



Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física
Laboratório de Física Moderna II

Curva Característica de um Contador Geiger-Müller

Acadêmicos: Beatriz de Castro Bittencourt RA: 118013

Caroline Crivilin Carvalho RA: 90021

Enzo Caliali RA: 117180

Luiz Felipe Locatelli Giroldo RA: 117457

Maria Eduarda Monico Timóteo Silva RA: 118802

Mateus Kiyugoro Machado watanabe RA: 112489

Vitor Hugo Ferrari Ribeiro RA: 112481

Professor: Anderson Reginaldo Sampaio

Turma: 31

Maringá, 4 de fevereiro de 2024

Conteúdo

Resumo	2
Introdução	3
1 Fundamentação Teórica	4
2 Metodologia	8
2.1 Materiais Utilizados	8
2.2 Descrição Experimental	8
3 Resultados e discussões	10
3.1 Cálculo da Voltagem Ótima de Operação.	11
3.2 Cálculo do Percentual de Inclinação por Volt	12
Conclusão	14
Referências Bibliográficas	15

Resumo

Com a dinâmica experimental, a Curva Característica do Contador Geiger-Müller foi obtida ao variar a tensão aplicada, analisando a relação entre a contagem de pulsos e a intensidade da radiação. Os resultados numéricos mostraram um comportamento esperado, uma vez que o aumento da voltagem inicial resultou em um acréscimo na contagem de pulsos. A estabilização do processo de detecção ocorreu quando a transição para o patamar Geiger indicou a região na qual o aumento da voltagem teve influência limitada na contagem. A análise experimental permitiu determinar a extensão do patamar Geiger-Müller, a porcentagem de inclinação, a voltagem de operação, e a diferença entre o Potencial de Operação e o Potencial Limiar para o Contador GM utilizado. Os resultados experimentais sugerem que o Contador Geiger-Müller tem boa eficiência na detecção e quantificação de radiações ionizantes, onde a região Geiger-Müller, indicada pela curva característica, mostra-se como a faixa operacional ideal. Isso devido a estabilidade e independência da energia específica da radiação na contagem de pulsos. A porcentagem de inclinação indica a percepção do dispositivo quando exposto às variações de voltagem, sendo essencial para compreender seu comportamento em diferentes condições. O experimento sobre a Curva Característica do Contador Geiger-Müller forneceu dados importantes para o processo de otimização das práticas radiológicas atuais. A análise dos detalhes do experimento destacou a importância do Contador na detecção precisa de radiações ionizantes, bem como seu papel fundamental para diversas aplicações em áreas de pesquisa e de segurança nuclear.

Introdução

A exploração e mensuração de radiações são áreas cruciais na física moderna, desempenhando um papel vital em inúmeras aplicações teóricas e práticas. O conceito de radiação refere-se à emissão e propagação de energia através do espaço e seu entendimento é essencial para diversas disciplinas científicas. No âmbito nuclear, destacam-se três tipos principais de radiação: alfa (α), beta (β) e gama (γ), cada uma com propriedades distintas, como carga, massa e capacidade de penetração.

O Contador Geiger-Müller, concebido por Hans Geiger e Walther Müller em 1928, emerge como uma ferramenta fundamental na detecção e quantificação de radiações ionizantes. O dispositivo é baseado no princípio da ionização de gases presentes em uma câmara de detecção quando expostos à radiação, com o contador Geiger-Müller destacando-se por sua eficiência e versatilidade. A importância desse contador transcende os limites da pesquisa científica, estendendo-se à prática em áreas como proteção radiológica e monitoramento de radioisótopos.

A sensibilidade do Contador Geiger-Müller torna-o particularmente valioso para a detecção de níveis baixos de radiação, desempenhando um papel crucial na identificação de fontes radioativas e no controle de processos industriais onde a radiação é uma variável significativa.

Dessa forma, a presente investigação busca aprofundar a compreensão da Curva Característica de um Contador Geiger-Müller. A análise detalhada da resposta do contador em relação à intensidade da radiação proporcionará dados essenciais para otimizar práticas radiológicas e contribuir para uma compreensão mais abrangente dos fenômenos nucleares.

Além disso, a capacidade do Contador Geiger-Müller de registrar não apenas a presença, mas também a intensidade da radiação, destaca-se como uma característica fundamental. Isso permite não apenas a identificação de fontes radioativas, mas também a avaliação da magnitude dos riscos associados à exposição em diferentes ambientes. A medição precisa de informações radiológicas torna-se, assim, uma ferramenta crucial em campos que vão desde a segurança nuclear até a pesquisa médica.

