

**TECNOLOGIA DA PURIFICAÇÃO DO URÂNIO POR EXTRAÇÃO
COM SOLVENTE**

**CORREÇÃO DA PERDA DE URÂNIO DECORRENTE
DA ETAPA DE LAVAGEM**

J. MONTEIRO FRANÇA JR.

PUBLICAÇÃO IEA N.º 309
Setembro — 1973

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

**TECNOLOGIA DA PURIFICAÇÃO DO URÂNIO POR
EXTRAÇÃO COM SOLVENTE**

**CORREÇÃO DA PERDA DE URÂNIO DECORRENTE
DA ETAPA DE LAVAGEM**

J. Monteiro França Jr.

**Departamento de Engenharia Química
Instituto de Energia Atômica
São Paulo - Brasil**

**Publicação IEA Nº 309
Setembro - 1973**

Instituto de Energia Atômica

Conselho Superior

Eng.º Roberto N. Jafet – Presidente
Prof.Dr.Emilio Mattar – Vice-Presidente
Prof..Dr.José Augusto Martins
Dr.Affonso Celso Pastore
Prof.Dr.Milton Campos
Eng.º Helcio Modesto da Costa

Superintendente

Rômulo Ribeiro Pieroni

ÍNDICE

	Pág.
RESUMO	1
I. - Introdução	1
II. - Descrição do Processo	1
II.1- Concepção teórica	2
III - Extração II	3
IV. - Alterações de vazões e concentrações na coluna de reextração	4
V. - Balanço material	4
VI. - Comprovação Analítica	5
VII. - O Equipamento Adicional	5
VIII. - Utilização do dispositivo de correção para outros produtos	6
IX. - O dispositivo de "extração II" no processo de misturadores-decantadores	6
X. - Conclusão	7
XI. - Agradecimentos	9
XII. - Bibliografia	10

TABELAS

I. - Descontaminação do Th na coluna de extração II	7
II. - Tabela Comparativa dos graus de pureza	8

TECNOLOGIA DA PURIFICAÇÃO DO URÂNIO POR EXTRAÇÃO COM SOLVENTE

CORREÇÃO DA PERDA DE URÂNIO DECORRENTE DA ETAPA DE LAVAGEM

J. Monteiro França Jr.

RESUMO

O presente trabalho teve por fim estudar, dentro da tecnologia da purificação do urânio por extração com solvente, em escala piloto, a correção da perda de urânio provocada pela etapa de lavagem em processo contínuo.

Desta forma, torna-se possível um rendimento na purificação próxima a 100%, em vez de 84-85% que se obtém na forma convencional de purificação, seja por colunas pulsadas, seja por misturadores-decantadores.

O dispositivo estudado consiste em introduzir uma coluna pulsada de extração, de pequenas dimensões, entre a coluna de lavagem e a coluna de reextração.

Esta coluna adicional se alimenta com a Fase aquosa de saída da coluna de lavagem (nitrato de urânio) que contém impurezas, executando uma extração seletiva do urânio arrastado. Como o teor destas impurezas é baixo, porque na coluna de extração original a descontaminação foi da ordem de 98%, o urânio extraído pela FO nesta pequena coluna tem um grau de pureza satisfatório, pois sofre uma segunda descontaminação de 98% sobre os 2% das impurezas restantes que permaneceram na extração I.

Em seguida descreve-se o encaminhamento desse urânio recuperado (Fase orgânica) ao tanque de alimentação da coluna de reextração, onde se encontra com a fase orgânica carregada e já lavada na coluna de lavagem, somando-se a este, com o que, fica compensada a perda.

No processo convencional, este urânio, quando sai da coluna de lavagem, na FA, retorna ao início do ciclo, cujo desvio caracteriza a perda de rendimento do processo^(2, 3 e 5).

Apresentam-se, ainda, cálculos e tabelas de pureza do urânio manipulado pela coluna de extração II.

I - Introdução

Como se sabe, o processo convencional de purificação do urânio pelo método de extração com solvente, é realizado em 3 etapas: extração, lavagem e reextração.

