

# DOSIMETRIA COM FILMES RADIOCRÔMICOS EM FEIXES DE ELÉTRONS ENTRE 0,5MeV E 1,5MeV - PARÂMETROS LIMITANTES

Rosemeire E. da Silva, Barbara M. Rzycki

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP  
Travessa R, 400 CEP 05508-900 Cidade Universitária, SP  
resilva@net.ipen.br

## RESUMO

Quando são usados feixes de elétrons, para a irradiação de materiais de pesquisa ou em aplicações industriais de porte, é necessário compor uma sistemática confiável de determinação da dose absorvida. No presente trabalho são discutidos alguns parâmetros de irradiação limitantes para os filmes de triacetato de celulose (CTA) em feixes de elétrons, cujas energias estejam entre 0,5 MeV e 1,5 MeV e correntes entre 0,3 mA e 15 mA. Os resultados preliminares, obtidos neste estudo específico, permitem fixar as limitações dos filmes CTA e adotar certos cuidados para o controle da qualidade das irradiações de materiais em fase de pesquisa e desenvolvimento, com vistas à expansão desse tipo de dosimetria de rotina para as instalações de porte industrial.

**Palavras chave:** feixes de elétrons, dosimetria, filmes de triacetato de celulose, irradiação de materiais.

## I. INTRODUÇÃO

A irradiação de materiais ou produtos industrializados está adquirindo mercado cada vez maior. A dosimetria, adequada e confiável, é condição necessária para garantir a qualidade dessas irradiações nos padrões internacionais e garantir como resultado, que o produto final possa ser repassado ao público. A dosimetria das radiações é aplicada no desenvolvimento, licenciamento de instalações e controle dos processos de irradiação.

Utilizar um material dosimétrico para qualquer tipo de radiação, requer uma série de cuidados técnicos que envolvem operações de comparação entre a sua resposta e aqueles valores conhecidos da grandeza que tenha sido previamente determinada por dosímetros primários.

A dose absorvida em feixes de elétrons de um acelerador, pode ser determinada com padrões primários como o calorímetro de grafita. Os valores de dose assim determinados, para diferentes parâmetros de operação desse acelerador, são usados para calibrar os dosímetros de rotina.

A utilização do calorímetro em todas as operações de irradiação de materiais encarece o processo. Por isso que o mesmo é usado esporadicamente para verificar se os parâmetros do acelerador não se modificaram e estão de acordo com os valores de dose medidos anteriormente. Em operações de rotina, opta-se usar dosímetros como os filmes radiocrômicos, para controlar esses processos de irradiação.

Atualmente o comércio de materiais dosimétricos permite escolher, num conjunto muito grande de produtos, aqueles que podem ser usados em feixes de elétrons. Um desses produtos é o filme de triacetato de celulose (CTA) que permite medir doses absorvidas entre 10kGy e 300kGy. É

usado também para determinar a energia da radiação incidente [1].

Dependendo do desgaste sofrido ao longo do tempo, alguns aceleradores são operados rotineiramente com certos cuidados para aumentar a longevidade do equipamento. Esta preservação é efetiva quando são usados parâmetros que estão entre os limites extremos de operação, isto é, entre os limites mínimo e máximo de energia e corrente. De certa forma, este fato favorece a prática da dosimetria das radiações com filmes, porque doses altas, muitas vezes requeridas pelos usuários para irradiar os materiais de interesse, obrigam os operadores do acelerador a fixar aqueles limites nos extremos. Como consequência, a maioria dos filmes existentes no mercado não podem ser usados como dosímetros de rotina para faixas de dose muito amplas [2]. Geralmente é necessário manter vários sistemas dosimétricos o que eleva os custos da irradiação.

Os materiais dosimétricos sólidos, como os filmes, podem sofrer alterações químico-físicas, quando submetidos a doses altas de radiação, o que pode causar danos na película, inviabilizando o processo de leitura e como consequência a determinação da dose [3,4].

