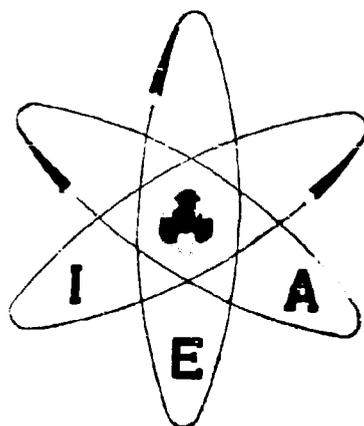


BR 00414



**ADAPTAÇÃO DA TÉCNICA DO PERFIL RADIOATIVO À SEMIOLOGIA
DAS AFECÇÕES DO CANAL RAQUEANO, DA MEDULA
E DE SEUS ENVOLTÓRIOS**

**PARTE I: Descrição, características e desempenho do sistema de
detecção e varredura**

*ANNELIESE FISCHER THOM, RÔMULO RIBEIRO PIERONI e
JÚLIO KIEFFER*

PUBLICAÇÃO IEA N.º 280

Novembro — 1972

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

**ADAPTAÇÃO DA TÉCNICA DO PERFIL RADIOATIVO À SEMIOLOGIA
DAS AFECÇÕES DO CANAL RAQUEANO, DA MEDULA
E DE SEUS ENVOLTÓRIOS**

PARTE I: Descrição, características e desempenho do sistema de detecção e varredura.

Anneliese Fischer Thom, Rômulo Ribeiro Pieroni, Júlio Kieffer

**Departamento de Radiobiologia
Instituto de Energia Atômica
São Paulo - Brasil**

**Publicação IEA Nº 280
Novembro - 1972**

Instituto de Energia Atômica

Conselho Superior

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

Superintendente

Rômulo Ribeiro Pieroni

ADAPTAÇÃO DA TÉCNICA DO PERFIL RADIOATIVO À SEMIOLOGIA DAS AFECÇÕES DO CANAL RAQUEANO, DA MEDULA E DE SEUS ENVOLTÓRIOS

PARTE I: Descrição, características e desempenho do sistema de detecção e varredura.

Anneliese Fischer Thom, Rômulo Ribeiro Pieroni, Júlio Kieffer

RESUMO

Propõe-se a aplicação da técnica de levantamento de perfis radioativos ao estudo das alterações da dinâmica líquórica decorrentes de processos que se instalam ao nível da raque. Numa primeira parte do trabalho é descrito o sistema instrumental adaptado para o fim em mira, do qual se determinam as características e o desempenho através de experiências "in vitro". Por suas especificações, o sistema é julgado adequado para o estudo da distribuição da radioatividade no interior do espaço subaracnóideo perimedular, devendo ser testada, em trabalho subsequente, a aplicabilidade diagnóstica e investigativa da técnica.

Malgrado a semiologia neurológica armada disponha desde há bastante tempo (1, 2) de recursos diversos para avaliar as alterações ao livre fluxo do líquido cefalorraqueano (LCR) decorrentes de processos patológicos que se instalam ao nível das estruturas que delimitam o canal raqueano, da medula e de seus envoltórios, ocorreu-nos ensaiar a possibilidade de aplicar a esses problemas técnica já descrita para outros fins (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) e que por sua própria natureza parecia fadada a melhor nos informar sobre a perviedade do canal raqueano e, eventualmente, sobre as características da dinâmica do LCR dentro deste espaço.

Queremos nos referir ao levantamento de perfis radioativos obtidos pelo registro contínuo das variações da atividade ao longo do canal raqueano mercê de sua varredura com um detector de cintilação devidamente colimado.

Imaginamos que, se empregássemos um detector direcional, com as convenientes características de colimação, eficiência e resolução, registrando em função de tempo as variações da atividade distribuída ao longo do canal raqueano por introdução intratecal de um indicador radioativo, quiçá encontrássemos condições técnicas para a coleta de melhores e mais completas informações, úteis quer à formulação diagnóstica dos bloqueios do canal raqueano, quer ainda à interpretação e caracterização das leis que regem a progressão do indicador.

A descrição do equipamento adaptado para a tarefa e de sua técnica de uso, bem como a determinação de suas características de desempenho constituem o tema desta primeira parte.

A solução instrumental teve como ponto de partida um protótipo para levantamento de perfil radioativos corpóreos, construído em 1962 pelas oficinas do Instituto de Energia Atômica (IEA) segundo projeto de PIERONI e KIEFFER e em uso rotineiro, desde então, no Departamento de Radiobiologia deste Instituto. Sua evolução e adaptação levaram ao sistema adiante descrito, caracterizado e ensaiado.

Descrição e características

I - Sistema mecânico

O sistema de varredura consta de uma estrutura metálica de sustentação que permite o deslocamento de um detector de radioatividade na direção do eixo longitudinal de um indivíduo deitado sobre uma maca incorporada ao próprio sistema de sustentação (Figura 1). O deslocamento do detector é realizado com movimento uniforme através de um sistema transportador constituído por uma rosca sem fim, a qual é acionada, mediante um redutor de velocidade e de um câmbio de quatro velocidades, por um motor elétrico monofásico (Figura 2). A extensão máxima de varredura é de 173 cm, podendo ser variada e limitada por

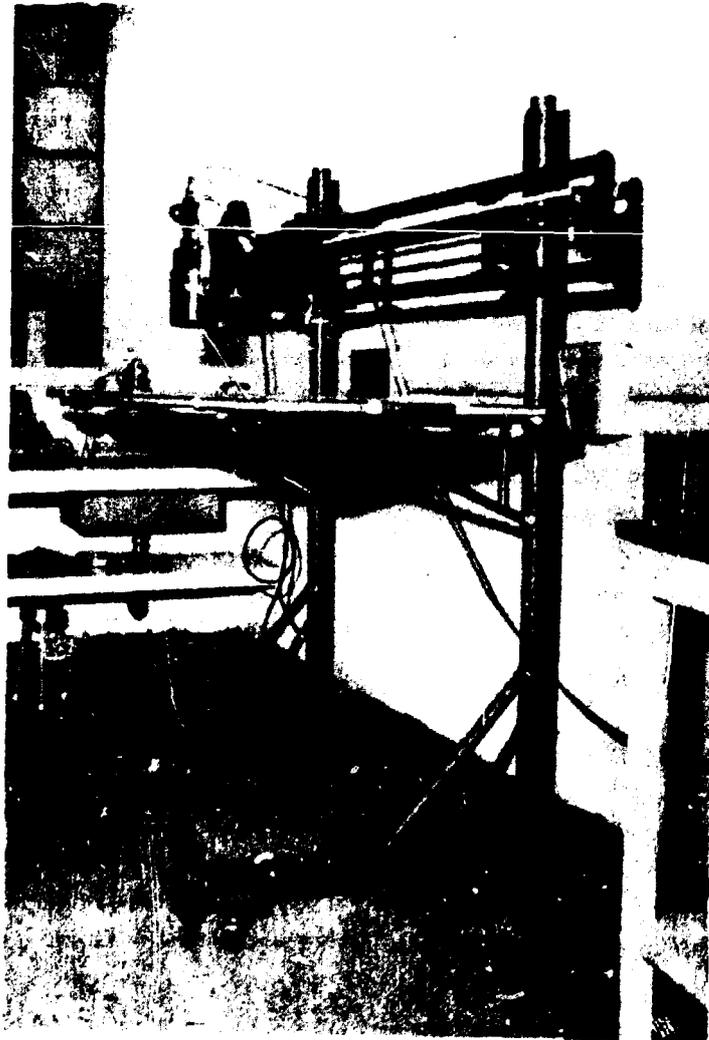


Figura 1 - Sistema de levantamento de perfis radioativos: equipamento mecânico de sustentação do detector e da maca.