Na extração, o urânio contido na fase aquosa (FA) de alimentação é transferido seletivamente para a fase orgânica (FO), sob certas condições, de modo a deixar as impurezas na FA. Apesar da seletividade do processo, algumas impurezas conseguem se transferir para a FO juntamente com o U. Para assegurar uma descontaminação quase total de impurezas, a mais alta possível, a FO é lavada com uma solução apropriada. Esta lavagem, porém, se transforma em um caso particular de reextração, porque parte do urânio contido na FO lavada é retirado pela solução de lavagem. Este urânio é reciclado ao sistema para seu aproveitamento, porém, representa uma diminuição no rendimento final da purificação, da ordem de ~15%.

Não se tem conhecimento, pela literatura, de alguma maneira de corrigir esta perda, que é

inerente ao processo.

Com o objetivo, portanto, de elevar o rendimento do processo de purificação a um valor próximo de 100%, isto é, situar o valor da relação

$$\frac{\text{peso do urânio purificado}}{\text{peso do urânio na entrada do processo}} > 99\%$$

foi feito o presente estudo, acompanhado de uma parte experimental, visando corrigir a perda de urânio provocado pela etapa de lavagem.

ii - Descrição do processo

Na purificação do urânio pelo processo de colunas pulsadas o dispositivo idealizado para se conseguir a correção desejada, se baseia na introdução de uma coluna pulsada, de dimensões reduzidas e seus acessórios, situada entre as etapas de lavagem e de reextração.

Esta pequena coluna operaria como uma segunda coluna de extração que chamaremos de "extração II" em 4 estágios teóricos e seria alimentada com a FA da saída da coluna de lavagem, contendo o urânio arrastado na operação (em vez desta retornar à coluna de extração⁽²⁾ ou ao tanque de alimentação⁽³⁾). A FO seria a mesma utilizada na coluna de extração, sem urânio.

A coluna de extração II deve satisfazer, portanto, a relação fundamental que determina o fator de extração E_n^U em n estágios⁽⁷⁾:

$$E_n^U = m \frac{V^o}{V^a} \geq 1$$

sendo "m" o coeficiente de distribuição do urânio entre as fases e V^o e V^a os volumes dos fluxos da fase orgânica e fase aquosa, respectivamente.

II.1 - Concepção teórica

Considerando que, na coluna de extração do processo original, a descontaminação das impurezas é da ordem de 98%, na coluna de lavagem, supondo uma descontaminação total por esta operação, deveríamos ter apenas 2% das impurezas originais na solução de lavagem que deixa a coluna.

Operando-se a pequena coluna de extração II nas mesmas condições da coluna de extração I (original do processo) era de supor-se que o índice de descontaminação fôsse o mesmo, isto é, em torno dos 98%.

Para fazermos uma explanação do processo, vamos tomar como impureza de referência o Th, já que este elemento é o que tem coeficiente de distribuição mais alto depois do urânio⁽⁴⁾ e, portanto, é mais difícil de eliminar na etapa de extração. Operando-se a coluna de extração em condições normais dentro de certos parâmetros^(4, 5), consegue-se, normalmente, uma descontaminação do Th da ordem de 98%. A título de exemplo, se admitirmos no material de partida (Diuranato de Sódio:DUS) uma quantidade de 5000 $\mu\text{g Th/g DUS}$ (= 0,5% Th no DUS),

teremos na etapa de extração uma descontaminação de $0,98 \times 5000 = 4900$, restando, portanto, $100 \mu\text{g}$ de Th/g DUS que entram na coluna de lavagem com a FO. Nesta etapa, aceitando-se uma descontaminação mínima de 90%⁽⁵⁾ o volume total da FA que lava a FO deixa a coluna contendo cerca de $100 - 10 = 90 \mu\text{g}$ de Th. Esta FA é que vai ser utilizada na 2ª coluna de extração. A coluna II é de pequenas dimensões porque utiliza a FA que sai da coluna de lavagem, que, nessa etapa, representa 0,1 do volume da FO do processo. Na unidade piloto do IEA⁽⁵⁾, a vazão média da FO na coluna de lavagem é de 61,4 litros/hora, e portanto, a FA de lavagem é de apenas 6,14 litros/hora.

Nesta operação de extração II, o índice de descontaminação é o mesmo que na etapa de extração principal, porque ela segue a mesma técnica⁽⁵⁾. Portanto, deveremos ter uma descontaminação em torno de 98% também. Como a quantidade de tório do exemplo acima, retirada pela solução de lavagem era de $90 \mu\text{g/g}$ DUS a descontaminação média de 98% na extração II reduz esse valor a, aproximadamente $1,8 \mu\text{g/g}$ DUS.

