



Aplicabilidade de um protótipo para determinação da dose absorvida utilizando equipamentos de braquiterapia com fontes de ^{192}Ir

V. L. B. Souza^a; R. K. Nascimento^a; C. K. L. Fonseca^a, S. O. Santos, W. A. Silva^a

^a *Laboratório de Dosimetria Química, Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE)/Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) Av. Professor Luiz Freire, nº 200 – Curado, 50740-545 Recife, PE, Brazil*
vlsouza@cnen.gov.br

ABSTRACT

In the intention to have a "body of evidence" that can be used in quality control (QA) of hospitals and clinics that provide services for the treatment of patients with malignancies sources Ir - 192 (brachytherapy with high rates of dose) a system with Fricke dosimetry was developed by researchers at the Centro Regional de Ciências Nucleares (CRCN) and is being used in public and private institutions of laboratories throughout the Northeast and Southeast Brazilian, where they are irradiated samples in triplicate with a dose of 150 or 300 cGy over a distance of 2.5 cm from the source. This work aims at the development and improvement of a device to perform the absolute dosimetry of Ir - 192 sources using the Fricke solution contained in a flask. The Fricke solution used was prepared using amounts of ferrous ammonium sulfate, sodium chloride and sulfuric acid diluted in distilled water three pre-established in the literature. The spectrophotometer used was a UV-VIS spectrophotometer (Beckman DU-640 Couter) for measuring the optical density at wavelength 304 nm. The calculation for determining the radial dose takes into account the radial distance and the angle formed with the transverse axis of the source. Could be seen by the obtained results that the states of Pernambuco, Ceará, Paraíba and Piauí are in accordance with the recommendations of international standards of the International Atomic Energy Agency (IAEA), which considers not acceptable a difference greater than 5% of prescribed dose and measured dose.

keyword: brachytherapy, dosimeter, quality control

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a incidência de câncer de colo uterino sofre grande variação, sendo a maior observada nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Diversos estudos mostraram que no Brasil, O Nordeste possui uma das maiores taxas de câncer cervical, sendo Pernambuco um dos campeões em incidência desta patologia (LIMA *et. al.*, 2004). O diagnóstico da patologia é simples, através do exame de Papanicolau, e embora o Brasil tenha sido um dos primeiros países no mundo a introduzir a citologia de Papanicolau (início dos anos 60), em meados de 1998 a 2000, mais de 70% das pacientes diagnosticadas com câncer de colo uterino apresentavam a doença em caso avançado já na primeira consulta o que limita, em muito, a possibilidade de cura (MENDONÇA, 1993; INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER, 2003).

A radioterapia é o método terapêutico usado para destruição das células tumorais, empregando feixes de radiação ionizante. O princípio da radioterapia consiste em uma dose pré-calculada de radiação, aplicada em um volume de tecido que engloba o tumor, buscando erradicar todas as células tumorais, causando, no entanto, o menor dano possível ao tecido sadio circunvizinho ao tumor (CANTINHA, 2005).

A braquiterapia é a modalidade de radioterapia intracavitária, na qual o radioisótopo entra em contato direto com a lesão; esta vem ganhando maior valorização devido aos benefícios que traz à paciente quando seu uso é recomendado (MENDONÇA, 1993). Em um tratamento ideal, a geometria das fontes tem de prevenir uma subdosagem ao nível uterino, uma dosagem adequada tem de ser dada na região paracervical e deve respeitar a tolerância dos tecidos normais. Embora, na braquiterapia, o campo de incidência da radiação seja reduzido, possibilitando um aumento substancial da dose que é estabelecida com base em modelos matemáticos e efetivada com recursos eletrônicos, o Laboratório de Dosimetria Química do Centro Regional de Ciências Nucleares tem encontrado falhas nos serviços de braquiterapia que podem ser evitadas quando o sistema de dosimetria Fricke elaborado por pesquisadores do Centro Regional de Ciências Nucleares (CRCN) é utilizado.

O sistema de dosimetria Fricke elaborado consiste de um recipiente esférico de vidro preenchido com a solução Fricke. Um tubo capilar em forma de bastão, cuja extremidade fica localizado

dentro da esfera, possibilita a introdução e o posicionamento da fonte de irídio no centro do volume da esfera contendo a solução Fricke.

