

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA ELÉTRICA
MATEUS BORGES FLORIANO

CONTROLE ILUMINAÇÃO LED DE POTÊNCIA VIA APLICATIVO ANDROID

Varginha
2016

MATEUS BORGES FLORIANO

CONTROLE ILUMINAÇÃO LED DE POTÊNCIA VIA APLICATIVO ANDROID

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Me. Hugo Rodrigues Vieira.

**Varginha
2016**

MATEUS BORGES FLORIANO

CONTROLE ILUMINAÇÃO LED DE POTÊNCIA VIA APLICATIVO ANDROID

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em 06/12/2016

Prof. Me. Hugo Rodrigues Vieira

Prof. Me. Eduardo Henrique Ferroni

Eng. Luiz Antônio da Silva Silvério

OBS.:

RESUMO

Este trabalho aborda a análise comparativa de valores na troca de lâmpadas fluorescentes por LED (Light Emitting Diode, Diodo Emissor de luz) com sistema de controle via aplicativo *android* de um aparelho celular. É feito através de comparações de preços, cálculos e o retorno chamado (*Payback*). Com o avanço da tecnologia, a busca por melhores resultados e estudos sobre economia estão cada vez sendo elaboradas, novas soluções que incentivam para um mundo melhor. Todavia o conhecimento de um equipamento de controle com LED ainda é pouco difundido, seu empenho em conhecer a obtenção de acessibilidade e restituição do valor investido ainda é escasso. Desta maneira com o objetivo de verificar sua viabilidade, todo conteúdo conclui-se que é uma alternativa com bom proveito, sendo que em alguns anos sua quitação é por completo, contudo em termos de acessibilidade abrange diversas pessoas como, por exemplo, o auxílio a portadores de deficiência física, sendo que o acesso ate um interruptor se torna uma tarefa difícil.

Palavras-chave: Análise. LED. Payback. Android. Sistema de controle. Acessibilidade.

ABSTRACT

This work presents a comparative analysis of values in exchange for fluorescent lamps for LED (Light Emitting Diode, LED) with via application control system android a mobile device. It is made through price comparisons, calculations, and the so-called return (payback). With the advancement of technology, the search for better results and studies on economics are increasingly being developed, new solutions that encourage for a better world. However the knowledge of the control equipment with LED is still not widespread, its commitment to meet obtaining accessibility and invested amount of the refund is still scarce. Thus in order to check its viability, all content is concluded that is an alternative to good use, and in some years your discharge is in full, however in terms of accessibility covers several people, for example, the aid to physically disabled, and access up to a interrupter becomes a difficult task.

Keywords: Analysis. LED. Payback. Android. Control system. Accessibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Espectro eletromagnético.....	11
Figura 2 – Curvas da sensibilidade do olho humano ao espectro visível.....	12
Figura 3 – Esquema da esfera de Ulbricht.....	12
Figura 4 – Demonstração luminância.....	13
Figura 5 – Luxímetro.....	14
Figura 6 – Avaliação do IRC.....	15
Figura 7 – Tonalidade de cor de acordo com a temperatura.	15
Figura 8 – Tipos de lâmpadas.....	16
Figura 9 – Módulo Bluelux e aplicativo.....	19
Figura 10 – Sistema DroidLar.	20
Figura 11 – BeagleBone Black.....	21
Figura 12 – Frequências e canais Zig-Bee.....	21
Figura 13 – Modulo XBee (Zig-Bee).	22
Figura 14 – Tela inicial e configurações de servidor.....	23
Figura 15 – Controle lâmpadas e configuração de perfis.	24
Figura 16 – Lâmpada fluorescente 20W.....	25
Figura 17 – Lâmpada LED 12 W	26
Figura 18 – Economia de Watts(W) por hora.....	27
Figura 19 – Comparação (<i>Payback</i>) sistema de controle com lâmpadas LED.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação lâmpadas LED e fluorescente.	26
Tabela 2 – Comparação <i>Payback</i> entre lâmpada fluorescente e LED.	31
Tabela 3 – <i>Payback</i> com Bluelux e DroidLar.	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 CONCEITOS LUMINOTÉCNICA	11
2.1 O que é luz?	11
2.1.1 Fluxo luminoso (lm)	12
2.1.2 Intensidade luminosa (Iv)	13
2.1.3 Luminância (cd/m ²)	13
2.1.4 Iluminância (Lux)	14
2.1.5 Eficiência Luminosa (lm/W) e Vida Útil (h).....	14
2.1.6 Índice de reprodução de cor (IRC)	14
2.1.7 Temperatura de Cor (K)	15
2.2 Tipos de lâmpadas	16
2.3 Luminárias LED	17
2.4 Fundamento elétrico LED	17
3 METODOLOGIA	18
3.1 Equipamentos utilizados	18
3.1.1 Bluelux	18
3.1.1.1 Especificação técnica Bluelux	19
3.1.2 Projeto DroidLar.....	20
3.1.2.1 Componentes Projeto DoidLar: <i>BeagleBone</i> e <i>ZigBee</i>	20
3.1.2.2 Servidor de Automação Residencial (SAR) e Cliente Android	22
3.1.2.3 Implementação do SAR no sistema.....	24
3.1.3 Vantagens e desvantagens sistemas de controle.....	24
3.2 Porque então investir nesse projeto?	25
3.3 Comparação de preços de lâmpadas, Bluelux e projeto DroidLar	25
3.4 Simulação tempo de retorno do investimento com os sistemas de controle com LED ...	27
3.5 Resultado	30
4 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico, empresas buscam continuamente meios de aprimoramento à qualidade de seus produtos e serviços prestados, isto porque, quanto mais rápida for a sua adaptação às exigências do mercado consumidor e as inovações, maior é seu diferencial em relação aos seus concorrentes e melhor seu posicionamento no mercado.

Porém, a humanidade vem enfrentando o desafio de conciliar o desenvolvimento tecnológico crescente e a conservação do meio ambiente. O impacto ambiental gerado com a produção em massa tornou-se problema mundial e desde o século passado vem sendo discutido medidas sustentáveis para minimizar os efeitos negativos no meio ambiente sem comprometer o desenvolvimento econômico e social dos países.

A energia elétrica é o principal ingrediente para o desenvolvimento econômico mundial. Seu consumo cresce cerca de 2% ao ano no mundo e estima-se que cerca de 30 anos deverá dobrar este percentual. Como consequência desta evolução tem-se o aumento do consumo de combustíveis fósseis e o aumento da poluição ambiental em todos os níveis: local, regional e global (GOLDEMBERG, 2000).

Diante dos impactos ambientais causados pela produção de energia elétrica, o setor industrial tem se preocupado em optar por fontes renováveis de energia e equipamentos elétricos que consumam eletricidade de forma mais racional e eficiente.

Áreas como a de iluminação artificial possuem uma importância elevada, sendo responsáveis por uma parte significativa no consumo consciente da energia elétrica. Visando a criação de meios efetivos neste sentido, verificou-se a criação das lâmpadas LED (Light Emitting Diode, Diodo Emissor de Luz), que conforme será melhor explicado no decorrer do presente trabalho, apresenta um consumo de energia menor se comparada às outras lâmpadas, como por exemplo, as fluorescentes.

Em conformidade com Ferreira (2014). Para haver a redução de consumo precisa-se de uma iluminação artificial eficiente, adequando ao tempo de uso e a quantidade de lâmpadas mais econômicas, então para a instalação de uma plataforma de controle, depende do quanto de economia é alcançada na troca para lâmpadas LED, além de envolver conceitos relativos a custos e investimentos iniciais.

A partir destes estudos, viabiliza-se a possibilidade de inserir um sistema de controle no uso das lâmpadas LED via aplicativo em sistema *Android*.