O objetivo do presente trabalho é determinar os parâmetros limitantes do filme dosimétrico de triacetato de celulose, quando aplicado como dosímetro de rotina em aceleradores de elétrons com energia entre 0,5 e 1,5MeV.

Neste estudo foi usado o acelerador de elétrons Marca RDI (Radiation Dynamics Inc.), modelo DYNAMITRON, em que é possível variar a energia e a corrente do feixe. Este equipamento foi instalado, em 1978, na Coordenadoria de Aplicações na Engenharia e na

Indústria, um dos Departamentos do IPEN, para atender a comunidade científica e abrir novas perspectivas para a pesquisa aplicada de processos de irradiação industrial.

Foram determinados os intervalos de energia e corrente nos quais os filmes CTA podem ser usados como dosímetros de rotina, comparando-se os valores de dose obtidos por cálculo, correspondentes àqueles determinados com calorímetro de grafita, os recomendados pelo fabricante do filme e os determinados experimentalmente.

São discutidos os fatores que limitam a aplicação dos filmes CTA em função da operação desse acelerador, levando-se em conta a reprodutibilidade da operação de irradiação, e resultados preliminares obtidos em testes de irradiação de materiais diversos.

## II. METODOLOGIA

Os filmes CTA, fabricados pela Indústria Fuji são adquiridos em rolos de 100 m, com 0,8 cm de largura e 0,125mm de espessura média. Possuem densidade de 1,3g/cm<sup>3</sup> e sensibilidade para intervalos de dose entre 10kGy e 300kGy, conforme recomenda o fabricante. São práticos e podem ser manipulados com facilidade.

Neste trabalho cada valor de dose é resultado da média aritmética de três filmes processados para cada situação.

Uma das técnicas aplicadas para o processamento de filmes dosimétricos é a espectroscopia óptica que pode ser usada num intervalo espectral bastante amplo. Nas medidas ópticas foi usado o espectrofotômetro Marca Shimadzu, modelo UV 1601 PC.

A curva de calibração é traçada com o coeficiente k em função da dose absorvida, determinada com calorímetro de grafita [5]. O coeficiente k é o quociente entre a diferença dos valores de absorção  $\Delta A = A - A_0$ , e a espessura x (mm) do filme.  $A_0$  é a absorção determinada antes da irradiação e A é a absorção final após a irradiação.

A irradiação de materiais no acelerador é feita de modo dinâmico isto é, colocando-os sobre uma bandeja que se movimenta sob o feixe [1] de elétrons, com velocidades entre 1,68m/min e 6,72m/min. A Figura 1 mostra o arranjo usado nas irradiações. Não são feitas irradiações estáticas porque a janela do acelerador não possui um bloqueador de radiação (diafragma) que é aberto quando o acelerador entra em regime de equilíbrio, em função dos parâmetros de irradiação que foram fixados.

Os usuários que solicitam a irradiação de diversos tipos de produtos devem informar o valor da espessura e densidade do material trazido e finalmente a dose requerida. Se houver interesse, também a taxa de dose. Estes dados permitem verificar se o material pode ser irradiado com feixes de elétrons até 1,5MeV e, em caso afirmativo, quais as formas de irradiação e os parâmetros primários de operação a serem fixados no acelerador isto é, energia (E), corrente (I). Os parâmetros secundários como o número de vezes (P) em que o material deve passar sob o feixe, largura do feixe (L) e velocidade da bandeja (V) são calculados a partir da equação da dose total ( $D_T$ ). Da mesma forma procede-se com os filmes CTA. Para determinar esses valores, utiliza-se a metodologia de cálculo descrita à seguir.

