

## Novo método de avaliação do perfil de dose em CT

Cinthia M. S. de Magalhaes<sup>1,4</sup>, Jonas O. da Silva<sup>2</sup>, Divanízia do N. Souza<sup>1</sup>, João Antônio Filho<sup>3</sup>, Luiz A. P. dos Santos<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe

<sup>2</sup> Departamento de Física, Universidade Federal Rural de Pernambuco

<sup>3</sup> Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco

<sup>4</sup> Laboratório de Instrumentação Nuclear, Centro Regional de Ciências Energéticas e Nucleares

cinthiasm@yahoo.com.br

(Recebido em 27 de julho de 2008; aceito em 19 de agosto de 2008)

A tomografia computadorizada (CT) é uma técnica de radiodiagnóstico muito utilizada que, comparada a outras, proporciona uma elevada dose ao paciente. O método convencional de dosimetria em CT utiliza uma câmara de ionização do tipo lápis de 100 mm de extensão que integra o perfil de dose de um único corte. No entanto, trabalhos recentes têm questionado a eficiência desse método e têm proposto uma nova forma de avaliação dosimétrica que envolve detectores menores. Neste trabalho, o perfil de dose em um simulador de cabeça foi analisado utilizando um dispositivo semicondutor, o fototransistor SMT OP520, e os resultados foram comparados com os do detector padrão. O perfil de dose foi avaliado utilizando diferentes extensões de varredura (75, 100 e 150 mm). Para diminuir a dependência angular, dois dispositivos funcionaram como um único detector. Os resultados mostram uma dependência menor do que o limite máximo de 3% recomendados e, ao avaliar o perfil de dose, verificou-se que é possível obter detalhes do perfil de dose de um único corte com esse dispositivo eletrônico e que o volume de abrangência do feixe vai além do comprimento da câmara de ionização, estando em concordância com a opinião de alguns autores de que os procedimentos dosimétricos atuais podem não ser os mais adequados.

Palavras-chave: fototransistores, dosimetria, tomografia computadorizada.

The computed tomography (CT) is a diagnostic radiology technique widely used that, compared to others, delivers a high dose to the patient. The conventional method of dosimetry in CT uses a 100 mm long pencil ionization chamber which measures the single slice profile integral. However, recent works have questioned the efficiency of this method and have proposed an alternative form of dose assessment which involves smaller detectors. In this work, the dose profile in a head phantom was analyzed using a semiconductor device, the phototransistor SMT OP520, and the results were compared with the standard detector. The dose profile was evaluated using different scan length (75, 100 and 150 mm). To reduce dependence angular, two devices worked as a single detector. The results show a dependence lower than the ceiling of 3% recommended and, assessing the dose profile, that it is possible to obtain details of the single slice dose profile with this electronic device and that the volume of coverage of the beam is bigger than the length of the ion chamber, in agreement with the point of view of some authors that the dosimetry current procedures may not be the most suitable.

Keywords: phototransistors, dosimetry, computed tomography.

### 1. INTRODUÇÃO

A tomografia computadorizada (CT), introduzida na prática clínica em 1972, proporcionou um grande avanço no radiodiagnóstico médico, sendo reconhecida pelo alto potencial de diagnóstico, possibilitando a investigação de regiões do corpo humano até então não reproduzidas pelos métodos convencionais. Além disso, essa nova técnica substituiu alguns exames que traziam muito desconforto e determinados procedimentos que acarretavam elevado risco ao paciente.

A dosimetria em CT é feita, principalmente, utilizando-se uma câmara de ionização tipo lápis com 100 mm de comprimento, que integra o perfil de dose através de um corte na sua região central. No entanto, trabalhos recentes têm questionado se essa dimensão é suficiente para mensurar toda radiação espalhada de um único corte, principalmente após o surgimento dos

tomógrafos de multicortes os quais apresentam conjuntos de anéis detectores estrategicamente emparelhados, tornando possível a aquisição simultânea de vários cortes de imagens. Ao invés de se fabricarem câmaras ainda maiores, uma forma alternativa tem sido proposta com a utilização de câmaras de ionização menores [1,2,3]. Nesse novo método, o único corte na região central é substituído por uma translação do detector através do feixe, efetuando múltiplas rotações da fonte. Resultados obtidos utilizando uma câmara de ionização de pequeno volume e um detector de diamante para avaliar o perfil de dose em tomografia mostraram a necessidade de mudanças nos procedimentos atuais empregados em dosimetria de CT [2].

