

Estudo do efeito da luz em dosímetros usados na dosimetria clínica

Study of the light effect in dosimeters used on clinical dosimetry

RESUMO

O dosímetro é utilizado para medir a radiação à qual algo está exposto e, essa medição, é realizada através da propriedade da termoluminescência, nos dosímetros termoluminescentes (TLD). A incidência de luz ambiente ou solar nesses dosímetros pode causar alterações em suas doses finais, leituras realizadas ou até mesmo alterações em sua propriedade termoluminescente. A sensibilidade dos dosímetros à radiação não ionizante varia em relação à quantidade ou tipo de luz a qual é exposto, materiais dos dosímetros, existência ou não de barreiras. O estudo tem como objetivo reunir e aprofundar os conhecimentos já existentes sobre o efeito de luz nos dosímetros e os assuntos relacionados, assim como expor os resultados obtidos em um experimento que visou a verificação das diferenças dos efeitos causados pela luz solar e pela luz ambiente. Além de mostrar que a luz influencia nas leituras e propriedades dos dosímetros, o estudo também mostra que diferentes tipos de luz levam a diferentes efeitos nos TLDs e, com isso, o uso de barreiras durante a leitura e tratamento dos dosímetros é eficiente para evitar a exposição à luz.

PALAVRAS-CHAVE: Termoluminescência. Propriedades. Dosímetro. Medição. Luz.

ABSTRACT

The dosimeter is used to measure the radiation to which it is exposed and, this measurement, is performed through the property of thermoluminescence in the Thermoluminescent Dosimeters (TLD). The incidence of the room light or sunlight in these dosimeters can cause changes in their final doses, readings taken or even changes in their thermoluminescent property. The sensitivity of dosimeters to non-ionizing radiation varies in relation to the amount or type of light to which it is exposed, dosimeter materials, whether or not there are barriers. The aim of the study is to gather and deepen existing knowledge on the light effect on dosimeters and related subjects, as well as to expose the results obtained in an experiment, which aimed to verify the differences in the effects caused by sunlight and room light. Besides showing that light influences the readings and properties of dosimeters, the study also shows that different types of light lead to different effects in TLDs and, therefore, the use of barriers during the reading and treatment of dosimeters is efficient to avoid exposure to light.

KEYWORDS: Thermoluminescence. Propriety. Dosimeter. Measurement. Light.

Pietra Caroline de Pena
pipoli2712@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Curitiba, Paraná, Brasil.

Danielle Filipov Pereira
dfilipov@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Curitiba, Paraná, Brasil.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

O dosímetro termoluminescente (Thermoluminescent Dosimeter - TLD) é utilizado, na radiologia, para medir a quantidade de radiação à qual uma pessoa, um objeto ou um ambiente é exposto em determinado período de tempo. Uma das propriedades do TLD é o da termoluminescência – em que, a partir do aquecimento da amostra, a mesma emite luz – e, no dosímetro, a emissão é dependente e proporcional à quantidade de radiação a qual foi exposto. Com esse princípio, o dosímetro utilizado para medir radiações ionizantes pode acabar sendo sensível, também, à radiação não ionizante, como a luz ambiente e a luz solar, o que pode levar a uma alteração dos resultados. Com a alteração, pode-se ter o surgimento de falsas-doses, avaliação incorreta da radiação presente no ambiente ou, até mesmo, diagnósticos errôneos pela exposição exagerada à radiação ionizante, quando a mesma não ocorreu (ROJAS; 2005).

Apesar de a luz alterar a leitura do dosímetro ser algo intuitivo, vários estudos e experimentos foram realizados para comprovar, ou até mesmo refutar, a hipótese de que a luz interfere na absorção da radiação ionizante e no resultado da leitura da termoluminescência. Nos estudos, pode-se observar que a sensibilidade não é a mesma para todos os dosímetros, varia em relação aos materiais presentes, assim como a presença de barreiras podem diminuir essa sensibilidade. Diante disso, o presente estudo visou aprofundamento em relação aos efeitos da luz nos dosímetros termoluminescentes, reunir diversos estudos em relação ao assunto e realizar um experimento para observar se existe diferença entre as leituras de dosímetros expostos à luz ambiente e à luz solar, sem serem irradiados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Com a pesquisa bibliográfica, verificou-se que os efeitos da luz nas propriedades do dosímetro e nos resultados que ele fornece, não são muito pesquisados, foram encontrados poucos artigos que falavam somente desse assunto. Em sua maioria, esse efeito foi pesquisado em meio à vários outros, principalmente quando o objetivo era pesquisar as propriedades dosimétricas das amostras.

