



~~XXXXXXXXXX~~ CDTN - DECS -
PD -- 003/84 .

EXPERIENCIA DA DIENR.PD NA AREA
DA
DESCONTAMINAÇÃO
Janeiro de 1984

NUCLEBRÁS

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR

NOTA TÉCNICA		número: DETS.PD-003/84	página: 1/95
título: EXPERIÊNCIA DA DIENR.PD NA ÁREA DA DESCONTAMINAÇÃO		programa: ENRIQUECIMENTO ISOTÓ- PICO DE URÂNIO	
autor(es)/órgão(s): Renato T. Yadoya - DIENR.PD		data: 24.01.84	
assinatura(s):			
palavras-chave: Descontaminação - Enriquecimento do Urânio - Hexafluoreto de Urânio Decontamination - Uranium Enrichment - Uranium Hexafluoride			
resumo/conclusões:			
<p>O objetivo deste trabalho, solicitado pela NUCLEI dentro do Programa de Cooperação entre o CDTN e a NUCLEI, é fornecer informações sobre o método de descontaminação de peças e equipamentos utilizado pela DIENR.PD.</p> <p>As instalações que processam hexafluoreto de urânio se contaminam pelos compostos sólidos do urânio resultantes da ação desta substância com as superfícies dos materiais de construção e com algumas impurezas inevitavelmente presentes nos equipamentos de laboratório e usinas industriais. Os métodos de descontaminação adotados na DIENR.PD são essencialmente os mesmos do IKVT/KfK, com pequenas adaptações às disponibilidades e limitações locais.</p> <p>Estão relatadas também algumas informações adicionais, julgadas de interesse para os técnicos responsáveis por esta área de trabalho, tais como dificuldades encontradas, observações peculiares, algumas recomendações, experiências em geral, desta atividade que é, aliás, pouco atraente mas imprescindível.</p> <p>Foram acrescentadas algumas fotos ilustrativas, de caráter didático, mas sem referência explícita com o texto; elas constarão nos Manuais de Limpeza, Descontaminação e Passivação que serão destinados ao treinamento dos técnicos iniciantes do CDTN.</p> <p>Foi incluído um Apêndice contendo cópias de alguns artigos considerados de interesse para o técnico de descontaminação.</p> <p>Dentro do escopo deste relatório, os princípios científicos da descontaminação são abordados da forma mais sintética possível e o texto foi redigido sem maiores preocupações estilísticas ou semânticas.</p>			
distribuição: GDAF*, SUPED/ASPC.PD, DETS.PD, AUTOR (3) * Folha de rosto	classificação:	chefe de divisão: R. Yadoya assinatura: 	chefe de depto.: Alexandre Sette-Câmara assinatura: 
n.º de exemplares: 5		data: 26.01.84	data: 26.01.84

I N D I C E

1. INTRODUÇÃO.....	3
1.1 Alguns Conceitos de Radioproteção.....	4
1.2 Dados Radiológicos de Interesse.....	8
2. OPERAÇÕES PRELIMINARES ANTES DA DESCONTAMINAÇÃO.....	12
2.1 Remoção de um Equipamento.....	14
2.2 Desmontagem do Equipamento.....	17
2.3 Desengraxamento.....	19
3. ALGUMAS IDEIAS SOBRE O MECANISMO DA CONTAMINAÇÃO E DA DESCONTAMINAÇÃO.....	27
3.1 Agentes Contaminantes.....	28
3.2 Mecanismo da Contaminação.....	30
3.3 Princípios da Descontaminação.....	32
3.4 Execução da Descontaminação.....	36
3.5 Descontaminação com Detergentes.....	37
4. TECNOLOGIA DA DESCONTAMINAÇÃO COM BANHOS DE CARBONATO/BICARBONATO DE AMÔNIO E ÁCIDO NÍTRICO.....	40
4.1 Banho de Carbonato/Bicarbonato de Amônio.....	41
4.2 Banho de Ácido Nítrico.....	50
4.3 Comparação entre os Banhos de Bicarbonato e de Ácido Nítrico.....	58
5. INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS AUXILIARES.....	66
5.1 Tanques de Descontaminação.....	67
5.2 Equipamentos de Proteção Individual.....	70
5.3 Alguns Outros Equipamentos Utilizados.....	75
5.4 Coleta de Rejeitos.....	77
6. DESCONTAMINAÇÃO DOS "ALPHATRONS".....	81
6.1 Descontaminação e Limpeza dos Medidores de Concentração por Radiação Alfa ("Alphatrons").....	82
7. SEGURANÇA.....	93
7.1 Segurança e Proteção dos Operadores.....	94
APENDICE: Cópias de Artigos e Manuais de Interesse Sobre o Assunto.....	95

SUPERINTENDÊNCIA GERAL DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

depto.: Departamento de Tecnologia de Materiais - DETS.PD
divisão/laboratório: Divisão de Enriquecimento - DIENR.PD

1.

INTRODUÇÃO

Como uma breve introdução a este trabalho, é dada uma breve recordação de conceitos elementares e é apresentada algumas tabelas julgadas de interesse para os técnicos que possuem responsabilidades na área de descontaminação de equipamentos utilizados no enriquecimento isotópico de urânio.

A atividade do urânio depende do que se denomina sua "história" e do seu grau de enriquecimento. Embora o controle da atividade de equipamentos e áreas de trabalho seja de responsabilidade de técnicos especializados em proteção radiológica, o técnico de descontaminação não pode ignorar algumas particularidades da contaminação pelo urânio e valores numéricos mais importantes de contaminação máxima permissível. Existem diversos manuais e cursos sob forma de publicações sobre o assunto disponíveis em quase todas as bibliotecas.

1.1 Alguns conceitos de Radioproteção

1) Contaminação radioativa ou simplesmente contaminação é a presença indesejável de materiais radioativos, em concentração superior à natural, gerando riscos de irradiação de pessoas e inconvenientes de ordem técnica ou econômica. /1/.

Neste sentido, contaminação tem uma conotação distinta da usada em outras áreas de trabalho, em Ciências Biomédicas, por exemplo.

2) Descontaminação é a remoção ou diminuição de contaminação radioativa de qualquer superfície, material, meio ou local /1/ /2/.

O objetivo principal da descontaminação dos equipamentos de uma usina de enriquecimento é oferecer segurança para os técnicos encarregados da manutenção e recuperação de peças e aparelhos. Logo após a reinstalação destas peças, elas voltarão a se contaminar ao primeiro contato com o hexafluoreto de urânio. Menos frequente são os casos de contaminação superficial externa por vazamento de gases de processo, ou ainda para diminuir atividade de equipamentos inutilizados a serem convertidos em sucata.

3) Fator de descontaminação é a relação entre a taxa de contagem antes da descontaminação e a taxa de contagem após a descontaminação de um radionuclídeo em particular ou de uma mistura de radionuclídeos /2/,/3/.

O fator de descontaminação, comumente representado por f_D , é um conceito raras vezes encontrado na literatura da descontaminação de equipamentos de enriquecimento.

4) Concentrações derivadas de trabalho são as concentrações de radionuclídeos no ar ou na água, obtidas a partir das incorporações máximas permissíveis e usadas como limites derivados de trabalho.

5) Limite máximo permissível é o limite estabelecido por autori-

idade competente, fixando valores máximos de dose equivalente ou incorporação, que trabalhadores podem receber em período especificado, durante horas de trabalho, sob condições definidas e em observância de princípios operacionais fundamentais, tais como controle médio, físico, e administrativo (irradiações controladas). /1/.

As concentrações "máximas permissíveis" para o urânio no ar, segundo a Resolução 06/73 da CNEN é dada na Tabela 1.1.

Segundo a IAEA /3 /, a contaminação máxima permissível da superfície de objetos a serem removidos da área controlada é de :

$$10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2 \text{ para emissores alfa, e}$$
$$10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2 \text{ para emissores beta e gama.}$$

Ainda segundo a mesma fonte, a contaminação máxima permissível da superfície de trabalho e do lado externo de equipamentos de proteção na área controlada é de :

$$10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2 \text{ para emissor alfa.}$$

6) Área controlada é qualquer área mantida sob supervisão de pessoas com conhecimento para aplicar procedimentos e regulamentos apropriados de radioproteção e na qual é exercido controle de acesso, ocupação e condições de trabalho, com a finalidade de evitar ou minimizar a irradiação de indivíduos /1/.

7) As áreas de trabalho com material radioativo são divididas em diferentes classes, dependendo da radioatividade total e específica e do tipo de trabalho normalmente desenvolvido nesta área. Por exemplo, a CERN /6 / divide as áreas radioativas segundo as classes dadas na Tabela 1.2.

8) Normas, resoluções e unidades sofrem periodicamente revisões pela CNEN e por quase todas as outras instituições similares existentes no mundo. Apenas como recordação, damos as definições das duas unidades mais importantes: / 7/

1 Bq (becquerel) = atividade correspondente a 1 desintegração nuclear por segundo (unidade: s^{-1})

$$1 \text{ Ci (curie)} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq .}$$

Tabela 1.1 (Resolução CNEN 06/73)

Concentrações "máximas permissíveis" para o urânio no ar*

material	solúvel (Ci/m ³)	insolúvel (Ci/m ³)
U-234	6×10^{-10}	1×10^{-10}
U-235	5×10^{-10}	1×10^{-10}
U-238	7×10^{-11}	6×10^{-11}

* Para trabalhadores com 40 horas semanais.

Limites "máximos permissíveis" para contaminação de superfícies

tipo de superfície	principais emisso- res alfa ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$)	emissores alfa de baixa toxi- dez ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$)
áreas inativas e de baixa atividade; roupa pessoal	10^{-5}	10^{-4}
área ativas; roupas de trabalho (não usadas nor- malmente em áreas de ina- tivas	10^{-4}	10^{-3}
pele	10^{-5}	10^{-5}

* Emissores alfa de radiotoxidez classe 1

** Emissores alfa de radiotoxidez classe 2, 3 e 4 (inclui U-234, U-235, U-238 e urânio natural).

Tabela 1.2 (CNER Radiation Safety Manual / 8 /)

Nível de contaminação permissível

Área	Contaminação superficial máxima, pCi/cm ²		Contaminação do ar máxima, pCi/m ³	
	alfa	beta	alfa	beta
Inativa	background natural			
Ativa:				
classe 3	10	100	0,2	100
classe 2	100	1000	2,0	1000
classe 1	> 100	> 1000	> 2,0	> 1000

9) O hexafluoreto de urânio possui toxidez radiológica (do urânio) e toxidez química (do urânio e do fluor). Apenas como curiosidade, um antigo estudo da toxidez química /5/ estabelecia os seguintes valores como concentrações máximas recomendáveis para o UF₆ e seus derivados no ar:

75 µg UF₆/m³, equivalente a
 25 µg/m³ UO₂F₂, equivalente a
 50 µg/m³ U.

1.2 Dados Radiológicos de Interesse

Abaixo estão listadas algumas tabelas, em língua alemã, de possível interesse para os técnicos da área de descontaminação:

Tabelle 4. Strahlungseigenschaften von natürlichem Uran und seinen Folgeprodukten

Element	Zusammensetzung in %	Symbol	T _{1/2}	Energie der Strahlen		Intensitäts-Verhältnis γ/α oder β	Aktivität von 1g nat. U in 10 ⁻³ C	Spez. Aktivität C/g
				α oder β MeV	γ MeV			
Natürliches Uran	99,280	²³⁸ U	4,51 × 10 ⁹ J.	4,18 α	0,04	0,002:1	3,35	3,4 × 10 ⁻⁷
	0,715	²³⁵ U	7,13 × 10 ⁸ J.	4,4 α	0,1	0,5:1	0,15	2,18 × 10 ⁻⁶
	0,00548	²³⁴ U	2,48 × 10 ⁸ J.	4,7 α	0,1	niedrig	3,35	6,28 × 10 ⁻⁶
Summe:							6,65	6,65 × 10 ⁻⁷
Thorium (UX ₁)	-	²³² Th	24,1 T.	0,19 β	0,02-0,09	0,1:1	-	2,37 × 10 ⁶
Protactinium (UX ₂)	-	²³¹ Pa	1,18 M.	2,3 β	0,7-1,8	0,001:1	-	6,94 × 10 ⁶

Tabelle 5. Maximal zulässige Konzentrationen einiger gefährlicher Materialien in Luft (Scientific Recommendation¹⁾) (aus F. S. Patton u. a. [vgl. Lit. S. 789])

	Max. zulässige Konzentration (µg/m ³)
Plutonium-Brennstoff.....	0,00000012
U-232.....	0,00000014
Pu-239.....	0,000032
U-233.....	0,012
Beryllium.....	2,0
90% U-235-angereichertes Uran....	1,8
20% U-235-angereichertes Uran....	11
natürliches Thorium.....	18
5% U-235-angereichertes Uran....	42
Quecksilber.....	100
Blei.....	150
natürliches Uran.....	180
Arten.....	500

¹⁾ Noch geringere Werte wurden an einigen Orten gemächlich vorgeschrieben.

Tabelle 7. Maximal zulässiger Urangehalt in Abwasser

Natürliches Uran	2 · 10 ⁻⁶ µC/cm ³ = 200 mg/l
5%ig angereichertes Uran	2 · 10 ⁻⁶ µC/cm ³ = 70 mg/l
20%ig angereichertes Uran	2 · 10 ⁻⁶ µC/cm ³ = 28 mg/l
90%ig angereichertes Uran	3 · 10 ⁻⁶ µC/cm ³ = 4 mg/l

(Tabelas extraídas da Referência /8/)

Tabelle 6. Maximal zulässige Kontamination mit Uran

Uranoxyd	Faktor für spez. α-Aktivität	Für Körperteile	Für Schutzkleidung usw.
		1 · 10 ⁻⁶ µC/cm ³ mg/cm ³	1 · 10 ⁻² µC/cm ³ mg/cm ³
Natürliches Uranoxyd.	1	0,18	1,8
5%ig angereichert.....	4,3	0,042	0,42
20%ig angereichert.....	19	0,010	0,10
90%ig angereichert.....	90	0,0020	0,020

Körperbereich	Beruflich strahlenexponierte Person der Kategorie A Im Kalenderjahr	Beruflich strahlenexponierte Person der Kategorie B Im Kalenderjahr
1	2	3
1. Ganzkörper, Knochenmark, Gonaden, Uterus	50 mJ/kg (5 rem)	15 mJ/kg (1,5 rem)
2. Hände, Unterarme, Füße, Unterschenkel, Knöchel einschließlich der dazugehörigen Haut	600 mJ/kg (60 rem)	200 mJ/kg (20 rem)
3. Haut, falls nur diese der Strahlenexposition unterliegt, ausgenommen die Haut der Hände, Unterarme, Füße, Unterschenkel und Knöchel	300 mJ/kg (30 rem)	100 mJ/kg (10 rem)
4. Knochen, Schilddrüse	300 mJ/kg (30 rem)	100 mJ/kg (10 rem)
5. andere Organe	150 mJ/kg (15 rem)	50 mJ/kg (5 rem)

Die in den Nummern 1 bis 5 genannten Grenzwerte für Teile und Organe des Körpers schließen den in Nummer 1 genannten Ganzkörper-Grenzwert ein.

Tabelle 2: Grenzwerte der Körperdosen für beruflich strahlenexponierte Personen.

(Esta tabela e a tabela seguinte foram extraídas da Ref. 10)

Bereich	Innere Grenze	Äußere Grenze	Dosisgrenzwert für Einzelpersonen	Zutrittsbeschränkungen	Notwendige Überwachungsmaßnahmen	Tätigkeitsverbote
Sperrbereich	keine	3 mJ/kg (0,3 rem) je Stunde	Werte der Tab.2 Spalte 2 oder 3	ja, Zutritt nur unter den Voraussetzungen des Kap. A)5.	Ermittlung der Körperdosis, ärztliche Überwachung, Kontaminationsüberwachung, Ortsdosis und Ortsdosisleistung	ja (Jugendliche, schwangere und stillende Frauen)
Kontrollbereich	3 mJ/kg (0,3 rem) je Stunde	3/10 der Werte der Tab. 2, Spalte 2 bei Aufenthalt von 40 h/Woche	wie bei dem Sperrbereich	ja, Zutritt zur Durchführung od. Aufrechterhaltg. der Betriebsvorgänge oder zur Ausbildung, Besucher nur, falls Behörde dies erlaubt.	wie Sperrbereich	ja, wie Sperrbereich
Betrieblicher Überwachungsbereich	3/10 der Werte der Tab. 2, Spalte 2 bei Aufenthalt von 40 h/Woche	1/10 der Werte der Tab. 2, Spalte 2 bei dauerndem Aufenthalt im Kalenderjahr	1/10 der Werte der Tab. 2, Spalte 2 sofern nicht strahlenexponierte Personen	keine, soweit es sich um Personen handelt, die darin eine dem Betrieb dienende Tätigkeit ausüben od. die Besucher sind	Ortsdosis oder Ortsdosisleistung	keine
Außerbetrieblicher Überwachungsbereich	1/10 der Werte der Tab. 2, Spalte 2 bei dauerndem Aufenthalt im Kalenderjahr	3/500 der Werte der Tab. 2, Spalte 2	1,5 mJ/kg (150 mrem) im Jahr, oder falls Behörde dies zuläßt, bis zu 5 mJ/kg (500 mrem) je Jahr	keine, siehe aber Kap. A)6.	wie bei dem betrieblichen Überwachungsbereich	keine

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO I

1. CNEN: "Normas básicas de Proteção Radiológica". Resolução CNEN-06/73.
2. IAEA: "Manual on Decontamination of Surfaces". Safety Series nº 48. IAEA, Vienna, (1979).
3. IAEA: "Radiation Protection Procedures". Safety Series nº 38. IAEA, Vienna, (1973).
4. "Nouveau Traité de Chimie Minerale", Vol. X, P. Pascal, Editor, Maisson et Cie. Paris, (1956).
5. E.F. Edson: "The Industrial Toxicology of Fluorine and Certain Fluorides". UKAEA-5006/21, (1959).
6. CERN: "Radiation Safety Manual". European Organization for Nuclear Research, (1975).
7. Resolução nº 1 de 27 de abril de 1982 do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.
8. "Ullmann's Encyklopedie der Technischen Chemie", 39 Ed., W. Först, Vol. 18, Munchen, (1967).
9. U.S. Department of Commerce: "Safe Handling of Radioactive Materials". Handbook 92, (1964).
10. "Strahlenschutzbelehrung für den Umgang mit Radioaktiven Stoffen". IKVT, September (1978).

2. OPERAÇÕES PRELIMINARES ANTES DA DESCONTAMINAÇÃO

Neste Capítulo relatamos algumas de nossas observações relativas às operações executadas como etapas preliminares à descontaminação. Julgamos que elas são pertinentes nesta Nota Técnica porque ajudam a dar uma visão da descontaminação sob uma perspectiva mais ampla.

Princípios físicos e detalhes operacionais foram omitidos porque fogem do contexto mas eles serão descritos no nosso Manual de Limpeza.

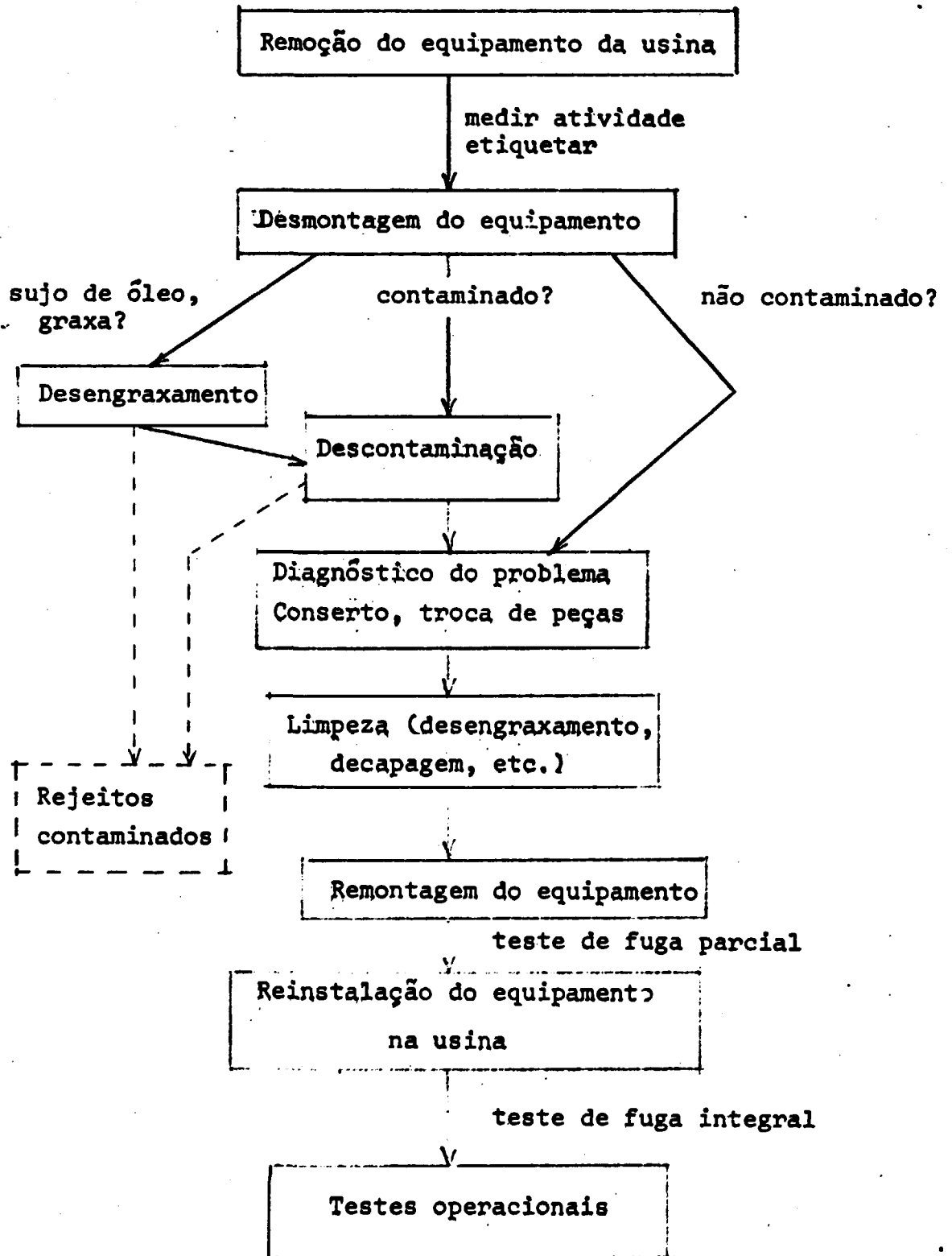


Fig. II-4 . Fluxograma de manutenção de um equipamento da usina.