De acordo com Ferreira (2014), as lâmpadas LED são comprovadamente mais econômicas se comparadas a outros tipos existentes do gênero. No entanto, um sistema de controle do mesmo através de aplicativos obtidos em sistemas operacionais de *tablet's* e celulares ainda é pouco difundido, devido a inexistência de estudos que comprovem que sistemas que já estão sendo produzidos e mesmo aqueles feitos com placas de prototipagem, são acessíveis e o retorno é viável.

Conforme Euzébio (2011) um sistema de controle tem como objetivo fornecer conforto e comodidade aos usuários, além disso, também é utilizado visando economia e segurança. É importante ressaltar que a utilização desse sistema de controle é de grande serventia aos portadores de deficiências físicas, pois o ato de “acender” e “apagar” através do interruptor, torna-se um simples movimento em um deslocamento sem condições.

Assim sendo, o presente estudo possui o objetivo de fazer um comparativo entre lâmpadas fluorescentes e LED, além de analisar dois sistemas de controle via aplicativo *Android*, ponderando qual dos sistemas é viável ao orçamento do consumidor (*Payback*).

É demonstrado graficamente o retorno financeiro gerado através da substituição de lâmpadas fluorescentes por LED, sendo apresentadas informações acerca do gasto para adquirir o sistema de controle, além do tempo necessário para se obter o retorno financeiro (*Payback*), advindo da economia inerente ao sistema já mencionado.

A estrutura do trabalho é separado em 4 capítulos sendo organizados da seguinte forma: O capítulo 1 faz uma contextualização sobre tecnologia, consumo de energia elétrica e impactos ambientais. Aborda a tecnologia LED como uma tecnologia mais rentável, eficiente e com menos efeitos negativos ao meio ambiente com relação a outras lâmpadas e o objetivo do estudo onde é o retorno do investimento do sistema de controle.

O capítulo 2, apresenta conceitos de características da luz, conceitos de iluminação, tipos de lâmpadas quanto a sua potência, vida útil e funcionamento das lâmpadas, sendo uma comparação de economia entre os tipos de lâmpadas.

O capítulo 3 aborda a metodologia de apresentação dos equipamentos estudados como as lâmpadas fluorescentes, LED e dois sistemas de controle. Logo após, são apresentadas pesquisas de preços e comparações de economia entre os sistemas. Análise de cálculos de viabilidade para cada um dos sistemas junto ao LED, procurando demonstrar o resultado acerca de qual sistema de controle é o mais indicado, se levado em conta o custo-benefício dos mesmos.

No capítulo 4, é apresentada a conclusão do presente trabalho, constatando a respeito da acessibilidade da troca das lâmpadas fluorescentes pelas lâmpadas LED, com o respectivo sistema de controle via aplicativo *Android*.

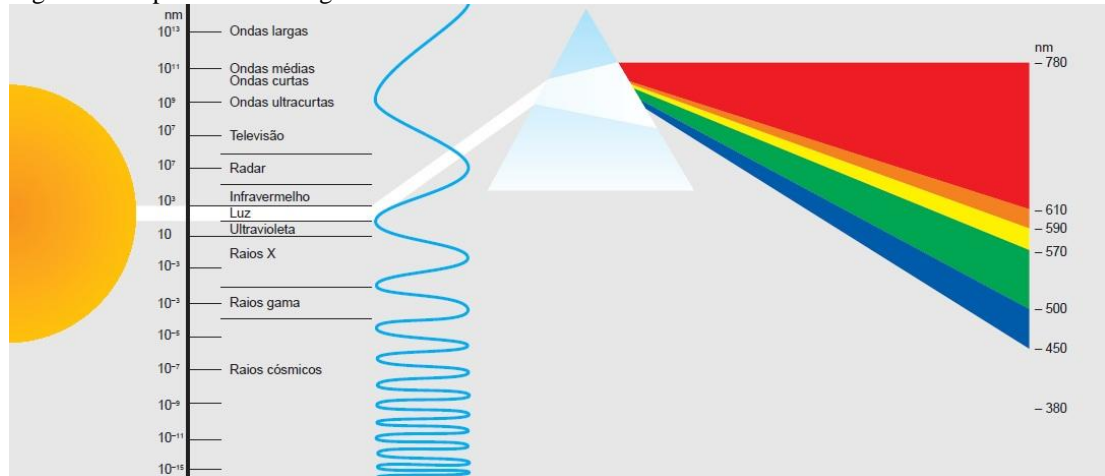
2 CONCEITOS LUMINOTÉCNICA.

Luminotécnica é o estudo minucioso da aplicação da iluminação artificial em ambientes internos e externos, afim de conseguir os resultados desejados.

2.1 O que é luz?

Segundo Osram (2016) luz é a fonte de radiação que emite ondas eletromagnéticas, onde o olho humano é sensível a algumas cores. Em conceitos superficiais, luz é a radiância capaz de produzir uma sensação visual conforme apresentado na Figura 1.

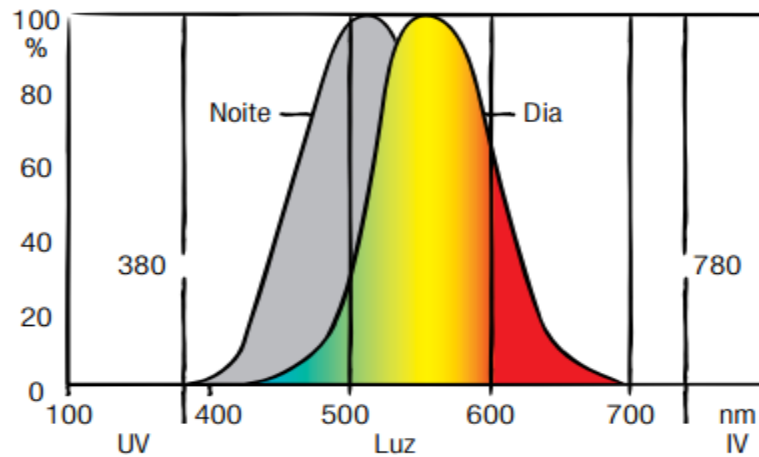
Figura 1 – Espectro eletromagnético.



Fonte: (OSRAM, 2016)

Afirma Osram (2016) o olho humano é sensível à cor, que se altera conforme as situações e condições de iluminação. A Figura 2 demonstra as curvas de sensibilidade da visão, no período noturno, onde a mesma é exposta à condição de baixa iluminação, tornando-se sensível às cores verde e azul.

Figura 2 – Curvas da sensibilidade do olho humano ao espectro visível.



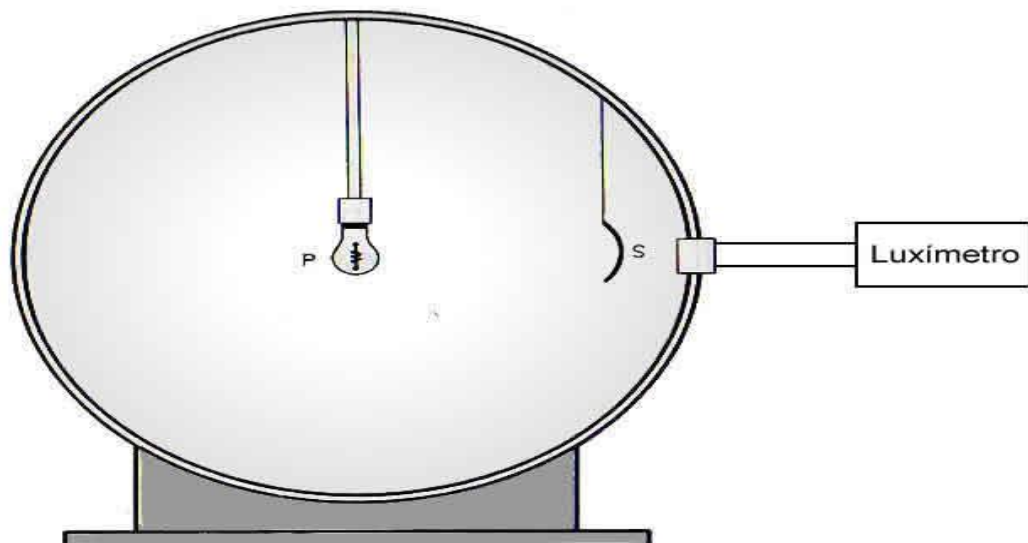
Fonte: (OSRAM, 2016)

2.1.1 Fluxo luminoso (lm)

Fluxo luminoso é uma das unidades de iluminação utilizadas na engenharia, que consiste na quantidade total de luz emitida por uma fonte que o olho humano é capaz de enxergar. Sua unidade é o lúmen (lm).