Para que a descontaminação do Th seja realmente efetiva na etapa de extração, devem ser observados certos requisitos^(4, 5). Dentre eles, destacam-se a adição do íon sulfato e acidez livre na solução aquosa.

Então, a solução aquosa que flue continuamente na saída da coluna de lavagem, é recolhida em um tanque (V-131). Deste, vai a outro (V-132) onde recebe os íons sulfato e o acerto da acidez (1 N em HNO_3), daí indo a outro tanque (V-133) para a alimentação da coluna de extração II (fig. 1).

As experiências confirmaram essas previsões, como pode ser observado na tabela I.

III - Extração II

Nesta operação, onde se recupera realmente o urânio subtraído pela FA de lavagem na respectiva coluna (transformando-o de um valor negativo (U subtraído) a um valor positivo (U repostado) usa-se a mesma técnica e a mesma equação para o fator de extração que na operação de extração principal do processo de purificação.

A fase aquosa contendo urânio é tratada com 20% de íons sulfato (sobre U) e acertada a acidez para 1 N em HNO_3 .

Considerando-se uma extração tipo, efetuada na Unidade Piloto de purificação de urânio do IEA, temos, na FO desta operação, uma concentração em torno de 135 g U/l ⁽⁵⁾, a qual será mantida também para a extração II. Portanto, admitindo que a FA da coluna de lavagem alimente a coluna de Extração II com 200 g U/l a um fluxo de 6,14 litros/hora, o coeficiente de distribuição "m" no final dos 4 estágios será $\frac{U^o}{U^a} = \frac{135}{200} = 0,675$. Aceitando teoricamente, o valor para o fator de extração $E_n^U = 1,0$ ⁽¹⁾, a relação de volumes V^o/V^a na coluna seria

$$V^o/V^a = \frac{E_n^U}{m} = \frac{1,0}{0,675} = 1,48$$

Para um fluxo de FA = 6,14 litros/hora, o fluxo da FO seria

$$V^o = V^a \cdot 1,48 = 6,14 \times 1,48 = 9,1 \text{ litros/hora}$$

Desta forma, o urânio retirado pela FA da solução de lavagem sendo da ordem de 200 g U/l = 1,220 kg/hora, o qual é transferido à FO na operação de extração II, é lançada no mesmo tanque (V-116, fig. 1) que a FO lavada que sai da coluna de lavagem para a operação de reextração, restituindo assim, ao circuito final, o urânio normalmente desviado por aquela coluna.

Esta FO não necessita ser lavada. As impurezas residuais são muito baixas conforme pode ser visto pela Tabela II.

IV - Alterações de vazões e concentrações na coluna de reextração

A operação de reextração terá volumes um pouco diferentes dos convencionais.

Ao fluxo de FO oriundo da coluna de lavagem será adicionado o fluxo orgânico da coluna de Extração II. Ambos caem continuamente no tanque V-116 (fig. 1). Este tanque (V-116), provido de um agitador em marcha lenta (30-40 rpm) para homogenizar a mistura, fica em condições de alimentar a coluna de reextração em fase orgânica, num fluxo igual à soma das vazões das FO das duas colunas (lavagem + extração II), adicionando, desta forma, o urânio que é retirado pela FA na operação de lavagem. O volume da FO proveniente da extração II (= 9,1 litros/hora) tem a concentração de ~135 g U/l, mais alta, portanto, que a do fluxo da FO da coluna de lavagem (110 - 120 g U/l). Então, na operação de reextração, o volume da alimentação e a massa do urânio ficarão alterados para:

$$\text{Fluxo} = 61,4 + 9,1 = 70,5 \text{ litros/hora}$$

$$\begin{aligned} \text{quantidade de U} &= 61,4 \times 110 \text{ g/l} = 6,750 \text{ kg (da coluna de lavagem)} \\ &9,1 \times \sim 135 \text{ g/l} = \underline{1,220 \text{ kg (da coluna de extração II)}} \\ \text{Soma} &\dots\dots\dots 7,970 \text{ kg U/hora} \end{aligned}$$

Sendo a concentração média do U da FO no tanque V-116

$$= \frac{P}{\text{Vol}} = \frac{7,970}{70,5} = 113,0 \text{ g U/l}$$

V - Balanço material

Chamemos: U_0 a massa inicial do U na FA do material de partida (kg/hora), na coluna de extração I, e U_1 que se transfere à FO.