2.1 Remoção de um equipamento

1. Os objetivos da remoção de uma peça ou um equipamento da usina ou outra instalação qualquer podem ser vários, a saber:
 - a. manutenção de rotina: para troca de peça após ter vida útil prevista vencida, para limpeza periódica, para inspeção de desgastes e condições operacionais, etc.
 - b. manutenção preventiva: para reparos após diagnosticar malfuncionamento ou funcionamento fora das especificações, mas antes de se tornar inoperante ou representar riscos imediatos.
 - c. "overhaul": reparo após constatar que o equipamento ou peça está em condição não-operacional.

Em qualquer dos casos, ao se remover o equipamento, aproveita-se a oportunidade para examinar as condições de outras peças críticas ou igualmente sujeitas ao desgaste.

2. Uma vez concluído que o reparo não pode ser realizado no local, a peça ou equipamento deve ser removido para a sala/oficina de manutenção. A retirada do equipamento pode ser, muitas vezes, bastante trabalhosa. Em casos mais difíceis, é aconselhável discutir em grupo e traçar uma estratégia para a sequência de operação; uma pessoa experiente deve acompanhar e orientar a operação de remoção.

3. Em muitos casos, deve ser seguida uma sequência de preparação e medidas preparatórias. Pode haver necessidade de se evacuar o local do pessoal estranho à tarefa, usar cordão de isolamento e placas de sinalização, bem como empregar equipamentos de proteção, verificar equipamentos de segurança e desobstruir passagens de fuga.

As tubulações e vasos que operam com UF_6 puro podem desprender vapores de HF ao serem abertos mesmo após evacuações e purgas com nitrogênio. O HF é um vapor altamente polar e tende a se ancorar nas paredes metálicas. Um gás inerte (nobre) pode auxiliar a eliminação parcial mas, provavelmente, pequenas quantidades de vapor de HF podem permanecer, mesmo após uma evacuação de dias. Pequenas quantidades de vapor não oferecem perigo maior e os técnicos devem ser alertados sobre isto para não se

alarmarem na primeira desmontagem.

4. Os técnicos devem também ser orientados para alguns cuidados adicionais durante a remoção de equipamentos. Como as ligações desmontáveis dos equipamentos, válvulas, instrumentação são compostas por flanges, é imprescindível alertar para os cuidados a serem observados no manuseio das superfícies vedantes dos flanges. Um simples arranhão na superfície de vedação de um flange da parte fixa pode representar um longo trabalho de recuperação do flange. Tal tipo de risco ocorre principalmente durante o afastamento de dois flanges justapostos sem partes flexíveis.

É, além disso, necessário verificar se a parte fixa não removida pode suportar tensões devido ao próprio peso; em caso contrário, deve-se providenciar suportes ou reforços. O vácuo pode também tensionar foles e juntas sanfonadas.

Flanges abertos devem imediatamente ser protegidos por flanges cegos, folhas de alumínio ou sacos plásticos. Evita-se igualmente que as partes fixas fiquem expostas à poeira e ao ar úmido, sempre que possível.

Tanto para ventilar com N_2 até à pressão atmosférica uma seção da instalação a ser aberta, como para evacuar uma parte exposta ao ar, deve-se lembrar que a diferença de 1 bar pode significar uma grande força agindo sobre a vedação de uma válvula de grande diâmetro. Um fato inesperado ocorreu durante uma desmontagem na nossa usina piloto. Ao abrir uma seção da linha de vácuo, a placa de vedação de um "Schieber" não resistiu à diferença de pressão (na direção desfavorável: força contra o braço de alavanca), apesar do manual especificar que deveria resistir tal diferença de pressão em qualquer sentido. Ocorreu então uma violenta irrupção de ar para dentro da tubulação. Disto resulta uma recomendação: isolar os instrumentos de medição fechando as suas válvulas se forem sensíveis a choques (manômetros, Piranis, etc.) por pura precaução antes da desmontagem.

5. Não se pode prescrever uma receita genérica de desmontagem. . Nos nossos casos seguimos os métodos que se pode chamar de usuais: folhas de plástico (polietileno) são estendidas e fixadas por fitas gomadas sob os flanges a serem abertos (para reter partículas que podem se desprender). Os parafusos são removidos segundo a sequência normal: os mais difíceis são removidos primeiro e por últimos os mais acessíveis que devem sustentar os flanges até o último instante. Durante a separação dos flanges a gaxeta ou o anel de vedação pode se soltar e cair. Folhas de alumínio são usadas para fechar temporariamente as aberturas para reduzir a penetração da poeira do ar. Algumas vezes flanges cegos são colocados, principalmente quando se necessita de evacuar a seção exposta. As superfícies de vedação são limpas com lenço de papel embebido em acetona para remover depósitos sólidos.

6 Equipamentos, peças e outros componentes removidos da usina devem ser etiquetados com todos os dados considerados relevantes, tais como: local da usina, razões da remoção, possíveis contaminantes ou substâncias perigosas no seu interior, atividade, recomendações ao encarregado da manutenção, e ,se possível, descrição do mal-funcionamento ou diagnóstico preliminar, etc.

2.2 Desmontagem do Equipamento

1. A desmontagem deve ser feita em local adequado e usando ferramentas apropriadas para o trabalho. Se o equipamento contém gases tóxicos absorvidos, tal como uma bomba de vácuo que foi empregada para bombear fluor, a desmontagem deve ser feita em uma capela ou outro local adequado. Deve-se também usar equipamento de proteção prescrita para a operação (luvas, protetor facial, etc.).

2. Um cuidado especial a ser observado durante a desmontagem é a marcação do posicionamento das peças, medição das folgas, etc. Peças aparentemente idênticas ou simétricas podem ter as superfícies de contato casadas e os mesmos posicionamentos devem ser seguidos durante a montagem. Não se deve confiar na memória. Anotações ou marcações com punção salvam tempo e aborrecimentos durante a montagem posterior.

3. Durante a desmontagem, crostas de urânio podem ser removidas e recolhidas para análise posterior. Entretanto, a aplicação sistemática de remoção de depósitos sólidos como uma operação de descontaminação não é provavelmente recomendável devido ao risco e dificuldades de controlar a emissão no ar de contaminantes em forma de poeira. Manusear material radioativo sob forma de pós requer vestimentas, máscaras, salas especiais, etc., que dificilmente compensariam o investimento. Pequenas incrustações são removidos com espátulas, lenços de papel, mas sem ter por finalidade economizar as soluções de descontaminação. Quando alguma porção do material contaminante cai sobre o piso, este é lavado com lenço de papel molhado e posteriormente é passado um aspirador de pó sobre a área.

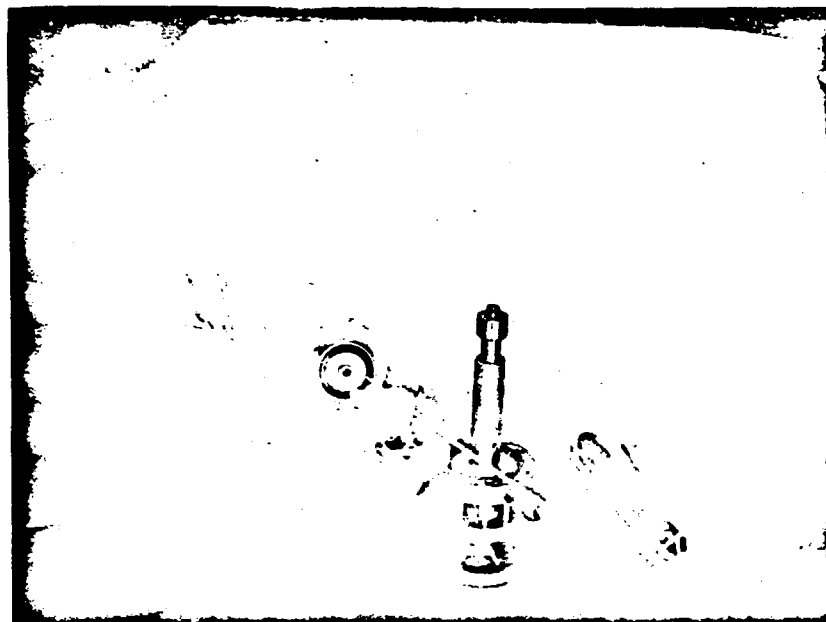


Fig. II-2. Removendo um O-ring de sua ranhura. Esta remoção exige bastante cuidado: um risco radial na superfície de vedação pode exigir um reparo trabalhoso na ranhura. A foto inferior mostra algumas das ferramentas utilizadas nesta operação. Os estiletos são fabricados a partir de arames de alumínio. Também usa-se peça de madeira (espetos de cunhasquinho, palitos de picolé, adquiridos nas Lojas Americanas)-

2.3 Desengraxamento

1. O desengraxamento é uma remoção de material graxo de uma peça, antes do banho de descontaminação propriamente dito. As peças da usina piloto se apresentam recobertas internamente pelo óleo de vedação dos compressores Roots. Para que a solução aquosa da descontaminação possa agir de modo eficiente, o material oleoso, repelente à água, deve ser previamente eliminado tanto quanto possível. Bombas de vácuo e tubulações anexas também apresentam as partes internas sujas por um filme oleoso.

2. Existem diversos solventes usados industrialmente para o desengraxamento, tais como o tricloroetileno e o percloroetileno. Seguindo basicamente o processo usado no IKVT, o solvente por nós empregado é o 1,1,2-tricloro-trifluoretano. Este solvente possui diversas denominações comerciais:

Freon 113 TF : Du Pont
Genetron 113 : Allied Chemical
Isotron 113 : Pennsalt Chemical
Ucon 113 : Union Carbide
Kaltron 113 : Kali-Chemie
Arklone P : ICI
Frigen 113 : Hoechst
Edifren 113 : Montecatini-Edison

Algumas de suas propriedades mais importantes são dadas nas cópias dos catálogos dos fabricantes. Uma vantagem importante do Freon 113 é a sua baixa toxidez em relação aos outros solventes comerciais e a sua eficiência de remoção de material oleoso. Infelizmente é um produto relativamente dispendioso e muito volátil.

3. Quanto se utiliza o Freon 113 no desengraxamento, é importante alertar para os técnicos a necessidade de manter bem fechado os recipientes. A pressão de vapor é bastante elevada à temperatura ambiente e os operadores desconhecem o fato de que o recipiente-depósito deve ser estanque para manter a pressão interna. Pode acontecer de se perder um tambor inteiro, porque o operador considerou desnecessário apertar a tampa (ou a manteve levemente aberta para "aliviar a pressão").

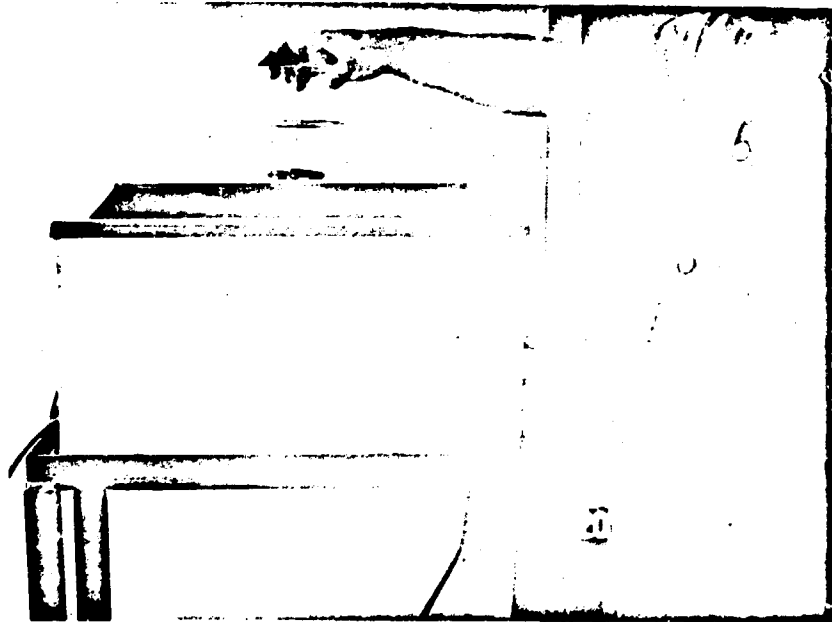


Fig. II-3. O banho de ultra-som.

O ultra-som é mais empregado para limpeza e desengraxamento do que para a descontaminação propriamente dita.

O aparelho não deve ser ligado sem líquido no seu interior.

É fabricado pela Thornton Inpec-Eletrônica SA. Existem outros fabricantes nacionais de banhos de ultra-som.

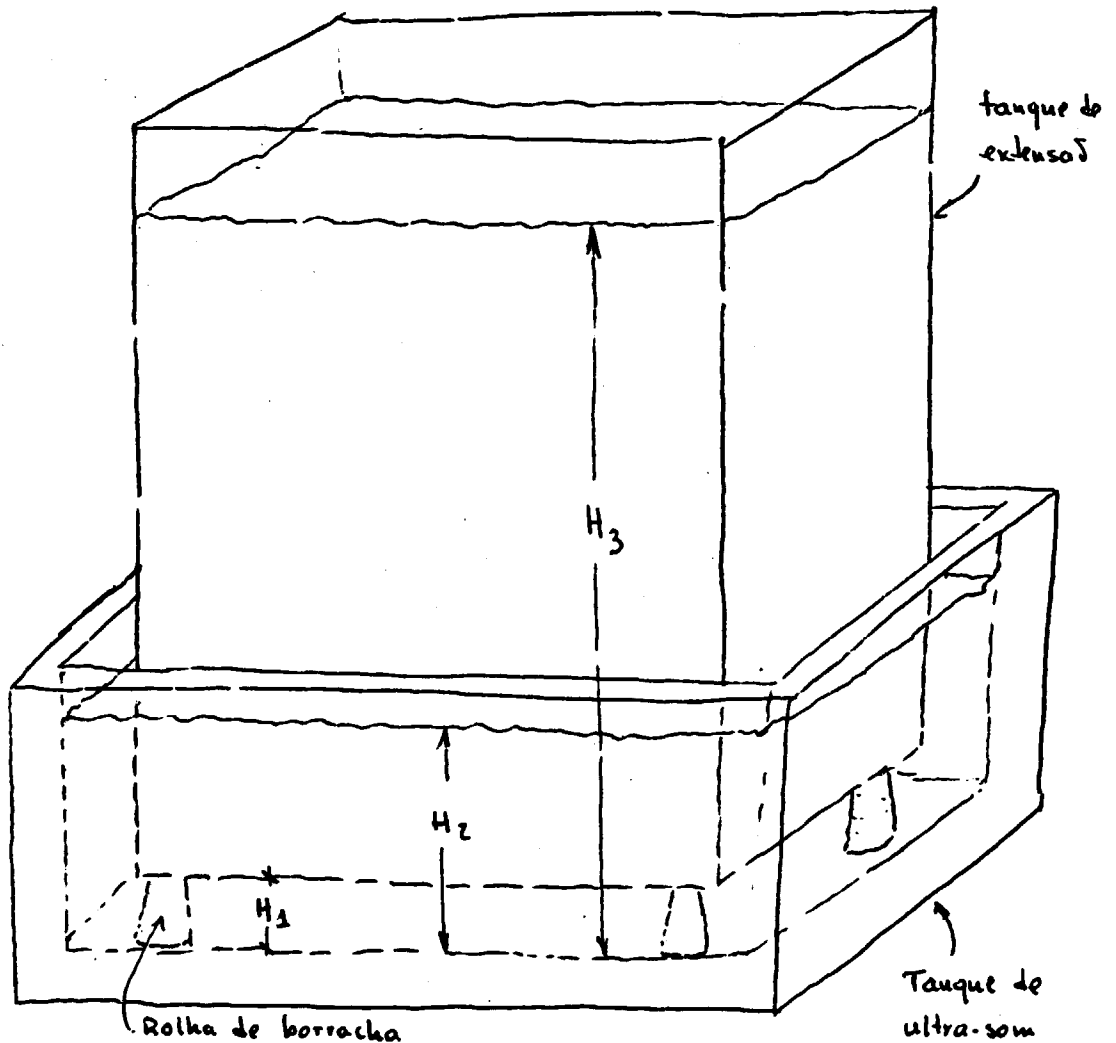


Fig. II-4. Artifício para aumentar o volume do banho de ultra-som / 1 /. Para melhor eficiência da transferência de energia do oscilador, as alturas H_1 da rolha de borracha, H_2 do nível de líquido do tanque original e H_3 do nível de líquido no tanque de extensão devem ser um múltiplo do comprimento de onda: $H = n \lambda$, onde $\lambda = c/f$; c é a velocidade do som no meio e f é a frequência de oscilação.

n é um número inteiro. Se o líquido do tanque for água, c é a velocidade do som na água.

4. A execução do desengraxamento é análoga à operação de limpeza e desengraxamento normais. Estando a superfície da peça contaminada por material sólido, parte do contaminante passa para o solvente durante o desengraxamento, apesar dele não ser solúvel nos solventes não-polares. O método mais comumente empregado é o da imersão da peça no solvente, com auxílio de escovagem ou outro auxílio mecânico para soltar o material graxo. A agitação ultra-sônica é bastante empregada como método de desengraxamento, principalmente para peças com formas, contornos irregulares, cavidades e reentrâncias de dimensões pequenas.

5. Empregamos frequentemente mais de um banho. O primeiro para peças bastante sujas de material oleoso, o segundo para peças mais limpas ou que passaram pelo primeiro banho. Para evitar a perda por evaporação do solvente, logo após o uso ele é recolhido em bombonas de plástico (polietileno).

Não é necessário secar a peça após o desengraxamento. O Freon-113 é tão volátil que alguns minutos de exposição no ar são suficientes para evaporar o filme fino aderido na superfície. A sala deve estar suficientemente ventilada para manter baixa a concentração do vapor do solvente, por motivos de segurança do operador (ver no Apêndice os dados sobre o Freon-113).

6. Há possibilidade de se usar uma emulsão solvente-água, tal como na limpeza, mas não usamos sistematicamente este processo (ver na Nota Técnica sobre Limpeza o princípio físico deste processo).

7. Por ser um produto dispendioso, o Freon-113 é recuperado por destilação, quando usado apenas para desengraxamento de peças não contaminadas. A sujeira radioativa não é solúvel no solvente orgânico apolar, mas é removida da peça e forma uma suspensão, contaminando desta forma o solvente. Neste caso, ele é considerado rejeito e não é recuperado.

8. O alumínio e o magnésio são metais reativos, não-nobres. Solventes clorados podem decompor-se em presença deste metais,

quando o desengraxamento é feito à quente (por exemplo, no caso de desengraxamento a vapor) e quando há possibilidade de existir pontos quentes, tais como na serpentina de aquecimento. Quando isto ocorre, o solvente torna-se ácido e pode atacar o alumínio, formando cloretos que catalizam a decomposição do solvente.

9. Para economizar o Freon-113, usamos algumas vezes a acetona para limpeza de peças menos críticas de metal. Convém lembrar que há certas limitações importantes no uso da acetona. Ela é, por exemplo, inflamável e cuidados normais de manuseio de líquido inflamável devem ser tomados (é recomendado o uso de recipientes metálicos para armazenar tal material). Além disso, é um solvente polar, atacando a maioria dos materiais poliméricos e elastômeros, provoca o inchamento das gaxetas de Viton. Convém também lembrar que é relativamente tóxico.

10. Os solventes disponíveis na DIENR são os seguintes:

Freon-113 : da Du Pont

Acetona : da Rhodia

Eter de petróleo : da Mallinckrot

Etanol : da Dinal

11. O Freon-113 é um solvente de grande eficácia no desengraxamento e é compatível com quase todos os materiais de construção (ver no Apêndice; um dos poucos materiais que podem sofrer algum ataque são os fabricados com o poliestireno): metais, não metais, plastômeros e elastômeros. Inclusive já mergulhamos placas de circuito impresso com os componentes eletrônicos no solvente.

