



INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

RT-IEN- 36/2003

Estudo de Características e Especificações de Calibradores de Dose Comerciais

Luciene Betzler Cardoso Gomes

Antonio Carlos Corrêa da Fonseca

Dezembro de 2003

NOTA
ESTE RELATÓRIO É PARA USO EXCLUSIVO DO INSTITUTO DE
ENGENHARIA NUCLEAR

O direito a utilização de informações relacionadas ao trabalho de pesquisa realizado no IEN é limitado aos servidores da CNEN e pessoal de organizações associadas, nos limites dos termos contratuais que regem os respectivos convênios. O conteúdo dos relatórios não pode ser separado ou copiado sem autorização escrita do IEN.



INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

RT-IEN- 36/2003

Título: Estudo de características e especificações de calibradores de dose comerciais				
Autor(es): Luciene Betzler Cardoso Gomes Antonio Carlos Corrêa da Fonseca			e-mail: luciene@ien.gov.br afonseca@ien.gov.br	
Identificação: RT-IEN- 36/03	Nº de páginas: 33	Tipo de Divulgação: Irrestrita (x) Restrita ()	Divulgar para:	Localização: \IEN
Publicação externa associada (congresso/periódico): Não há publicação				
Palavras chave: Medidores de atividade, activímetros, calibradores de dose, radiofármacos, radioisótopos, medicina nuclear.				
Resumo: Os medidores de atividade (ou calibradores de dose) são utilizados para determinação da atividade total apresentada por um radionuclídeo. Neste relatório é feito um estudo das principais características e especificações de modelos comerciais de medidores de atividade, alguns dos quais encontrados em serviços de medicina nuclear no país, utilizados para medir a atividade total de um radiofármaco a ser utilizado em um paciente para fins terapêuticos ou de diagnóstico. Este estudo tem a finalidade de sugerir um conjunto de características básicas e especificações desejáveis a serem consideradas na elaboração do projeto de um calibrador de dose.				
<i>Abstract:</i> <i>Activity meters (or dose calibrators) are employed to measure the total activity of a radionuclide.</i> <i>This technical report presents a study of some aspects concerning to features and performance of commercially available radionuclide activity meters, some of them routinely found in Brazilian nuclear medicine services, employed to measure the total activity of a radiopharmaceutical to be used on a patient for diagnosis or therapeutic purposes.</i> <i>The aim of this study is to suggest a basic set of characteristics and specifications that should be present in new developments of dose calibrator instruments.</i>				
Emissão		Nome	Rubrica	Data
Data:	Elaboração:	Luciene Betzler Cardoso Gomes Antonio Carlos Corrêa da Fonseca		22/12/2003
Divisão:	Revisão:	José Carlos Soares de Almeida		22/12/2003
Serviço:	Aprovação :	Paulo Victor Rodrigues de Carvalho		22/12/2003
Instituto de Engenharia Nuclear: Via 5 s/n, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, CEP 21945-970, CP 68.550, Rio de Janeiro – RJ - Brasil . Tel.: 00 55 21 2209-8080 Internet: www.ien.gov.br				



Sumário

	Página
1. Introdução -----	6
2. Modelos comerciais estudados -----	8
2.1. Fabricante Alfa Nuclear -----	8
2.1.1. Modelo ACT – 15P	9
2.1.1.1. Alegações do fabricante	9
2.1.1.2. Características e especificações	9
2.2. Fabricante Biodex Medical Systems -----	9
2.2.1. Modelo Atomlab 100	9
2.2.1.1. Alegações do fabricante	8
2.2.1.2. Características e especificações	9
2.2.2. Modelo Atomlab 100 plus	9
2.2.2.1. Alegações do fabricante	10
2.2.2.2. Características e especificações	10
2.2.3. Modelo Atomlab 200	10
2.2.3.1. Alegações do fabricante	11
2.2.3.2. Características e especificações	11
2.2.4. Modelo Atomlab 300 PET	12
2.2.4.1. Alegações do fabricante	12
2.2.4.2. Características e especificações	12
2.3. Fabricante Capintec -----	13
2.3.1. Modelo CRC – 15R	13
2.3.1.1. Alegações do fabricante	13
2.3.1.2. Características e especificações	13
2.3.2. Modelo CRC – 127R	14
2.3.2.1. Alegações do fabricante	14
2.3.2.2. Características e especificações	14
2.3.3. Modelo CRC – 15 PET	14
2.3.3.1. Alegações do fabricante	15
2.3.3.2. Características e Especificações	15
2.4. Fabricante Inovision -----	15
2.4.1. Modelo 34-164 CAL/RAD Mark V	15
2.4.1.1. Alegações do fabricante	15
2.4.1.2. Características e especificações	15
2.5. Fabricante Nuklear-Medizintechnik Dresden - MED -----	17
2.5.1. Modelo ISOMED 1000	17
2.5.1.1. Alegações do fabricante	17
2.5.1.2. Características e especificações	17



	Página
2.6. Fabricante PTW FREIBURG -----	18
2.6.1. Alegações do fabricante	18
2.6.2. Modelo Curiementor 3	18
2.6.2.1. Características e especificações	18
2.6.3. Modelo Curiementor 4	19
2.6.3.1. Características e especificações	19
2.7. Fabricante Veenstra -----	19
2.7.1. Alegações do fabricante	19
2.7.2. Modelo VDC – 304	20
2.7.2.1. Características e especificações	20
2.7.3. Modelo VDC – 404	20
2.7.3.1. Características e especificações	20
2.7.4. Modelo VDC – 405	20
2.7.4.1. Características e especificações	20
3. Conclusões -----	21
Referências Bibliográficas -----	24
Apêndices:	
A. Relação de siglas e abreviações usadas -----	26
B. Configurações de conexão observadas nos calibradores de dose estudados --	27
C. Comparação das especificações de alguns calibradores de dose dos fabricantes estudados -----	30
D. Imagens de parte dos calibradores de dose estudados -----	32



INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

RT-IEN- 36/2003

Resumo

Os medidores de atividade, também denominados calibradores de dose, são utilizados para medição da atividade total de um radionuclídeo.

Neste relatório são apresentadas as características e especificações referentes aos modelos comerciais de calibradores de dose, alguns freqüentemente usados nos serviços de medicina nuclear no país, a fim de obter um conjunto de especificações desejadas a serem consideradas na elaboração do projeto de um calibrador de dose.



1 Introdução

Em medicina nuclear são usados radiofármacos, para diagnosticar e tratar doenças. Radiofármacos são substâncias que são metabolizadas em órgãos específicos, ossos ou tecidos. Os serviços de medicina nuclear utilizam calibradores de dose, para medir a atividade de radiofármacos administrados em pacientes.

Com a revisão da norma CNEN-NN-3.05 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear, em 1996, foi introduzida a exigência de um medidor de atividade (calibrador de dose) e de fontes padrão de referência para realização dos testes de controle de qualidade dos medidores.

Os procedimentos de controle de qualidade e calibração de medidores de atividade recomendados pelo Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI) do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) da CNEN são detalhados na publicação: Procedimentos de controle de qualidade para medidores de atividades de radiofármacos.

Os calibradores de dose são capazes de realizar medições rápidas e exatas de atividades e devem ser regularmente calibrados, avaliando-se por exemplo: a exatidão e a precisão, a reprodutibilidade e a linearidade da resposta. Estes equipamentos utilizam câmaras de ionização para conversão da radiação em cargas elétricas que são coletadas, gerando uma corrente elétrica de pequeno valor, medida por um circuito eletrônico (eletrômetro) que permite a leitura da dose em unidades de atividade. Tem como outras possíveis partes integrantes fontes de tensão CC, conversor corrente/tensão, conversores AD e DA, e um amplificador.

