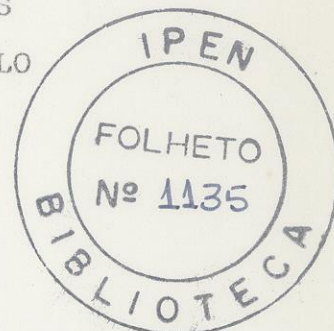


ABSORÇÃO DE RADIAÇÃO BETA SOB CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS DIFERENTES

Maria da Penha P. Albuquerque e Linda V.E. Caldas

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - SÃO PAULO



RESUMO

Durante a determinação dos fatores de transmissão no tecido, da radiação beta, utilizando-se uma câmara de ionização de volume variável, acoplada a um eletrômetro digital, e o sistema padrão secundário constituído pelas fontes de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ,  $^{204}\text{Tl}$  e  $^{147}\text{Pm}$ , é fundamental o posicionamento das camadas absorvedoras de material equivalente ao tecido, em relação ao detector e às fontes de radiação. No presente trabalho os absorvedores foram colocados tanto à frente das fontes quanto à frente da câmara, em experiências diferentes, e os dados foram comparados com os obtidos utilizando-se dosímetros termoluminescentes.

## INTRODUÇÃO

Com o aumento da utilização de fontes de radiação beta na pesquisa e em especial, na Medicina e na Indústria, o problema da avaliação exata das doses beta vem se tornando cada vez mais importante nos últimos dez anos.

A determinação da taxa de dose absorvida na camada basal da epiderme (sob uma camada de tecido de  $7 \text{ mg/cm}^2$  <sup>(1)</sup>), relativa a uma radiação beta, constitui um dos objetivos da Proteção Radiológica. Se a superfície da pele estiver protegida, por exemplo por uma luva, é necessário determinar-se a taxa de dose absorvida sob uma camada de absorvedor de espessura ainda maior.

A absorção da radiação beta depende muito das condições experimentais e os dados de vários autores apresentam grandes diferenças entre si. Os métodos exatos de cálculo de doses de radiação beta só têm validade para meios homogêneos e infinitos, que na prática da Proteção Radiológica não são encontrados.

Uma determinação exata da taxa de dose absorvida no ar é possível com câmaras de ionização de paredes extremamente finas <sup>(2)</sup>. Elas são, entretanto, mecanicamente muito sensíveis e portanto impróprias para a monitoração na Proteção Radiológica; só existem em laboratórios de padronização primária.

As câmaras de extrapolação de volume, ou simplesmente câmaras de extrapolação, que são câmaras de ionização de volume variável, de placas paralelas, constituem o detector de referência para a radiação beta, em laboratório. São utilizadas em laboratórios de padronização secundária.

A padronização assim como os principais métodos para a dosimetria e a calibração da radiação beta foram desenvolvidas principalmente por Böhm <sup>(3)</sup>. A necessidade da dosimetria beta na monitoração pessoal foi largamente examinada por Regulla <sup>(4)</sup>.

Os objetivos do presente trabalho são o estudo do comportamento da resposta de uma câmara de extrapolação, submetendo-a à radiação beta sob condições experimentais diferentes em relação a absorvedores, e a determinação dos fatores de transmissão no tecido para cada caso. O conhecimento destes fatores é essencial em Radioterapia, para se ter a dose profunda no tecido.

## PARTE EXPERIMENTAL

### 1. Detector de radiação beta:

a. Câmara de extrapolação PTW, modelo M23391A, Alemanha

Campo elétrico entre os eletrodos : 10 V/mm<sup>(5)</sup>

Janela de entrada { diâmetro : 60 mm  
densidade superficial: 2,83 mg/cm<sup>2</sup>

Distância entre os eletrodos : 25 mm

b. Eletrômetro digital Keithley Instruments Inc., modelo 616, EUA

c. Fonte de tensão Fluke, modelo 450 B, EUA

d. Multímetro digital Triel, modelo MTR 4410, EUA

### 2. Fontes radioativas:

Sistema padrão secundário Buchler & Co., Alemanha, do Laboratório de Calibração do IPEN