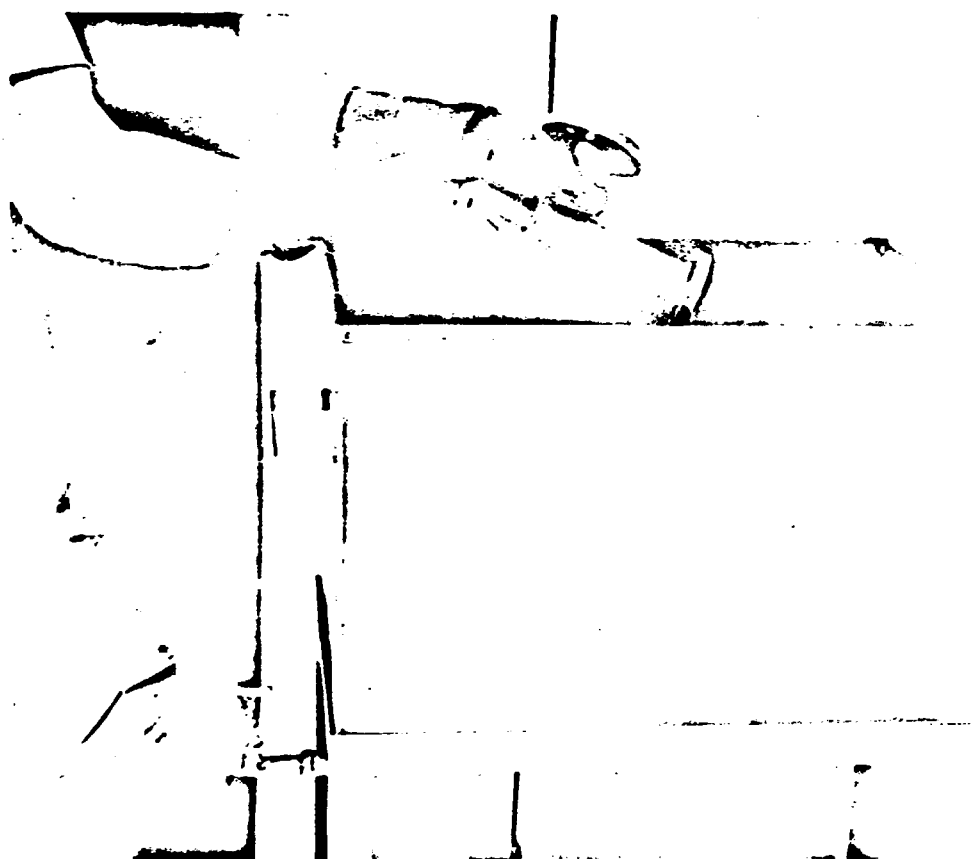


Fig. II-5 . Desengraxamento com Freon-113.

No nosso trabalho de desengraxamento antes da descontaminação as peças são geralmente de pequena dimensão. O tanque de aço inoxidável contendo o solvente é raras vezes empregado porque requer grande quantidade de solvente e há considerável perda por volatilização. Após o uso é recomendável recolher o Freon em um recipiente com tampa hermética (o ponto de ebulição do Freon-113 é de $47,6^{\circ}\text{C}$ a pressão ambiente normal).



Fig. II - 6. Anotando as medidas durante a desmontagem. Antes de se remover um retentor mede-se o seu posicionamento original em quatro posições simétricas para verificar o seu paralelismo. O mesmo cuidado deve ser observado durante a remontagem das peças.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO II

1. T. Lee, J.W. Williams e C.W. Weber: "Applied Ultrasonic Cleaning and Powder Dispersion". K-1842.

A teoria da limpeza por ultra-som pode ser vista em:
IKVT, Seminar im WS 73/74: "Ultraschall", Capítulos 1, 2, 3 e 4.

3. ALGUMAS IDÉIAS SOBRE MECANISMO DA CONTAMINAÇÃO
E DA DESCONTAMINAÇÃO

A bibliografia sobre descontaminação é extensa (veja, por exemplo: "Bibliographien zur Kernforschung und Kerntechnik, Sektion 13: Dekontamination"; que lista periodicamente os trabalhos publicados na área de descontaminação). Entretanto, quando se fala em descontaminação, o assunto abordado é quase invariavelmente a descontaminação de radionuclídeos de alta atividade, principalmente resultantes da irradiação de combustíveis nucleares. Material sobre a descontaminação do urânio natural é bastante restrito, talvez até raro.

3.1 Agentes Contaminantes

1. O enriquecimento é basicamente uma operação unitária de separação do tipo gás-gás. A matéria prima é a mistura gasosa U-238F₆, U-235F₆ e U-234F₆. Sob o ponto de vista radiológico, pode-se considerar o elemento urânio; sendo este, entretanto, um elemento radioativo, deve-se lembrar que encontra mesclado em maior ou menor proporção com os seus descendentes; pode também apresentar outras impurezas, se o urânio for oriundo de material irradiado e recuperado pelo reprocessamento. Diz-se então que a atividade do urânio (ou do hexafluoreto de urânio) depende de sua origem e de sua história. Costuma-se classificar o urânio nos 4 tipos indicados abaixo para fins de proteção radiológica.

2. Urânio mineral é aquele em equilíbrio secular com todos os produtos de filiação das séries de decaimento radioativo do U-238 (8 decaimentos alfa e 6 beta) e do U-235 (7 decaimentos alfa e 4 beta); o U-234 é um descendente do U-238.

Esta variedade do urânio possui uma radiotoxidez muitas vezes superior ao do urânio purificado porque contém elementos de elevada atividade (tais como o Th-230, Ra-226, etc.).

3. Urânio natural é admitido como contendo apenas 3 isótopos do urânio nas seguintes proporções:

U-238	:	99,274	átomo %
U-235	:	0,7205	"
U-234	:	0,0056	"

O beneficiamento do minério, a purificação por extração com solventes, as várias etapas de processamento químico e físico até a forma final de hexafluoreto destilado eliminam vários produtos de filiação. O hexafluoreto recém fabricado emite basicamente radiação alfa, mas com o passar do tempo passa a emitir também radiação beta e gama ao elevar a concentração de produtos de decaimento tais como o Pa-234, o Th-234 e o Pa-231.

4. Urânio enriquecido possui uma concentração maior em U-235 e U-234 do que no urânio natural. Ao aumentar o grau de enriquecimento, a concentração do U-234 aumenta mais rapidamente do que a do U-235. No urânio natural, a atividade alfa do U-234 é equi-

valente ao do U-238 e, com o enriquecimento, o primeiro passa a ter maior preponderância sobre o segundo.

Como nos nossos trabalhos lidamos com urânio de baixo grau de enriquecimento, não consideramos o fator de enriquecimento nas operações de descontaminação dos equipamentos.

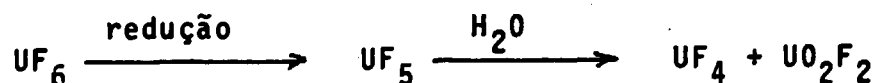
5. Urânio irradiado é aquele recuperado pelo reprocessamento, após irradiação ou queima nos reatores. Pode conter outros isótopos do urânio (U-236, U-237, etc.) e ainda produtos de fissão ou de absorção de nêutrons (Pu, Te, Mo, etc.) como impurezas. O hexafluoreto de urânio a ser fornecido para as usinas de enriquecimento tem especificações bastante rigorosas, tanto por razões operacionais como por riscos radiológicos.

6. Observações: embora o urânio seja considerado urânio natural nos nossos trabalhos pois possui sempre baixo grau de enriquecimento (< 2 átomo %), uma usina de enriquecimento, que processa multitoneladas de material durante anos a fio, pode acumular nas paredes internas dos equipamentos e tubulações uma certa quantidade de produtos menos voláteis resultantes do decaimento radioativo do urânio do UF_6 , principalmente o Th-234.

3.2 Mecanismo da Contaminação

1. Antes de se desmontar qualquer seção de uma instalação para reparos ou troca de peças, são executadas as operações normais de preparação: evacuação, rinsagem com nitrogênio gasoso, etc. Quando há suspeita de acúmulo de UF_6 sólido, grande quantidade de HF ou quando se lida com equipamentos que operam com fluor, as precauções devem ser maiores. Com estes procedimentos normais, não se encontrará UF_6 ao expor a superfície interna dos equipamentos ao ar atmosférico. A contaminação superficial interna se apresentará somente sob forma sólida. A propriedade química mais característica do UF_6 é a sua ação fluorizante: combina-se com a água, metais, não-metais e materiais orgânicos, formando compostos de estruturas bastante complexas. Sob o ponto de vista da descontaminação, estas reações podem ser agrupadas, sob forma bastante simplificada, nos tipos abaixo indicados / 2 /.

2. Por combinação química (ação fluorizante oxidativa) com materiais de construção metálica, não-metálica e polimérica, o UF_6 produz compostos complexos, onde o urânio passa a ter valência menor do que VI, isto é, sofre redução. Sob forma esquemática, reações deste tipo podem ser representadas por:



O composto UF_5 em presença da umidade se hidroliza quase tão rapidamente quanto o UF_6 . A redução pode ser provocada também por radiação ultravioleta ou por radiação ionizante (alfa e beta) mas, para as instalações comerciais, estes processos de redução são menos importantes. O importante aqui é observar que os produtos finais são o UF_4 e o UO_2F_2 , predominantemente. Estas considerações são válidas também para os chamados fluoretos intermediários que se desproporcionam e, em meio aquoso, formam os dois compostos de urânio acima mencionados.

3. Outra característica marcante do UF_6 é a afinidade pela água; a ação fluorizante aqui é a substituição do flúor por um outro elemento fortemente eletronegativo, sem mudança de valência do urânio. Esta reação de hidrólise pode ser escrita simplificada-

damente por:



O fluoreto de uranila resultante desta reação apresenta-se hidratado e é frequentemente representado por $\text{UO}_2\text{F}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, onde n pode variar entre 1,7 a 2,2 /3/. A formação do UO_2F_2 anidro exigiria medidas especiais para evitar a sua hidratação.

4. Como conclusão, pode-se dizer que a contaminação pelo urânio nos equipamentos - expostos ao ar e à umidade - se apresenta sob forma de UF_4 , um sólido de cor verde característico, e de UO_2F_2 , também um sólido, mas de cor branca ou levemente amarelada. Estes compostos podem estar acompanhados por outros produtos de reações químicas, tais como fluoretos dos metais presentes nas ligas dos materiais de construção (níquel, ferro, cromo, cobre, etc.). Em presença da água, o urânio tem forte tendência a formar complexos.

3.3 Princípio da Descontaminação

1. Os processos de descontaminação podem ser classificados de diversas formas; uma delas poderia ser, por exemplo, segundo a natureza do mecanismo que produz a descontaminação, ou seja:

- a. métodos físicos (principalmente mecânicos)
- b. métodos químicos (os mais usados)
- c. métodos físico-químicos (por exemplo, eletroquímico).

Ocorre frequentemente que não é possível fazer uma distinção clara de um dado processo, porque pode envolver mais de um simples mecanismo. Como uma ilustração, nos banhos químicos são empregados métodos mecânicos (agitação, escovação, etc.) para acelerar a descontaminação. A remoção de material superficial do substrato, mais comum na limpeza, é mais rara na descontaminação.

Uma outra classificação adicional seria dividir o processo de descontaminação em:

- a. via gasosa, e
- b. via úmida.

Como uma curiosidade, o reservatório do equipamento de testes de elementos de separação transferido do IKVT para o CDTN foi descontaminado por via gasosa para que pudesse ser transportado como material não-contaminado segundo a legislação alemã. Por causa do seu grande volume (1500 L), seria difícil descontaminá-lo com banhos para depois remover todo e qualquer traço de umidade e passivá-lo.

2. A descontaminação de peças e equipamentos é feita preferencialmente por via úmida, utilizando-se banhos de descontaminação / 4 /. Os banhos são geralmente soluções aquosas de uma ou mais substâncias (tal como ocorre na limpeza e decapagem). O princípio da descontaminação é uma extração do material contaminante pelo banho; em outras palavras, a descontaminação consiste em remover o contaminante de uma peça de forma semelhante à limpeza, decapagem e desengraxamento e os mesmos princípios físicos e químicos são aqui aplicáveis (o manual de limpeza está sendo redigido, mas sem prazo para ser publicado). O processo é facilitado, quando o contaminante é solúvel no banho, seja por processo puramente físico (dissolução, ou também dispersão, emulsão), seja por meio de reações químicas ou

físico-químicas. Constituindo uma extração líquida, o banho contamina-se logo no primeiro uso e o material do banho aderente à peça deve ser removido por enxaguagem subsequente. Como na teoria da limpeza, pode-se adotar uma nomenclatura semelhante: o sistema é constituído por:

- a. objeto ou peça cuja parte em contato com o banho constitui o substrato ou matriz;
- b. material contaminante (radioativo), que no nosso caso, é constituído por compostos de urânio;
- c. sujeiras de natureza variada, muitas vezes de natureza graxa, que interferem com a ação do banho de descontaminação e possivelmente com o processo de tratamento de rejeitos;
- d. banho de descontaminação.

3. A composição do banho depende de vários fatores, sendo os principais os seguintes:

- a. natureza do substrato (material de construção da peça)
- b. acabamento superficial do substrato e ataque admissível
- c. natureza dos materiais contaminantes
- d. presença de outros corpos estranhos
- e. forma física do material contaminante e da sujeira.

Os parâmetros de operação de descontaminação podem ser os seguintes:

- a. composição do banho e seu grau de utilização
- b. métodos auxiliares (agitação do banho, escovagem, jateamento, ultra-som, etc.),
- c. temperatura do banho
- d. duração de atuação do banho
- e. tipo de substrato, ataque superficial permitido, forma física do contaminante e impurezas.

4.0 urânio é um elemento anfótero: em meio aquoso ácido e neutro, forma cátions (uranila) e, em meio alcalino, forma ânions (uranatos e poliuranatos). Os sais de uranila são estáveis e solúveis em água. O urânio tetravalente é pouco solúvel e o urânio pentavalente, sendo instável, forma em solução aquosa compostos de urânio tetra e hexavalente / 2 /. Como foi afirmado acima, os dois compostos a serem considerados na descontaminação são o tetrafluoreto de urânio e o fluoreto de uranila.

A solubilidade do material contaminante é um fator de maior relevância, pois a descontaminação consiste essencialmente em passar o contaminante presente no substrato para o banho. Provavelmente, outros fatores tais como a tensão superficial, a difusão através dos poros, a força de coesão sólido-sólido, e todos os outros parâmetros da difusão de massa de um sólido para um líquido desempenham algum papel durante o processo da descontaminação.

O fluoreto de uranila é muito solúvel em água. É uma característica do ion UO_2^{+2} a sua afinidade pela água, formando hidrato / 2 /. A solubilidade do UO_2F_2 em água a $25^\circ C$ é de aproximadamente 1300 g/l ou ca. 5 mol/l / 5 /. A solução possui forte caráter ácido (o pH da solução a 0,02 M é de 2,9 / 6 /). Este sal é também solúvel em metanol e etanol / 6 /. Portanto, a solubilização do fluoreto de uranila no banho de descontaminação não constitui um problema.

O tetrafluoreto de urânio, ao contrário do fluoreto de uranila, é praticamente insolúvel em água (ca. 25 mg/l a $25^\circ C$ / 6 /). Dissolve porém em ácidos oxidantes, formando íons uranila, e é também moderadamente solúvel em solução aquosa de carbonato de amônio (ca. 0,4 peso % / 6 /). Soluções de amônia contendo peróxido de hidrogênio dissolvem o tetrafluoreto, resultando na formação de complexos de urânio hexavalente.

Estudos da solubilidade do UF_4 em diversas soluções de descontaminação estão resumidos na Tabela abaixo / 7 / :

Solubilidade do UF_4 em diversas soluções de descontaminação / 7 /.

<u>solução descontaminante</u>	<u>pH</u>	<u>gUF_4/l solubilidade</u>
0,2 M Na_2CO_3	12	0,12
0,2 M Na_2CO_3 + 0,2 M H_2O_2	12	1,98
0,2 M $NH_4CO_2NH_2$	9	0,15
0,2 M $NH_4CO_2NH_2$ + 0,2 M H_2O_2	9	1,98
0,2 M $(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$	6	0,34
0,2 M $(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$ + 0,2 M H_2O_2	6	2,5
0,5 M HNO_3	-	0,41
0,5 M HNO_3 + 0,1 M NaF	-	0,20
0,5 M HNO_3 + 0,1 M NaF + 0,2 M H_2O_2	-	0,30

Observações:

A solubilidade foi medida após 1 a 1,5 h de agitação .

Os compostos químicos são os seguintes:

Na_2CO_3 - carbonato de sódio

H_2O_2 - peróxido de hidrogênio (ou água oxigenada)

$NH_4CO_2NH_2$ - carbamato de amônio

$(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$ - oxalato de amônio

HNO_3 - ácido nítrico

3.4 Execução da Descontaminação

1. Não é possível atribuir a priori valores numéricos para os parâmetros de operação. Considere-se um paralelo prosaico: na limpeza de utensílios de cozinha, uma simples aplicação de um detergente com uma esponja seguida de uma rápida enxaguagem pode ser suficiente para limpar uma travessa, mas para remover restos calcinados nos fundos de uma panela, pode ser necessário deixar de molho por um longo tempo e aplicar meios abrasivos.

A descontaminação exige experiência, paciência e bom-senso do operador. Não se pode receitar um procedimento genérico. Em primeiro lugar, as peças não são uniformes, podem apresentar reentrâncias, ranhuras e cavidades de difícil acesso. Em segundo lugar, a forma física dos materiais contaminados podem variar bastante; às vezes, se apresentam sob forma de fina poeira aderida eletrostaticamente, isto é, por fracas forças, outras vezes podem formar crostas endurecidas fortemente aderidas. Estes últimos casos ocorrem quando os compostos de urânio se misturam com outros depósitos sólidos, principalmente nas partes aquecidas dos equipamentos.

O procedimento usual da operação de descontaminação será descrita no próximo capítulo; maiores detalhes serão dados no Manual de Descontaminação.

3.5 Descontaminação com Detergentes

A técnica de descontaminação com banhos de carbonato/bicarbonato de amônio e de ácido nítrico será descrita no capítulo seguinte. Apenas a título de curiosidade mencionamos aqui a descontaminação por lavagem com detergentes.

Contaminações superficiais em equipamentos instalados ou aparelhagem que não necessitam de serem desmontados ou abertos podem ser descontaminados por lavagem apenas das partes externas. Um método rápido e simples é empregar uma solução descontaminante, esponja ou pano de lavagem, e alguma disposição para a tarefa. Botas, luvas, avental devem ser usados. A composição da solução pode variar, mas a mais simples é composta apenas de um detergente (substância tenso-ativa) principalmente quando a contaminação é pequena e misturada à poeira caseira. Após a lavagem/descontaminação a atividade pode ser medida por esfregaço e contagem. Em caso de necessidade a operação pode ser repetida.

Esta operação foi realizada nas partes externas das bombas de vácuo do equipamento de testes de elementos de separação transferida do IKVT para o CDTN. A descontaminação superficial externa teve de ser repetida duas vezes.

	α	J_{pm}	β
1			57
2			45
3			62
4	1		41
5			58
6			42
7			49
8	1		43
9	1		61
10			39
11			43
12	1		48
13			79
14			63
15	4		49
16			60
* 17	13		50
* 18	16		107
* 19	16		124
20			169
21			63
22			45
23	2		37
24	1		28
25			45
26			45

Monitoração da contaminação superficial externa de um equipamento por esfregação e contagem da atividade alfa e beta (impulso por minuto) em diversos pontos previamente selecionados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO III

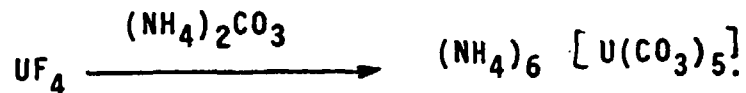
1. IAEA: "Manual on Radiological Safety in Uranium and Thorium Mines and Mills". Safety Series nº 43. Vienna, (1976).
2. "Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie. Uran". Ergänzungsband C8, W. Bacher e E. Jacob. Springer-Verlag, Berlin, (1980).
3. KVT 69/2 e KVT 69/5.
4. IAEA: " Manual on Decontamination of Surfaces". Safety Series nº 48. IAEA, Vienna, (1979).
5. KVT 69/68.
6. N. P. Galkin et al: "Technology of Uranium", Israel Program for Scientific Translation. Jerusalem, (1966).
7. KVT 69/43.

4. TECNOLOGIA DE DESCONTAMINAÇÃO COM BANHOS DE
CARBONATO/BICARBONATO DE AMÔNIO E ÁCIDO NÍTRICO

4.1 Banho de Carbonato de amônio

Princípio

1. Segundo a literatura /1/, o UF_4 é moderadamente solúvel em solução aquosa de carbonato de amônio (0,4 peso %), formando um complexo de urânio tetravalente:



Entretanto, o urânio na forma VI é mais estável e mais solúvel do que na forma IV. A oxidação para a forma de urânio hexavalente é favorecida pela presença do peróxido de hidrogênio, H_2O_2 ; em meio aquoso, o urânio VI se converte no cátion uranila.