Segundo Rivero (2010), para fazer a medição de quantidade de lumens é necessário recorrer à esfera de Ulbricht (uma esfera oca com tinta especial em seu interior, de vários tamanhos para que se adapte a lâmpada escolhida, todavia quando fechado é medido o fluxo luminoso através da reflexão das paredes internas e sensores). Na Figura 3, é realizada uma comparação da quantidade total em lumens a uma fonte de luz calibrada.

Figura 3 – Esquema da esfera de Ulbricht



Fonte: (RIVERO, 2010).

2.1.2 Intensidade luminosa (cd)

É a quantidade de luz irradiada por ângulo sólido, em uma direção. Sua unidade é medida em candela (cd) e o cálculo é realizado através da equação 1,

$$I = \frac{\Phi_v}{\Omega} [cd] \quad (1)$$

I = intensidade luminosa (cd);

Φ_v = Fluxo luminoso (lm);

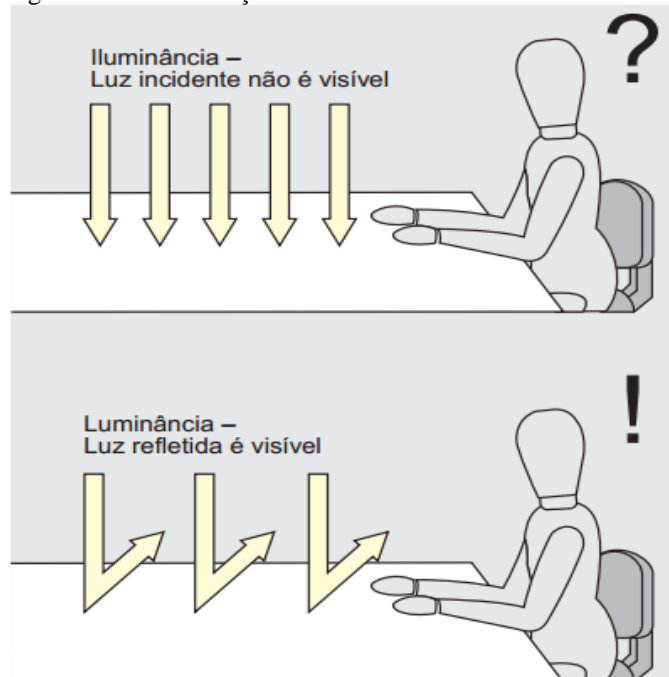
Ω = ângulo sólido (Ω);

2.1.3 Luminância (cd/m²)

É a quantidade de luminosidade refletida em uma determinada superfície. Sua unidade é medida em candelas por metro quadrado (cd/m²).

A Figura 4 apresenta um exemplo de luminância.

Figura 4 – Demonstração luminância



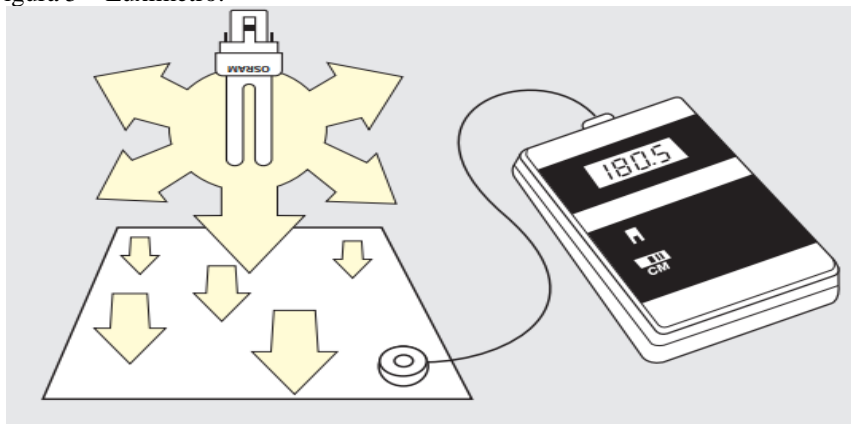
Fonte: (OSRAM, 2016)

2.1.4 Iluminância (Lux)

Neste ponto, destaca-se que iluminância é a quantidade de fluxo luminoso sobre uma superfície, situado a certa distância da fonte. A unidade é medida entre a intensidade luminosa por distância ao quadrado ($1/d^2$), ou melhor, (Lux). Sua medição é realizada através do luxímetro.

De acordo com a Figura 5, a iluminância não pode ser vista devido ao olho humano enxergar somente a diferença na reflexão da luz. Assim sendo, iluminância é o nível de iluminação.

Figura 5 – Luxímetro.



Fonte: (OSRAM, 2016).

2.1.5 Eficiência Luminosa (lm/W) e Vida Útil (h)

A eficiência luminosa é o fluxo luminoso emitido por energia elétrica consumida (potência), sendo recurso para se observar a eficiência entre as lâmpadas.

Já a vida útil é o estudo comparativo de dados em horas, dividido pela média aritmética de tempo de duração de cada lâmpada testada, ou melhor, o período que a mesma permanece acesa.

2.1.6 Índice de reprodução de cor (IRC)

Índice de reprodução de cor (ou simplesmente IRC) é a cor que o objeto reflete sob uma fonte de luz, pois conhecidamente a luz artificial faz com que o olho humano consiga perceber as cores o mais próximo possível da realidade.

Via de consequência, o IRC de 100% sobre uma determinada cor, corresponde à fidelidade e precisão completa em relação àquela cor.

A Figura 6 apresenta a avaliação da variação de cores conforme a luminosidade da lâmpada.

Figura 6 – Avaliação do IRC.



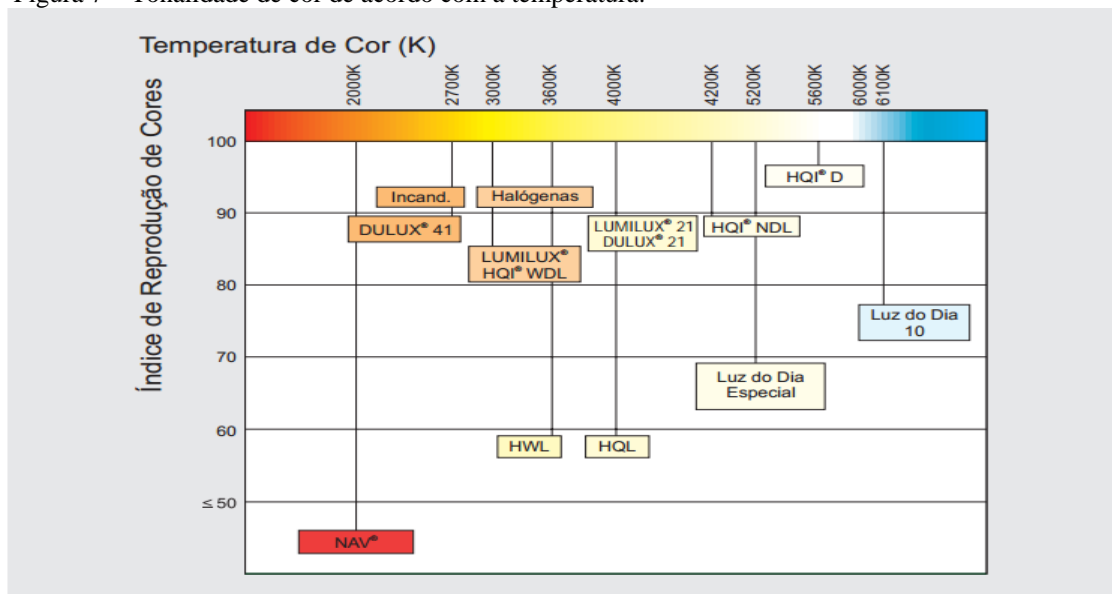
Fonte: (OSRAM, 2016).

