

Programa para determinação da Camada Semi-redutora (CSR) e filtração equivalente em Al e Pb.

Introdução: A camada semi-redutora (CSR) é um parâmetro importante na determinação da qualidade dos feixes radiológicos. O primeiro e o segundo HVL são definidos como a espessura de material absorvedor, alumínio no caso deste trabalho, necessária para reduzir a intensidade da radiação à metade e a um quarto do valor inicial respectivamente. Diversas metodologias podem ser adotadas para a determinação da CSR's [1,2,3], todas elas, no entanto, constituem basicamente no ajuste de uma função matemática que possa descrever o comportamento da relação entre a Intensidade do feixe (ou número de fótons) de radiação X e espessura de material absorvedor.

Estas mesmas funções matemáticas podem ser empregadas para a determinação de espessuras equivalentes em alumínio, por exemplo, de diversos materiais componentes de um sistema radiológico, ou mesmo espessuras equivalentes em chumbo de materiais empregados em radioproteção.

O ajuste de funções matemáticas exige, no entanto, várias considerações relacionadas à qualidade do resultado (teste de χ^2 , avaliação de resíduos ponderados, etc.) para que se possa confiar nos resultados posteriormente interpolados. Isso normalmente demanda tempo, exige muitas vezes ferramentas complexas de ajuste e implica em maior complexidade na determinação das incertezas dos valores encontrados.

Objetivo: A prática laboratorial para ensaios de segurança elétrica de equipamentos médicos utilizados em radiologia diagnóstica que requerem a determinação da CSR e espessuras equivalentes de materiais atenuadores [4,5,6] exige resultados confiáveis que possam ser automatizados para redução do tempo de execução de ensaios, reprodutibilidade do método de ensaio, cálculo e determinação das incertezas de medição associadas. O ajuste de funções matemáticas complexas normalmente implica em aumento de tempo de ensaio e grande esforço na criação de metodologias que reduzam as dificuldades de padronização dos métodos.

Desta forma, a maneira encontrada para reduzir o tempo de ensaio foi o emprego de uma função de interpolação entre dois pontos mais próximos aos valores desejados de CSR's ou espessuras equivalentes. Este processo pode ser feito por uma interpolação linear simples ou interpolação logarítmica [ACR], o que permitiu a elaboração de um programa computacional envolvendo os dois processos de ajuste de forma fácil e rápida, garantindo a reprodutibilidade da metodologia de cálculo e ainda o tratamento das fontes de incerteza envolvidas no processo [7,8].

Para que estes métodos apresentem valores confiáveis, no entanto, alguns critérios de levantamento da curva de atenuação do feixe de raios X devem ser adotados [8].

O Programa: Para que seja possível viabilizar as metodologias de cálculo das CSR`s e espessuras equivalentes, dois programas em linguagem JAVA “HVLCalc.jar” e “EQUCalc.jar” foram desenvolvidos.

Os programas trabalham com arquivos de dados de intensidade e espessuras de material atenuador para estabelecimento das curvas de atenuação em dois formatos possíveis:

Primeiro formato: Uso de espessuras determinadas ponto a ponto.

Espessura (mm)	Incerteza espessura (mm)	Intensidades (máximo 20 intensidades) (unidade leitura)			
Exemplo:					
0.0	0.0	456.3	456.3	456.4	456.9
0.52	0.08	329.5	328.5	329.9	328.5
0.61	0.089	300.4	300.6	300.0	299.5

Segundo formato: Utilizando a codificação dos filtros.

Esta codificação segue uma regra de utilização do número seqüencial dos filtros precedidos de letras “C” maiúsculas (Código), sendo que a espessura zero (sem material), deve ser indicada como filtro zero (C0).

Código filtro	Intensidades (máximo 20 intensidades) (unidade leitura)			
Exemplo:				
C0	456.3	456.3	456.4	456.9
C1C2C3	329.5	328.5	329.9	328.5
C8C1	300.4	300.6	300.0	299.5

No primeiro formato, as incertezas das espessuras são provenientes do arquivo de entrada (este deve apresentar as incertezas combinadas dos filtros, k=1).

