

## Comparativo da eficiência de lâmpadas em relação a temperatura e luminosidade: halógena, fluorescente e LED

### *Comparison of lamp efficiency concerning temperature and brightness: Halogen, Fluorescent and LED*

### *Comparativo de la eficiencia de la bombilla con relación a la temperatura y luminosidad: Halógena, Fluorescente y LED*

#### Resumo

Atualmente a utilização eficiente da energia elétrica é um tema que vem crescendo muito. Há uma crescente busca por alternativas de menor impacto ambiental e baixo consumo de energia, garantindo a sustentabilidade, de forma a proporcionar cada vez mais incentivos às lâmpadas mais eficientes. A eficiência é o fator-chave, e é através de uma análise criteriosa que é possível saber se as lâmpadas são eficazes, iluminando e dissipando o mínimo de calor. Este trabalho, então, irá trazer um comparativo entre lâmpadas – sendo elas fluorescente, halógena e de *LED (Light Emitting Diode)* –, com intuito de apresentar dados relacionando à temperatura e à luminosidade (lúmens) geradas por cada tipo, onde os dados foram obtidos por sensores de temperatura e de luminosidade através de um experimento. Os resultados mostraram que a lâmpada halógena tem uma maior média de lúmens se comparada à *LED* e à fluorescente. Já a *LED* tem a maior quantidade de lúmens se comparada à fluorescente. Quanto à temperatura, os dados da halógena foram maiores durante o seu funcionamento, se comparados às demais lâmpadas. Espera-se que este artigo sirva de aprendizado e material de apoio para alunos, professores e futuras pesquisas relacionadas à temperatura e à quantidade de lumens dessas lâmpadas.

**Palavras-chaves:** lâmpadas; luminosidade; temperatura.

#### Abstract

*Nowadays, the efficient use of electricity is an issue that has been growing a lot. The growing search for alternatives with less environmental impact, and low energy consumption guarantees sustainability to provide more and more incentives for more efficient lamps. Efficiency is the key factor, and it is through careful analysis that it is possible to know if the lamps are effective in lighting and dissipating the least amount of heat. This work will bring a comparison within lamps, which are fluorescent, halogen, and LED, to present data relating the temperature and luminosity (lumens) generated by each type, where the data were obtained by temperature and luminosity sensors through an experiment. The results showed that the halogen lamp has a higher average of lumens than LED and fluorescent lamps. LED has the highest number of lumens compared to fluorescent. As for the temperature, the halogen data were higher during its operation, when compared to the other lamps. We hope this article will serve as learning and support material for students, teachers, and future research concerning these lamps' temperature and number of lumens.*

**Keywords:** Lamps; Luminosity; Temperature.

Fábio Luís Figueiredo Fernandes    
Fepi - Centro Universitário de Itajubá - MG  
fabiofepi@yahoo.com.br

Carlos Donizetti Peres da Silva    
Fepi - Centro Universitário de Itajubá - MG  
carlosdope14@gmail.com

Gabriel Almeida Rodrigues    
Fepi - Centro Universitário de Itajubá - MG  
gabrielrodrigues\_96@yahoo.com.br

Leandro Júnior de Carvalho    
Fepi - Centro Universitário de Itajubá - MG  
leandro\_junior@hotmail.com

Marilson da Silva Felix    
Fepi - Centro Universitário de Itajubá - MG  
marilsonfelix@hotmail.com

Wagner Silva de Oliveira    
Fepi - Centro Universitário de Itajubá - MG  
E-mail: wagner\_s.oliveira@globo.com



## Resumen

*Actualmente la utilización eficiente de la energía eléctrica es un tema que viene creciendo mucho. La creciente búsqueda por alternativas de menor impacto ambiental y bajo consumo de energía que garanticen la sostenibilidad de forma a ofrecer cada vez más incentivos para bombillas más eficientes. La eficiencia es el factor clave, y es por medio de un análisis criterioso que es posible saber si las bombillas son eficientes iluminando y disipando un mínimo de calor. Este trabajo va a traer un comparativo entre bombillas, siendo estas fluorescente, halógena y de LED, con intención de presentar datos relacionados a la temperatura y a la luminosidad (lúmenes) generadas por cada tipo, dónde los datos fueron obtenidos por sensores de temperatura y de luminosidad por medio de un experimento. Los resultados mostraron que la bombilla halógena tiene una media mayor de lúmenes si comparada a LED y a fluorescente. Y la LED tiene la mayor cantidad de lúmenes si comparada a la fluorescente. Con relación a la temperatura, los datos de la halógena fueron mayores durante su funcionamiento, si comparados a las demás bombillas. Se espera que este artículo sirva de aprendizaje y material de apoyo para alumnos, profesores y futuras investigaciones relacionadas a la temperatura y cantidad de lúmenes de estas bombillas.*

**Palabras claves:** bombillas; luminosidad; temperatura.

## 1 Introdução

A partir da invenção das lâmpadas em 1879 por Thomas Alva Edison (1847–1931), a civilização moderna foi marcada profundamente. A luz das velas e dos lampiões de gás foram substituídas, aos poucos, pela nova tecnologia desenvolvida por Thomas Edison (Abdo, 2017).