Figura 2 - Sistema de levantamento de perfis radioativos: sistema de movimentação do detector, vendo-se o motor elétrico monofásico (A), a caixa de câmbio de velocidade (B) e a rosca sem fim (C).

dois microinterruptores que, ao serem acionados mecanicamente, cortam o suprimento de corrente do motor. As velocidades possíveis são respectivamente de: I = $2,5 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$, II = $5,0 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$, III = $10,1 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$, IV = $20,0 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$. A distância detector - plano de varredura é regulável através de três sistemas, sendo um de variação contínua dentro de um intervalo de 15 cm, outros por segmentos descontínuos através de variações de altura do plano da maca ou da altura de fixação do próprio sistema de translação do detector (Figura 3).

O colimador que acompanha o protótipo possui, no plano perpendicular ao plano de varredura e à direção de deslocamento, um campo visual suficientemente amplo para, a uma distância detector - fonte de aproximadamente 20 cm, abranger a secção transversal de um indivíduo em decúbito.

No caso particular do perfil radioativo do canal raqueano visava-se, porém, obter um campo visual que no referido plano incluísse tão somente a raque e suas possíveis curvaturas laterais, de modo que fosse mínima a contribuição de eventual radioatividade proveniente de órgãos vizinhos. Este campo visual, a uma distância de 20 cm do detector (que corresponde ao plano do canal vertebral para uma distância colimador - pele de 3 cm), deveria medir 1 cm . 10 cm para 100% de eficiência (Figura 4). O colimador deveria dispor, ainda, de poder

resolvente suficiente para distinguir atividades diferindo entre si de ao menos 1/10, localizadas em áreas separadas por intervalos não superiores a 1,5 cm. - Fixamos em 1/10 a diferença entre as atividades porque o perfil radioativo seria primordialmente destinado à detecção de bloqueios dos espaços liquóricos perimedulares e imaginávamos que a redução de 1/10 da área da secção do canal raqueano e conseqüentemente do volume de líquido cefalorraqueano, corresponde, na prática, a um bloqueio dificilmente identificável pelas provas subsidiárias clássicas. Por outro lado, a detecção e localização de diferenças significativas de atividade dentro de um intervalo de 1,5 cm seria suficiente para este mesmo fim, pois é menor do que os segmentos discretos da coluna do adulto.

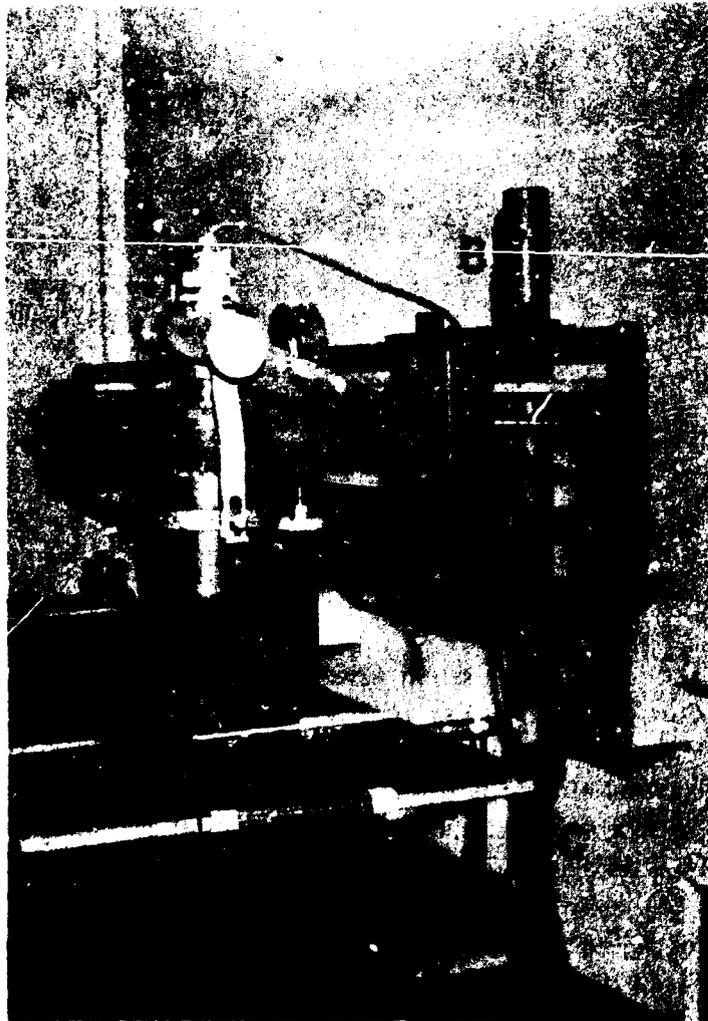


Figura 3 - Sistema de levantamento de perfis radioativos: dispositivos para a variação contínua da altura do detector (A), para a variação da altura de fixação do sistema de translação (B) e para a variação da altura de fixação da maca (C).

