

FACULDADE INDEPENDENTE DO NORDESTE - FAINOR  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

JEFERSON SANTOS BARROS

**UM SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE ELÉTRICOS  
EM SALA DE AULA DA FAINOR**

VITÓRIA DA CONQUISTA-BAHIA  
JUNHO 2015

**JEFERSON SANTOS BARROS**

**UM SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE ELÉTRICOS  
EM SALA DE AULA DA FAINOR**

Monografia apresentada a Faculdade Independente do Nordeste, Curso de Engenharia Elétrica como pré-requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Me. Miguel Fabio Lobo E Silva  
Coorientador: Prof. Dr. Valmir Henrique de Araújo

**VITÓRIA DA CONQUISTA-BAHIA**

**JUNHO 2015**

JEFERSON SANTOS BARROS

**UM SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE ELÉTRICOS  
EM SALA DE AULA DA FAINOR**

Aprovada em \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA / COMISSÃO AVALIADORA

---

Prof. Me. Miguel Fabio Lobo: orientador do trabalho  
Faculdade Independente do Nordeste

---

Prof. Dr. Valmir Henrique de Araújo: coorientador do trabalho  
Universidade Estadual da Bahia

---

Prof. Esp. Danilo Brito Almeida  
Faculdade Independente do Nordeste

Este trabalho é dedicado aos meus familiares que fizeram parte desse processo, servindo de apoio incondicional para que eu conseguisse me manter firme até o fim.

## AGRADECIMENTO

Ao orientador desse trabalho, Prof. Me Miguel Fabio Lobo, pelas orientações e atenção dada.

Ao Prof. Dr Valmir Henrique de Araujo, pelas orientações nesse trabalho e o incansável incentivo a pesquisas.

Ao Prof. Dr Wilton Lacerda, por estar ao meu lado no início desse curso e por tornar viável esta realização para concessão da bolsa de estudos na FAINOR e também pela sua atenção dedicada.

Aos meus pais pelo apoio de sempre e a pressão nessa reta final sempre perguntando pela monografia “e ai já terminou?” Dois dias depois, “e agora já terminou?”.

Ao meu irmão Alécio “Cabeção”, agradeço só um “pouco”, pois como ele mesmo disse, não possui didática, mas a verdade é que ele foi muito importante no caminho.

A minha noiva Marília que, com toda sua doçura e paciência, ficou ao meu lado sempre me dando apoio.

Aos colegas, por me aturar durante o período do curso, em especial ao colega Evelone que sempre perturbei nas horas de fazermos os trabalhos e em dias de estudos.

Ao colega Wbirailton, por ter sempre me ajudado com seus conhecimentos, com sua boa vontade de sempre, pelas caronas e pela oportunidade de aprendizado em sua empresa.

A minha prima Talita, pelos puxões de orelha para me colocar nos trilhos e pelas correções nos trabalhos.

A minha prima Jeniffer, que abria a porta para mim, quando chegava nas madrugadas em sua casa, impedindo que eu fosse reprimido pela minha tia Tinda.

A todos os meus familiares, pelo apoio e em especial minha tia Nailza, por me receber sempre bem em sua casa.

*“Demore o tempo que for para você decidir o quer da vida e depois que decidiu não recue ante nenhum pretexto porque o mundo tentará te dissuadir”*

Friedrich Nietzsche

## RESUMO

Este trabalho descreve o desenvolvimento de um protótipo para monitorar e controlar o sistema elétrico nas salas de aula da Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR). O controle se dá no sistema de iluminação e outras cargas como data show e ventiladores. O objetivo é desligar o circuito quando não houver presença humana, minimizar o desperdício e reduzir os gastos com energia elétrica. Para tanto, foi desenvolvido um sistema de monitoramento e controle utilizando sensor de presença infravermelho passivo e microcontrolador. O protótipo foi testado no laboratório da empresa Master Tecnologia, sediada na cidade de Vitória da Conquista – BA, e os resultados obtidos foram: O protótipo atendeu aos comandos dados pelos usuários ao perceber sua presença; Monitorou a iluminação natural inibindo o acionamento da iluminação artificial; Desligou os circuitos elétricos quando não mais detectou presença humana no ambiente, portanto satisfatórios à pretensão central de minimizar o desperdício de energia elétrica.

**Palavras-chave:** Desperdício de energia elétrica. Microcontrolador. Sensor de presença.

## **ABSTRACT**

This paper describes the development of a prototype for monitoring and controlling the electrical system in the classrooms of the Faculty Northeast Independent (FAINOR). The control of the lighting system and other loads such as data show and fans. The goal is to turn off the circuit when no human presence, minimize waste and reduce energy expenses. Therefore, it developed a monitoring and control system using passive infrared presence sensor and microcontroller. The prototype was tested in the laboratory of Master technology company, based in the city of Vitoria da Conquista - BA, and the results were: The prototype met the commands given by users to notice her; Monitored natural lighting inhibiting the activation of artificial lighting; He turned off the electrical circuits when not detected human presence in the environment, thus satisfying the central claim to minimize the waste of electricity.

**Keywords:** Waste of electricity. Microcontroller. Presence sensor.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Lente de Fresnel área de cobertura.....	21
Figura 2 – Funcionamento do sensor ultrassom .....	22
Figura 3 – Perfil de consumo de energia elétrica em instituições de ensino .....	23
Figura 4 – Uso de sensor em sala de aula.....	25
Figura 5 – Fluxograma de metodologia para a escolha de sensores.....	26
Figura 6 – Componentes do sistema ActiLume.....	27
Figura 7 – Sensibilidade do sensor PIR, ActiLume .....	28
Figura 8 – Salas de aula módulo principal visita matutino.....	31
Figura 9 – Sala de aula módulo visita vespertino .....	31
Figura 10 – Sala de aula módulo visita noturno .....	32
Figura 11 – Sala de aula módulo principal iluminação natural e data show .....	32
Figura 12 – Pinos ATmega 328.....	34
Figura 13 – Simulação de circuito Proteus 7 .....	35
Figura 14 – Teste em protoboard.....	36
Figura 15 – Serial monitor e código .....	37
Figura 16 – Etapas de prototipação .....	38
Figura 17 – Placa finalizada .....	39
Figura 18 – Variáveis de tempo.....	40
Figura 19 – Painel de comandos.....	41
Figuras 20 – Componentes do protótipo .....	41
Figura 21 – Posicionamento do sensor no teste final de laboratório.....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Custo de reposição e consumo.....	18
Tabela 2 – Lista de matérias .....	43
Tabela 3 Potencia de sala padrão.....	43

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.**

FAINOR – Faculdade Independente do Nordeste

(PIR) – Passive Infrared

PWM – Pulse Width Modulation

IDE – Integred Development Environment

LDR – Resistor Dependente de Luz

PCB – printed circuit board

EE – Eficiência Energética

MME – Ministério de Minas e Energia

Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

MW – Mega Watts

IEA – Agência Internacional de Energia

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PNEF – Plano Nacional de Eficiência Energética

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

CGIEE – Comitê Gestor de Indicadores de Níveis de Eficiência Energética

kg|CO<sub>2</sub> eq.|ano – Kilograma Equivalente de CO<sub>2</sub> por Ano

RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade

RAC-C – Regulamento de Avaliação da Conformidade de Níveis de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.

PUCRS – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

LED – Diodo Emissor de Luz

EPUFBA –Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

W – Watts

CLP – Controlador Lógico Programável

IES – Instituições de Ensino Superior

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1 QUESTÕES DE PESQUISA .....	13
1.2 OBJETIVO GERAL.....	13
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.4 HIPÓTESE .....	14
1.5 JUSTIFICATIVA .....	14
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	14
<b>2 ESTADO DA ARTE</b> .....	15
2.1 EFICIENTIZAÇÃO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NO BRASIL .....	15
2.2. CONTROLE DE ACENDIMENTO E AUTOMAÇÃO.....	15
<b>3 APORTE TEÓRICO</b> .....	19
3.1 RELEVÂNCIA DA EE, RACIONALIZAÇÃO E O CASO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO .....	19
3.2 TIPOS DE SENSORES DE PRESENÇA UTILIZADOS EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO .....	20
3.2.1 TECNOLOGIA PIR .....	21
3.2.2 TECNOLOGIA ULTRASSOM .....	22
3.2.3 TECNOLOGIA <i>DUAL</i> .....	22
3.3 CASOS E RECOMENDAÇÕES DE USO DE SENSORES EM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO .....	23
3.4 E RECOMENDAÇÕES DA EMPRESA LEGRAND.....	24
3.5 CASO E RECOMENDAÇÕES DA EMPRESA PHILIPS.....	27
3.6 RECOMENDAÇÕES DO PROCEL.....	28
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	28
4.1 LOCAL E OBJETO DO ESTUDO .....	28
4.2 MÉTODOS DA PESQUISA .....	29
4.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A EXISTÊNCIA DE DESPERDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	29
4.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MÉTODO DE PESQUISA DE CAMPO .....	29
4.5 CONSTATAÇÃO DA EXISTÊNCIA DE DESPERDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	30
4.6 DESENVOLVIMENTO DO HARDWARE E SOFTWARE.....	33
4.6.1 DA ESCOLHA DO SENSOR.....	33
4.6.2 DA ESCOLHA DO MICROCONTROLADOR.....	34
4.6.3 SIMULAÇÃO .....	35
4.6.4 TESTE EM <i>PROTOBOARD</i> .....	36
4.6.5 PROTOTIPAÇÃO DA PLACA DEFINITIVA .....	38
4.6.6 TESTES DA PLACA E SOFTWARE DEFINITIVOS .....	39
4.6.7 MONTAGEM DO PROTÓTIPO NO GABINETE .....	41
4.6.8 TESTE FINAL DE LABORATÓRIO .....	42
4.7 LISTA DE MATERIAIS .....	43
4.8 DADOS PARA ESTIMATIVAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA E CÁLCULO DE <i>PAYBACK</i> SIMPLES .....	43
4.8.1 EQUAÇÕES E CÁLCULOS PARA <i>PAYBACK</i> SIMPLES .....	44

<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>46</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>6.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>48</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>49</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

Este trabalho descreve o desenvolvimento de um protótipo para monitorar e controlar o circuito elétrico nas salas de aula da FAINOR. Essa temática tem raiz na disciplina Metodologia da Pesquisa Científica em um trabalho sobre energias alternativas, o qual despertou o interesse pela área de recursos energéticos. Posteriormente, um refinamento do tema é proporcionado pela disciplina de Gestão Ambiental, que abordou estudos sobre eficiência energética (EE) no Brasil.