No segundo formato, as incertezas serão combinadas com as informações dos filtros que são inseridas e também podem ser gravadas no programa.

O programa “HVLCalc.jar” possibilita a execução do cálculo das CSR`s e da incerteza expandida do PPV e seu fator de abrangência k^1 de acordo com as recomendações do ISO Guia para expressão da incerteza de medição ^[9].

Em sua tela inicial é possível visualizar a entrada de dados do menu Arquivo, onde os arquivos com os dados armazenados são carregados. Vários arquivos podem ser carregados ao mesmo tempo para que os cálculos possam ser efetuados e os mesmos são apresentados em uma lista para que se possa garantir que os arquivos selecionados são os de interesse.

A tabela de entrada de erros acessível pelo menu Erros Sistema, apresenta toda entrada de dados de filtros (caso utilizado o modelo de entrada de arquivo codificado) e do sistema dosimétrico, onde os dados para os cálculos de incerteza

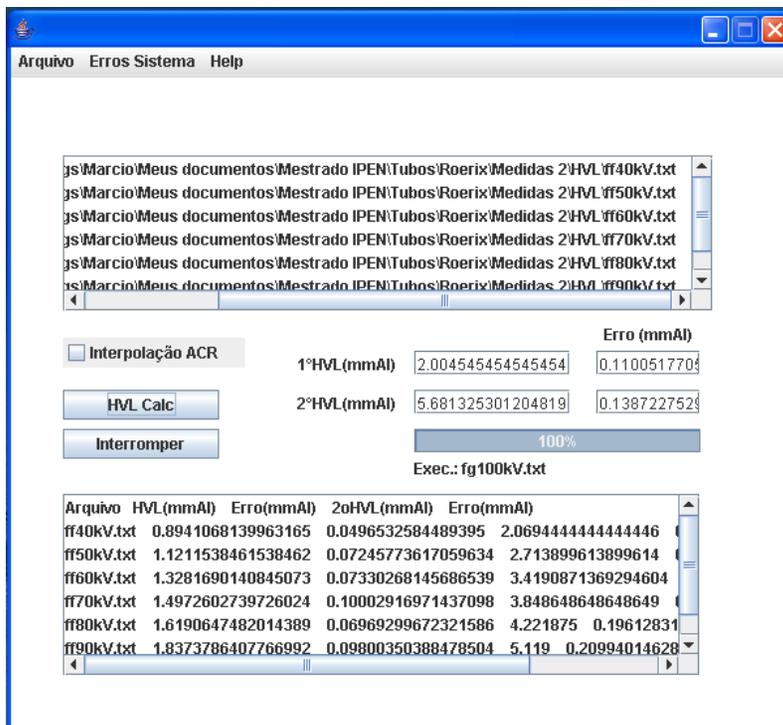
¹ As rotinas de cálculo do fator de abrangência para determinação da incerteza expandida em 95% estão em elaboração.

podem ser indicados em percentual ou em unidade de leitura. Todas essas informações podem ser gravadas para preservar as configurações adotadas em cada ensaio.

Espessura dos Filtros		Incerteza (k = 1)		Espessura dos Filtros		Incerteza (k = 1)	
C1	0.1 mmAl	± 0.01 mmAl		C11	1.0 mmAl	± 0.01 mmAl	
C2	0.1 mmAl	± 0.01 mmAl		C12	1.0 mmAl	± 0.01 mmAl	
C3	0.1 mmAl	± 0.01 mmAl		C13	0.0 mmAl	± 0.0 mmAl	
C4	0.1 mmAl	± 0.01 mmAl		C14	0.0 mmAl	± 0.0 mmAl	
C5	0.1 mmAl	± 0.01 mmAl		C15	0.0 mmAl	± 0.0 mmAl	
C6	1.0 mmAl	± 0.01 mmAl		C16	0.0 mmAl	± 0.0 mmAl	
C7	1.0 mmAl	± 0.01 mmAl		C17	0.0 mmAl	± 0.0 mmAl	
C8	0.5 mmAl	± 0.01 mmAl		C18	0.0 mmAl	± 0.0 mmAl	
C9	0.5 mmAl	± 0.01 mmAl		C19	0.0 mmAl	± 0.0 mmAl	
C10	2.0 mmAl	± 0.01 mmAl		C20	0.0 mmAl	± 0.0 mmAl	