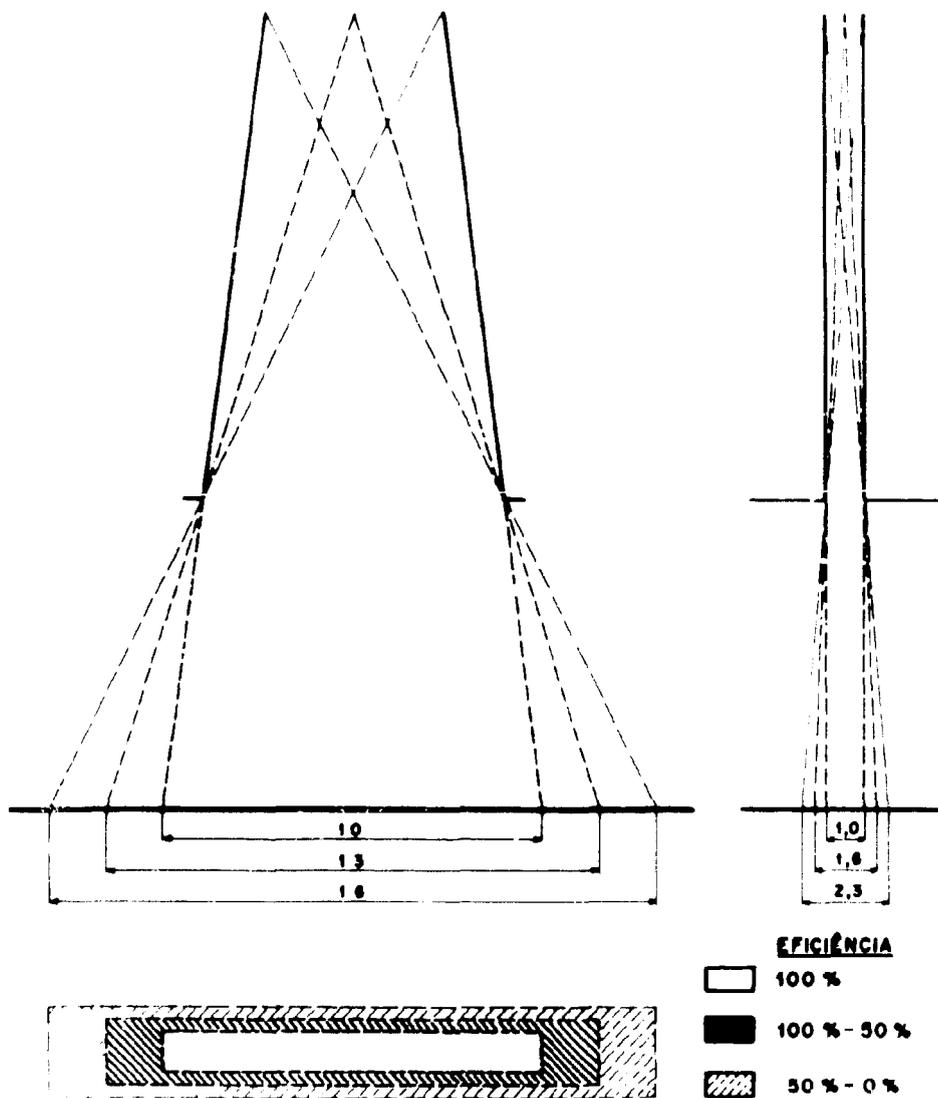


Figura 4 - Projeto do colimador para o sistema de levantamento do perfil radioativo do canal raqueano: campo visual no plano perpendicular ao eixo sagital à distância de 20 cm da face exposta do cristal.

Foi assim projetado e construído um colimador de fenda apropriado, de corte trapezoidal, representado em planta e cortes na Figura 5. Os semi-campos visuais levantados respectivamente para o plano longitudinal (plano de deslocamento da cabeça de cintilação) e para o plano transversal (perpendicular à direção de deslocamento) acham-se esquematizados nas Figuras 6 e 7.

Verifica-se que as características são de molde a garantir condições adequadas de varredura com suficiente poder resolvente para surpreender a existência, mesmo dentro de pequenos intervalos, de alterações na distribuição da radioatividade.

II - Unidade detectora de radioatividade

A unidade detectora de radioatividade é um cristal de cintilação de NaI (T1) cilíndrico de 5,2 cm de altura por 5,2 cm de diâmetro acoplado a uma fotomultiplicadora e a um preamplificador. A superfície exposta do cristal através do colimador é de 4,7 cm².

III - Equipamento eletrônico

O arranjo experimental dos diferentes componentes eletrônicos está representado pelo esquema em blocos da Figura 8. Os pulsos analisados e uniformizados são encaminhados ao contador e a um medidor de ritmo médio, o qual se acha conectado a um registrador potenciométrico, com velocidade ajustada para 5 cm . min⁻¹ e que inscreve os perfis radioativos.

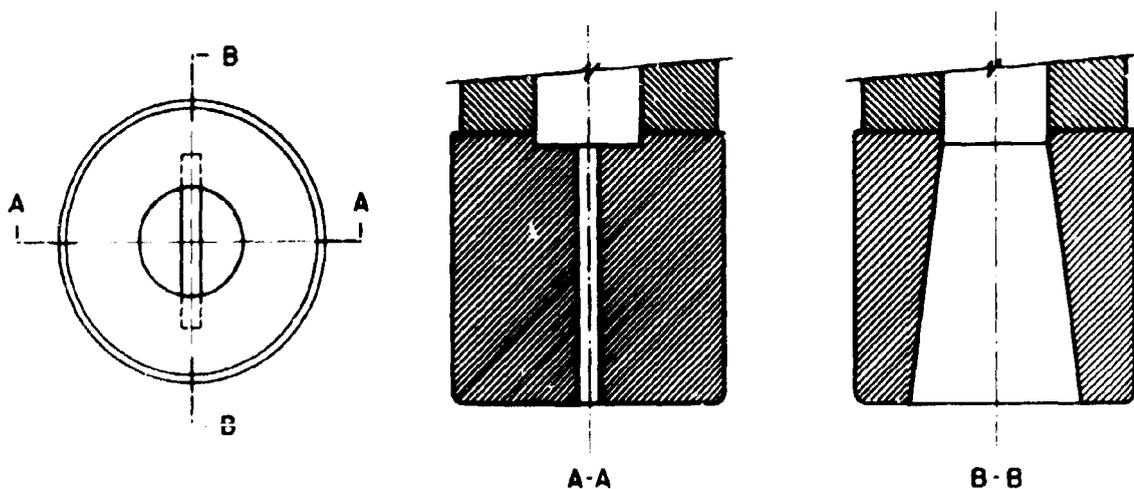


Figura 5 - Colimador de fenda: planta e cortes.