Capítulo 1

Fundamentação Teórica

Basicamente, o sistema opera como uma câmara de gás, contendo em uma das extremidades uma janela de mica, local por onde a maior porção de radiação ionizante entrará no sistema. No interior do tubo selado há um gás nobre, geralmente Hélio (He) ou Argônio (Ar), com uma fração de vapor de substância orgânica, geralmente álcool etílico de baixa pressão, sendo esta utilizada para absorver a energia proveniente da recombinação do elétron com o íon para evitar o tempo morto (*quenching* químico). Com a passagem da radiação ionizante no tubo, o gás será ionizado e, o consequente surgimento de correntes iônicas em seu interior, permite o registro de pulsos macroscópicos a serem analisados conforme descrição subsequente.

Submete-se o sistema a uma diferença de potencial e, quando essa tensão for suficientemente alta, aparecerá íons acelerados pelo campo elétrico, gerando uma descarga iônica coletada pelos eletrodos. Os elétrons livres, com carga negativa, serão coletados pelo filamento central (cátodo) e, em contrapartida, os íons com carga positiva serão coletados pela armadura externa (ânodo) uma esquematização de seu funcionamento está presente em 1.1. Como evidenciado, o valor da diferença de potencial tem grande importância na detecção, devendo ser alta o suficiente para possibilitar as coletas e medições antes da recombinação, porém sem ocasionar o rompimento da rigidez dielétrica do gás, definindo então a faixa de trabalho do detector. Essas faixas de funcionamento estão explicitadas no gráfico presente em 1.2.

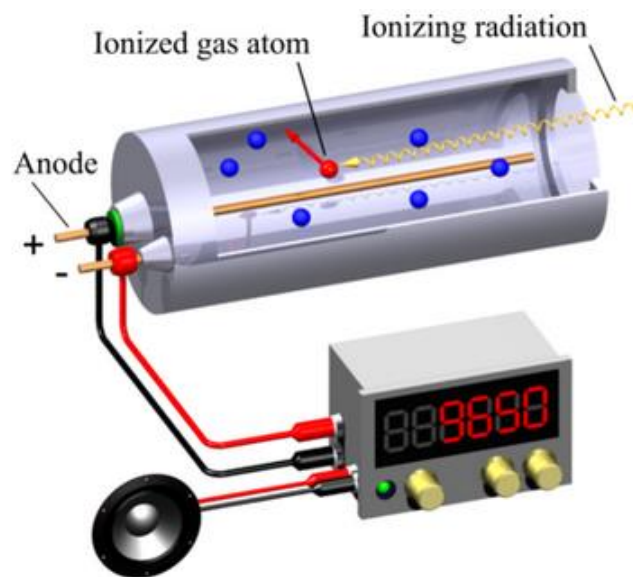


Figura 1.1: Câmara de ionização operando na tensão de Geiger-Müller. Imagem retirada da internet(SILVEIRA, 2023).

