

## ANÁLISE SUSTENTÁVEL DE FONTES DE ILUMINAÇÃO COM ÊNFASE NA EDUCAÇÃO ENERGÉTICA

**Matheus Wesley Pereira da Silva** – matheuswesley1208@gmail.com

**Igor de Azevedo Montalvão** – igormontalvao92@gmail.com

**Mateus Antunes da Silva** – mateusossego09@gmail.com

**José Wesley de Oliveira Costa** – wesleymonitorfmn@gmail.com

Faculdade Maurício de Nassau

Vereador Manoel Uchôa – 237, Palmeira

58401-115 – Campina Grande – PB

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo fornecer subsídios suficientes para a conscientização da população sobre a viabilidade do uso das lâmpadas de LED (diodo emissor de luz), quando comparadas com lâmpadas fluorescentes e incandescentes. A partir de uma análise comparativa será correlacionado o custo-benefício através do tempo e apresentada de forma direta as vantagens e desvantagens de cada tipo de lâmpada. Utilizando um circuito simples como facilitador do aprendizado, composto por uma plataforma de computação física Arduino Uno, um transformador de corrente (TC) e um display de cristal líquido (LCD), voltados a medição, aquisição e apresentação de resultados referentes aos valores de corrente e potência de cada tipo de lâmpada, de forma didática e interativa. Tornando-se possível assim, a comprovação da eficácia econômica e a verificação das contribuições advindas dessas tecnologias, sejam elas com base na preservação ambiental ou o impacto dessas soluções em um método de faturamento aplicado em sistemas de iluminação pública ou privada.

**Palavras-chave:** Lâmpadas LED. Lâmpadas – Comparação. Lâmpadas fluorescentes. Lâmpadas Incandescentes. Light Emitting Diodes.

### 1 INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos são notáveis em todas as áreas da engenharia, com as lâmpadas e os demais dispositivos de iluminação não tendo sido diferente. Elas têm evoluído na necessidade de melhorias no custo-benefício, sem agredir o meio ambiente, e isso tem proporcionado uma melhor qualidade de vida a um menor preço e de forma sustentável. Decorrente da preocupação necessária com o meio ambiente e o bem-estar da população buscam-se formas de reduzir o uso de substâncias tóxicas nos processos de fabricação dessas inovadoras tecnologias e o aumento da eficiência, seja a partir de mudanças no fluxo luminoso, fator de potência, temperatura, dentre outros fatores relevantes. Todo esse processo de busca por melhorias resulta em atualizações contínuas no meio tecnológico da iluminação, proporcionando de tal forma uma diversidade de opções luminosas longa e evolutiva. Esse processo evolutivo acaba pondo algumas soluções em desuso e promovendo outras, como o LED.

Organização:



**UNEBA**  
 UNIVERSIDADE DO  
 ESTADO DA BAHIA



**UFBA**  
 UNIVERSIDADE  
 FEDERAL DA BAHIA

Realização:



As primeiras lâmpadas comercializadas foram as incandescentes. Cujo princípio de funcionamento era baseado no aquecimento de um filamento de tungstênio através da passagem de corrente elétrica. Enquanto houvesse corrente elétrica circulando pelos terminais da lâmpada, este filamento se mantinha aquecido tornando-se incandescente. Estas lâmpadas foram utilizadas durante muitos anos principalmente em iluminações de interiores. No entanto, este é um método pouco eficaz, pois a maior parte da energia elétrica consumida é convertida em calor (aproximadamente 92%) e apenas uma reduzida parcela (8%) é convertida em luz visível (PINTO, 2008).

Contemporaneamente, as lâmpadas fluorescentes dominaram o mercado, apresentando uma maior eficiência quando comparadas as lâmpadas incandescentes. E assim emergindo de forma massiva e com um preço apelativo. Mas adjunto dessa solução vinheram algumas desvantagens, dentre elas, o alto impacto ambiental, devido ao uso de produtos químicos poluentes em sua composição. Outro dos potenciais problemas é o fato de serem de difícil variação de fluxo luminoso, decorrente do tempo de arranque relativamente longo, devido às condições de temperatura e pressão dos gases internos (LOURENÇO, 2010).