(- U_1), o U retirado na etapa de lavagem.

U_r o U resultante na etapa final (reextração).

Então, na operação de lavagem temos:

$$U_0 - U_1 = U_r \text{ (Processo convencional, sendo } U_1 \cong 15\%)$$

Na extração II:

$$- U_1 \longrightarrow + U_1$$

Donde, na reextração:

$$U_1 + U_r = U_0$$

Teoricamente, o U que sai do sistema de purificação fica igual ao que entra.

$$\therefore \text{rendimento} = \frac{U \text{ na saída}}{U \text{ na entrada}} > 99\%$$

Exemplificando com números, na Unidade Piloto do IEA: (abstraem-se as perdas residuais de U).

Extração I

$$U_0 - U_1 = 7,970 - 1,220 = 6,750 = U_r \text{ (kg U/hora)}$$

Extração II

$$- U_1 \rightarrow + U_1 = - 1,220 \text{ da FA para } 1,220 \text{ na FO (kg U/hora)}$$

Reextração (Fase Orgânica)

$$U_1 + U_r = U_0 = 1,220 + 6,750 = 7,970 \text{ (kg U/hora)}$$

Dá para a frente, na operação de reextração, segue-se o processo convencional para cálculo de fluxos na coluna e concentração final do urânio puro na FA, levando-se em consideração o aumento de volume da FO e sua nova concentração em U.

VI - Comprovação Analítica

Como foi demonstrado, (item III) o dispositivo preconizado para anular a perda do urânio retirado pela solução de lavagem na coluna de lavagem do processo de purificação por colunas pulsadas, é a pequena coluna de "extração II". Esta coluna, porém se alimenta de material contendo impurezas (solução aquosa de lavagem).

Estas impurezas, embora em quantidades reduzidas (em relação à coluna de extração I do processo), devem ser eliminadas a um tal grau que não coloque em risco a qualidade nuclear do produto final.

Nas experiências realizadas, o urânio da FO de saída da "coluna de extração II" foi reextraído em operação separada, afim de se avaliar a descontaminação final de impurezas no processo.

Na tabela I vemos a marcha da descontaminação de impurezas representadas pelo Th nas operações da coluna de extração II.

Na tabela II mostraram-se as análises espectrográficas semi quantitativas do produto final da coluna de extração II, em comparação com o material de partida usado nessa operação e com um DUA puro, padrão, produzido na Usina Piloto do IEA (DUAN - 67).

VII - O Equipamento Adicional

O material necessário em equipamento adicional a ser usado na Usina Piloto para

promover a recuperação dos 15 - 16% do urânio desviado pela etapa de lavagem e que constitui o conjunto da "Extração II" é simples e ocupa uma pequena área, dadas as reduzidas dimensões das unidades. Compõe-se essencialmente de:

- 1 Coluna de vidro, altura útil (com as placas perfuradas) de 1,20 m, que somado aos dois decantadores, (superior e inferior) chega a 1,80 m. O diâmetro da coluna útil é de 51 mm e nos decantadores os diâmetros são de 150 mm.
- 2 Bombas dosadoras (B-16 e B-17 fig. 1) de pequenas vazões (0 - 45 litros/hora).
- 1 Gerador de pulso (B-115 tipo bomba dosadora adaptada)
- 3 Tanques de inox 304 de 200 litros de capacidade cada um (V-131, V-132 e V-133) sendo que somente o V-132 é provido do agitador.

VIII - Utilização do dispositivo de correção para outros produtos

Até aqui foi estudado o dispositivo de correção para funcionar na purificação do U por colunas pulsadas para posterior preparação do DUA. Mas ele pode funcionar da mesma maneira na produção, por exemplo, do tricarbonato de urânio e amônio, em processo que utiliza a Fase Orgânica lavada da Coluna de lavagem⁽⁶⁾. O material de partida utilizado é também o do tanque V-116 (fig.1), no qual se acumulam as duas fases orgânicas contendo o urânio purificado. A FO deste tanque seria encaminhada a um reator de extração-precipitação na vazão desejada, de forma contínua, daí seguindo os detalhes convencionais do processo.

IX - O dispositivo de "extração II" no processo de misturadores-decantadores

A purificação de urânio por solvente pelo processo de misturadores-decantadores, se desenvolve do mesmo modo que o de colunas pulsadas. Estas são substituídas por baterias de misturadores-decantadores compostos por células, cada célula representando um estágio. A bateria de extração-lavagem, por exemplo, costuma ter um certo número de células para a extração e duas ou 3 células (na mesma bateria), para a operação de lavagem.