É comum ouvir dizer que uma determinada lâmpada é “quente” ou a outra ilumina mais. Mas a questão é, o quão mais quente é determinado tipo de lâmpada ou o quão mais luminosa é outra. Pois bem, essas informações são de grande relevância quando se tem a necessidade de desenvolver um projeto que utilize lâmpadas, sendo necessário considerar os fatores luminosidade e temperatura que são geradas por elas.

Por exemplo, se no projeto de uma incubadora de uma granja for determinado que o sistema de aquecimento dos filhotes de galinhas será por lâmpadas, os dados precisos deverão ser conhecidos, pois se a temperatura gerada pelas lâmpadas não for a adequada, seja muito baixa ou muito alta, haverá mortalidade dos filhotes de galinha (Lauvers; Ferreira; Araújo, 2011). Em outro exemplo, abordando agora o fator luminosidade em um ambiente de trabalho, é de grande importância conhecer a necessidade adequada de lúmens, pois a baixa luminosidade pode levar a uma fadiga visual, podendo acarretar baixa produtividade e até em acidentes de trabalho (Folster *et al.*, 2016). Já conhecendo os valores precisos de temperatura e luminosidade de cada tipo de lâmpada, pode-se prever problemas relacionados a estes fatores e assim diminuir as chances da necessidade de correção do projeto posteriormente.

A lâmpada halógena tem um funcionamento semelhante à incandescente, que tem como princípio a transformação de energia elétrica em energia térmica e energia luminosa. Ela possui um filamento de tungstênio e contém um gás halogênio que aumenta a sua incandescência e diminui o desgaste do filamento (Ferreira, 2015).

A lâmpada fluorescente foi criada por Nikola Tesla (1856–1943), que possui uma eficiência energética de até 20% diferentemente da lâmpada de filamento, porque a lâmpada fluorescente consegue incidir mais energia em forma de luz do que energia térmica, de forma que seu funcionamento é realizado através do mercúrio encontrado internamente na lâmpada fluorescente, podendo ser considerado um problema na questão de sustentabilidade, caso o mercúrio não seja descartado corretamente, o que pode causar contaminação em lençóis freáticos e também no solo (Cavalim; Cervelin, 2010).

Com a tecnologia dos semicondutores, as lâmpadas *LED* (*Light Emitting Diode* – Diodo Emissor de Luz) utilizam um componente eletrônico com dois terminais (chamados cátodo e ânodo), que, quando polarizados diretamente, dissipa potência em energia luminosa. Como ponto positivo, as lâmpadas *LED* não utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta ou muito menos descarga de gases (Santos *et al.*, 2015).

Acredita-se que a temperatura de uma lâmpada seja ela fluorescente, halógena ou de *LED*, quando se inicia seu funcionamento, sofra uma variação a partir da temperatura ambiente, e que alcance um pico e estabilize em um valor máximo. Já a quantidade de lúmens gerados pelos três tipos não seja igual, pois as características de cada uma são diferentes, com isso a quantidade de fluxo luminoso será divergente.

Este estudo tem por finalidade apresentar dados quantitativos de luminosidade e temperatura, coletados através de um experimento, relacionando a temperatura e a luminosidade (lúmens) geradas pelas lâmpadas de LED, fluorescentes e halógenas, gerados por sensores de temperatura e de luminosidade, respectivamente, para realizar um comparativo entre elas. Tal comparativo tem o intuito de verificar se possuem diferenças entre as médias das variáveis trabalhadas, de forma a analisar onde cada lâmpada possui melhor eficiência e onde possui menor eficiência, obtendo estes dados conceituais para o melhor uso das mesmas em diferentes meios.

## 2 Referencial Teórico

### 2.1 Lâmpadas Halógenas

As lâmpadas halógenas possuem um funcionamento semelhante às lâmpadas incandescentes, mas possuem um fino filamento de tungstênio (W), no qual passa uma corrente elétrica que faz com que a temperatura chegue a uma temperatura aproximadamente de 3000°C, ocorrendo o brilho intenso através do metal. O tungstênio é um metal que possui um elevado ponto de fusão de 3422°C e, devido esta característica, ele evapora menos quando comparado a outros metais (Pereira, 2018).

Estas lâmpadas possuem um gás do grupo halógeno e, para que ocorra a mistura do gás com os átomos de tungstênio de forma a evaporarem e depositarem novamente sobre o filamento, é necessário que a temperatura seja mantida acima de 250°C, de forma que este processo proporciona ao filamento de tungstênio uma maior durabilidade (Fontan, 2018).

Em relação à luminosidade da lâmpada halógena, pode-se afirmar que são menos eficazes devido à elevada dissipação de potência elétrica do que as lâmpadas incandescentes, causando um maior gasto energético e, conseqüentemente, um maior consumo de energia elétrica (Eletrobras, 2014 *apud* Aguiar; Minich; Bender, 2020). No entanto, apesar de sua eficiência luminosa girar em torno de 15 a 25 (lm/W), contata-se que seja melhor que da lâmpada incandescente, segundo Oliveira e Gonçalves (2017).