Os LEDs (light emitting diode) ou diodo emissor de luz são componentes eletrônicos que emitem luz através da eletroluminescência, transformando energia elétrica em radiação visível (luz). O LED existe desde 1962, mas apresentavam um baixo fluxo luminoso, e apenas em 1990, o Dr. Shuji Nakamura da *Nichia Chemical Corporation* desenvolveu o LED azul com um alto fluxo luminoso que a partir de uma camada de fósforo, emitia luz branca (BLEY, 2012).

Os LEDs foram produzidos de forma comercial em 2010, com eficácia luminosa superior a 100 Lúmens por Watts, com potências similares as lâmpadas fluorescentes e sem os impactos ambientais anteriormente gerados. Apresentando assim a nova solução luminosa mais viável, eficiente e limpa.

Este artigo está organizado da seguinte forma: na seção 2 os objetivos do estudo comparativo são apresentados; na seção 3 é tratado com maior atenção a arquitetura do circuito utilizado como um facilitador do estudo comparativo, bem como sua montagem e a especificação de cada componente presente; posteriormente na seção 4 são apresentados os resultados e abertas as discussões a respeito do tema; por fim, as considerações finais são apresentadas na seção 5.

## 2 OBJETIVO

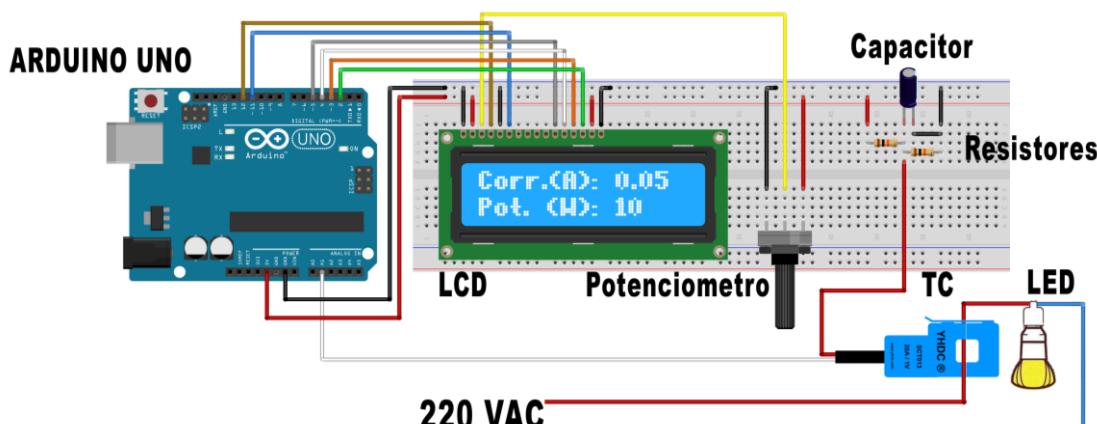
O objetivo principal deste trabalho é a apresentação e detalhamento das soluções de iluminação de ambientes utilizadas mais comumente, com ênfase em uma análise comparativa entre a solução atual, as lâmpadas de LED, com as soluções mais antigas e popularmente conhecidas, como lâmpadas fluorescentes e incandescentes. Utilizando-se de um circuito simples, voltado a implementação, apresentação e aquisição de dados, cuja finalidade é despertar um maior interesse e gerar uma maior afinidade entre alunos de nível médio, técnico e superior em relação ao assunto.

O circuito é composto por uma plataforma microcontrolada, responsável pela facilitação do tratamento de dados, recebidos a partir do transformador de corrente, cuja finalidade é mensurar os valores de correntes percorridos pelas lâmpadas, que por sua vez serão exibidos através de um LCD, bem como a potência absorvida por cada lâmpada.