2. A reação entre o íon uranila e o carbonato de amônio é bastante complexa porque dá origem não apenas a um composto definido, mas sim a uma família de compostos de estrutura complexa e muitas vezes indefinida. O primeiro e o mais importante membro desta família é o uranil-tricarbonato de amônio $(NH_4)_4 [UO_2(CO_3)_3]$, bastante conhecido pela sigla AUC. Este composto é obtido numa etapa preliminar da reconversão do UF_6 enriquecido em pastilhas de UO_2 pelo processo da RBU (Reaktor-Brennelement Union GmbH). Os membros desta série genética são bastante solúveis em água (Fig. IV-14) e a precipitação só ocorre em soluções muito concentradas de carbonato de amônio em grande excesso de reagentes que não ocorrem normalmente durante a descontaminação. A reação com o bicarbonato de amônio se desenvolve de forma similar ao do carbonato /1/. O excesso de peróxido de hidrogênio pode formar precipitado de peróxido de urânio, $UO_4 \cdot 2H_2O$.

3. A vantagem de se utilizar o carbonato ou o bicarbonato de amônio em lugar de outros compostos reside na capacidade de se decomporem pelo aquecimento a uma temperatura moderada, sem deixar resíduos sólidos:



Após a descontaminação e durante a secagem da peça na estufa, deve-se permitir que os vapores escapem livremente para a atmos-

fera, porque a reação de decomposição do carbonato e do bicarbonato são reversíveis e os gases formados podem se recombinar nas partes frias do equipamento ou da estufa.

Reagentes

Carbonato e bicarbonato de amônio:

O carbonato de amônio sólido $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ é considerado um sal duplo de bicarbonato de amônio e de carbamato de amônio e é frequentemente representado por $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \cdot \text{NH}_2\text{COONH}_4$. Em solução aquosa, o carbamato dá origem ao carbonato:



O bicarbonato de amônio NH_4HCO_3 é um produto comercial facilmente encontrado no mercado nacional em estado relativamente puro, porque é utilizado para vários fins, inclusive na indústria alimentícia. Visto que o carbonato sólido é vendido em embalagem de laboratório como reagente PA, preferimos utilizar o bicarbonato nacional para os nossos banhos de descontaminação.

Há uma diferença em solubilidade: para o bicarbonato, o valor mencionado é de ca. 22 g/100 g de água a 20°C e para o carbonato, a solubilidade é cerca de 4 vezes mais. Consideramos a possibilidade de adicionar solução de hidróxido de amônio em quantidade estequiométrica para converter o bicarbonato em carbonato, mas ponderamos que provavelmente haverá diferenças não substanciais na capacidade de descontaminação com esta operação, além de aumentar possivelmente o cheiro de amônia.

Existem diversos distribuidores de bicarbonato de amônio (Herzog, Usina Colombina, etc.), mas não foi considerado necessário executar nenhuma análise para determinar o grau de pureza, pois logo após a primeira descontaminação, o banho conterá um grande número de íons espúrios.

O bicarbonato sólido é um composto que apresenta uma certa volatilidade /3/. A sua pressão de vapor em função da temperatura é:

<u>temperatura, °C</u>	<u>pressão de vapor, Torr</u>
25,4	59
34,2	122
40,7	201
45	277
50	395
59	815

Para evitar o desprendimento de vapores de amônio (e de CO_2), é conveniente manter o recipiente do sal sólido bem fechado.

Peróxido de hidrogênio:

O peróxido por nós adquirido é um produto PA, da Reagen - Quimibrás SA, porque este reagente é também utilizado na limpeza das peças da fonte de íons do espectrômetro de massa. A concentração indicada no rótulo dos frascos de polietileno de 1000 g é de 29,0 a 32,0 % de H_2O_2 .

Água:

Para os banhos de descontaminação, é empregada a água de torneira. Para o enxague, dispomos da água destilada e da água deionizada do Grupo da Corrosão do DETS.

Composição do banho

É seguida a receita do IKVT / 4 / para preparar o banho de descontaminação:

carbonato de amônio	ca. 50 g
peróxido de hidrogênio a 30 %	ca. 50 ml
água	ca. 1 litro .

Para o nosso uso, o banho é composto de:

bicarbonato de amônio	ca. 50 g
água	ca. 1 litro.

Não usamos rotineiramente o peróxido, porque provavelmente ele é decomposto rapidamente e perderá a sua ação com o tempo. A luz, calor, íons de metais como o ferro, cobre, manganês, níquel, cromo, e outros catalizam a decomposição e seria necessário adicionar o peróxido antes de cada operação. Também achamos que não é necessário dosar cuidadosamente a composição do sal. O volume de água é determinado aproximadamente pela altura dentro do tanque, conhecida a sua área.

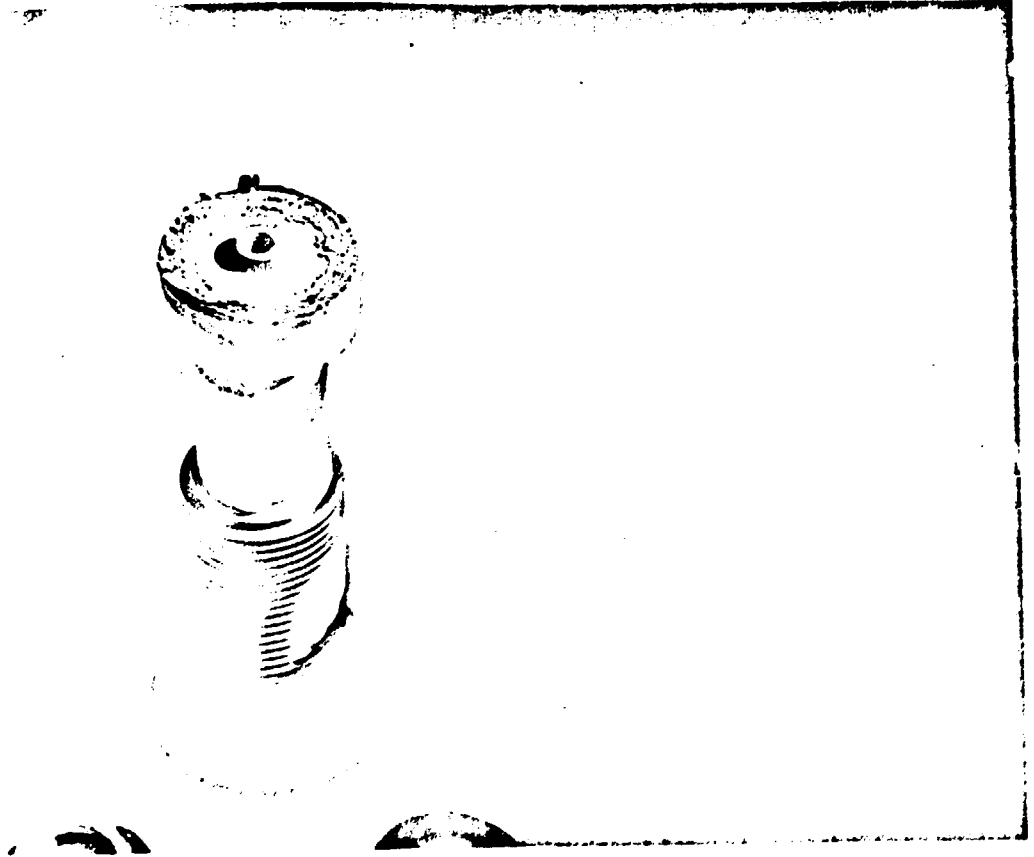


Fig. W-1. Deposição de urânio sobre o selo de vedação de uma válvula. A fotografia pode ser usada para documentar problemas observados durante as manutenções e operações dos equipamentos. (No caso desta foto, um pequeno anel de Dixon, usado como recheio de uma armadilha-fria, se alojou sobre a vedação, impedindo a vedação necessária da válvula.)

REALIZAÇÃO DA DESCONTAMINAÇÃO

A peça, logo após o desengraxamento, é mergulhada no banho de bicarbonato de amônio para a descontaminação. Com a ajuda de escovas de diversos tipos, esponjas, esfregão, cotonetes, pinças, etc, o material sólido depositado sobre a superfície e reintrâncias é removido tal como numa limpeza ordinária.

Após este tratamento, a peça é lavada com água corrente para remover restos da solução de descontaminação e a atividade medida com um monitor de radiação alfa-beta. Se houver um indicação de atividade maior do que o do background, a peça é novamente colocada no banho para novo tratamento.

Por fim, após a lavagem em água corrente, a peça é enxaguada em água destilada ou deionizada e colocada na estufa para secagem.

É recomendável usar durante a operação de descontaminação os dispositivos de proteção individual. Seu uso é mandatório, no caso de usos de soluções ácidas de decapagem (HNO_3/HF por exemplo).

CONTROLE DOS PARÂMETROS

A temperatura da operação de descontaminação é a normal do banho, sem aquecimento ou refrigeração (a temperatura não é medida).

A agitação do banho também não é controlada; não se usa nenhum processo de agitação mecânica artificial (pás, jatos, etc.).

A vida útil do banho não é sistematicamente controlada. Foram feitas algumas análises pela Divisão de Química, mas sem uma finalidade de otimizar um tempo de vida útil do banho. O que tem sido feito é adicionar, de tempo em tempo, um pouco mais de bicarbonato de amônio para compensar perdas por volatilização ou esgotamento, mas mais pelo sentimento do que por qualquer outra forma de medição. No correr do tempo, há formação de preci-

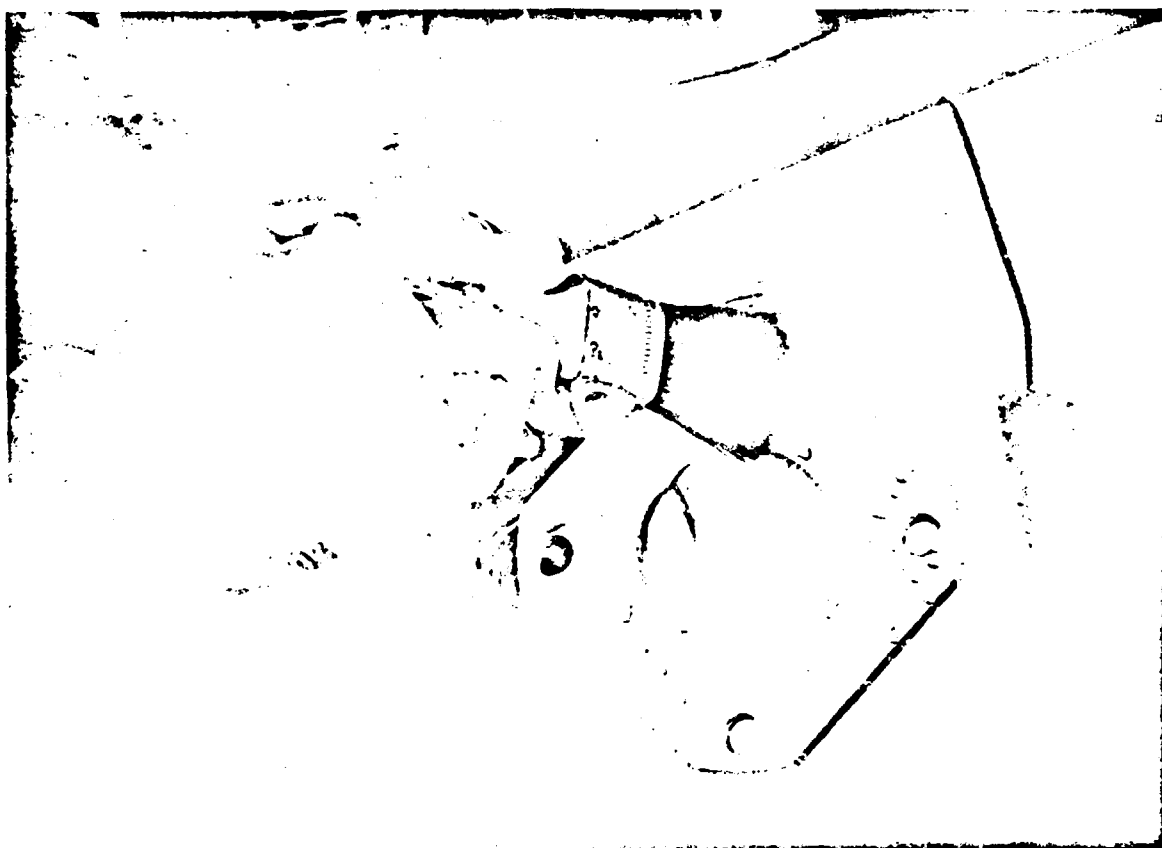


Fig. IV-2. Descontaminação de uma flange.

Para evitar qualquer dano na superfície de vedação do flange de alumínio, usa-se uma escova de cerdas finas. O manuseio de peças de alumínio exige cuidados dobrados.

Na superfície externa de tubos e nas parte não-críticas de peças de aço inoxidável, são usadas muitas vezes escovas com cerdas de aço inoxidável (principalmente para decapagem após a solda).

pitado gelatinoso (provavelmente, complexos de hidróxidos metálicos) e, para recuperar a solução, usa-se a filtração; a solução filtrada torna-se límpida, mas levemente colorida em azul (presença de cobre) e é retornada ao recipiente com uma pequena adição de carbonato, ou melhor, bicarbonato. Esta operação é feita não por economia do banho, mas para reduzir a quantidade de rejeitos.

Algumas vezes, usamos dois banhos: um para peças contaminadas e um outro para peças parcialmente descontaminadas pelo primeiro banho. Como a descontaminação é uma operação de extração, parece que a utilização de dois banhos é mais eficiente do que um único banho, que se torna contaminado logo na primeira operação, principalmente se a peça estiver bastante contaminada.

O tempo de imersão é bastante variável, dependendo de fatores diversos, principalmente da aderência do material contaminado. Varia em geral da ordem de 5 a 15 minutos, e algumas vezes até mais, quando a peça é deixada de "molho" por algum tempo.

SECAGEM

Após o enxague com água destilada, a peça descontaminada é colocada na estufa a cerca de 80°C para remover a água; com o aquecimento, o bicarbonato se decompõe em dois compostos gasosos (CO_2 e NH_3). Para facilitar a remoção dos gases, é recomendável utilizar uma estufa com exaustão ou vácuo (que não temos).

MATERIAIS COMPATÍVEIS

A solução de bicarbonato de amônio é relativamente pouco reativa quimicamente sobre os metais e polímeros em geral. Empregamos esta solução para descontaminar praticamente todas as peças.

Algumas observações a serem feitas em relação aos principais materiais de construção são as seguintes:

Alumínio e suas ligas (Al-Mg-Si):

Sendo um metal anfótero, o alumínio é atacado por um meio alcalino, formando complexos em meio aquoso. O pH máximo recomendado é da ordem de 9 a 11 / 5/. O tempo de imersão no banho de descontaminação deve ser o mais curto possível para evitar um ataque maior sobre o acabamento superficial / 6/. O meio oxidante, tal como o fornecido pela adição do H_2O_2 , produz um filme de óxido protetor, mas existem diversos outros elementos que também podem agir como inibidores (Si, F, P, etc.).

Aço inoxidável:

Não encontramos na literatura referências sobre possíveis inconvenientes da ação do carbonato/bicarbonato de amônio sobre o aço inoxidável, nem temos observado qualquer ataque na superfície das peças. Temos usado a solução para limpar peças contaminadas deste material de construção.

Cobre e suas ligas:

Peças de cobre, e principalmente latão são descontaminadas com a solução de bicarbonato de amônio nas nossas instalações. O cobre é levemente atacado pela amônia (formando complexo cuproamoniaco) e a solução adquire a característica cor azulada, mas consideramos isto sem maior significado. De qualquer forma, o ataque é mais suave do que o do ácido nítrico.

Plastômeros e elastômeros:

O-rings, gaxetas de Viton, Teflon e outros materiais poliméricos são descontaminados também com o banho de bicarbonato.

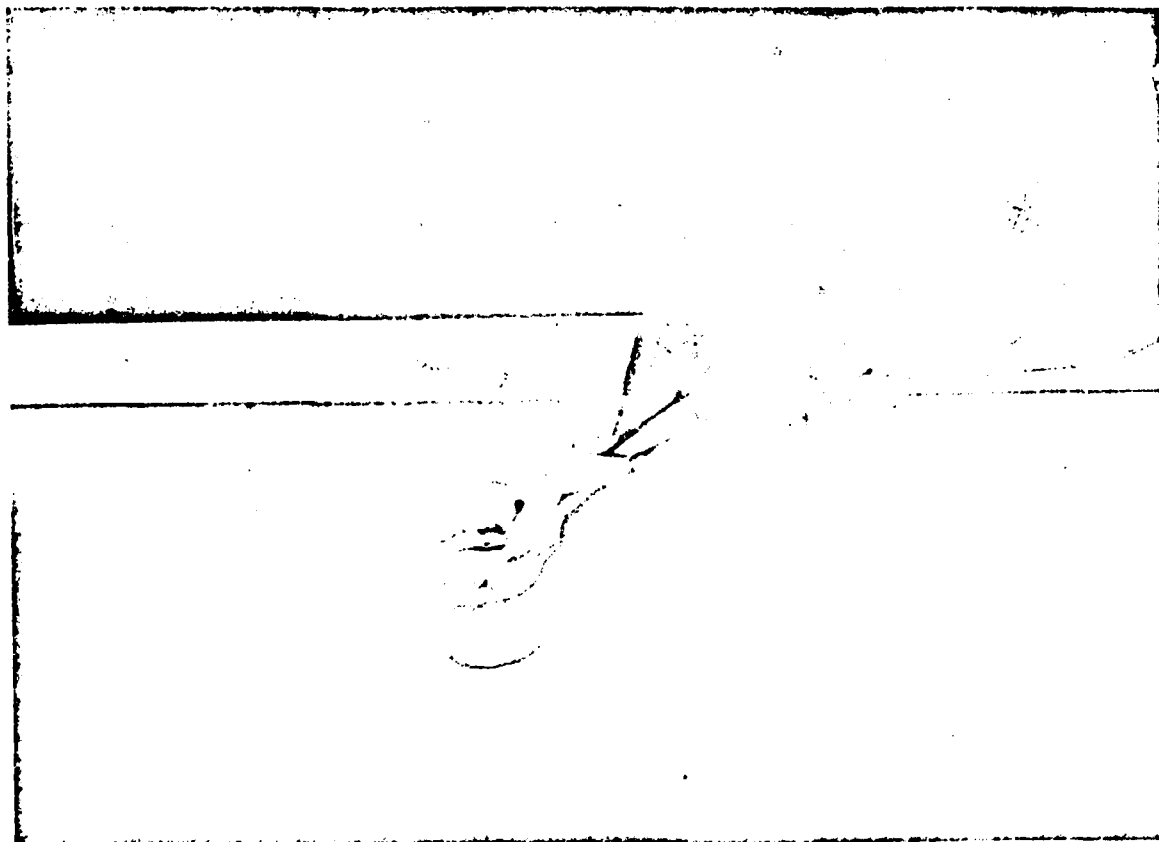


Fig. IV-3. Respingos de solução contaminada, mesmo sobre a bandeja coletora, devem ser prontamente enxugadas com papel ou outro material absorvente.

4.2 Banho de Ácido Nítrico

1. Princípio

Como já foi mencionado, o UF_4 é parcialmente solúvel em ácidos oxidantes / 7 /. É dito que o ácido bórico facilita a dissolução. Pela oxidação do urânio IV em urânio VI em meio aquoso, há formação de fluoreto de uranila / 7 /, um composto bastante solúvel. Não temos dados numéricos sobre a solubilidade em função de possíveis parâmetros operacionais. O valor dado na tabela anterior é de 0,41 g UF_4 /l para uma solução de 0,5 M de HNO_3 , enquanto que a solução de descontaminação normalmente utilizada é algo mais concentrada (ca. 2,6 M).

2. Composição do banho

Adotando o método do IKVT / 8 /, a composição do banho de descontaminação é a seguinte:

ácido nítrico a 65%, HNO_3	250 ml
água.....	750 ml
peróxido de hidrogênio, H_2O_2	50 ml .

Aqui também não há necessidade de se seguir com rigor estas proporções. Logo ao primeiro uso, a solução alterará a sua composição, além do fato de ser o HNO_3 um composto volátil. Igualmente, o H_2O_2 perderá a eficácia em pouco tempo.

3. Reagentes

O ácido nítrico é um produto de largo emprego industrial e é facilmente encontrado no comércio. Para os banhos normais, empregamos o produto comercial. Para as peças do espectrômetro e outros instrumentos de precisão, adquirimos o ácido nítrico PA da Reagen.

O peróxido de hidrogênio já foi mencionado anteriormente.