O objetivo deste trabalho é o uso do protótipo elaborado para avaliar o valor da dose absorvida pelo dosímetro Fricke quando irradiado em centros de braquiterapia (avaliar o Controle da Qualidade das Instituições).

MATERIAIS E MÉTODOS

A solução Fricke usada foi preparada utilizando-se 0,392g de sulfato ferroso amoniacal ($(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), 0,060 g de cloreto de sódio (NaCl), 22 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) diluídos em água tridestilada para um balão volumétrico de 1000 mL (OLSZANSKI *et. al.*, 2002). A solução preparada foi, então, transferida para um recipiente esférico de vidro de volume de 11.6 mL contendo um tubo capilar em forma de bastão, cuja extremidade fica localizada no centro da esfera e possibilitando a introdução e o posicionamento da fonte de ^{192}Ir (SOUZA *et. al.*, 2007; SOUZA *et. al.*, 2011). O sistema de medida (Figura 1) foi levado para diferentes centros de braquiterapia, as amostras foram irradiadas em triplicatas. Um controle radiográfico da região afetada foi utilizado para a definição do exato posicionamento da fonte no tumor, de modo a obter as curvas de isodoses (curvas concêntricas) prescritas para a região tumoral. O sistema de planejamento dos equipamentos hospitalares calcularam a dose através do software que comanda o “robô” que contém a fonte de ^{192}Ir e é solicitado pela nossa equipe que apliquem, no geral, uma dose de 300 cGy a uma distância de 1,5 cm da fonte (numa programação baseada como aplicada com o uso de um cilindro de 30 mm). Das amostras irradiadas em triplicatas, são realizadas três medidas para cada amostra, totalizando nove medidas para cada amostra, levando ainda em consideração que o equipamento utilizado já contabiliza uma média de 10 contagens para cada medida realizada. A medida das densidades ópticas das soluções foi realizada em espectrofotômetro UV-VIS (Beckman Couter DU-640) no comprimento de onda de 304 nm.

Figura 1: O sistema de dosimetria Fricke elaborado (arranjo de irradiação)



Fonte: Próprio Autor

A determinação da dose radial leva em consideração que a distância radial é igual a 1,5 cm e forma um ângulo de 90° com o eixo transversal da fonte. Para a esfera utilizada, o coeficiente de calibração suposto foi de $5,14 \times 10^3$, de modo que os resultados para as doses radiais foram calculados de acordo com a equação:

$$D_{(r=2,5,\theta=90)} = (\Delta DO \cdot 5,14 \cdot 10^3) / f_1 f_2 \text{ (cGy)} \quad (1)$$

$$f_1 = 1 + 0,0069(T_i - 25) \quad (2)$$

$$f_2 = 1 + 0,0012(T_i - 25) \quad ; \quad (3)$$

onde: $5,14 \cdot 10^3$ é o fator de calibração para o recipiente a ser utilizado;

T_1 : é a temperatura de medida e f_1 o fator de correção;

T_i : é a temperatura de irradiação e f_i é o fator de correção;

ΔDO : é a densidade óptica da solução irradiada.

Para se verificar o efeito do tempo de trânsito da fonte de radiação, as visitas realizadas nos Hospitais foram executadas para uma irradiação de 300 cGy, duas irradiações de 150 cGy para esta mesma dose total (300 cGy) e três irradiações de 100 cGy para dose total também de 300 cGy.

2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de dose absorvida na água observados nos hospitais dos Estados do Nordeste e Sudeste visitados, de acordo com a Tabela 1, em sua maioria apresentam uma diferença maior que 5% entre a dose prescrita e a dose medida estando em desacordo com as normas da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA). Apenas os Estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba, Piauí e Rio de Janeiro (1ª. Instituição) estão de acordo com as recomendações das normas internacionais.

Na Tabela 1 são mostrados os resultados obtidos na primeira visita aos hospitais visitados.

International Joint Conference RADIO 2014

Gramado, RS, Brazil, August 26-29, 2014

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA - SBPR

Tabela 1: Resultados obtidos para a dose absorvida pelo dosímetro na primeira visita aos Estados visitados para diferentes doses.