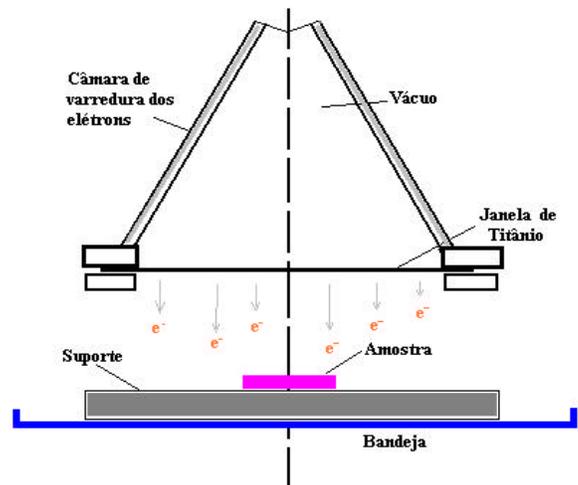


Figura 1. Arranjo de irradiação de materiais sob feixe de elétrons acelerados.

Determinação das Condições de Irradiação. A determinação dos parâmetros necessários para operar o acelerador de elétrons e obter a dose desejada no material são [6]:

**E** (MeV) = Energia dos elétrons incidentes;

**I** (mA) = Corrente do feixe de elétrons;

**L** (cm) = Largura da varredura do feixe;

**V** (m/min) = Velocidade de transporte da bandeja onde são posicionados os materiais;

**P** = Número de passadas do material sob o feixe;

**K** = Fator que corrige o valor da dose em função da energia dos elétrons incidentes;

**$D_T$**  (kGy) = Dose absorvida total no material irradiado;

**$D_T/t$**  (kGy/s) = Taxa de dose =  **$D'$** ;

**t** (s) = Tempo de exposição;

**x** (cm) = Espessura do material a ser irradiado;

**$\rho$**  (g/cm<sup>3</sup>) = Densidade do material a ser irradiado;

**$\sigma$**  (g/cm<sup>2</sup>) = Espessura correspondente à penetração de elétrons no material =  **$x \cdot \rho$** ;

**$\theta_e$**  (cm) = Diâmetro externo do material irradiado em caso de materiais cilíndricos;

**$\theta_i$**  (cm) = Diâmetro interno do material irradiado em caso de materiais cilíndricos;

**HVD** ( $\mu$ A) = Valor da corrente no divisor de alta voltagem;

**S** (%) = Varredura - prefixação dos parâmetros da máquina, correspondentes ao **L** selecionado.

Limites do Acelerador. O acelerador Dynamitron possui alguns limites de operação incondicionais que são adotados e que podem ser vistos na TABELA 1.

A corrente do feixe é fixada conforme o valor da energia dos elétrons, entre 0,501 e 1,5MeV, e pode variar entre 0,3 e 15mA, para efeito de conservação da máquina.

A equação que permite fixar os limites condicionais da máquina e vem dada por:

$$I \leq 80 \cdot (E - 0,5) + 5$$

TABELA 1. Limites de operação adotados para o acelerador Dynamitron RDI, IPEN-CNEN/SP.

	Mínimo	Máximo
I (mA)	0,3	15
E (MeV)	0,501	1,5
L (cm)	60	112

Profundidade de penetração dos elétrons em diversos materiais. A penetração  $\sigma$ , de elétrons com determinada energia e corrente, pode ser calculada para diferentes formas geométricas como:

1. Materiais Planos



$$\sigma = \rho \cdot x \text{ (g/cm}^2\text{)}$$

2. Materiais Cilíndricos



$$\sigma = \rho \cdot (\theta_e^2 - \theta_i^2) \text{ (g/cm}^2\text{)}$$

Formas de irradiação. A determinação dos parâmetros **HVD** e **E**, dependendo da penetração,  $\sigma$ , é feita de duas maneiras, isto é, dependendo das formas de irradiação:

Forma de irradiação 1: A penetração dos elétrons,  $\sigma$ , é igual à espessura do material, de modo que a dose no ponto de entrada e de saída são iguais. O material pode ser irradiado somente de um lado. Neste caso:

$$\text{HVD } (\mu\text{A}) = 25,6 + 187,8 \cdot \sigma$$

Forma de irradiação 2: A penetração dos elétrons,  $\sigma$ , é menor que a espessura do material. É necessário irradiá-lo dos dois lados, se plano, ou posições diametralmente opostas, se cilíndrico. Neste caso:

$$\text{HVD } (\mu\text{A}) = 19,0 + 79,7 \cdot \sigma$$

Para os dois critérios, **E** é obtido em tabelas, em função do **HVD** calculado anteriormente. A precisão dos valores é de uma casa decimal para o **HVD** e de tres casas decimais para o **E**.

Determinação do valor K. O valor K é determinado pela equação exponencial:

$$K = A \cdot e^{(B \cdot E)}$$

Onde:

$$A = 227 \text{ e } B = -0,427 \rightarrow \text{para } 1 \leq E \leq 1,50 \text{ MeV}$$

$$A = 315 \text{ e } B = -0,745 \rightarrow \text{para } 0,5 \leq E \leq 1,03 \text{ MeV}$$

Cálculo do número de passadas, P, sob o feixe de elétrons, em função da dose requerida pelo usuário. O número de vezes em que o material plano passa sob o feixe de elétrons pode ser determinado à partir do cálculo da dose por passada,  $D_1$ , que é dada pela equação :

$$D_1 = \frac{K \cdot I}{2 \cdot L \cdot V}$$

Portanto:

$$P = D_T / D_1$$

Os valores de  $D_T$  e **P** são diretamente proporcionais e estabelecidos conforme as formas de irradiação dos materiais, como pode ser visto à seguir:

1. Para materiais planos: (Formas de irradiação 1 e 2)

$$D_T = \frac{K \cdot I \cdot P}{2 \cdot L \cdot V}$$

Então, P será dado por:

$$P = \frac{D_T \cdot 2 \cdot L \cdot V}{K \cdot I}$$

2. Em materiais cilíndricos:

$$D_T = \frac{K \cdot I \cdot N \cdot P}{L \cdot V} \text{ (Forma de irradiação 1)}$$

$$D_T = \frac{K \cdot I \cdot N \cdot P}{2 \cdot L \cdot V} \text{ (Forma de irradiação 2)}$$

De onde se calcula o valor de **P** como foi feito anteriormente.

Velocidade da bandeja. A velocidade da bandeja pode ser ajustada em 1,68m/min, 3,36m/min ou 6,72m/min. Nas operações de irradiação, é usada freqüentemente a velocidade de 3,36 m/min.

Valores de dose calculados. A TABELA 2 mostra os valores de dose absorvida, para diferentes energias e valores de corrente, adotando-se uma velocidade de bandeja de 3,36 m/min .

A área achureada indica que o valor de corrente está fora dos padrões de operação. Por este motivo os valores de dose não são calculados e a máquina não é operada para os mesmos.

Exemplo de cálculo. Supondo que o usuário solicite uma dose de 120kGy e energia dos elétrons de 0,8MeV. Calcula-se então a corrente e se não houver nenhuma recomendação do usuário, usa-se a corrente que causa menos desgaste na máquina e permite irradiar o material em espaço de tempo mais curto. Desta forma é possível reduzir o custo da operação.

Para  $D_T = 120\text{kGy}$  e  $E = 0,8\text{MeV}$ , o HVD, calculado é de 53,1 $\mu\text{A}$  e a corrente de operação 1,5 mA.

Usando-se a largura de bandeja igual a 100cm (para reduzir o custo da operação) e velocidade de 3,36m/min, a varredura será de 54%.

A dose por passada,  $D_1$ , é igual a 3,878kGy, conforme a Tabela 2.

TABELA 2. Valores da dose, por passada do material plano sob o feixe de elétrons, para diferentes valores de energia e corrente, fixada a velocidade da bandeja em 3,36m/min.

