

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES –

PROTEÇÃO RADIOLÓGICA I

Professor: Dr. Vinícius Saito Monteiro de Barros

Aluno: José Ricardo Silvério dos Santos

### RELATÓRIO AULA PRÁTICA – ATENUAÇÃO DA RADIAÇÃO GAMA

Objetivo: Verificar a atenuação da radiação gama com absorvedores de cobre e determinação da camada sem-redutora.

#### **Material utilizado:**

Detector: Detector de Germânio Hiper puro HPGe.

Fonte radioativa emissora Gama – Cs-137; Atividade 1u Ci (Maio 1998).

Conjunto de absorvedores de Cobre de 2mm.

Suporte para a fonte.

Software para análise.

#### **Procedimento experimental:**

1. Sem o absorvedor entre a fonte de Cs-137 e o detector, posicionar a fonte sobre o suporte dentro do espectrômetro.
2. Realizar 3 medidas para um tempo de contagem ajustado para 1 min.
3. Posicionar o Absorvedor de cobre sobre o detector.
4. Repetir a contagem de 1 min, três vezes.
5. Aumentar a espessura dos amortecedores por empilhamento de 2mm e repetir as 3 contagens de 1 minuto cada.
6. Calcular a média e o desvio padrão das contagens para cada valor de espessura.
7. Com papel MONO-LOG plotar o gráfico das contagens pela espessura do absorvedor de cobre.
8. Determine o valor do coeficiente de atenuação linear mássico ATRAVÉS DO COEFICIENTE ANGULAR DA RETA DE MELHOR AJUSTE e a camada semirredutora.
9. Comparar o valor obtido com os resultados do NIST:

<http://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/ElemTab/z29.html>



Fig.1. Detalhe da câmara do detector de HPGe e do suporte com a amostra de Cs-137.



Fig.2. Suporte com a amostra de Cs-137 inserida na câmara do detector e absorvedor de cobre.

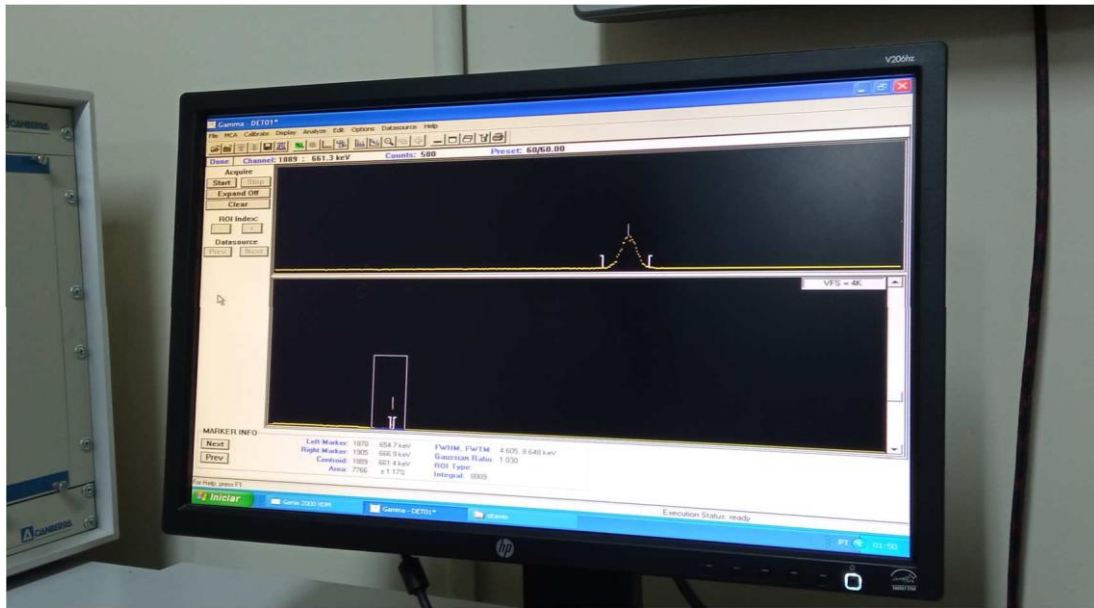


Fig.3. Software para análise.

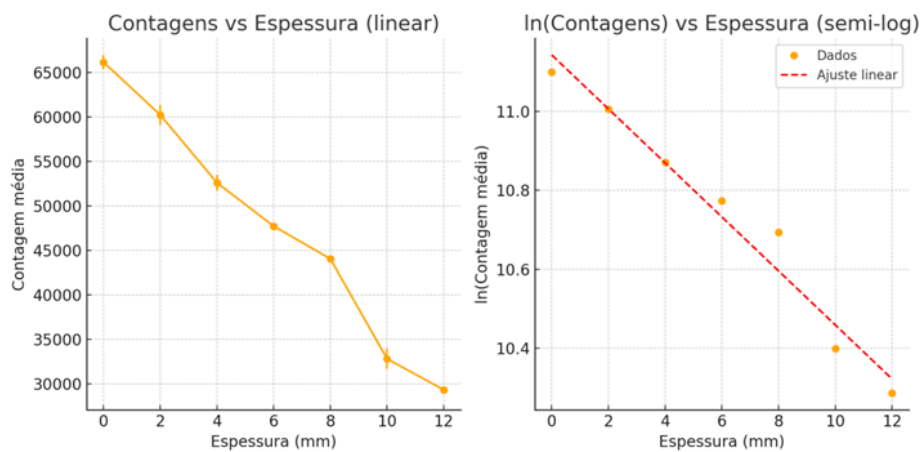
#### Resultados da Análise Relatório –

Atenuação Gama em Cobre Coeficiente de atenuação linear ( $\mu$ ):  $0,0685 \text{ mm}^{-1}$

Camada semirredutora (CSR): 10,12 mm

Coeficiente de atenuação mássico ( $\mu/\rho$ ):  $0,00764 \text{ cm}^2/\text{g}$ .