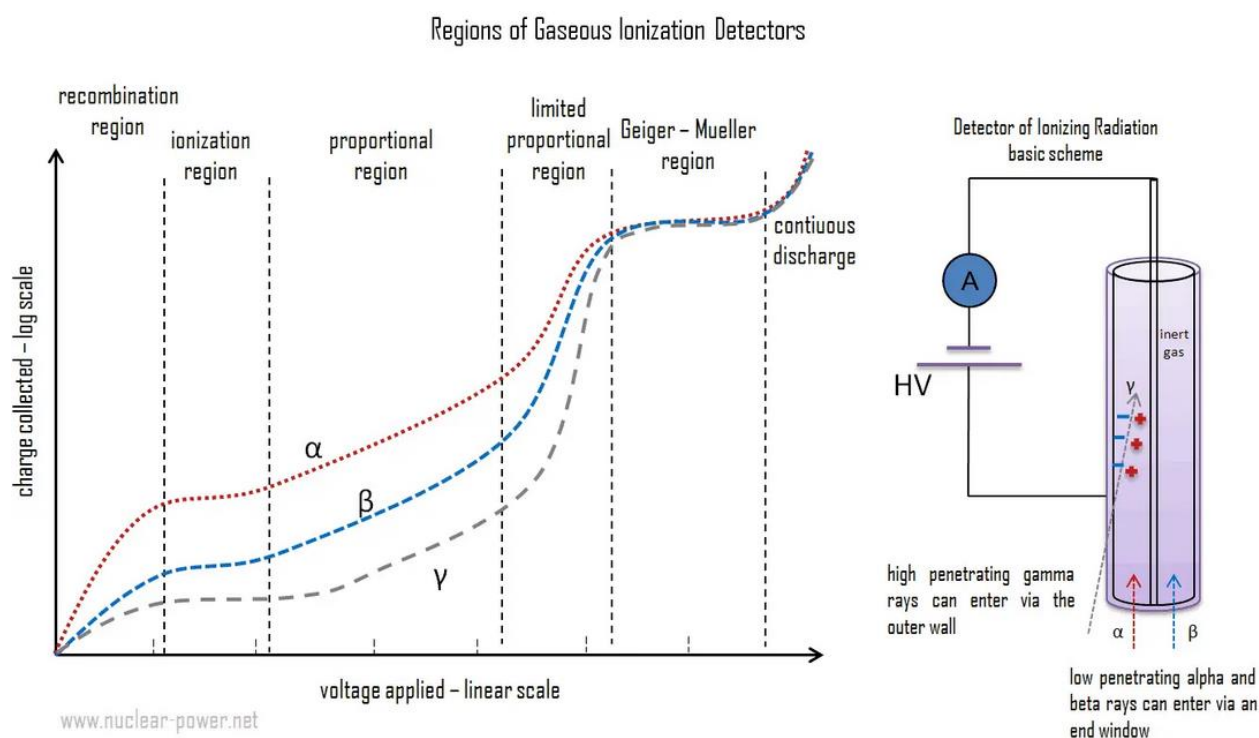


Figura 1.2: Variação esquemática do sinal em um detector de radiação a gás, com a variação da diferença de potencial aplicada entre seus eletrodos. Imagem retirada da internet([CONNOR, 2020](#)).

Como supracitado, os detectores possuem uma faixa de trabalho; por conseguinte, algumas faixas demonstradas acima não são utilizadas, sendo elas: faixa I, devido à recombinação dos íons; IV, pois a proporcionalidade entre o sinal e o estímulo é limitada; e VI, decorrente da descarga descontrolada e efeito corona. A faixa V, denominada região Geiger-Müller, contém o intervalo de interesse para este relatório, por ser a faixa na qual operam os contadores GM. Trata-se de uma faixa em que a tensão é suficientemente elevada para culminar em uma avalanche de elétrons atingindo o ânodo, conhecida como avalanche de Townsend, levando à obtenção de um sinal único, que independe da quantidade de energia que essa radiação iria liberar no meio e que será registrado por um circuito eletrônico associado a um *scaler*. A imagem 1.3 ilustra processo da avalanche de Townsend descrito anteriormente.

A curva característica de um contador Geiger-Müller, a qual está evidenciada na imagem 1.4. Observa-se que para uma potencial pequeno há poucos impulsos coletados por unidade de tempo. O incremento do potencial aplicado propicia um acréscimo da contagem. Entretanto, o aumento no número de contagens cresce até que se atinja o patamar Geiger, nessa região o aumento da voltagem do equipamento pouco influencia na contagem. Para tensões acima desse plateau tem-se descargas múltiplas, isso ocorre pois o potencial aplicado é tão elevado ocasiona uma ruptura dielétrica do ar, acarretando em fenômenos de centelhamento do equipamento. Para cada contador GM, haverá uma tensão de operação específica, a qual deve ser determinada, objetivo desse experimento.

A análise experimental dos dados coletados da curva característica é feita através de uma série de equações que informam os valores operacionais completos do equipamento. A primeira análise a ser obtida é a extensão do patamar Geiger-Müller, dada por V_{GM} , ela pode está representada na equação (1.1) e quantifica o patamar operacional na faixa dita de Geiger-Müller. Nela, o potencial V_2 é o Potencial Limiar, o qual é determinado antes que ocorra o centelhamento no interior da câmara. Já V_1 representa o Potencial inicial do patamar Geiger-Müller, ele é escolhido quando o número de contagens cresce numerosamente e após esse dado