Certificado de calibração PTB, Alemanha

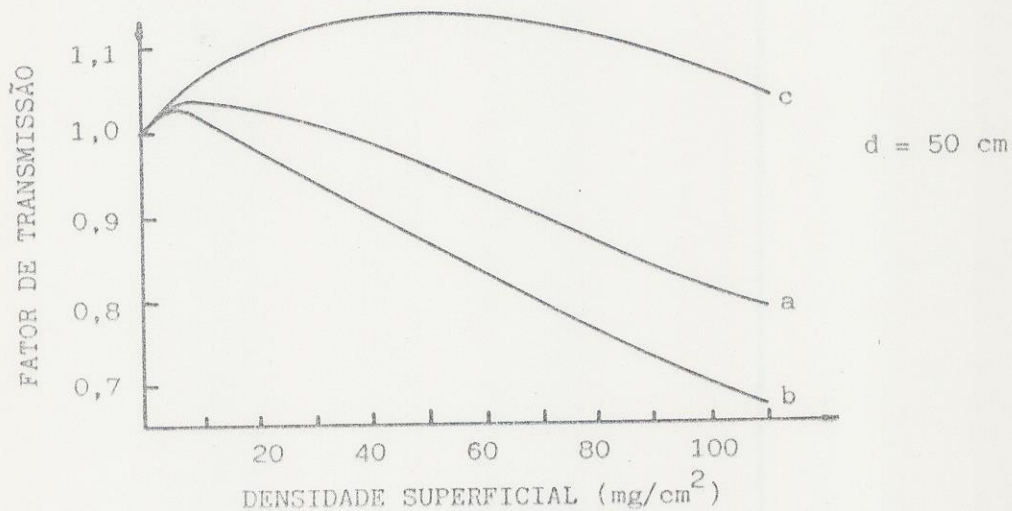
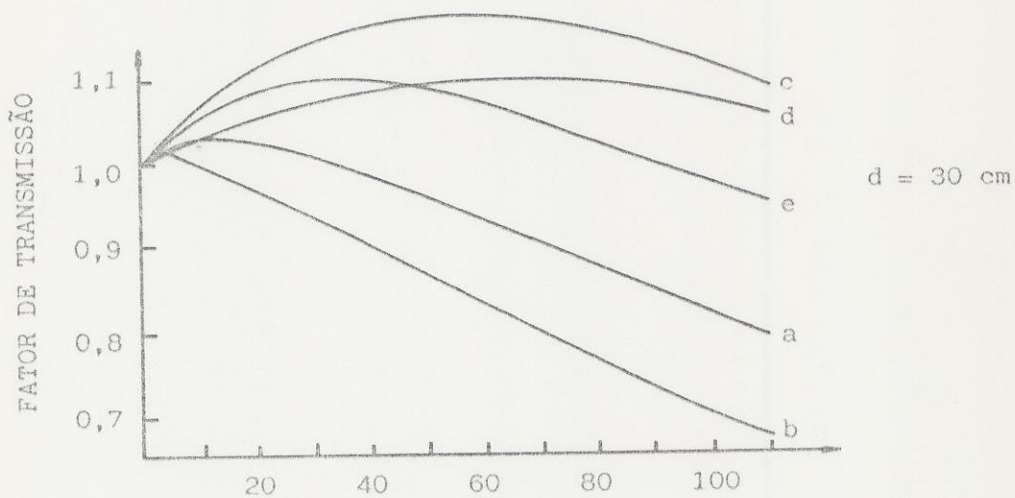
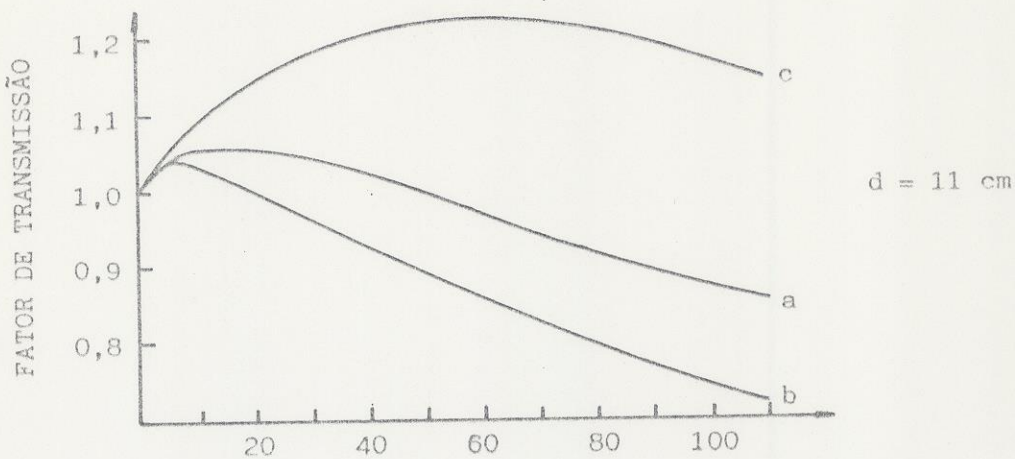
Sistema constituído por quatro fontes radioativas, um porta-fonte e uma unidade de controle de tempo de irradiação.