### 2.2 Lâmpadas de LED

As lâmpadas de LED se diferenciam das incandescentes e halógenas por não possuírem filamentos, nem mercúrio ou qualquer tipo de gás nocivo ao meio ambiente e ao consumidor, não havendo problemas nas questões de descarte, além disso não emitem luz ultravioleta e nem infravermelho, proporcionando maior conforto aos olhos (Cavalin, 2012 *apud* Ciesla *et al.*, 2019). Segundo Fragozo *et al* (2020), as lâmpadas de LED “são formadas por uma fita que contém diodos semicondutores, compostos por cristais de silício e germânio, que quando e energizados emitem luz visível ao olho humano”.

Segundo Fortes *et al* (2018) as lâmpadas LED apresentam um desempenho muito superior à lâmpada fluorescente, apresentando apenas 46,62% em relação à eficiência luminosa quando comparada ao LED, além de ter uma menor potência, o que representaria um menor consumo de energia elétrica.

Uma lâmpada de LED pode chegar a uma vida útil de 50 mil horas, o que se deve, em parte, ao fato de operar em baixas temperaturas, reduzindo assim o desgaste dos materiais que a compõem (Bourget, 2008 *apud* Cruz, 2021). Ainda, com relação à temperatura no estudo realizado segundo Cruz (2021), as lâmpadas de LED apresentaram temperaturas de aproximadamente de 21°C com variação de 4°C. Assim, sua eficiência luminosa considera que a mesma gira em torno de 20 a 100 (lm/W), segundo Oliveira e Gonçalves (2017).

### 2.3 Lâmpadas incandescentes

As lâmpadas incandescentes utilizam de um filamento formado por carbono e revestido de tungstênio, no entanto os gases utilizados dentro do bulbo são uma mistura de argônio e nitrogênio, baseando seu funcionamento no Efeito Joule, onde ocorre um aquecimento de um material resistivo que produz calor quando passa uma corrente elétrica sobre o mesmo. Sendo assim, quando este corpo atinge altas temperatura, emite uma luz visível aos olhos humanos, apresentando rendimento próximo dos 5% apenas (Fragoso *et al.*, 2020).

Uma lâmpada incandescente tem uma vida útil de aproximadamente 1000 horas, tempo bem menor se comparada a uma lâmpada de LED, além de um baixo custo de aquisição quando comparada com outras

lâmpadas. Para além disso, as lâmpadas são capazes de aumentar a temperatura do ambiente, chegando a aumentar uma temperatura de 2°C em um ambiente residencial, apresentando pouca eficiência energética e transformando a maior parte de energia em calor e em uma pequena parte em luz, consumindo mais energia elétrica (Souza *et al.*, 2017).

Em eficiência luminosa das lâmpadas incandescentes, estas giram em torno de 10 a 15 (lm/W), segundo Oliveira e Gonçalves (2017).

### 3 Metodologia

Para a temática em análise, foi realizado um estudo estatístico transversal com uma abordagem quantitativa para a obtenção de dados primários de temperatura (°C) e de lúmen (lm), feita a partir de um experimento com 20 repetições para cada tipo de dado em relação a cada lâmpada analisada.

Foi definido um grupo de 15 lâmpadas, divididas em 5 unidades para cada tipo de lâmpadas, 5 halógenas, 5 LEDs e 5 fluorescentes.

A coleta de dados foi realizada de forma experimental, com o tipo de amostra estratificada e aleatória, um método de amostragem que envolve a divisão de uma população em subgrupos menores, conhecidos como estratos. Os subgrupos serão os das lâmpadas halógenas, fluorescentes e LEDs.

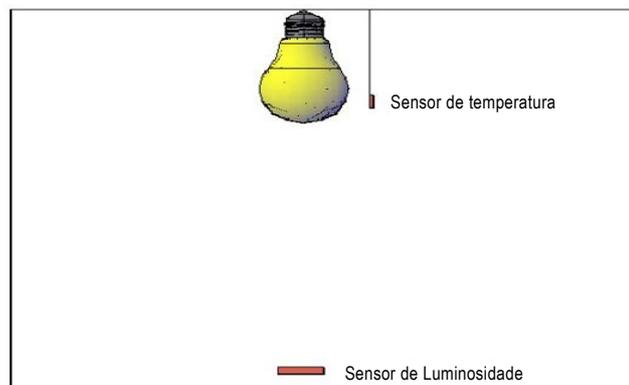
O teste comparativo de médias de um fator foi aplicado na fase de análise exploratória com o auxílio do *software* Bioestat© 5.0, para comparar a média de temperatura e de lúmen entre os três tipos de lâmpadas depois de verificado os pré-requisitos de valores estão ou não fora do padrão, teste de normalidade e teste de variância. Tais testes são necessários para realização do teste paramétrico ANOVA (Análise de um fator) quanto à comparação dos valores de médias dos dados baseados em suas variâncias com o *post hoc* de Tukey que desenvolve comparações específicas, evitando o erro tipo I (Santo; Daniel, 2018). Nos casos de não verificação dos pré-requisitos, foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com *post hoc* de Dunn, que substitui o teste ANOVA no caso de dados não paramétricos (CAPP E NIENOV, 2020), considerando uma significância de 0,05 e 95% de confiabilidade para comparativo de postos médios, onde o teste ANOVA é utilizado.