### 3 ARQUITETURA DO CIRCUITO

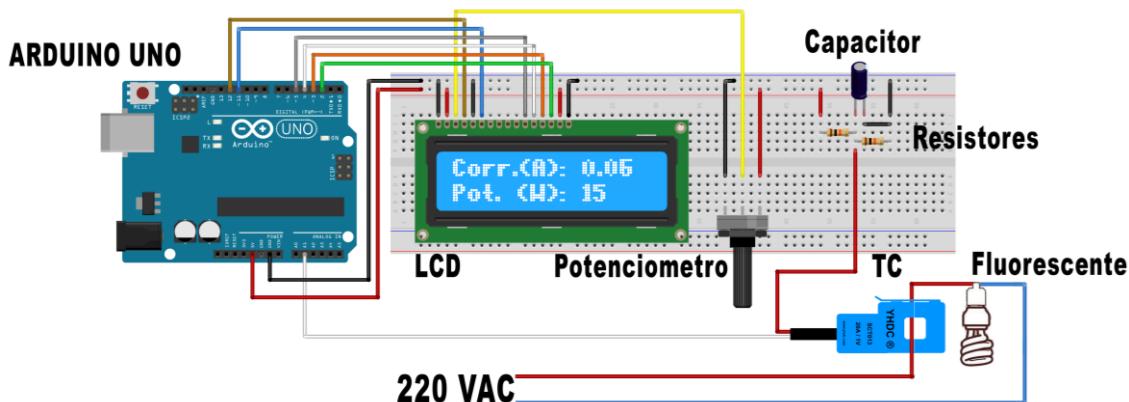
O circuito é composto pelas lâmpadas de LED, fluorescente e incandescente, onde a partir de um transformador de corrente conectado com resistores de  $10\text{ k}\Omega$  e um capacitor de  $100\text{ }\mu\text{F}$ , voltado para fins de exatidão nos valores mensurados, são obtidos os valores de corrente de cada lâmpada, que por sua vez são enviados ao Arduino, a partir do Arduino esses valores são exibidos no monitor LCD juntamente com os valores de potência absorvida por cada lâmpada, como apresentado na Figura 1, Figura 2 e Figura 3.

Figura 1 – Análise da corrente na lâmpada LED.



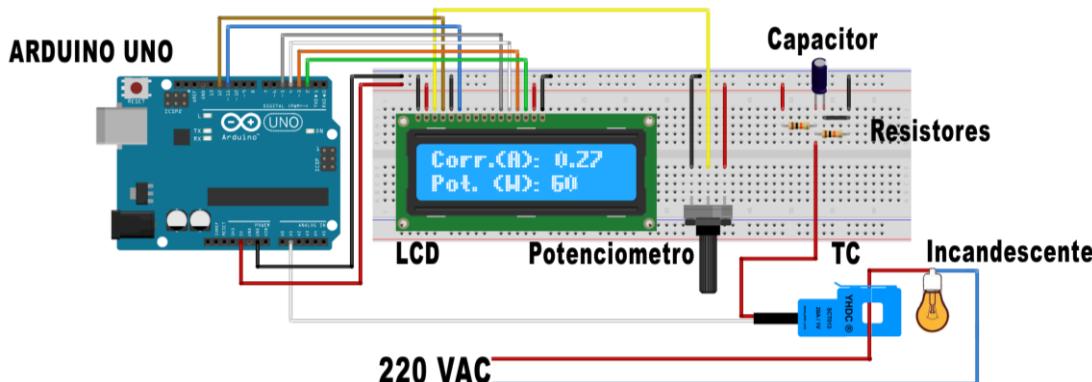
Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 2 – Análise da corrente na lâmpada fluorescente.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 3 – Análise da corrente na lâmpada incandescente.



Fonte: Elaborada pelos autores.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Plataforma Arduino

O Arduino é uma plataforma de computação física que a partir de uma programação básica possibilita a implementação e desenvolvimento de sistemas relativamente complexos, através de dispositivos de entrada como, sensores, transformadores, etc., e dispositivos de saída como, motores, atuadores, displays, etc.

