciclina só tem início em $\text{pH} = 6,0$ os demais elementos apresentam uma alta porcentagem de extração (acima de 95%), em $\text{pH} = 4,5$. Realizando o experimento de extração em um valor apropriado de pH, pode-se separar bário de rutênio. Em $\text{pH} = 9,5$ tem-se uma extração quantitativa de bário, enquanto que neste valor de pH não se tem a extração do rutênio pela tetraciclina.

Da mesma maneira, com um controle do valor do pH pode-se separar zircônio e nióbio dos elementos cério, bário e lantânio.

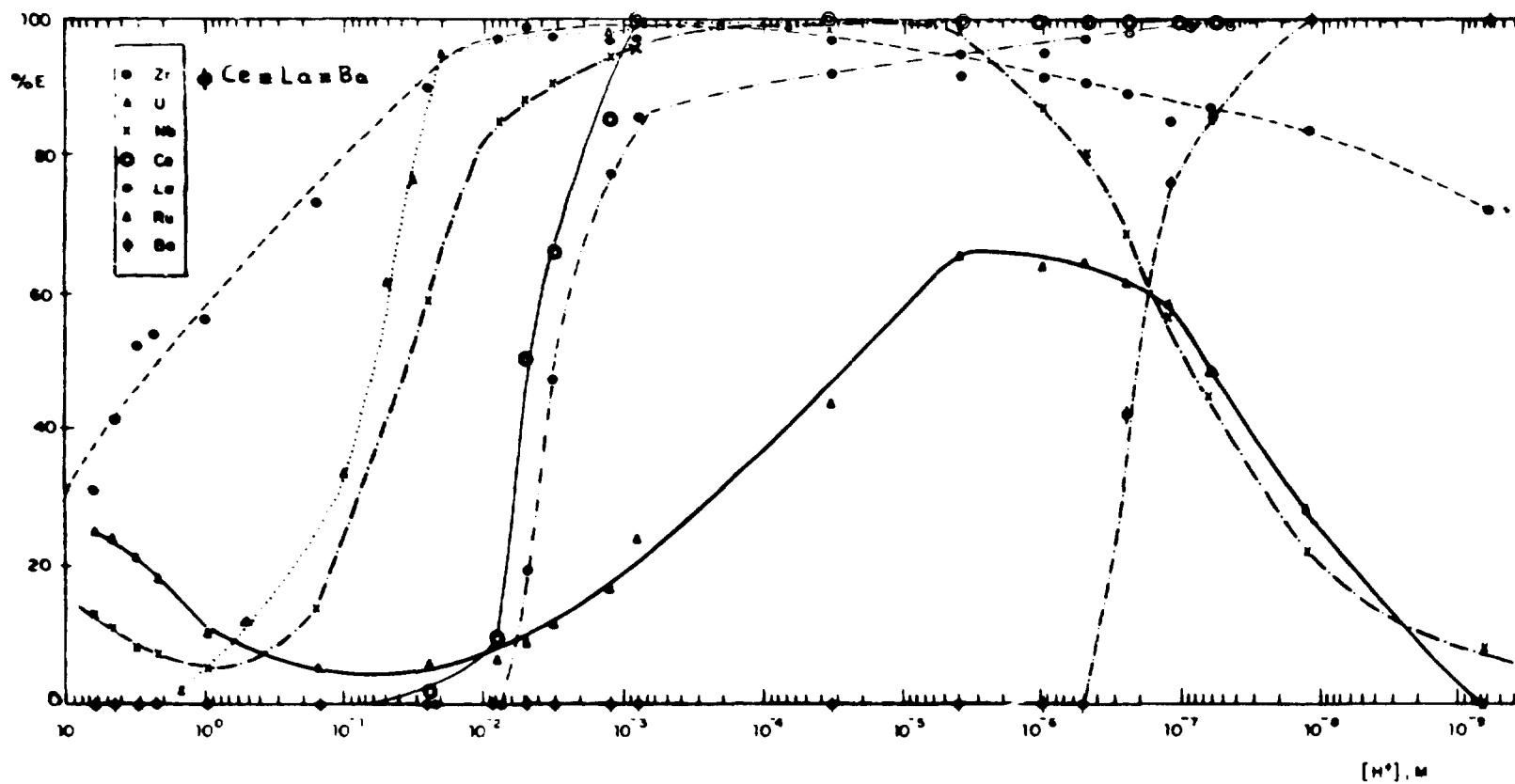


Figura 11 - Curvas de Extração do Urânio e dos Produtos de Fissão ^{141}Ce , ^{140}La , ^{140}Ba , ^{93}Zr , ^{95}Nb e ^{103}Ru pela Tetraciclina. Concentração do Urânio $2 \times 10^{-3} M$. Produtos de Fissão Livres de Carregador. Concentração do Nitrato de Sódio 0,1M. Concentração da Tetraciclina $2 \times 10^{-2} M$. Tempo de Agitação = 30 minutos.

