

IRD - CNEN - NT -- 004/84.

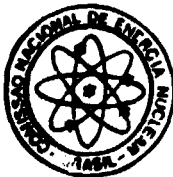
(ABFM - NT -- 001(84)).

CONTROLE DE QUALIDADE EM CALIBRADORES DE DOSE

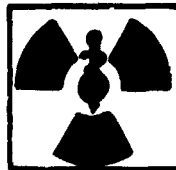
(GUIA TÉCNICO)

LEOPOLDINO DA CRUZ GOUVEIA MENDES

cl



Instituto de  
Radioproteção e  
Dosimetria



Associação  
Brasileira de  
Físicos em Medicina

RIO DE JANEIRO

1 9 8 4

**EDITORES: - CNEN/IRD/DRH**

**Departamento de Recursos Humanos**

**Divisão de Documentação Científica e Publicações**

**Endereço: Av. das Américas, Km 11,5 - Barra**

**Rio de Janeiro - RJ - CEP 22700**

**Telefone: (021) 342-5252**

**Responsáveis: Silene Elian**

**Dilma Monteiro Silva**

**- ABFM**

**Associação Brasileira de Físicos em Medicina**

**Responsáveis: Léa Contier de Freitas**

**Sonia G.P. Cecatti**

**Datilografia: Cibeles Carvalho Diniz**

**Reprografia: Paulo Roberto Maciel**

**MENDES, L.C.G.**

**Controle de qualidade em calibradores  
de dose. Leopoldino da Cruz Gouveia Mendes.**

**Rio de Janeiro: I.R.D./ABFM, 1984**

**1. Medicina Nuclear I. Título**

**CDD 615.8424**

# S U M Á R I O

PÁG.

PREFÁCIO

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO

1.1 Aspectos Gerais ..... 11

1.2 Considerações Operacionais ..... 12

2 PERIODICIDADE DOS TESTES

2.1 Teste de Precisão e Exatidão ..... 18

2.2 Teste de Reprodutibilidade ..... 20

2.3 Teste de Linearidade ..... 22

2.4 Teste de Geometria de Volume ..... 25

2.5 Teste de Resposta de "Background" ..... 26

2.6 Curva de Calibração ..... 28

BIBLIOGRAFIA

## P R E F Á C I O

O Guia Técnico de Controle de Qualidade em Câmaras de Ionização do Tipo "Calibradores de Dose" surgiu para dar maior suporte técnico-bibliográfico aos usuários de Medicina Nuclear objetivando a implementação do controle da "performance" dos Calibradores de Dose.

Baseado nas mais recentes publicações, em particular da Agência Internacional de Energia Atômica (TECDOC, 1983), o presente documento técnico descreve detalhadamente os procedimentos dos testes de controle indicando o material necessário a cada estudo, discutindo a forma de análise dos resultados e fazendo observações específicas para cada procedimento.

Com a realização e divulgação deste documento, o Instituto de Radioproteção e Dosimetria e a Associação Brasileira de Físicos em Medicina (ABFM) espera abrir espaço para novas publicações envolvendo técnicas na área de instrumentação com a finalidade de facilitar a formação de programas locais e regionais de Controle de Qualidade em Medicina Nuclear.

  
Carlos Eduardo Veloso de Almeida

Diretor do IRD/CNEN

PRESIDENTE DA ABFM

## R E S U M O

O presente Guia Técnico aborda detalhadamente os testes de Controle de Qualidade em Câmaras de Ionização do tipo Calibradores de Dose. São discutidos os aspectos operacionais de cada teste dando-se especial relevância a metodologia, procedimento, análise dos dados e interpretação dos resultados.

Os testes de precisão, exatidão e curva de calibração destes instrumentos são realizados utilizando-se fontes padrões de referência de Co-57, Cs-137, Co-60 e Ba-133 com geometria reprodutível da situação clínica. Para o estudo da linearidade e variação de geometria utiliza-se uma fonte não selada de Tc-99m. A periodicidade de realização dos testes e os limites de aceitação foram baseados em recomendações da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

## A B S T R A C T

Nuclear medicine laboratories are required to assay samples of radioactivity to be administered to patients. Almost universally, these assays are accomplished by use of a well ionization chamber isotope calibrator.