Como teste complementar, foi realizado o cálculo do *effect size*, que analisa a diferença entre dois grupos ou mais, verificando seu efeito de comparação global, considerando o comparativo entre as populações analisadas, cuja tabela de referência para o teste ANOVA e teste de Kruskal-Wallis tem 0,1 até 0,24 para *effect size* pequeno, 0,25 até 0,39 para *effect size* médio e acima de 0,4 para *effect size* grande (Santo; Daniel, 2018).

Para a análise descritiva, com a finalidade de tabulação e criação de gráficos e tabelas, assim como a comunicação com o microcontrolador Arduino, foi utilizado o *software* Microsoft Excel© (versão 365).

As lâmpadas foram submetidas aos testes por um período de aproximadamente 17 minutos, nos dias 15 e 16 de outubro de 2020, individualmente em cabines feitas de isopor (0,5m x 0,5m x 0,5m) com espessura de e medindo de volume, aproximadamente, totalmente fechadas, apenas com os orifícios para os encaixes de bocais e passagens de fios para os sensores que estarão no interior das cabines conforme representado na Fig. 1.

Figura 1 – Representação da cabine



Fonte: Elaborado pelos autores

O sensor de temperatura foi posicionado próximo à lâmpada para proporcionar uma variação de temperatura mais sensível durante o tempo de funcionamento para a tomada de dados. Já o de luminosidade, foi instalado ao centro da lâmpada na parte inferior da cabine, de modo que o feixe luminoso esteja concentrado diretamente no sensor, já que o foco maior é no seu ponto central.

Em um primeiro teste com as cabines, observou-se um contratempo. A luz externa do ambiente estava exercendo influência no sensor de luminosidade, porém dentro da cabine só poderia ter a luz gerada pela lâmpada. Para contornar o problema, foi utilizado cartolina preta para revestir o exterior das cabines e, assim, impedir a luz ambiente de entrar nelas.

A cabine de isopor foi estabelecida para padronizar a área de dimensionamento da iluminância, fazendo com que a quantidade de lux seja a mesma de lúmens, uma vez que a área da caixa é de  $0,25\text{m}^2$  e a iluminância (lux) é a relação entre fluxo luminoso (lm) e a área.

O estudo será realizado em ambiente residencial dispondo de rede elétrica de 127V e os materiais utilizados são mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Materiais utilizados.

<b>Materiais</b>	<b>Quantidade</b>
Sensor de luz Temt6000	3
Termistor NTC 10k 5mm	4
Lâmpada halógena 42W	5
Lâmpada fluorescente 15W	5
Lâmpada LED 9W	5
Arduino UNO	2
Resistor de 10k ohms	7
Protoboard	1
Bocal E27	3
Isopor 100 x 50 cm	6

Fonte: Elaborado pelos autores

Em relação aos materiais utilizados como sensores, há as seguintes características:

1 – Sensor de luz Temt6000: possui faixa de iluminação para detecção de 1 a 5000 lux, faixa de temperatura de trabalho entre  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $85^{\circ}\text{C}$ , tensão de alimentação entre 3,3 ~ 5,5V e dimensões de 30x22mm, sendo suficiente para o desenvolvimento do projeto.

2 – Termistor NTC 10k 5mm, possui faixa de detecção de temperatura em  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $125^{\circ}\text{C}$  sendo utilizado como sensor de temperatura.

A coleta de dados será realizada através de sensores e programação Arduino. A análise dos dados obtidos através do uso do Arduino será feita através do Microsoft Excel por meio de uma interface de comunicação entre eles utilizando o VBA.

O VBA ou *Visual Basic for Applications* consiste em uma espécie de variante do *Visual Basic*, no entanto, esta pode ser utilizada em conjunto com todos os programas existentes dentro do pacote Microsoft Office. No caso do Microsoft Excel, o VBA é utilizado para automatizar uma planilha, facilitando a execução de procedimentos, navegação entre planilhas existentes e análise de dados, entre outras aplicações.

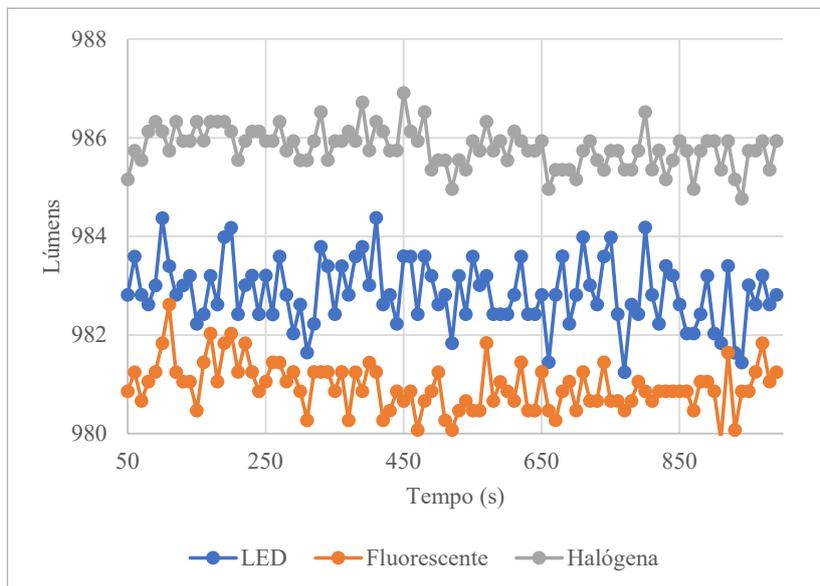
Portanto essa conexão permite que os dados obtidos através do Arduino sejam enviados diretamente para o programa Excel, e que esse, por sua vez, construa gráficos e faça o tratamento dos dados em tempo real.