Assim, foi realizado um experimento para obter respostas em relação a como o dosímetro responde quando é exposto à diferentes tipos de luz. Para isso, foram utilizados 20 dosímetros do tipo MCP (LiF:Mg,Cu,P), escolhidos aleatoriamente e enumerados entre 1 e 20.

Os dosímetros receberam tratamento térmico antes e depois de cada medida, com o objetivo de retirar os elétrons das armadilhas e deixá-los sem resposta - ou com resposta mínima - para não interferir no resultado final.

O experimento visa mostrar a diferença de resposta para tipos diferentes de exposição à luz; então os dosímetros não foram expostos à radiação ionizante (Gama, Beta, raio-x), apenas houve exposição aos tipos de luz que deveriam ser observados.

Para controle e comparação, a primeira medição obtida foi sem exposição à luz, já a segunda medida foi em relação às amostras expostas à luz

ambiente - lâmpada fosforescente amarela - durante 20 minutos e, por último, as amostras expostas à luz solar durante o mesmo período.

Para a medição realizada com os dosímetros sem serem expostos, apenas tratados e lidos, as amostras foram deixadas durante 20 minutos no laboratório com as luzes apagadas e, para maior proteção, um papel preto isolante foi colocado acima do recipiente que continha os dosímetros; após esse período, foi realizada a leitura dos mesmos.

Cada fase de medição foi realizada em dias diferentes, por isso foi realizada uma leitura anterior a cada uma das 3 fases para averiguar a margem de erro que poderia influenciar no resultado final, como foram resultados muito próximos, não foi considerada essa influência da leitora na média final.

Com a finalidade de medir a luminescência emitida pelos detectores, após a exposição à luz, foi utilizada a leitora do tipo RA'94, a mesma tem um filtro que ameniza a quantidade de resposta que recebe, mas ainda assim foi possível obter resultados perceptíveis. Enquanto as amostras eram medidas, as luzes do laboratório foram apagadas e as janelas fechadas, para não acontecer exposição exagerada ou interferência indesejada das luzes.

Os mesmos TLDs foram utilizados para as 3 fases do experimento, com o objetivo de se manter um padrão e uma linearidade em relação aos resultados e à pesquisa em si. Foi possível observar que não somente entre as luzes, mas entre os próprios dosímetros também houve diferença de resultados e respostas, mesmo todos expostos nas mesmas condições e período.

Após a leitura dos artigos, as exposições e as leituras, houve uma análise dos dados adquiridos que podem confirmar as pesquisas anteriores, mostrar diferença entre os efeitos gerados por cada tipo de luz, ou, até mesmo, refutar tais hipóteses com base nestes resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

RESULTADOS ENCONTRADOS EM ARTIGOS

Falsa-dose

Cristais Li2B4O7 com as impurezas Cu, Mn ou Eu são utilizados como TLDs de radiação ionizante, mas também acabam medindo a dose integrante da luz do dia, levando a um resultado de falsa dose. O efeito da luz do dia leva à diminuição da precisão das medidas e diminui o limiar mais baixo da sensibilidade do dosímetro (DANILKINA et al; 2006).

O valor da falsa dose não deve exceder 1 mSv quando irradiado por 24 horas nas condições normais. Na pesquisa encontrada, foram realizados testes de termoluminescência, ressonância paramagnética eletrônica e excitação luminescente. Os estudos referentes à termoluminescência mostraram que tanto as amostras sensíveis quanto as insensíveis à luz possuem a mesma curva de termoluminescência quando expostos à radiação beta menos ou partículas alfas, mostrando que a luz não altera as propriedades inerentes dos dosímetros, mas sim seus resultados. Mas, ao comparar a curva TL de dosímetros excitados por radiação ionizante e dosímetros expostos à luz, a curva é completamente

diferente: a primeira possui picos bem nítidos, já a segunda é alargada, abrangendo um maior intervalo de temperaturas (DANILKINA et al; 2006).

Segundo a pesquisa, quando a temperatura de sintetização foi aumentada, não ocorreu mais sensibilidade à luz do dia. A natureza dos complexos que são sensíveis à luz não é conhecida, mas pode-se supor que essa sensibilidade acontece na superfície dos micro-cristais ou na fase de vidro, na qual a radiação ionizante não migra tão fácil quanto na fase cristalina (DANILKINA et al; 2006).