The Instituto de Radioproteção e Dosimetria (Institute for Radiological Protection and Dosimetry) of the Comissão Nacional de Energia Nuclear (National Commission for Nuclear Energy) is carrying out a National Quality Control Programme in Nuclear Medicine, supported by the International Atomic Energy Agency.

The assessment of the current needs and practices of quality control in the entire country of Brazil includes Dose Calibrators and Scintillation Cameras, but this manual is restricted to the former. Quality Control Procedures for these Instruments are described in this document together with specific recommendations and assessment of its accuracy.











## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Aspectos Gerais

Os Calibradores de Dose são, em essência, câmaras de ionização do tipo poço que fazem a leitura diretamente em submúltiplos do Curie.

Um dos precursores dos atuais Calibradores de Dose é a câmara de ionização Beta-Gama do tipo 1383A (Fig. 1.1.1) desenvolvida pelo "National Physical Laboratory". Esta câmara reentrante foi projetada de maneira que a amostra é quase completamente envolvida pelo seu volume sensível. Esta disposição proporciona uma alta eficiência geométrica, minimizando os efeitos de pequenas variações de volume e posição da amostra. A metade inferior desta câmara possui uma janela fina para a detecção de partículas beta, permitindo assim o seu uso para medidas de fontes emissoras beta.

A fabricação das câmaras de ionização para partículas beta foi abandonada pelos fabricantes dos modernos Calibradores de Dose (Fig. 1.1.2).

Atualmente as câmaras construídas são de argônio pressurizadas a 20 atmosferas. A esta pressão, a corrente de ionização é cerca de 20 vezes maior do que quando preenchida com ar, enquanto a corrente de ionização de background é reduzida à metade.

Em linhas gerais, os Calibradores de Dose diferem dos outros sistemas de câmara de ionização principalmente no que concerne ao seu circuito eletrônico especial, que permite a resposta do

instrumento diretamente em unidades de atividade. Isto é possível dividindo-se a potência do detetor por um valor determinado para cada radionuclídeo de maneira a fornecer uma potência digital ou analógica equivalente ao radionuclídeo.

A aceitação geral desses instrumentos pelos Serviços de Medicina Nuclear deve-se à sua simplicidade de operação, estabilidade a curto e longo prazo e sua versatilidade de operação, permitindo a medida da atividade de soluções radioativas em frascos, seringas e ampolas sob um largo "range" de atividade. Entretanto devido a falta de seletividade energética desses detetores, deve-se assegurar que as medidas sejam efetuadas em fontes radionuclídicamente puras.

## 1.2 Considerações Operacionais

A câmara de ionização é envolvida por uma blindagem de chumbo com a finalidade de proteger o pessoal ocupacionalmente exposto às radiações ionizantes durante o processo de medidas, e de reduzir o background ambiental.

A exatidão intrínseca de um Calibrador de Dose depende de diferentes fatores de fabricação e da geometria da câmara.

Os calibradores de melhor "performance" apresentam uma exatidão de 1% certificadas pelos fabricantes. Alguns tipos apresentam exatidão de 3% e outros de desempenho inferior de 5%.

A exatidão inicial certificada pelo fabricante pode ser alterada pelo tempo de uso, como resultado de mudanças na pressão do gás e de pequenas oscilações de tensão. A adição de blindagem