4. Preparação do banho

Como a diluição é uma reação exotérmica, a recomendação é adi-

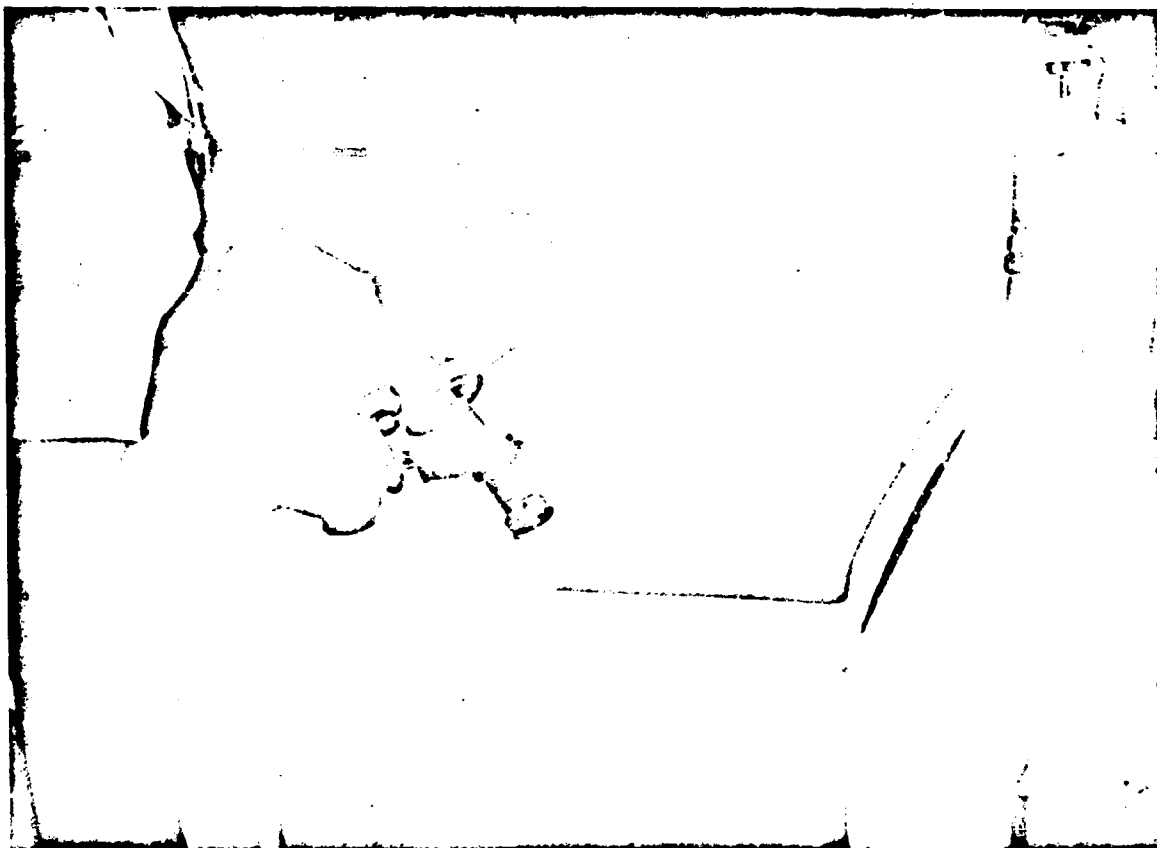


Fig. IV-4. Utilização do equipamento de proteção individual. Protetor facial, luvas e avental devem ser empregados durante a descontaminação e operação de decapagem. O ataque do ácido nítrico e fluorídrico sobre a pele humana é rápido e doloroso. Os operadores devem ser esclarecidos sobre a técnica correta de manuseio e primeiros socorros.

cionar o ácido à água (e não o inverso). Suficiente quantidade de água é colocada no recipiente e depois, lentamente, é acrescentado o ácido. Deve-se limpar cuidadosamente qualquer gota pendente na boca do frasco que possa escorrer pelas paredes externas. É recomendável utilizar luvas de polietileno para manusear frascos pequenos de laboratório e luvas e protetor facial para recipientes maiores. O ácido nítrico ataca rapidamente a pele produzindo manchas amareladas características.

5. Realização da descontaminação

A execução da operação é semelhante à descontaminação com o banho de carbonato. Mergulha-se as peças e usa-se os meios auxiliares disponíveis.

Deve-se ter em mente que o ácido nítrico a 30 vol.% é muito corrosivo. É imprescindível tomar toda a precaução para evitar respingos sobre o corpo ou a roupa. Luvas, protetor facial e avental devem ser usados. É talvez recomendável utilizar uma luva de polietileno por dentro da luva externa de borracha ou outro polímero. De tempo em tempo, convém verificar se a luva não possui furos, pois, durante a operação, o suor pode confundir com a penetração do líquido do banho.

Visto que a descontaminação com o HNO_3 não é realizada senão esporadicamente, a solução é preparada em pequenas quantidades no momento do uso ou guardada em recipientes fechados, quando não estiver em utilização. Caso contrário, é necessário ventilar continuamente a sala para eliminar os vapores corrosivos de HNO_3 .

6. Controle dos parâmetros de operação

A temperatura é a temperatura da sala, isto é, não é usado aquecimento nem refrigeração.

A agitação não é feita no banho. Usa-se escovas, esponjas ásperas, cotonetes, etc., para auxiliar a remoção de depósitos sólidos.

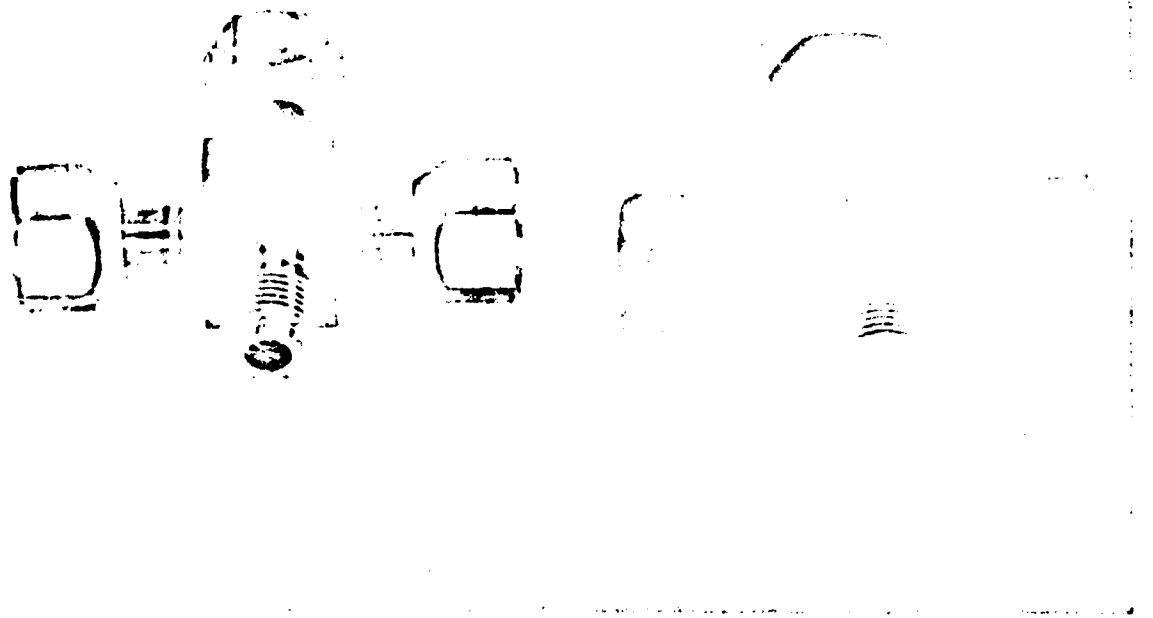


Fig. W-5. Efeito da ação prolongada do ácido nítrico. A peça à esquerda é como se apresenta logo após a solda das conexões. A decapagem é feita para remover o óxido e carepas da soldagem. Um banho muito prolongado ataca a superfície de aço inoxidável, dando-lhe uma aparência fosca e de rugosidade elevada. Além disso, o ácido nítrico age sobre as ligas de cobre, despreendendo vapores nitrosos nocivos.

O tempo de duração do banho é tão curto quanto possível. Em média, é da ordem de 5 a 15 minutos, não devendo passar de 30 minutos na pior das hipóteses. O ácido ataca a superfície do metal, tornando-a áspera, e talvez porosa. O tempo de imersão depende de fatores, tais como forma física da contaminação, tempo de uso do banho, concentração dos reagentes, temperatura, agitação, etc. e portanto, não se pode definir um tempo padrão. Logo após a descontaminação, a peça deve ser imediatamente removida e enxaguada em água corrente.

Vida útil do banho também depende de diversos fatores. Não fazemos um controle sistemático da concentração dos íons no banho. (Na decapagem é feita um controle da concentração do ferro no banho do "pickling".) Com o uso, a solução adquire coloração cada vez mais intensa, dependendo da presença dos diversos íons coloridos (Cu, Ni, Cr, Fe, etc.).

Provavelmente, a presença do H_2O_2 inibe em parte o ataque do HNO_3 sobre os metais, formando uma camada de óxido apassivadora. Entretanto, não temos referências sobre tais estudos.

Após a enxaguagem, as peças são secadas como no caso da descontaminação pelo bicarbonato. O ácido nítrico é um composto volátil. Gotas de água deixadas por longo tempo sobre uma peça de aço inoxidável podem manchar a superfície.

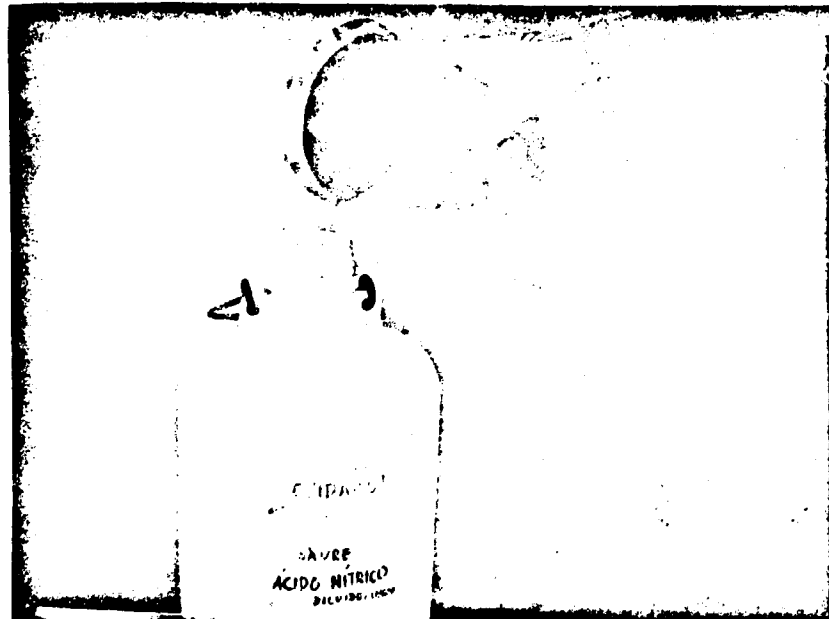


Fig.IV-6. Soluções de ácido nítrico podem também ser preparadas em pequenas quantidades. Após o uso, devem ser retornadas para o recipiente com tampa, para evitar a liberação de vapores corrosivos. É importante etiquetar ou indicar por escrito que um recipiente ou copo contém solução de ácido nítrico: um esquecimento pode provocar acidentes graves, principalmente quando há mais de um operador executando a tarefa.



Fig.W-7. Descontaminação de peças pequenas.

Para descontaminar peças de dimensões reduzidas, pode-se preparar uma pequena quantidade de solução de descontaminação de carbonato de amônio (ou bicarbonato), como mostra a foto acima (copo de vidro à esquerda). O copo metálico da direita contém solvente de desengraxamento. Após o uso, a solução de descontaminação pode ser despejada no banho de descontaminação maior, ou diretamente no recipiente coletor de rejeitos.

(Observe o gancho construído com um arame de aço inoxidável para manusear pequenas peças dentro do banho de descontaminação)

7. Materiais compatíveis

Aço inoxidável:

O ácido nítrico é usado para decapagem e passivação do aço inoxidável austenítico e a ação do banho de descontaminação sobre a superfície de uma peça deve ser a mesma; a presença do urânio não deve alterar a ação química. A duração do banho deve ser apenas o suficiente para remover o material contaminante. O meio oxidante favorece a formação de um filme protetor sobre a superfície do metal.

Alumínio e suas ligas:

Por ser um ácido oxidante, o ácido nítrico tem também pouca ação sobre o alumínio numa ampla faixa de pH / 5 /. Segundo a presença de elementos ligantes (Mg, Si, Cu, etc.), o metal pode adquirir coloração mais escura. Todavia, porque o ácido provoca uma indesejável rugosidade superficial, este banho não é geralmente usado para descontaminar o alumínio e suas ligas.

Cobre e suas ligas:

O cobre é rapidamente atacado pela solução de ácido nítrico com liberação de vapores nitrosos (tóxicos). Por este motivo, a peça de cobre ou liga contendo cobre deve ser mergulhada apenas por um curtíssimo tempo no banho. É igualmente importante que a peça seja em seguida lavada com água, para remover todo o traço de ácido.

Polímeros:

O ácido nítrico tem pouca ou nenhuma ação sobre o Teflon ou Viton e temos usado para descontaminar gaxetas e o-rings destes materiais.

4.3 Comparação entre os Banhos de Bicarbonato e de Ácido Nítrico

O bicarbonato de amônio é um agente descontaminante suave e pode ser usado para os mais diversos tipos de materiais. O ácido nítrico, pelo contrário, é bastante agressivo mas é relativamente mais eficiente na descontaminação. O ácido pode ser utilizado quando a solução de bicarbonato se mostra ineficaz, mas exige uma certa cautela e observação mais criteriosa de possível danos materiais. Para materiais de composição não conhecida ou não testada a operação com banho de ácido nítrico pode exigir a presença de um técnico mais experiente. Além disso, a enxaguagem deve ser feita com mais rigor, principalmente se a peça contém reentrâncias, cavidades ou poros. Os componentes da usina piloto do CDTN são todas soldadas. Não temos experiências com peças brasadas, mas nestes casos os cuidados devem ser maiores porque podem conter elementos mais sensíveis ao ácido.

Existe uma possibilidade que o ácido nítrico tenha uma ação agressiva não somente sobre o material contaminante como também sobre o substrato, isto é, sobre a superfície metálica diretamente, liberando assim o depósito radioativo. A descontaminação envolve a dissolução e reações químicas do tipo sólido-líquido e depende essencialmente do processo de transferência de massa (difusão) e da taxa de reação na interface. A agitação da peça, a circulação do banho, etc., aceleram o processo.

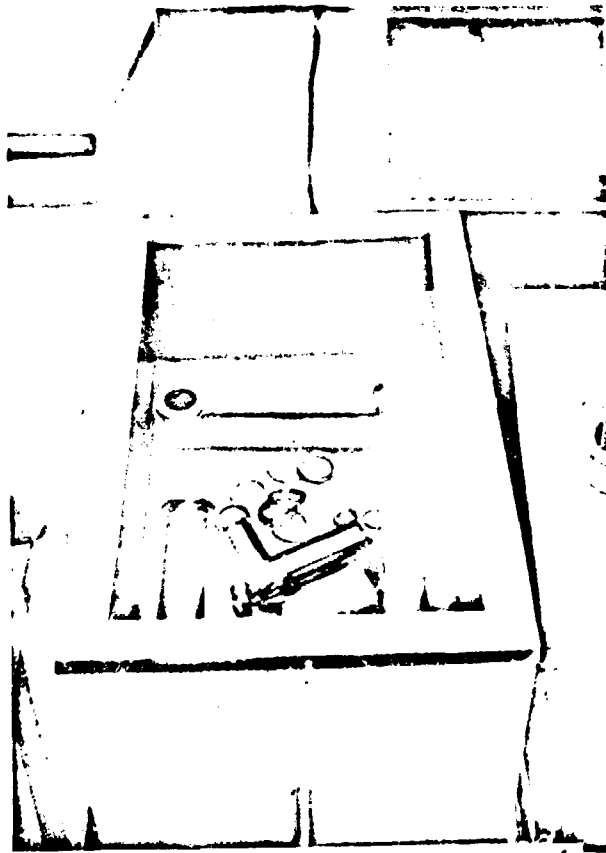


Fig.IV-8 . Após a descontaminação, reparos, e antes da remontagem, as peças passam por uma etapa de limpeza final, usando um solvente com agitação ultra-sônica. A DIENR não dispõe ainda de um equipamento de desengraxamento a vapor, que seria o mais indicado.

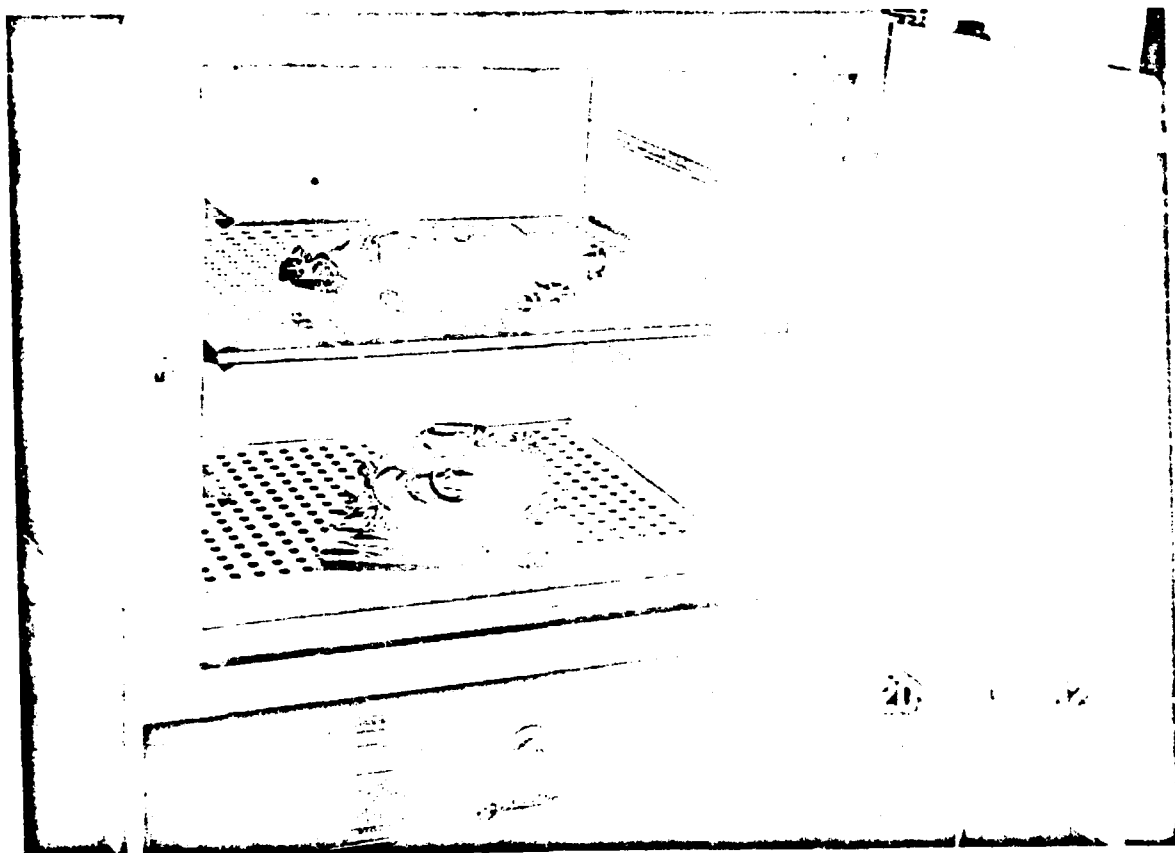


Fig. IV-9. Secagem das peças na estufa após a descontaminação. Sempre que possível, a porta da estufa deve ser mantida fechada para reduzir a entrada da poeira.. As peças são colocadas sobre folhas de alumínio, mas estas devem permitir a circulação de ar dentro da estufa, através dos furos das bandejas.



Fig.IV-11 . Apõs a descontaminação e remontagem dos componentes e antes da reinstalação na usina, as peças são protegidas por flanges cegos, folhas de alumínio, sacos de polietileno, etc.

Estã programada, mas ainda não foi realizada, uma pesquisa sobre o grau de pureza das folhas de alumínio existentes no mercado nacional (pode conter um filme do õleo de processamento) e das folhas de polietileno.

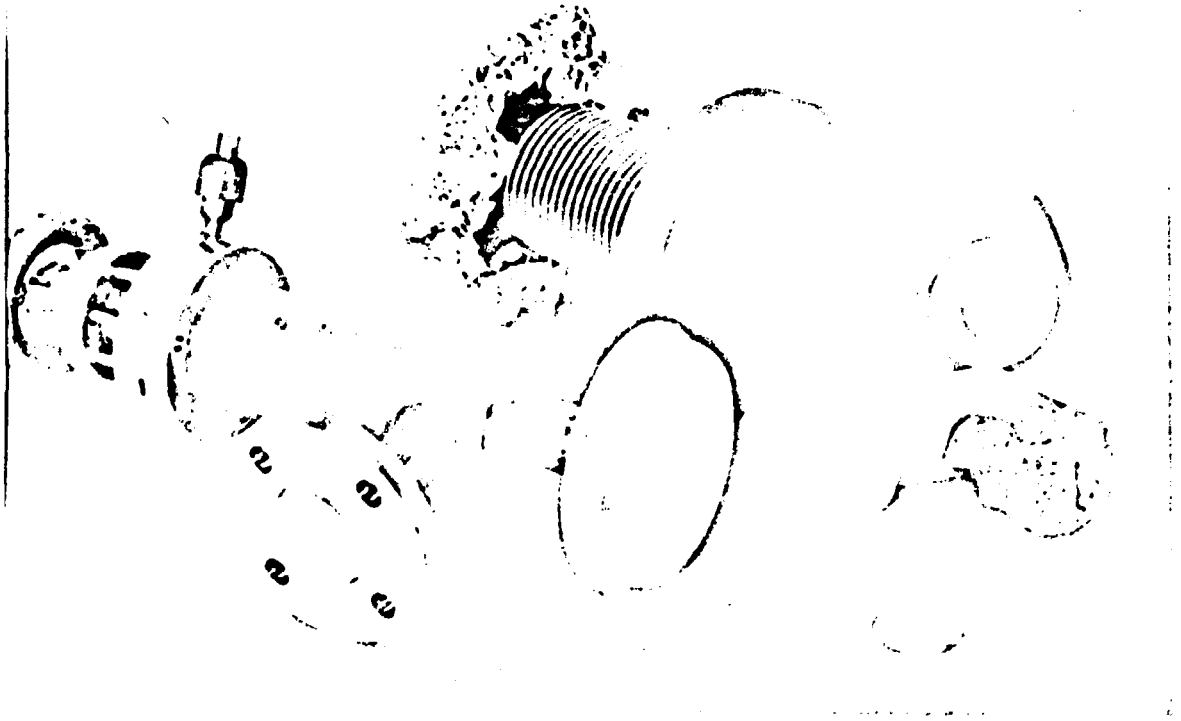


Fig. IV-12. Todas os flanges devem ser protegidos.
Tampas de plástico, folhas de alumínio são usados para cobrir as superfícies de vedação dos flanges antes das montagens, para evitar possíveis danos durante o manuseio.