E (MeV) → I (mA) ↓	0,501	0,800	1,000	1,201	1,500
	Dose (kGy/passada)				
0,3	0,968	0,775	0,667	0,607	0,534
0,5	1,614	1,292	1,112	1,011	0,890
0,8	2,582	2,067	1,780	1,618	1,424
1,2	3,873	3,100	2,670	2,427	1,952
1,5	4,842	3,875	3,337	3,034	2,670
3,0	9,683	7,750	6,674	6,067	5,339
4,5	14,525	11,625	10,011	9,100	8,009
6,0		15,500	13,348	12,124	10,679
7,5		19,375	16,685	15,167	13,348
9,0		23,250	20,022	18,201	16,018
10,5		27,125	23,359	21,234	18,688
12,0		31,000	26,696	24,268	21,357
13,5		34,875	30,033	27,301	24,027
15,0		38,750	33,371	30,335	26,696

Para atingir a dose de 120kGy requerida pelo usuário, deve-se passar o material 31 vezes sob o feixe (porque  $120\text{kGy} / 3,878\text{kGy} \cong 31$ ).

Os filmes CTA, dependendo do caso, são colocado adjacente ao material ou sobre o mesmo, e irradiados ao mesmo tempo. Após a irradiação a dose é calculada com o auxílio da curva de calibração. Se o valor calculado da dose é igual ao determinado pela calibração feita com o calorímetro, confirma-se a estabilidade do acelerador e desta forma a qualidade do processo de irradiação pode ser atestada.

### III. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como exemplo de uma dosimetria de rotina, são discutidos dois casos: irradiação de um material plano (placa de acrílico) e outro cilíndrico (tubo de ensaio de polietileno). No primeiro caso os filmes CTA foram colocados sobre uma placa que foi apoiada sobre um suporte de madeira (para evitar o retroespalhamento) e no segundo caso, sobre, dentro e sob o tubo, que também é apoiado sobre madeira.

Para obter os resultados foram usadas as curvas de calibração para os filmes CTA, conforme descrito no item II. A Figura 2 mostra as curvas de calibração para taxas de dose de 3,98 kGy/s e 5,63kGy/s.

#### 1. Primeiro caso prático:

Material placa de acrílico com 20 cm x 20 cm  
Dose requerida pelo usuário 80 kGy  
Material dosimétrico filme CTA

Condições de irradiação calculadas conforme o item II:

$X = 0,26\text{cm}$                        $L = 100\text{cm}$   
 $\rho = 1,17\text{g/cm}^3$                        $M = 0,79$   
 $\sigma = 0,3042\text{g/cm}^2$                        $\text{SCAN} = 79\%$   
 $E = 1,3\text{MeV}$                        $K = 119,59$

$I = 1,0\text{mA}$   
 $D = 1,78\text{kGy/passada}$   
 $N.^{\circ} \text{ de passadas} = 45$

$\text{HVD} = 92,3\mu\text{A}$   
 $D' = 3,98\text{kGy/s}$   
 $D_T = 80,1\text{kGy}$

A dose obtida experimentalmente para esta irradiação, nas condições requeridas pelo usuário, foi de  $80,39\text{kGy} \pm 0,11$ . A diferença porcentual do valor da dose requerida com a determinada foi de 0,48 % (<1%).