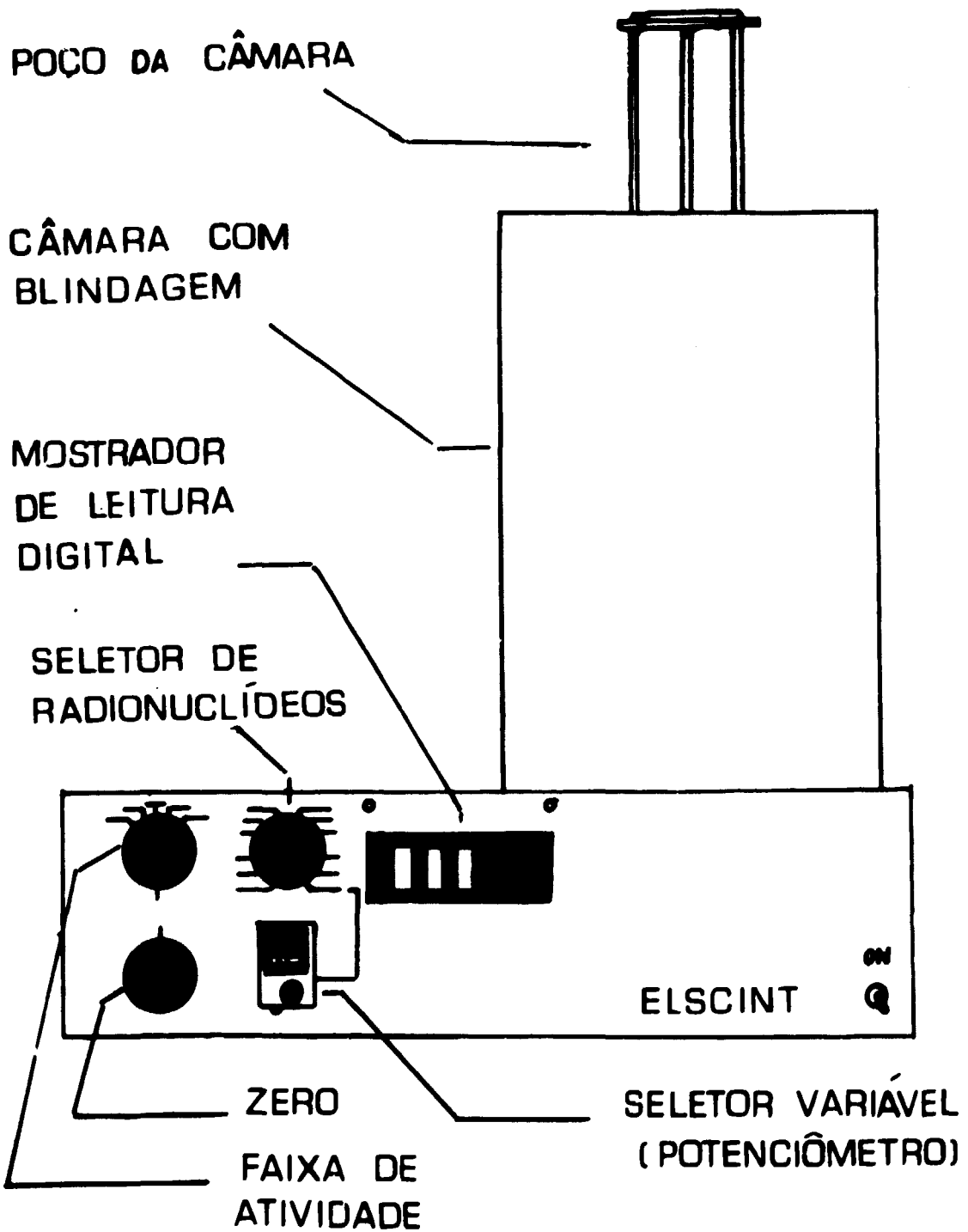


Fig.1.1.2 - CALIBRADOR DE DOSE COMERCIAL



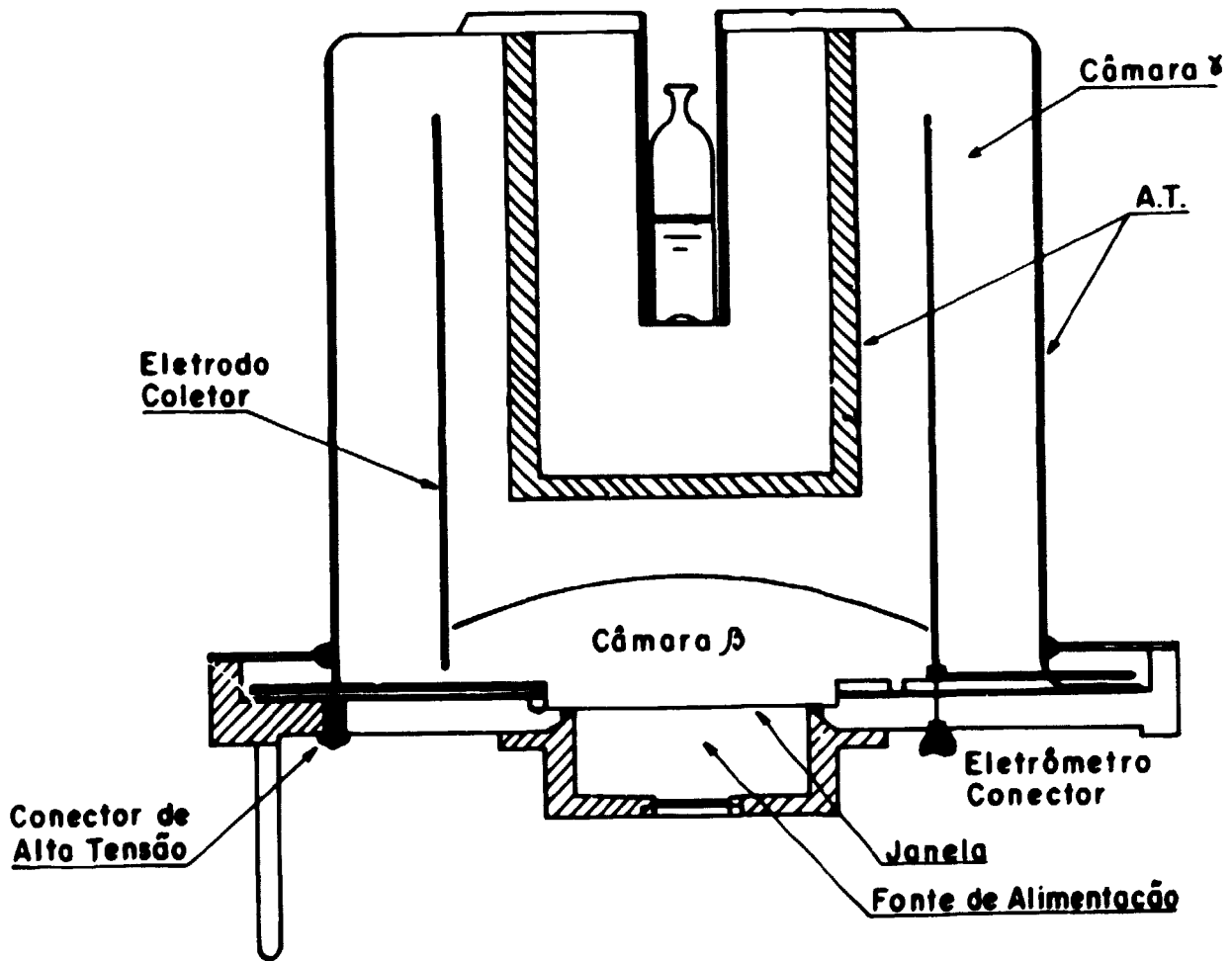


FIG. 1.1.1 - CAMARA DE IONIZACAO  
 BETA-GAMA  
 NATIONAL PHYSICAL LABORATORY





também afeta significativamente a exatidão do Calibrador de Dose devido a contribuição de espalhamento proveniente da blindagem, modificando a curva de calibração original.

Todos os Calibradores de Dose apresentam alguma dependência geométrica, diretamente ligada a profundidade do poço de câmara. Alguns calibradores são providos pelos fabricantes de tabelas com fatores de correção para os radionuclídeos quando medidos em frascos, seringas ou ampolas de diferentes tipos e tamanhos. Entretanto, cada serviço de Medicina Nuclear deve determinar seus próprios fatores de correção para as situações específicas de uso.

A segurança do desempenho satisfatório de um Calibrador de Dose é feita através da realização diária de testes operacionais aliado ao Controle de Qualidade regular e periódico. A descrição dos procedimentos destes testes bem como a periodicidade de sua realização serão discutidos detalhadamente a seguir.

## 2. PERIODICIDADE DOS TESTES

O funcionamento adequado da instrumentação utilizada em Medicina Nuclear é fundamental para assegurar a qualidade de diagnóstico com diferentes radioisótopos.

O Calibrador de Dose em particular, desempenha relevante papel uma vez que é usado para especificar a quantidade de material radioativo administrado ao paciente. O seu desempenho correto possibilita a padronização e uniformização de técnicas, contribuindo significativamente na otimização da imagem cientigráfica.

São recomendados testes de Controle de Qualidade (operações e de referência) obedecendo a seguinte frequência:

TESTES	FREQUÊNCIA
Precisão e Exatidão	Na Instalação e Semestral
Reprodutibilidade	Trimestral
Linearidade	Na Instalação e Trimestral
Geometria	Na Instalação
Resposta de Background	Diária
Calibração	Anual

## 2.1 Teste de Precisão e Exatidão

### 2.1.1 Objetivo

Testar a precisão e a exatidão de um Calibrador de Dose através das medidas de atividade das fontes padrões de referência nas mesmas condições de geometria.