2.1.7 Temperatura de Cor (K)

Sua unidade é o Kelvin (K) onde é indicada a cor da luz. As luzes consideradas “quentes” são de aparência amarela, possuindo a temperatura de cor próxima a 3000 K. Já a lâmpada chamada “fria” é de aparência azul violeta, possuindo uma temperatura maior que 6000 K. E finalmente, tem-se a luz branca emitida pelo sol próximo ao meio dia, cuja temperatura pode chegar até 5800 K.

A Figura 7 apresenta um gráfico de temperaturas das lâmpadas comparadas à luz do dia.

Figura 7 – Tonalidade de cor de acordo com a temperatura.

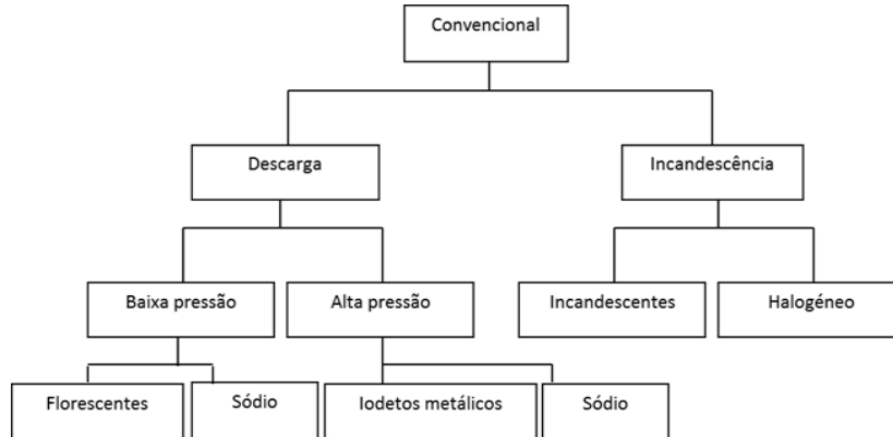


Fonte: (OSRAM, 2016)

2.2 Tipos de lâmpadas

Tipos de lâmpadas convencionais na Figura 8.

Figura 8 – Tipos de lâmpadas



Fonte: (LAIRES, 2013).

Em seguida no Quadro 1 comparação com relação ao LED.

Quadro 1 – Comparação entre lâmpadas.

Tipo	Tc (K)	CRI	Eficiência (lm/W)	Vida útil (horas)	Tempo de 0% a 100%	Locais favoráveis de aplicação
Incandescente	2700	100	10-15	1000	Instantâneo	Residências
Halogénio	3000-3200	100	15-20	2000-4000	Instantâneo	Residências, superfícies comerciais.
Tubulares	3000-8000	75-95	60-80	12000-75000	<1 min	Escritórios, superfícies comerciais, etc.
CFL	3000-6500	80-89	55-80	6000-20000	<1 min	Residências
Sódio	2000	<25	>180	12000-18000	2-5 min	Autoestrada, túneis, etc.
Iodetos metálicos	3500-7200	80-95	>80	3000-9000	5-10 min	Iluminação urbana, campos de desportos.
LED	Todas	70-95	>75	25000-120000	Instantâneo	Todo o tipo de aplicações

Fonte: (LAIRES, 2013).

2.3 Luminárias LED

A luminária LED esta atualmente no mercado com diversas funcionalidades, como em sinalização e iluminação. (LAIRES, 2013).

Segundo Laires (2013). A luminária LED possui uma vantagem, pois permite emitir diversas cores, dependendo do tipo de material e função utilizada. O LED de luz branca (comumente usada para iluminação residencial) pode representar um IRC entre 70 e 95, sendo que o fluxo de passagem de 0 a 100% é instantâneo.

O LED é um semicondutor de tamanho reduzido e robusto, que apresenta um bom desempenho entre fluxo luminoso e potência elétrica, atingindo valores acima de 100 lm/W. (LAIRES, 2013).

Diante das noções acima, o LED é um dispositivo onde a cor está relacionada ao tipo de material utilizado.

2.4 Fundamento elétrico LED

Neste ponto, destaca-se que o LED tem o mesmo principio de funcionamento de um diodo.

A corrente é determinada através da seguinte expressão 2.

$$I_D = \frac{V - V_f}{R} \quad (2)$$

I_D = Corrente Diodo (A);

V = Tensão nominal (V);

V_f = Tensão no diodo (V_f);

R = Resistencia (R).

A variação existente entre tensão e corrente é a forma básica para se fornecer energia, ou seja, é forçada uma corrente constante em seu terminal.

De acordo com Laires (2013). Uma forma de alimentar o LED é aplicando um sinal de PWM. Desta forma é alcançado um controle da corrente que entra, sendo, portanto, o controle de brilho da lâmpada (dimerização de luminosidade).

3 METODOLOGIA

A lâmpada LED controlada via aplicativo é tratada nesse estudo, sendo necessário compará-la com as lâmpadas fluorescentes. Pretende-se ainda efetuar os comparativos em relação a custos, potência consumida, vida útil e fabricantes.

A partir deste capítulo, é possível ainda tecer maiores considerações a respeito da viabilidade econômica.

3.1 Equipamentos utilizados

Para análise do projeto central deste estudo, são utilizados dois tipos de equipamentos de controle. O primeiro é o Bluelux, um startup brasileiro localizada na cidade de Belo Horizonte que atualmente se encontra no mercado, tornando o estudo mais simples.

Existe ainda uma segunda opção, que de acordo com Silva (2012), é o projeto DroidLar, projetado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Campus São José (IFSC campus São José).

Desse modo, realizar-se-á o comparativo do melhor rendimento e consequente retorno do investimento.

3.1.1 Bluelux

Segundo Bluelux (2016). O módulo permite controlar a iluminação residencial (sem a utilização de fios), através de smartphone ou *tablet* com Android ou IOS, não necessitando de acesso à internet, tampouco de acesso a chave liga/desliga.

Consta ainda, que o módulo continua funcionando em agrupamentos, no intuito de ampliar-se a distância de operação.

Na Figura 9, apresenta-se o módulo Bluelux e o aplicativo necessário para controlá-lo.

Figura 9 – Módulo Bluelux e aplicativo.



Fonte: (BLUELUX, 2016).

3.1.1.1 Especificação técnica Bluelux

O site da Bluelux disponibiliza as especificações técnicas do produto, conforme a Quadro 2.

Quadro 2 – Informações do produto.

Código	Bluelux - Socket E27 Bivolt
Peso do Item	65 gramas
Dimensões do Produto	60 x 60 x 65 mm
Origem	Brasil
Código SKU	LT7KV9NDR
Cor	Branco
Socket compatível	Socket E27
Tensão	Bivolt
Alcance sem fios	Em ambientes abertos: 30 metros em visada direta. Em ambientes internos: ambiente instalado e ambientes adjacentes. Cada Bluelux funciona também como um repetidor, expandindo o alcance da rede.
Quantidade de itens por embalagem	1
Descrição da Garantia	Garantia de 06 meses.

Fonte: (BLUELUX ,2016).