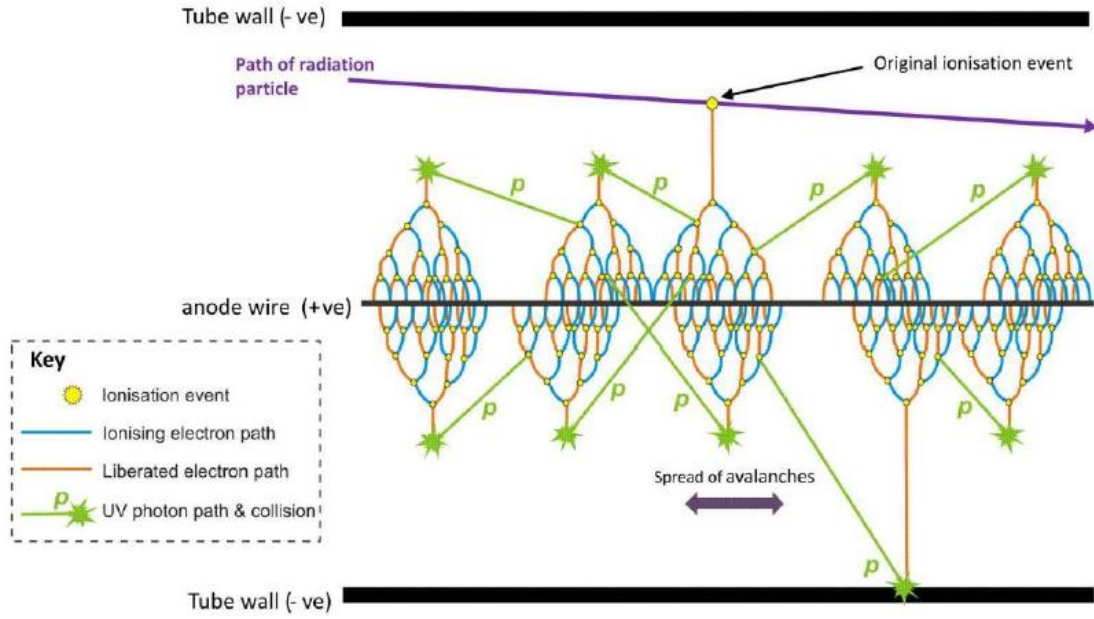


Figura 1.3: Variação esquemática do sinal em um detector de radiação a gás, com a variação da diferença de potencial aplicada entre seus eletrodos. Imagem retirada da internet(FÍSICA, 2020).