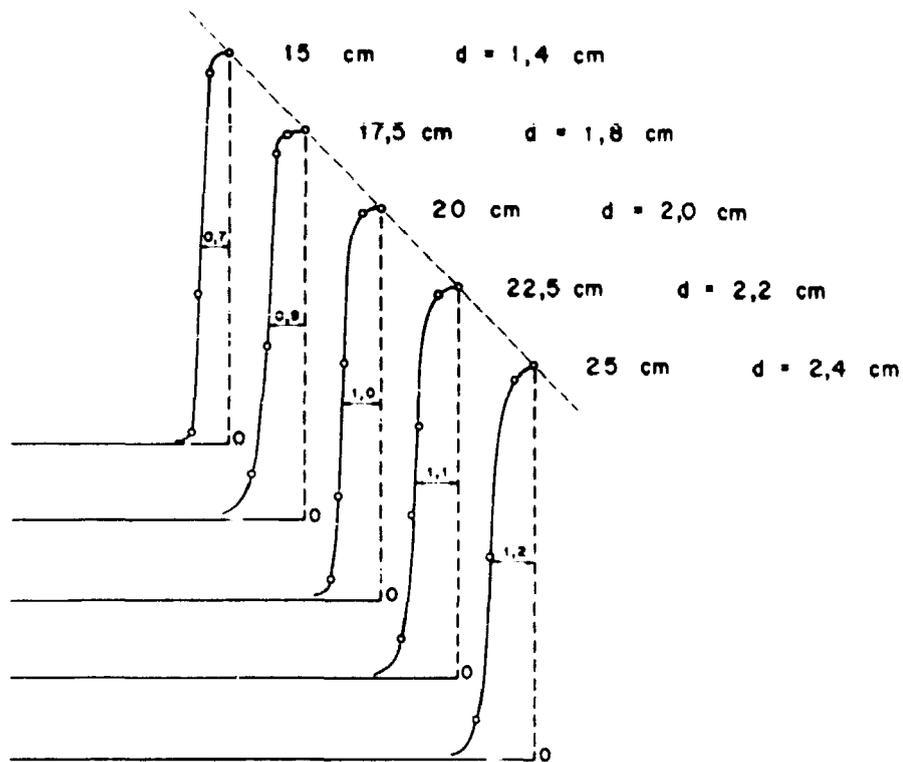


Figura 6 - Semi-campos visuais para o plano longitudinal e respectivas resoluções para os planos a distâncias variáveis da face inferior do cristal (curvas normalizadas).

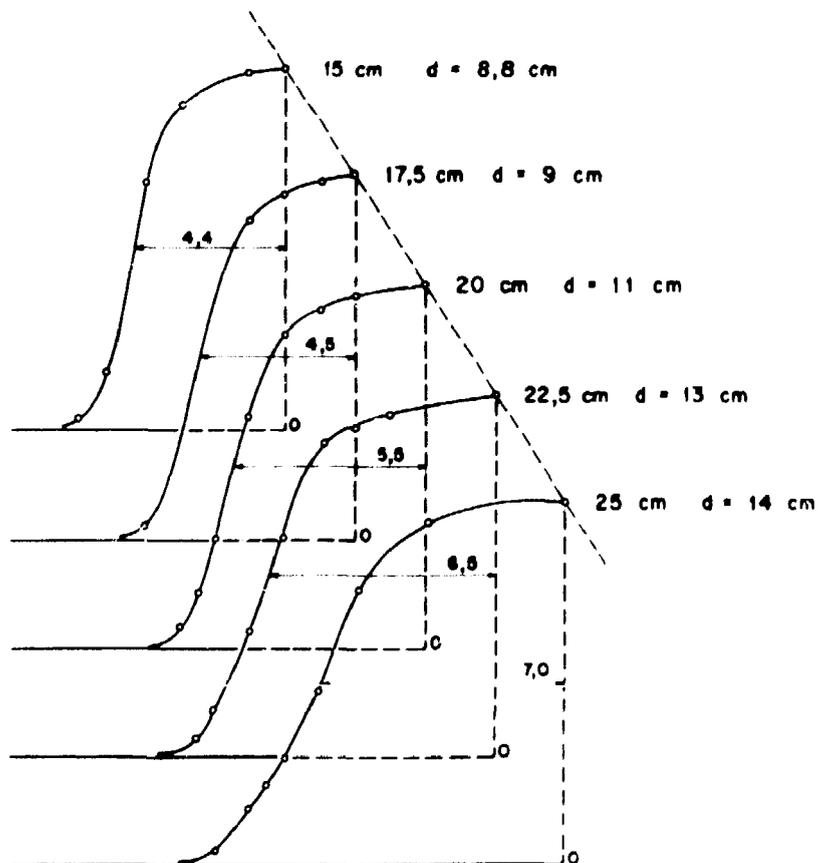


Figura 7 - Semi-campos visuais para o plano transversal e respectivas resoluções para os planos a distâncias variáveis da face inferior do cristal (curvas normalizadas).

Protocolo da técnica proposta

Após injeção intra-lombar ou suboccipital de uma dose da ordem de 100 a 150 μCi de albumina humana marcada com ^{131}I , o paciente permanece em decúbito ventral sobre a maca de exame. A distância colimador - pele é ajustada em 2-3 cm e varreduras seqüenciais que incluam a distância cóccis - vértex são realizadas, via de regra, 30 minutos, 1, 2, 3, 6 e 24 horas após a injeção. A velocidade de varredura é ajustada para $10 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$, a constante de tempo do medidor de ritmo médio a 2 segundos, o fundo de escala a 10k ou 15k. As contagens globais de cada varredura são integradas e anotadas, podendo sê-lo também somente as correspondentes a determinado segmento. Os traçados experimentais são reunidos num só conjunto, resultando assim uma imagem seqüencial da progressão da radioatividade no interior do canal raqueano, como representado na Figura 9.