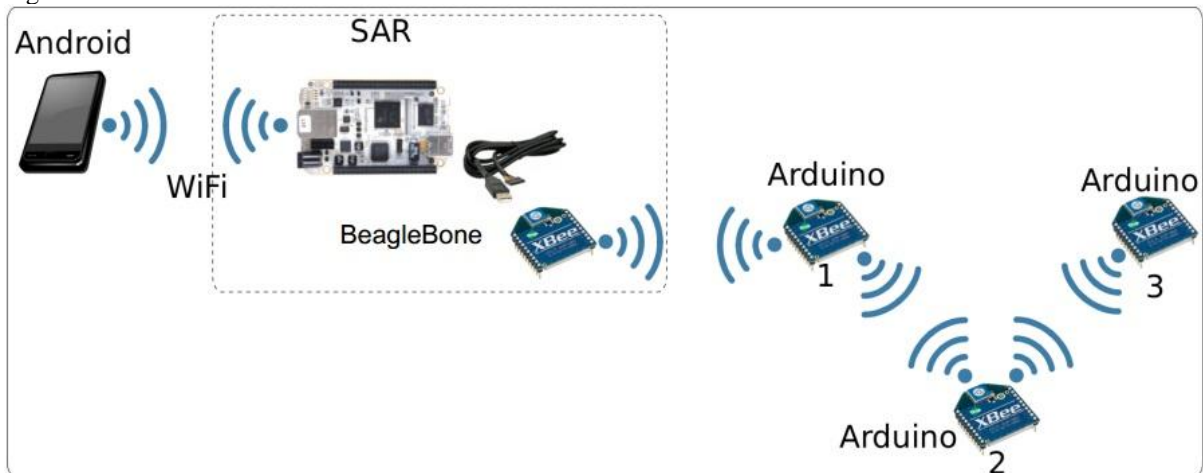
3.1.2 Projeto DroidLar

Segundo Silva (2012, p.14) o projeto Droidlar

Desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, campus São José (IFSC campus São José) o DroidLar é um projeto de um sistema de automação residencial onde todos os seus componentes, *softwares* e *hardwares*, possuem licença livre. O objetivo desse projeto foi desenvolver um sistema de automação alternativo aos sistemas proprietários presentes no mercado.

A Figura 10 apresenta o projeto DroidLar. Portanto são exemplificados todos os componentes.

Figura 10 – Sistema DroidLar.



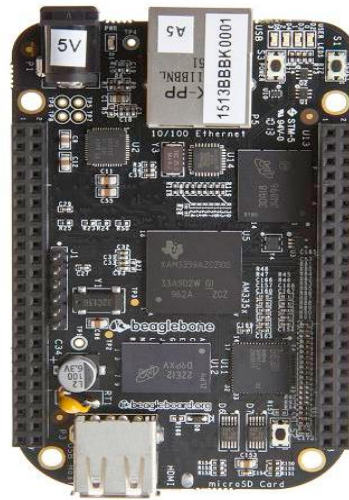
Fonte: (SILVA, 2012).

3.1.2.1 Componentes Projeto DroidLar: *BeagleBone* e *ZigBee*

De acordo com Silva (2012). O *BeagleBone* é uma plataforma de *software* livre que utiliza o sistema operacional baseado em *Linux*, em um dispositivo que possui processador AM3358, um ARM Cortex-A8 da *Texas Instruments* 1 GHz, com 512 MB de RAM, dois conectores com quarenta e seis pinos para expansão, um *slot microsd*, entrada *ethernet* e uma porta *Universal Serial Bus* (USB).

A Figura 11 apresenta o modelo BeagleBone Black

Figura 11 – BeagleBone Black

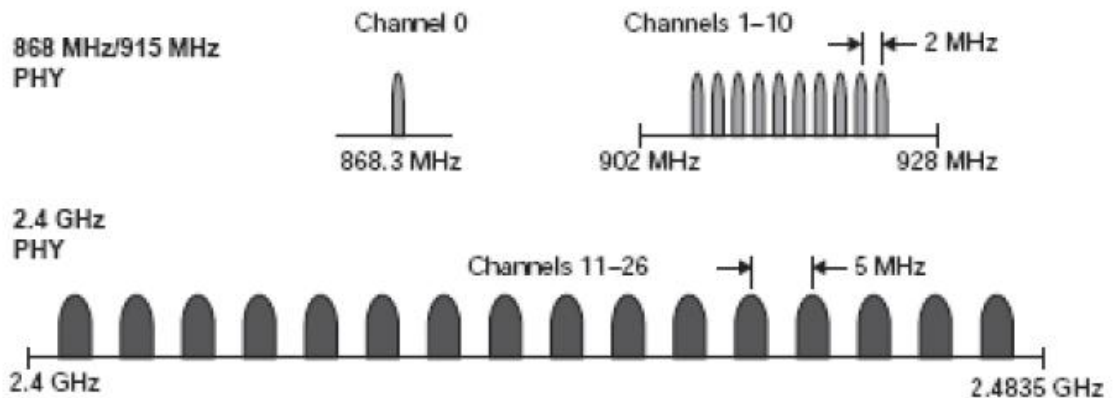


Fonte:(BEAGLEBONE BLACK, 2016).

Segundo Laires (2013). O Zig-Bee utiliza o padrão IEEE 802.15.4. Este protocolo comunica-se a uma velocidade de 250kbit/seg, sendo que a frequência utilizada no Brasil é de 2,4 Ghz. Desta maneira existe a disponibilidade de se utilizar até 16 canais.

A Figura 12 mostra algumas frequências que o Zig-Bee consegue alcançar.

Figura 12 – Frequências e canais Zig-Bee.



Fonte: (LABIOD, 2007).

A instalação do ZigBee confere vantagens como o baixo consumo de energia, custos, fiabilidade, robustez, comunicação e segurança.

Segundo Laires (2013). Ao referir-se à questão dos custos deste sistema, afirma que o Zig-Bee é um open-source, sendo, portanto, livre de patentes. Além de ser mais viável economicamente o sistema possui outras portas acopladas ao aparelho, onde verifica-se um elevado aumento de sua utilidade.

A fiabilidade tem uma boa relação entre o sinal e o ruído, prevenindo-se que a informação não chegue com ruído a central. Por essa razão são usados O-QPSK (*Offset-QuadraturePhase Shift Keying*) e DSSS (*DirectSequence Spread Spectrum*) e também o CSMA-CA (*Carrier SenseMultiple Access CollisionAvoiaence*). É utilizado ainda um “filtro” de ruídos para que a informação seja entendida corretamente (chamado de CRC ou “*CyclicRedudancyCheck*”). Desta maneira o sinal é transmitido 3 vezes, e se não obtiver retorno o receptor imediatamente envia um sinal ao emissor, localizando o problema (DREW, 2008).

A Figura 13 apresenta o módulo Zig-Bee que é o XBee.

Figura 13 – Módulo XBee (Zig-Bee).



Fonte: (DIGIINTERNATIONAL INC., 2009).

De acordo com Digiinternational Inc. (2009). Este módulo tem alcance de 120m, dependendo do local e tipo de material como paredes que o sinal tem que ultrapassar.

Importante frisar que existe a necessidade de se configurar um dos módulos como central, podendo os demais serem configurados como Router/End-Devices. Neste caso em específico é utilizada uma ferramenta disponibilizada pela Digi® o X-CTU.

3.1.2.2 Servidor de Automação Residencial (SAR) e Cliente Android

Segundo Euzébio (2011). O Serviço de Automação Residencial, ou simplesmente SAR possui a função de gerenciamento, enviando ou recebendo comandos para interagir com o cliente que utilize o sistema Android. Desta maneira, o SAR atua como uma verdadeira ponte para a transmissão entre os demais componentes.

Ainda conforme Euzébio (2011), a vantagem de se utilizar servidores Web é a permissão para adentrar em conexões seguras que gerenciem todas as conexões. Ademais o servidor conta com a função de programação de funcionamento.

O cliente *Android* é o aplicativo criado para ser utilizado em aparelhos com o sistema *Android*, funcionando como um controle remoto, possuindo funções de gerenciamento de perfis, ligar e desligar, além do controle da intensidade da luz (EUZÉBIO, 2011).

Conforme é demonstrado na Figura 14, a tela inicial do aplicativo exibe os equipamentos controlados e quando escolhida a interface de controle, direciona-se o IP da rede criada para o Zig-Bee.