Em sua configuração mais usual, um calibrador de dose é composto basicamente por um medidor de corrente capaz de medir correntes muito baixas e por um detector de radiação. O detector mais amplamente utilizado é a câmara de ionização. A magnitude da corrente produzida na câmara depende da quantidade de radioatividade presente. Em decorrência da resposta não linear da câmara a diferentes energias e radiações, atividades iguais produzidas por radioisótopos diferentes podem produzir correntes de ionização diferentes e, conseqüentemente, levar a indicações diferentes. Dessa forma é sempre agregado ao instrumento um procedimento de correção da medição, implementado por circuitos eletrônicos e/ou *software*.

Um dos precursores das câmaras de ionização usadas nos calibradores de dose atuais é a câmara de ionização tipo 1383A desenvolvida no National Physical Laboratory (NPL), Inglaterra. O equipamento combina uma câmara tipo poço para medida de raios gama e uma câmara de placas paralelas para medida de partículas beta. Cada câmara era fornecida com fatores de calibração de vários radionuclídeos e construída para que os resultados obtidos com uma câmara fossem aplicáveis a outras de mesmo tipo, caso fossem praticados procedimentos uniformes para preparação e medida das fontes. A câmara tipo 1383A, no entanto, tinha uma desvantagem, era necessário se fazer correções para a temperatura e pressão ambientais. Ela foi substituída pelo calibrador de dose tipo 271, a unidade era composta de uma câmara de ionização tipo poço (modelo 671), pressurizada, e um eletrômetro (modelo 271) com mostrador digital, efetuando leitura direta em unidades de atividades. Continuando seus trabalhos no campo de medidores de atividade, o NPL, em associação com a empresa inglesa Southern Scientific Ltd. e a empresa norte-americana CAPINTEC, desenvolveu um calibrador de dose composto por uma câmara de ionização desenvolvida pelo NPL acoplada ao console (unidade de controle e eletrômetro) do calibrador



INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

RT-IEN- 36/2003

modelo 15R da Capintec. Este calibrador de dose é presentemente comercializado pela Southern Scientific.

Atualmente, muitos dos calibradores comercializados, oferecem a opção de pré-seleção para dez ou mais radioisótopos de uso mais freqüente, além da possibilidade de ajuste para diversos outros. Os novos modelos totalmente digitalizados, passíveis de serem integrados a um computador pessoal, viabilizam o acesso fácil ao valor medido da atividade através de um menu, e oferece opção de conexão a uma impressora. Alguns calibradores podem operar com várias câmaras de ionização controladas pelo computador. As diversas configurações oferecidas permitem ao usuário escolher de acordo com seus propósitos a forma mais adequada para a sua instalação. Dada a versatilidade dos modelos podemos obter o melhor aproveitamento quanto a custos e especificações adotadas.

Neste trabalho são estudadas as principais características e especificações dos modelos de calibradores de dose mais usados no país a fim de se obter um conjunto de recomendações a serem adotadas no projeto de um calibrador de dose. O estudo se baseou em manuais e folhetins ou panfletos dos fabricantes, artigos, e notas técnicas.



2 Modelos comerciais de calibradores de dose estudados

São apresentados a seguir as especificações de alguns modelos comerciais de calibradores de dose, conforme declaradas pelos fabricantes. Alguns desses modelos são amplamente usados no país, outros foram incluídos para representar os tipos existentes no mercado no ano 2003.

2.1 Fabricante ALFANUCLEAR

2.1.1 Modelo ACT-15P

2.1.1.1 Alegações do fabricante

Fabricado conforme a resolução 1030, de 07/12/1987, da Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), órgão regulador nacional da República Argentina, e calibrado com padrões da CNEA.

2.1.1.2 Características e especificações

Características:

Escala automática, leitura em Ci ou Bq.

Seleção de isótopos através do teclado : opção para 39 isótopos, armazenados na memória.

Relógio e calendário de tempo real, protegido contra cortes de energia.

Efetua cálculo da atividade do dia/hora referente ao isótopo selecionado.

Pode ser conectado a um computador ou impressora (opcional).

Monitoração contínua, com intervalos de tempo programáveis, com possibilidade de serem fixados valores de alarme.

Medida de dose acumulada, integrada, no intervalo de tempo programado.

Subtração automática de *background*.

Especificações:

Faixa de atividade: 10 μCi à 2 Ci ($^{99\text{m}}\text{Tc}$)

Exatidão: $\pm 5\%$, dependendo dos padrões disponíveis.

Detector: câmara de ionização pressurizada, gás Argônio.

Faixa de energia: até 1,3 MeV para fótons (gama).

Correção para efeitos de geometria: nenhuma até 50 mL.

2.2 Fabricante Biodex Medical Systems, Inc.



2.2.1 Modelo Atomlab100

2.2.1.1 Alegações do fabricante

Simple para operar.
Resposta rápida.
Ideal para clínicas
Recebe dose única.

2.2.1.2 Características e especificações

Características:

Todas as funções controladas por microprocessador.
Software para auto-diagnóstico.
Fonte alimentação sem bateria para o detector.
Seleção automática de faixa de medição.
Zeramento e subtração de *background* (radiação de fundo).

Especificações:

Teclas para seleções de isótopos: opção para dez isótopos, ^{99m}Tc , ^{201}Tl , ^{99}Mo , ^{123}I , ^{133}Xe , ^{67}Ga , ^{111}In , ^{131}I , ^{137}Cs , e ^{57}Co , com possibilidade do usuário definir três isótopos adicionais.
Faixa de atividade: 0,01 μCi a 9999 mCi (0,001 mBq a 399,9 GBq) para o ^{99m}Tc .
Faixa de energia: 25 keV a 3 MeV para fótons.
Tempo de resposta : 1s para doses maiores que 2 mCi; 3s a 30s para doses abaixo de 200 μCi .
Linearidade do detector: $\pm 1\%$ ou 0,2 μCi (o que for maior).
Linearidade do eletrômetro: $\pm 1\%$ ou 0,2 μCi (o que for maior).
Exatidão do eletrômetro: $\pm 1\%$ ou 0,2 μCi (o que for maior).
Exatidão total : $\pm 3\%$ ou 0,3 μCi (o que for maior).
Repetibilidade: $\pm 0,3\%$ acima de 1 mCi (24 hs), 1% (1 ano).
Mostrador: LED com 4 dígitos, faixa de 0.1 a 999.
Detector: câmara de ionização pressurizada, com gás Argônio.
Condições ambientais de operação: temperatura: 0 a 40 °C; umidade: 0 a 90%.
Alimentação: 100 a 120 V_{CA} - 1/2 A; 200 a 240 V_{CA} - 1/4 A; 50/60 Hz

2.2.2 Modelo Atomlab100 plus

2.2.2.1 Alegações do fabricante



A unidade é simples para operar e sua performance atende às normas para utilização em medicina nuclear.

A resposta do equipamento é ultra rápida.

2.2.2.2 Características e especificações

Características:

Todas as funções disponibilizadas são controladas por microprocessador.

Possui uma escala automática que opera em faixas até 9,999 Ci para o ^{99m}Tc ou 2,5 Ci de ^{18}F .
mostrador numérico fornece leituras nas unidades Ci ou Bq.

Dispõe de um *software* para realizar auto-diagnóstico.

Dispõe de teclas para seleção de isótopos usados com frequência.

Utiliza uma fonte de alimentação para câmara de ionização, ao invés de bateria.
fabricante oferece dois anos de garantia.

Utiliza porta de comunicação serial bi-direcional padrão RS-232.

Opera com impressora, fornecida com o equipamento.

Imprime etiquetas adesivas para identificações de pacientes e outros.

Especificações:

Teclas para seleções de isótopos: opção para doze isótopos, ^{99m}Tc , ^{90}Sr , ^{201}Tl , ^{99}Mo , ^{123}I , ^{133}Xe , ^{67}Ga , ^{111}In , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{57}Co e ^{133}Ba ; com possibilidade de acréscimo de três radioisótopos adicionais definidos pelo usuário.

Faixa de atividade: 0,01 μCi à 9999 mCi (0,001 mBq à 399,9 GBq) de ^{99m}Tc .

Faixa de energia: 25 keV a 3 MeV para fótons.