A ideia ganha força e toma a forma atual com a observação do desperdício de energia elétricas nas salas de aulas da FAINOR. Em reuniões com representantes da instituição foram apontados o gasto com energia elétrica como um dos fatores implicados no reajuste de mensalidade. Neste contexto, surge então a necessidade de se reduzir o consumo de eletricidade na referida instituição, atacando os pontos onde o desperdício estivesse presente.

Nas observações diárias ficou evidente que o desperdício de energia elétrica em salas de aulas é um importante ponto. Portanto, ações que buscam a redução do desperdício de energia nesse sistema pode possibilitar a redução de um custo substancial para a instituição.

### **1.1 QUESTÕES DE PESQUISA**

Questão central

- Como minimizar o desperdício de energia elétrica em sala de aula?

Questões secundárias

- Como será monitorado o uso desnecessário de energia elétrica na sala de aula?
- Em que deve consistir o sistema de monitoramento?
- Como validar o sistema de monitoramento?

### **1.2 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver um sistema para controlar o tempo em que os equipamentos elétricos permanecem ligados nas salas de aula da FAINOR, quando não mais houver presença humana nela.

### **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar a existência de desperdício de energia elétrica no sistema elétrico;
- Escolher o tipo de sensor a ser utilizado;
- Desenvolver o hardware do protótipo;
- Desenvolver o software do protótipo;
- Instalar o protótipo em laboratório para teste;
- Analisar os resultados.

### **1.4 HIPÓTESE**

O protótipo fará a monitoração da presença humana e desligará os circuitos quando não houver presença nas salas de aulas.

### **1.5 JUSTIFICATIVA**

O problema foi levantado quando da observação das lâmpadas acesas e dos equipamentos ligados, sem que houvesse aula nas salas. A partir daí, levantou-se quantas salas estariam nessa condição.

Para estimar o desperdício, fez-se uma estimativa do consumo do prédio, a partir da leitura de potência dos equipamentos instalados nas salas e foi inferido o gasto de energia e, conseqüentemente, o custo substancial para a instituição o que tende a se agravar devido aos recentes aumentos na tarifa de energia elétrica.

Nos últimos anos no Brasil, em virtude de condições hidrológicas ruins, parte da demanda por energia elétrica tem sido atendida por usinas termelétricas, as quais têm um custo de geração mais alto que a principal fonte geradora de eletricidade no país, as usinas hidroelétricas, o que acarreta no aumento da tarifa de energia. O valor médio do KWh vem subindo chegando a R\$ 0,52 em meados de 2015 para um consumidor do tipo B.

### **1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Além desta introdução, este projeto de monografia contém outros 6 capítulos. O capítulo 2 apresenta o Estado da Arte, que aborda estudos acadêmicos sobre controle e automação de sistemas elétricos residenciais, prediais e de instituições de ensino. Aborda

também o uso da técnica de *retrofit* nesses ambientes; No capítulo 3 é apresentado o Aporte Teórico da pesquisa contextualizando a relevância de ações que buscam a EE e racionalização de energia com base em ações do MME como a criação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Aborda também os principais tipos de sensores de presença utilizados no tipo de aplicação desejada neste trabalho e traz ainda casos de aplicações e recomendações feitas por empresas já instaladas no mercado; O capítulo 4 demonstra os procedimentos desde a fase de pesquisa de campo com a constatação do desperdício, até a fase de desenvolvimento do protótipo com as simulações em software, desenho de placa e seus testes; Os resultados e discussões são abordados no capítulo 5 desse estudo; A conclusão consta no capítulo 6 e, por fim, as referências bibliográficas no capítulo 7.

## **2 ESTADO DA ARTE**

### **2.1 Eficientização de sistemas de iluminação no Brasil**

O Ministério de Minas e Energia do Brasil (2007, p. 35) indica que, “Maior eficiência energética em iluminação pode ser conseguida através” de ações em três vertentes: iluminação natural, *retrofit* (uso de lâmpadas, reatores e luminárias eficientes) e, por fim, controle de acendimento. Como é fácil de verificar, a última vertente é o interesse desse trabalho. Para Schneider, Ghilardi e Guarienti (2008), as empresas aumentam a sua competitividade reduzindo seus custos de maneira geral, o que leva as empresas a analisar os seus gastos com eletricidade e busque reduzi-los. Os autores chamam a atenção para o fato de que essa preocupação não é uma exclusividade de alguns setores da economia, mas sim de todos, inclusive nas instituições de ensino.

### **2.2 Controle de acendimento e automação.**

Para a empresa ELEKTRO (s.d), o controle do sistema de iluminação ao usuário possibilita economia de energia elétrica. Esse controle pode ser conseguido através de uma solução simples, tal como a divisão de circuitos. Nessa perspectiva evita-se que todo o sistema de iluminação seja ligado por uma única chave, clareando áreas onde não é necessário.

A divisão de circuitos ainda possibilita ao usuário utilizar a iluminação artificial de acordo com a atividade realizada no momento, permitindo que parte do sistema seja desligado para usos, os quais não são exigidos altos níveis de iluminação como por exemplo, no horário da limpeza (ELEKTRO, s.d). Segundo esta empresa, ainda pode se ressaltar sobre a divisão de circuitos as possíveis economias de energia proveniente da integração da iluminação natural e artificial com maior facilidade, pois os circuitos estando divididos, um pode ser desligado de maneira independente do restante, quando a iluminação natural é suficiente em determinada área. Esse controle também pode ser conseguido através de técnicas modernas de automação com emprego de sensores de presença e sensores fotoelétricos entre outros (ELEKTRO, s.d).

A automação tem assumido papel importante no controle de sistemas de iluminação, requerendo cuidado dos profissionais envolvidos nessa área para que não ocorra a busca indiscriminada por tecnologia, mas sim a implementação de um projeto, cujos resultados impliquem na melhoria para o usuário final. Ademais, os projetistas devem cuidar para que a operação do sistema seja o máximo possível compreensivo para o usuário, por meio de interfaces conhecidas (MURATORI, 2011, apud LOZZER, 2012).

Segundo Lozzer (2012), o fato das pessoas estarem cada vez mais atentas às novas tecnologias, em busca de conforto, segurança e ganhos com EE, tem contribuído para que o mercado se desenvolva e passe a ofertar diversas soluções, desde as mais simples com o uso de sensores de presença, de movimento e fotoelétricos, até sistemas mais complexos com sensores sem fio, controles remotos e controle por celulares e *tablets*.

Alguns estudos e projetos tem buscado aproveitar o potencial de conservação de energia em residências e instituições de ensino superior. Petry et. al (2009) faz uso de sensores de presença do tipo *passive Infrared* (PIR) em duas salas de aula na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), a fim de conhecer o potencial de conservação de energia no sistema de iluminação e ventilação. Os resultados obtidos no estudo são esclarecedores do ponto de vista da constatação do desperdício de energia. A sala equipada com sensor apresentou um consumo 28% menor que a sala sem o equipamento, o que implicou numa economia anual de R\$ 132,96, valores estes relativos aos custos de energia da época.

Outra revelação trazida pelo estudo foi a falta de consciência ambiental dos usuários, pois em 35% dos dias monitorados, o sistema de iluminação da sala sem sensor de presença, foi deixado ligado mesmo após o horário de aula (PETRIY et al., 2009). Nogueira (2007), diz que a operação de sistemas elétricos de maneira irracional, do ponto de vista da conservação



de energia, é uma das causas do desperdício. Afirma o autor “mesmo quando os sistemas energéticos são bem concebidos, podem ser operados de forma irresponsável, por exemplo, mantendo uma sala sem atividades com lâmpadas eficientes desnecessariamente acesas” (NOGUEIRA, 2007, p. 93). Já Wollz (2012) utiliza a automação em residência oferecendo não só economia de energia, mas também conforto possibilitando que o sistema de iluminação da residência seja controlado pela internet e por controle remoto. O autor atingiu um resultado expressivo reduzindo o consumo de energia em cerca de 40%, com a *dimerização* dos pontos de iluminação e *retrofit* do sistema, substituindo lâmpadas incandescentes e halogêneas por lâmpadas de LED.

Um *retrofit* realizado no sistema de iluminação da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (EPUFBA), segundo Silva (2006, p. 121), com a substituição de tecnologias mais antigas por novas e mais eficientes, apresentou resultados satisfatórios. Ainda segundo o autor: “Nos sistemas de iluminação existe a possibilidade de se obter grandes reduções no consumo de energia com o uso de sensores de presença, sem grandes intervenções no sistema existente” Silva (2006, p. 21).

Sampaio, Botura e Lourenço Junior (2013) destacam que *retrofit* e automação com o emprego de sensores de presença são ferramentas comumente utilizadas para aumentar eficiência dos sistemas de iluminação, tanto em novas instalações quanto em reformas. Afirmam estes autores (2013, p. 113) que “Apesar do uso de componentes de alta eficiência e de controladores ter apresentado progressos substanciais, ainda há espaço para novos aperfeiçoamentos”. No entanto os autores fazem uma advertência. A economia de energia é um aspecto importante no processo de aumento da eficiência, mas não menos importante é a qualidade da iluminação. Nessa perspectiva é que Sampaio, Botura e Lourenço Junior (2013, p. 114) definem o conceito de eficiência para sistema de iluminação: “Um sistema de iluminação energeticamente eficiente traz benefícios econômicos sem comprometer a qualidade de vida e trabalho do usuário”.

Silva (2006) propõe um sistema de automação com controlador lógico programável (CLP) aplicado à eficiência energética de edifícios, em instituições particular de ensino superior. Ao realizar seu estudo de caso na EPUFBA, escolhe, além de outros, o sistema de iluminação para realizar uma simulação de efficientização baseada na detecção de presença humana nos ambientes. O autor considera os sensores PIR e o ultrassônico como os mais indicados para a tarefa e conclui que esse tipo de controle pode trazer economia de energia não só às instituições de ensino superior, mas também em outros tipos de edifícios. Para (Epri 1992 apud SILVA, 2006, p. 20) “sistemas de controle de iluminação podem economizar até

30% da energia consumida com iluminação de edifícios comerciais”. Para Teixeira e Fernandes (2012), o consumo de energia elétrica do sistema de iluminação que chega a 90% em edifícios não condicionados. Os autores realizaram um estudo de caso em um dos prédios do Campus II da Universidade Feevale-RS, a fim de atender o Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ-C) do PROCEL-Edifica para alcançar a etiqueta A para seu sistema elétrico.