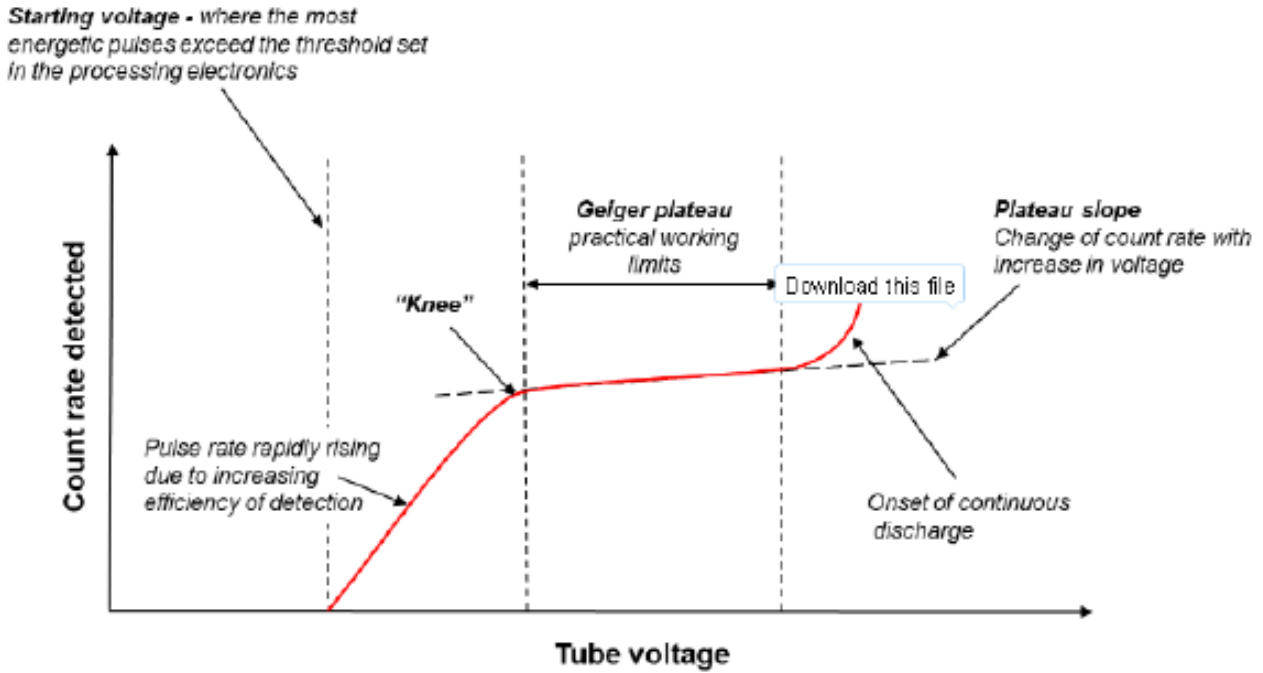


Figura 1.4: Curva característica do contador Geiger-Müller. Imagem retirada da internet(FÍSICA, 2020).

valor o número de contagens mantém-se em um platô.

$$V_{GM} = V_2 - V_1 \quad (1.1)$$

Outra importante medida é a porcentagem de de inclinação do patamar Geiger-Müller, (1.2). Ela pode ser calculada com base na inclinação do patamar, $C_2 - C_1$, e na contagem média registradas na região de potencial delimitada pelo patamar, C_m .

$$\%C = \frac{C_2 - C_1}{C_m} \times 100\% \quad (1.2)$$

Com bases nas equações (1.1) e (1.2) é possível estabelecer a porcentagem de inclinação por volt presente em (1.3). Esta relação indica o crescimento do número de contagens com o aumento do potencial do aparelho.

$$\frac{\%C}{V_{GM}} = \frac{1}{V_2 - V_1} \cdot \frac{C_2 - C_1}{C_m} \times 100\% \quad (1.3)$$

Ademais, os contadores Geiger-Müller apresentam uma Voltagem de Operação descrita na literatura como sendo situada a 1/3 do valor inicial do patamar Geiger-Müller. Desse modo. VO é exposta na equação (1.4).

$$VO = V_1 + \frac{1}{3}(V_2 - V_1) \quad (1.4)$$

Por fim, a mais importante característica do contador Geiger-Müller consiste na diferença entre o Potencial de Operação e o Potencial Limiar, $VO - V_2$. a importância de conhecer tal valor decorre do fato de que flutuações climáticas podem influenciar nos valores operacionais do equipamento. Logo, manter o funcionamento do equipamento longe de seu valor limiar de voltagem impede que danos por centelhamento sejam causados ao aparelho.

Capítulo 2

Metodologia

2.1 Materiais Utilizados

- Contador de radiação ST360 da marca Spectech;
- Detector de radiação com suporte para fontes;
- Cabos de conexão;
- Fonte radioativa de Césio-137, com atividade de 5,639 mCi.

2.2 Descrição Experimental

Como primeiro passo, os aparatos do experimento foram colocados em uma mesa e ligados um ao outro, e o contador de radiação a uma tomada através de cabos. Após isso, o contador de radiação foi ligado, e ajustado para fazer contagens em intervalos de 30 segundos. A tensão inicial foi ajustada para 560V, e foi feita a primeira contagem sem a presença de amostras dentro do detector. Na segunda contagem, a tensão foi aumentada para 580V e foi colocada uma amostra radioativa de Césio-137 dentro da sonda. Para todas as contagens restantes, a amostra permaneceu no detector a uma mesma distância enquanto a tensão foi aumentada de 20 em 20V até atingir 1200V. Antes de cada contagem, foi necessário descartar o valor da contagem anterior, pois dizia respeito a uma tensão diferente. Da transição entre 560V e 1200V, foram decorridas 33 contagens. Ao final da última contagem, a amostra foi cuidadosamente armazenada novamente, o contador desligado e os aparatos desconectados.



Figura 2.1: Contador de radiação ST360. Imagem retirado do manual de instruções do aparelho utilizado(SPECTRUM TECHNIQUES, LLC, 2002)

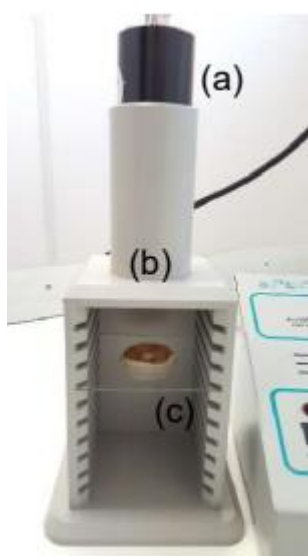


Figura 2.2: Detector de radiação com suporte para fontes. a) Tubo de ionização. b) Suporte do tubo de ionização acoplado a prateleira de acomodação de amostras. c) Porta fontes.