Figura 14 – Tela inicial e configurações de servidor.



Fonte: (EUZÉBIO, 2011).

A Figura 15 permite que a tela de controle do dispositivo possa alterar o brilho das lâmpadas, além da configuração quanto à duração do tempo que o usuário deseja manter as luzes acesas.

Figura 15 – Controle lâmpadas e configuração de perfis.



Fonte: (EUZÉBIO, 2011).

3.1.2.3 Implementação do SAR no sistema

De acordo com Silva (2012, p.34).

Para testar o novo SAR em um sistema embarcado utilizamos o *BeagleBone*. O *BeagleBone* possui seu projeto livre e um sistema robusto projetado para rodar em diversas aplicações. Apesar de utilizamos um dispositivo embarcado específico o SAR pode ser executado em dispositivos que possuem um sistema operacional baseado no *kernelLinux*, possuem uma porta *ethernet* para a comunicação com o clienteAndroid, e um porta USB para a comunicação com os controladores de dispositivos.

3.1.3 Vantagens e desvantagens sistemas de controle.

Embora o sistema *Bluelux* seja bastante interessante e possua vantagens como comodidade, preço e possibilidade de ampliação de distância a partir das conexões com vários módulos, ele possui algumas desvantagens aparentes que são: aplicativo próprio e funcionamento somente em *Android* a partir da versão 4.3 além de sua comunicação ser unicamente por bluetooth, não apresentando a possibilidade de se conectar a um servidor com sinal wifi.

No *DroidLar* a desvantagem é que ainda é um projeto em desenvolvimento, em vista que são feitos de placas de prototipagem, no entanto, sua vantagem é a possibilidade de se conectar a uma rede wifi para programar horários em um servidor fora de casa, todavia seu

aplicativo pode ser modificado, sendo assim muitas possibilidades para ser personalizado e melhorado.

3.2 Porque investir nesse projeto?

Muitas pessoas possuem dificuldades de movimentação, como deficientes físicos e idosos, portanto em termos de acessibilidade o sistema se torna um meio ao problema.

O investimento desse controle é de grande ajuda para a população, pois a cada dia a nação descobre o conforto e a segurança sobre os recursos das novas tecnologias.

3.3 Comparação de preços de lâmpadas, Bluelux e projeto DroidLar.

Para o presente estudo são utilizadas cinco lâmpadas fluorescentes e cinco lâmpadas LED.

Conforme se verifica na Figura 16, o preço médio e unitário de uma lâmpada fluorescente de 20W (Watts) gira em torno de R\$ 16,00 (dezesesseis reais). Por outro lado, uma lâmpada LED de 12W (Watts) (que equivale a uma lâmpada fluorescente de 20W) possui o preço médio de R\$ 22,00 (vinte e dois reais), conforme a Figura 17 colacionada. Desse modo cinco lâmpadas chegariam ao custo de R\$ 80,00 (oitenta reais) e 110,00 (cento e dez reais), respectivamente.

Figura 16 – Lâmpada fluorescente 20W.



Fonte: Avant Lux (2016).

Figura 17 – Lâmpada LED 12 W



Fonte: Avant Lux (2016).

A Tabela 1 apresenta a comparação entre lâmpadas fluorescentes e LED.

Tabela 1 – Comparação lâmpadas LED e fluorescente.

LED	Incandescente	Halogénio	Compactas
1W	10W	5W	2W
2W	20W	10W	4W
3W	30W	15W	6W
5W	50W	25W	9W
7W	60W	35W	13W
10W	80W	45W	18W
12W	100W	55W	20W
50.000 h	1.000 h	2.000 h	10.000 h

Fonte: (REIS, 2016).

Segundo Bluelux (2016), o preço praticado por peça seria de R\$ 169,00 (cento e sessenta e nove reais), onde cinco unidades possuiriam o valor de R\$ 845 (oitocentos e quarenta e cinco reais), porem existe o pacote com cinco equipamentos cujo preço é R\$ 828,10 (oitocentos e vinte e oito reais, dez centavos), portanto a melhor escolha.

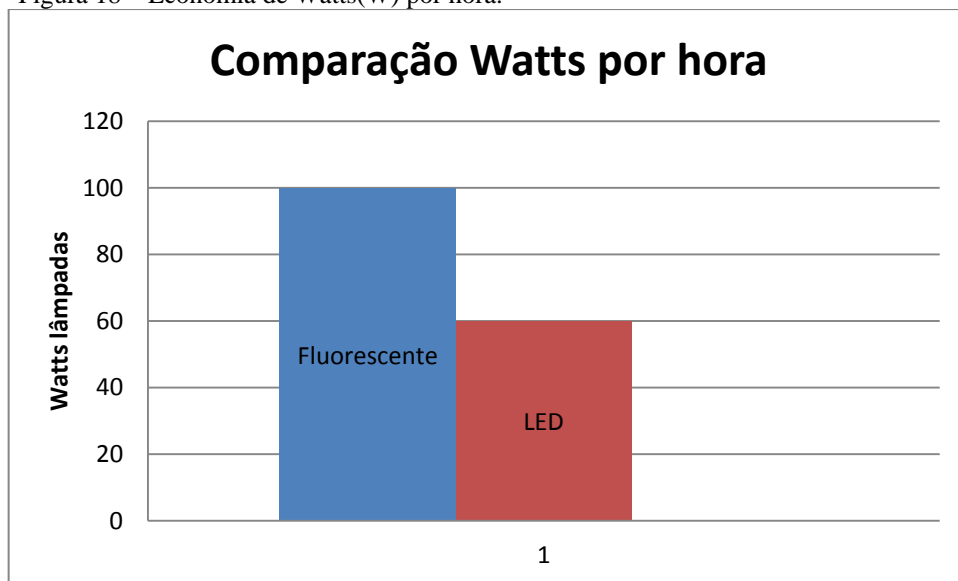
Para construir um DroidLar: *Beaglebone Black*, o valor encontra-se em torno de R\$ 282,00 (duzentos e oitenta e dois reais), cinco ZigBee utilizados com o custo médio e aproximado de R\$ 695,00 (seiscentos e noventa e cinco reais). Desta forma, este sistema exige um investimento de R\$ 977,00 (novecentos e setenta e sete reais).

3.4 Simulação tempo de retorno do investimento com os sistemas de controle com LED.

Através do gráfico abaixo é possível aferir a economia alcançada no uso da lâmpada LED em relação à lâmpada fluorescente, demonstrando que a viabilidade de implementação de um sistema de controle, depende da quantidade de economia que a vida útil do LED naturalmente consegue alcançar.

Na Figura 18 é apresentado um gráfico, onde foram traçadas comparações da quantidade de economia em Watts(W) de cinco lâmpadas por hora.

Figura 18 – Economia de Watts(W) por hora.



Fonte: (CONSULTORIA, 2016) adaptado.

O gráfico mostra a simulação de cinco lâmpadas fluorescentes de 20 W e cinco lâmpadas de LED de 12 W, apresentando uma diferença de 40 W a cada hora e economizando somente na troca entre elas.

A equação 3, é demonstra a quantidade de economia anual advinda pela troca, sendo que referidos dados foram alcançados com base no preço do kWh de uma residência normal com bandeira verde, com a tarifa aproximada de R\$ 0.53122.

$$(\text{kWh/ano}) * \text{Custo kWh} = \text{Economia anual} \quad (3)$$

kWh/ano = Gasto de kilowatts por ano

Custo kWh = custo gerado pela concessionária de energia

Economia anual = ganho em reais em 365 dias

Portanto como resultado obtém - se R\$ 77,35 (setenta e sete reais, trinta e cinco centavos) ao ano.