## 4 Resultados e Análises

Como descrito na metodologia, foi realizada a tomada de dados referente à temperatura e aos lúmens de cada lâmpada. A partir dos dados obtidos, foram gerados Gráfico 1 e o Gráfico 2, mostrados nas Figuras 2 e 3, respectivamente, baseando-se nas médias pelo tempo de funcionamento das lâmpadas.

Considerando os resultados mostrados na Figura 2, verifica-se que a lâmpada halógena tem um maior valor de lúmens, entre 985 e 987 lm, a LED possui entre 981 e 985 lm, já a fluorescente se encontra entre valores de 980 a 983 lm aproximadamente, o que mostra que a lâmpada halógena possui de fato uma maior média de lúmens quando comparada às lâmpadas de LED e fluorescente.

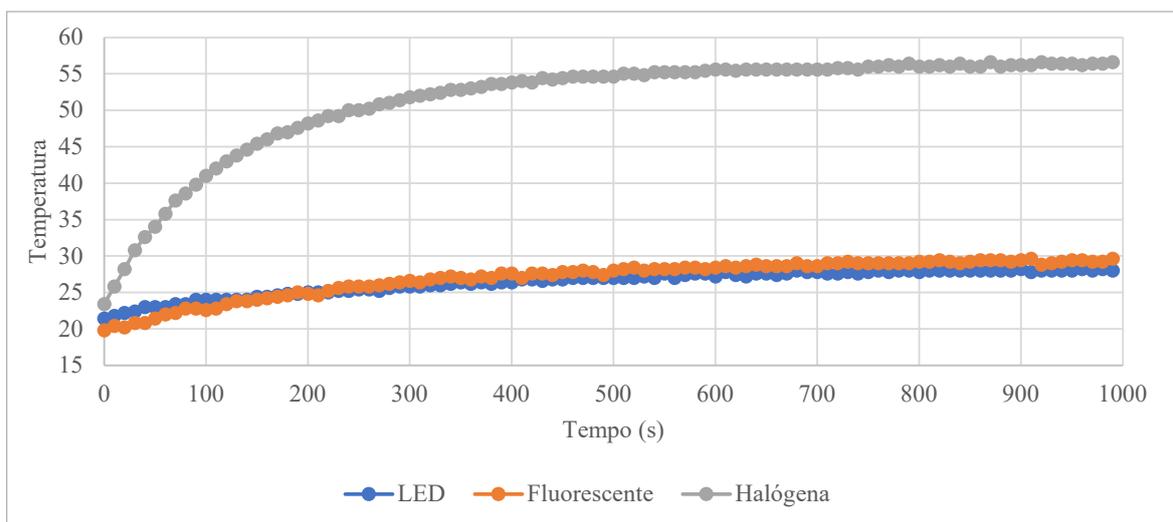
Figura 2 – Média de lúmens das lâmpadas analisadas.



Fonte: Elaborado pelos autores

Quanto aos dados de temperatura, observados na Figura 3, a evolução dos dados da halógena foram significativamente maiores durante o seu funcionamento, se comparados às demais lâmpadas, e se estabilizando próximo dos 56,6°C. As temperaturas da LED e da fluorescente ficaram bem próximas, mas as da LED foram as menores, aproximadamente 28,2°C, enquanto as da fluorescente foi de 29,6 °C.

Figura 3 – Média de temperatura.



Fonte: Elaborado pelos autores

#### 4.1 Análise estatística para comparativo de médias obtidas dos lúmens em relação as três lâmpadas

Com esta análise feita, foram verificados os pré-requisitos para a realização do teste ANOVA, primeiramente para os dados de lúmens obtidos. Assim, ao analisarmos os pré-requisitos do teste ANOVA de outliers, teste de normalidade de Shapiro-Wilk e teste de homoscedasticidade, determinou-se que se trata de

amostras paramétricas, podendo ser utilizado o teste ANOVA com *post hoc* de TUKEY de um fator para comparativo das médias.

Com o teste ANOVA de um fator, verifica-se que o valor  $F = 263,39$  e valor  $p < 0,0001$ , mostrando que existe uma diferença significativa entre as médias de lúmens obtidos em relação às lâmpadas estudadas com 99% de confiabilidade.