Capítulo 3

Resultados e discussões

Feita a preparação para o experimento, constituída da montagem do aparato experimental e exposição teórica do funcionamento do integrador de contagens, os resultados encontrados foram organizados na tabela 3.1 e refletem o comportamento esperado, conforme descrito em (TAUHATA et al., 2014). O conjunto de dados coletados abrangeram o intervalo de 560 a 1.200 V, uma estimativa da amplitude da região Geiger-Müller. Este limite foi estabelecido como medida de precaução contra os possíveis danos causados à câmara de ionização associados às tensões de operação da região de descarga contínua (TAUHATA et al., 2014). Adotando o método descrito no capítulo de Metodologia, os números de contagem foram registrados em função da tensão do aparelho e estão transcritos na tabela 3.1 e representados graficamente na figura 3.1 e permitem a determinação da tensão ótima de operação do contador, dentro da região Geiger-Müller.

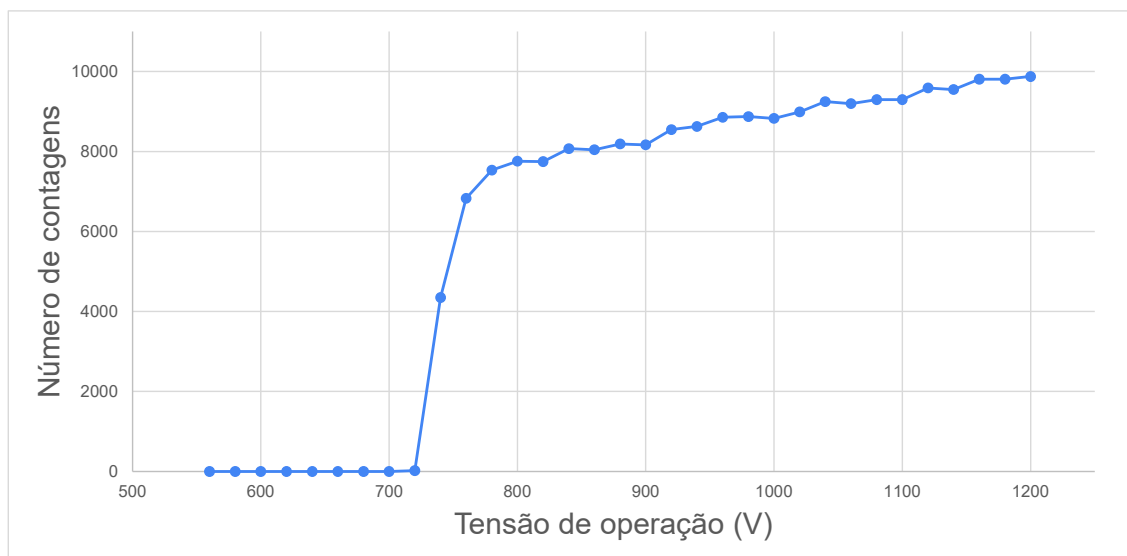


Figura 3.1: Gráfico do número de contagens por tensão de operação aplicada dada em Volts.

Tensão de operação	Número de contagens
560	0
580	0
600	0
620	0
640	0
660	0
680	0
700	0
720	18
740	4.349
760	6.825
780	7.531
800	7.758
820	7.743
840	8.072
860	8.042
880	8.188
900	8.164
920	8.548
940	8.623
960	8.853
980	8.871
1.000	8.824
1.020	8.991
1.040	9.248
1.060	9.198
1.080	9.299
1.100	9.299
1.120	9.587
1.140	9.548
1.160	9.807
1.180	9.808
1.200	9.875

Tabela 3.1: Número de contagens obtidas em um intervalo de 30 segundos para cada potencial de operação utilizado durante a experimentação.

3.1 Cálculo da Voltagem Ótima de Operação.

Os contadores que operam na região Geiger-Müller não tem como objetivo diferenciar os tipos de radiações ionizantes incidentes, apenas contar com maior precisão o número de pares iônicos criados na câmara de ionização. Para isso, se aproveitam do fenômeno das avalanches eletrônicas proporcionadas pela tensão aplicada no capacitor(TAUHATA et al., 2014).