Um dos itens exigidos pelo PROCEL-Edifica para etiquetagem do sistema elétrico como eficiente é o sistema de iluminação. Teixeira e Fernandes (2012) realizam um levantamento de dados do sistema de iluminação levando em conta não somente a quantidade de energia consumida, mas também a qualidade da iluminação. Os autores identificam que em aproximadamente 92% das salas de aula os níveis de iluminância média estão abaixo do ideal estipulado pela NBR 4513 e propõem a adequação de tais níveis com a colocação de um número maior de lâmpadas. Além disso, é proposta a troca de lâmpadas, luminárias e reatores antigos, por novos mais eficientes e a implementação de sensores de presença nas salas. Teixeira e Fernandes (2012, p. s.n) afirmam que: “A nova proposta possibilita uma redução de consumo de energia elétrica de 31,93% em relação ao sistema existente”.

No sistema de iluminação do estacionamento de um condomínio estudado por Avelar, Silva e Parada (2009), é usado lâmpadas fluorescente tubular de 20W e sensores de movimento infravermelho para seu acionamento. Segundo os autores essa configuração se mostra a mais adequada para o condomínio conforme mostra a tabela abaixo do mesmo estudo.

Tabela 1: custos de reposição e consumo.

	Reposição de Lâmpadas	Gasto energético das lâmpadas	Reposição do Sensor	Gasto energético do sensor	Total
Lâmpadas Fluorescentes + Sensor	468,75	1729,84	35	1,51	2235,1
Lâmpadas Fluorescentes 24h	256,96	6642,6	0	0	6899,56
Lâmpadas Incandescentes + Sensor	401,5	8649,21	35	1,51	9087,22
Lâmpadas Incandescentes 24h	1541,76	33212,98	0	0	34754,74

Fonte: (AVELAR, SILVA E PARADA, 2009, p. 1)

No caso estudado, “O uso dos sensores torna o sistema no mínimo 3 vezes mais eficiente e o uso de lâmpadas fluorescentes pode possibilitar economias da ordem de 80%” (AVELAR, SILVA E PARADA 2009, p. 1).

### **3 APORTE TEÓRICO**

A discussão a seguir tem o propósito de dar sustentação teórica ao trabalho planejado, elaborado e testado sobre o controle do uso de energia elétrica em sala de aula na FAINOR. O trabalho busca o uso eficiente de energia elétrica na FAINOR e encontra sustentação nas ações e orientações do Ministério de Minas e Energia (MME), do Programa Nacional de Conservação Energia Elétrica (PROCEL), das empresas ligadas ao setor elétrico, e dos fabricantes de equipamentos e materiais acadêmicos relacionados à racionalização do uso de energia elétrica.

#### **3.1 Relevância da EE, Racionalização e o Caso dos Sistemas de Iluminação**

Nas últimas décadas o uso racional de energia e eficiência energética têm sido temas de interesse da sociedade, seja por aspectos positivos devido ao importante papel que a energia, em suas diversas formas, assume na qualidade de vida humana, desenvolvimento econômico e etc, mas também por aspectos negativos relacionados a impactos ambientais associados a sua produção e uso, bem como a seguridade do fornecimento de energia e a garantia de preços moderados.

No que diz respeito à eficiência e racionalização no uso de eletricidade toma maior força no cenário mundial após “os choques no preço do petróleo da década de 70, quando ficou claro que o uso das reservas fósseis teria custos cada vez mais altos, seja do ponto de vista econômico e comercial, seja do ponto de vista ambiental” (EPE 2001, p. 189).

Ações de EE têm retirado parcelas significativas do consumo de energia elétrica do mercado se constituindo uma alternativa a expansão do sistema elétrico brasileiro, atingindo resultados expressivos na geração segundo afirma a EPE (2001, p. 190): “os ganhos com eficiência energética são equivalentes a uma usina hidrelétrica de cerca de 10 mil MW (cerca de 80% da potência instalada de Itaipu)”. Esses expressivos resultados ajudam a conservar não só recursos energéticos, mas também financeiros que segundo “Estudos internacionais têm mostrado que cada dólar investido em eficiência energética economiza dois dólares em sistemas de geração e distribuição energética” (IEA, 2006 apud NOQUEIRA, 2007, p. 103).

Em 1985 surge um dos programas mais conhecido e expressivo de EE no Brasil, o PROCEL. O programa atua em diversas áreas com destaque para “iluminação pública, industrial, saneamento, educação, edificações, prédios públicos, gestão energética municipal, informações, desenvolvimento tecnológico e divulgação” (SOUSA et AL., 2009, p. 14). A partir do ano de 1998 o investimento em P&D e EE é obrigatório para empresas, de serviços de eletricidade, no Brasil e com a entrada em vigor da lei 9.991/00 essas ações foram mantidas e ampliadas (JANNUZZI, SANTOS, 2006).

Em 2007 fica evidente a importância da EE em sistemas de iluminação no cenário energético brasileiro com a publicação do Plano Decenal de Expansão de Energia 2007/2016 pelo MME, o qual pela primeira vez passou a contar com a temática EE, onde um item bastante explorado como opção são os sistemas de iluminação artificial devido a sua parcela de consumo de energia elétrica ser significativa chegando a 17% do consumo final (MME, 2007). Vale resaltar também a elaboração do Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEF) aprovado no final de 2011, o que segundo Starosta (2011, p. s.n) é animador já que: “finalmente, a eficiência energética passa a fazer parte da matriz energética” nacional, o autor revela como razão dessa inserção o fato de os custos da energia consumida serem altos e a quantidade de energia desperdiçada ser grande, chegando ainda segundo o mesmo ao equivalente à energia que será gerada por Belo Monte por ano.

A área de iluminação artificial também foi alvo no PBE, o qual realizava a etiquetagem dos produtos em caráter voluntário. Após a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, conhecida como lei de eficiência energética, um passo importante foi dado na consolidação da EE no Brasil já que etiquetagem passou a ser compulsória para os produtos fabricados ou importados para o país, assim como o respeito aos níveis mínimos de EE e máximos de consumo de energia, os quais são determinados pelo Comitê Gestor de Indicadores de Níveis de Eficiência Energética (CGIEE). Foram criados ainda, os comitês técnicos para atuar nas diferentes áreas, quando então o sistema de iluminação passa a ser uma área de interesse para ações de EE e teve seu Comitê Técnico aprovado em 2004 (SOUSA et. al., 2009, p. 14).

### **3.2 Tipos de sensores de presença utilizados em sistemas de iluminação.**

Diversos equipamentos e sensores vêm sendo utilizados na busca pela melhoria da operação e racionalização de sistemas de iluminação. A empresa Elektro (s.d, p. 61) destaca algum desses equipamentos mais apropriados para esses tipos de tarefas, são eles: Sistema por

controle fotoelétrico, minuterias, dimmers e sensor de presença, sendo este último de maior interesse para este trabalho, tais sensores podem utilizar três diferentes tipos de tecnologias, a saber: O PIR, Ultrassom e *Dual*.

### 3.2.1 Tecnologia PIR

Os sensores desenvolvidos com tecnologia PIR tem a capacidade de perceber a radiação infravermelho, através de um elemento sensor piroelétrico, o qual gera um potencial elétrico na presença de uma variação da radiação (HODGES, s.d). Ainda segundo o autor, os sensores são apropriados para perceber a radiação emitida pelos seres vivos e são capazes de captar o movimento de corpo inteiro a uma distância aproximada de 12 m e movimento de mãos a aproximadamente 4 m. Os sensores são equipados com uma lente de Fresnel, que tem as funções de uniformizar a sensibilidade do sensor, evitar disparos falsos e também divide o espaço em zonas de monitoramento separadas. A presença é determinada quando o usuário se movimenta de uma zona para outra. A figura abaixo demonstra como o sensor enxerga a sua área de cobertura.

Figura 1: lente Fresnel área de cobertura

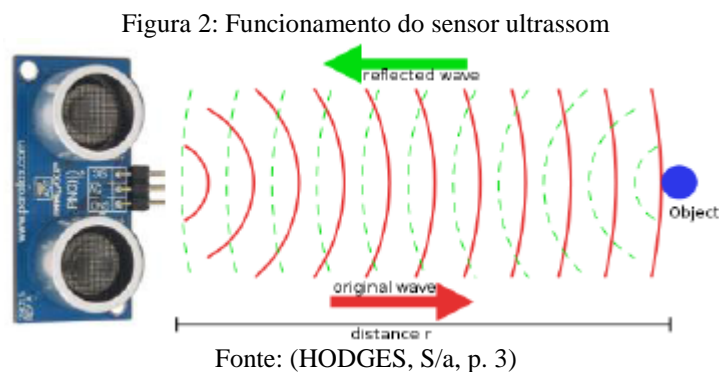


Fonte: (HODGES, S/a, p. 3)

Hodges (s.d, p. 4) destaca que o sensor PIR tem vantagens. São elas: “alta confiabilidade, resistência a falsos disparos e não são negativamente afetados pelo fluxo de ar como alguns sensores pode ser”. Quanto às desvantagens, o autor destaca a diminuição da sensibilidade do sensor quanto maior a distância, a falta de discernimento entre humanos e animais, necessita de uma visão direta do alvo e também a ocorrência de pontos mortos.

### 3.2.2 Tecnologia ultrassom

Sensores ultrassônicos funcionam com o efeito Doppler, um transdutor piezoelétrico converte sinais elétricos em ultrassom com frequência entre 40-50 kHz, não audíveis pelo ser humano, e um outro transdutor de mesmo princípio converte as ondas refletidas em sinais elétricos. Esse conjunto permite ao sensor perceber as mudanças na frequência caso um objeto se movimenta Hodges (S/a, p. 4).



Algumas de suas maiores vantagens é a possibilidade de perceber movimento através de obstáculos parciais, capacidade de determinar a distância da fonte ao objeto e alta sensibilidade a pequenos movimentos. A sua maior desvantagem está aliada a uma de suas maiores vantagens, a alta sensibilidade, que pode ocasionar disparos falsos, até mesmo com uma corrente de ar mais brusca.

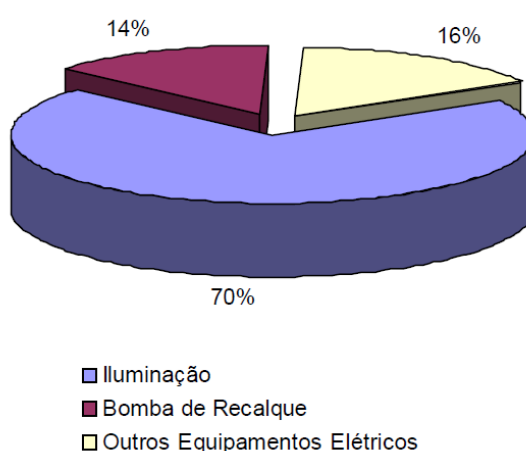
### 3.2.3 Tecnologia *Dual*

Os sensores de tecnologia *Dual* quando utilizados em sensores de presença combinam as duas tecnologias mencionadas anteriormente e só detecta presença quando ambas tecnologias captam seus respectivos sinais em busca de resolver a problemática da alta sensibilidade do sensor ultrassom, que pode ocasionar em falsas detecções e a falta de sensibilidade a pequenos movimentos do sensor PIR, a causa de falsos desligamentos. No entanto, depois de ligado o sensor só é desativado quando ambas as tecnologias param de perceber a presença o que pode ser um problema em ambientes, nos quais estejam presentes partes móveis como cortinas e ventiladores (HODGES, s.d, p. 4).