Teste com CVD

Segundo Liua (2003), a maioria dos TLDs são sensíveis à luz solar, então deve-se evitar sua exposição à luz utilizando proteções especiais, como barreiras e divisórias. Os diamantes CVD (deposição de vapor químico) são insensíveis à luz laboratorial, não gerando alteração significativa nos resultados. Em geral, em contato com esse tipo de dosímetro, luzes visível e ultravioleta podem reduzir a intensidade da resposta luminescente (sua leitura).

No estudo, foi realizado um experimento com lâmpadas fluorescentes de teto e luz de mesa, com medição de luminância e utilização de vários filtros de cores diferentes, com o objetivo de observar qual cor gera maior e menor impacto nos dosímetros (LIUA et al; 2003).

O efeito do filtro ultravioleta não foi significativo por ter baixa intensidade, já o filtro azul gerou maior resposta, gerando a conclusão de que este dosímetro é sensível à exposição à luz azul. Pode-se concluir, também, que o CVD é mais sensível à lâmpada branca do que à lâmpada amarela, já que a primeira emite maior teor de luz azul (LIUA et al; 2003).

Com isso, pode ser usada luz com filtro verde, já que este foi o filtro que gerou menor diferença entre as leituras com e sem exposição à luz e a resposta do dosímetro exposto à luz verde é relativamente menor do que quando exposto à luz branca (LIUA et al; 2003).

Fonte de radiação UV

Em um dos estudos encontrados, a luz ultravioleta foi usada como fonte de radiação das amostras. Uma amostra de TLD não exposto, ou após somente uma exposição à radiação ionizante, foi iluminado com radiação UV. A luz ultravioleta está no limite entre radiação ionizante e não ionizante mas, por não ser ionizante ainda, não altera os átomos que formam o material. Os dosímetros foram iluminados durante 30 minutos por uma lâmpada de Hg de 500 W e lidas posteriormente. Como não há diferença de leitura para aqueles expostos à luz ultravioleta ou à radiação ionizante, pode-se supor que a luz ultravioleta altera os resultados quando combinada à radiação ionizante, já que também leva à excitação do material, por isso pode haver um aumento significativo da leitura (ROJAS; 2005).

MCP-N irradiados

Com dosímetros do tipo MCP-N irradiados com 10 mGy, o estudo tinha o objetivo de estudar os efeitos da exposição à luz. Os TLDs foram irradiados em situação controlada e foi realizado um pré-resultado sem expor à luz para ser usado como parâmetro para os experimentos seguintes. 5 dosímetros foram deixados à luz solar durante duas semanas, outros foram expostos à uma fonte

de luz não calibrada que simulava a luz solar equivalente apenas à luz espalhada ao meio-dia. Foram usados 3 tipos de materiais do MCP para estes dados: LiF:Mg,Cu,P; LiF:Mg,Ti e $Al_2O_3:C$ (DUGGANA et al; 2000).

O experimento mostrou uma diminuição da intensidade TL do MCP em 45 +/- 5%, concluiu-se que o motivo dessa diminuição foi a exposição à luz solar. O efeito da luz solar foi maior do que o gerado pela fonte de luz. O estudo confirma a hipótese que a luz do sol afeta o TLD, ainda acrescenta que há um efeito razoavelmente grande na intensidade induzida de termoluminescência armazenada, o que pode gerar um efeito significativo na acurácia em relação à dose. LiF:Mg,Cu,P mostrou menor sensibilidade ao UV do que as outras amostras, tal efeito resulta em decaimento induzido pela luz. $Al_2O_3:C$ foi o material que foi mais afetado pela luz, mostrando saturação do sinal termoluminescente e provando que é sensível à luz e não recomendado para uso em situações onde há qualquer exposição à luz (DUGGANA et al; 2000).

Luz da sala

Com o objetivo de avaliar a influência da luz da sala nos TLDs, os pesquisadores do estudo realizaram um experimento no qual os dosímetros foram deixados 110 cm abaixo de um par de lâmpadas fluorescentes durante as horas de trabalho no laboratório, pelo período de um mês. As amostras foram colocadas perto de uma janela de vidro, evitando exposição direta à luz solar, mas ainda assim expostos indiretamente a ela. A exposição durante os 30 dias levou à redução da termoluminescência por menos de 12%, mas nas leituras não ocorreu variação (KIM et al; 2008).

Cabine dia e noite

Os fósforos $CaF_2:Dy$ e $CaF_2:Tm$ foram usados para o estudo por possuírem alta sensibilidade. O experimento foi realizado em uma cabine que simula o dia e a noite e uma parte dos TLDs não possuía nenhum tipo de proteção contra a luz e os seus efeitos, já o restante possuía uma barreira à prova de luz. O objetivo do teste era observar o decaimento do sinal gerado e o resultado mostrou que em contato com a luz, o decaimento tem caráter hiperbólico. O efeito da luz é menos evidente quando o fósforo é inserido na barreira, que leva à redução de 50% da luz inicial e, por consequência, a redução na sensibilidade à luz pelo TLD-200 é aproximadamente 50% depois de 50 dias (BACCI et al; 1988).