Dados Sistema Dosimétrico			
Unidade de leitura	mR/min	Resolução	1.0
		k =	:075688772
Grandeza Influência	Incerteza	k =	Grandeza Influência
Exatidão	4.0 %	:075688772	
Dependência Energética	0.5 %	:075688772	Incerteza k =
Dependência Taxa	0.5 %	:075688772	0.0 ul 2.0
	0.0 %	:075688772	Grandeza Influência
	0.0 %	:075688772	
	0.0 %	:075688772	Incerteza k =
	0.0 %	:075688772	0.0 ul 2.0

Após os dados serem inseridos, o procedimento de cálculo pode ser iniciado. O andamento da execução dos cálculos, que pode ser interrompido a qualquer momento, é exibido, mostrando o arquivo de dados em execução e os parâmetros calculados. A interpolação logarítmica [ACR,⁷]
Ao final de todos os cálculos, uma lista com os valores finais das CSR's e incertezas combinadas relacionadas a seus respectivos arquivos é exibida. Estes dados são armazenados no programa, podendo ser salvos em um arquivo de saída por meio do menu Arquivo.



O mesmo processo ocorre com o programa "EQUCalc.jar". Neste programa, a entrada de dados que utiliza os mesmos padrões abordados anteriormente, é efetuada através de um único arquivo contendo a curva de atenuação do material absorvedor de interesse que é exibido no quadro superior da tela inicial durante a execução do ensaio.

O programa foi inicialmente desenvolvido para espessuras equivalentes em alumínio, mas pode ser utilizado para outros materiais como o chumbo.

A entrada de configuração de incertezas dos parâmetros de intensidade (sistema dosimétrico) e espessuras de material absorvedor é a mesma do programa "HVLCalc.jar" (Os dois programas compartilhas a mesma classe Java de entrada de dados de erros "SystemErrors.java").

Uma diferença no programa “EQUCalc.jar”, é que o técnico irá estabelecer cada material o qual ele pretende calcular a equivalência em material absorvedor, incluindo ou não na lista final de materiais a serem registrados.

Todas as anotações efetuadas pelo técnico (máximo de 20 intensidades por material em até 10 materiais por ensaio) serão armazenadas para registro do ensaio, podendo ser salvas em um arquivo de saída para posterior processamento. O programa utiliza somente campos preenchidos para cálculo e propagação de erros.

Arquivo Erros Sistema Help

Curva de atenuação

Entradas

Material: Unidade Dose:

Valores de Dose/Taxa

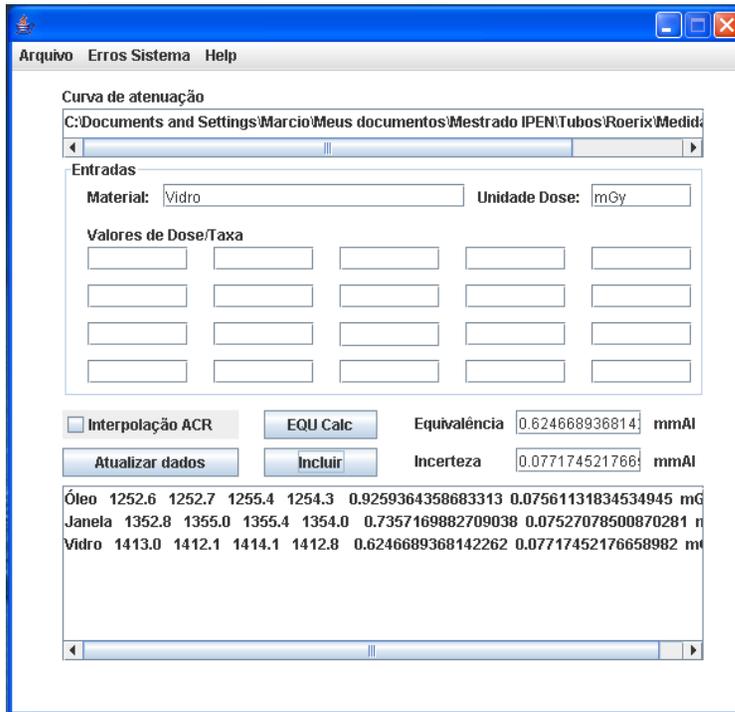
<input type="text"/>				
<input type="text"/>				
<input type="text"/>				
<input type="text"/>				