### 3.3 Casos e recomendações de uso de sensores em sistema de iluminação.

A Secretaria de Energia do Estado de São Paulo publicou um Manual de Economia Energia Elétrica na Escola, no qual, ao avaliar o perfil do consumo de energia em instituições de ensino, sem condicionadores de ar, constatou-se que a iluminação artificial é o maior consumidor nesse tipo de edifício, chegando a 70% portanto, se torna um ponto de grande interesse para ações que envolvam efficientização e racionalização de energia. A figura abaixo demonstra o perfil encontrado pela Secretaria:

Figura 3: Perfil de consumo de energia elétrica em instituições de ensino.



Fonte: Manual de Economia de Energia na escola. Fonte: (SÃO PAULO, S/a)

Está descrito no manual que para alcançar melhoria na operação e economia de energia em sistemas de iluminação nas escolas devem-se utilizar diferentes técnicas, a depender do estado em que se encontra o sistema. Desde a simples instalação de interruptores nos ambientes em sistemas que estejam atualmente sendo comandados por uma única chave ou por disjuntor, até a instalação de sensores de presença nos ambientes e conscientização dos usuários (SÃO PAULO, s.d).

No livro Eficiência Energética na Arquitetura, publicado em convênio com o PROCEL, os autores Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p. 160) afirmam que: “pode-se confiar na memória das pessoas para acionar a iluminação artificial, quando necessário, mas dificilmente para desligar o sistema quando não é mais necessário” e portanto, é preciso fazer a utilização de tecnologias que garantam uma melhora na operação dos sistemas conferindo-lhes maior eficiência energética conservando energia. Para a AURESIDE (2007), o uso de sistemas de controle de iluminação moderno com técnicas de automação, maximizam os

ganhos com EE trazendo benefícios para o meio ambiente e redução de consumo de energia elétrica.

Diferentes técnicas e equipamentos devem ser usadas para alcançar a EE em sistema de iluminação. Para Lamberts, Dutra e Pereira (2014), o uso de sensor de presença de tecnologia *dual* é adequado em ambientes de circulação intermitentes, seja de residências ou edifícios, para ligar e desligar automaticamente a iluminação. Ainda segundo estes autores, em salas de aulas, além do uso de equipamentos de automação, é adequado distribuir as luminárias de maneira que possa ser facilitada a complementação da iluminação natural, com a divisão das luminárias em circuitos comandados por interruptores independentes, conferindo assim, versatilidade para atender as diferentes situações de aulas, como uso de data show.

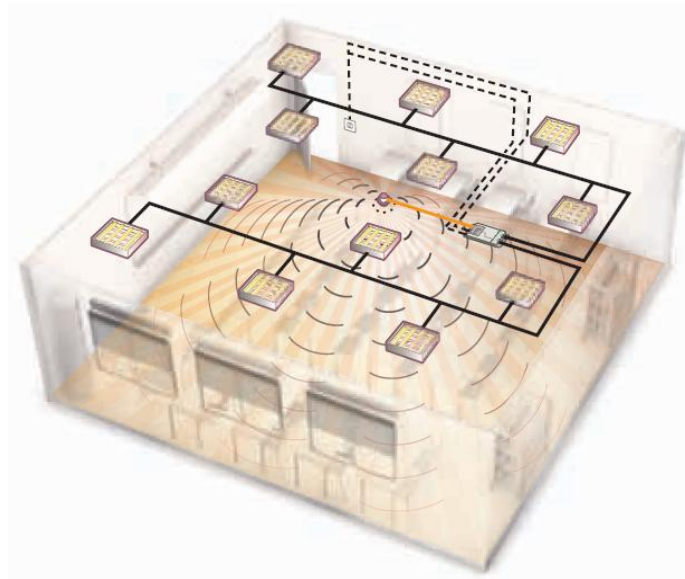
### **3.4 Caso e recomendações da empresa Legrand.**

Para a empresa Legrand (s.d), cada tipo de sensor deve ser usado para um tipo de ambiente ou tarefa. Para detecção de movimentos em ambientes que tenham obstáculos, a empresa recomenda o uso de sensor do tipo ultrassom; Já em ambientes de circulação de pessoas, sensores PIR; E em salas em que os movimentos a serem percebidos são pequenos, é recomendado sensores de tecnologia *dual*. No entanto não recomenda o uso desse tipo de sensor em ambientes com presença de objetos móveis, como cortinas, persianas e ventiladores.

A utilização de sensores de presença em salas de aulas de escolas e universidades gera economia de energia da ordem de R\$ 1.160/ano equivalente a uma redução da emissão de gases de efeito estufa de 610 Kg |  $CO_2$  eq. | ano (LEGRAND, s.d). Para tanto, a empresa desenvolveu um equipamento que integra mais de um aspecto do uso racional de energia, como a redução de desperdício desligando a iluminação quando a sala está desocupada e integrando a iluminação natural. Ainda segundo a empresa esse tipo de aplicação pode ser bem sucedida em diversos ambientes, tais como escritórios fechados, grandes escritórios com divisórias, salas de reuniões, bibliotecas, áreas externas, entre outras. A imagem abaixo demonstra simplificada o esquema de ligação e a cobertura de do sensor em uma sala de aula.



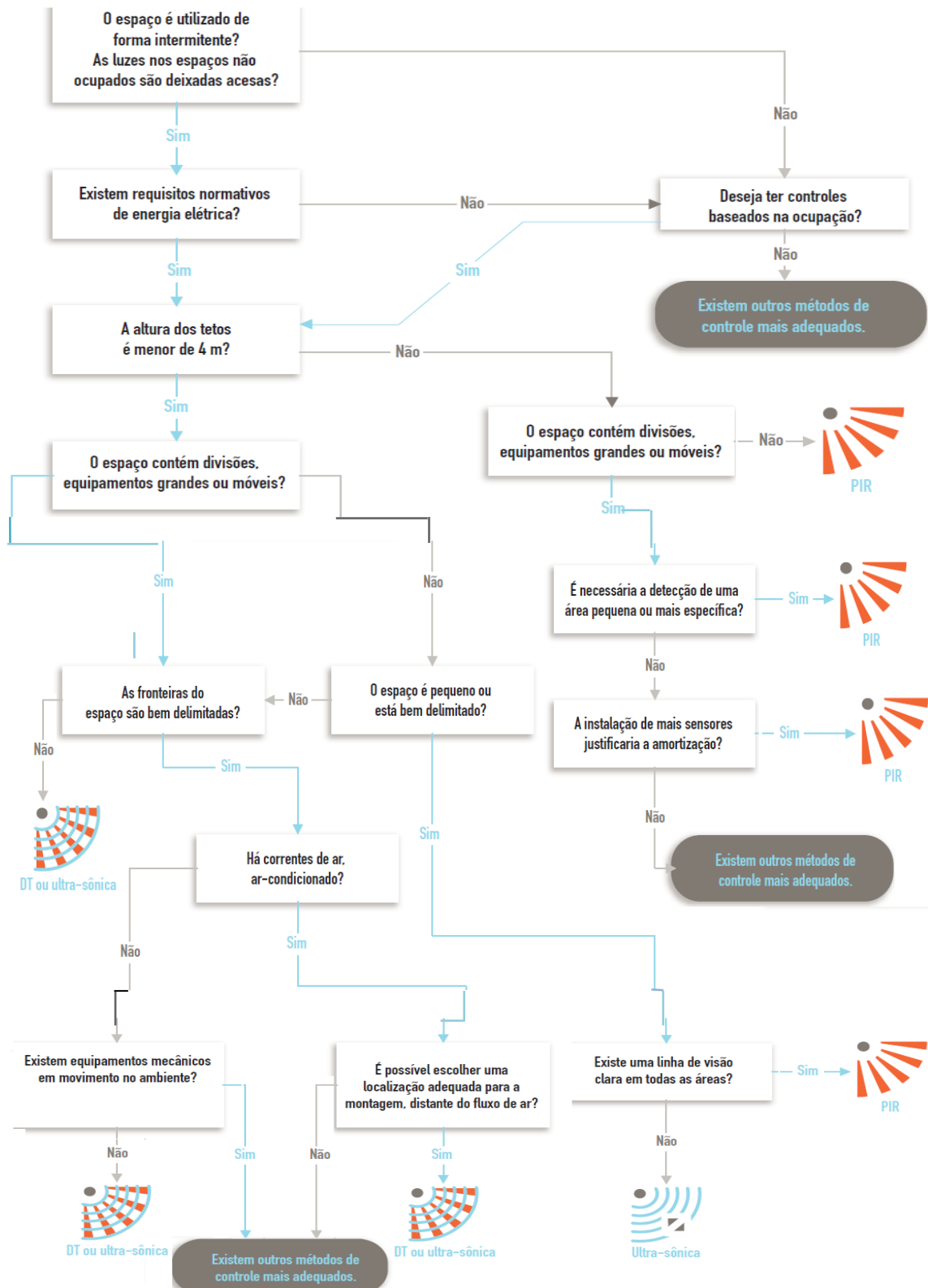
Figura 4: Uso de sensor em sala de aula.



Fonte : (LEGRAND, s.d, p. 9)

A empresa propõe uma metodologia para escolha do tipo de sensor que melhor se adapte às diferentes situações. A imagem a seguir demonstra o fluxograma da metodologia apresentada pela empresa com perguntas simplificadas para guiar a escolha do sensor adequado de acordo com o ambiente e a tarefa desenvolvida.