Tempo de resposta : Um segundo para doses maiores que 2 mCi; 3 segundos para doses entre 200 μCi e 2 mCi; 3-30 segundos para doses abaixo de 200 μCi .

Linearidade do eletrômetro: $\pm 1\%$ ou 0,2 μCi (o que for maior).

Exatidão do eletrômetro: $\pm 1\%$ ou 0,2 μCi (o que for maior).

Exatidão total : $\pm 3\%$ ou 0,3 μCi (o que for maior).

Repetibilidade: $\pm 0,3\%$ acima de 1 mCi (24 hs), 1% (1 ano).

Mostrador: LED com 04 dígitos, faixa de 0,1 a 999.

Detector: câmara de ionização pressurizada com gás Argônio.

Condições ambientais de operação: temperatura: 0 a 40 °C, umidade: 0 a 90%.

Alimentação: 100 a 120 V_{CA} - 1/2 A; 200 a 240 V_{CA} - 1/4 A; 50/60 Hz.

2.2.3 Modelo Atomlab 200

2.2.3.1 Alegações do fabricante



A unidade é simples para operar e sua performance atende às normas para utilização em medicina nuclear.

Este modelo é compatível com sistemas de gerenciamento usados em medicina nuclear, e dispõe de funções para gerenciamento de inventário, garantia da qualidade e armazenamento de registros.

A resposta do equipamento é ultra rápida.

2.2.3.2 Características e especificações

Características:

Todas as funções disponibilizadas são controladas por microprocessador.

Possui uma escala automática que opera em faixas até 9,999 Ci para o ^{99m}Tc ou 2,5 Ci de ^{18}F .
mostrador numérico fornece leituras nas unidades Ci ou Bq.

Dispõe de um *software* para realizar auto-diagnóstico.

Dispõe de teclas para seleção de isótopos usados com frequência.

Utiliza fonte de alimentação derivada de tensão CA ao invés de bateria. para a câmara de ionização.

Utiliza porta de comunicação serial bi-direcional padrão RS-232.

Opera com impressora, fornecida com o equipamento.

Imprime etiquetas adesivas para identificações de pacientes e outros.

Especificações:

Teclas para seleções de isótopos: opção para dez isótopos pré-programados: ^{99m}Tc , ^{201}Tl , ^{99}Mo , ^{123}I , ^{133}Xe , ^{67}Ga , ^{111}In , ^{131}I , ^{137}Cs , e ^{57}Co ; com possibilidade de acréscimo de três radioisótopos adicionais definidos pelo usuário.

Faixa de atividade: 0,01 μCi à 9999 mCi (0,001 mBq à 399,9 GBq) de ^{99m}Tc .

Faixa de energia: 25 keV a 3 MeV para fótons.

Tempo de resposta : 1 s para doses maiores que 2 mCi; 3 s para doses entre 200 μCi e 2 mCi; 3-30 s para doses abaixo de 200 μCi .

Linearidade do detector: $\pm 1\%$ ou 0,2 μCi (o que for maior).

Linearidade do eletrômetro: $\pm 1\%$ ou 0,2 μCi (o que for maior).

Exatidão do eletrômetro: $\pm 1\%$ ou 0,2 μCi (o que for maior).

Exatidão total : $\pm 3\%$ ou 0,3 μCi (o que for maior).

Repetibilidade: $\pm 0,3\%$ acima de 1 mCi (24 hs), 1% (1 ano).

Mostrador: LED com 04 dígitos, faixa de 0,1 a 999.

Detector: câmara de ionização pressurizada com gás Argônio.

Condições ambientais de operação: temperatura: 0 a 40 °C; umidade: 0 a 90%.

Alimentação: 100 a 120 V_{CA} - 1/2 A; 200 a 240 V_{CA} - 1/4 A; 50/60 Hz.

2.2.4 Modelo Atomlab 300 PET



2.2.4.1 Alegações do fabricante

Este modelo foi desenvolvido especialmente para aplicações em tomógrafo com emissão de pósitrons, e é ideal para utilização em laboratórios químicos, farmácias ou clínicas.

2.2.4.2 Características e especificações

Características:

Todas as funções disponibilizadas são controladas por microprocessador.

Possui uma escala automática que opera em faixas até 9,999 Ci de ^{18}F .

Préprogramado para radioisótopos que emitem energias de 511 keV.

Mostrador numérico fornece leituras nas unidades Ci ou Bq.

Subtração automática de *background*.

Dispõe de um *software* para realizar auto-diagnóstico.

Dispõe de teclas para seleção de isótopos usados com frequência.

Utiliza fonte de alimentação derivada de tensão CA, ao invés de bateria, para a câmara de ionização.

Utiliza porta de comunicação serial bi-direcional padrão RS-232.

Opera com impressora, fornecida com o equipamento.

Imprime etiquetas adesivas para identificações de pacientes e outros.

Especificações:

Permite leitura na faixa de 0,01 μCi a 9999 mCi, escala automática.

Podem ser selecionadas pelo usuários as escalas de leitura como descrito à seguir:

Ci	Bq
0,01-19,99 μCi	0,001-1,999 MBq (=54 μCi)
20,0-199,0 μCi	2,00-19,99 MBq (=540 μCi)
200-1999 μCi	20,0-1999,0 MBq (=5,5 mCi)
2,0-19,99 mCi	0,200 - 1,999 GBq (=54 mCi)
20,0-199,0 mCi	2,00-19,909 GBq (=54 μCi)
200-9999 mCi	20,0-399,9 GBq (=10,8 Ci)

Possibilita a seleção de dez isótopos, programados de fábrica: ^{11}C ; ^{13}N ; ^{15}O ; ^{18}F ; ^{62}Cu ; ^{68}Ga ; ^{82}Ru ; ^{124}I ; ^{57}Co e ^{137}Cs ; dispõe também de três teclas adicionais para seleção de isótopos a serem definidos pelo usuário.

Faixa de leitura de atividade: 0,01 μCi a 9999 mCi (0,001 MBq a 399,9 GBq)

Faixa de atividade: 0,01 μCi a 9999 mCi (0,001 MBq a 399,9 GBq).

Faixa de energia: 25 keV a 3 MeV para fótons



Tempo de resposta : (automático) 1 s para doses maiores que 2 μCi ; 3 s para doses entre 2 μCi e 20 μCi ; 10 s para doses abaixo de 2 μCi .

Linearidade do detector: $\pm 1\%$ ou 0,2 μCi (o que for maior).

Linearidade do eletrômetro: $\pm 1\%$ ou 0,2 μCi (o que for maior).

Exatidão do eletrômetro: $\pm 1\%$ ou 0,2 μCi (o que for maior).

Repetibilidade: $\pm 0,3\%$ acima 1 mCi (24 hs), 1% (1 ano).

Mostrador: LED com 04 dígitos, faixa de 0,1 a 999.

Detector: câmara de ionização pressurizada, com gás Argônio.

Condições ambientais de operação: temperatura: 0 a 40 °C; umidade: 0 a 90%.

Alimentação: 100 a 120 V_{CA} - 1/2 A; 200 a 240 V_{CA} - 1/4A; 50/60 Hz.

2.3 Fabricante CAPINTEC

2.3.1 Modelo CRC - 15R

2.3.1.1 Alegações do fabricante

A operação do equipamento é muito simples e apresenta resposta rápida.

O Modelo CRC – 15R é o modelo mais popular, compacto e versátil. Oferece mais opções que os modelos similares de outros fabricantes.

2.3.1.2 Características e especificações

Características:

Funções controladas por microprocessador

Teclado alfanumérico.

Mudança automática de escala.

Software que permite :

Cálculo de decaimento;

Cálculo de dose;

Controle de inventário;

Execução de protocolos de verificação de linearidade;

Teste de efeito de geometria de medição;

Relatório de dose (leitura);

Relatório impresso (opcional).

Acesso a mais de oitenta e seis isótopos com suas meia vidas na memória.

Subtração automática de *background*.



Especificações:

Escala automática até 300 GBq (8Ci)

Possibilita a seleção de 80 isótopos, pré-programados de fábrica, por número de calibração; adicionalmente dez radioisótopos podem ser definidos pelo usuário.