Interpolação ACR EQU Calc Equivalência mmAl

Atualizar dados Incluir Incerteza mmAl

Este desenvolvimento é parte integrante da Dissertação de Mestrado:
Estudo da relação entre a carga de trabalho e a rugosidade da superfície de anodos de tubos de raios-X utilizados em radiologia diagnóstica

IPEN/CNEN – USP
Aluno: Márcio Bottaro
Orientador: Maurício Moralles



Detalhamento dos cálculos efetuado pelos programas:

Os cálculos de interpolação são executados de acordo com as metodologias anteriormente mencionadas [7,8].

A propagação de erros segue a regra geral de propagação de erro [10], seguindo os critérios estabelecidos pelas atuais normas vigentes[9].

Conclusão: Os resultados apresentados em testes com diversas curvas de atenuação para determinação das CSR's e espessuras equivalentes mostrou-se satisfatório em agilizar o processo de ensaio segundo as normas aplicáveis [6]. As duas metodologias de interpolação (linear e logarítmica) apresentam resultados equivalentes dentro das incertezas calculadas, desde que o critério de interposição de maior número de filtros com espessuras menores nas áreas de interesse seja seguido[7,8].

¹ ARCHER, BR; THORNBY, JI; BUSHONG, SC. *Diagnostic X-Ray Shielding Design Based on an Empirical Model of Photon Attenuation*. Health Phys. 44(5), 507- 517 (1983).

² JOHNS, HE; CUNNINGHAM, JR. *The Physics of Radiology*. 4. ed., Illinois: Charles C Thomas, 796 p. (1983).

³ GUIMARÃES, CC. *Monitoração individual externa: Experimentos e simulações com o método de Monte Carlo*. Tese (doutorado em Física) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo. 211 p. (2005).

⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Equipamento eletromédico – Parte 2-7: Prescrições particulares para segurança de geradores de alta tensão de geradores de raio X para diagnóstico médico*. ABNT, Rio de Janeiro, 2001 (NBR IEC 60601-2-7).

⁵ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Equipamento eletromédico – Parte 2-28: Prescrições particulares para segurança aplicáveis aos conjunto-fontes de radiação X e aos conjunto-emissores de radiação X para diagnóstico médico*. ABNT, Rio de Janeiro, 2001 (NBR IEC 60601-2-28).

⁶ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Equipamento eletromédico – Parte 1: Prescrições gerais de segurança 3. Norma Colateral: Prescrições gerais para proteção contra radiação de equipamentos de raios X para fins diagnósticos*. ABNT, Rio de Janeiro, 2001 (NBR IEC 60601-1-3).

⁷ Gregory, KJ; Pattison, JE; Bibbo, G. *Uncertainties of exposure-related quantities in mammographic x-ray unit quality control*. Med Phys. 33 (3), 687-698 (2006).

⁸ Gilmore, BG; Cranley, K. *Errors in the determination of total filtration of diagnostic x-ray tubes by the HVL method*. Phys. Med. Biol. 35(7), 999-1015 (1990).

⁹ Guia para a expressão da incerteza de medição – Terceira Edição Brasileira do *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurements* – ABNT/INMETRO

¹⁰ HELENE, OAM; VANIN, VR. *Tratamento Estatístico de Dados em Física Experimental*. São Paulo: Edgard Blücher, 105 p. (1981).