Figura 5: Fluxograma de metodologia para escolha de sensores



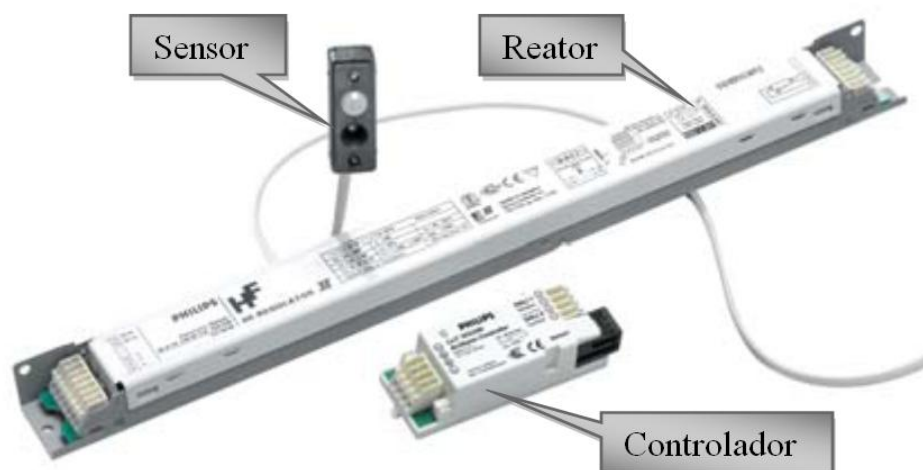
Fonte: (LEGRAND, s.d, p. 9).

### 3.5 Caso e recomendações da empresa Philips.

A empresa Philips (2011, p. 3) desenvolveu e comercializa um sistema para controle de iluminação denominado ActiLume, o qual “é projetado para aplicações desde escritórios até banheiros, e de corredores até pequenas salas de reunião”. O sistema consiste em uma unidade de controle responsável pelo tratamento dos sinais recebidos dos três sensores presentes no sistema e a tomada de decisão em manter a iluminação artificial ligada, desligada ou apenas diminuir sua intensidade através de dimerização.

A empresa deu ao seu sistema três funcionalidades para potencializar a economia de energia que segundo a empresa pode chegar a “uma economia de até 75% na conta de energia elétrica” (PHILIPS, 2011, p. 3). Para tanto, a empresa recomenda o uso do sistema completo com o sensor, controlador e reatores da empresa. A imagem seguinte demonstra os equipamentos recomendados.

Figura 6: Componentes do sistema ActiLume

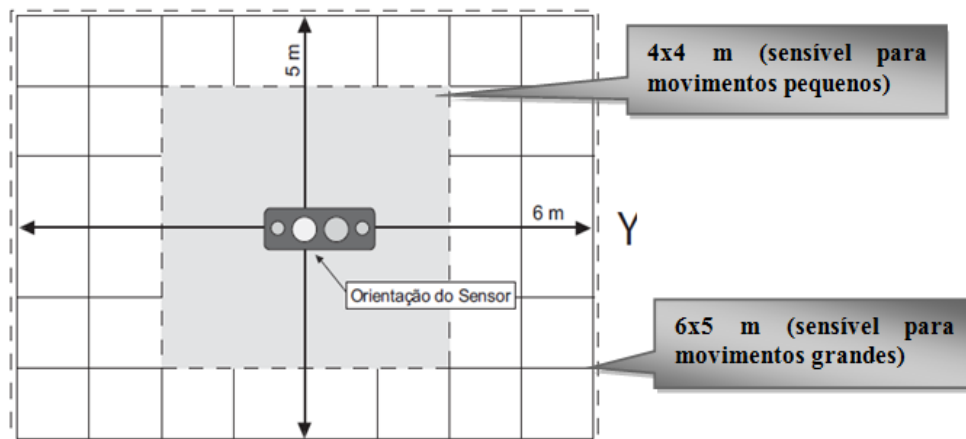


Fonte: (PHILIPS, 2011, p. 3)

As funcionalidades exploradas pela empresa são: integração com iluminação natural através de sensores de luz mantendo o nível de iluminação sempre constante e apropriado para o ambiente; detecção de movimento com sensores PIR determinando que a iluminação deva ser ligada quando a sala estiver ocupada e desligada quando não mais for percebido movimento; e o uso de controle remoto para operação do sistema (PHILIPS, 2011, p. 5).

O sensor PIR usado pela empresa Philips em seu projeto é sensível a pequenos movimentos em áreas mais próximas ao sensor, e diminui sua sensibilidade quanto maior for a distância. A imagem a seguir demonstra especificação do sensor.

Figura 7: Sensibilidade do sensor PIR, ActiLume



Fonte: (PHILIPS, 2011, p. 3).

### 3.6 Recomendações do PROCEL.

O PROCEL publicou em 2002 a primeira edição do Manual de Iluminação Eficiente, no qual destaca alguns pontos específicos para a realização de melhorias. O manual descreve como projeto eficiente de iluminação os sistemas, aqueles nos quais estejam presentes algumas das características consideradas importantes para tal, como níveis de iluminação adequados, boa reprodução de cores, aproveitamento de iluminação natural e economia de energia (PROCEL, 2002). Ainda segundo o manual, além de se observar a qualidade das luminárias e lâmpadas também pode ser proposto o uso de equipamentos auxiliares, por exemplo, sensores de presença *dual*.

Outras recomendações dadas pelo PROCEL contam no Manual de Aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C, cuja finalidade é a etiquetagem de nível de eficiência energética de edifícios no Brasil.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Local e Objeto do Estudo

O estudo proposto neste trabalho foi realizado na Faculdade Independente do Nordeste, sediada na cidade de Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

O objeto de estudo é o controle de tempo útil do sistema elétrico de uma sala de aula, para garantir a racionalização energética esperada/ideal.

## **4.2 Métodos da Pesquisa**

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um controlador do sistema elétrico de uma sala de aula em função da presença humana na sala de aula.

Do ponto de vista da natureza dessa pesquisa esta assume o caráter de pesquisa aplicada que “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigida à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais” (KAUARK, MANHÃES, MEDEIROS 2010, p. 26).

Quanto a seus procedimentos técnicos, a pesquisa é experimental, partindo de um determinado objeto de estudo e as variáveis que o influenciam e determinando as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto (GIL, 1991 apud KAUARK, MANHÃES, MEDEIROS 2010, p. 26).

## **4.3 Considerações sobre a existência de desperdício de energia elétrica**

Percebemos com base em observações empíricas, e é de senso comum da comunidade acadêmica da FAINOR, que durante o horário de funcionamento da instituição, das 07h30min às 22h30min. Várias salas de aula são encontradas com a iluminação e demais equipamentos elétricos ligados, sem que se tenha aula ou seu uso por parte dos discentes no desenvolvimento de outras atividades acadêmicas. Esse comportamento resulta em desperdício de energia elétrica proveniente do tempo em que o sistema fica ligado sem presença humana nas salas. Nesse contexto, faz-se necessário o desenvolvimento de um sistema capaz de minimizar os desperdícios.

Com base nessas observações, foi enviada uma solicitação à direção da FAINOR, por meio da coordenação do Curso de Engenharia Elétrica, para autorização de pesquisa de campo, a fim de registrar a existência de desperdício, o que foi prontamente aceito.

## **4.4 Considerações sobre o método de pesquisa de campo**

A ideia inicial para se constatar o desperdício de energia elétrica desse sistema nas salas de aula, foi realizar uma pesquisa com coletas de dados, durante o período de uma semana, de observação contínua nos três turnos de aulas. Esses dados passariam a servir como padrão para quantificar o desperdício no período de um mês/ano. Foi discutida esta ideia com os

orientadores deste trabalho e foi decidido pela não aplicação desse método inicial para constatação devido aos seguintes motivos:

- A impossibilidade de rastrear todos os horários de desperdício/uso indevido das salas de aula;
- O entendimento de que o período de uma semana, com o método proposto inicialmente, produziria um dado pontual, o que não refletiria a realidade do desperdício no período de um mês/ano;

Com base nessas considerações, a proposta inicial foi adequada ao foco do trabalho, que é desenvolver o protótipo de um sistema capaz de minimizar o desperdício existente. Assim, a pesquisa de campo foi mantida, no entanto as visitas serão realizadas no período de dois dias, para serem tiradas fotografias que comprovem a existência de desperdício de energia elétrica. Foi feito ainda um cálculo estimativo de *payback* simples com dados estimados de potência média dos equipamentos atendidos pelo protótipo nas salas.

#### **4.5 Constatação da existência de desperdício de energia elétrica**

Após receber autorização para pesquisa de campo, foram realizadas visitas no módulo principal de aulas, com a finalidade de registrar as evidências do desperdício de energia elétrica, no cotidiano da instituição.

A primeira visita foi realizada no turno matutino no dia 29/10/2014, momento que foi constatado o desperdício de energia elétrica no sistema de iluminação das salas de aula. Conforme mostram as fotos abaixo, não haviam pessoas na sala, no entanto, o sistema de iluminação permanecia ligado.

Figura 8: Salas de aula módulo principal visita matutino.



Fonte: do autor.

No dia 31/10/2014, a visita foi realizada nos turnos vespertino e noturno. No turno vespertino pudemos observar novamente as salas com o sistema de iluminação ligado sem a presença de pessoas. Foi constatado nessa mesma visita que no horário de intervalo entre os turnos, a iluminação das salas continua acionada, mesmo sem a presença de discentes. As fotos abaixo demonstram salas fotografadas durante a visita, que se enquadram na situação investigada.

Figura 9: Salas de aula modulo principal visita vespertino.



Fonte: do autor.

Um fato importante revelado pela visita foi a reincidência da sala 5, que na visita do turno matutino já tinha sido fotografada, e as 17h45 a situação se repetiu, bem como às 21h52

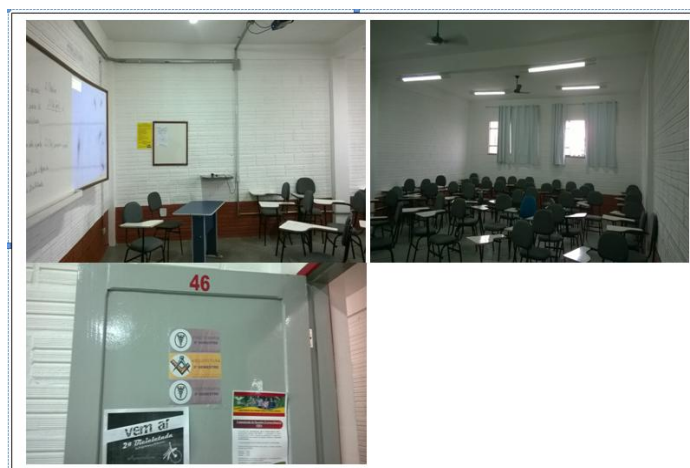
Figura 10 Salas de aula módulo principal visita noturno.



Fonte: do autor.

Fatos importantes foram observados durante as visitas, pois além do desperdício no sistema de iluminação, ventiladores e data shows foram encontrados ligados em salas sem ocupação e, em alguns casos, os três sistemas se encontravam ligados. A imagem abaixo registra a sala 46 sem presença de usuários, fotografada no dia 29/10/2014 às 10h 25.

Figura 11 Sala de aula módulo principal iluminação natural e data show.