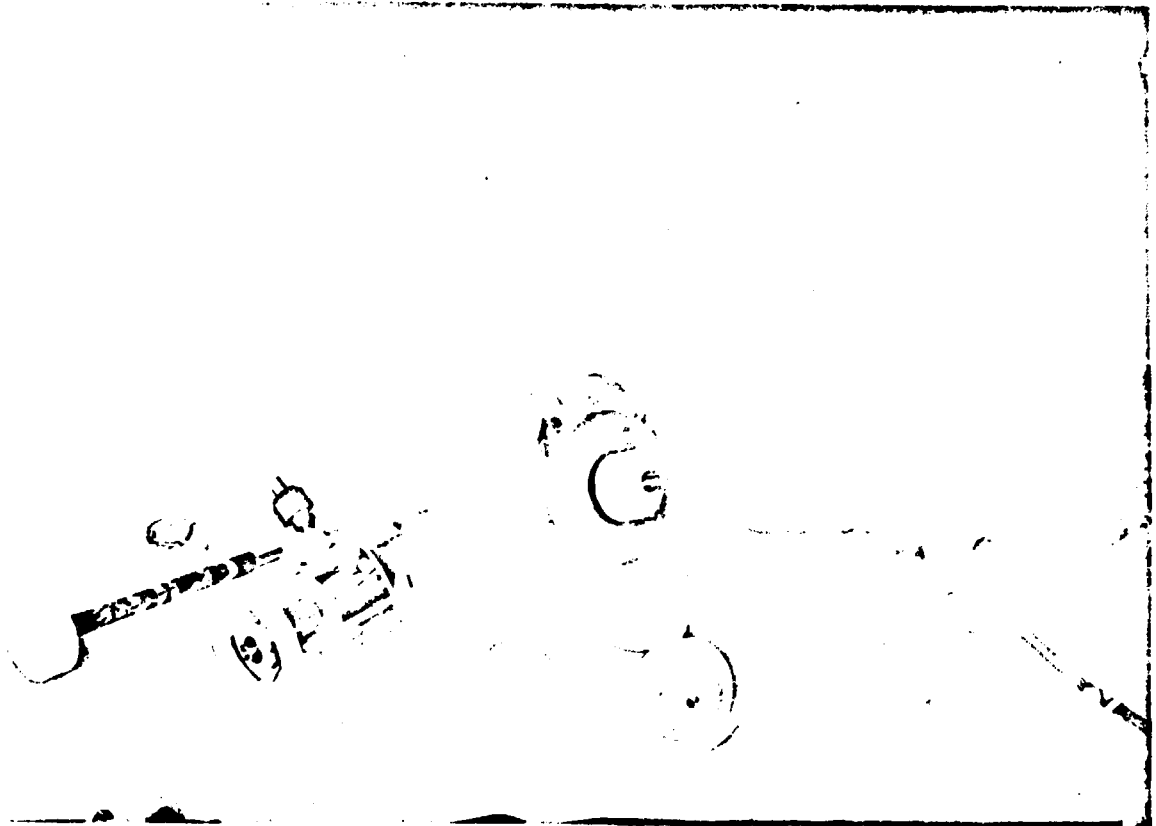


Fig. IV B. A foto mostra a utilização de uma furadeira e adaptadores de PVC/alumínio, onde são fixadas as lixas usadas para polir superfícies de vedação arranhadas dos flanges. É recomendável trabalhar com uma furadeira de velocidade regulável.

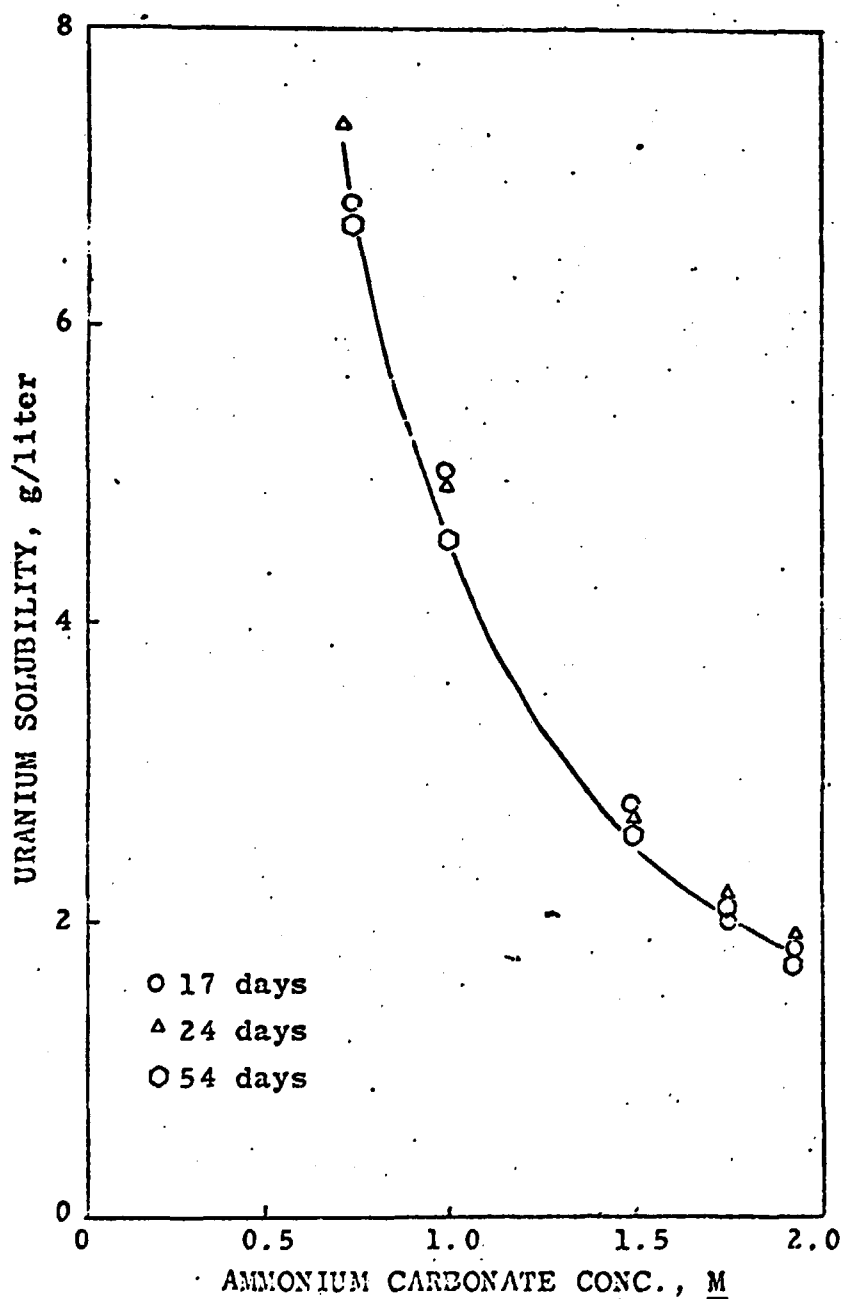


Fig. IV-14. Solubilidade do urânio-carbonato de amônio (AUC) em solução de carbonato de amônio a 25°C. / 2 /

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO IV

1. N.P. Galkin et al: "Technology of Uranium". Israel Program for Scientific Translation. Jerusalem, (1966).
2. F. J. Hurst e D. J. Crouse: ORNL-2952.
3. Kirk na Othmer: "Encyclopedia of Chemical Technology", 2nd Ed. New York, Interscience, (1965).
4. KVT 69/15
5. "Aluminum", Vol. III, K.R. van Horn, editor. American Society for Metals. Metals Park, (1967).

"L'Aluminium", Tome 2, M.P. Barrand, editor. Edition Eyrolles, Paris, (1964).
6. S. Wernick e R. Pinner: "Die Oberflächenbehandlung von Aluminium". Eugen G. Leuze Verlag. Saalgau, (1969).
7. KVT 69/37
8. Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie, Uran, Ergänzungsband C8. W. Bacher e E. Jacob. Muenchen, (1980).
9. KVT 69/15
10. "Metals Handbook, 8th Edition, Vol. 2. American Society for Metals, Metals Park, (1964).

4. INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS AUXILIARES

5.1 Tanques de Descontaminação

As instalações existentes no CDTN são bastante simples, sem nenhuma sofisticação. A sala de descontaminação é ocupada somente no momento da operação. Por ser um trabalho desagradável, é necessário uma boa dose de boa vontade dos técnicos para manter a sala limpa e em ordem.

Os tanques contendo soluções descontaminantes são de polietileno de alta e baixa densidade, com as seguintes dimensões aproximadas: comprimento: 100 cm, largura: 50 cm, altura: 50 cm. As tampas são do mesmo material e são necessárias para reduzir o desprendimento de vapores de NH_3 e HNO_3 . Com as tampas no lugar, o cheiro destes produtos na sala de descontaminação é relativamente fraco, mesmo sem ventilação forçada (existe apenas uma coifa com ventilador sobre os tanques).

No IKVT, as instalações são mais elaboradas e perfeitas. Os tanques (de PVC) possuem tubos de exaustão individuais. Quando não estiverem em uso, as tampas reduzem a perda do produto químico. Os detalhes construtivos das instalações do IKVT podem ser vistos nos desenhos anexos.

Os tanques de descontaminação são um tanto desconfortáveis, devido à pequena largura disponível para o acesso às peças. Recorremos frequentemente a recipientes menores auxiliares, tal como a banheira de bebê mostrada na Fig. , ou a copos de vidro ou vasos de aço inoxidável.

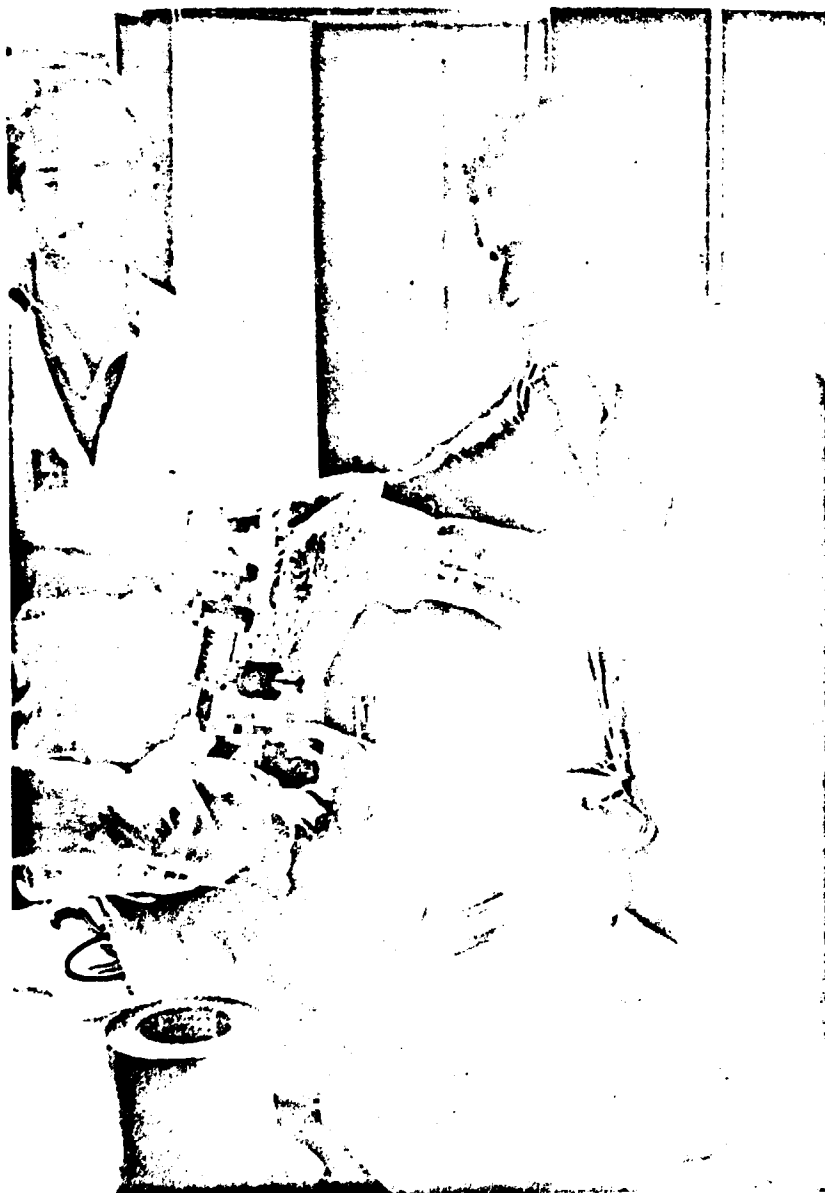


Fig. V - 5. Os tanques dos banhos de descontaminação são relativamente incômodos de serem trabalhados. Peças de dimensões reduzidas podem ser manuseadas com maior facilidade em recipientes menores. Nesta foto, pode-se ver uma banheira colocada sobre a mesa de trabalho (um separador criogênico sendo carregado com recheio de anéis de Dixon); a vantagem é que os recipientes de uso doméstico (balde, bombonas, etc.) são muito baratos em relação a equipamentos de laboratório similares.

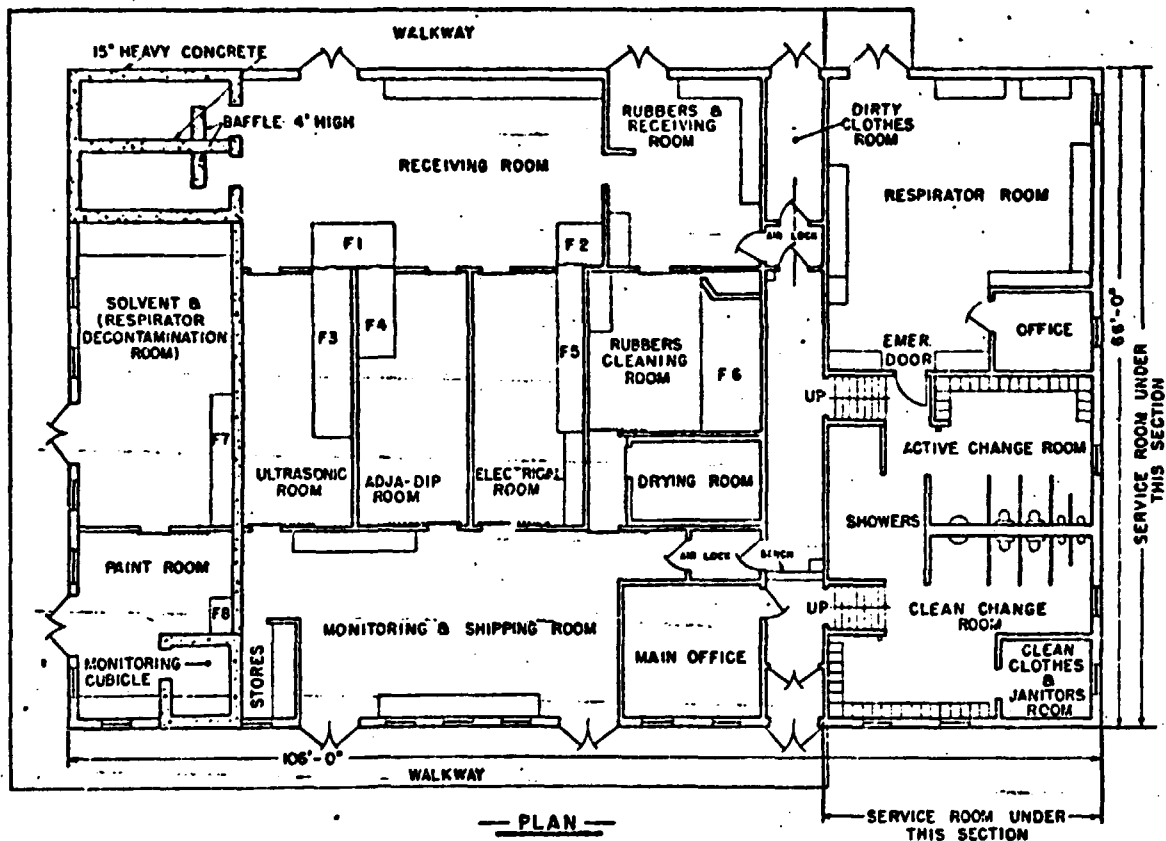


FIGURE 1. SCALE 0 2 4 6 8 10 FT.

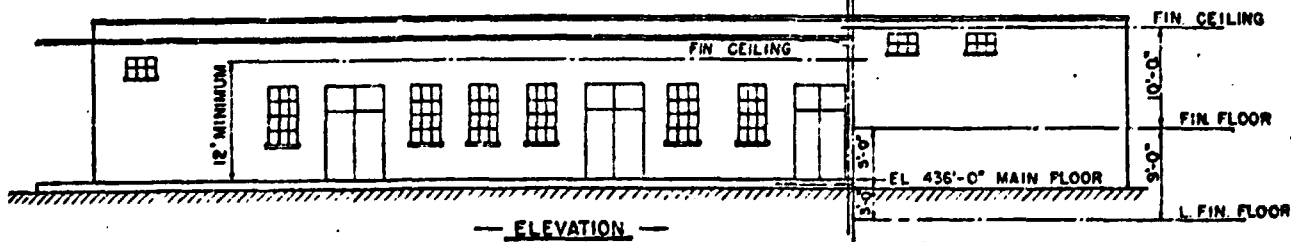


Fig. V - 6. Layout da instalação de descontaminação de Chalk River. (J. M. White: "Decontamination Principles and Techniques". Atomic Energy of Canada Ltd. Chalk River, (1961))

5.2 Equipamentos de Proteção Individual

Basicamente os equipamentos de proteção são os seguintes:

Guarda-pôs:

Os guarda-pôs normais são trocados logo na entrada da sala de descontaminação. Adotou-se a mesma sinalização do IKVT da fita vermelha na gola para distinguir a vestimenta da área de manuseio de material radioativo não-lacrado (atualmente o guarda-pô tem cor amarela no IKVT). A lavagem é feita pela Divisão de Radioproteção.

Galochas:

Não tendo sido encontrado no comércio galochas de borracha de tamanho adequado, usam-se botas de borracha cortadas na altura do tornozelo; elas são calçadas sobre os sapatos. Não usamos pantufas de tecido (lavável).

Luvas de polietileno:

As luvas nacionais (Poliluvax) rompem-se com facilidade nas costuras e é necessário alguma cuidado quando se manuseia líquido corrosivo (pode-se testar inflando as luvas com ar).

Luvas de borracha:

Usamos luvas de borracha encontradas no comércio, de cor preta, de cano curto e longo. Estas luvas se deterioram com o tempo, principalmente se não forem ventiladas para deixar a umidade interna (suor, água de lavagem) evaporar-se. Mais apropriadas para os banhos de descontaminação seriam as luvas de tecido recobertas de neopreno. As luvas cirúrgicas dão dado melhor mas são muito frágeis e rasgam-se com facilidade.

Protetor facial:

O protetor facial tinha originalmente a lâmina de acrílico muito longa e foi encurtado para permitir um trabalho no tanque com a cabeça encurvada.

Avental:

O avental de borracha serve para proteger contra os respingos da solução de descontaminação e de desengraxamento e é usada sobre o guarda-pô (ver Foto IV-4).