No circuito apresentado o microcontrolador Arduino UNO é responsável pela recepção dos valores referentes a corrente, mensurada a partir do TC, exercer devidamente os cálculos que correlacionam as potências das lâmpadas, e por fim enviar ao display LCD os valores que deverão ser exibidos.

### 4.2 Transformador de corrente

O STC-013-020 é um sensor medidor de corrente de modo não invasivo, para fins de medição esse componente é associado em um circuito sensor de corrente, composto por um resistor ligado em série com a carga, onde a tensão que aparece no resistor é diretamente proporcional a corrente que flui pela carga, fazendo-se uso de técnicas de medição é necessária a utilização de um capacitor associado, cuja finalidade é amplificar o valor entre o circuito de controle, garantindo assim facilidade e exatidão ao monitoramento da corrente na carga, sem a necessidade da abertura do circuito.

### 4.3 Display LDC

O módulo *display* LCD é um componente de exibição de caracteres alfanuméricicos, amplamente utilizados em interfaces de comunicação homem-máquina, seja em aparelhos domésticos, automóveis, instrumentos de medição, eletroeletrônicos etc., estes componentes possuem uma interface elétrica personalizada, que permitem uma fácil exibição e personalização.

O controle do *display* LCD 16x2 é facilmente feito por meio do Arduino, onde com as devidas conexões com um circuito controlador de contraste é possível exibir infinitas combinações de caracteres com o brilho desejado. O controle é feito por meio de um potenciômetro de 100 kΩ, cuja finalidade é controlar e dificultar a passagem de corrente elétrica pelo *display*, uma vez que sua corrente elétrica é diretamente proporcional ao contraste.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, o sistema de iluminação pública e residencial no Brasil fazia o uso das lâmpadas incandescentes. Devido ao aparecimento de tecnologias mais eficientes e duradouras, as lâmpadas incandescentes estão sendo abolidas do mercado. As novas tecnologias, como o LED apresentam vantagens descritas na Tabela 1 e ainda um menor consumo de energia, menor frequência de manutenção, maior facilidade de automatização, menores perdas por temperatura provenientes do efeito Joule e aspectos visuais favoráveis.

Quando analisado a temperatura de lâmpadas incandescentes é notório o alto nível de perdas de energia, através da conversão de energia elétrica em calor, ocasionando um maior consumo. Esse valor de perda é aproximadamente 92% da energia elétrica a ela aplicada resultando em ambientes quentes, e com uma menor eficiência luminosa, onde apenas 8% da energia a ela aplicada é convertida em luz visível (LIMA, 2013).

Os valores foram determinados a partir da análise de lâmpadas concorrentes no mercado, onde suas informações foram obtidas a partir do *datasheet* e da mensuração do circuito elétrico.

Tabela 1 – Comparativo entre lâmpadas e LED e incandescente.

LED versus Incandescente		
Dados	LED	Incandescente
Potência [W]	10	60
Vida Útil [h]	50000	1000
Temperatura da Cor [K]	2700	1700
Tensão [V]	Bivolt	127 ou 220
Fluxo Luminoso [lm]	300	185
Eficiência [lm/W]	30	3
Fator de Potência	>=0,8	1
Substância Tóxica	Não	Não
Aquecimento	Zero	Alto
Dimerizável	Sim	Sim
Consumo [kWh]	0,0016	0,10
Preço Médio [R\$]	15,00	2,00

Fonte: Elaborada pelos autores.

As lâmpadas fluorescentes quando comparadas com as lâmpadas incandescentes apresentam eficácia luminosa satisfatória e uma elevada vida útil. Resultando em uma maior eficiência pelo fato de não produzir calor excessivo. Entretanto, essas lâmpadas apresentam elevados níveis tóxicos, devido aos gases existentes em sua composição que são prejudiciais ao meio ambiente quando descartados de forma inadequada. Faz-se necessário um circuito externo de acionamento, um reator, responsável por injetar um pico de tensão entre os eletrodos da lâmpada, fazendo com que o gás nela contido passe a conduzir corrente elétrica que será convertida luz. Provocando um custo adicional proporcional a diferença de custo inicial das lâmpadas de LED.