Fonte: do autor.



## 4.6 Desenvolvimento do hardware e software

Antes do início do desenvolvimento do hardware, foram determinados quais recursos estariam presentes na solução. Inicialmente o hardware contaria somente com o gerenciamento por presença e atenderia apenas o sistema de iluminação. No entanto após as visitas foi constatado também desperdício no sistema de ventilação, data show e que no sistema de iluminação, mesmo quando há iluminação natural, a iluminação artificial é ligada. De posse dessas informações, em reunião com o orientador deste trabalho foi definido que o hardware passaria a tender os três sistemas mencionados e que além do gerenciamento por presença, contará com monitoramento de iluminação natural não permitindo que a iluminação artificial seja ligada enquanto a iluminação natural for suficiente.

Ficou também definido que o hardware não ligará automaticamente nenhum dos equipamentos presentes na sala, mas tão somente os desligará na ausência de usuários no ambiente, deixando a cargo do usuário a tarefa de ligar os equipamentos garantindo que em uma eventual falsa detecção de presença, nenhum equipamento seja ligado sem que um usuário o solicite.

A partir dessa etapa partiu-se para a escolha dos principais componentes do hardware, quais sejam sensor e microcontrolador.

### 4.6.1 Da escolha do sensor

Para determinar qual o sensor que melhor se adapta a aplicação desejada, foi realizada uma pesquisa para identificar quais tipos são mais usados para detecção de presença humana. Os sensores mais utilizados são infravermelho passivo, ultrassom e uma combinação das duas tecnologias os sensores *Dual*.

O sensor ultrassônico não se mostra adequado, pois são sensíveis a movimentos de quaisquer objetos, tais como cortinas, ventiladores e portas, os quais estão presentes no ambiente de interesse. A tecnologia Dual apesar de ser mais sensível que o sensor *passive Infrared* (PIR) em sua operação, depois de detectar a presença, passa pela mesma complicação que o sensor ultrassônico, pois o sensor percebe a presença com acionamento paralelo das duas tecnologias. No entanto só deixa de percebê-la quando os dois sensores não mais detecta movimento, desta forma o desligamento dos sistemas ficam a cargo do sensor ultrassom que conforme dito é sensível a movimentos dos objetos já mencionados.

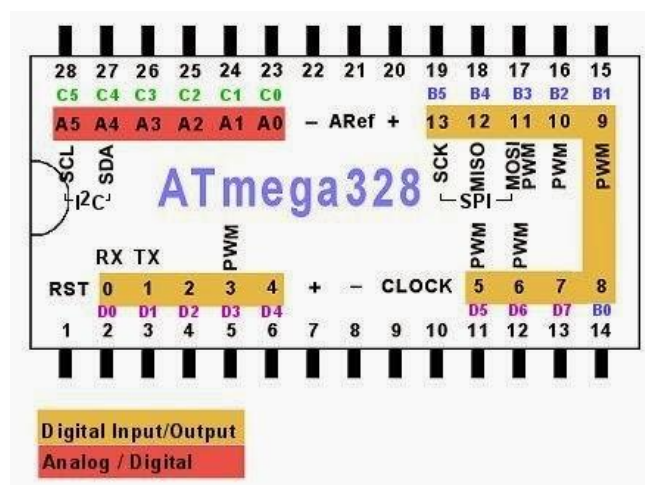
Assim, o sensor PIR foi escolhido por se mostrar mais adequado ao ambiente proposto em comparação às outras tecnologias mencionadas acima, já que não são sensíveis a movimento de quaisquer objetos e são apropriados para perceber a radiação infravermelha emitida pelo corpo humano.

#### 4.6.2 Da escolha do microcontrolador

Foi definido o ARDUINO UNO R3 para a fase inicial de testes e desenvolvimento da programação do circuito. Na etapa seguinte de finalização do protótipo foi confeccionada uma placa definitiva. O microcontrolador usado na placa é um ATmega 328 o qual conta com 14 pinos de entrada/saídas digitais, dos quais 6 podem ser configurados como saídas analógicas para modulação PWM e 6 pinos de entrada analógica, destinados a conversão de tensão analógica na faixa de 0 a 5V para digital com 10 bits de resolução. A plataforma ARDUINO tem sua operação facilitada por ser amplamente utilizada e tem seu projeto aberto o que permite a contribuição de usuários e sua IDE pode ser baixada gratuitamente na pagina oficial do produto no seguinte endereço <http://www.arduino.cc>.

Sua linguagem de programação é basicamente baseada em C e C++, linguagem estudada durante o curso. A escolha dessa plataforma poupa tempo de projeto, pois a placa permite a gravação do software através de uma conexão USB com o computador sendo ela mesma a gravadora facilitando a realização de testes antes do desenvolvimento de uma placa definitiva para o microcontrolador. Abaixo pode ser observada a sequencia de pinos do ATmega 328 e suas respectivas funções.

Figura 12: Pinos ATmega 328.

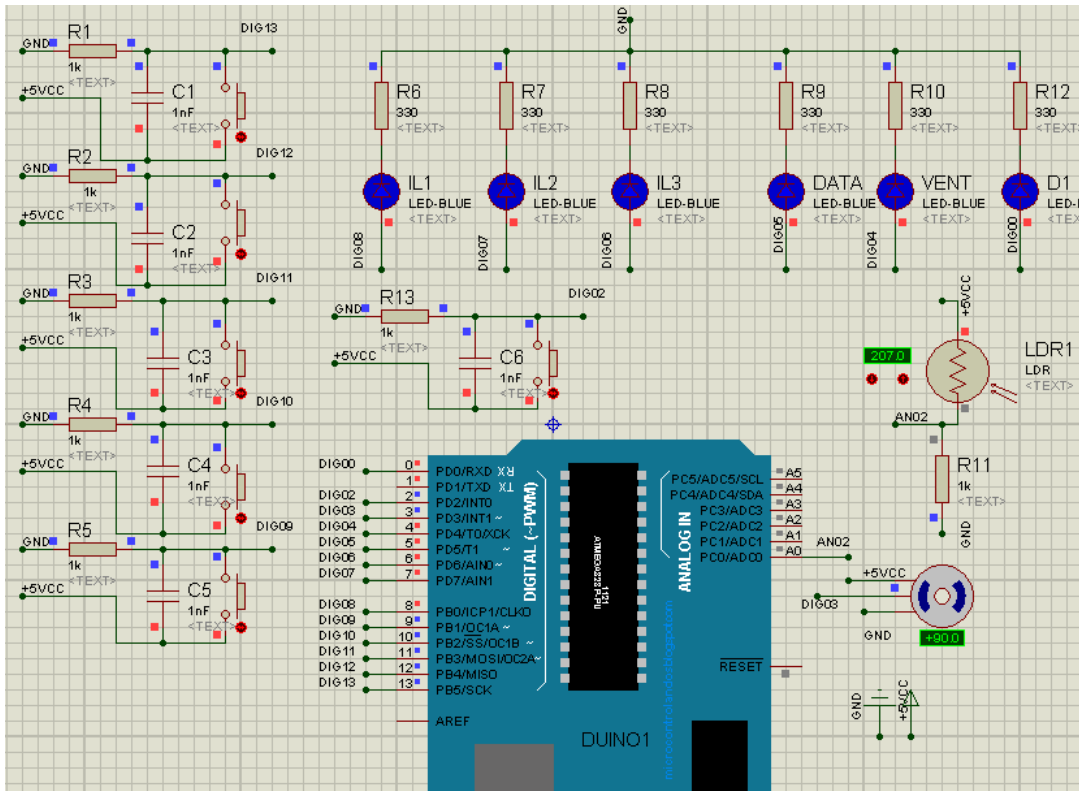


Fonte: <http://blog.novaeletronica.com.br/piinagem-ci-atmega328-arduino>.

### 4.6.3 Simulação

Após determinar quais sistemas seriam atendidos e escolher os principais componentes do hardware, partiu-se para a simulação do hardware no software Proteus versão 7. A imagem abaixo demonstra o circuito utilizado nas simulações.

Figura 13: Simulação de circuito Proteus 7.



Fonte: do autor.

Na imagem acima pode ser verificado o circuito completo utilizado para simulações das rotinas que devem ser executadas. Os push buttons nomeados de DIG13 a DIG09 são os comandos de entrada para ligar os circuitos desejados, essa numeração diz respeito as portas digitais de mesmo numero do ARDUINO, os três primeiros DIG13 a DIG11 comandam os circuitos de iluminação, DIG10 comanda o circuito de ventilação e DIG09 comanda a tomada de data show.

Nas saídas foram colocados leds no lugar dos relés para melhor visualização da rotina na simulação e são respectivamente as saídas ditais de 8 a 4 do ARDUINO denominadas DIG08 a DIG04. A simulação conta também com uma LDR, que tem por finalidade monitorar a luminosidade ligada na porta analógica 0 denominada NA02 e um servo motor ligado a porta digital 3 denominada DIG03, que tem por finalidade rotacionar o sensor para

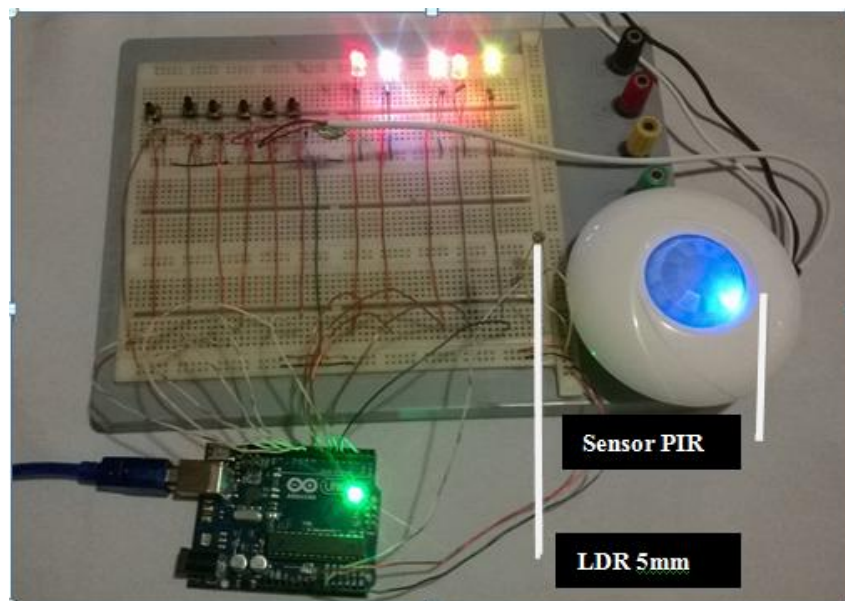
fazer varreduras caso o usuário permaneça parado por muito tempo, já que o senso só percebe a presença de uma pessoa transitando de uma de suas zonas de cobertura para outra. E por fim um push button simulando o pulso dado pelo sensor PIR quando detecta movimento ligado a porta digital 2 denominado DIG02 referente a interrupção configurada.