Os dispositivos eletrônicos apresentam características que despertam o interesse para o estudo da aplicabilidade destes em dosimetria das radiações ionizantes. Dentre as características há: a capacidade de leitura em tempo real; as pequenas dimensões e a baixa energia necessária para produção de um par elétron-lacuna. Os fototransistores bipolares, dispositivos semicondutores que têm a propriedade de amplificação de sinal elétrico, têm sido avaliados para utilização como detectores de radiação na faixa de energia de radiodiagnóstico [4] e para altas energias [5]. Por esse motivo e devido à tendência de se utilizar detectores menores em tomografia, neste trabalho o fototransistor foi avaliado para dosimetria em CT.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O fototransistor utilizado foi do tipo OP520, fabricado pela OPTEK® Technology [6]. Dois dispositivos funcionando como um detector foram conectados, com pinos de ouro, em lados opostos de uma mesma placa de circuito impresso a fim de diminuir a dependência angular (Figura 1).



Figura 1: Vista posterior, lateral e frontal da placa de circuito impresso com dois fototransistores OP520, funcionando como um detector.

Para verificar a dependência angular, testes foram feitos no laboratório e no tomógrafo. No laboratório, a dependência angular foi determinada posicionando os fototransistores em diferentes ângulos (0 a 360°) em relação à direção de incidência do feixe de radiação (tubo de raios-X fixo). O ângulo zero correspondeu à posição em que o vetor normal à face mais sensível de um dos fototransistores apontava para o tubo de raios-X. A variação do ângulo foi feita em intervalos de 15° utilizando um goniômetro. O potencial foi mantido em 120 kV e a corrente em 20 mA. No tomógrafo, os ângulos avaliados foram: 0, 90, 180 e 270°, sendo que o ângulo zero correspondeu à direção em que a placa do detector estava paralela ao plano da cama do paciente. Os dispositivos foram submetidos no ar a uma varredura de 10 mm de espessura nominal, utilizando uma tensão de 120 kV e a corrente de 210 mA.

A dosimetria foi realizada em um simulador de cabeça, que foi construído no Departamento de Energia Nuclear (DEN/UFPE) com poli(metacrilato de metila) (PMMA). As dimensões do simulador estão de acordo com as especificações estabelecidas pela Associação Americana de Físicos Médicos [7]. Ele é cilíndrico com 15 cm de comprimento e 16 cm de diâmetro. Possui 5 orifícios ao longo de sua extensão, sendo 1 central e 4 periféricos, esses estão a 1 cm da superfície e todos têm cerca de 11,4 mm de diâmetro.

A medição da corrente gerada pelos fototransistores foi realizada utilizando o eletrômetro Flip-flop®, desenvolvido no Laboratório de Instrumentação Nuclear do CRCN [8]. O

eletrômetro Flip-flop foi calibrado utilizando o sistema Keithley® 6430 e suas leituras registradas no programa DoseX® instalado num computador, que atua como sistema de controle do eletrômetro Flip-flop (Figura 2).



Figura 2: Placa com dois fototransistores OP520, eletrômetro Flip-flop® e computador com programa DoseX®.

Na avaliação do perfil de dose no simulador de cabeça, o fantoma foi posicionado no suporte para cabeça conectado na extremidade superior da cama do paciente e os detectores foram inseridos nos orifícios do mesmo (Figura 3). Com a ajuda dos lasers do tomógrafo, o detector foi alinhado com o eixo de rotação do tubo de raios-X e exposto a varreduras de 100 mm de extensão, estando o mesmo no centro dessa varredura. Essa extensão foi escolhida para comparar com a dose da câmara 3CT que possui 100 mm de comprimento. Extensões de 75 e 150 mm também foram analisadas para avaliar a contribuição da radiação espalhada nas extremidades do perfil de dose. Para essa avaliação foram selecionados protocolos para exames de cabeça, no modo axial. Uma câmara de ionização padrão foi submetida às mesmas condições operacionais, sendo que exposta a apenas um corte no seu centro.