Excitação e extinção

A luz pode afetar os TLDs de duas formas: dosímetro não irradiado produzir termoluminescência induzida pela luz (excitação) ou a exposição à luz de um dosímetro já irradiado pode reduzir a intensidade da termoluminescência (extinção) (DA-KE et al; 1983).

Com amostras de LiF:Mg,Cu,P que receberam tratamento padrão, a pesquisa foi dividida em duas partes: uma sem receber radiação e outra exposta à 1 R de ^{60}Co . Ambas foram expostas por 3 horas, à 40 cm de distância de 4 diferentes fontes de luz: ultravioleta, lâmpada incandescente, lâmpada fluorescente e à luz do sol. Em relação às lâmpadas fluorescente e incandescente não foi detectado nenhum efeito; já quando expostas à luz solar e UV, a termoluminescência foi induzida em 1 mR e 7% do sinal termoluminescente armazenado foi extinto (DA-KE et al; 1983).

Efeitos induzidos e não irradiantes

Para o estudo foi utilizado o TLD-100 padrão e cristal (Li:Mg,Ti), e qualquer luz que entrasse na câmara de medição seria adicionado à luz produzida no cristal. Para diferenciar as cores de luzes foram utilizados filtros ópticos, representando luz verde e azul que são as produzidas nos cristais termoluminescentes (GERMAN; WEINSTEIN; 2002).

Os valores adquiridos para amostras expostas à luz solar eram o dobro se comparados à mesma leitura sem a exposição. Devido à diferença de condições da luz interna e externa, também há a diferença de 0,025 mSv por mês. Esses resultados confirmam a hipótese de que a sensibilidade à luz pode ter uma contribuição a leituras de background, ou seja, sem irradiação. Por isso, deve-se ter exposição mínima dos dosímetros TLD à luz e barreiras contra a luz devem ser usadas (GERMAN; WEINSTEIN; 2002).

RESULTADOS DO EXPERIMENTO DA PRESENTE PESQUISA - COMPARANDO LUZ AMBIENTE À LUZ SOLAR

A partir do experimento realizado no laboratório da UTFPR, foram realizadas as leituras de cada dosímetro em relação à cada uma das fases da pesquisa – sem expor à luz, expondo à luz ambiente e expondo à luz solar – os resultados das leituras estão na Tabela 1.

Tabela 1. Leituras dos TLDs estudados.

MCP (L4)	Medida 1 (sem expor com filtro)	Medida 2 (ambiente com filtro)	Medida 3 (solar com filtro)
s/ TLD	1031,67	955,33	1035,67
1	1456	822,67	1795,67
3	1393	812,67	1943,67
4	1527	842	1799,33
5	1454	882,33	1785,67
7	1475,67	946,33	1916,67
8	1393	942,33	1019,33
9	1527	1004,67	1742,33
10	1475,67	960,67	1698,33
11	1414,33	1043,33	1719,33
13	1395	1127,67	1604,67
14	1547,33	1161	1781,67
15	1480,67	1248,33	1683
16	1347	1150,33	1789,33
17	1395	1201,67	1747,33
18	1397,33	1230,67	1987,33
20	1547	1342,33	1695,33
21	1457	1340,67	1709
22	1475,67	1355	1503,67
29	1567	1351	1759,67
30	1427	1323,67	1682
média	1456,5	1139	1744,83

Fonte: autoral (2020)

A partir das leituras, foram realizadas médias dos valores adquiridos com cada dosímetro, em cada um dos casos, as 3 médias foram levadas em consideração para as conclusões finais. Os valores adquiridos são referentes à área abaixo da curva de termoluminescência fornecida pela leitora, representando a resposta TL do dosímetro em relação à quanto foi exposto.

Com isso, pode-se concluir que os dosímetros sofrem alteração quando são expostos à luz, seja ela ambiente ou solar, mesmo quando não são expostos à

radiação. Também, tais valores mostram que, se expostos, os TLDs podem levar à falsos resultados, falsas doses e influenciar na termoluminescência do dosímetro.

O experimento realizado na presente pesquisa comprova que há duas formas as quais o efeito da luz age na termoluminescência do dosímetro, extinção e excitação, demonstrando também que diferentes tipos de luz não agem da mesma forma nos dosímetros, causando efeitos distintos.