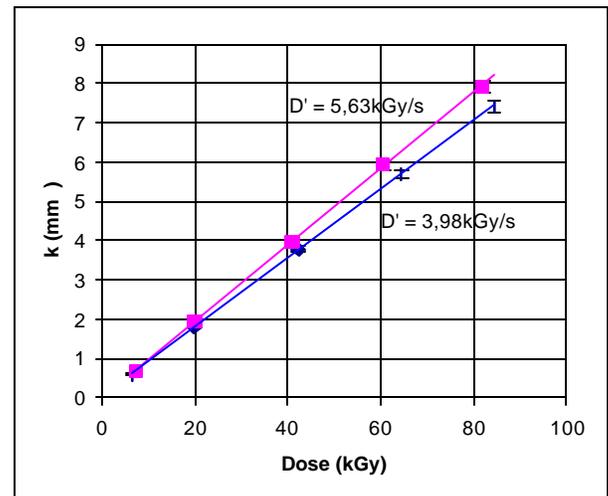


Figura 2. Curvas de calibração do filme CTA, para elétrons (a) com  $E = 1,3 \text{ MeV}$ ,  $I = 1 \text{ mA}$  e taxa de dose de  $3,98 \text{ kGy/s}$ .; (b) com  $E = 0,836 \text{ MeV}$ ,  $I = 1 \text{ mA}$  e taxa de dose de  $5,63\text{kGy/s}$ .

#### 2. Segundo caso prático:

Material tubo de ensaio de polietileno  
Dose requerida pelo usuário 50 kGy  
Material dosimétrico filme CTA

Condições de irradiação calculadas conforme o item II:  
Por ser um tubo usa-se os valores de  $\rho$ ,  $\theta_e$  e  $\theta_i$  para calcular o valor de  $\sigma$ .

$E = 0,836 \text{ MeV}$                        $K = 168,98$   
 $I = 1,0 \text{ mA}$                        $M = 0,56$   
 $\sigma = 0, \text{ g/cm}^2$                        $\text{SCAN} = 56\%$   
 $N.^{\circ} \text{ de passadas} = 20$                        $D = 2,52 \text{ kGy/passada}$   
 $\text{HVD} = 55,7 \mu\text{A}$                        $L = 100\text{cm}$   
 $D_T = 50,4 \text{ kGy}$                        $D' = 5,63 \text{ kGy/s}$

Distribuição dos filmes no tubo de ensaio:

- filme # 1 sobre o tubo (parte superior externa)
- filme # 2 dentro do tubo (parte superior interna)
- filme # 3 dentro do tubo (parte inferior interna)
- filme # 4 sob o tubo (parte inferior externa)

A TABELA 3 mostra os resultados obtidos para os quatro filmes, cujos comprimentos variaram conforme a sua posição na amostra. A absorção óptica dos filmes foi determinada em três pontos ao longo do seu comprimento, portanto cada resultado é média aritmética dos valores obtidos.

TABELA 3. Valores de dose média obtidos para a irradiação de tubo de ensaio de polipropileno.

N. <sup>o</sup> do filme	Dose média (kGy)	Desvio padrão
1	50,52	0,023
2	52,19	0,025
3	47,27	0,032
4	50,57	0,042

Da TABELA 3 pode-se observar que a dose na entrada do feixe de elétrons (parte superior do tubo) e na saída (parte inferior do tubo) apresenta um desvio médio de apenas 0,54kGy do valor de 50kGy, requerido pelo usuário (aproximadamente 1,07 %).

O filme CTA só pode ser usado para as condições da TABELA 2 se a dose requerida for de no mínimo 10 kGy. Isto significa que para  $E = 1,5\text{MeV}$  e  $I = 0,3\text{mA}$  o material deve passar sob o feixe de elétrons ao menos 19 vezes. Foi observada uma flutuação de 6,8% no valor mínimo da dose em repetidas medidas para a mesma condição de máquina.

Outro fato interessante foi a influência da temperatura da câmara de irradiação no filme. À medida que o número de passadas aumenta, se a energia dos elétrons é alta ( $>1,3\text{MeV}$ ), o filme para doses totais requeridas acima de 280kGy, fica rígido e só pode ser processado com muito cuidado para que não se esfale.

A repetibilidade e reprodutibilidade testadas diversas vezes com o filme CTA, foram adequadas ao processo industrial de irradiação de materiais. Observou-se flutuações entre 5 e 8% no valor das doses determinadas com as curvas de calibração.