Figura 3: Arranjo experimental para avaliação da dose no simulador de cabeça.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta o resultado obtido no teste da dependência angular realizado no laboratório. Observa-se que a sensibilidade do detector apresentou uma queda na resposta de quase 80% quando irradiado a 90 e 270°, que correspondem às regiões em que os fototransistores foram expostos lateralmente. Nas demais regiões, excluindo 0 e 180°, a leitura apresentou uma queda de aproximadamente 20%. As leituras foram normalizadas para o ângulo 0°, que corresponde a posição em que a face mais sensível de um dos fototransistores está perpendicular ao feixe de radiação.

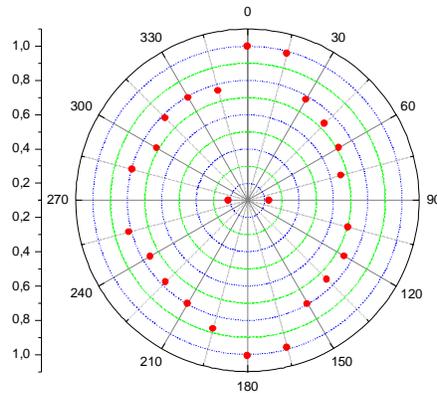


Figura 4: Dependência angular do fototransistores no laboratório.

A Figura 5 e a Tabela 1 mostram o resultado da dependência angular no tomógrafo para os ângulos 0, 90, 180 e 270°.

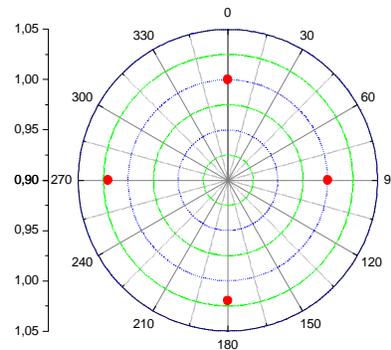


Figura 5: Dependência angular dos fototransistores no tomógrafo.

Tabela 1: Valores das leituras relativas ao valor medido em 0° do teste da dependência angular no tomógrafo. A tensão foi mantida em 120 kV, a corrente em 210 mA e a espessura de corte em 10 mm.

Ângulo (graus)	Leitura Relativa
0	$1,000 \pm 0,019$
90	$0,999 \pm 0,023$
180	$1,023 \pm 0,021$
270	$1,016 \pm 0,025$

A dependência angular apresentou uma variação máxima de 2,3% (em 180°), estando de acordo com as recomendações internacionais em que o valor medido em cada ângulo não deve variar mais de 3% do valor medido em 0° [9]. Analisando esses dados, percebe-se que a dependência angular do detector com dois fototransistores conectados em uma mesma placa pode ser considerada pouco expressiva no tomógrafo, diferente do que foi observado com os resultados no laboratório. Isso pode ser explicado pelo fato do tubo de raios-X no tomógrafo efetuar um giro de 360°, proporcionando uma dose bem distribuída no plano de varredura.

A Figura 6 mostra os perfis de dose no orifício central do simulador de cabeça obtidos para varreduras de 75, 100 e 150 mm de extensão, utilizando 5 mm de espessura nominal de corte. A Tabela 2 apresenta os valores de índice de dose em CT obtidos para cada caso.

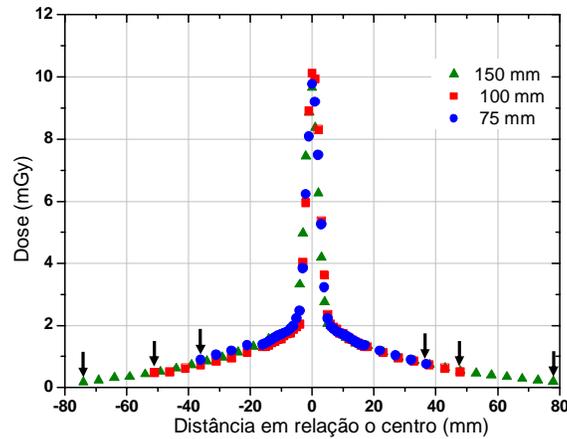


Figura 6: Perfis de dose no orifício central do simulador de cabeça para espessura de corte de 5 mm e varreduras de 75, 100 e 150 mm de extensão.