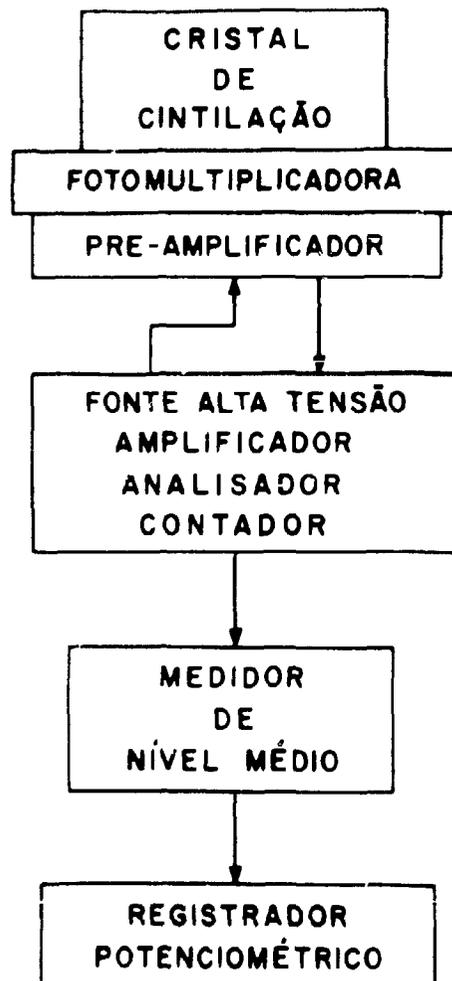


Figura 8 - Esquema em blocos do sistema eletrônico

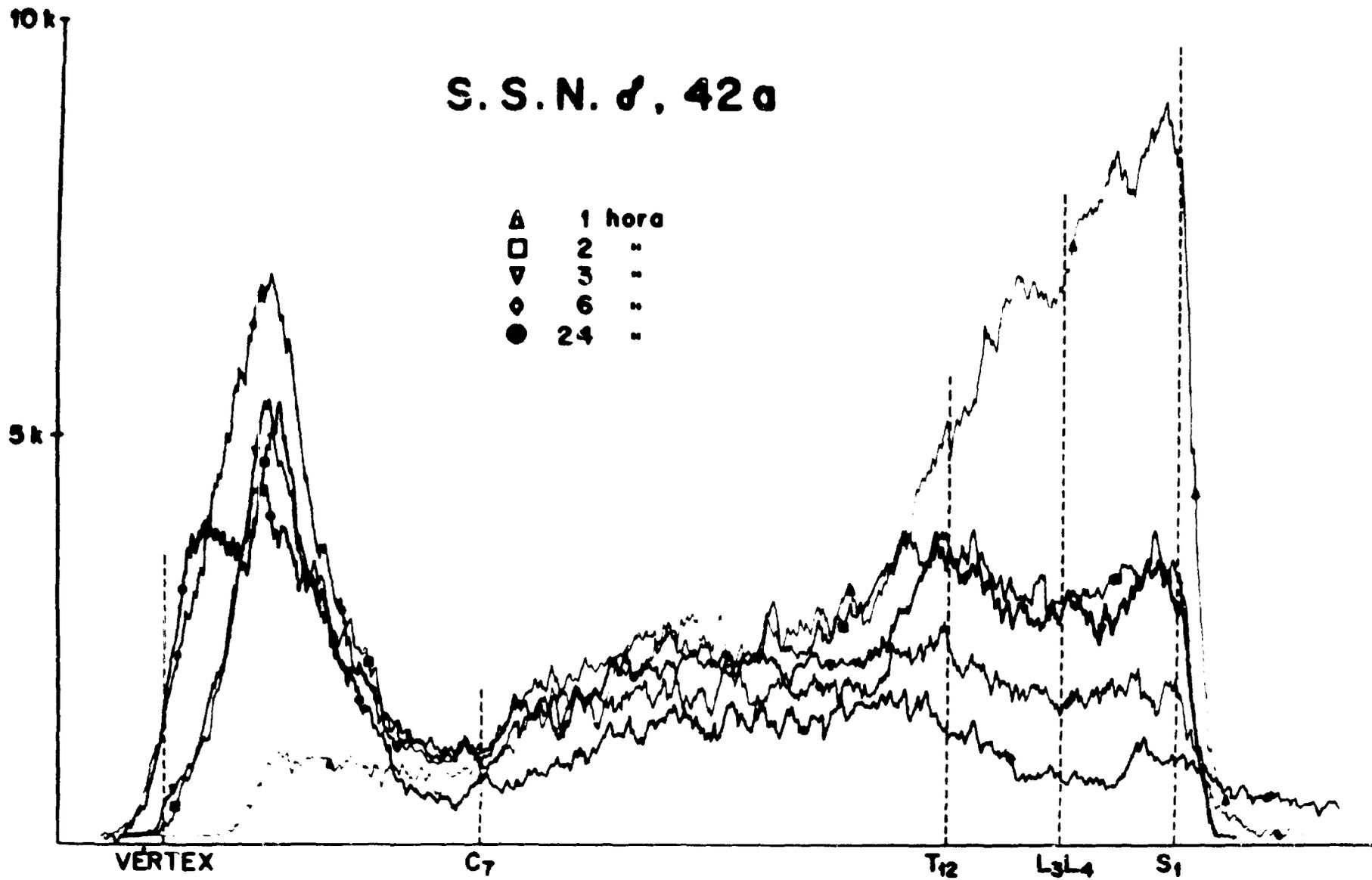


Figura 9 - Exemplo de um conjunto de perfis radioativos seqüenciais do canal raqueano

Desempenho do sistema

Para a determinação do perfil radioativo pretendiam empregar-se doses de radioatividade não maiores que as utilizadas para a mielocintilografia clássica e que foi geralmente realizada em associação com este

Desejava-se também que as eventuais diferenças na distribuição da radioatividade ao longo do canal raqueano permitissem uma interpretação pelo menos semi-quantitativa

Finalmente, a técnica visava o acompanhamento em função de tempo, mesmo em função de dias, da distribuição da atividade

Para que estas condições pudessem ser respeitadas, era mister testar o desempenho do sistema quanto à sua eficiência global, quanto à linearidade de resposta do detector e quanto à reprodutibilidade das medidas. Com esta finalidade foram conduzidas medidas e experiências "in vitro" que serão relatadas a seguir:

1 - Determinação da eficiência global do sistema de detecção

A eficiência global para a faixa do ^{131}I (314 keV - 414 keV), determinada segundo a técnica proposta por MYHILL e HINE (11), é de 2857 cpm/ $\mu\text{Ci}/\text{cm}$. Esta informação permitiu prever que as doses habitualmente empregadas para a mielocintilografia, da ordem de 2 μCi por quilo de peso corpóreo, seriam suficientes para obter registros em uma escala adequada (10k) e com constantes de tempo compatíveis com uma morfologia satisfatória dos traçados.

2 - Verificação da linearidade de resposta do detector

Para a verificação da linearidade de resposta do detector, tanto para fontes uniformes de diferentes atividades como para variações de atividade ao longo de uma mesma fonte, realizaram-se as seguintes experiências:

- a) Sobre um perfil de madeira, reproduzindo as curvaturas ântero-posteriores do canal raqueano de um indivíduo de estatura média (12) adaptou-se um tubo de borracha de 0,9 cm de diâmetro, de maneira a conter por unidade linear um volume de líquido próximo ao existente por unidade linear de espaço subaracnóideo perimedular (Figura 10). O tubo foi sucessivamente cheio com soluções de Na^{131}I com carreador de Na^{127}I , de concentrações radioativas diversas, padronizadas pela medida de sua atividade em geometria fixa e estacionária no Contador de Corpo Inteiro IEA II (CCI IEA II), cuja linearidade de resposta era conhecida (13). Os valores líquidos das contagens correspondentes a cada solução tanto na medição em varredura como no CCI IEA II, as respectivas razões e as diferenças percentuais entre elas, tomando-se como base as medidas estacionárias, acham-se reunidas na Tabela I.

O maior desvio tendo sido de 1,7%, a linearidade de resposta do detector pode ser considerada satisfatória para a investigação proposta.