Tempo de resposta : 2 s, e entre 4 a 16 s para baixas atividades (selecionável pelo usuário).

Exatidão do eletrômetro: melhor que $\pm 2\%$.

Detector: câmara de ionização pressurizada.

Porta serial padrão RS-232-R.

Alimentação: 90 a 127 V_{CA} – 0,1 A; 180 a 250 V_{CA} – 0,05A; 50/60 Hz.

2.3.2 Modelo CRC - 127 R

2.3.2.1 Alegações do fabricante

O equipamento apresenta um excelente desempenho e preço acessível.

2.3.2.2 Características e especificações

Características:

Seleção de escala automática e manual.

Leitura de atividade em Ci e Bq.

fabricante oferece três anos de garantia.

Possibilita a seleção de oito isótopos, mais usados: ^{18}F , ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O ; adicionalmente podem selecionados até 10 radioisótopos a serem definidos pelo usuário.

Especificações:

Seleção de oito radioisótopos pré-programados: $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{201}Tl , ^{123}I , ^{133}Xe , ^{67}Ga , ^{111}In , ^{131}I .

Possibilidade de seleção e ajuste por potenciômetro de alta precisão cerca de 200 radioisótopos.

Alimentação: 100 a 240 V_{CA} – 160 mA; 50/60 Hz.

Faixa de leitura de atividade: 8 Ci (200 GBq).

Detector: câmara de ionização pressurizada.

Alimentação do detector por bateria com duração estimada de 10 anos.

2.3.3 Modelo CRC – 15 PET

2.3.3.1 Alegações do fabricante



O projeto do modelo foi desenvolvido associando moderna tecnologia à qualidade dos produtos oferecidos pela empresa. O equipamento dispõe de um console e de um menu que facilitam sua operação, garantindo agilidade à rotina do laboratório.

2.3.3.2 Características e especificações

Características:

Zeramento e subtração de *background* automáticos.

Compatível com sistemas de gerência para medicina nuclear.

Disponibiliza mais de oitenta símbolos de isótopos e meia vida na memória.

Executa auto-diagnóstico de seu funcionamento.

Especificações:

Possibilita a seleção de dez isótopos, programados de fábrica: ^{18}F , ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O ; adicionalmente podem selecionados até 10 radioisótopos a serem definidos pelo usuário.

Faixa de leitura de atividade: 0,01 μCi a 9999 mCi (0,001 MBq a 399,9 GBq)

Faixa de atividade: até 20 Ci para o ^{18}F .

Tempo de resposta : 2 s.

Linearidade do eletrômetro: $\pm 2\%$.

Exatidão do eletrômetro: maior que $\pm 2\%$.

Detector: câmara de ionização pressurizada com gás Argônio.

Alimentação: 100 a 240 V_{CA} – 120 mA; 50/60 Hz.

2.4 Fabricante INOVISION

2.4.1 Modelo 34-164 CAL/RAD MARK V

2.4.1.1 Alegações do fabricante

O modelo CAL/RAD MARK V é um calibrador de dose inteligente. Pode ser conectado a um PC ou impressora, e é fácil de operar .

2.4.1.2 Características e especificações

Características:



Sistema de calibrador de dose inteligente, controlado por microprocessador.
Mostrador LCD de fácil visualização.
Tecla com indicador de toque, com sinal de confirmação de toque ajustável para o operador .
Escala automática.
Leitura em Ci ou Bq.
Tempo de resposta rápido.
Utiliza interface padrão RS-232C.
Fornece opções de leitura em unidade remota e operação com impressora.
Possibilita acesso à 45 isótopos selecionados através de cursor.
O usuário pode selecionar diretamente do menu 8 isótopos, que facilmente podem ser mudados para o caso de uma nova escolha.
Opção de seleção de 10 fatores de calibração a serem definidos pelo usuário.

Especificações:

Unidade de controle ou console:

Utiliza microcontrolador, 64 KBytes – EEPROM.
Mostrador gráfico LCD.
Teclado de membrana com sinal acústico.
Faixa de leitura: 0,001 MBq a 200 GBq; 0,01 μ Ci a 6 Ci.
Opção de seleção de 45 isótopos, além de 10 a serem definidos pelo usuário.
Podem ser ajustados através do teclado, a calibração e o zero.
Podem ser selecionados através do teclado: *background* e teste de bateria.
Condições ambientais: temperatura 0 - 40° C, umidade relativa 0 - 90 %.
Alimentação: 220/240 V_{CA}; 25 W ou 110/115 V_{CA} ; 50/60 Hz.

Unidade do detector:

Câmara de ionização pressurizada, gás Argônio.
Alimentação do detector: 150 V_{CC} (bateria de lítio).
Saturação: > 200 GBq (^{99m}Tc), > 6Ci ^{99m}Tc.
Faixa de energia: 35 keV - 3 MeV.
Blindagem: 3mm Chumbo.
Linearidade: \pm 1% entre 1 MBq e 200 GBq (^{99m}Tc).
Eletrônica: microcontrolador 80C652, 32 KB de EEPROM, 32 KB de RAM com alimentação de reserva por bateria, conversor AD 16 bits, conversor DA de 14 bits, amplificador com mudança de escala automática e nove escalas.
Precisão do eletrômetro: \pm 2%.
Precisão do teste de bateria: \pm 10%.
Coeficiente de temperatura: 0,3% entre 10° C e 30 ° C .
Reprodutibilidade: mais ou menos 1% acima de 24 hs, condições estáveis.
Tempo de resposta: Máximo de 6 segundos para 95% de final de escala.
Escala: duas (automáticas) : de 0 - 50 MBq (^{99m}Tc) e 50 MBq - 200 GBq (^{99m}Tc).
Ajuste digital para ganho, zero e calibração.



Subtração de *background* e teste de bateria com controle digital.

Interface padrão RS-232 C.

Alimentação: $\pm 15 V_{CC}$, 100ma; $5V_{CC}$, 200 mA.

2.5 Fabricante MED - Nuklear-Medizintechnik Dresden

2.5.1 Modelo ISOMED 1000

2.5.1.1 Alegações do fabricante

Operação simples e segura.

Compatível para operar com padrão PC.

Software de fácil interação como o usuário .

Possibilita a utilização de seringas , ampolas e cápsulas.

Medida e compensação de *background*.

Certificado de acordo com *Medical Product Act* CE 0123.

Rápida determinação de meia vida para verificação de impurezas pelo teste *radiopharmaceutical identity check*.

Conexão para *software* usado para gerenciamento em medicina nuclear.

Possibilidade de operação em rede.

2.5.1.2 Características e especificações

Características:

Determinação de atividade e atividade específica de radiofármacos.

Medidas de atividade de todos os isótopos, acima de 300 GBq, comuns em PET e tempo de resposta 1-1,5 s.

Também calibrado para os isótopos: ^{90}Y , ^{169}Er , ^{186}Re ; e ^{153}Sm , ^{188}Re

Dosagem (atividade por volume) de soluções injetáveis para diagnósticos e terapia.

Compatibilidade com *softwares* para gerenciamento em medicina nuclear.

Possibilidade de operação em rede.

Possibilidade de conexão com impressora.

Teclado de membrana.

Sistema PC (Mini PC).

Mostrador de 4 dígitos.

Opera com impressora.

Especificações:



Faixa de medida:

^{99m}Tc - 40 kBq a 50/200* GBq (* 7% de erro adicional)

^{18}F - 60 kBq a 70/300* GBq (* 7% de erro adicional)

Mudança automática de escala.

Faixa de energia para fótons (gama): 25 keV a 3 MeV.

Erro: menor que 5%.

Linearidade: melhor que 2%.

Opção de seleção de isótopos armazenados na memória:

^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F , ^{32}P , ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{57}Co , ^{58}Co , ^{59}Fe ,
 ^{60}Co , ^{57}Ga , ^{75}Se , ^{89}Sr , ^{90}Y , ^{99}Mo , ^{99m}Tc , ^{111}In , ^{113m}In ,
 ^{123}I , ^{125}I , ^{131}I , ^{133}Xe , ^{137}Cs , ^{140}Ba , ^{153}Sm , ^{169}Er , ^{169}Yb ,
 ^{186}Re , ^{188}Re , ^{197}Hg , ^{201}Tl , ^{224}Ra .