#### IV. PARÂMETROS LIMITANTES

Alguns dos parâmetros limitantes dos processos de irradiação de materiais ou produtos, no acelerador de elétrons RDI, podem ser subdivididos em :

1. Limitações do acelerador: (a) A corrente é mantida abaixo de 15mA para conservação do equipamento, (b) A refrigeração da câmara de irradiação é adequada apenas para operações que resultem em doses baixas. Operações de longa duração e energia e corrente altos resultam em aquecimento da bandeja e do local onde se encontram os materiais sob irradiação. Este aquecimento pode provocar modificações na amostra e no material dosimétrico. Por este motivo, se é necessário usar energia e corrente altas para doses requeridas altas deve-se irradiar os materiais de forma interrupta. (c) A dose exata e precisa, requerida pelo usuário, muitas vezes não pode ser atendida porque os parâmetros da máquina são fixados uns em concordância com outros e podem ocorrer variações.
2. Limitações do filme CTA: (a) Para doses requeridas abaixo de 10kGy o filme não pode ser usado. Para doses acima de 250kGy, em operações de irradiação contínua e energia e corrente altas, o filme torna-se quebradiço e inviável. (b) Temperaturas acima de  $35^{\circ}\text{C}$  modificam a

resistência mecânica do filme e a sua cor [7]. (c) Os erros na determinação da dose para o limite inferior de 10kGy chegam a exceder 10% portanto dependendo do objetivo da irradiação o usuário pode perder informações. A repetibilidade e reprodutibilidade ficam afetadas. Neste caso sugere-se a utilização de outro tipo de filmes cujo intervalo de doses varia entre 10Gy e 150kGy, por exemplo os filmes de nylon FWT-60.20 da Marca Far West Technology [8]. (d) O ozônio formado durante as irradiações de longa duração com energias e corrente altos, pode afetar o filme CTA se o mesmo não estiver protegido.

#### V. CONCLUSÕES

A utilização de filmes dosimétricos, com amplo espectro de dose como o CTA, é uma forma prática de avaliar a dose de irradiação de rotina e verificar se ocorreram flutuações nos parâmetros da máquina, sem usar o calorímetro [5]. Entretanto, à medida que se aumenta a quantidade de passadas sob o feixe, ou seja, com o aumento do tempo de irradiação, o calor na câmara, provocado pela bandeja que absorve também a radiação, naturalmente se eleva a despeito do sistema de refrigeração existente. Neste caso o filme CTA pode sofrer certas restrições se a temperatura for maior que  $30^{\circ}\text{C}$ .

O filme CTA mantém-se mecanicamente estável até uma temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$  mas a radiação e o calor podem causar alterações físico-químicas que modificam o valor real da dose.

Nas irradiações citadas neste trabalho como exemplo, pode-se observar que os valores dos parâmetros de máquina calculados conforme o item II e fixados, permitiram atingir a dose requerida pelo usuário. Os filmes CTA distribuídos nos materiais resultaram em doses com um valor muito próximo confirmando a qualidade da irradiação.

Não se recomenda usar o filme CTA para determinação de doses próximas a 10kGy porque a repetibilidade e reprodutibilidade ficam afetadas. A flutuação observada pode às vezes exceder 10% e não permite atestar se ocorreram flutuações nos parâmetros da máquina. Em doses superiores a 250kGy este mesmo fato se repete porque o tempo de irradiação afeta a temperatura ambiente que modifica a resistência mecânica do filme.

Temperaturas na câmara de irradiação acima de  $35^{\circ}\text{C}$  devem ser evitadas porque não só podem afetar o material dosimétrico como o produto que o usuário traz para irradiar pode sofrer alterações físico-químicas.

O teor de ozônio também é outro limite para a utilização do filme CTA conquanto modifica as medidas de doses muito próximas de 300kGy.

