

O USO DE PVC NO TRATAMENTO DO CÂNCER

O uso de plastisol de policloreto de vinila(PVC), como tecido equivalente no tratamento de pacientes com câncer

Atualmente, na radioterapia de pacientes com câncer, utilizam-se amplamente os aceleradores lineares que produzem feixes de fótons e elétrons de alta energia. Uma característica importante desses feixes é que a dose liberada no tecido irradiado não tem seu valor máximo na superfície, mas aumenta conforme o poder de penetração do feixe, até uma profundidade que varia 0,5 a 3,0 cm da pele. A técnica de irradiação, em geral, consiste em dirigir um ou mais feixes para o volume do tumor, de modo a produzir uma distribuição uniforme da intensidade da radiação dentro do tumor, caindo a valores mínimos nas regiões circunvizinhas.

No caso da radioterapia de tumores superficiais, muitas vezes é exigido uma superficialização do ponto de dose máxima, seja para maximizar a dose no tumor ou mesmo para limitar a penetração do feixe, preservando as estruturas posteriores ao tumor. Isso é feito utilizando-se materiais simuladores de tecido humano, como os "bolus", com espessura variável.

Nesse trabalho, foi desenvolvido um material equivalente ao tecido mole para ser usado como "bolus" em radioterapia, principalmente para superficializar a dose em tratamentos com fótons ou elétrons. A característica deste material é que ele é transparente e flexível, tem boa resistência à radiação, tem baixo custo, além de ter boas propriedades radiológicas.

Dentre as inúmeras resinas plásticas estudadas, optou-se pelo poli(cloreto de vinila)-PVC devido à sua versatilidade e boa relação custo/benefício. A resina de PVC é um pó muito fino, de cor branca, de elevado peso molecular sendo resultante da polimerização do cloreto de vinila, como mostra a Figura 1.

Dois recursos naturais, sal e petróleo, são a base para a fabricação do PVC. Pela refinação do petróleo, obtém-se o etileno e, por eletrólise, que é a reação química resultante da passagem de uma corrente elétrica pela água salgada (salmoura), obtém-se o cloro.

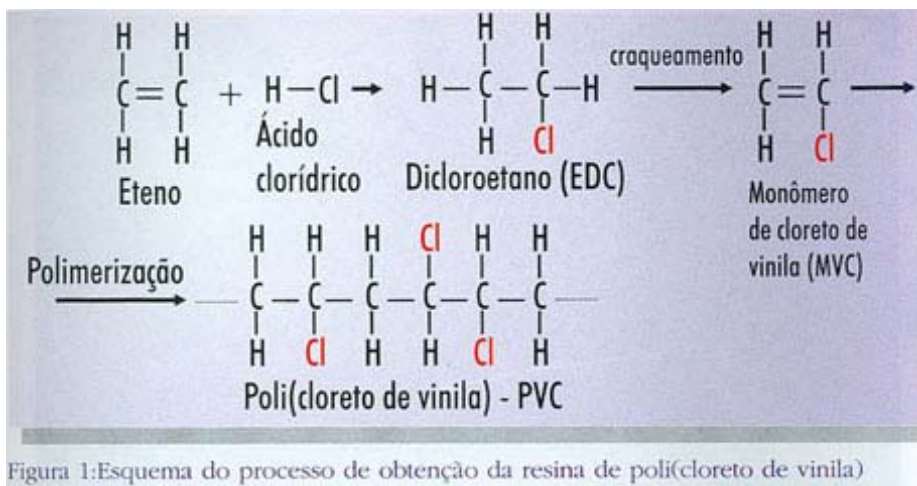
Existe uma grande quantidade de aditivos (plastificante-óleos, estabilizantes, pigmentos entre outros) que, ao serem adicionados ao PVC tornam o material plástico de maior diversidade, permitindo a confecção de produtos com a transparência do vidro ou com barreira à luz, ou ainda com a flexibilidade da borracha ou a rigidez necessária para se fazer esquadrias de janelas.

Karin dias salam
consultora do instituto do PVC
mestrado e doutorado - UNICAMP
São Paulo-SP

Wagner Gonçalves Maia
Físico-médico
Centro de atenção integral à saúde
da mulher (CAISM)
CEB-UNICAMP - Campinas-SP

José Renato Rocha
Físico-médico
centro de Atenção Integrada à Saúde
da Mulher (CAISM)
CEB-Campinas-SP

Lúcia H.I. Mei
Departamento de Tecnologia de
Polímeros - FEQ-UNICAMP



MATERIAIS E MÉTODOS

O novo material foi obtido a partir da dispersão do pó de poli(cloreto de vinila)-PVC no plastificante ftalato de 2-dietil-hexila(DOP), formando uma pasta, que ao ser aplicada a uma temperatura de 160°C, transforma-se em um produto transparente e flexível.