Comparando as curvas de extração apresentadas nas Figuras 5 e 6 com as curvas de extração da Figura 10, conclui-se que é possível separar tecnécio e molibdênio do urânio. O tecnécio em solução de ácido clorídrico 5M apresenta uma extração de 80% no sistema tetraciclina-álcool benzílico enquanto que nesta acidez não se tem a extração do urânio pela tetraciclina. Da mesma maneira é possível separar urânio do molibdênio, pois em solução 2M em ácido clorídrico, 80% do molibdênio são extraídos para a fase orgânica e nesta acidez não se tem a extração do urânio pela tetraciclina.

Tomando como base o conjunto de resultados obtidos, verifica-se que desde que se trabalhe em soluções de valores de acidez adequados, ocorre a formação dos complexos entre a tetraciclina e os íons dos elementos estrôncio, bário, zircônio, nióbio, tecnécio, molibdênio, rutênio e urânio. O sistema tetraciclina-álcool benzílico pode, portanto, ser usado para a separação de alguns dos produtos de fissão entre si e do urânio desde que a extração seja efetuada em valores apropriados de acidez ou seja efetuado um número adequado de operações de extração.

ABSTRACT

The behavior of tetracycline as ²complexing agent in solvent extraction studies is presented.

The extraction curves for the fission products ⁹⁰Sr, ¹⁴⁰Ba, ⁹⁹Mo, ^{99m}Tc, ⁹⁵Zr, ⁹⁵Nb, ¹⁰³Ru and also for U have been determined for the extraction system tetracycline-benzyl alcohol.

The extraction dependence on the pH of the aqueous phase as well as on the kind of electrolyte present was examined.

As a practical application, the possibility of using the tetracycline-benzyl alcohol system for separation of the fission products present in a mixture of them, as well as for the separation of uranium from those elements, was tested.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

1. ALBERT, A. & REES, C. W. Avidity of the tetracycline for the cations of metais. *Nature* 177:433-4, 1956.
2. DOLUISIO, J. T. & MARTIN, A. N. Metal complexation of the tetracycline hydrochlorides. *J. Med. Chem.*, 6:16-20, 1963.
3. MASTERS, L. W. *The separation and determination of strontium-90 in environmental samples using tetracycline*. Washington, D. C., American University, 1968. (M. Sc. Thesis).
4. MASTERS, C. W. The application of the antibiotic tetracycline to chemical separations. In: LA FLEUR, P. D. ed. *NBS technical note 508*. Washington, D. C. NBS, 1970. p.115-22 (Activation analysis section).
5. MAXWELL, D. C.; SMITH, P. J. A.; WILFORD, S. P. Stabilities of some alkaline earth chelates of tetracycline. *Nature*, 198:577, 1963.
6. NASTASI, M. J. C. & LIMA, F. W. Solvent extraction of the lanthanide elements, scandium, uranium and thorium using tetracycline as complexing agent. *J. Radioanal. Chem.* 35:289-301, 1977.
7. SAIKI, M. & LIMA, F. W. Tetracycline as complexing agent. VIII separation of Se, Br, Mo, Sb, Ba, Ta, W, Au e Hg from uranium. *Radiochem. Radioanal. Letters*, 35:53-62, 1978.
8. SAIKI, M.; NASTASI, M. J. C.; LIMA, F. W. Use of tetracycline as complexing agent in radiochemical separations. *J. Radioanal. Chem.*, 64:87-120, 1981.

(*) As referências bibliográficas relativas a documentos localizados pelo IPEN foram revistas e enquadradas na NB-66 da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Caixa Postal, 11 049 – Pinheiros
CEP 05508
01000 – São Paulo – SP

Telefone: 211-6011
Endereço Telegráfico – IPENUCLEAR
Telex – (011) 23502 - IPEN - BR