### 2.1.2 Material

RADIONUCLÍDEO	PRINCIPAIS ENERGIAS DOS FOTONS	MEIA-VIDA	ATIVIDADE
Co-57	122 KeV	271 d	5 mCi
Ba-133	81 KeV, 356 KeV	10.7 a	250 µCi
Cs-137	662 KeV	30 a	200 µCi
Co-60	1.173 KeV, 1.352 KeV	5.27 a	50 µCi

### 2.1.3 Procedimento

- a) Selecionar as condições operacionais apropriadas para a fonte a ser medida;
- b) Anotar a leitura do "background" para subtrair das atividades medidas. Ajustar o controle do zero nos Calibradores providos de tal sistema;
- c) Introduzir a fonte de referência no poço da câmara, utilizando pinças;
- d) Esperar um tempo suficiente para estabilização da leitura;
- e) Medir e anotar em livro a atividade registrada, subtraindo a leitura de "background" quando necessário;
- f) Repetir o item (e) para um total de 10 medidas sucessivas.

### 2.1.4 Análise dos Dados

- a) Para medir a precisão, calcular para cada fonte a diferença percentual entre a medida da atividade individual ( $A_i$ ) e a média ( $\bar{A}$ ) das medidas:

$$100 \frac{(A_i - \bar{A})}{\bar{A}} \%$$

- b) Para medir a exatidão, calcular para cada fonte a diferença percentual entre a média das atividades medidas e a atividade das fontes padrões de referência com suas atividades corrigidas pelo decaimento:

$$100 \frac{(\bar{A} - C)}{\bar{A}} \%$$

onde:  $\bar{A}$  = Média das medidas da atividade

C = Atividade da fonte padrão com correção do decaimento

### 2.1.5 Limite de Aceitação

Os limites de aceitabilidade dos testes de precisão e exatidão deverão ser aqueles especificados pelo fabricante. Todavia recomenda-se um limite máximo de aceitação para a precisão de  $\pm 5\%$  e de  $\pm 10\%$  para a exatidão.

Limites superiores aos acima mencionados indicam necessidade de reparo ou ajuste do Calibrador de Dose.

## 2.2 Teste de Reprodutibilidade

### 2.2.1 Objetivo

Verificar a reprodutibilidade da "performance" dia a dia de um Calibrador de Dose, através de medidas de um radionuclídeo de meia-vida longa.

### 2.2.2 Material

Fonte selada emissora gama de média energia com atividade em torno de 100  $\mu\text{Ci}$  (Cs-137 ou Ra-226).

### 2.2.3 Procedimento

- a) Selecionar as condições de operação para o radionuclídeo mais comumente utilizado (Ex.: Tc-99 m);
- b) Anotar a leitura de "background" para subtrair das atividades medidas. Alternadamente, ajustar o controle do zero do instrumento se necessário;
- c) Colocar a fonte dentro do poço da câmara utilizando peças apropriadas;
- d) Esperar um tempo suficiente para a estabilização da leitura;
- e) Medir e anotar em livro a atividade aparente, subtraindo a leitura de "background";
- f) Repetir o item (a) para cada radionuclídeo comumente utilizado.

### 2.2.4 Análise dos Dados

Anotar os resultados numa tabela e registrar em papel linear a Atividade Aparente versus Data. Os resultados dos dias sucessivos deverão apresentar uma distribuição sobre a linha correspondente do decaimento da fonte utilizada. Um ponto inicial sobre esta linha poderá ser estabelecido através da média de 10 medidas. O declíneo negativo é determinado pela meia-vida física do radionuclídeo. O decaimento da fonte pode ser considerado linear num curto período de tempo comparado com a meia-

vida da fonte. Limites de aceitabilidade podem ser indicados por duas outras linhas paralelas à primeira, respectivamente a cima e abaixo a uma distância correspondente a precisão do instrumento especificado pelo fabricante (Ex.: 5% da atividade esperada). Se um resultado individual diverge destes limites, indica falha na "performance" do instrumento.

#### 2.2.5 Observações

As condições de operação selecionadas para a realização deste teste não são, em geral, aquelas apropriadas para a fonte. Por esta razão, a atividade Aparente anotada poderá diferir enormemente da atividade verdadeira da fonte. Este fato entretanto não tem importância para o estudo da reprodutibilidade da performance.