Aplicando um simples tratamento ao gráfico construído com os dados do experimento, é possível determinar o valor que dá início à região de Geiger-Müller, sendo esta a voltagem associada ao intercepto das regressões lineares das regiões de proporcionalidade limitada e de Geiger-Müller, como ilustrado na figura 3.2:

A tensão associada ao intercepto das regressões lineares exibidas (V_1) foi calculada em,

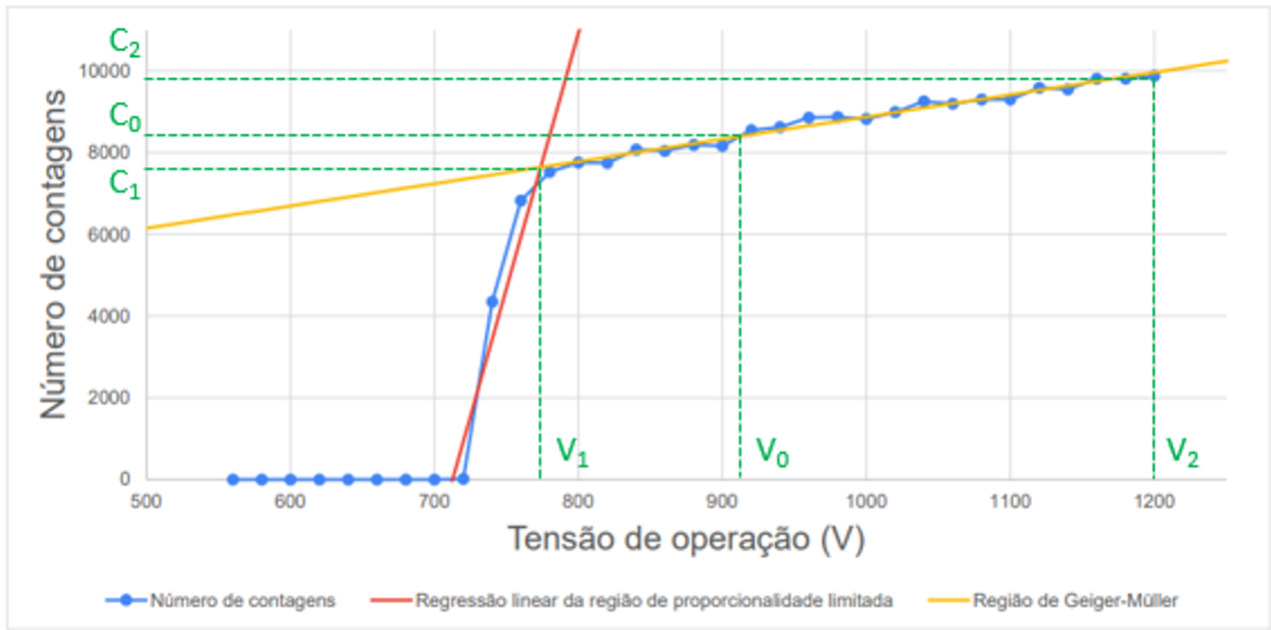


Figura 3.2: Intercepto das regressões lineares dos números de contagem nas regiões de proporcionalidade limitada e de Geiger-Müller, baseados nos dados coletados na tabela 3.1.

aproximadamente, 773,68 V. Considerando como valor final do patamar Geiger-Müller (V_2), a tensão de 1.200 V, a extensão da região teve seu valor calculado a partir da equação (1.1) como sendo de 426,32 V.

Dessa forma, a voltagem ótima de operação (VO) verificada experimentalmente, estando a um terço da extensão da região Geiger-Müller, foi de 915,78 V, conforme a equação (1.4), descrita no capítulo [Fundamentação Teórica](#).

Desse modo, o números de contagem associados às tensões V_1 e V_2 , C_1 e C_2 respectivamente, estão listados nas tabelas 3.2 e 3.3

VO	915,78 V
V_1	773,68 V
V_2	1.200,00 V

Tabela 3.2: Valores de VO , V_1 e V_2 . Os valores de VO e V_1 foram calculados a partir da regressão linear do patamar Geiger-Müller e da região de proporcionalidade limitada.

C_0	8.414
C_1	7.642
C_2	9.875

Tabela 3.3: Valores de C_0 , C_1 e C_2 . O valor de C_0 foi calculado a partir da regressão linear do patamar Geiger-Müller.

