

# ÓCULOS DE SOL: SISTEMA PARA VERIFICAR A INFLAMABILIDADE

R. Magri\* e L. Ventura\*.

\*Dep. Engenharia Elétrica – EESC / Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil

e-mail: renan.magri@usp.br

**Resumo:** Para proteger os consumidores contra danos secundários ocasionados pelo uso de óculos de sol, faz-se necessária certificação. A NBR 15111 estabelece os requisitos mínimos para os óculos de sol no Brasil, entretanto, nenhuma instituição no país consegue realizar todos os ensaios requeridos. O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema para avaliar a inflamabilidade em óculos de sol. O equipamento consiste em um forno elétrico que aquece até 1200 °C, um sistema eletrônico de controle PID mantém a temperatura do forno em 650°C±20°C. Afere-se a temperatura com um termopar que apresenta precisão de ± 3 °C para temperaturas de até 1100 °C. Uma haste de aço inox com 300 mm de comprimento e 6 mm de diâmetro se movimenta verticalmente por meio de um atuador linear com 300mm de curso e velocidade máxima de 150 mm/s, conectados por um cabo de aço inox. O sistema de controle, composto por um microcontrolador ARM Cortex M0, se comunica via USB com a interface desenvolvida em LabView. Para que a amostra de óculos de sol seja aprovada, esta não deve se inflamar. No total foram feitos 90 testes em 45 amostras de óculos de sol: em cada amostra uma lente e uma haste foi testada. Todas as amostras foram aprovadas, nenhum dos óculos entrou em ignição. O sistema desenvolvido durante os testes manteve a temperatura da haste aquecida em 650°C±20°C. Do resultado dos testes conclui-se que o policarbonato é extremamente resistente à ignição.

**Palavras-chave:** óculos de sol, NBR 15111, teste de inflamabilidade, ignição.

**Abstract:** To protect consumers against secondary damage caused by the use of sunglasses, it is necessary to certify the models available. The NBR 15111 establishes minimum requirements for sunglasses in Brazil, however, no institution in the country can perform all the required tests. The goal of this study is to develop a system for evaluating flammability in sunglasses. The equipment consists of an electric furnace that heats up to 1200 °C, an electronic PID control system keeps the temperature inside the furnace at 650 °C ± 20 °C. A thermocouple measures the furnace's internal temperature which accuracy of ± 3 °C for temperatures up to 1100 °C. A linear actuator with a stroke of 300 mm and speed of 150 mm/s drives vertically the stainless steel rod of 300 mm length and 6 mm diameter connected by a stainless steel cable. The control system consists of an

ARM Cortex M0 microcontroller that communicates via USB with the interface developed in LabView. All collected data are automatically stored on the hard drive of the PC. To comply with the NBR 15111, the sunglasses samples shall not ignite. We performed 90 flammability tests in 45 sunglasses samples: each sample had a lens and a frame tested. All samples were approved, none of them ignited. The equipment developed had a good performance during the tests. Moreover, the proof argues that the polycarbonate is resistant to ignition.

**Keywords:** sunglasses, NBR 15111, flammability test, ignition.

## Introdução

O desenvolvimento de doenças nos olhos como fotoqueratite, catarata, pterígio, degeneração macular, degenerações na córnea e câncer de pele está relacionado à exposição ao longo prazo dos olhos à radiação solar ultravioleta [1-7]. A necessidade de garantir aos consumidores saúde e segurança por meio da certificação dos óculos de sol cresceu à medida que aumentou o número de pessoas afetadas por estas doenças. Os requisitos mínimos para os óculos de sol de uso geral no Brasil estão definidos na norma ABNT NBR 15111:2013 [8].

A NBR 15111 descreve ensaios ópticos e não ópticos para os óculos de sol. Este trabalho trata do teste de inflamabilidade, procedimento não óptico que avalia a proteção dos óculos de sol contra risco de ignição causado pelo uso de materiais inflamáveis na confecção dos óculos. Caso se inflamem, esses materiais inflamáveis podem ocasionar graves queimaduras no rosto e danos à pele.

O ensaio de inflamabilidade consiste em pressionar uma haste metálica aquecida à 650 °C contra as superfícies da amostra de óculos de sol durante 5 segundos com uma força equivalente ao peso da haste. A amostra não deve se inflamar [8].