Leitura para diferentes tipos de recipientes:

- seringas: 1,2,3,5,10, 20 ml
- frascos: 5,10 (P6) , 15, 20 ml
- ampolas: 5 ml
- cápsulas: para ^{57}Co , ^{58}Co , ^{131}I
- quantidade de amostra: 0,1 ml - 99,9 ml

Blindagem: 4 mm Pb

2.6 Fabricante PTW FREIBURG

Os modelos estudados foram o Curiementor 3 e Curiementor 4. Estes modelos compartilham a mesmas unidades. O modelo Curiementor 4 possui, contudo, características adicionais ao modelo 3, acrescentadas internamente.

2.6.1 Alegações do fabricante

Os modelos Curiementor 3 e 4 foram desenvolvidos para aplicações em diagnóstico e terapia em medicina nuclear, podendo ser também usados em braquiterapia intravascular.

A concepção desses modelos levou em consideração a grande importância de serem focadas as necessidades dos operadores. Dessa forma, foram desenvolvidos combinando moderna tecnologia com facilidade de operação.

O mostrador e o teclado foram projetados de modo a possibilitar operação simples e intuitiva, e fácil limpeza em caso de contaminação.

2.6.2 Modelo Curiementor 3

2.6.2.1 Características e especificações



Composição do instrumento: console, câmara de ionização, impressora (opcional).
Interface serial tipo RS 232 no console para conexão a impressora.
Modo de impressão selecionável para etiquetas ou formulário contínuo.
Indicação em Ci, Bq, e A (Ampéres).
Seleção direta de cinco radioisótopos, com capacidade de armazenar fatores de calibração para todos os isótopos empregados em medicina nuclear.
Possui as funções de inicialização, impressão, e *reset* (reinicialização) automáticas.
Atende a norma IEC 61145 (*Calibration and usage of ionization chamber systems for assay of radionuclides.*).

2.6.3 Modelo Curiementor 4

2.6.3.1 Características e especificações

Composição do instrumento: console, câmara de ionização, impressora (opcional).
Interface serial tipo RS 232 no console para conexão a impressora.
Modo de impressão selecionável para etiquetas ou formulário contínuo.
Indicação em Ci, Bq, e A (Ampéres).
Seleção direta de trinta radioisótopos, com capacidade de armazenar fatores de calibração para todos os isótopos empregados em medicina nuclear.
Leitura de atividade para o ^{18}F até 92 GBq para aplicações PET. A câmara de ionização pode ser substituída por câmaras especiais para permitir leitura de atividades mais altas.
Possui as funções de inicialização, impressão, e *reset* (reinicialização) automáticas.
Indicação contínua da medição de atividade para radioisótopos de meia-vida curta.
Registro e armazenamento de dados (*data logging*) com até 140 medições com dados administrativos.
Atende a norma IEC 61145 (*Calibration and usage of ionization chamber systems for assay of radionuclides.*).

2.7 Fabricante VEENSTRA

2.7.1 Alegações do fabricante

Esta família de calibradores disponibiliza equipamentos totalmente digitalizados, com escala automática. As leituras são mostradas em Ci ou Bq.
Simples para operar, utilizam detectores remotos, com câmaras de ionização pressurizadas.
Sua operação é simples, através de um teclado que utiliza um menu de fácil interação com o usuário.



2.7.2 Modelo VDC - 304

2.7.2.1 Características e especificações:

Sistema composto por: um console ou unidade de controle e um detector.

Mostrador tipo LCD com 16 caracteres.

As leituras são mostradas em Ci ou Bq.

Todos os ajustes e seleções, incluindo calibração podem ser feitos usando-se apenas três teclas.

2.7.3 Modelo VDC - 404

2.7.3.1 Características e especificações:

Sistema composto por: um console ou unidade de controle, um detector, e opcionalmente, ou a um mostrador adicional, ou uma impressora, ou a um computador.

Pode ser opcionalmente equipado com um relógio interno com informação de data e hora para ser impresso no relatório.

As leituras são mostradas em Ci ou Bq.

Comunicação através de porta serial tipo RS-232C.

Detector pode ser conectado diretamente ao computador pessoal ou a unidade de controle pode ser colocada entre o detector e o computador.

É possível conectar mais de oito detectores a um computador.

2.7.4 - Modelo VDC - 405

2.7.4.1 Características e especificações:

Sistema composto por: um console ou unidade de controle e um detector combinado com um computador pessoal tipo PC.

Controle e leitura da dose é gerenciada por programa compatível com o sistema operacional WINDOWS da empresa Microsoft.

As leituras são mostradas em Ci ou Bq.

Comunicação através de porta serial tipo RS-232C.

Possui *software* capaz de efetuar testes de controle de qualidade (linearidade e estabilidade) e verificação do zero; efetuando também listagem de pacientes e cálculo dos valores

A forma, o tamanho e o conteúdo dos relatórios impressos podem ser definidos pelo operador.

São apresentados nos apêndices B, C e D, de forma resumida, para fins de comparação, características e especificações de alguns dos modelos estudados.



3 Conclusões

Os fabricantes dos modelos de calibradores de dose estudados neste trabalho fornecem, como especificações básicas relevantes para o desempenho, entre outros, fatores tais como: exatidão, precisão, reprodutibilidade e linearidade da resposta. Nem sempre o mesmo conjunto de parâmetros é especificado, o que, em certo grau, dificulta ligeiramente uma comparação direta entre diferentes modelos. A maneira de especificar o desempenho de um calibrador de dose é sugerida por norma técnica (IEC 61303 - *Medical electrical equipment - Radionuclide calibrators - Particular methods for describing performance* - 1994), contudo, vários fabricantes não seguem esta norma internacional. Dos instrumentos estudados, apenas um fabricante declarou estarem as especificações fornecidas em conformidade com essa norma.

Quanto ao observado nos calibradores de dose estudados, os seguintes pontos principais podem ser enfatizados:

Vários fabricantes possuem acessórios e *softwares* que facilitam a utilização do instrumento em serviço e a realização de testes de controle de qualidade recomendados em normas aplicadas à medicina nuclear, e que também executam diversos outros procedimentos tais como cálculos de dose e inventário de material radioativo.

Em praticamente todos os instrumentos foi implementado algum procedimento de auto-diagnóstico de funcionamento.

Praticamente todos os instrumentos podem ser conectados a uma impressora e / ou a um computador.

Há instrumentos que podem operar em rede local com várias unidades de medição.

A medida de atividade é feita a partir de uma condição fixa predefinida do instrumento tal como uma tecla, um potenciômetro ou fator de multiplicação ajustado através de circuitos eletrônicos para cada radionuclídeo.

Devem também ser comentados alguns aspectos adicionais.

Os sistemas que utilizam câmaras de ionização são os instrumentos preferidos para medir atividade de radionuclídeos empregados em medicina nuclear, embora possam ser encontrados equipamentos que fazem uso de outros detectores, tais como cintiladores e tubos Geiger-Müller, em configuração poço.

A boa aceitação dos calibradores de dose pelos serviços de medicina nuclear deve-se a sua simplicidade de operação, estabilidade a curto e a longo prazo e a sua versatilidade, permitindo a medição da atividade de soluções radioativas em frascos, seringas e ampolas.

Os calibradores de dose comerciais são normalmente calibrados pelo fabricante, que adotam soluções padrão dos radioisótopos (calibração direta) de um laboratório nacional de padrões (ou rastreável a ele), ou alternativamente através de comparação com um instrumento de referência (calibração indireta).

Conforme apontado na literatura, uma percentagem não desprezável de medidores de atividades usados em medicina nuclear no Brasil e em alguns outros países não são adequadamente calibrados ou tem tido intervalo de tempo entre calibrações maior que o recomendável. No que tange ao desenvolvimento de novos instrumentos, tal fato pode ser considerado como uma indicação da necessidade de serem incluídos no instrumento facilidades para a implementação de procedimentos de controle de qualidade.