- b) Para avaliar se a linearidade de resposta se conservaria para concentrações diferentes ao longo do eixo de varredura, seis pequenas cubas plásticas de

dimensões idênticas e cheias com volume igual, porém com concentrações radioativas diferentes de Na^{131}I com carreador foram alinhadas na direção do deslocamento do detector. O afastamento entre as cubas era de ordem a permitir a interferência recíproca de cada uma das atividades individuais. Estas foram determinadas em geometria estacionária pelo CCI-IEA II e guardavam com a mais ativa relações correspondentes a 0,5 - 0,6 - 0,7 - 0,8 - 0,9 - 1. As cubas foram distribuídas segundo três arranjos seqüenciais diferentes no que toca à concentração, a saber:

I : 0,5 - 0,6 - 0,7 - 0,8 - 0,9 - 1
 II : 0,7 - 0,9 - 0,6 - 0,8 - 0,5 - 1
 III : 0,8 - 0,7 - 0,5 - 0,6 - 0,9 - 1



Figura 10 - Modelo "in vitro" do canal raqueano.

TABELA I - Verificação da linearidade de resposta do sistema de registro de perfil radioativo por comparação com medidas em geometria fixa em contador de corpo inteiro.

Modelo	Medida em geometria fixa IEA - II		Medida em varredura Perfil radioativo		Δ %
	Contagens líquidas t = 5 min	Razão entre contagens	Contagens líquidas t = 12 min	Razão entre contagens	
Sol 1	26.662	1	6.908	1	-
Sol 2	48.293	1,8113	12.735	1,8435	- 1,78
Sol 3	75.292	2,8239	19.301	2,7940	+ 1,06

Sendo a atividade proporcional à deflexão máxima registrada para cada cuba, compararam-se as contagens correspondentes a cada deflexão máxima. Este critério é válido nas condições experimentais usadas em face da resolução do sistema, das constantes de tempo e da magnitude das cubas.

Os traçados experimentais de cada série, os valores das razões por mensuração estacionária e de varredura bem como seus desvios percentuais em relação às medidas estacionárias acham-se reunidas nas Figuras 11, 12 e 13.

Tendo-se empregado atividades tais a determinarem erro estatístico inferior a 1%, os desvios percentuais máximos de 2% evidenciam a linearidade de resposta do detector para medidas realizadas em varredura de fontes radioativas não homogêneas.

As duas séries de experiências demonstram que o sistema apresenta características de linearidade de resposta compatíveis com a quantificação dos dados experimentais.

3 - Verificação da reprodutibilidade das medidas

Empregou-se aqui novamente o modelo simulador do canal raqueano descrito acima e contendo solução homogênea de Na^{131}I com carreador. Realizaram-se mensurações seqüenciais da atividade em função de tempo. As contagens foram normalizadas através de seu relacionamento com a medida estacionária de uma mesma fonte de ^{137}Cs , para corrigir eventuais diferenças na eficiência do sistema de detecção.

Os valores das contagens líquidas, devidamente normalizados pelo céσιο, foram expressos em porcentagens do valor inicial e acham-se na Tabela II, ao lado do decaimento teórico.

O desvio percentual máximo verificado entre os valores experimentais e os teóricos foi de 1,3%. As mensurações são, portanto, reprodutíveis, o que garante a comparabilidade e a legitimidade de eventuais ilações decorrentes das mudanças, em função de tempo, das áreas inscritas pelo gráfico das variações da atividade ao longo da raque.

O perfil radioativo do canal raqueano constitui, em essência, uma variante da mielocintilografia, realizada pelo mapeamento bidimensional convencional e seus achados seriam freqüentemente comparados aos desta. Cumpria, pois, testar em nível prático, a objetividade das informações fornecidas por cada uma das duas técnicas, entendendo-se por objetividade a qualidade de sugerir imediatamente diferenças de atividade e/ou de distribuição.

Com este propósito prepararam-se quatro conjuntos de cubas de igual tamanho e contendo iguais volumes de soluções de radioiodo-131 com carreador, de concentrações diversas, mas guardando entre si relações conhecidas e suficientemente díspares para poder simular situações encontradas eventualmente "in vivo". Empregaram-se intencionalmente atividades baixas, para ainda melhor apreciar a sensibilidade relativa a cada instrumento. O sistema de mapeamento bidimensional era equipado com cristal de dimensões maiores (diâmetro de 7,8 cm) e com colimador focalizador de alto poder resolvente.

As Figuras 14, 15, 16 e 17 comparam os registros obtidos para cada conjunto de cubas com ambos os sistemas, nas quais ressalta a maior objetividade das informações dadas pelo perfil radioativo.

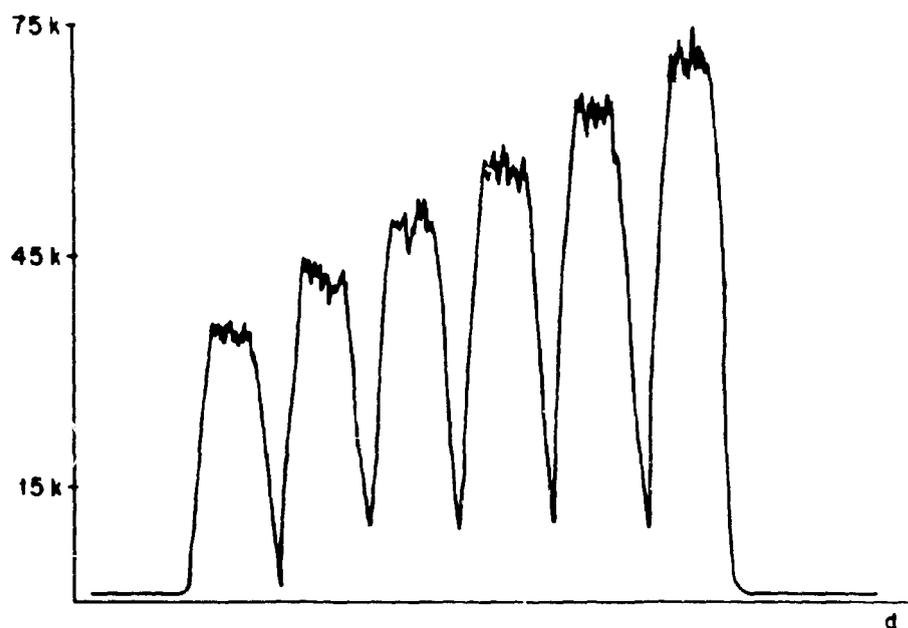


Figura 11

Série I	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Razão das medidas estacionárias *	0,51	0,62	0,71	0,81	0,90	1
Razão das medidas em varredura *	0,51	0,61	0,71	0,82	0,90	1
Desvio percentual	0	-1,6	0	+1,2	0	0

*Aproximadas para a segunda decimal.