Apesar da necessidade de certificar os óculos de sol vendidos no Brasil de acordo com a NBR 15111, o país não apresenta uma instituição que realize todos os procedimentos obrigatórios descritos na norma.

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema para efetuar testes de inflamabilidade em óculos de sol.

O Laboratório de Instrumentação Oftálmica (LIO), local de desenvolvimento deste projeto, apresenta um papel importante na prevenção de danos secundários causados aos olhos provenientes do uso de óculos de sol.

### Materiais e métodos

O sistema desenvolvido neste trabalho atende todos os requisitos para o teste de inflamabilidade em óculos de sol descritos na NBR 15111. A Figura 1 apresenta o diagrama esquemático do sistema.

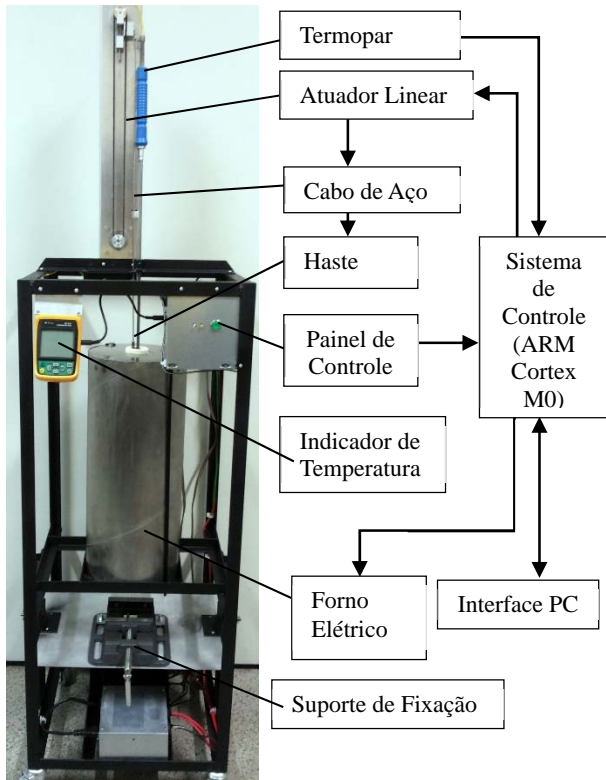


Figura 1: Diagrama esquemático do sistema de testes de inflamabilidade desenvolvido.

Um termopar acoplado no interior do forno afere a temperatura a cada 750 ms e envia essa informação para o sistema de controle que consiste em um microcontrolador ARM Cortex M0. Foi utilizado um controlador PID para controlar a potência elétrica aplicada na resistência elétrica do forno, fixando sua temperatura de trabalho em  $650\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Quando o sistema atinge a temperatura de trabalho, pode-se posicionar a amostra no suporte de fixação. O sistema de controle então comanda o atuador linear para efetuar o teste: a haste é pressionada contra a superfície da amostra por um período de 5 segundos.

Um forno elétrico, confeccionado no LIO, com capacidade para atingir até  $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$  foi utilizado como fonte de calor. A aferição de temperaturas é feita por um termopar do fabricante Minipa, modelo MTK-16 que mensura temperaturas na faixa de  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$  com incerteza máxima de  $\pm 0,4\%$  da leitura ou  $\pm 1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  (o que for maior). A haste de aço que é aquecida e entra em

contato com as amostras consiste em uma barra de aço inox AISI 304, com comprimento nominal de 300 mm, diâmetro nominal de 6 mm e faces finais planas e perpendiculares ao eixo longitudinal. O sistema de controle principal é constituído por um microcontrolador ARM Cortex M0 presente na placa de desenvolvimento FRDM-KL25Z da Freescale e conecta-se a um computador via USB. O atuador linear, também construído no LIO, é constituído por um motor de passo híbrido de corrente nominal 1,2 A e tensão nominal de 6V por fase em uma das extremidades do atuador. Conectado ao eixo do motor encontra-se uma polia sincronizadora para correias de 9 mm com módulo 3 mm e 20 dentes. Na outra extremidade do atuador linear, encontra-se uma polia lisa que tensiona a correia sincronizada por meio de duas molas. A correia sincronizada apresenta largura de 9mm e módulo 3 mm. Um cabo de aço conecta à haste metálica que é aquecida à correia sincronizada por meio de um cubo de alumínio, transferindo o movimento do atuador linear para a haste metálica. A Figura 2 exhibe como é feita a conexão do cabo de aço à correia sincronizada e como esta é tensionada pela polia lisa.