Tabela 2: Índices de dose em CT obtidos com o fototransistor posicionado no orifício central do simulador para diferentes extensões de varredura, irradiados com 120 kV e 210 mA para uma espessura nominal de corte 5 mm.

Extensão (mm)	CTDI (mGy)
75	$28,3 \pm 0,6$
100	$30,7 \pm 0,8$
150	$34,8 \pm 1,0$

Analisando a Figura 6, percebe-se que é possível determinar com detalhes o perfil de dose utilizando o fototransistor e que o volume de abrangência do feixe vai além do comprimento da câmara de ionização (100 mm). Comparando os dados da Tabela 2 em relação à varredura de 100 mm, verifica-se que para a varredura de 75 mm a integral do perfil foi 7,8% menor e para a varredura de 150 mm foi 13,4% maior. A diferença está nas extremidades dos perfis, como indicam as setas da Figura 6.

Esse resultado está de acordo com estudos recentes que mostram que 100 mm não são suficientes para fornecer com segurança a dose em exames de tomografia até mesmo para pequenas espessuras nominais de corte [2]. Com o avanço tecnológico e surgimento de tomógrafo multicortes, que proporcionam cortes de espessuras maiores, isso indica que a dosimetria atual precisa de modificações. Como a fabricação de câmara ainda maiores que 100 mm exigiria muitos cuidados devido à sua fragilidade e poderia ter problemas de variação da sensibilidade, a tendência é a substituição dela por detectores menores, que possibilitam a obtenção do perfil de dose transladando o detector através de múltiplas rotações da fonte de raios-X.

#### 4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, percebe-se que a dependência angular no tomógrafo apresentou uma variação menor que 3% indicando que o sistema detector, com dois fototransistores conectados numa mesma placa, pode ser utilizado em CT. Na avaliação da dose, conclui-se que com esse dispositivo é possível determinar com detalhes o perfil de dose e que, efetuando uma varredura de 150 mm de extensão, os 100 mm usuais não são suficientes para mensurar toda radiação espalhada do perfil de dose de um único corte, concordando com trabalhos recentes que mostram a necessidade de modificações na dosimetria atual de tomografia.

- 
1. DIXON, R. L. A new look at CT dose measurement: Beyond CTDI. *Medical Physics*. v. 30, n. 6, p. 1272-1280, 2003.
  2. NAKONECHNY, K. D.; FALLONE, B. G.; RATHEE, S.; Novel methods of measuring single scan dose profiles and cumulative dose in CT. *Medical Physics*. v. 32, n. 1, p. 98-109, 2005.
  3. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. *ICRP 102: Managing Patient Dose in Multi-Detector Computed Tomography (MDCT)*. Elsevier, 2007.
  4. SANTOS, L. A. P.; SILVA JÚNIOR., E. F.; VILELA E. Filtered x-ray beam dosimetry from  $10^{-3}$  to  $10^2$  Gy dose range by using phototransistors. *Radiation Protection Dosimetry*. v. 101, n. 1-4, p. 145-148, 2002.
  5. DHOLE, S. D.; BHORASKAR, V. N. Use of phototransistor as a radiation monitor. In: 4th Conference on Radiation Protection and Dosimetry. 1994. Orlando, Florida, USA. *Proceedings*. Tennessee: ORNL, 1994. p. 245-252.
  6. OPTEK TECHNOLOGY, Silicon Phototransistor in Miniature SMD Package: OP520, OP521. USA, 2005. 4p
  7. AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE. *AAPM Report 39: Specification and acceptance testing of computed tomography scanners*. New York, 1993.
  8. SANTOS, L. A. P. Flip-flop electrometer: a system for measuring radiation and other physical quantities, in: III INAC Proceedings, (2007).
  9. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *IEC 61674: Medical electrical equipment – Dosimeters with ionization chamber and/or semiconductor detectors as used in X-ray diagnostic imaging*. Genève. 1997.