A luz ambiente amarela, não possuindo radiação UV e nem mesmo todas as cores da luz branca, pode acabar sendo o motivo desse tipo luminoso causar a extinção de parte da termoluminescência, já a luz solar, muda as condições do dosímetro- ao ser exposto ao sol pode ter temperatura e umidade alteradas – além de ter a radiação ultravioleta, que está no limite entre radiação ionizante e não ionizante, podendo causar um efeito mais significativo no TLD do que se comparado à luz ambiente.

Não houve alteração nas propriedades inerentes ao dosímetro, apenas ao seu resultado termoluminescente. Acredita-se que durante seu uso diário, como são utilizados envoltos em alguma proteção, os dosímetros apenas calculam a radiação ionizante que recebem, por isso, deve-se estar atento principalmente, em relação à exposição luminosa, durante o tratamento e as leituras dos dosímetros.

CONCLUSÕES

Como os dosímetros termoluminescentes fornecem seus resultados através da luz, e com os resultados previamente citados, conclui-se que a luz influencia na leitura dos dosímetros e nos resultados que representam, podendo levar à falsos resultados, falsas doses, entre outras respostas alteradas e indesejadas. Além disso, diferentes tipos de luz levam à diferentes efeitos nos TLDs, interferindo na sua qualidade, gerando excitação ou extinção da termoluminescência ou, até mesmo, seu efeito variando em relação às cores da luz branca que entram em contato com o TLD. O uso de barreiras se mostra eficiente para impedir a exposição dos dosímetros à luz, principalmente durante o seu tratamento e posteriormente à sua irradiação, já que são os momentos nos quais eles são mais suscetíveis à alteração de resultados.

REFERÊNCIAS

DANILKINA, M.; KERIKMÄEA, M.; KIRILLOVA, A.; LUSTA, A.; RATASA, A.; PAAMAB, L.; SEEMANC, V. **Thermoluminescent dosimeter Li₂B₄O₇:Mn,Si – a false-dose problem**. Proc. Estonian Acad. Sci. Chem., 2006, 55, 3, 123–131, 5 dez. 2005.

BACCI, C.; FURETTA, C.; RISPOLI, B. **Experimental observation on thermoluminescent dosimetry used in environmental monitoring**. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00337578808229942> Acesso em: 10 jun. 2020.

DA-KE, W.; FIJ-YIN, S.; HONGCHEN, D. **A High Sensitivity LiF Thermoluminescent dosimeter--LiF(Mg, Cu, P)** Disponível em:

[https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6724912/#:~:text=The%20sensitivity%20of%20the%20LiF,LiF%20\(TLD-100\).](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6724912/#:~:text=The%20sensitivity%20of%20the%20LiF,LiF%20(TLD-100).) Acesso em: 15 maio 2020.

DUGGANA, L.; BUDZANOWSKI, M.; PRZEGIETKA, K.; REITSEMAE, N.; WONGE, J.; KRONA, T. **The light sensitivity of thermoluminescent materials: LiF:Mg,Cu,P, LiF:Mg,Ti and Al₂O₃:C** Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S135044870000482>
Acesso em: 19 jun. 2020.

GERMAN, U.; WEINSTEIN, M. **Non-radiation Induced Signals in TL Dosimetry** Disponível em: <https://academic.oup.com/rpd/article-abstract/101/1-4/81/1597833> Acesso em: 27 abril 2020.

KIM, J.L.; LEE, J.I.; PRADHAN, A.S.; KIM, B.H.; KIM, J.S. **Further studies on the dosimetric characteristics of LiF:Mg,Cu,Si—A high sensitivity thermoluminescence dosimeter (TLD).** Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350448707004490>
Acesso em: 16 jun. 2020.

LIUA, C.C.; CHUA, T.C.; LINA, S.Y.; LINB, J.P. **Indoor light on thermoluminescence of CVD diamond film used as a high-energy photon dosimeter.** Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969804302002610#!>
Acesso em: 25 jun. 2020.

OBEROI, P. R.; MAURYA, C. B.; MAHANWAR, P. A. **Study the effect of control radiation on optical and structural properties of polymeric gel dosimeter.** Disponível em:
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019NIMPB.455...210/abstract> Acesso em: 1 jul. 2020.

ROJAS, S. S. **Propriedades térmicas e estruturais do sistema CaB₄O₇-CaB₂O₄ visando o desenvolvimento de dosímetro termoluminescente.** Disponível em:
<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/76/76132/tde-19092007-114452/es.php>
Acesso em: 24 jun. 2020.