3.2 Cálculo do Percentual de Inclinação por Volt

Este parâmetro é um indicador do grau de confiabilidade do contador, influenciado pelos possíveis desgastes sofridos ao longo do tempo de uso do aparelho. Ele foi calculado a partir dos valores de C_1 , C_2 , C_m , V_2 e V_1 sendo C_m , a média aritmética entre os limites do patamar de

Geiger-Müller, conforme a equação (1.3), que resultou em 0,06% /V, indicando que o contador está em boas condições de uso.

$$\frac{\%C}{V_{GM}} = \frac{1}{1.200,00 - 773,68} \cdot \frac{9.875 - 7.642}{8.758,5} \times 100\% = 0,0598\% \quad (3.1)$$

Por fim, a diferença entre o Potencial de Operação e o Potencial Limiar do equipamento utilizado pode ser calculada. Encontrou-se para essa medida um valor de 284,22V, um valor muito aceitável e seguro para o equipamento, uma vez que consiste em uma faixa grande de tensão a qual não é atingida por quaisquer flutuações nas condições climáticas. Ademais, ressalta-se que o Potencial Limiar escolhido encontra-se longe do surgimento de centelhamento no interior do equipamento.

Conclusão

O experimento da determinação da Curva Característica do Contador Geiger-Müller indicou resultados importantes sobre o desempenho do dispositivo na detecção de radiações ionizantes. Foi possível analisar a relação entre a contagem de pulsos e a intensidade da radiação por meio da variação da tensão aplicada, o que gerou interpretações condizentes com as previsões teóricas.

As variações de tensão fizeram com que o aumento da voltagem inicial resultasse em um acréscimo na contagem dos pulsos, revelando a sensibilidade do Contador Geiger-Muller sob essas variações. A transição para o patamar Geiger, que indicou a região onde o aumento da voltagem teve influência limitada na contagem, salientou a estabilização do processo de detecção.

Algumas análises foram realizadas de modo a determinar parâmetros essenciais do experimento, tais como a extensão do patamar Geiger-Müller, a porcentagem de inclinação, a diferença entre o Potencial de Operação e o Potencial Limiar para o contador utilizado e a voltagem de operação. Como resultado, foi demonstrada a eficácia do Contador Geiger-Müller na detecção e quantificação de radiações ionizantes, em destaque na região Geiger-Müller, em que a contagem dos pulsos permaneceram estáveis e independentes da energia específica da radiação.

A sensibilidade do dispositivo, obtida pela porcentagem de inclinação sob variações na voltagem, forneceram informações de valor a respeito de seu comportamento em condições experimentais variadas. Manter o Contador Geiger-Müller operando acima do valor limiar, obtido experimentalmente através da determinação da voltagem ideal, garante sua integridade, bem como também prevê danos por centelhamento.

Resumidamente, a prática experimental revelou-se bastante útil para a compreensão e otimização das práticas radiológicas, já que o Contador Geiger-Müller é destaque como ferramenta de detecção de radiações ionizantes, possuindo aplicações relevantes em áreas de pesquisa e segurança nuclear. A curva característica, que indica a região Geiger-Muller, revela-se estável e independente da energia específica da radiação no momento da contagem dos pulsos. Portanto, as conclusões reforçam o papel fundamental do Contador Geiger-Muller em aplicações científicas e na segurança radiológica.

Bibliografia

- CONNOR, N. *O que é Contador Proporcional – Detector Proporcional – Definição*. Radiation Dosimetry, 2020. Disponível em: <<https://www.radiation-dosimetry.org/pt-br/o-que-e-contador-proporcional-detector-proporcional-definicao/>>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2024. 5
- FÍSICA, D. D. *Contador Geiger-Müller*. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2020. Disponível em: <[ContadorGeiger:Princípios,funcionamentoeaplicações](#)>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2024. 6
- SILVEIRA, G. G. da. *Contador Geiger Muller*. Centro de Referência para o Ensino de Física, 2023. Disponível em: <<https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=contador-geiger-muller>>. Acesso em: 31 de janeiro de 2024. 4
- SPECTRUM TECHNIQUES, LLC. *Spectrum - Model ST360 - Radiation Counter Manual*. 106 Union Valley Road, Oak Ridge, Tennessee 37830 USA, 2002. Manual. Disponível em: <<https://www.environmental-expert.com/products/spectrum-model-st360-radiation-counter-589041>>. Acesso em: 04 de janeiro de 2024. 9
- TAUHATA, L. et al. *Radioproteção e Dosemetria: Fundamentos*. 10. ed. [S.l.]: Instituto de Radioproteção e Dosimetria/CNEN, 2014. 372 p. ISBN 978-85-67870-02-1. 10, 11