Em ambos casos, influência da temperatura e influência do ozônio, podem ser diminuídos promovendo-se a irradiação interrompida e não contínua. Esta forma de irradiação encarece sobremaneira o processo porque exige maior tempo e requer mais do equipamento com as interrupções. Outra forma de irradiar poderia ser a de

modificar as condições de irradiação como corrente e a distância entre o material e a janela de titânio, por onde são emitidos os elétrons (ver Figura 1).

Os dados que vem sendo coletados com os filmes CTA, para diferentes valores de energia, corrente, velocidade de bandeja, distância bandeja-janela de Ti, entre outros, em diversos casos de irradiações de rotina, permitirão determinar uma faixa de valores de desvios padrão da dose média, para a qual poder-se-á atestar a boa qualidade das irradiações e considerar o equipamento do acelerador como estável.

Geralmente o pesquisador não faz exigências quanto à forma de irradiação ou à taxa de dose, mas com os efeitos causados no material pesquisado. Porém, em casos em que deseja relacionar os efeitos da radiação com as modificações físico-químicas no material, e esta é a prática mais comum, os cuidados durante o processo devem ser redobrados. Portanto a determinação da dose de irradiação exata e precisa deve ser feita com materiais dosimétricos adequados e de qualidade atestada.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores são muito gratos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo apoio financeiro ao Projeto de Pesquisa FAPESP N<sup>o</sup> 96/5942-7 que deu origem ao presente trabalho e à bolsa de Mestrado da Srta. Rosemeire E. da Silva. Agradecem também ao Dr. Leonardo G. de Andrada e Silva pelo incansável apoio institucional que permite o bom andamento da pesquisa, bem como aos engenheiros Elizabeth S.R. Somessari e Carlos G. da Silveira, operadores do acelerador.

#### REFERÊNCIAS

- [1] RZYSKI, B. M., YAMASAKI, M. C. R., DE LIMA, V. **Electron Beam Parameters Determination by means of Celulose Triacetate Dosimetric Films.** VI Congresso Geral de Energia Nuclear, CGEN, 27-31 Out / 1996, Rio de Janeiro, R.J., Brasil, 1996.
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, **High dose Dosimetry**, STI/PUB - 671, IAEA, Vienna, 1985.
- [3] AMERICAN STANDARD AND TESTING MATERIALS **Standard practice for use of a radiochromic film dosimetry system**, ASTM Designation E:1275-88, Subcommittee E10.01, 1992.
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, **Absorbed dose determination in photon and electrons beams**, Technical Reports Series - TRS 277, IAEA, Vienna, 1987.
- [5] PEREZ, H. B. **Desenvolvimento de um calorímetro para dosimetria de feixes de elétrons de 1,5 MeV**. Tese de Doutorado, IPEN-CNEN/SP, SP, 1994.
- [6] SZULAK, C., **Determinação das condições de irradiação no acelerador de elétrons Dynamitron RDI.** Comunicação pessoal, IPEN-CNEN/SP, 1990.
- [7] TANAKA, R., MITOMO, S., SUNAGA, H., MATSUDA, K. & TAMURA, N. **Manual on CTA film dosimeter**, JAERI-M82-033, 1982.
- [8] RZYSKI, B.M., SEGURA PINO, E., ANDRADE E SILVA, L. G. **Some physical properties of dosimetric materials used in industrial irradiation.** Proceed.Symp.Nucl.Rad.for Development of Latin America, LAS/ANS, Rio de Janeiro, 1996.

#### ABSTRACT

When electron beams are used for materials irradiation research or are used in important industrial applications, it is necessary to compose a confidential systematic of absorbed dose determination. In the present work some limiting irradiation parameters of cellulose triacetate films (CTA) are discussed, for electron beams with energies between 0,5MeV and 1,5MeV and currents between 0,3mA and 15mA. The preliminary results in this specific situation, allow to determine the limitations of CTA films situation and adopt certain cares of the quality control of the irradiations, for the expansion of this kind of routine dosimeters in important industrial installations.