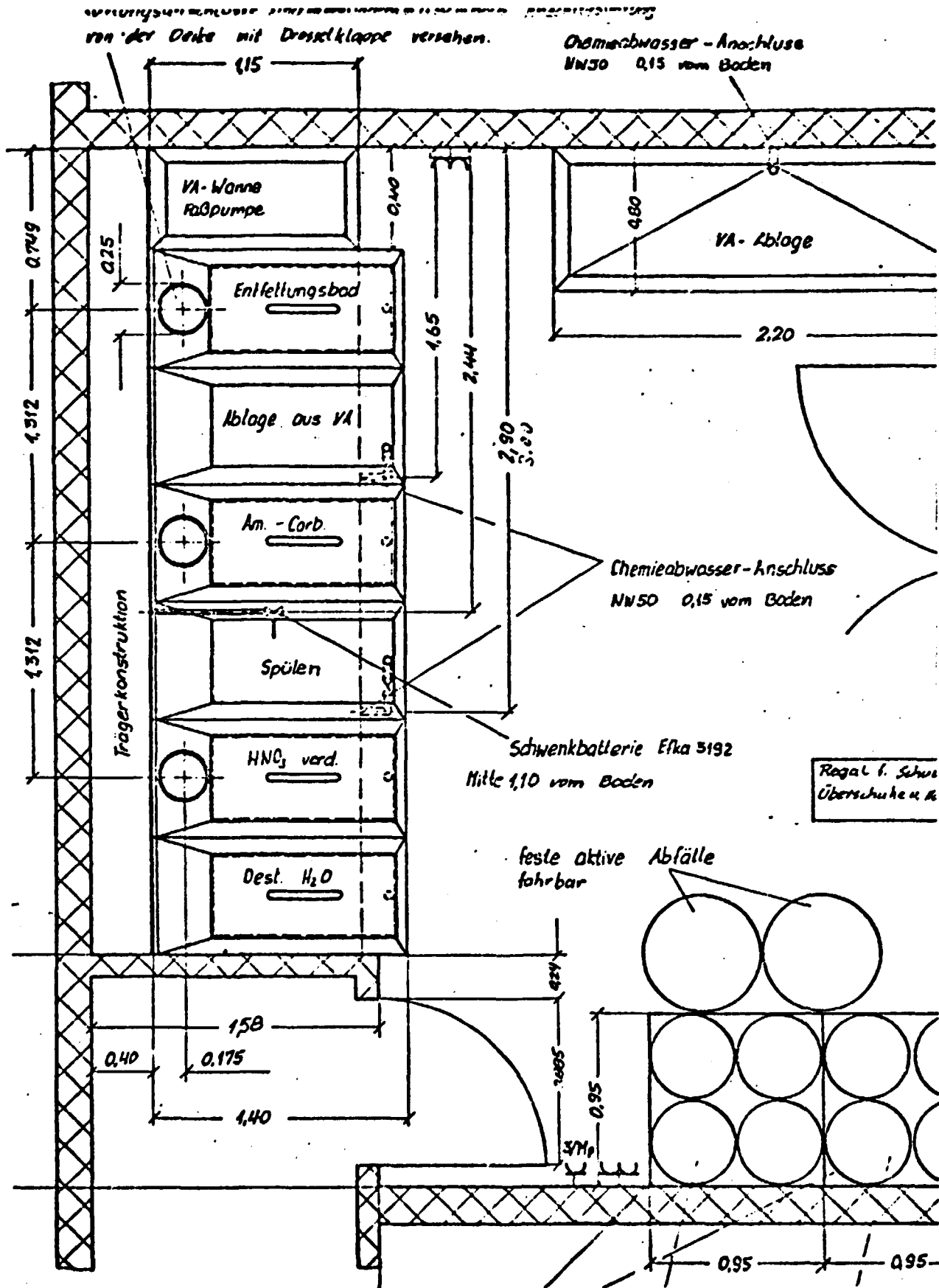


Fig. V-1. Layout dos banhos de descontaminação do IKVT.

5.3 Alguns outros equipamentos utilizados

MESA DE DESMONTAGEM

Os detalhes da mesa de desmontagem podem ser apreciados na Fig.V-7. Durante a desmontagem de equipamentos, ela é adicionalmente recoberta com papel absorvente ou folhas de polietileno e alumínio.

MESA MÓVEL

A mesa com rodízios serve para conduzir peças contaminadas até os tanques de descontaminação; a bandeja-tampo está a uma altura que permita lançar as peças diretamente dentro do banho.

CAPELA DE DESMONTAGEM

A capela da DIENR não está ainda completamente instalada. A razão disto é que não se tem operado com equipamentos de bombeamento do flúor, principal motivo para se dispor de exaustão forçada durante a desmontagem. A desmontagem dos separadores criogênicos tem, entretanto, exigido precaução, por causa de uma pequena liberação de HF remanescente nas superfícies metálicas internas.

ESTUFA

A estufa de secagem disponível está mostrada na Fig.IV-9. O ideal seria uma estufa de aço inoxidável com exaustão, ou talvez com vácuo para melhor degasar peças com grande área superficial ou elevada taxa de liberação de gases.

MONITORES DE CONTAMINAÇÃO

A DIENR.PD dispõe apenas de monitores portáteis de contaminação (alfa, beta e gama): são três os modelos, um da Nuclear-Chicago, um da EMI Electronics Ltd. e um da EMI Nuclear Enterprises Ltd. Não dispõe ainda de monitor de pés.

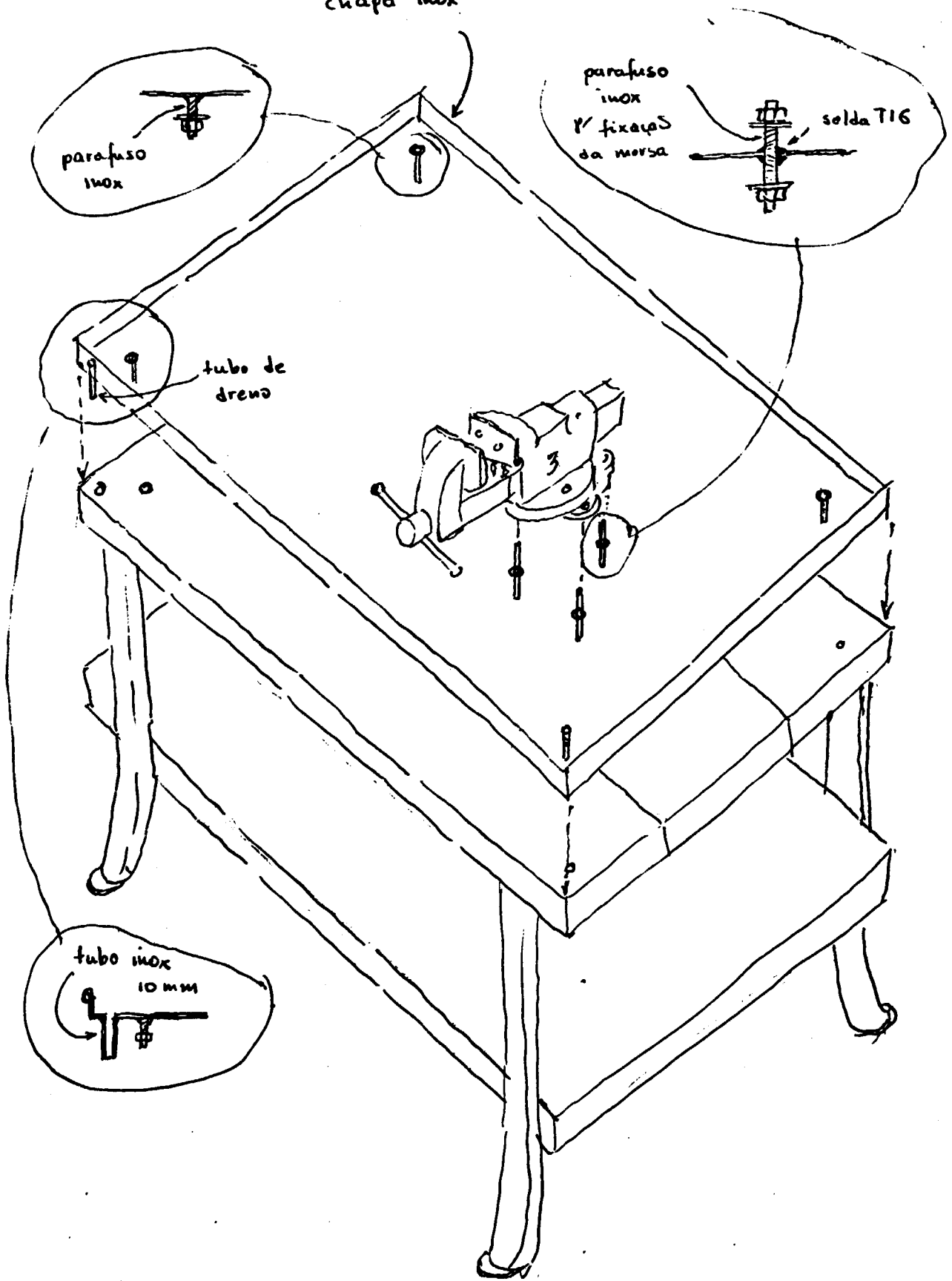


Fig. V-7. Detalhes da bancada da sala de descontaminação.

5.4 Coleta de Rejeitos

1. Da operação de descontaminação dos equipamentos de uma instalação de enriquecimento isotópico experimental, originam basicamente os seguintes tipos de rejeitos:

- a. Solução de bicarbonato (carbonato de amônio)
- b. Solução de ácido nítrico
- c. Solventes inflamáveis e não-inflamáveis (Freon-113, acetona, álcool, éter de petróleo)
- d. Óleos (dos compressores e bombas de vácuo)
- e. Sólidos inflamáveis e não-inflamáveis (folhas de alumínio, lenços de papel, cotonetes, papel absorvente, luvas descartáveis ou imprestáveis, sacos de polietileno, algodão, etc.)

Além disso, resulta também efluente sob forma de água de enxaguagem, após os banhos de descontaminação e rinsagem final.

2. Para a coleta dos rejeitos líquidos, é recomendada a utilização de recipientes de aço inoxidável colocados sobre bandejas do mesmo material (para casos de vazamentos). Estes recipientes podem ser temporariamente estocadas na própria sala de descontaminação. Nós não dispomos destes recipientes metálicos. As soluções são estocadas em bombonas de polietileno, depositadas sobre bandejas de aço, e o lixo sólido é colocado em sacos plásticos.

3. Sobre o destino final destes rejeitos, as outras Divisões competentes do CDTN podem ser consultadas.



Fig.V-8. Cesto coletor de lixo sólido.

Todo o material descartável usado na descontaminação deve ser depositado no cesto apropriado. Ainda não fazemos a separação do material inflamável ou combustível (papel, plástico, etc.) do não-inflamável ou incombustível (folha de alumínio, etc.), como é feito no IKVT.

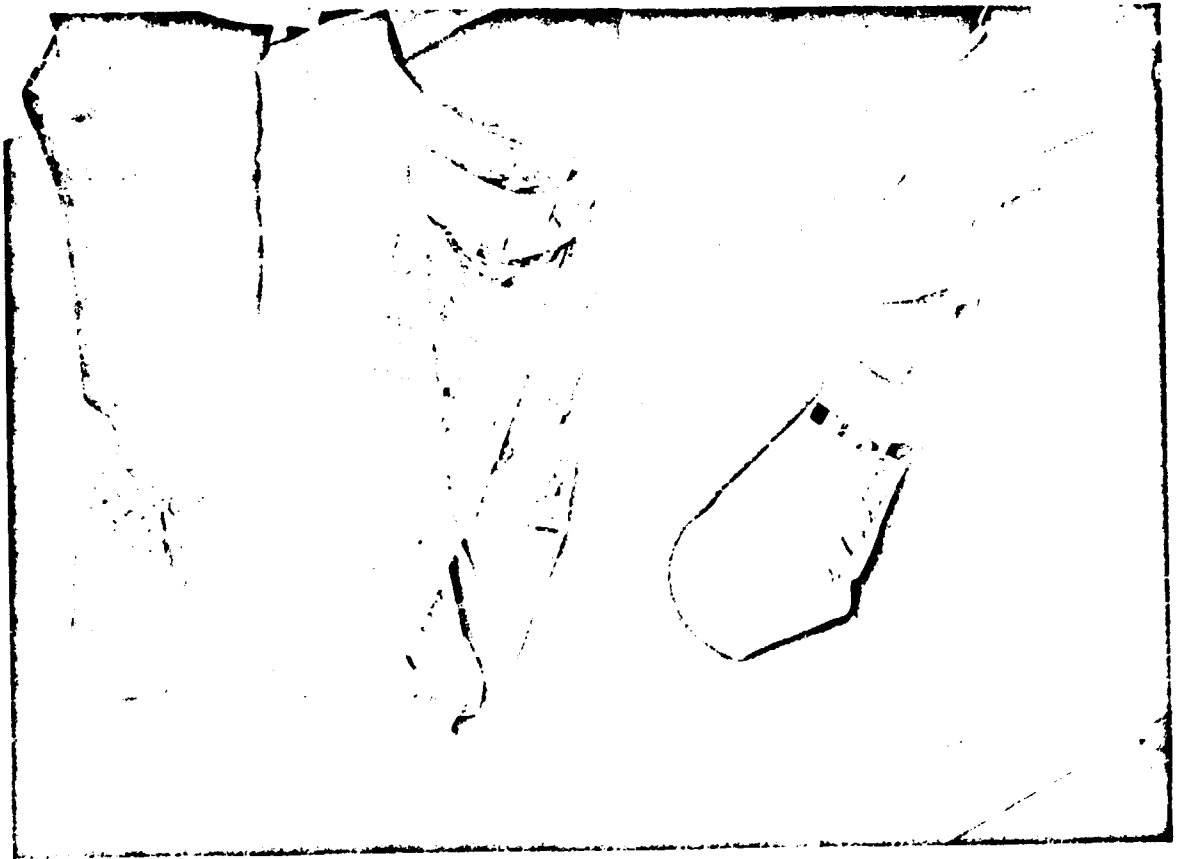


Fig. V-9. Ao entrar em área contaminada por contaminante sólido, não se despendo de material protetor para os calçados, pode-se improvisar um, empregando um saco de polietileno, suficientemente longo, preso por fita gomada, como mostra o pé do centro da foto acima. À esquerda e direita, estão os protetores descartáveis do KfK.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO V

Uma descrição interessante sobre equipamentos de proteção individual, sua seleção, manutenção e limpeza é encontrada em:

1. IAEA: "Respirators and Protective Clothing". Safety Series nº 22. IAEA. Vienna, (1967).

Sobre luvas pode-se consultar:

2. J.R. Gauerke: "Work Gloves to Meet OSHA Rules". Chemical Engineering, April 3, 1972.

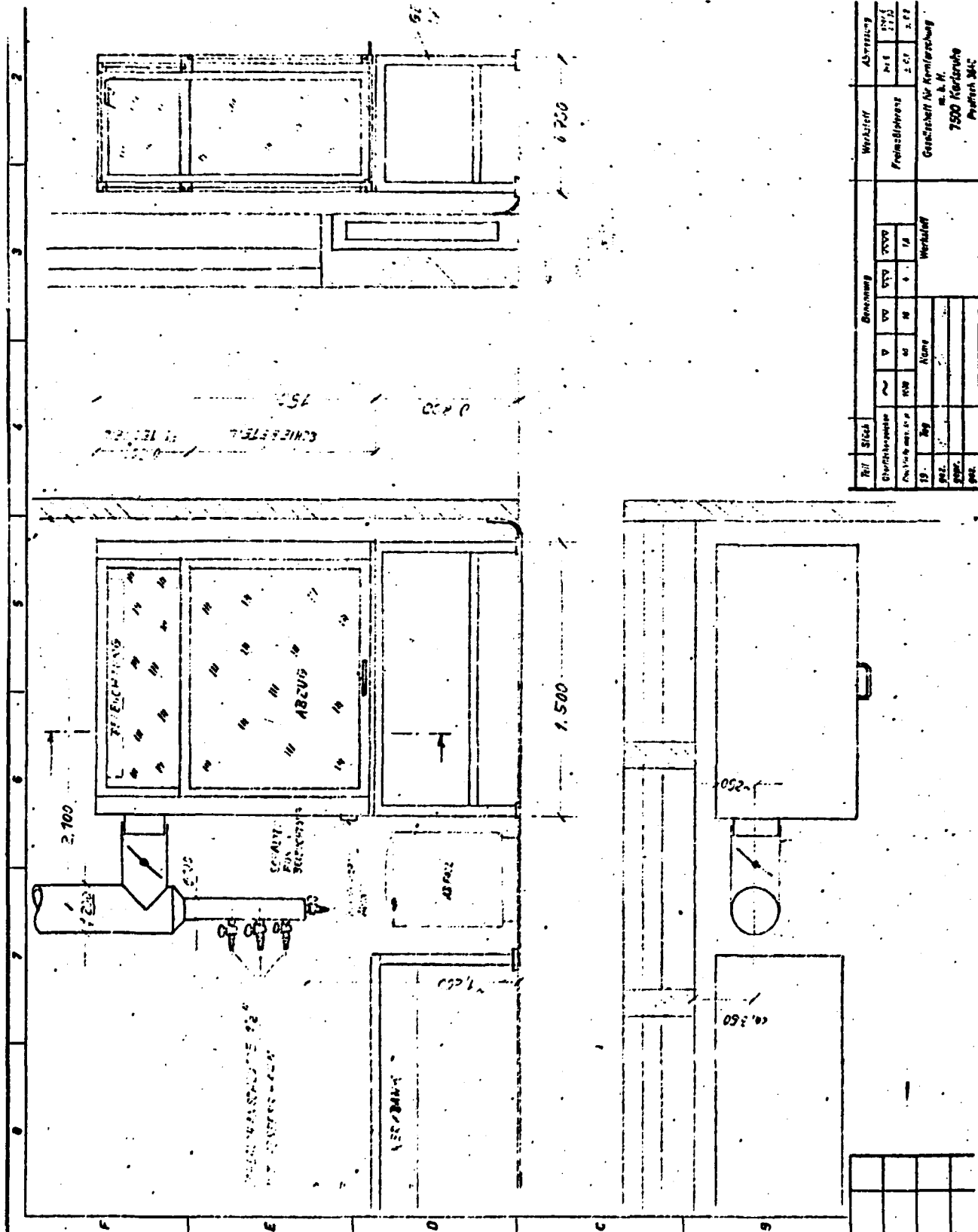


Fig. V-10. Detalhes da capela de desmontagem de equipamentos que podem liberar gases tóxicos, do IKVT.

6. DESCONTAMINAÇÃO DOS ALPHATRONS

Abordamos neste Capítulo a limpeza e descontaminação dos medidores de concentração por radiação alfa, denominados (para uso interno) de alphasatrons.

A particularidade desta operação reside na possibilidade (segundo técnicos do IKVT) de liberação de um forte emissor alfa, o amerício-241. Para desmontar e descontaminar o alphasatron, foi construído na DIENR uma caixa de luvas, usando o material disponível na ocasião (sem nenhuma nova aquisição, devido a restrições financeiras). Ainda não dispomos de informações sobre meios de detetar contaminação do Am-241, mas em princípio toda a ferramenta e recipientes devem permanecer nesta caixa, antes de uma limpeza escrupulosa após o uso.