E segundo o teste de *post hoc* de Tukey, mostra que todas as amostras se diferem significativamente em relação às outras, com 99% de confiabilidade. Onde é afirmado que a lâmpada halógena possui uma média de lúmens significativamente maior do que a lâmpada de LED e fluorescente, e a média de lúmens da LED é significativamente maior do que a fluorescente. E ainda, segundo os intervalos de confiança da diferença com 95% de confiabilidade, verifica-se que a diferença média de lúmens entre halógena e fluorescente é de no mínimo 4,3 lm e no máximo de 5,4 lm; a diferença média de lúmens entre halógena e LED é de no mínimo 2,3 lm e no máximo 3,5 lm; e a diferença média de lúmens entre LED e fluorescente é de no mínimo 1,4 lm e no máximo 2,5 lm.

O tamanho de efeito  $f$  obtido para o comparativo dos lúmens foi de 6,4, sendo considerado grande, e mostrando ser populações muito diferentes.

**Tabela 2** – Teste ANOVA para os dados de lúmens.

F	263.39		
Graus de liberdade	2		
Valor p (ANOVA)	< 0.0001		
<b>Variáveis</b>	<b>Média (lm)</b>	<b>Desvio Padrão (lm)</b>	
Halógena	985.78	0.328	
Fluorescente	980.89	0.461	
LED	982.86	0.157	
<b>Comparativos (Tukey)</b>	<b>Dif. de médias (lm)</b>	<b>IC (95%) (lm)</b>	<b>Valor p</b>
Halógena x fluorescente	4.89	4.3 a 5.4	< 0.001
Halógena x LED	2.92	2.3 a 3.5	< 0.001
Fluorescente x LED	1.97	1.4 a 2.5	< 0.001

Fonte: Elaborado pelos autores

#### 4.2 Análise estatística para comparativo de médias obtidas da temperatura em relação as três lâmpadas

Partindo para a análise dos dados de temperatura, também foi feita a verificação dos pré-requisitos para o teste ANOVA, verificando-se que não existe valores *outliers* e que os dados possuem distribuição normal a partir do teste de Shapiro Wilk ( $p > 0,05$ ). No entanto, a diferença entre as variâncias obtidas são muito altas, mostrando que os dados podem ser considerados heterocedásticos, ou seja, variâncias diferentes, segundo o teste F ( $p \leq 0,05$ ). Sendo assim, é necessário utilizar o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para desenvolver os comparativos de postos médios de temperatura, para verificar a existência de diferenças significativas entre seus valores, com *post hoc* de Dunn que compara dentro do teste de Kruskal-Wallis quais lâmpadas possuem diferenças significativas de temperatura ou não, e cujos os dados são apresentados na Tabela 3. Os resultados foram obtidos utilizando o programa Bioestat© 5.0.

**Tabela 3** – Teste de Kruskal-Wallis para os dados de temperatura.

		Resultados			
H		12,5000			
Graus de liberdade		2			
(p) Kruskal-Wallis		0,0019			
Lâmpadas		Posto médio			
Lâmpada halógena		13,0000			
Lâmpada fluorescente		8,0000			
Lâmpada LED		3,0000			
Comparações (método de Dunn)		Dif. Postos	z calculado	z crítico	valor p
Postos médios halógena e fluorescente		5,0000	1,7678	2,394	ns
Postos médios halógena e LED		10,0000	3,5355	2,394	< 0.05
Postos médios fluorescente e LED		5,0000	1,7678	2,394	ns

Fonte: Elaborado pelos autores

Foi verificado que o posto médio de temperatura das lâmpadas halógenas no experimento realizado é maior quando comparada ao posto médio obtido nas outras lâmpadas do comparativo, bem como que é verificado que as lâmpadas fluorescentes possuem um posto médio de temperatura maior do que as lâmpadas LED no experimento. No segundo o teste de Kruskal-Wallis, por outro lado, verifica-se diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre lâmpadas halógenas e lâmpadas fluorescentes, mostrando que as lâmpadas halógena possuem um posto médio de temperatura significativamente maior do que as lâmpadas LED, já as outras não apresentaram diferenças significativas. No entanto, considerando que se trata de uma amostra pequena de lâmpadas, é necessário uma análise a partir do *effect size*, onde a fórmula é dada pela eq.(1), que é um valor menos sensível à quantidade amostral menor. Sendo assim, foi obtido os valores mostrados nas eq.(2), eq.(3) e eq.(4), mostrando resultados de *effect size* grandes, o que mostra as diferenças entre as temperaturas obtidas nas lâmpadas estudadas, confirmando que a lâmpada halógena é a que possui maior valor de posto médio de temperatura, seguido pela lâmpada fluorescente e por último a lâmpada LED.

$$Effect\ size = \frac{z}{\sqrt{n}} \tag{1}$$

O cálculo do *effect size* em relação aos comparativos de postos das lâmpadas halógena e fluorescente segue na eq.(2).

$$Effect\ size = \frac{1,7678}{\sqrt{10}} = 0,559 \rightarrow grande \tag{2}$$

O cálculo do *effect size* em relação aos comparativos de postos das lâmpadas halógena e LED segue na eq.(3).