TABELA 1 : Características dos radionuclídeos

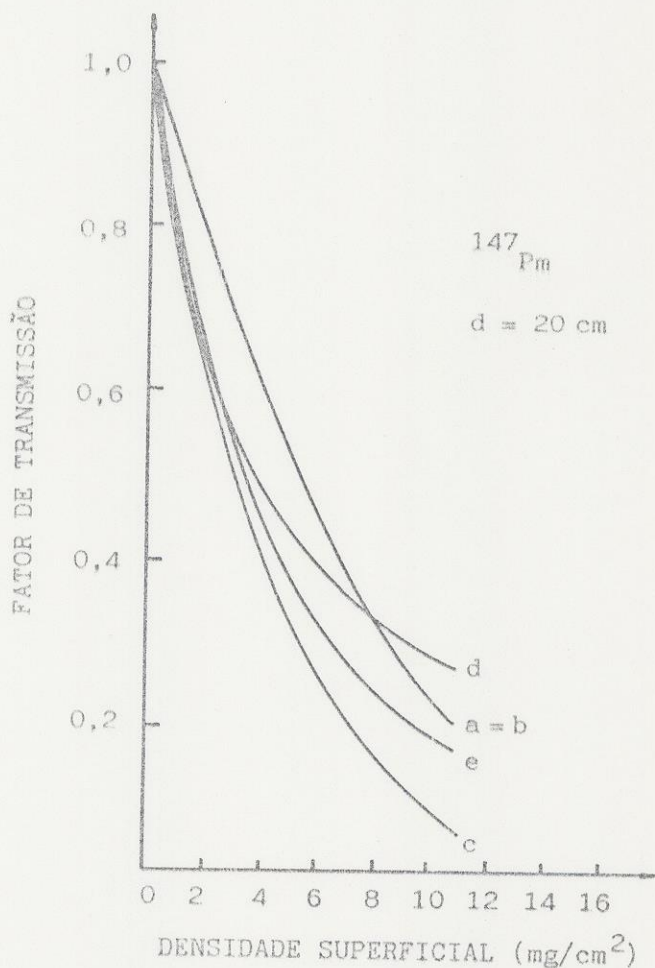
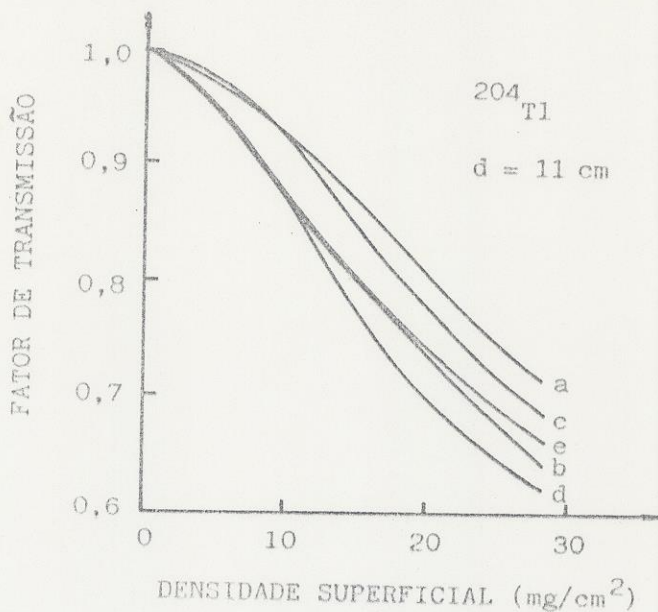
Radionuclídeo	Meia-vida (anos)	Energia máxima do espectro beta (MeV)	Outros tipos de radiação
<sup>147</sup> Pm	2,62 ± 0,02	0,225	0,121 MeV 0,01% Radiação γ de Sm
<sup>204</sup> Tl	3,78 ± 0,04	0,763	Radiação γ de Hg
<sup>90</sup> Sr + <sup>90</sup> Y	28,5 ± 0,8	0,546 e 2,274	—