A equação 4 demonstra a economia gerada durante a vida útil de aproximadamente 50000 horas de uma lâmpada LED.

$$(\text{Vida útil/horas por ano}) * \text{economia anual} = \text{Economia gerada} \quad (4)$$

Através dos cálculos apresentados, a economia chega ao valor de R\$ 1059,58 (um mil, cinquenta e nove reais, cinquenta e oito centavos), supondo que as lâmpadas são utilizadas 3650 (três mil, seiscentas e cinquenta) horas por ano.

A equação 5 demonstra o quanto é gasto na troca de lâmpadas se comparado a vida útil do LED com a fluorescente.

$$\frac{(\text{Vida útil LED})}{(\text{Vida útil Fluorescente})} \times \text{quantidade de lâmpadas} \times \text{preço unitário} \quad (5)$$

O resultado é em torno de R\$ 400,00 (quatrocentos reais), todavia se somado com a economia de energia gerada, esse retorno é de R\$ 1459,58 (um mil, quatrocentos e cinquenta e nove reais, cinquenta e oito centavos).

O investimento para troca de lâmpadas é de R\$ 110,00 (cento e dez reais), no entanto o sistema de controle também é instalado. Assim sendo, o investimento total com o Bluelux é em torno de R\$ 938,10 (novecentos e trinta e oito reais, dez centavos) enquanto o DroidLar é de R\$ 1087,00 (hum mil, oitenta e sete reais).

A equação 6 apresenta o cálculo de economia gerada no decorrer da vida útil do LED em relação ao gasto com a manutenção da lâmpada fluorescente.

$$AEA = \frac{\left(\frac{\text{LEDh}}{\text{Fluoh}}\right) \times \text{NL} \times \text{MF}}{\frac{\text{LEDh}}{\text{h por ano}}} \quad (6)$$

AEA = amortização economia anualmente entre as lâmpadas fluorescentes e LED.

LEDh = vida útil em horas Lâmpada LED.

Fluoh = vida útil em horas Lâmpada Fluorescente.

NL = Número de lâmpadas instaladas.

MF = Manutenção troca Lâmpada Fluorescente.

O resultado do AEA, entretanto R\$ 29,20 (vinte e nove reais, vinte centavos).

A equação 7 mostra como calcular o tempo de vida da lâmpada LED em relação ao retorno do investimento (Payback).

$$PB = \frac{(\text{Bluelux} + \text{LED})}{(\text{Economia anual} + \text{AEA})} \quad (7)$$

PB = Retorno investimento (Payback).

Bluelux + LED = valores de custo somados.

Economia anual = ganho em reais em 365 dias.

AEA = amortização economia anualmente entre as lâmpadas fluorescentes e LED.

Equação 8 Retorno em anos investimnto DroidLar (Payback)

$$PB = \frac{(\text{DroidLar} + \text{LED})}{(\text{Economia anual} + \text{AEA})} \quad (8)$$

PB = Retorno investimento (Payback).

DroidLar + LED = valores de custo somados.

Economia anual = ganho em reais em 365 dias.

AEA = amortização economia anualmente entre as lâmpadas fluorescentes e LED.

Todo o cálculo apresentado até o momento leva ao conhecimento de resultados diretos, portanto para uma maior compreensão as equações 9 e 10 percebe-se o tempo de retorno mais explicitamente entre as lâmpadas fluorescentes e LED e logo após o *Payback* com Bluelux e DroidLar.

$$(N \times C1)\text{Fluo} + (E \times N \times t)\text{Fluo} + (S \times C1 \times t)\text{Fluo} = (N \times C1)\text{LED} + (E \times N \times t)\text{LED} + (S \times C1 \times t)\text{LED} \quad (9)$$

N= Número de lâmpadas utilizadas

C1= Custo em reais por unidade da lâmpada

E= Consumo de energia anual

t = Tempo em anos

S = Fator de substituição (Relação de trocas por ano).

$$\begin{aligned}
 (N \times C1)Fluo + (E \times N \times t)Fluo + (S \times C1 \times t)Fluo & \quad (10) \\
 = (N \times C1)LED + (CB + C1) + ((EF - EL) \times N \times t)LED + (S \times C1 \times t)LED \\
 = (N \times C1)LED + (CD + C1) + ((EF - EL) \times N \times t)LED + (S \times C1 \times t)LED
 \end{aligned}$$

N= Número de lâmpadas utilizadas

C1= Custo em reais por unidade da lâmpada

CB= Custo Bluelux

CD= Custo DroidLar

EF= Consumo de energia anual Fluorescente.

EL= Consumo de energia anual LED

t = Tempo em anos

S = Fator de substituição (Relação troca por ano).

3.5 Resultado

O resultado, portanto é: com o Bluelux acoplado ao LED, é necessário um menor investimento. Sendo assim, o *Payback* desse sistema é de 8,80 anos, restando, portanto 4,9 anos de lucro na substituição.

No sistema DroidLar o retorno também se mostrou compensatório. Ocorre que o lucro final é menor, pois são utilizados 10,20 anos de vida de uma lâmpada para a total quitação do investimento inicial, ou seja, obtendo somente 3,5 anos de lucro.

Diante das equações e gráficos apresentados, o sistema Bluelux foi escolhido por demonstrar-se mais vantajoso economicamente.

Para melhores resultados o Quadro 3 explica comparações das lâmpadas usadas.

Quadro 3 – Características lâmpadas fluorescentes e LED.

	Lâmpada Fluorescente	Lâmpada LED
Fabricante	AVANT	AVANT
Origem	São Paulo - Brasil	São Paulo – Brasil
Modelo	CFLI-3U-BR-20W-127 V	LED-PER-HP-AM3000K-12W-BIVOLT-BL-1000
Encaixe	E27	E27
Potência	20 W	12 W
Vida útil (h)	10000	50000
Preço Unitário Lâmpada	R\$ 16	R\$ 22
Número de horas acesas/ano	3650	3650
Expectativa vida útil	2,74	13,70
Tarifa de consumo em R\$/kWh da CEMIG	R\$ 0,53122	R\$ 0,53122
Gasto de eletricidade em reais por dia.	0,11	0,06
Gasto de eletricidade em reais por mês.	3,19	1,91
Gasto de eletricidade em reais por ano.	38,78	23,27
Número de lâmpadas	5	5
Relação de trocas por ano	0,36	0,07

Fonte: o autor.

Na tabela 2 foi inserida a equação 9 apresentada no capítulo anterior considerando os valores dados no Quadro 2.

Tabela 2 – Comparação *Payback* entre lâmpada fluorescente e LED.

Tempo (anos)	Fluorescente (R\$)	LED (R\$)
1	278,27	227,94
2	479,47	345,89
3	679,21	463,83
4	878,94	581,77

Fonte: o autor

Observa-se que comparando na Tabela 2 o retorno somente pela troca de lâmpada fluorescente para a de LED é de aproximadamente um ano, portanto uma economia bastante elevada, assim sendo resta uma grande margem para inserir o sistema de controle.

Por fim, na Tabela 3, a análise conclusiva do retorno, é gerado uma tabela de *payback* com os sistemas de controle Bluelux e DroidLar, sendo comparada em relação a lâmpada fluorescente de acordo com a equação 10 no capítulo anterior.