O problema aqui é o mesmo. A bateria de lavagem separa e expela a FA de lavagem arrastando o urânio da fase orgânica lavada. Pelo processo convencional este urânio vai de retorno ao tanque de alimentação da fase aquosa para recerto ou volta ao ponto de injeção da alimentação da bateria de extração. Em qualquer das alternativas a perda de rendimento fica caracterizada⁽¹⁾.

A correção, neste caso, pode ser feita por uma pequena bateria de misturadores-decantadores de 4 ou mais estágios (fig. 2), que se alimenta, em sua fase aquosa (FA), pela fase aquosa de saída da secção de lavagem da bateria de extração I do sistema. Como no caso das colunas pulsadas, esta pequena bateria seria a bateria de extração II. A FO de saída, como foi demonstrado (tabela I e II), não precisa ser lavada, sendo encaminhada à entrada da bateria de reextração, juntamente com o fluxo de FO lavada que deixa a secção de lavagem.

Para efeito de cálculo das vazões, segue-se o mesmo esquema apresentado para as colunas pulsadas. O tipo de equipamento não altera as condições de extração e reextração num sistema de purificação por solvente, nem modifica seus coeficientes de distribuição em relação aos

elementos, dentro de um mesmo sistema químico considerado.

Conclusão

- 1 - O dispositivo de correção preconizado neste relatório é de aplicação geral nos processos de purificação do urânio por solvente.
- 2 - O dispositivo de correção tanto pode ser constituído por uma coluna pulsada como por uma pequena bateria de misturadores-decantadores, contínua. O essencial é que o dispositivo tenha condições de operar como uma 2ª unidade de extração (extração II), para recuperar o urânio retirado pela fase aquosa na etapa de lavagem.
- 3 - Em se tratando de uma unidade de extração, mesmo de dimensões reduzidas, (por manipular vazões 10 vezes menores que das unidades principais) o seu funcionamento terá que ser regido pela equação que determina o fator de extração ($E_n^U \geq 1$).
- 4 - O grau de pureza obtido na coluna de extração II está dentro das especificações (Tab. II).
- 5 - O dispositivo constituído pela coluna de extração II e seus acessórios, permite uma operação contínua, paralelamente ao processo da purificação convencional.
- 6 - A vantagem econômica do dispositivo previsto segue uma relação linear com a produção. As unidades que compõe o conjunto (item VI) não são de fácil desgaste, e mantém uma durabilidade igual aos demais equipamentos da unidade piloto e seu custo é rapidamente absorvido em face da maior produção que proporciona.

TABELA 1

Descontaminação do Th na coluna de extração II

Prefixo da amostra	Conc. de Th na FA de partida (mg/l)	Conc. de Th na FO de saída (mg/l)	Fator Descont.	% Descont.
K-83/13.3	64	Não detetável	$>10^4$	$>99,9$
K-66/13.4	13	Não detetável	$>10^4$	$>99,9$
K-68/13.5	2460	3	820	$\sim 99,9$

TABELA II

Tabela Comparativa dos graus de pureza das soluções

Valores das impurezas contidas em $\mu\text{g/g U}$

	Fe	Si	B	Mg	Pb	Ag	Cr	Sn	Al	Ni	Bi	Mo	V	Cu	Cd	Zn	P
Coluna de Extração II FA de Entrada (nitrato de urânio)	220	260	1,1	4	5	0,1	14	2	14	24	4	6	11	20	1,3	50	210
Coluna de Extração II FO de saída (purificada) (Nitrato de Urânio + TBP)																	
K-63/13.3	<14	110	<0,3	<2	<4	<0,1	<3	<1	<4	<2	<1	<6	<11	<0,5	<0,1	<50	<55
K-66/13.4	<14	110	~0,2	<2	<1	<0,1	<3	<2	<4	<2	<1	<6	<11	<0,5	<0,1	<50	<55
K-68/13.5	<14	110	<0,1	<2	<1	<0,1	<3	<1	<4	<2	<1	<2	<3	<0,5	<0,1	<20	<55
Dicromato de Amônio Padrão da Usina Piloto DUAN - 67	<14	110	<0,1	<2	<1	~0,2	<3	<1	<4	<2	<1	<6	<11	<0,5	<0,1	<50	<55

XI. - Agradecimentos

Ao Sr.Dr. Alcídio Abrão, Diretor do Departamento de Engenharia Química, pelo apoio recebido e sugestões sempre oportunas no decorrer deste trabalho.