A simulação permitiu acompanhar com precisão a rotina e identificar erros ou falhas na programação que pudessem afetar o funcionamento do equipamento, valendo resaltar, que no software os componentes são ideais não tendo perdas e não gerando possíveis interferências no restante do circuito.

#### 4.6.4 teste em *proto*board

Após a simulação foram feitos testes em *proto*board ainda utilizando a placa ARDUINO R3, a fim de verificar o comportamento real do hardware. Nesse teste foi colocado o sensor de presença escolhido e uma LDR. A imagem abaixo demonstra o circuito funcionando no primeiro teste.

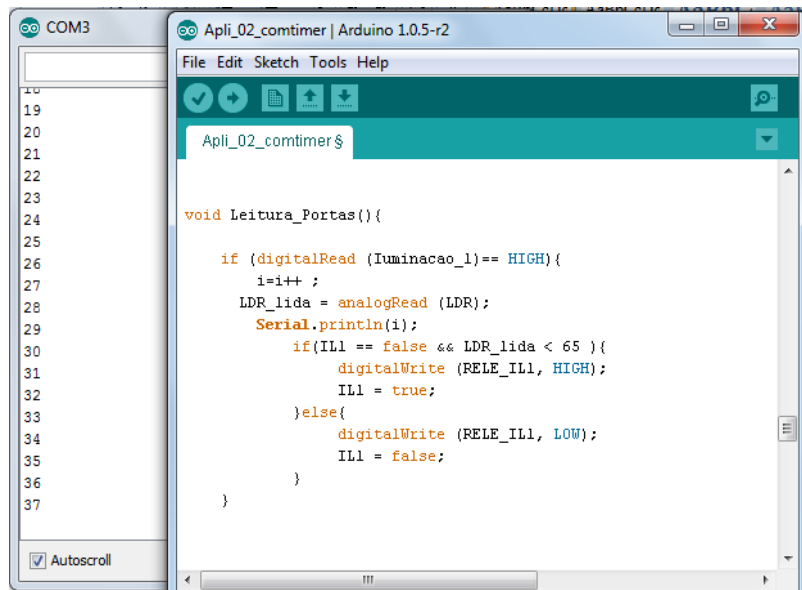
Figura 14: teste em *proto*board



Fonte: do autor

Nesse teste foi identificada uma falha na rotina quando pressionado um dos botões. A imagem abaixo é da ferramenta Serial Monitor da IDE do ARDUINO de onde o projetista pode acompanhar as variáveis em tempo real. A imagem abaixo demonstra o que ocorre quando não há presença da solução adotada e seu respectivo código de programação.

Figura 15: serial monitor e código



```
19
20
21
22
23
24 void Leitura_Portas(){
25
26     if (digitalRead (Luminacao_1)== HIGH){
27         i=i++ ;
28         LDR_lida = analogRead (LDR);
29         Serial.println(i);
30         if(IL1 == false && LDR_lida < 65 ){
31             digitalWrite (RELE_IL1, HIGH);
32             IL1 = true;
33         }else{
34             digitalWrite (RELE_IL1, LOW);
35             IL1 = false;
36         }
37     }
```

Fonte: do autor.

Ao pressionar o botão apenas uma vez e por um intervalo de tempo muito pequeno o microcontrolador faz a leitura e execução da tarefa mais de uma vez como caso acima que chegou a 37 leituras ligando e desligando a iluminação várias vezes sem que o usuário pudesse ter controle. Para solucionar o problema identificado na simulação foi colocado ao final de cada tarefa de acionamento de botão uma linha de código com a seguinte instrução `while (digitalRead (Luminacao_2) == HIGH){}`. Essa instrução faz com que o programa fique preso naquele ponto até que o usuário solte o botão. Essa ação não traz prejuízo ao funcionamento do restante das funções principais da rotina, pois como a detecção de presença e o contador de tempo funcionam por meio de interrupção. Com essa mesma instrução, caso o usuário pressione mais de um botão ao mesmo tempo, o microcontrolador só fará a leitura do primeiro sinal.

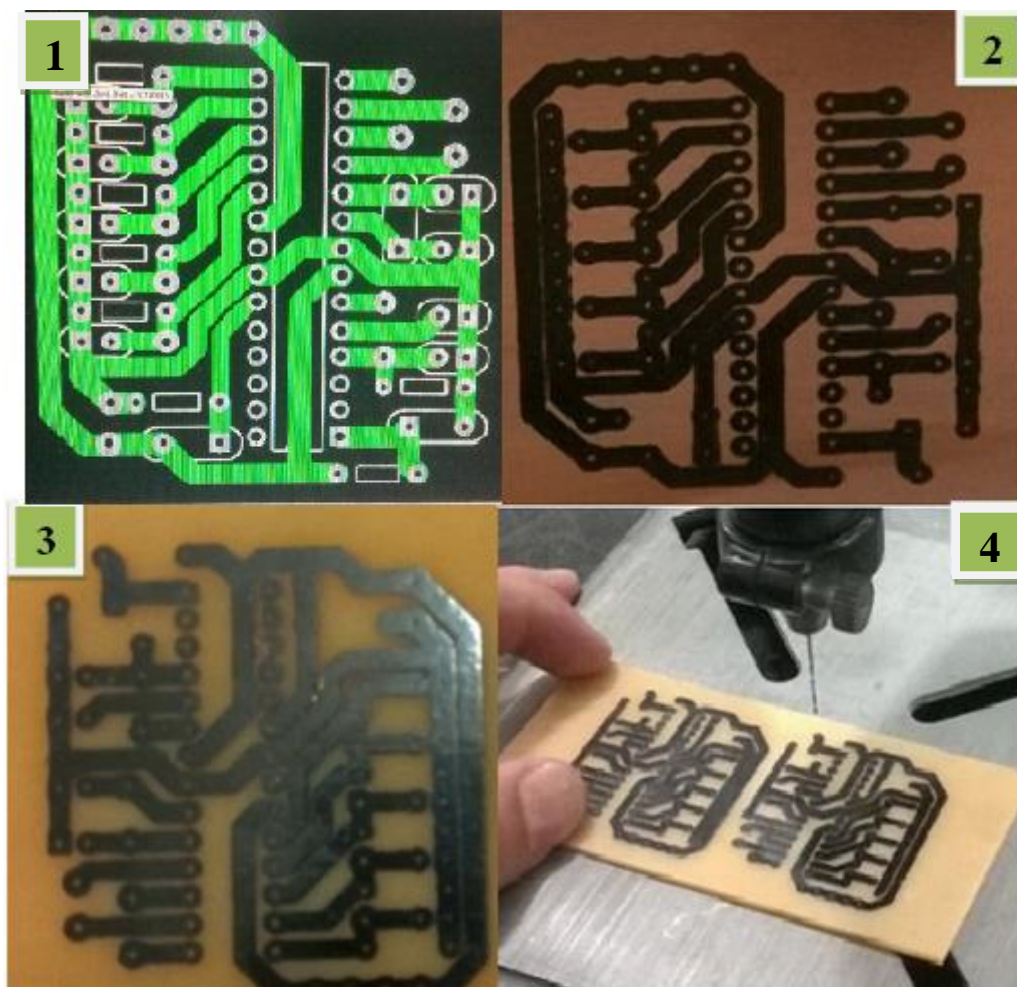
Num segundo teste, feito no laboratório de desenvolvimento da Master Tecnologia, para verificar o comportamento do sensor quando rotacionado pelo servo motor constatou-se, que mesmo na falta da presença de pessoas no laboratório o sensor é acionando quando o servo motor o rotacionar.

Constatada essa falha para o caso de um usuário permanecer parado ou estiver em um ponto morto foi retirado o servo motor e foi colocado um Buzzer para emitir um aviso de quando o sistema será desligado. Nessa proposta o usuário deve realizar um movimento para que o sistema não desligue e se posicionar o mais próximo possível do sensor onde sua sensibilidade é maior.

#### 4.6.5 Prototipação da placa definitiva

Após os testes no *protoboard* e ajustes necessários no hardware e software partiu-se para o desenvolvimento da placa definitiva. As imagens abaixo demonstram as etapas dos processos adotados até a placa definitiva ficar pronta.

Figura 16: etapas de prototipação.



Fonte: do autor.

Etapa 1: refere-se ao *layout printed circuit board* (PCB) da placa definitiva desenvolvida no software Pcad 2006. Com essa ferramenta foi possível distribuir os componentes de uma maneira organizada e permitindo a confecção de uma placa relativamente pequena, que se adequasse ao gabinete.

Etapa 2: demonstra o desenho já impressa na placa de fenolite. Essa impressão foi feita por meio da técnica de transferência *silkscreen*. Nessa técnica a tinta é transferida para a placa através de uma tela de nylon.

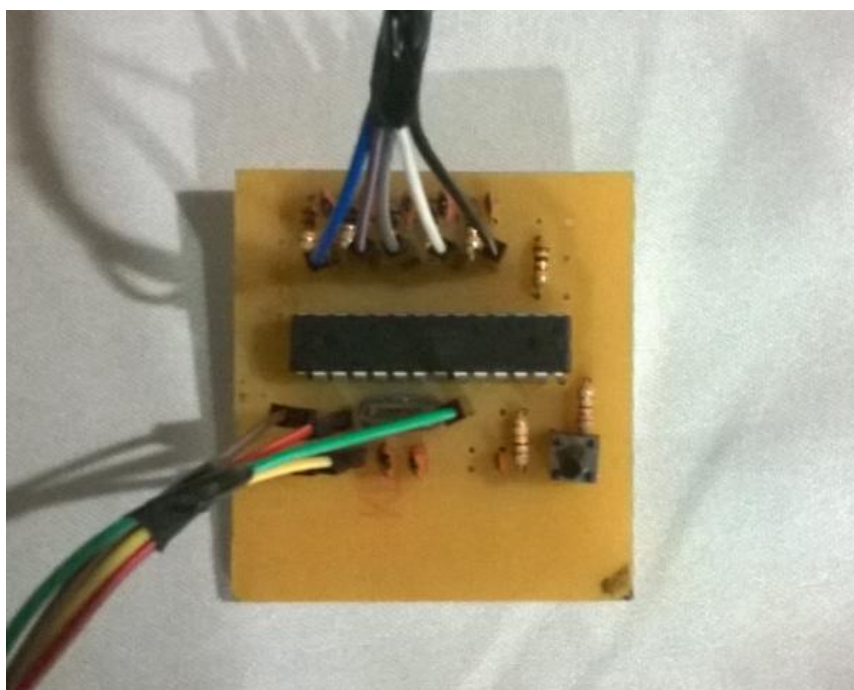


Etapa 3: pode ser observado a placa de circuito já corroída. O processo de corrosão da placa foi da maneira mais comum utilizada para prototipação, quando a placa é imersa em uma solução de perclorato de ferro. O resultado desse processo é a corrosão do cobre não coberto pela tinta, assim, ficando apenas as trilhas desenhadas.