#### 2.2.6 Limites de Aceitabilidade

Os limites de aceitabilidade para os resultados obtidos neste teste são em parte determinados pela precisão do instrumento especificado pelo fabricante. Em geral, a reprodutibilidade deverá estar dentro de  $\pm 5\%$ .

### 2.3 Teste de Linearidade

#### 2.3.1 Objetivo

Testar a linearidade da resposta da atividade de um Calibrador de Dose em todo o intervalo de atividade para o qual é usado.

### 2.3.2 Método

Decaimento de fonte radioativa.

### 2.3.3 Material

Radionuclídeo de meia-vida curta ( $Tc-99m$  ou  $In-113m$ ) em solução, de atividade inicial igual ou superior ao maior intervalo de atividade indicado no instrumento (100 mCi - 200 mCi).

### 2.3.4 Procedimento

- a) Transferir o radionuclídeo em solução para um frasco completando o volume para 10ml;
- b) Selecionar as condições de operação apropriadas para o radionuclídeo a ser usado;
- c) Anotar a leitura do "background" para subtrair das medidas subsequentes. Alternadamente, fazer o controle do zero do instrumento se necessário;
- d) Introduzir a fonte no poço de câmara usando pinça;
- e) Esperar um tempo suficiente para a estabilização da leitura;
- f) Medir sucessivamente 10 vezes, tirar a média e anotar em livro a medida da atividade, subtraindo o nível de "background". Anotar a hora do dia de cada série de medidas;

g) Repetir o item (f) a intervalos de tempo regulares de forma que o tempo total seja suficiente para a fonte decair até a menor atividade usada clinicamente;

h) Construir uma tabela contendo:

DATA	HORA	TEMPO	ATIVIDADE MEDIDA	ATIVIDADE TEÓRICA/DECAIMENTO	DIFERENÇA PERCENTUAL

i) Em papel semi-logarítimo, construir um gráfico da atividade medida contra o tempo. Traçar no mesmo gráfico a curva teórica baseada no decaimento da fonte. Comparar ambas as curvas.

### 2.3.5 Interpretação dos Resultados

Baixa medida da atividade na parte superior do gráfico pode indicar saturação do instrumento. Falha de linearidade para atividades muito baixas em Calibradores de Dose que não possuem o ajuste do zero, indica problemas na calibração automática do zero do instrumento. Descontinuidades entre as faixas de "range" (entre  $\mu\text{Ci}$  e  $\text{mCi}$ ) indicam erros sistemáticos em uma das faixas de "range" de atividade.

### 2.3.6 Limites de Aceitação

Em geral a linearidade de um Calibrador de Dose deve se encon-



trar dentro de  $\pm 10\%$ , sendo que o Serviço de Medicina Nuclear deve construir fatores de correção de escala para medir corretamente em todo o intervalo de operação do instrumento. Valores acima do limite estabelecido indicam necessidade de reparo ou ajuste do aparelho.

## 2.4 Teste de Variação de Geometria de Volume

### 2.4.1 Objetivo

As variações existentes na medida da atividade em função do volume e da configuração da amostra dependem fundamentalmente de profundidade e da geometria da câmara de ionização.

Este teste consiste em determinar fatores de correção para os diferentes volumes de um determinado radionuclídeo (Tc-99m ou In-113m de uso clínico).

### 2.4.2 Material

Tc-99m ou In-113m com atividade em torno de 2-5mCi.

Frasco de 30 ml.

Água destilada ou Soro fisiológico.

### 2.4.3 Procedimento

a) Colocar o potenciômetro na posição apropriada da fonte a ser medida;

- b) Anotar a leitura do "background" para obter a atividade líquida da atividade medida. Ajustar se for o caso, o controle do zero do Calibrador de Dose;
- c) Introduzir a fonte de Tc-99m ou In-113m com a atividade total em 1,0ml de solução;
- d) Obter 10 medidas sucessivas e tirar a média dos resultados;
- e) Aumentar o volume com água ou solução fisiológica para 2,0 - 4,0 - 6,0 - 8,0 - 10,0 - 20,0 e 25,0 ml. Após cada adição de água ou solução fisiológica, agitar levemente o frasco e medir a atividade repetindo o procedimento (4);
- f) Selecionar o resultado obtido com 10ml com padrão de referência e calcular a razão das atividades para cada volume, achando o Fator de Correção:

$$FC = \frac{AR}{AV}$$

onde: FC = Fator de Correção

AR = Atividade do Volume de Referência

AV = Atividade dos Volumes Medidos

- g) Obtido os fatores de correção, a atividade verdadeira é obtida da seguinte maneira:

Atividade Verdadeira = Atividade Média x Fator de Correção

onde: o Fator de Correção é válido para o mesmo volume e mesma configuração da amostra medida

## 2.5 Teste de Resposta de "Background"

### 2.5.1 Objetivo

Testar a resposta de "background" de um Calibrador de Dose sob condições nas quais qualquer aumento na resposta seja o mais rapidamente observado.

¶

### 2.5.2 Procedimento

a) Selecionar condições apropriadas de operação para qualquer radionuclídeo escolhido com uma baixa taxa de emissão de fatores;

¶

b) Anotar a leitura de "background" na medida da atividade do radionuclídeo em questão. Alternadamente, realizar se necessário o ajuste do controle do zero.

### 2.5.3 Observações

Uma blindagem adicional em volta da câmara de ionização de um Calibrador de Dose poderá ser necessária para reduzir a resposta de "background" a um nível aceitável.

### 2.5.4 Interpretação dos Resultados

Um Calibrador de Dose sem o ajuste do controle do zero deverá apresentar uma resposta mensurável de "background". Falhas neste sistema são decorrentes de mal ajuste do controle automático do zero do instrumento acarretando erros substanciais na medida de baixas atividades.

¶

Um aumento relevante na resposta pode indicar contaminação ra dioativa do instrumento ou aumento da radioatividade ambiental do laboratório. Nestes casos o instrumento deve ser reti rado e os testes repetidos. Permanecendo os valores altos de "background", fica evidenciada a contaminação do instrumento. Deverão ser levados a efeito os procedimentos de descontamina ção e/ou estocagem do Calibrador de Dose.

#### 2.5.5 Limites de Aceitabilidade

Um aumento igual ou superior a 20% na resposta de "background" indica a necessidade de investigação.

### 2.6 Curva de Calibração

#### 2.6.1 Objetivo

A construção de curva de calibração do potenciômetro de um Calibrador de Dose é particularmente importante quando em ra dionuclídeo é introduzido no uso clínico ou quando o instrumento sofre deterioração (tempo de uso) modificando a curva original fornecida pelo fabricante.

#### 2.6.2 Material

Fontes padrões de referência de baixa, média e alta energia.

#### 2.6.3 Procedimento

a) Colocar o potenciômetro na posição "variável";

- b) Utilizar fontes padrões com atividades conhecidas;
- c) Colocar a fonte no poço de câmara utilizando pinças apropriadas;
- d) Girar o potenciômetro até que a leitura corresponda a atividade da fonte padrão;
- e) Repetir o processo de medidas 10 vezes para cada fonte padrão utilizada e obter a média dos resultados;
- f) Utilizar um número significativo de fontes padrões para obter pontos suficientes à construção da curva;
- g) Registrar em gráfico milimetrado a constante de atividade específica de cada fonte padrão  $\sigma \frac{(R_{cm2})}{hmCi}$  versus o valor registrado no potenciômetro.

#### 2.6.4 Observações

Devem ser utilizadas na construção de curva, um número razoável de fontes padrões de baixa energia, (4 a 5 fontes) dado que existe uma dependência energética significativa até 100 KeV. Nesta região inicial da curva, não existe linearidade de resposta do potenciômetro com relação a constante específica (gamão) dos radionuclídeos.

## B I B L I O G R A F I A

1. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - "The Quality Control of Nuclear Medicine Instruments", CIECDOC 19830 DRAFT
2. WORLD HEALTH ORGANIZATION - "Quality Assurance in Nuclear Medicine", 1982
3. U.S. Nuclear Regulatory Commission Regulatory Guide 10.8, 1980
4. BUREAU OF RADIOLOGICAL HEALTH, Joint NCORH and State Quality Assurance Surveys in Nuclear Medicine, Phase I - "Scintillation Cameras and Dose Calibrators", 1983
5. MENDES, L.; WEGST, A. - Implementação de um Programa de Controle de Qualidade em Medicina Nuclear - Tese de Mestrado, 1983