$$Effect\ size = \frac{3,5355}{\sqrt{10}} = 1,118 \rightarrow grande \tag{3}$$

O cálculo do *effect size* em relação aos comparativos de postos das lâmpadas fluorescente e LED segue na eq.(4)

$$Effect\ size = \frac{1,7678}{\sqrt{10}} = 0,559 \rightarrow grande \tag{4}$$

Segundo o valor de *effect size*, foi encontrado uma grande diferença entre as temperaturas, observando que a halógena possui uma temperatura maior do que fluorescente. Com uma diferença aproximada de 28,21 °C, a fluorescente foi maior que a LED, em uma diferença de 1,61 °C, no entanto a halógena apresentou uma diferença maior que a LED em 29,82 °C de diferença. Com o teste aplicado, não foi observado uma diferença significativa, o que evidencia um erro tipo II devido à pequena quantidade amostral. Portanto, a consideração de uma maior quantidade de lâmpadas para realização dos testes estatísticos e confirmação se as diferenças de temperatura obtidas se mantêm, seria uma sugestão para trabalhos futuros.

## 5 Conclusões

Atualmente, com o aumento da demanda de energia e a diminuição das matrizes energéticas, há uma eficiência dos equipamentos elétricos é de grande relevância. Foram manipulados três tipos de lâmpadas mais comumente encontradas nas residências e no mercado para uma análise da eficiência das lâmpadas em relação à temperatura e à luminosidade.

Utilizaram-se técnicas de programação computacional e de análise de dados probabilísticos para coleta e tratativa dos dados, do qual pode-se obter os resultados, onde as lâmpadas *LED* apresentaram em uma relação de lúmens por potência  $\left(\frac{\text{lúmens}}{\text{potência}}\right)$  uma melhor eficiência em relação as demais.

A lâmpada halógena apresentou nos testes uma luminosidade maior do que as demais devido ao seu feixe luminoso ser mais difuso. Enquanto a *LED*, que aparentava demonstrar uma melhor eficiência luminosa, possui um feixe luminoso mais centrado.

A halógena é basicamente uma melhoria da incandescente, porém com consumo menor, maior durabilidade e capacidade de produção de uma luz mais intensa que a incandescente. Muito utilizada em iluminação decorativa, devido sua alta temperatura gerada, apresentou um funcionamento que, segundo os testes, foi em torno de 56,6 °C. Com isso, deve ser observado o local em que este tipo de lâmpada será aplicado, pois com esta temperatura, é possível que aconteça incêndios em certos plásticos e madeiras.

Fluorescentes são basicamente tubos fluorescentes moldados no formato de lâmpada, têm maior durabilidade e consomem menos que as lâmpadas tradicionais. As lâmpadas *LED* são uma série de diodos emissores de luz, que possuem longa vida útil e um baixo consumo, grande variedade de cor e potência, e não possui metais pesados ou gases poluentes. Como foi observado nos testes, as lâmpadas *LED* e fluorescente apresentaram as menores temperaturas, 28,2°C e 29,6 °C, respectivamente, durante o período avaliado, o que demonstra uma menor cautela quanto ao ambiente que serão aplicadas se comparadas com a halógena.

Durante a realização do trabalho, alguns contratemplos foram encontrados. Com a coleta de dados foi necessário realizar vários ajustes e testes experimentais, a fim de encontrar o melhor posicionamento dos sensores e os ajustes finos no programa do Arduino. Ainda, durante os testes, observou-se que iluminação externa estava influenciando na medição do sensor, sendo assim necessário revestir as caixas com cartolina preta, a fim de inibir a ação da luz externa na realização dos testes. Para concluir, como foi determinado, será necessária uma pesquisa futura que considere uma maior quantidade de lâmpadas para analisar de forma mais precisa a diferença de médias da temperatura.

## Referências

- ABDO, H. 8 invenções de Thomas Edison que mudaram o mundo. **Galileu**, São Paulo, 14 fev. 2017. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Tecnologia/noticia/2017/02/8-invencoes-de-thomas-edison-que-mudaram-o-mundo.html>. Acesso em: 20 set. 2020
- AGUILAR, A.; MINICH, I. M.; BENDER, V. C. Análises de fontes de luz para iluminação de interiores utilizando a goniofotometria. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, Rio Grande do Sul, v. 9, n. 2, p. 1-6, 3 mar. 2020. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/98387>. Acesso em: 20 set. 2020.
- CAPP, E.; NIENOV, O. H. (org.) **Bioestatística quantitativa aplicada**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/213509/001117624.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 set. 2020.
- CAVALIM, G.; CERVELIN, S. **Instalações Elétricas Prediais**. São Paulo: Erica, 2010.
- CIESLA, J. S.; AMARAL, M. A. do; AKKARI, A. C. S.; GUIMARÃES, D. H. P.; ROSA, M. T. de M. G. Lâmpada de LED para uso em sala de aula: um estudo sobre a viabilidade técnica. *In*: SINGH, A. S., OLIVEIRA, E. de J. (org.). **Tópicos em administração**. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2019. p. 7-17. v. 24. DOI: <https://doi.org/10.36229/978-85-7042-149-4>
- CRUZ, J. M. P. **Iluminação LED em câmaras de crescimento de plantas. Influência na eficiência**

**energética e desenvolvimento das plantas.** 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônoma) – Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Évora, Portugal, 2021.