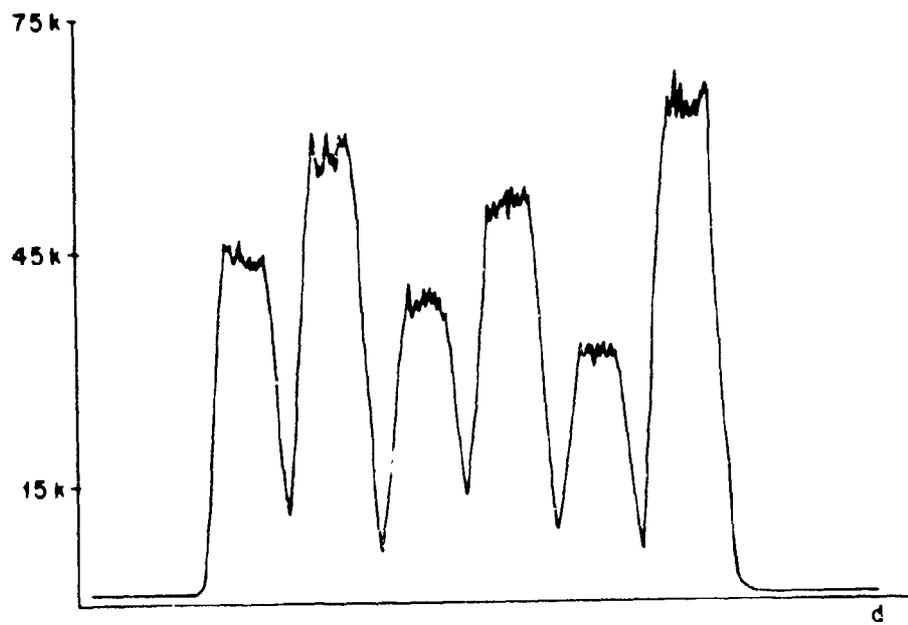


Figura 12

Série II	0,7	0,9	0,6	0,8	0,5	1
Razão das medidas estacionarias	0,71	0,90	0,62	0,81	0,51	1
Razão das medidas de varredura	0,70	0,91	0,61	0,80	0,50	1
Desvio percentual	1,4	+1,1	-1,6	-1,2	-2	0

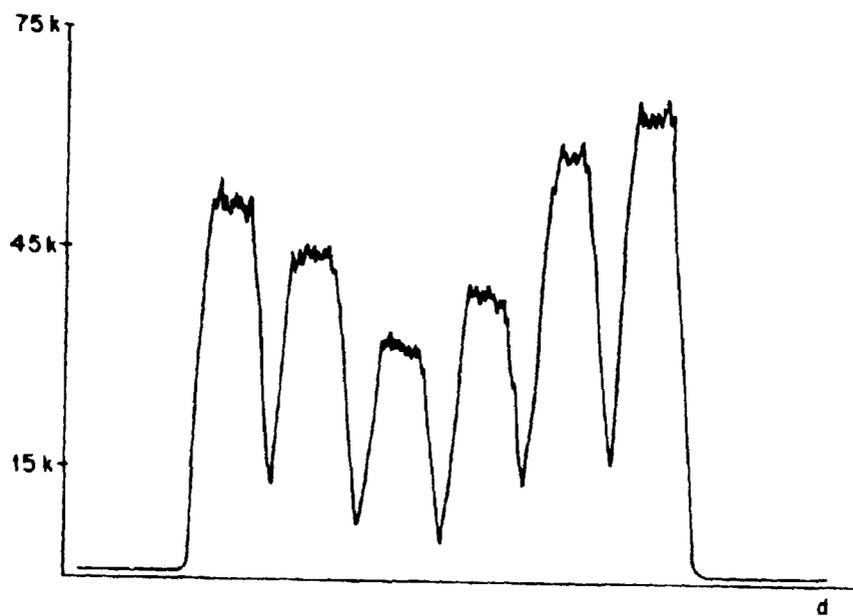


Figura 13

Série III	0,8	0,7	0,5	0,6	0,9	1
Razão das medidas estacionárias	0,81	0,71	0,51	0,62	0,90	1
Razão das medidas de varredura	0,80	0,70	0,50	0,62	0,91	1
Desvio percentual	-1,2	-1,4	-2	0	+1,1	0

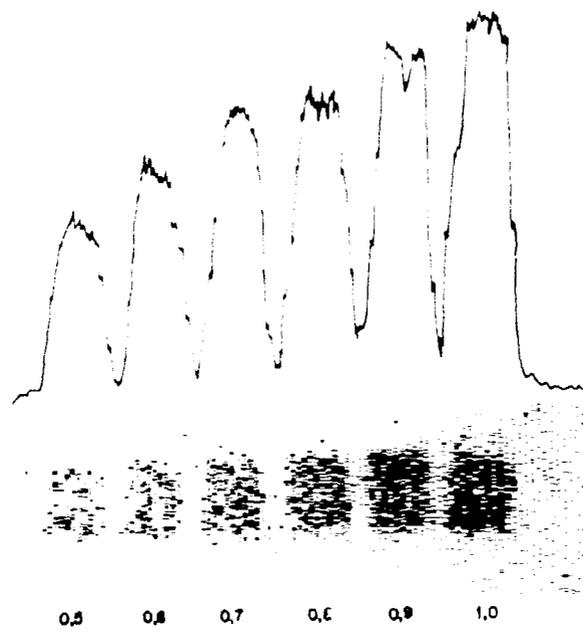


Figura 14

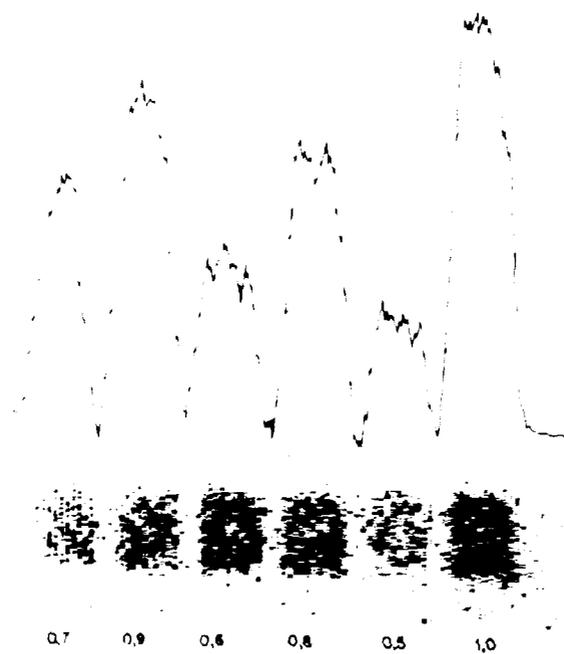


Figura 15 Comparação entre a objetividade das informações do registro de perfil radioativo e da cintilografia convencional