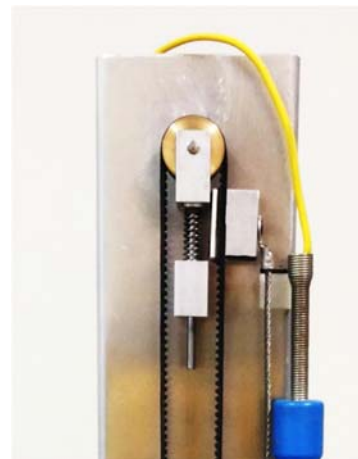


Figura 2: Detalhe exibindo a polia lisa que tensiona a correia sincronizada e o acoplamento do cabo de aço com a correia.

Uma interface gráfica no software LabView foi desenvolvida, a qual permite a exibição e armazenamento das informações colhidas em tempo real durante o funcionamento do equipamento.

O protótipo desenvolvido opera à  $650\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  e atinge essa temperatura em 20 minutos.

Para realização dos testes em amostras de óculos de sol, o procedimento adotado foi o descrito na NBR 15111 para o teste de inflamabilidade:

- 1) A haste metálica é aquecida a uma temperatura de  $650\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  no interior do forno elétrico.
- 2) As amostras de óculos de sol são mantidas em temperatura ambiente de  $23 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  previamente ao ensaio.
- 3) Pressiona-se então a haste metálica contra as superfícies das lentes com uma força igual ao seu peso durante o tempo de  $5 \pm 0,5$  segundos.

- 4) Durante todo o ensaio é feita inspeção visual para verificar se a amostra se inflamou ou sofreu ignição.

## Resultados

Ao total foram efetuados 90 testes de inflamabilidade em 45 amostras de óculos: cada amostra teve uma lente e uma haste testada utilizando o sistema desenvolvido. As amostras foram selecionadas de forma aleatória de um total de 369 pares de óculos provenientes do mercado informal.

Dos 45 óculos de sol testados, 44 apresentavam lentes e hastes de policarbonato. Uma amostra tinha lentes de vidro e armação de policarbonato. Como resultado, todas as lentes de policarbonato derreteram na região de contato com a haste metálica aquecida a 650 °C. Apenas a lente de vidro permaneceu inalterada. Nenhuma das lentes testadas entrou em ignição durante o teste ou continuou a derreter depois de cessado o contato da haste aquecida com a amostra. A Figura 3 mostra os resultados dos testes de inflamabilidade nas lentes de quatro amostras.



Figura 3: Lentes de policarbonato perfuradas na região de contato da haste aquecida após o teste de inflamabilidade.

Os resultados para os testes nas 45 hastes de policarbonato são similares aos das lentes. A haste aquecida derreteu parte das hastes na região de contato. Nenhuma haste se inflamou ou continuou a derreter após o término do ensaio. Portanto, todas as amostras avaliadas estavam em conformidade com a NBR 15111. A Figura 4 exhibe os resultados do teste em duas hastes.

## Discussão

Atualmente, a maioria dos óculos de sol vendidos apresenta lentes de policarbonato (PC). Este material é um polímero termoplástico resistente à chama, com temperatura de transição vítrea de 155 °C [9]. A

temperatura da haste metálica durante o teste é de 650 °C, o que causa o derretimento do PC e posterior perfuração da lente pela haste. O vidro, no entanto, apresenta ponto de transição vítrea acima de 1200 °C, superior à temperatura da haste durante o ensaio.



Figura 4: Hastes de policarbonato após o teste de inflamabilidade.

Um material é considerado inflamável quando pode pegar fogo. Pelo menos três componentes são necessários para que se haja fogo: calor, comburente e combustível. É preciso que primeiro ocorra ignição para que um material se inflame [10]. Os polímeros quando aquecidos sofrem pirólise e o material sólido derrete. O líquido resultante é então vaporizado na forma de combustível gasoso. A mistura desse combustível gasoso com o oxigênio e o calor podem causar a ignição do material e este se inflamar [10].