Quanto ao projeto e construção dos calibradores de dose, atualmente estes instrumentos dispõem de



circuitos eletrônicos que utilizam microprocessadores (ditos sistemas microprocessados ou inteligentes), que controlam juntamente com o *software* as funções realizadas pelo equipamento, possibilitando a implantação no próprio instrumento de procedimentos de diagnóstico de funcionamento, cálculo e controle de qualidade em graus diversos de complexidade.

Foi inserido na concepção dos modelos o foco no usuário, considerando-se os aspectos relacionados a ergonomia para se evitar falhas e facilitar a operação.

Os circuitos digitais e microprocessados possibilitaram a comunicação com periféricos e permitiram a operação integrada a um computador pessoal, onde podem ser utilizados programas comerciais dedicados ao gerenciamento aplicado à medicina nuclear.

A flexibilidade assim obtida com os circuitos eletrônicos e *software* associados presentemente usados permitiram disponibilizar comercialmente características tais como:

- conexão a uma impressora em praticamente todos os calibradores, e
- operação com várias câmaras em rede.

Estudo relativamente recente, citado na bibliografia, realizado pelo LNMRI / IRD sobre a rastreabilidade e garantia da qualidade na medição de radionuclídeos empregados em medicina nuclear permitiu a avaliação uma parcela dos calibradores de dose usados no país. A análise dos resultados observados nesse estudo e uma entrevista feita com os pesquisadores do IRD que realizaram esse trabalho possibilitaram o conhecimento de algumas características atualmente existentes nos serviços de medicina nuclear do país e indicaram alguns aspectos a se ter em consideração ao se estabelecer as características de novos desenvolvimentos de calibradores de dose a serem utilizados no país. Essas características e aspectos são mencionados a seguir:

- Para o caso de hospitais, os usuários não estão interessados em equipamento operando em rede.

- A amostra deverá ser introduzida no poço por um acessório de modo a permitir o correto posicionamento do radionuclídeo e, portanto, uma geometria de medição apropriada.

- Os equipamentos modernos sinalizam para o usuário, através do mostrador, que a dose está cima do limite permitido para aplicação no paciente.

- Os equipamentos disponíveis apresentam problemas quando da utilização de seringas e outros contentores de geometria e materiais diferentes.

- A utilização de frascos como os de penicilina geralmente dispensa a utilização de fatores de correção.

- A visita a hospitais é recomendada como forma eficaz para observação de aspectos complementares a serem considerados na elaboração do projeto.

- Deve-se observar estritamente as exigências da norma CNEN NN-3.05 e seguir as recomendações constantes no TECDOC-602 da IAEA.

- Dentre os calibradores de dose mais usados nos serviços de medicina nuclear no país, estão os modelos da Biodex Medical Systems, Inc. , CAPINTEC. Inc. e Victoreen (cuja marca foi alterada para Nuclear Associates, e posteriormente para Cardinal Health).

- Os instrumentos que operam com detectores Geiger-Müller apresentaram problemas de desempenho nos estudos realizados pelo IRD. Situação similar foi observada na Argentina, tendo seu uso para medição das doses aplicadas a pacientes sido vedada pelo órgão regulador daquele país. Esses fatos indicam a provável necessidade futura de se substituir no Brasil os instrumentos que utilizam detectores Geiger-Müller.

Em finalizando, após a observação dos modelos existentes no mercado e avaliação das características apresentadas pelos calibradores de dose usados no país e projetar possíveis necessidades, identificamos como características desejadas para os futuros desenvolvimentos de



INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

RT-IEN- 36/2003

calibradores de dose as relatadas a seguir:

Utilizar circuitos microprocessados visando oferecer as facilidades inerentes a esse tipo de sistema quanto a automação de funções e comunicação.

Dispor de *hardware* (circuitos eletrônicos) para prover a capacidade de realizar auto-diagnóstico.

Dispor de *software* que facilite a execução de protocolos de controle de qualidade e auto-diagnóstico e auxilie funções de emissão de relatório e de cálculo necessárias ao serviço.

Ter capacidade de receber *upgrades* (atualizações) de *software* de modo a introduzir o mínimo de modificações na sua estrutura de *hardware* (circuitos eletrônicos).

Operar conectado a um computador e a uma impressora.

Dispor de acessórios que permitam o correto posicionamento para medição dos radionuclídeos.

Ter capacidade de operar em rede com várias unidades de medição (considerada uma necessidade futura e , assim, como característica desejável porém não essencial ao tempo do presente estudo).



Referências Bibliográficas

- de Oliveira, A. E.; Iwahara, A.; Van der Gaast, H. A.; e Buckman, S. M.; Procedimentos de controle de qualidade para medidores de atividades de radiofármacos, Destaque, Vol. VII, Número 22, Documento 858, Biblioteca Técnico-Científica CNEN
- Iwahara, A.; de Oliveira A. E.; Tauhata, L.; da Silva, A. L. M.; Analysis of the Performance of a Radionuclide Calibrator for Activity Measurements.
- Zimmerman, B. E.; Cessna, J. T.; Applied Radiation and Isotopes, 52 (2 000), 615-619.
- Logan, K. W.; Blondeau, K. L.; Widmer, J. D.; and Holmes, R. A.; Accuracy Testing of Dose Calibrators; H. S. Trumman Memorial Veterans Hospital; Journal of Nuclear Medicine Technology, Vol. 13, Number 4, December 1985.
- ALFANUCLEAR, 1994, Panfleto descritivo de calibradores de dose.
- Biodex Medical Systems, FN:98-230 11/98, Manual de operação e serviço do calibrador de dose.
- Capintec Inc, 1995, Manual do usuário do calibrador de dose.
- Nuklear-Medizintechnik, 1995, Panfleto descritivo do calibrador de dose.
- Syncr Radiation Management (NUCLEAR ASSOCIATES, VICTOREEN INC.); Manual de instrução do calibrador de dose CAL/RAD Mark, Rev. 1, 12/2002
- PTW FREIBURG, Panfletos dos calibradores de dose CURIEMENTOR.
- PTW FREIBURG, Technical Note, D276.200.0/0, New Isotope Factors for CURIEMENTOR 2.
- Veenstra Instruments, Panfletos dos calibradores de dose VDC-304 e VDC-404.
- Furnari, M. L.; de Cabrejas, M. L.; Rotta, M. del C.; Igllicki, F. A.; Milá, M. I.; Magnavacca, C.; Dima, J. C.; e Pasqués R. H. R.; Impac of Dose Calibrators Quality Control Programme in Argentina; Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A312, 1992, 269-271.
- Baxter, M.; Projeto de Produto – Guia prático para o *design* de novos produtos; 1995; Editora Edgard Blücher Ltda., 2ª edição revista, 2ª reimpressão 2003.
- IAEA, Quality Control of Nuclear Medicine Instruments, TECDOC-602, 1991.
- IEC 61145, *Calibration and usage of ionization chamber systems for assay of radionuclides*, 05 – 1992.



INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

RT-IEN- 36/2003

- IEC 61303 - *Medical electrical equipment - Radionuclide calibrators - Particular methods for describing performance*, 10 – 1994.
- CNEN, Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear, CNEN NN-3.05, 1996.