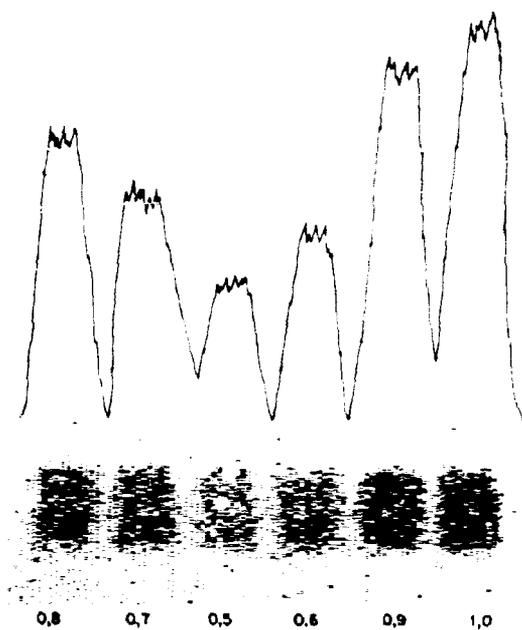


Figura 16

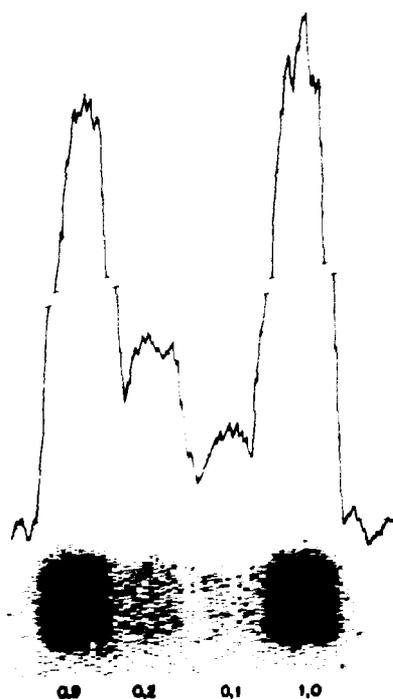


Figura 17 - Comparação entre a objetividade das informações do registro de perfil radioativo e da cintilografia convencional.

As determinações e as experiências realizadas permitem-nos, assim, conhecer as especificações do sistema de instrumentação, das quais as mais importantes são as seguintes:

1. amplitude de varredura de 173 cm;
2. velocidades de varredura de 2,5 cm . min⁻¹, 5 cm . min⁻¹, 10 cm . min⁻¹, 20 cm . min⁻¹;
3. resolução do colimador de fenda de 1,4 cm a 2,4 cm na direção longitudinal para os planos que distam de 15 cm a 25 cm da face inferior do cristal (2 cm para o plano médio a 20 cm de distância) e resolução de 8,8 cm a 16 cm para os mesmos planos, na direção transversal;
4. eficiência global de 2857 cpm/ μ Ci/cm² para a faixa de energia que inclui 95% do fotopico de 364 keV do ¹³¹I;
5. linearidade de resposta para as atividades de uso clínico compatível com desvio percentual inferior a 3%, independente de sua distribuição ao longo do eixo de varredura;
6. reprodutibilidade de medidas dentro de um desvio percentual inferior a 1,5%;
7. variações de atividade da ordem de 1/10 são resolvidas dentro de um intervalo de 0,6 cm.

Pelas especificações enumeradas, o sistema pode ser considerado adequado para o estudo da progressão de um indicador radioativo introduzido no espaço subaracnóideo raqueano, com a finalidade de aquilatar as possibilidades da técnica quer no campo da investigação clínica, com fins diagnósticos quer, eventualmente, na investigação básica, objetivando um melhor conhecimento da dinâmica líquórica ao nível da raque. Tal estudo será tema de ulterior publicação.

SUMMARY

Profile scanning is proposed as a suitable technique for studies of the disorders of cerebrospinal fluid dynamics due to pathologic processes involving the vertebral canal, the spinal cord and its membranes. In this first communication the detection system is described and the characteristics as well as the performance are determined by experiences "in vitro". It is concluded that the system can be considered an adequate tool to study the distribution of radioactive tracers along the medullary canal. The possible usefulness of the technique in clinical diagnosis and in basic research will be investigated and reported in a second part.

RÉSUMÉ

On propose l'application de la technique du profil radioactif à l'étude des troubles de la dynamique du liquide céphalorachidien causés par des procès qui s'installent au niveau du rachis. Dans une première partie on décrit le système d'instrumentation adapté au but, dont on détermine les caractéristiques et la performance par des expériences "in vitro". On conclue que le système est apte pour étudier la distribution d'un indicateur radioactif le long du canal rachidien et qu'il peut être employé pour essayer l'applicabilité de la technique proposée soit à la recherche clinique soit à l'investigation pure.

REFERÊNCIAS

1. PINTO F. : Mielocintilografia: Contribuição à Mielografia Isotópica. Rio de Janeiro, Fac. de C. Médicas da Univ. do Est. da Guanabara, 1962. Tese (Docência Livre de Neurocirurgia).

2. SPINA-FRANÇA A. : Líquido cefalorraqueano. In TOLOSA A. e CANELAS H. M. (ed.) **Propedêutica Neurológica**, Sarvier, São Paulo, 1971 (443).
3. POCHIN E. E. : Investigation of thyroid function and disease with radioactive iodine. **Lancet**, 1950, 2 (84).
4. CORBETT B. D., CUNNINGHAM R. E., HALMAN K. E., POCHIN E. E. : A profile counter and its calibration. **Physics Med. Biol.**, 1956, 1 (37).
5. CONCANNON J. P. e BULHUIS F. : Studies with a modified collimator for use with scintillation counter for total body scanning. **Am. J. Roentg.**, 1957, 78/5 (855).
6. MORRIS JR. A. C. : **A linear scanner for human radioisotope research**. 1960 Tennessee, Oak Ridge Inst. of Nuclear Studies. 30 p. (ORINS-33).
7. PIRCHER F., ANDREWS G. A., BRUCER M., ROSS D. A. : **The linear scanner in clinical studies**. 1960. Tennessee, Oak Ridge Inst. of Nuclear Studies. 41 p. (ORINS-36).
8. EDWARDS C. L., ANDREWS G. A., SITTERSON B. W., KNISELEY R. M. : Clinical bone marrow scanning with radioisotopes. **Blood**, 1964, 23 (741).
9. BURAGGI G. L. e MARANO P. : Il metodo del profilo corporeo. **Minerva nucl.**, 1964, 8 (314).
10. ALFREY JR. C. P., COOK V., PITTMAN J. P. : Design and use of a linear scanner. **J. Nucl. Med.**, 1967, 8 (859).
11. MYHILL J. e HINE G. J. : Multihole collimators for scanning. I. Collimator properties. In HINE G. J. (ed.) **Instrumentation in Nuclear Medicine**, vol. I, Academic Press, New York, 1967, (429).
12. NETTER F. H. : **Nervous System**. The Ciba Collection of Medical Illustrations. Vol. I, 1962.
13. KIEFFER J. : **Descrição, Características e Desempenho de um Protótipo de Contador de Corpo Inteiro para Uso Clínico**. São Paulo, Fac. de Medicina da USP, 1970. Tese (Doutoramento).