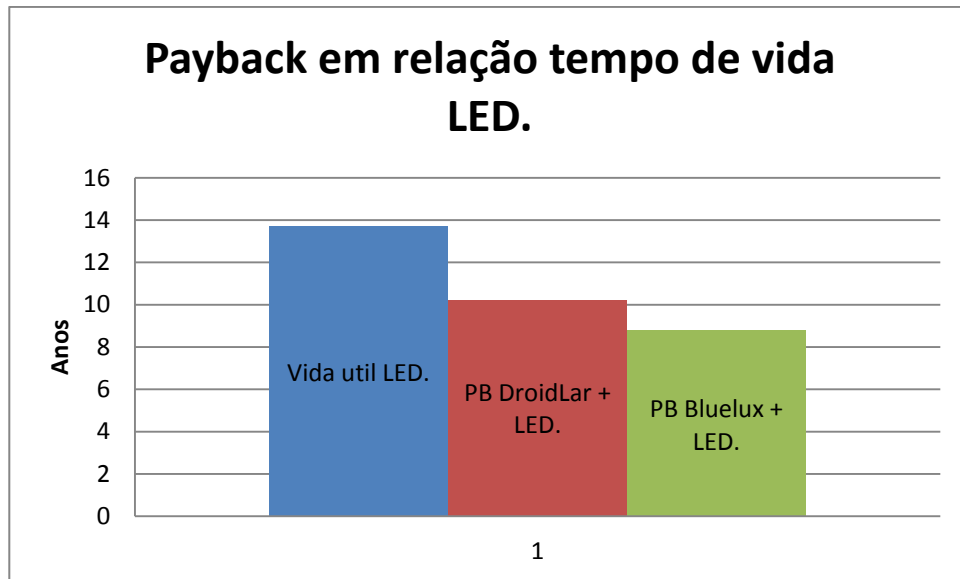
Tabela 3 – Payback com Bluelux e DroidLar.

Tempo (anos)	Fluorescente (R\$)	Led+Bluelux (R\$)	Led+DroidLar (R\$)
1	278,27	1156,16	1276,16
2	479,47	1206,33	1355,33
3	679,21	1285,49	1434,49
4	878,94	1364,66	1513,66
5	1078,68	1443,82	1592,82
6	1278,41	1522,99	1671,99
7	1478,14	1602,15	1751,15
8	1677,88	1681,31	1830,31
9	1877,62	1760,48	1909,48
10	2077,35	1839,64	1988,64
11	2277,09	1918,81	2067,81
12	2476,82	1997,97	2146,97
13	2676,56	2077,14	2226,14
14	2876,29	2156,30	2305,30

Fonte: o autor.

A Figura 19 apresenta um gráfico representativo da quantidade de tempo para o retorno do investimento entre Bluelux e DroidLar em conjunto com o LED.

Figura 19 – Comparação (*Payback*) sistema de controle com lâmpadas LED.



Fonte: (CONSULTORIA, 2016) adaptado.

As equações 7 e 8 mostram que o tempo de retorno entre os sistemas de controle é de 8,80 e 10,20 anos, como mostra o gráfico da Figura 21, assim sendo, os sistemas de controle analisados obtêm-se retorno satisfatório.

Após a análise entende-se que na Tabela 3 com 9 e 10 anos resulta no *payback* de ambos os sistemas, portanto separando o retorno em anos percebe-se valores próximos do que foi feito com as equações 7 e 8, sendo assim comprovado através de dois tipos de equações a eficiência dos resultados.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho, são expostas análises comparativas das lâmpadas, além da teoria da luminotécnica, trocas de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED e a consequente viabilização de um sistema de controle sobre o funcionamento da iluminação residencial, inclusive com demonstrações de várias possibilidades acerca da criação destes sistemas.

O retorno (*payback*) da lâmpada LED é viável, sendo assim quanto maior for seu número de lâmpadas e luminárias, o retorno financeiro é recuperado em um menor intervalo de tempo.

Outra questão a ser considerada, e que também confere uma maior vantagem das lâmpadas LED se comparadas às lâmpadas fluorescentes, é a qualidade em que estas são fabricadas. Dependendo da maneira que são feitas as lâmpadas fluorescentes elas podem apresentar uma vida útil menor, conferindo ao LED um retorno financeiro mais célere.

Acrescenta-se que o presente estudo teve como objetivo analisar além da economia, a quantidade de tempo para se obter o retorno de um sistema de controle via aplicativo Android. Segundo análises dispostas exaustivamente no decorrer do aprendizado, o sistema com maior viabilidade econômica é o Bluelux, pois apresentou o retorno (*Payback*) de 8,80 anos, enquanto o sistema DroidLar apresentou o Payback de 10,20 anos. Uma diferença de 1,4 anos e aproximadamente 149 reais entre eles.

Um equipamento interligado a um celular com o sistema *Android* (como qualquer outro tipo de aparelho tecnológico) pode variar, saindo do mais simples até se alcançar o mais sofisticado, depende somente da vontade e aceitação do consumidor final.

Diante de todo o exposto, conclui-se que o objeto do presente estudo confere vantagens que ultrapassam a questão financeira. A inovação neste caso abrange várias pessoas, como por exemplo, o auxílio para os portadores de deficiência física no momento em que necessitam se dirigir ao interruptor de suas residências para alcançar o ativador da iluminação artificial. Em vista disso, são formas alcançadas pela engenharia na busca pela melhoria tanto à acessibilidade, quanto no alcance do chamado “mundo sustentável”.

REFERÊNCIAS

- AVANT LUX. **Catálogo de produtos**, 2016. Disponível em: <<http://avantlux.com.br/produtos/catalogos-de-produtos/>>. Acesso em: 16 set. 2016.
- BEAGLEBOARD BLACK. **Produto**, 2016. Disponível em: <<http://beagleboard.org/black>>. Acesso em: 20 set. 2016.
- BLUELUX. **Kit 5 módulos Bluelux**, 2016. Disponível em: <<http://loja.bluelux.com.br/5-bluelux-kit>>. Acesso em: 15 set. 2016.
- BLUELUX. **Produto**, 2016. Disponível em: <<http://loja.bluelux.com.br/produto/bluelux.html>> . Acesso em: 15 set. 2016.
- CEMIG. **Tabela de valores e serviços Cemig**, 2016. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx> . Acesso em: 23 set. 2016.
- CONSULTORIA. **Calculadora Lâmpadas de LED**, 2016. Disponível em: <<http://eficienteconsultoria.com.br/calculadoras/calculadora-lampadas-de-led>>. Acesso em: 15 set. 2016.
- Digi International Inc. **XBee®/XBee-PRO® ZB RF Modules**. Bren Road East Minnetonka, MN: Digi International Inc. 2009. 195 p.
- DREW, Gislason. **Zigbee Wireless Networking**. [S.l.]: Newnes, 2008. 448 p.
- EUZÉBIO, Michel Vinicius de Melo. **DroidLar: Automação residencial através de um celular Android**. 2011. 59 f. Monografia (Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações)- Instituto Federal de Santa Catarina, São José, Santa Catarina, 2011.
- FERREIRA, Juliana Zandona. **Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes tubulares T8 e tubulares de LED**. 2014. 59 f. Monografia (Especialista no Curso de Pós Graduação em Construções Sustentáveis, Departamento Acadêmico de Construção Civil)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2014.
- GOLDEMBERG, José. Pesquisa e desenvolvimento na área de energia. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v.14, n.3, p. 91-97, jul./set. 2000.
- LABIOD, Houda et al. **Wi-Fi™, Bluetooth™, Zigbee™ and WiMax™**. The Netherlands: Springer Science & Business Media, 2007. 316 p.
- LAIRES, Ricardo Jorge Domingos. **Sistema de iluminação eficiente utilizando a tecnologia LED para espaços públicos interiores**. 2013. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores)- Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2013.
- OSRAM, **Manual Luminotécnico Prático**, 2016. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

REIS, Mauro Sandro. **Tabela de equivalência de Lâmpadas LED**, 2016. Disponível em: <<http://baudaeletronica.blogspot.com.br/2015/03/tabela-de-equivalencia-de-lampadas-led.html>>. Acesso em: 21 set. 2016.

RIVERO, Nicolás et al. **Medida de Flujo Luminoso en Esfera de Ulbricht. Estudio de Incertidumbres. Intercomparación con Cálculo por Integración**. 2010. 9 f. Artigo - Instituto de Ingeniería Eléctrica, Montevideo, Uruguay, 2010.

SILVA, Gustavo Paulo Medeiros. **Desenvolvimento do Servidor de Automação Residencial do Sistema DroidLar para dispositivos embarcados**. 2012. 39 f. Monografia (Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações)- Instituto Federal de Santa Catarina, Sao José, Santa Catarina, 2012.