TABELA 2 : Características do sistema padrão secundário

Radionuclídeo	<sup>147</sup> Pm	<sup>204</sup> Tl	<sup>90</sup> Sr + <sup>90</sup> Y	<sup>90</sup> Sr + <sup>90</sup> Y
Atividade nominal (MBq)	518	18,5	74	1850
Espessura do invólucro de prata mg/cm <sup>2</sup>	5 ± 1	20 ± 3	50 ± 5	50 ± 5
Energia média da radiação beta (MeV)	0,06	0,24	0,80	0,80
Taxa de dose absorvida no ar D <sub>c</sub> (μGy/s)	0,2132	0,2544	1,707	518,4
Taxa de dose absorvida no tecido D <sub>t</sub> (μGy/s)	0,2452	0,2898	1,896	575,9
Fator de conversão	1,150	1,139	1,111	1,111
Distância de calibração (cm)	20	30	30	11
Data de referência	12/01/81	09/01/81	12/01/81	04/02/81



Fatores de transmissão para a fonte  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  em material absorvedor equivalente a tecido. Curvas a, b e c são relativas a medidas com câmaras de extrapolação PTW (a e b) e PTB(c). Curvas d e e são relativas a medidas com material TL de  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$  (UD-100MS,  $60\mu\text{m}$ )<sup>(6)</sup> e de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  (ultra-fino,  $20\mu\text{m}$ )<sup>(7)</sup>. As curvas a, c, d, e são relativas a absorvedores à frente do detector e a curva b, à frente da fonte.



Fatores de transmissão para fontes de  $^{204}\text{Tl}$  e  $^{147}\text{Pm}$ , em camadas de material absorvedor equivalente a tecido. Curvas a, b e c são relativas a medidas com câmaras de extrapolação PTW (a e b) e PTB (c). Curvas d e e são relativas a medidas com material TL de  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$  (UD-100MS,  $60\mu\text{m}$ )<sup>(6)</sup> e de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  (ultra-fino,  $20\mu\text{m}$ )<sup>(7)</sup>. As curvas a, c, d, e são relativas a absorvedores à frente do detector e a curva b, à frente da fonte.

TABELA 3 : Fatores de transmissão para a fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$

C : Absorvedores em frente à câmara

F : Absorvedores em frente à fonte

Densidade superficial (mg/cm <sup>2</sup> )	Profundidade na pele (mm)	d = 11 cm		d = 30 cm		d = 50 cm	
		C	F	C	F	C	F
0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,02	1,028	1,028	1,017	1,017	1,027	1,020
4	0,04	1,040	1,037	1,032	1,019	1,037	1,033
5	0,05	1,047	1,047	1,037	1,023	1,041	1,037
7	0,07	1,055	1,043	1,040	1,017	1,045	1,033
10	0,10	1,057	1,035	1,042	1,007	1,047	1,023
20	0,20	1,059	1,001	1,033	0,977	1,037	0,985
50	0,50	1,000	0,909	0,960	0,873	0,967	0,949
100	1,00	0,902	0,773	0,827	0,703	0,830	0,713