Na Tabela 2 é possível notar que as lâmpadas de LED e as fluorescentes têm algumas características semelhantes, mas um fator importante a ser comparado entre as diferentes fontes de luz é a eficiência luminosa, que é o fator que compreende a relação entre o número

de *lúmens* por *Watts*, ou seja, o fluxo luminoso por potência. Refletindo a eficiência luminosa, que se trata do quanto determinada lâmpada irá iluminar com determinado valor de potência.

Os valores padrões descritos pelos fabricantes em fichas técnicas, de determinadas lâmpadas fluorescentes e de LED apresentam em média um fluxo luminoso de 160 *lúmens* e uma potência de 4,5 *Watts*, constatando-se uma eficiência energética de 35,5 *lúmens* por *Watts*. Em contrapartida foi analisada uma lâmpada economicamente proporcional fluorescente de um fluxo luminoso de 316 *lúmens* com uma potência de 15 *Watts*, gerando um valor de eficiência energética de 21 *lúmens* por *Watts*, valor relativamente inferior ao apresentado pela lâmpada de LED.

Tabela 2 – Comparativo entre lâmpadas e LED e fluorescente.

LED versus Fluorescente		
Dados	LED	Fluorescente
Potência [W]	10	15
Vida Útil [h]	50000	8000
Temperatura da Cor [K]	2700	2700
Tensão [V]	Bivolt	127 ou 220
Fluxo Luminoso [lm]	300	300
Eficiência [lm/W]	30	20
Fator de Potência	>=0,8	>=0,5
Substância Tóxica	Não	Sim
Aquecimento	Zero	Baixa
Dimerizável	Sim	Não
Consumo [kWh]	0,0016	0,025
Preço Médio [R\$]	15,00	10,00

Fonte: Elaborada pelos autores

Os LEDs possibilitam uma emissão de luz uniforme e constante, permitindo um maior aproveitamento da luz para o conforto visual, sejam em áreas internas, ou externas (BARBOSA, 2014). Um ponto importante é o custo de aquisição do mesmo, pois quando comparado o valor isolado do produto, é perceptível um elevado custo. As lâmpadas de LED estão no mercado com valores que representam cerca um pouco mais do dobro das lâmpadas fluorescentes. Mas quando analisadas de forma geral, visando um lucro a um espaço de tempo não momentâneo, é possível constatar que em cerca de 5 anos, as lâmpadas de LED passam a ser totalmente vantajosas, devido ao seu estendido tempo de vida útil. As lâmpadas de LED têm uma vida útil de 50.000 horas, que é exageradamente mais prolongado que as demais, como: incandescentes que tem uma média de 1.000 horas, fluorescentes compactas que tem uma média de 8.000 horas, fluorescentes tubulares que apresentam 7.000 horas. Ou seja, uma lâmpada de LED pode equivaler a uma fluorescente substituída cerca de 6 à 7 vezes, gerando assim o retorno esperado da lâmpada de LED, obvio que isso vai muito além de valores medianos, mas uma análise do ambiente, do cuidado, instalação etc.

Foram obtidos resultados descritivamente esperados, já que como mencionado anteriormente, o ideal é que as novas soluções de iluminação venham a se tratar de melhorias as antigas. Sendo de difíceis implementações imediatas, concluindo que, a tecnologia mostra-se mais viável em sistemas de iluminações públicas. Pelo fato de que a parte pública não

necessitar de um retorno imediato do dinheiro aplicado ao projeto. Notando-se o aumento constante de investimentos na nova tecnologia (BARBOSA, 2014).

A tecnologia LED está relativamente longe de atingir seu potencial máximo mesmo com seu preço de custo elevado, os LED estão a desfrutar de uma boa penetração de mercado devido às economias proporcionadas aos seus utilizadores e às inúmeras atualizações de que as dispõe (RANITA, 2015).