FERREIRA, M. D. L. **Ciclos de comutação de uma lâmpada até ao seu fim de vida:** investigação, construção e implementação de uma ferramenta de análise. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores Major Energia) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2015. Disponível em [https://sigarra.up.pt/fcnaup/pt/pub\\_geral.pub\\_view?pi\\_pub\\_base\\_id=35923](https://sigarra.up.pt/fcnaup/pt/pub_geral.pub_view?pi_pub_base_id=35923). Acesso em: 20 set. 2020.

FOLSTER, L. P.; MADRUGA, G. G.; FERREIRA, F. S.; STEFENON, S. F. Estudo sobre a eficiência no sistema de iluminação em Salas de Aula (UNIPLAC). **Revista Espacios**, [s. l.], v. 37, n. 21, p. 1-11, 2016. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/310845272\\_Estudo\\_Sobre\\_a\\_Eficiencia\\_no\\_Sistema\\_de\\_Iluminacao\\_em\\_Salas\\_de\\_Aula\\_UNIPLAC](https://www.researchgate.net/publication/310845272_Estudo_Sobre_a_Eficiencia_no_Sistema_de_Iluminacao_em_Salas_de_Aula_UNIPLAC). Acesso em: 20 set. 2020.

FONTAN, A. L. dos S. **Eficiência energética do sistema de iluminação da Orla Marítima de Maceió.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/18826>. Acesso em: 20 set. 2020.

FORTES, M. Z.; GOUVEIA, L. de C. dos S.; RODRIGUES, T. A.; OLIVEIRA, F. J.; OLIVEIRA, L. B. Análise dos Impactos da Substituição de lâmpadas Fluorescentes por Lâmpadas LEDs em Navios Militares. **Revista Engevista**, [s. l.], v. 20, n. 4, p. 560-571, 10 jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.22409/engevista.v20i4.9557>

FRAGOSO, A.; FORTES, M. Z.; MORAES, D. A. P.; LOPES, A. P.; PEREIRA, A. M. E. Análise do efeito Flicker em lâmpadas domésticas do mercado Brasileiro. **Sociedade Brasileira de Automática**, [s. l.], v. 1, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.48011/sbse.v1i1.2400>

LAUVERS, G.; FERREIRA, V. P. de A.; ARAÚJO, P. Fatores que afetam a qualidade dos pintos de um dia, desde a incubação até recebimento na granja. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, [s. l.], v. 9, n. 16, p. 1-19, jan. 2011.

OLIVEIRA, J. R.; GONÇALVES, M. H. Análise do potencial de conservação de energia elétrica na santa casa de Arealva: sistemas de iluminação e ar condicionado. In: WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO PAULA SOUZA – SABERES E PRÁTICAS CONTEMPORÂNEAS E INOVAÇÃO NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E EM SISTEMAS PRODUTIVOS, 12., 2017, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017. p. 408-417.

PEREIRA, C. M. **Equilíbrio químico em lâmpadas halógenas:** contribuições de uma sequência didática. 2018. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Minas Gerais, 2018. Disponível em: <https://bdtd.unifal-mg.edu.br:8443/handle/tede/1247>. Acesso em: 20 set. 2020.

SANTOS, T. S. dos; BATISTA, M. C.; POZZA, S. A.; ROSSI, L. S. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s. l.], v. 20, n. 4, p. 595-602, out./dez. 2015. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-41522015020040125106>

SANTO, H. M. A. E.; DANIEL, F.; Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos: Guia para reportar os tamanhos de efeito para análises de regressão e ANOVAs. **Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social**, Coimbra, v. 4, n. 1, p. 43-60, 2018. DOI: <https://doi.org/10.31211/rpics.2018.4.1.72>

SOUZA, F. G. de; ROCCA, G. A. D.; FERREIRA, F. C. S.; STEFENON, S. F.; ARRUDA, P.; Análise de viabilidade econômica da substituição de lâmpadas comuns por econômicas e tecnologia LED em residências. **Revista Espacios**, [s. l.], v. 38, n. 51, 2017, p. 1-17. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.revistaespacios.com/a17v38n51/a17v38n51p17.pdf>. Acesso em: 20 set. 2020.

## Sobre os autores

---

### **Fábio Luís Figueiredo Fernandes**

Mestre em Física pela UNESP-Guaratinguetá/SP, Graduação em Licenciatura Plena em matemática pela Fepi - Centro Universitário de Itajubá/MG Professor Universitário no Centro Universitário de Itajubá/MG na área de Exatas.

### **Carlos Donizetti Peres da Silva**

Bacharel em Engenharia Elétrica

### **Gabriel Almeida Rodrigues**

Aluno de Bacharelado em Engenharia Elétrica

### **Leandro Júnior de Carvalho**

Bacharel em Engenharia Elétrica

### **Marilson da Silva Felix**

Aluno de bacharelado em Engenharia Elétrica

### **Wagner Silva de Oliveira**

Bacharel em Engenharia Mecânica.

---

**Aceito em:** 15/12/23

**Avaliado em:** 14/11/23