Apêndice A

Relação de siglas e abreviações usadas

Siglas e abreviações:

AD ou A/D	: Conversão de sinal analógico para digital
DA ou D/A	: Conversão de sinal de digital para analógico
ANSI	: American National Standards Institute
CA	: tensão e/ou corrente alternada
CNEA	: Comisión Nacional de Energía Atómica
CNEN	: Comissão Nacional de Energia Nuclear
CQ	: controle de qualidade
EEPROM	: <i>Electrically Erasable Read only Memory</i>
IAEA	: International Atomic Energy Agency
IEC	: International Electrotechnical Commission
IEN	: Instituto de Engenharia Nuclear
IRD	: Instituto de Radioproteção e Dosimetria
LCD	: <i>Liquid Crystal Display</i>
LED	: <i>Light Emitting Diode</i>
LNMRI	: Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes
ND	: não disponível ou não encontrado
NPL	: National Physical Laboratory
PET	: <i>Positron Emission Tomography</i>
PTB	: Physikalisch-Technische Bundesanstalt
RAM	: <i>Random Access Memory</i>
TECDOC	: <i>Technical Document</i>
V _{CA}	: tensão alternada
V _{CC}	: tensão contínua

Siglas e abreviações associadas aos fabricantes:

CRC	: <i>Capintec Radioisotope Calibrator</i>
MED	: Nuklear-Medizintechnik Dresden GmbH
PTW	: Physikalisch-Technische Werkstätten Dr. Pychlau GmbH
VDC	: <i>Veenstra Dose Calibrator</i>

Apêndice B

Configurações de conexão observadas nos calibradores de dose estudados

Os símbolos usados nas figuras deste apêndice tem o significado apresentado abaixo:

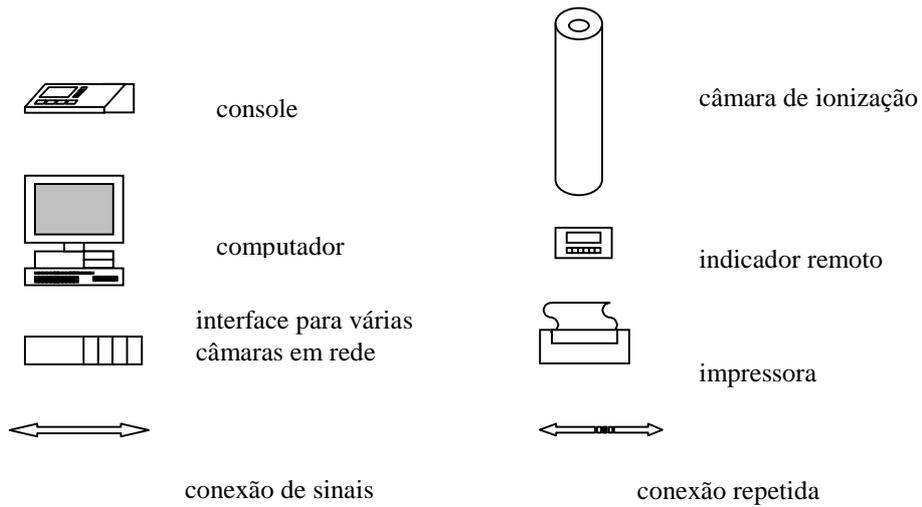


Figura B-1: símbolos usados nas descrições das conexões dos calibradores de dose.

1- Configuração 1: console , câmara de ionização; opcionais: indicador remoto, impressora

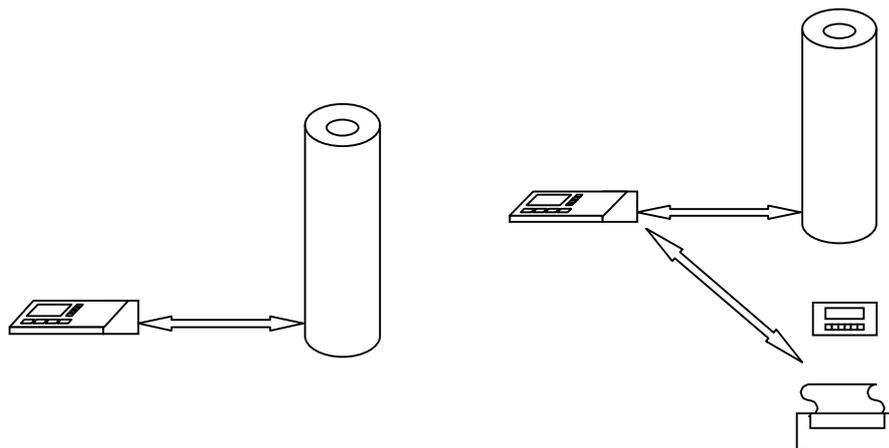


Figura B-2: conexões para a configuração 1

2- Configuração 2: console - câmara de ionização, opcionais: computador, impressora ou medidor remoto.

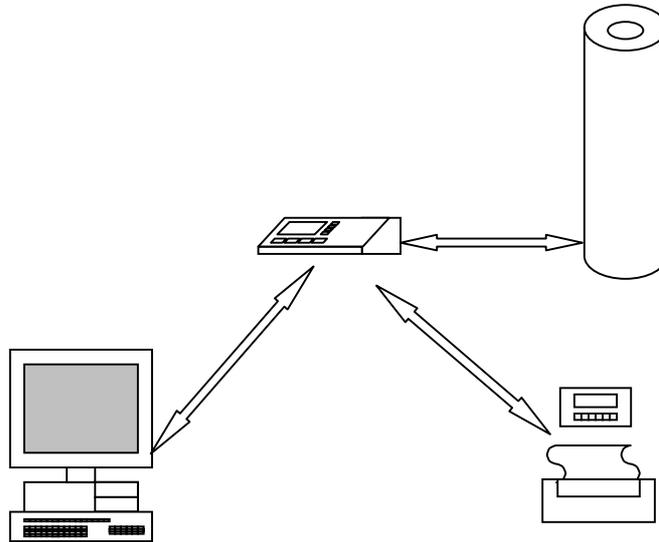


Figura B-3: conexões para a configuração 2.

3- Configuração 3: console ou computador, câmara de ionização, opcional: indicador remoto

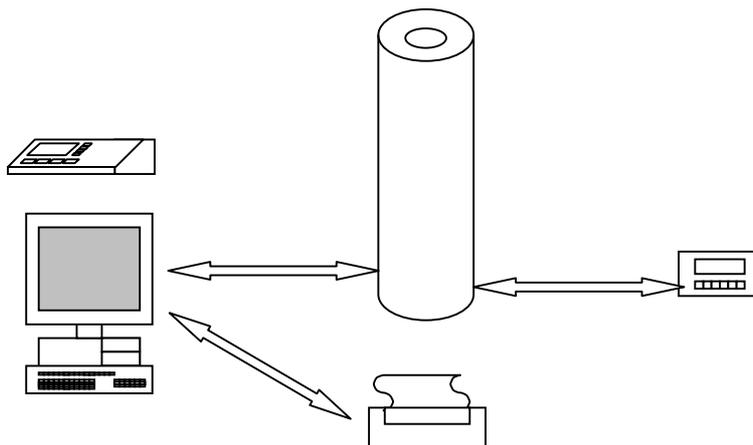


Figura B-4: conexões para a configuração 4.

4- Configuração 4: câmaras conectadas em rede, sendo o computador ou o console o mestre de rede

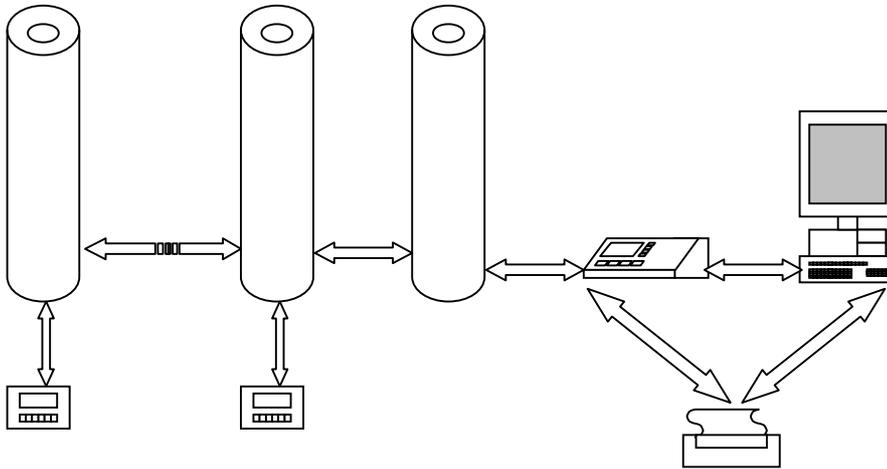


Figura B-5: conexões para a configuração 5.