Através da análise comparativa visual e com o acréscimo de um circuito, facilita-se a compreensão das vantagens e desvantagens do processo de uso de lâmpadas de LED, divididos em análises de parâmetros gerais, custos e aspectos visuais.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo tratando-se de uma tecnologia relativamente recente, o LED ainda deve ser expandido no mercado, pois ainda é notória a falta de conhecimento sobre essa solução, o circuito facilita o entendimento e expõe suas vantagens, como as apresentadas no decorrente trabalho. Proporcional a essa expansão será a redução de custos. Podendo isso ser o estopim inicial para o fim do uso de antigos modelos de iluminação, já que uma das únicas desvantagens do modelo de iluminação à LED é o preço de aquisição inicial.

Os sistemas de iluminação à LED apresentam maiores retornos econômicos de custo benefício devido o LED ser o modelo que apresenta maior número de vantagens e as desvantagens podem ser anuladas em longo prazo. Fazendo do LED um sistema com ótimos retornos em determinados espaços de tempo. Comportando-se assim da maneira esperada, onde as tecnologias mais recentes vêm a suprir os pontos negativos e falhas dos antigos modelos.

A partir do circuito foi possível a consolidação e apresentação das vantagens do uso de LEDs, de forma didática e interativa. Firmando assim, o primeiro contato entre estudantes com os LEDs, e dando-lhes embasamentos suficientes para a determinação da mais viável solução luminescente.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Leonardo. **Uma avaliação da tecnologia LED na iluminação pública.** 2014. Tese (Bacharelado) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- BLEY, F.; LEDs *versus* lâmpadas convencionais viabilizando a troca. **Especialize Revista Online**, v.1, n.1, p. 1-8, 2012.
- LIMA, Valquíria. **Estudo comparativo entre lâmpada com LED de alta potência e lâmpadas comuns, considerando a viabilidade econômica.** 2013. Tese (Bacharelado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- LOURENÇO, Daniel Ribal. **Sistemas de iluminação pública com gestão inteligente de consumo.** 2010. Tese (Mestrado) – Universidade de Aveiro, Aveiro, 2010.
- MARTELETO, Douglas Coelho. **Avaliação do diodo emissor de luz (LED) para iluminação de interiores.** 2011. Tese (Bacharelado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

PINTO, Rafael Adaime. **Projeto e implementação de lâmpadas para iluminação de interiores empregando diodos emissores de luz (LEDS).** 2008. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

RANITA, Rui Diogo. **Sustentabilidade em sistemas de iluminação: O contributo da tecnologia LED.** 2015. Tese (Mestrado) – Faculdade de Economia Universidade do Porto, Porto, 2015.

SALES, Roberto. **LED, o novo paradigma da iluminação pública.** 2011. Tese (Mestrado) – Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, 2011.

SANTOS, Raquel. **Iluminação pública e sustentabilidade energética.** 2011. Tese (Mestrado) – Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, Major Energia, 2011.

## **SUSTAINABLE ANALYSIS OF LIGHT SOURCES WITH EMPHASIS IN ENERGY EDUCATION**

**Abstract:** This work aims to provide sufficient subsidies for public awareness about the feasibility of using LED (light emitting diode) lamps when compared to fluorescent and incandescent lamps. From a comparative analysis will be correlated the cost-benefit through time and presented in a direct way the advantages and disadvantages of each type of lamp. Using as a facilitator a simple circuit, consisting of an Arduino Uno physical computing platform, a current transformer (CT) and a liquid crystal display (LCD), aiming at the measurement, acquisition and presentation of results concerning the values of current and power of each type of lamp, in a didactic and interactive way. This makes it possible to verify the economic effectiveness and verification of the contributions from these technologies, whether based on environmental preservation or the impact of these solutions on a billing method applied in public or private lighting systems.

**Key-words:** led lamps, lamps – comparison, fluorescent lamps, incandescent lamps, light emitting diodes.