Utilizou-se do método de deslocamento em colunas de água para se determinar a densidade específica deste produto.

Para a confecção das placas de diferentes espessuras, foram utilizados moldes de vidro plano colocados paralelamente, com espessadores, o que produz a espessura desejada.

A estabilidade à radiação foi verificada submetendo-as à irradiação em feixes de cobalto 60 até uma dose de 78kGy, e nenhuma variação das propriedades físicas foi verificada. Este trabalho foi desenvolvido por Pezzin e colaboradores, e não se constatou nenhum tipo de alteração do produto com a radiação.

De acordo com Johns e colaboradores, os simuladores de tecido devem ser materiais que absorvam e espalhem a radiação igual ao tecido humano. Spiers e colaboradores, em 1939, mostraram que os materiais simuladores possuem a mesma densidade e contém o mesmo número de elétrons por grama. Como a água e o tecido humano possuem estas características, tendo a mesma absorção de fótons e elétrons, desde então os protocolos de dosimetria de feixes de raios X e gama, na faixa de energia usada em radioterapia, assim como em dosimetria de elétrons a altas energias, consideram a água como material padrão de referência. Portanto, melhor será o bolus quanto mais próximo da água for seu comportamento com relação à radiação.

Para efeito de cálculo de algumas das propriedades determinadas neste trabalho houve a necessidade de se determinar a porcentagem em peso dos elementos contidos no material bolus vinílico. Através de uma análise química elementar, foi determinada a quantidade de carbono e hidrogênio, e usando-se o sistema Schonninger determinou-se a quantidade de cloro; a quantidade de oxigênio foi determinada por exclusão.

Para verificar-se a equivalência da água foram estudadas as propriedades radiológicas, das quais algumas foram determinadas teórica e experimentalmente, assim como outras determinadas apenas teoricamente. Também foi feita uma medida para se verificar o erro causado na dose absorvida pela introdução do material no feixe, simulando a situação de tratamento.

Determinou-se as propriedades radiológicas dentre as quais o número atômico efetivo e o stopping power em relação à água em feixes de elétrons que consiste no poder de frenagem do material com relação a radiação.

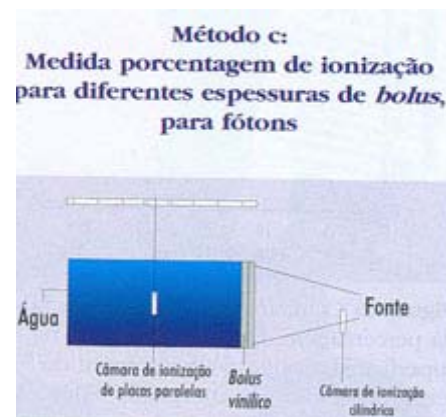
Em algumas determinações experimentais foram utilizados os métodos (a), (b) e (c). Nestes métodos foi utilizada uma câmara de placas paralelas (PTW-Markus Chamber), para medidas em elétrons e fótons 10MeV, e para o cobalto 60 foi utilizada uma câmara cilíndrica de 0,6cc (PTW 23333).



Inicialmente foi determinada a curva da % de ionização para elétrons em função da profundidade em acrílico e água. Substituindo-se o acrílico pelo bolus foi obtida a curva da % de ionização para elétrons em função da profundidade de bolus. Utilizando-se fatores de correção obteve-se as curvas de porcentagem dose profunda (PDP) da água e do bolus.



A câmara foi posicionada a uma profundidade correspondente ao ponto máximo de ionização na água. Neste caso placas do material foram colocadas sobre a câmara substituindo-se a água pelo bolus.



A câmara foi posicionada a profundidades de 2,5cm (ponto de máximo), 5cm e 10cm em um fantom com água. Aplicando-se feixes de fótons 10MeV e substituindo-se diferentes espessuras de água pelo material foi obtida a % de ionização.

Resultados

Tabela 1: Porcentagem em peso dos elementos do bolus vinílico

ELEMENTOS	PORCENTAGEM EM PESO (%)
Carbono	66,38
Hidrogênio	8,85
Cloro	11,40
Oxigênio	24,48

Densidades específicas do *bolus* vinílico, acrílico e água, são mostradas na tabela 2, sendo que as do acrílico e água foram obtidas da literatura. Observa-se que os valores destas medidas foram muito próximos.