Estados visitados	Dose teórica (cGy)	Dose prática (cGy)	Erro (%)
Rio Grande do Norte	300	382,42	27,00
Bahia	300	319,97	6,65
Pernambuco (1ª. instituição)	300	313,62	4,54
Pernambuco (2ª. instituição)	300	121,82	40,33
Alagoas (1ª. Instituição)	300	361,00	20,00
Paraíba	300	293,49	2,70
Piauí	300	290,41	3,19
Ceará	300	315,68	5,00
Sergipe	300	235,20	21,60
Rio de Janeiro (1ª instituição)	150	146,52	2,32
Rio de Janeiro (2ª instituição)	150	113,39	24,41

Assim sendo, chegou-se a conclusão que Alagoas, Rio Grande do Norte e Bahia deveriam ser novamente visitados para se verificar se há possibilidade de obtenção de doses mais apropriadas, bem como averiguar o controle da qualidade nestas e outras Instituições. Foi realizada, então, uma outra visita aos estados de Pernambuco, numa 2ª. instituição, Rio Grande do Norte, Alagoas (2 diferentes instituições) e o Estado de Sergipe, cujos resultados podem ser vistos na Tabela 2.

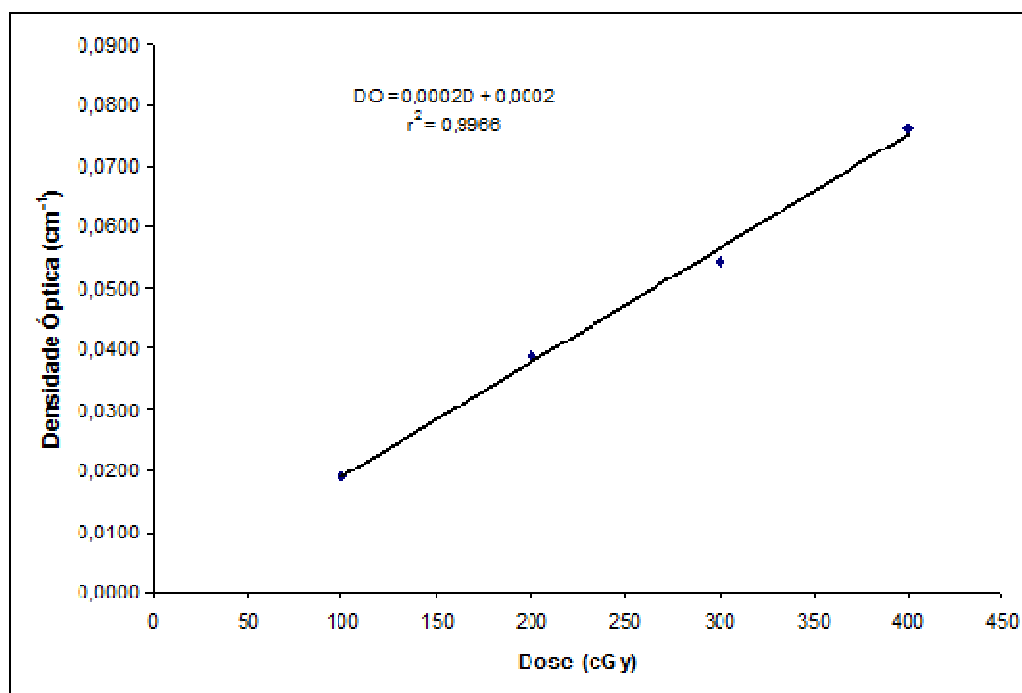
Na Tabela 2 são mostrados os resultados obtidos na segunda visita aos hospitais visitados.

Tabela 2: Resultados obtidos com o sistema dosimétrico elaborado numa segunda visita aos Estados, para diferentes doses.

Estados visitados	Dose teórica (cGy)	Dose prática (cGy)	Erro (%)
Alagoas (2ª. Instituição)	300	275,18	8,27
Alagoas (1ª. Instituição)	300	225,30	24,90
Pernambuco (1ª. Instituição)	300	299,00	0,33
Sergipe	100	103,50	3,50
Rio Grande do Norte	150	160,82	6,67
Pernambuco (2ª. Instituição)	300	285,00	5,00

A linearidade do sistema pode ser verificada de acordo com a Figura 2

Figura 2: Curva de Linearidade do sistema de dosimetria elaborado.