6.1 Descontaminação e Limpeza dos Medidores de Concentração por Radiação Alfa ("Alphatrons")

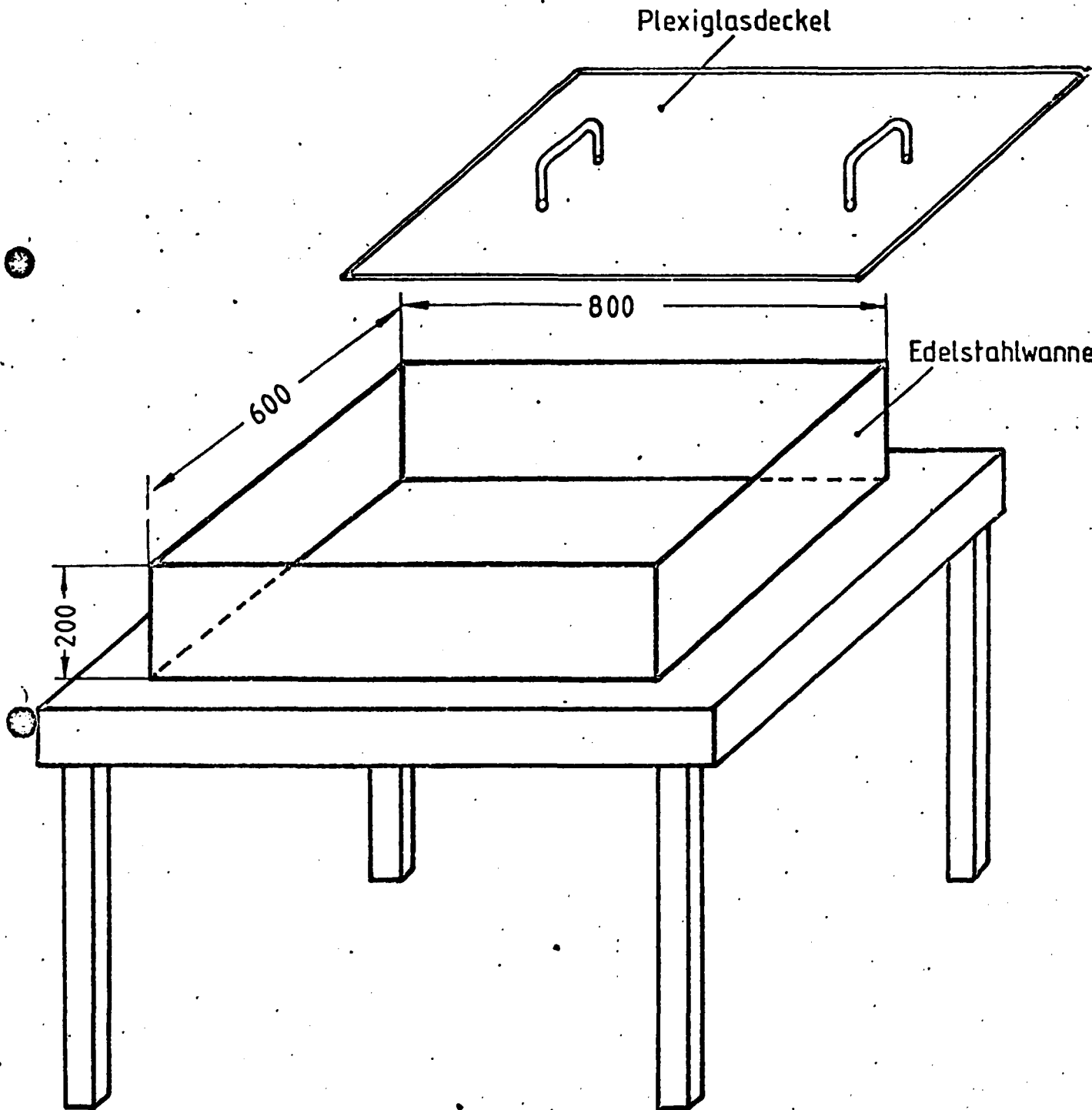
1. Os técnicos de manutenção devem estar prevenidos sobre os cuidados especiais a serem tomados no manuseio dos alphas. Basicamente, são três as particularidades deste instrumento:
(a) elevada atividade alfa, (b) sensibilidade ao choque e
(c) necessidade de elevado grau de limpeza.
2. Existe dentro de cada sensor uma potente fonte emissora de radiação alfa. Ela é constituída por uma delgada lâmina de prata recoberta por um filme fino de Am-241, o elemento ativo, e como proteção a este filme ou outro filme externo (ca. 3 μm de espessura) de ouro. O Am-241 tem vida média de 433 anos e energia alfa máxima de 5,5 MeV (comparar com o Pu-239 com 5,2 MeV e $2,4 \times 10^4$ anos), com atividade na faixa de 80-800 μCi , dependendo de vários fatores /4/.
3. As técnicas de desmontagem e remontagem dos alphas estão descritas nos manuais. O modelo instalado na Usina Piloto do CDTN (modelo CMD-020) é diferente do que será instalado na Primeira Cascata da NUCLEI (modelo CMD-011 ?).
4. A corrente de íons que circula nos medidores é mínima e os cuidados em relação à limpeza (ferramentas, luvas de polietileno, etc., devem estar perfeitamente limpas) são idênticos àqueles da montagem da fonte de íons do espectrômetro de massa. O emissor alfa deve ser manuseado com uma pinça, tomando-se o máximo cuidado para não danificar o filme protetor de ouro. Este manuseio deve ser o mais rápido possível e, caso o medidor não for remontado no mesmo dia, o emissor alfa deve ser guardado em um cofre de chumbo. Usa-se um megaôhmetro para medir a resistência (ôhmica) entre os dois eletrodos, antes e depois da operação de desmontagem e remontagem. Quando o sensor estiver limpo adequadamente, a resistência é da ordem de 10^{12} Ohm.
5. A operação de descontaminação e limpeza das peças internas do sensor é feita usando-se 3 banhos:

- (a) no caso dos sensores instalados na nossa usina piloto, a presença do óleo de vedação dos compressores Roots é inevitável e isto exige um pré-tratamento de desengraxamento com Freon-113;
- (b) a descontaminação é feita com solução de carbonato de amônio ou bicarbonato e água oxigenada (H_2O_2), de forma semelhante ao que já foi explicado, podendo-se usar agitação ultra-sônica por cerca de 10 minutos;
- (c) em seguida, agita-se as peças em água destilada, para remover os resíduos do banho de descontaminação;
- (d) finalmente, as peças são introduzidas no banho de acetona para limpeza final e facilitar a secagem.

6. A secagem das peças do sensor é realizada em estufa por cerca de duas horas, a uma temperatura da ordem de 45-50°C, quando existe no instrumento um sensor de pressão, e a uma temperatura de aproximadamente 70-80°C, quando não possui este sensor (que poderia ser danificado, se for um 'strain-gage' de filme).

7. Considerando que há possibilidade de liberação de partículas de Am-241, os recipientes usados na limpeza e descontaminação devem ser mantidos separados e os rejeitos da limpeza e descontaminação devem ser considerados potencialmente ativos. Na Fig. V-1 está representada uma caixa de limpeza e descontaminação, segundo recomendação do IKVT e, na Fig. VI-2, a caixa de luvas construída no CDTN, usando-se os materiais disponíveis na ocasião (ela não é estanque).

8. Os detalhes da desmontagem, limpeza/descontaminação, remontagem e medida da resistência dos eletrodos serão descritos no Manual de Descontaminação.



Reinigungs-Kasten für α - Ionisationsdetektoren

Fig. VI-1. Caixa para desmontagem dos alphas, segundo sugestão do IKVT.

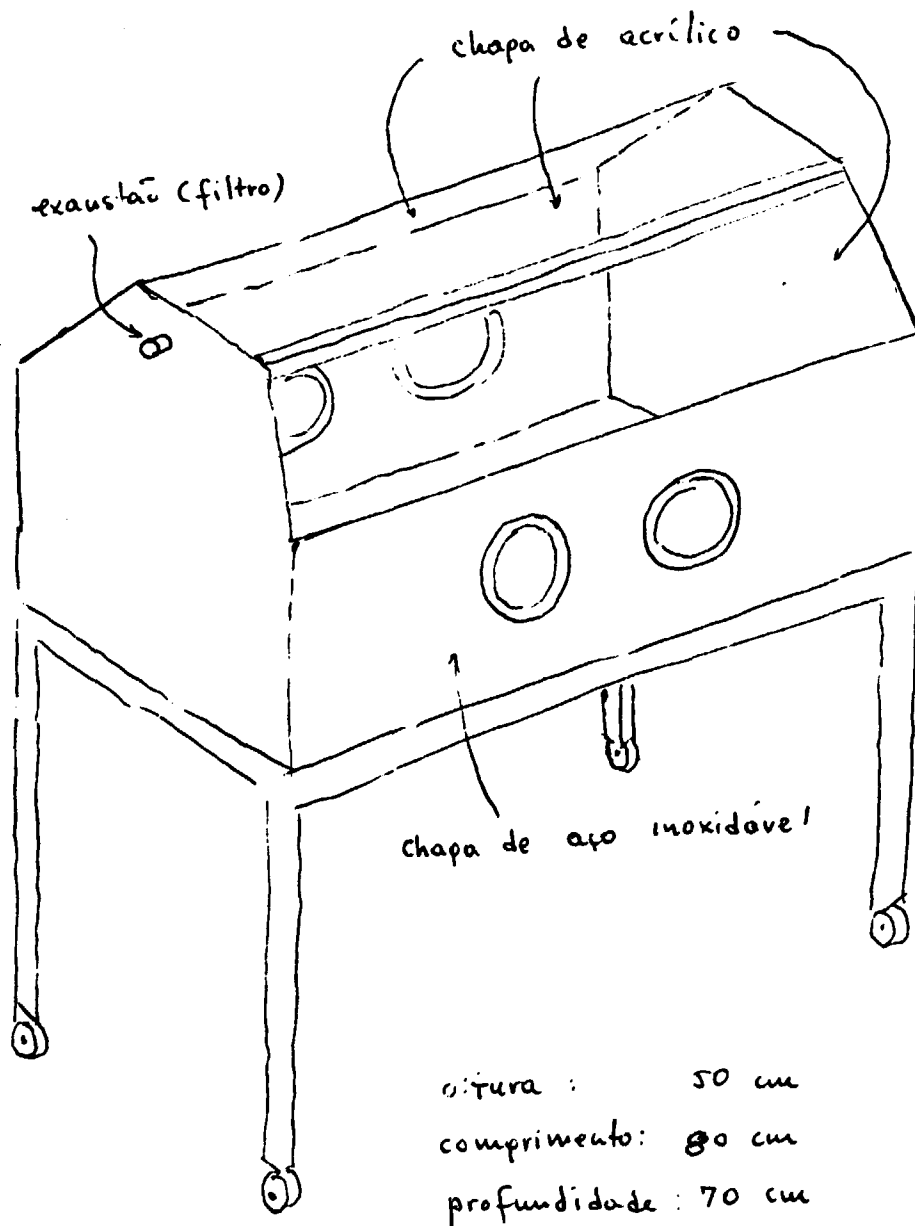


Fig. VI-2. Caixa de luvas para desmontagem dos alpha-trons, construída no CDTN. No interior, há uma morsa para auxiliar na desmontagem e montagem dos componentes. Uma folha de polietileno deverá recobrir ainda a parte interna da caixa de luva.

Kennblatt α - Ionisationsdetektor

1.) MERZELLE

Nr. 5

Standort STAÜ 2 Fr.

Durchmesser 55 mm

Länge: mm

Radioaktivität mmx

mm; 222 μ C Nr. 45

Durchführungen

Widerstand: Zelle-Flansch 2110 Ω

Sonstiges

Auffänger-Flansch 0,7-10 Ω

2.) ELEKTRONIK - VORVERSTÄRKER

Nr.

Standort

Elektrometerverstärker: Fabrikat

Typ

Widerstand 10 Ω

Sonstiges

3.) ELEKTRONIK - VERSORGENGSGERÄT

Nr.

Standort

Bauart:

Batteriewechsel: Datum

Sonstiges

Eigensicher?

4.) EICHWERTE

Eichpunkt: Druck: Torr; Gasart

Sollwert: Volt (Bereich)

Überprüfungen

Datum					
Pot.Null					
Pot.Verst.					
Anzeige \checkmark -ID					
Anzeige EichN.					
Stom 10 ⁻⁸ A					

11.11.83	Wahl	11.11.83	0
14.11.83	"	11.11.83	3 x 10 ¹²
17.11.83	11.11.83	11.11.83	
15.12.83	11.11.83	11.11.83	
30.04.80	11.11.83	11.11.83	
11.11.89	nittiger	Flamdr	
vor der Reinigung	4,3 x 10 ⁹ Ω	3 x 10 ⁹ Ω	
nach der "	32 x 10 ¹²	76 x 10 ¹² Ω	
13.3.81	diffänger	Flamdr	
nach der Reinigung	9 x 10 ¹² Ω	10 x 10 ¹² Ω	

Amostra do livro de anotações da manutenção de um alpatron no IKVT.

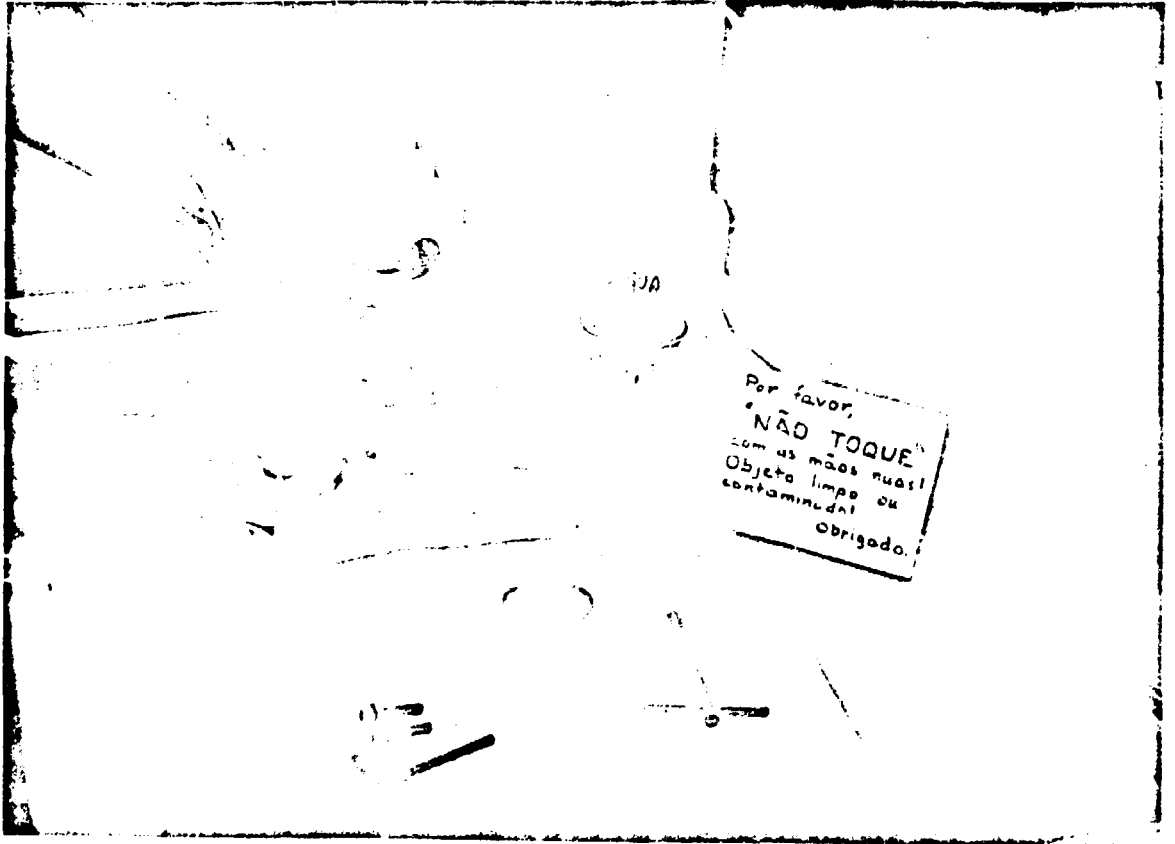


Fig. VI-3. Abrindo um alphasatron (quando esta foto foi tirada, não havia disponível a caixa de luvas).

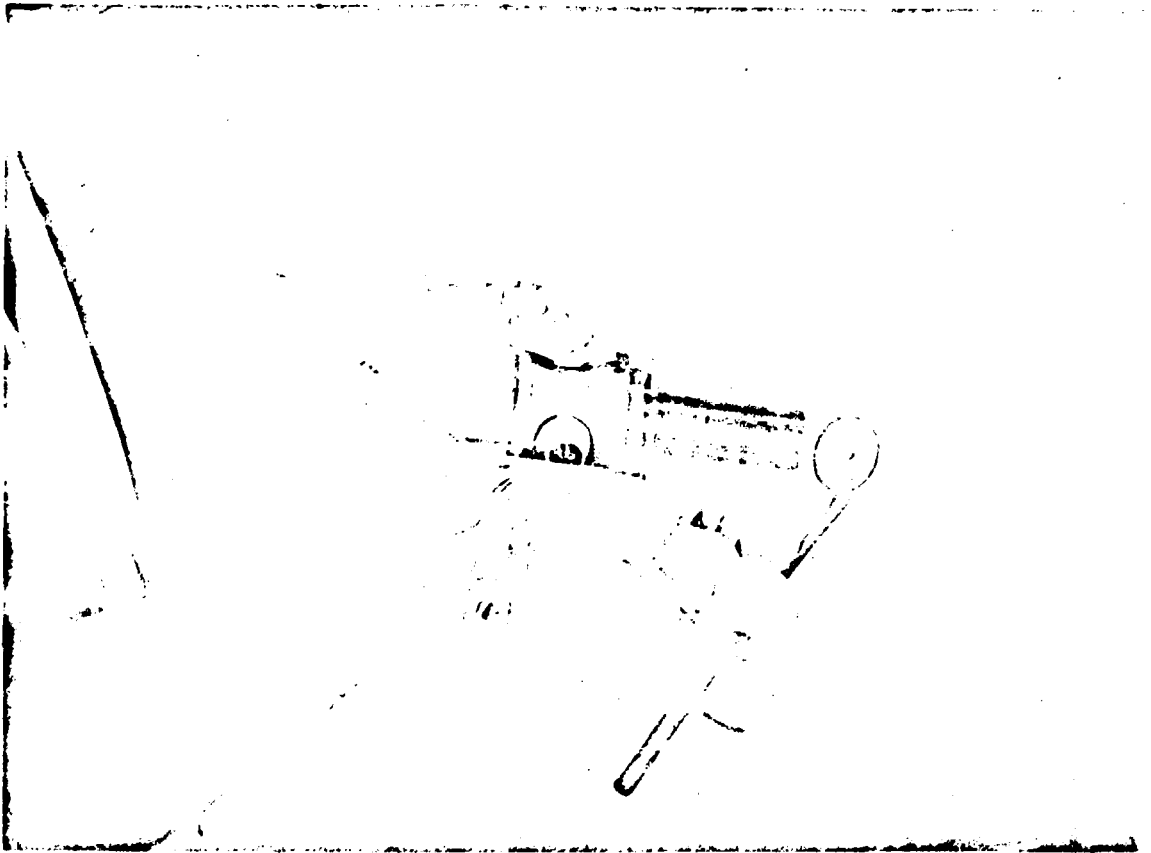


Fig. VI - 4. Examinando o interior do alphantron com um espelho (tipo dentista) para reduzir a exposição dos olhos à radiação.

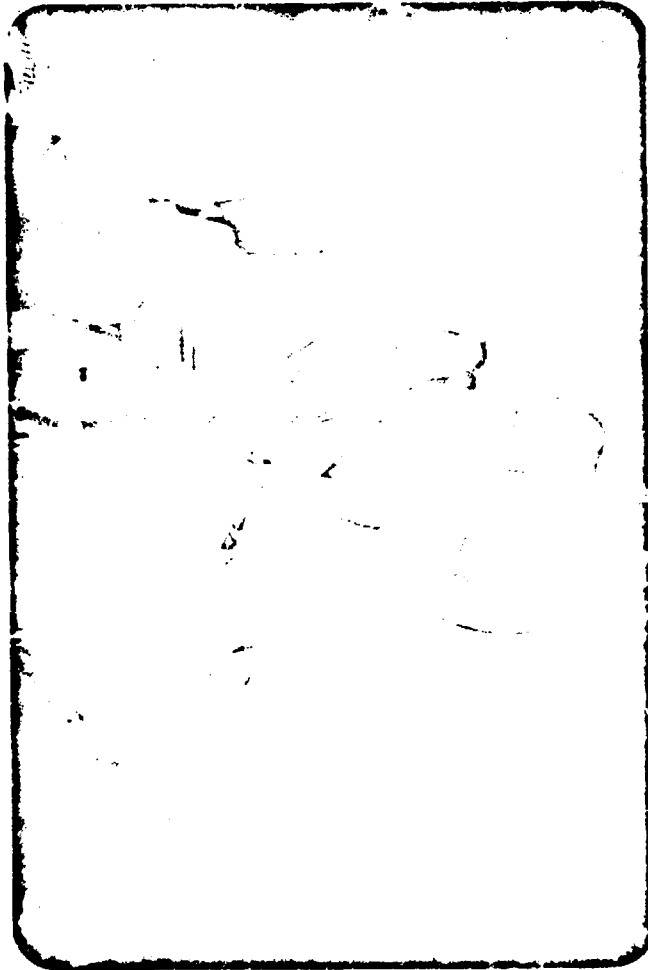


Fig. VI - 4. Os três banhos para a limpeza/descontaminação dos alphasatrons (acetona, carbonato/peróxido, água destilada) (Foto IKVT).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO VI

1. Coleção KVT 78. "Entwicklung und Erprobung von Konzentrationmessgeräten für das Trenndüsenverfahren".

7.

SEGURANÇA

Um elemento que não pode ser menosprezado na área de descontaminação (limpeza e decapagem) é a segurança pessoal e material. O conhecimento acumulado nesta área tem sido obtido, lamentavelmente, por via dolorosa, como regra geral. Atualmente, as informações são amplamente disponíveis para os especialistas da área e compete a eles transmitir as regras básicas e as técnicas corretas a seus subordinados e aprendizes.

7.1 Segurança e Proteção dos Operadores

1. Instruir adequadamente os técnicos operadores é um dever profissional e moral dos engenheiros responsáveis pela descontaminação. Os produtos químicos utilizados na decapagem, limpeza, descontaminação e passivação, tais como o ácido fluorídrico, ácido nítrico, hidróxido de sódio, flúor, etc, oferecem risco à segurança pessoal e das instalações. As técnicas corretas de manuseio e as medidas preventivas e de primeiros socorros devem ser explicadas de forma acessível e didática, sem contudo provocar um temor injustificado nos técnicos sem formação na área da tecnologia química. A falha mais comum é a ignorância dos riscos que o manuseio de determinados produtos químicos oferecem à saúde humana (por exemplo, soluções alcalinas podem provocar queimaduras graves nos olhos). Como regra geral, nos países mais desenvolvidos, as informações são mais disseminadas e os trabalhadores mais conscientes de seus direitos. Com isto, há disponibilidade hoje em dia de um grande número de publicações sobre os perigos que oferecem o manuseio de produtos industriais; estudos mais recentes têm imposto limitações ou mesmo banido o uso de agentes químicos, antigamente largamente empregados, algumas vezes até para uso caseiro.

2. Incluímos no Apêndice algumas publicações que podem ser de interesse para os técnicos da área de descontaminação.

A P E N D I C E**CÓPIAS DE ARTIGOS E MANUAIS DE INTERESSE SOBRE O ASSUNTO**

Cópias de alguns artigos e catálogos, considerados de interesse e relevantes para o assunto abordado neste trabalho, estão aqui incluídos.