Valor tabelado (NIST, 662 keV):  $0,00756 \text{ cm}^2/\text{g}$  Erro relativo: 1,06% Coeficiente de determinação ( $R^2$ ): 0,967



### Análise dos resultados:

A tabela abaixo mostra os resultados das medições das contagens para crescentes espessuras de absorvedores de cobre de 2mm empilhados, os valores das espessuras foram convertidos para centímetros, a média e o desvio padrão para cada conjunto de medidas foi calculado.

TABELA 1

Espessura do atenuador	Leitura no instrumento	Leitura no instrumento	Leitura no instrumento	Média	Desvio padrão
0	66958	65081	66523	66187	982,49
2	59490	61836	59416	60247	1376,32
4	53133	51374	53339	52615	1079,95
6	47689	48247	47255	47730	497,29
8	44269	43830	44069	44056	219,79
10	33795	31209	33395	32800	1392,00
12	28826	29490	29643	29320	434,32

Sabemos que a intensidade de energia transmitida pelos fótons vale:

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x} \quad \text{Onde } \mu \text{ é o coeficiente de atenuação linear em cm}^{-1}$$

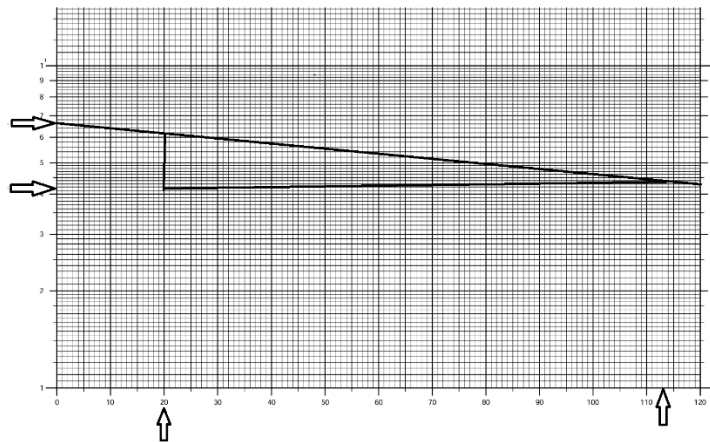
A utilização do papel MONOLOG para linearizar a equação acima tem o efeito de aplicar o logaritmo neperiano a ambos os lados da equação:

$$\ln(I(x)) = \ln(I_0) - \mu x \quad \Rightarrow \quad y = ax + b \quad \text{onde :} \quad \begin{aligned} y &= \ln(I(x)) \\ a &= -\mu \\ b &= \ln(I_0) \\ x &= x \end{aligned}$$

O coeficiente angular da reta obtida do gráfico expressará o valor de  $\mu$ :

$$\mu = \left| \frac{\ln(y_2) - \ln(y_1)}{x_2 - x_1} \right| \text{ em } \text{cm}^{-1}$$

O gráfico das contagens pela espessura do absorvedor de cobre está plotado abaixo:



### Resultados Numéricos

- **Coeficiente de atenuação linear ( $\mu$ ):**  
 $\mu = 0,0685 \text{ mm}^{-1}$
- **Camada semirredutora (CSR):**  

$$\text{CSR} = \frac{\ln(2)}{\mu} = \frac{0,6931}{0,0685} \approx 10,12 \text{ mm}$$
- **Coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do ajuste:**  
 $R^2 = 0,967$  muito bom ajuste.

### Coeficiente de atenuação mássico

A densidade do cobre é  $8,96 \text{ g/cm}^3$ , então:

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{0,0685}{8,96} \approx 0,00764 \text{ cm}^2/\text{g}$$

### Comparação com valor tabelado (NIST)

- Valor tabelado do coeficiente mássico para cobre a **662 keV**:

$$\left( \frac{\mu}{\rho} \right)_{\text{tabelado}} \approx 0,00756 \text{ cm}^2/\text{g}$$

(Fonte: NIST Cu - 662 keV)

- **Erro relativo:**

$$\text{Erro \%} = \left| \frac{0,00764 - 0,00756}{0,00756} \right| \times 100 \approx 1,06\%$$

### **Conclusão**

- Seus dados estão muito consistentes com os valores de referência.
- A técnica foi aplicada corretamente, com gráficos ajustados e bom ajuste linear.
- A CSR estimada ( $\approx 10,12$  mm) também faz sentido para o cobre e energia de 662 keV.