O efeito do tempo de trânsito da fonte de radiação das visitas realizadas em alguns Hospitais foram realizadas e os resultados desta avaliação são mostrados na tabela a seguir (Tabela 3):

Tabela 3: Resultados da avaliação do efeito do tempo de trânsito.

Irradiações	Média das doses Práticas (cGy)	Erro Percentual (%)
3x100cGy (PE)	355,22	18,40
2x150cGy (PE)	303,47	1,16
2x150cGy (Piauí)	321,00	7,25
1x300cGy (PE)	299,63	0,12

Foi constatado que o melhor resultado é obtido quando há um menor número de irradiações numa mesma amostra (menos paradas), de modo que a dose única de 300 cGy é melhor do que uma aplicação de doses separadas de 150 cGy e esta por sua vez é melhor que a aplicação de três doses de 100 cGy. Os resultados para a dose de 300 cGy foi uma média de 7 avaliações, e para as demais doses que também verificaram o efeito do tempo de trânsito foi uma média de quatro avaliações para ambas.

3. CONCLUSÕES

Visto que o sistema de dosimetria Fricke elaborado permite verificar falhas que possam ocorrer tanto na elaboração do planejamento, quanto no comando de envio ou do posicionamento adequado das fontes; as visitas realizadas pela segunda vez tinham a intenção de se obter doses mais apropriadas, entretanto isso não foi observado, para todas as instituições, exceto no Estado de Pernambuco e Sergipe. Portanto, deve-se averiguar o controle da qualidade nestas e outras

Instituições. Nota-se também que o sistema Fricke é prático e de baixo custo e se o balão for fabricado em plástico (pretensão futura) poderá ser enviado via postal para a maioria dos Estados Brasileiros permitindo assim, um maior controle do funcionamento de equipamentos de HDR em todo o país; e funcionaria como um corpo de prova para equipamentos desta natureza.

4. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à FACEPE e ao CNPq pelo financiamento e a Aristides Oliveira pela sua enorme colaboração neste projeto.

REFERÊNCIAS

CANTINHA, R. S. **Braquiterapia do colo de útero em Pernambuco: 1998 – 1999, uma amostragem.** Trabalho de conclusão de curso – Biomedicina – Universidade Federal de Pernambuco, 2005.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER, Prevenção do câncer do colo do útero. **Rev. Bras. Cancerol.**, v. 49, n. 4, p. 1, 2003.

LIMA, C. E. Q.; ROMAGUERA, A. M. A.; MOTA, D. L.; BITTENCOURT, A. M. Quantificação da ploidia de DNA em neoplasias intra-epiteliais invasivas do epitélio escamoso do colo uterino utilizando sistema de análise computadorizado de imagens-estudo de casos em Recife-2004. **Rev. Bras. Anal. Clin.**, v. 36, n. 3, p. 181-182, 2004.

MENDONÇA, G. A. S. Câncer na população feminina brasileira. **Rev. Saúde Publ.**, v. 27, n.1, p. 68 -75, 1993.

OLSZANSKI, A.; KLASSEN, N. V.; ROSS, C. K.; SHORTT, K. R. **The IRS Fricke Dosimetry System, Ionizing Radiation Standards, Institute for National Measurement Standards**, National Research Council, PIRS-0815, Ottawa, Ontario, 2002.

SOUZA, V. L. B.; AUSTERLITZ, C.; OLIVEIRA, A. Dispositivo para o Controle da Qualidade, por Dosimetria Fricke, de Fontes de ¹⁹²I Utilizadas no Tratamento por Braquiterapia. **III SITEN**, 2007, Anais, Recife, PE, 2007.

SOUZA, V. L. B.; CUNHA, M. S.; FIGUEIRÊDO, M. D. C.; SANTOS, C. D. A.; RODRIGUES, K. R. G.; LIRA, G. B. S.; SILVA, D. B.; MELO, R. T. O uso do sistema de dosimetria Fricke na determinação da dose absorvida de equipamentos de braquiterapia do Nordeste, **Rev. Bras. Fis. Med.**, v. 4, n. 3, p. 83-86, 2011.

International Joint Conference RADIO 2014

Gramado, RS, Brazil, August 26-29, 2014

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA - SBPR