Ao Eng^o Carlo Porta pela colaboração prestada, na operação da coluna pulsada.

A. D. Augusta V. da Silva e Lauro Nakagami pelas transcrições datilografadas e desenhos, respectivamente.

SUMMARY

The present work, had as a special purpose, to study the uranium loss correction on the uranium purification technology by solvent extraction, where the uranium loss is verified during the continuous scrubbing.

It was proved to be possible to get yield in purification, very close to 100%, against the normal 84-85% obtained through the conventional purification method, in either pulse columns, or mixer-settlers.

The higher yield in the process is gotten by introducing a pulse column for extraction in a small size, in between the scrubbing column and the stripping column.

The new small column is fed with the outlet aqueous phase from the scrubbing column, which contains impurities. Therefore, a selective uranium extraction is done.

Since the impurity rate is low (due to the decontamination held into the original extraction of about 98%), the extracted uranium from the organic phase, inside this small column has a reasonable purity index, passing through a second decontamination of 98% over the 2% of the remaining impurities from the 1st extraction.

Aftwards, the sequence of the recovered uranium to the stripping column feed tank is described. In this tank, the recovered uranium meets the already washed uranium from the scrubbing column in the organic phase, where, finally the loss is then compensated.

In a conventional process, when the uranium leaves the scrubbing column in the aqueous phase, it goes back to the beginning of the process, with a characterised off set in the process yield (2, 3, 5).

The involved calculations and Purity Tables for the uranium in the 2nd extraction column were also included in the work.

RÉSUMÉ

Ce travail a pour bût d'étudier, dans la technologie de la purification de l'uranium par extraction avec solvant, en échelle pilote, la correction de la perte en uranium provoquée par l'étape de lavage en processus continu.

Ainsi, c'est possible un rendement dans la purification près de 100%, à la place de 84-85% que l'on obtient de la manière conventionnelle de purification, soit par des colonnes pulsées, soit par des mélangeurs-décantateurs.

Le dispositif étudié consiste à introduire une colonne pulsée d'extraction, à petites dimensions, entre la colonne de lavage et la colonne de réextraction. Cette colonne additionnelle s'alimente de la phase aqueuse de sortie de la colonne de lavage qui contient des impurités; elle fait une extraction sélective de l'uranium entraîné. Comme la taxe de ces impurités est basse, parce que dans la colonne d'extraction originelle la décontamination a été de l'ordre de 98%, l'uranium extrait par la phase organique dans cette petite colonne a um degré de pureté satisfaisant, puisqu'il soufre une deuxième décontamination de 98% sur les 2% d'impurités qui sont restés dans l'extraction.

Ensuite, on décrit l'acheminement de cet uranium récupéré au basin d'alimentation de la colonne de