5 – Configuração 5: câmaras conectadas em rede com um dispositivo de interface entre o console e a rede de câmaras

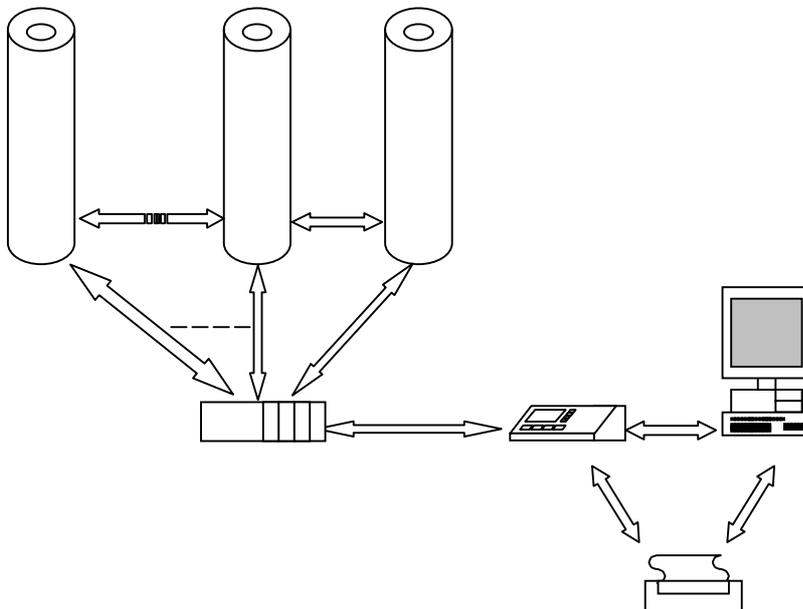


Figura B-6: conexões para a configuração 5.



INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

RT-IEN- 36/2003

Apêndice C

Comparação das especificações de alguns calibradores de dose dos fabricantes estudados.

Tabela C.1- Tabela comparativa de algumas das características e especificações para quatro modelos de diferentes fabricantes de calibradores de dose

Item	Modelo			
	Alfanuclear ACT-15T	Biodex Atomlab 100	Capintec 15R	Nuclear Associates Cal/Rad Mark V
Radionuclídeos	39 na memória	10 – seleção direta 3 – adicionais a definir	80 – na memória 10 – adicionais a definir	45 - na memória 10 - adicionais a definir
Faixa de atividade	10 μCi a 2 Ci – ^{99m}Tc	0,01 μCi a 9999 mCi – ^{99m}Tc	até 6,5 Ci - ^{99m}Tc	até 6 Ci - ^{99m}Tc
Faixa de energias de medição	até 1,3 MeV – fótons	25 keV a 3 MeV – fótons	ND	35 keV a 3 MeV – fótons
Linearidade do detector	ND	$\pm 1\%$ ou 0,2 μCi	ND	ND
Linearidade do eletrômetro	ND	$\pm 1\%$ ou 0,2 μCi	$\pm 2\%$	ND
Exatidão do eletrômetro	ND	$\pm 1\%$ ou 0,2 μCi	$> \pm 2\%$	$\pm 2\%$
Exatidão do sistema	$\pm 5\%$	$\pm 3\%$ ou 0,3 μCi	ND	ND
Repetibilidade	ND	$\pm 0,3$ (> 1 mCi) – 24 hs $\pm 1\%$ - 1 ano	ND	$\pm 1\%$ (24 hs)
Tempo de resposta	ND	1 s (> 2mCi) 3 s a 30 s (< 0,2 mCi)	2 s 4 a 16 s – baixas atividades	máximo 6s, para valores relativos 95% do final da escala
Mostrador	LED - numérico	LED – 4 dígitos – numérico	LCD – gráfico	LCD – gráfico
Detector	câmara de ionização – Ar	câmara de ionização – Ar	câmara de ionização – Ar	câmara de ionização – Ar
Blindagem básica	3 mm - Pb	6,4 mm – Pb	3,2 mm – Pb	3 mm – Pb
Blindagem adicional (opcional)	ND	50,8 mm – Pb	ND	20,32 mm e 50,8 mm - Pb
Alimentação do detector	ND	340 V_{CC} - de fonte CA	V_{CC} - de fonte CA	150 V_{CC} (bateria de lítio)
Alimentação do instrumento	ND	100 a 120 V_{CA} , 0,5 A 200 a 240 V_{CA} , 0,25 A 50/60 Hz	100 a 240 V_{CA} , 0,12 A 50/60 Hz	220/240 V_{CA} , 25W ou 110/115 V_{CA} , 50/60 Hz
Condições ambientais de operação	ND	temperatura: 0 a 40 °C umidade: 0 a 90%	temperatura: 0 a 40 °C umidade: 0 a 90%	temperatura: 0 a 40 °C umidade: 0 a 90%



INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

RT-IEN- 36/2003

Tabela C.1- Tabela comparativa de algumas das características e especificações para quatro modelos de diferentes fabricantes de calibradores de dose (continuação)

Item	Modelos			
	Alfanuclear ACT-15T	Biodex Atomlab 100	Capintec 15R	Nuclear Associates Cal/Rad Mark V
Componentes do Sistema	console, câmara	console, câmara, opcional: impressora	console, câmara, opcional: indicador remoto	console, câmara, opcionais: impressora, indicador remoto
Operação em rede	não	não	sim	não
Conexões:	câmara	console	console, indicador remoto	console, indicador remoto
	computador	console	console	console
	console	câmara, impressora	câmara, impressora	câmara, impressora, computador
Interface	RS 232 paralela	RS 232	RS 232-R	RS 232
Software	CQ - controle de inventário cálculo de atividade subtração de <i>background</i> escala automática	CQ – constância compatível com sistemas comerciais de gerenciamento auto-diagnóstico zero e subtração de <i>background</i> escala automática	CQ – protocolo diário auto-diagnóstico zero e subtração de <i>background</i> escala automática	CQ escala automática

Observações:

As seguintes abreviações foram usadas na tabela:

CQ – controle de qualidade;

ND – não disponível ou não encontrado.

Apêndice D

Imagens de parte dos calibradores de dose estudados



Figura D.1: Conjunto de calibradores de dose da empresa Biodex, com seus componentes principais. Os componentes apresentados são: unidade de medição com câmara de ionização tipo poço; impressora (sobre os consoles); unidade de conexão em rede; e os consoles para os modelos Atomlab 300 (esquerda), Atomlab 100 plus (centro), e Atomlab 100 ou 200 (direita).

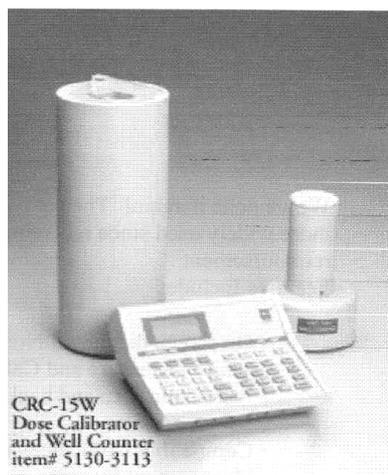


Figura D.2: Calibrador da empresa Capintec, modelo 15W, com as unidades de medição com câmara de ionização (esquerda) e cintilador com válvula fotomultiplicadora (direita).



Figura D.3: Calibrador comercializado pela empresa inglesa Southern Scientific Ltd. com unidade da câmara de ionização desenvolvida pelo NPL e com console do calibrador de dose modelo 15 R da empresa Capintec.



Figura D.4: Calibrador de dose, modelo 34-164 Mark V, da empresa Cardinal Health.



Figura D.6: Calibrador de dose, modelo VDC, da empresa Veenstra.



Figura D.5: Calibrador de dose, modelo ISOMED 1000, da empresa MED.



Figura D.7: Calibrador de dose, modelo Curiementor 2, da empresa PTW.