Tabela 2: Densidade específica do *bolus* vinílico, acrílico, água e músculo

MATERIAL	DENSIDADE (g/cm ³)
<i>Bolus</i> vinílico	1,05
Acrílico	1,105
Água	1,00
Músculo	1,04

As curvas de absorção, obtidas pelo método (a), são mostradas nas figuras 2 e 3, para energias de 5 e 12MeV do material desenvolvido, acrílico e da água, com a correção da densidade, sendo que a curva da água foi obtida a partir do acrílico. Observa-se que as curvas do *bolus* e da água tiveram comportamentos muito próximos.

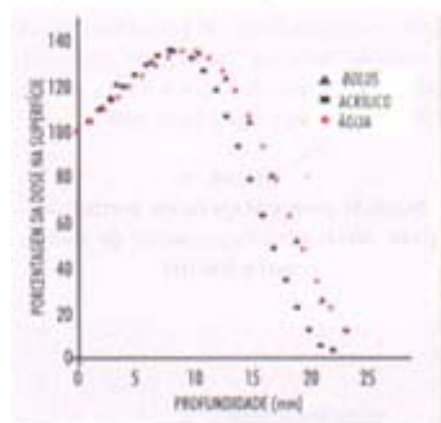


Figura 2: Comparação feita pela medida da porcentagem da dose absorvida na superfície ao longo do raio central do eixo de elétrons de energia de 5MeV, com correção da densidade.

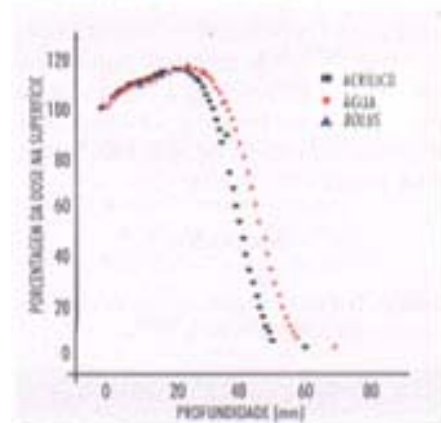


Figura 3: Comparação feita pela medida da porcentagem da dose absorvida na superfície ao longo do raio central do eixo de elétrons de energia de 12MeV, com correção da densidade.

Foto: Lau Polinésio



A tabela 3 mostra os resultados obtidos pelo método (b), para medida para ionização, para o cobalto 60, tanto para o *bolus* vinílico como a água.

Tabela 3: Medida da ionização para o cobalto 60, para água e o *bolus* vinílico, sendo que CI = profundidade da câmara de ionização; e B = profundidade do *bolus* vinílico.

MEDIDA DA IONIZAÇÃO PARA COBALTO 60			
ENERGIA	ÁGUA	BOLUS	DESVIO
Cobalto 60 (CI=5; B=2,0)	0,6098	0,6078	0,01%

A tabela 4 mostra os resultados obtidos através do método (b), para medida da ionização, para elétrons, para *bolus* vinílico e água, onde pode-se observar os baixos desvios.

Tabela 4: Medidas da ionização, em feixes de elétrons, para o *bolus* vinílico e a água, respectivamente. Sendo que CI = profundidade da câmara de ionização (em cm); B = profundidade do *bolus* vinílico (em cm).

MEDIDA DA IONIZAÇÃO PARA ELÉTRONS (10 ⁻⁴ C)			
ENERGIA	ÁGUA	BOLUS	DESVIO (%)
6 MeV (CI=1,3; B=1,0)	0,1976	0,1978	0,10
8 MeV (CI=1,8; B=1,5)	0,1761	0,1758	0,10
10 MeV (CI=2,4; B=2,3)	0,1783	0,1770	0,09
12 MeV (CI=2,4; B=2,3)	0,1809	0,1807	0,10

FEIXE	STOPPING POWER
6 MeV	1,037
8 MeV	1,022
12 MeV	1,038
Médio	1,032
Desvio	± 0,8%

O desvio apresentado está compatível ao erro experimental, podendo-se adotar o valor médio acima.

No feixe de fótons de 10MeV constatamos que o efeito de colocar o *bolus* em contato com a câmara de ionização perto ou longe desta é desprezível.

Conclusão

Os ensaios realizados até o momento deram resultados satisfatórios, mostrando que o material é eficiente para ser utilizado para superficializar a dose em tratamentos com elétrons na faixa de 5 a 12MeV e com raios gama de cobalto 60.

Em feixes de fótons de 10MV, o efeito da substituição das camadas de água de espessura variável por igual espessura de *bolus* de (1,3 a 4,8) foram investigadas no ponto de máximo (2,5 cm) a 5 e 10cm de profundidade e as diferenças ficaram abaixo de ± 0,8%.