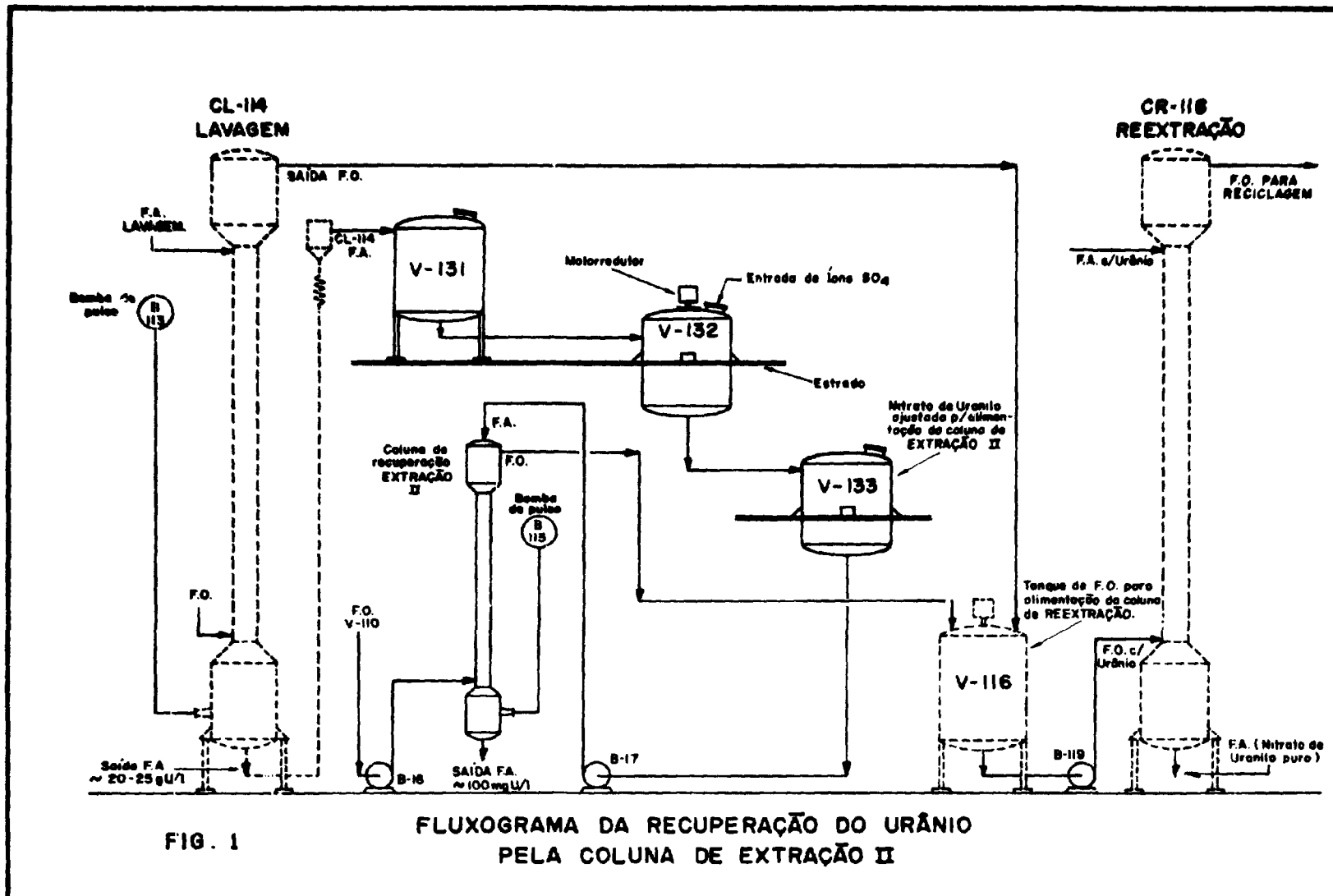
réextraction, ou il rencontre l'uranium lavé dans la colonne de lavage dans l'état de phase organique, en s'ajoutant à celui-ci, la perte restant ainsi compensée.

Dans le processus conventionnel cet uranium, quand il sort de la colonne de lavage, dans la phase aqueuse, retourne au commencement du cycle, dont la déviation caractérise la perte de rendement du processus (2,3,5).

On présente, en plus, des calculs et des tables de la pureté de l'uranium manipulé par colonne d'extraction II

XII. - BIBLIOGRAFIA

- 1) - França Jr, J.M. - "Estudo comparativo entre os rendimentos dos processos de purificação de U por troca-iônica e por extração por solvente em colunas pulsadas na preparação do U nuclearmente puro". Publ.IEA Nº 249 - 1971.
- 2) - Blanvillain, M. - "La reffinage de l'uranium à l'usine de Malvesi" - Bull. d'Inf.Scient. et Technique (C.E.A.) - Jan-Mai-1964 pag. 69.
- 3) - Burger, J.C., and Jardine, J.Mc.N. - "Canadian Ref.Prat. in the Prod. of Uranium triox. by solv. Extr. with TBP" - Int.Conf.Peaceful uses of At. En. - 2 nd. U.N. Vol.4 - 1958.
- 4) - Bril, K.J. e Krumholz, P. - "Prod. de U nucl. puro. Estudo da descont. de U pelo processo de extração c/ TBP" - 3º Congr. Int. Am. Symp. Peaceful Appl. Nucl. Energy Rio de Janeiro - 1960.
- 5) - França Jr, J.M. - "Usina Piloto de Purificação de U pelo processo de Colunas Pulsadas em operação no IEA - Publ.IEA Nº 277 - 1973.
- 6) - França Jr, J.M. - "Ciclo de Combustíveis Nucleares-Precipitação contínua do Tricarbonato de Urânio e Amônio diretamente da Fase Orgânica Lavada". (Em preparação)
- 7) - Treybal, R.E. - "Liq-Extraction" - First Ed. Mc.Graw-Hill Book 1951.