O desenvolvimento de métodos para caracterização da inflamabilidade não é trivial devido ao número de variáveis envolvidas no processo. No mundo existem diversos procedimentos padronizados de teste, os quais levaram pelo menos uma década para serem aceitos pela comunidade científica, incluindo pesquisa e validação. Cada ensaio testa o material selecionado em diferentes condições de uso [10].

O procedimento do teste de inflamabilidade em óculos de sol descrito pela NBR 15111 foi baseado na norma europeia EN 168. A avaliação da inflamabilidade em óculos de sol para uso geral é feita também da mesma forma em países da União Europeia, Austrália, Nova Zelândia e Índia. No entanto, nos EUA, o ensaio de inflamabilidade definido pela norma americana ANSI Z80.3 é totalmente diferente do descrito neste trabalho. De acordo com a seção 5.3 da ANSI Z80.3, as amostras de óculos de sol devem ser colocadas por um período de 15 minutos no interior de um forno aquecido à temperatura de 200 °C ± 5 °C [11].

Todas as partes dos óculos de sol devem passar pelo ensaio de inflamabilidade de acordo com a NBR 15111. Atualmente, os óculos fabricados apresentam lentes de policarbonato ou vidro, enquanto que a armação e as partes restantes são de policarbonato e metais, sendo o policarbonato o material mais utilizado.

Um estudo australiano [12] investigou a inflamabilidade em diferentes materiais usados na

fabricação de óculos de sol. O policarbonato foi considerado resistente à chamas e auto extingüível, estando em conformidade com padrões internacionais de inflamabilidade, como a ISO e a Norma Australiana.

### Conclusão

Este trabalho apresentou os resultados de testes de inflamabilidade feitos em 45 amostras de óculos de sol usando o equipamento desenvolvido no LIO. Das amostras selecionadas, 44 tinham lentes e hastes de policarbonato e uma apresentava lentes de vidro e hastes de policarbonato. Nenhum dos óculos se inflamou ou continuou a derreter após o término do ensaio. Portanto, todos estavam de acordo com os requisitos de inflamabilidade descritos na NBR 15111. Nós concluímos que o policarbonato é extremamente resistente à ignição. O equipamento desenvolvido apresentou bom desempenho e foi capaz de efetuar todos os testes mantendo a temperatura da haste aquecida em  $650\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq e FAPESP pelo suporte financeiro oferecido para execução do projeto.

### Referências

- [1] Sliney DH, Freasier BC. Evaluation of optical radiation hazards. *Applied Optics*. 1973; 12(1):1-24.
- [2] Sliney DH. Photoprotection of the eye – UV radiation and sunglasses. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2001; 64(2-3):166-175.
- [3] Cole BL. Should sunglasses be required to comply with the sunglass standard?. *Clinical and Experimental Optometry*. 2003; 86(2):74-76.
- [4] Rogers CS, Chan L, Sims YS. The effects of sub-solar levels of UV-A and UV-B on rabbit corneal and lens epithelial cells. *Experimental Eye Research*. 2004; 78(5):1007-1014.
- [5] Wang SQ, Balagula Y, Osterwalder U. Photoprotection: a review of the current and future technologies. *Dermatologic Therapy*. 2010; 23(1):31-47.
- [6] Rosenthal FS, West SK, Emmett EA. Ocular and facial skin exposure to ultraviolet radiation in sunlight: a personal exposure model with application to a worker population. *Health physics*. 1991; 61(1):77-86.
- [7] Kullavanijaya P, Lim HW. Photoprotection. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2005; 52(6):937-958.
- [8] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15111: óculos para proteção solar, filtros para proteção solar para uso geral e filtros para observação direta do sol. São Paulo, 2013. 44p.
- [9] Brunelle DJ. Advances in polycarbonates: an overview. Em: Brunelle DJ, Korn MR, editors. *Advances in Polycarbonates*. American Chemical Society; 2005. p. 1-5.
- [10] Madrzykowski D, Stroup DW. Flammability hazard of materials. Em: *Fire Protection Handbook Volume 1*. NFPA; 2008. Seção 2, Capítulo 3.
- [11] American National Standards Institute. ANSI Z80.3: Ophthalmic - nonprescription sunglasses and fashion eyewear requirements. 2010.
- [12] Pain P. Flammability testing of materials currently used in australia for industrial and cosmetic eyewear\*. *The Australian Journal of Optometry*. 1975; 58(4).