TABELA 4 : Fatores de transmissão para as fontes de  $^{204}\text{Tl}$  e  $^{147}\text{Pm}$

C : Absorvedores em frente à câmara

F : Absorvedores em frente à fonte

Para a fonte de  $^{147}\text{Pm}$  não foi possível determinar-se os fatores com os absorvedores em frente à fonte.

Densidade superficial (mg/cm <sup>2</sup> )	Profundidade na pele (mm)	$^{204}\text{Tl}$		$^{147}\text{Pm}$
		C	F	C
0	0	1,000	1,000	1,000
2	0,02	0,990	0,985	0,785
4	0,04	0,978	0,960	0,617
5	0,05	0,969	0,943	0,527
7	0,07	0,956	0,915	0,380
10	0,10	0,925	0,868	0,171
20	0,20	0,800	0,740	-

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos pode-se observar que os fatores de transmissão encontrados utilizando-se absorvedores em frente da câmara diferem daqueles determinados quando os absorvedores estiveram em frente da fonte. Tal diferença pode ser atribuída ao fato de que após passar pelo absorvedor a radiação sofre uma mudança no seu espectro de energia. Assim, se o absorvedor estiver em frente da fonte, até a radiação (por ser de energia mais baixa) chegar à câmara terá sido absorvida pelo ar mais rapidamente e, se o absorvedor estiver em frente da câmara, mesmo sofrendo mudança no espectro, uma parte muito maior que no caso anterior da radiação chegará até o volume sensível da câmara.

Da comparação com os dosímetros termoluminescentes conclui-se que a diferença existente entre os resultados pode ser atribuída ao fato de que a camada absorvedora necessária para o uso dos dosímetros termoluminescentes ( $1,94 \text{ mg/cm}^2$ ) difere da janela de entrada da câmara de extrapolação ( $2,83 \text{ mg/cm}^2$ ).

Como a radiação beta possui aplicação direta em Radioterapia Oftalmológica e Dermatológica, torna-se essencial a determinação dos fatores de transmissão, levando-se em conta que qualquer alteração nas condições experimentais de irradiação pode levar a diferentes taxas de dose absorvida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Recommendations of the International Commission of Radiological Protection. Jan. 17, 1977. *Annals of the ICRP*, 1 (3), 1977 (ICRP Publication 26).
2. OWEN, B. Factors for Converting Beta-ray Dose Rates Measured in Air to Dose Rates in Tissue. *Phys. Med. Biol.* 18 (3): 335-68, 1973.
3. BÖHM, J. Standardization and Calibration in Beta Dosimetry. In: UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. *Beta dosimetry: proceedings of the international symposium... held in Washington, D.C., Feb. 15-18, 1983*, Washington D.C., 1984. p. 73-97 (NUREG/CP-0050).
4. REGULLA, D.F. Need and Practice of Beta Dosimetry in Personnel Monitoring. In: UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. *Beta dosimetry: proceedings of the international symposium... held in Washington, D.C., Feb 15-18, 1983*. Washington D.C., 1984. p. 263-81 (NUREG/CP-0050).
5. CALDAS, L.V.E. Performance Characteristics of an Extrapolation Chamber for Beta Radiation Detection. *Appl. Rad. Isot.* 37 (9) : 988-90, 1986.
6. CALDAS, L.V.E. *Alguns métodos de calibração e de dosimetria da radiação beta*. São Paulo, 1980. (Tese de doutoramento, Institut für Strahlenschutz, Munique, RFA e Instituto de Física, Universidade de São Paulo).
7. DA ROSA, L.A.R. & CALDAS, L.V.E. Skin Beta Dose Assessment with ultra-thin Thermoluminescent Detectors. *Phys. Med. Biol.* 31 (6):677-82, 1986.