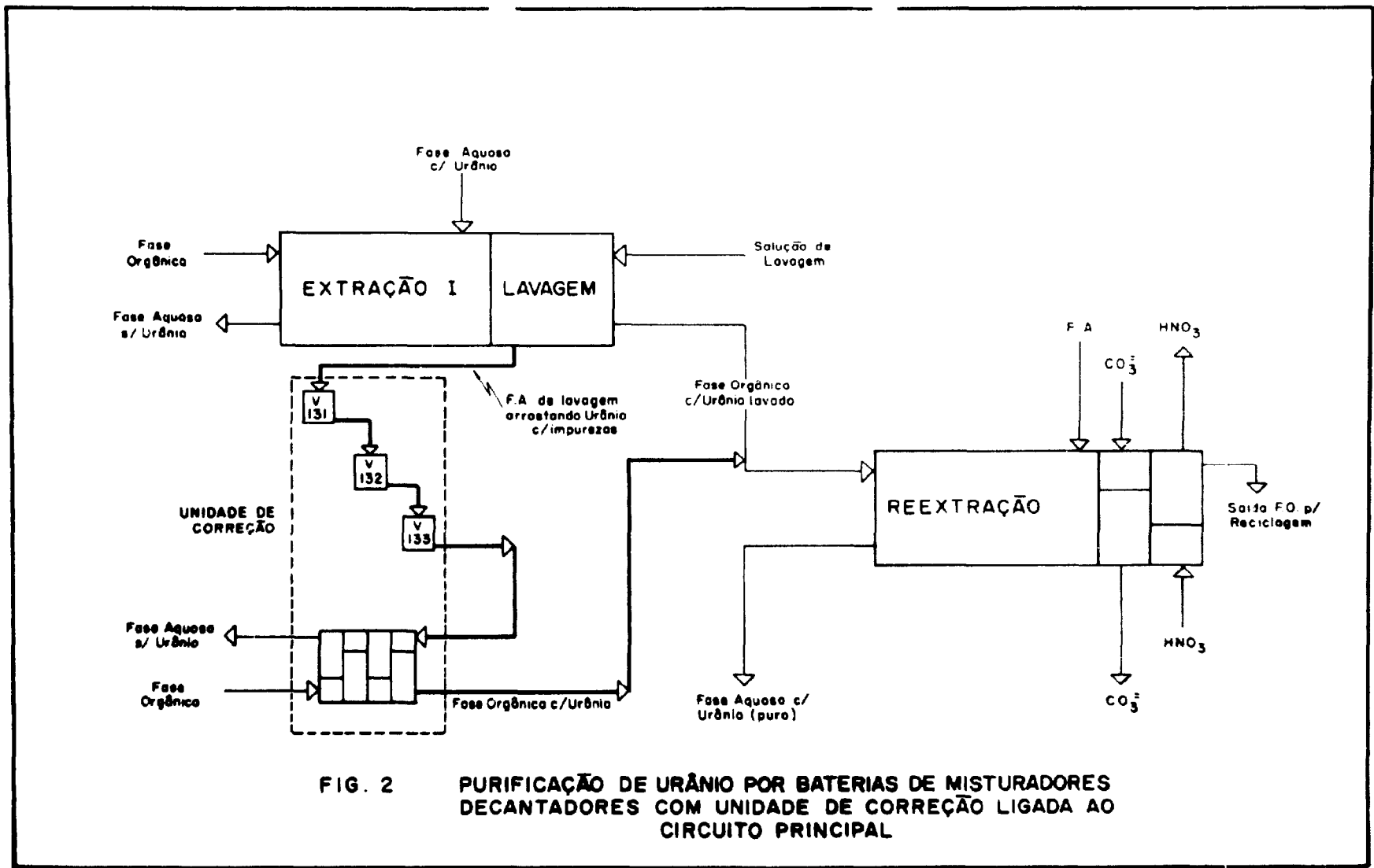


FIG. 2 PURIFICAÇÃO DE URÂNIO POR BATERIAS DE MISTURADORES DECANTADORES COM UNIDADE DE CORREÇÃO LIGADA AO CIRCUITO PRINCIPAL