Etapa 4: Nessa etapa foi feita a perfuração da placa para a colocação dos componentes, com uma furadeira.

Na imagem abaixo pode ser vista a placa finalizada pronta para realização de testes de hardware e software definitivos.

Figura 17: Placa Finalizada.



Fonte: do autor.

#### 4.6.6 Testes da placa e software definitivos

Nos testes dessa etapa foram identificados problemas nos botões pulsadores de entrada e também foi observada uma interferência no circuito. Os botões apresentaram uma alta trepidação o que gerou vários acionamentos a cada solicitação feita, mesmo na presença do resistor e capacitor de *pull up*. O efeito dessa trepidação provocou o mau funcionamento do equipamento semelhante ao mencionado nos testes de *proto-board*, no qual ocorreu várias leituras em um único pulso e sua solução foi a adição de um laço de repetição, no qual enquanto o botão estiver pressionado o fluxo de programa fique preso naquele ponto. No entanto a trepidação provoca vários pulsos, assim o fluxo de programa é liberado do laço de

repetição e acontece mais de uma leitura não dando a segurança necessária de que, quando pressionado o botão, o comando adotado será o desejado e perde-se novamente o controle.

Diante desse problema foram consideradas duas soluções: Uma em nível de hardware com o aumento do capacitor de *pul up* ou em nível de software com a adição de uma variável de tempo. A solução adotada foi a colocação de variáveis de tempo no software conforme pode ser observado na imagem abaixo.

Figura 18: Variáveis de tempo.

```
int Tempogeral = 0;
int time_l1 = 0;
int time_l2 = 0;
int time_l3 = 0;
int time_v = 0;
int time_t = 0;

if (digitalRead (Iuminacao_1) == HIGH && Tempogeral-time_l1>1){
    time_l1 = Tempogeral;
    if(IL1 == false ){
        digitalWrite (RELE_IL1, LOW);
        IL1 = true;
    }else{
        digitalWrite (RELE_IL1, HIGH);
        IL1 = false;
    }
    while (digitalRead (Iuminacao_1) == HIGH){
        delay(5);
    }
}
```

Fonte: do autor.

A variável Tempogeral é atualizada junto ao contador de tempo do equipamento a cada 250 ms, as variáveis timer observadas na imagem acima são atualizadas a cada vez em que um botão é pressionado, assim, pôde-se solucionar a trepidação do botão comparando com a instrução `if (digitalRead (Iuminacao_1) == HIGH && Tempogeral-time_l1>1)`. Essa instrução compara o intervalo de tempo em que o botão foi pressionado. Caso o intervalo de tempo seja menor que 1, correspondente a 250 ms, a condição não é aceita, pois pulsos com intervalo de tempo menor que o definido é proveniente da trepidação do botão e portanto não altera o valor da saída.

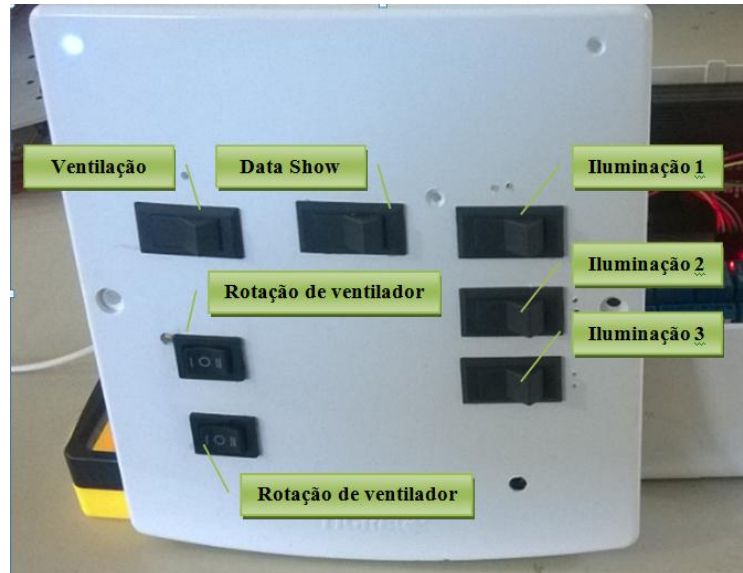
A interferência estava relacionada ao alto valor do resistor de *pul up*, que era de 10KΩ. Identificado o problema o resistor foi trocado por um de valor menor, 1KΩ, resolvendo o problema.



#### 4.6.7 Montagem do protótipo no gabinete

Na montagem do protótipo no gabinete primeiro foi confeccionado o painel com os botões de comando conforme imagem abaixo.

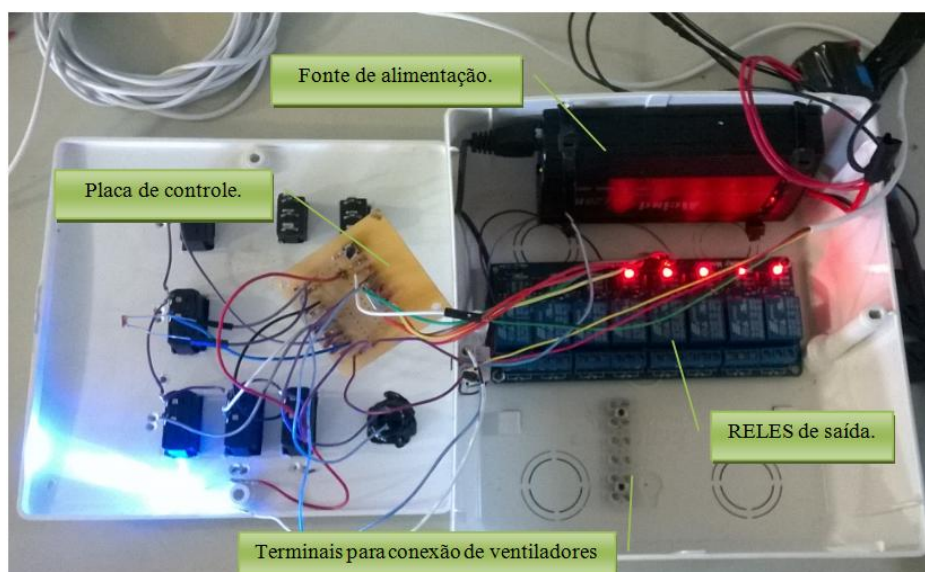
Figura 19: Painel comandos.



Fonte: do autor.

Os passos seguintes foram à fixação da fonte de alimentação, placa de relés de saídas, placa de controle e terminais de conexão para ventilador. Na imagem abaixo pode ser verificado o protótipo já montado.

Figura20: Componentes do protótipo.



Fonte: do autor.

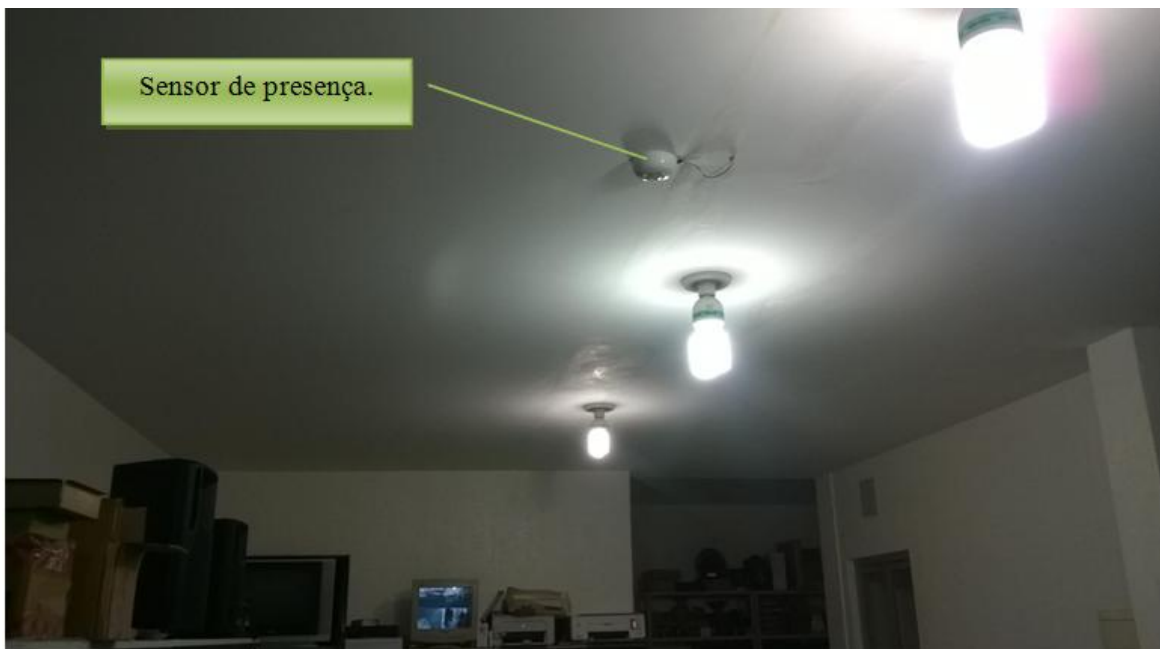
#### 4.6.8 Teste final de laboratório

Após a finalização da montagem do protótipo foi feito um teste com duração de duas horas no laboratório de desenvolvimento da Master Tecnologia, a fim de observar o funcionamento do equipamento em sua totalidade, com sensor e LDR. No ambiente estiveram presentes no laboratório três pessoas realizando suas atividades cotidianas.

Durante o período do teste, o equipamento funcionou de maneira satisfatória atendendo a todos os comandos dados no painel, acionando os reles de saída destinados a ligação das cargas. O sensor de presença apresentou sensibilidade adequada não permitindo desligamento dos equipamentos enquanto tinha presença humana no ambiente. A LDR foi ajustada para o nível de iluminação presente no laboratório não permitindo serem ligados os reles de iluminação.

Durante o teste foram feitas três paradas programadas de 5 min com a saída dos usuários do laboratório. Esse intervalo se refere ao tempo adotado para o desligamento das cargas após a última detecção de presença no ambiente, pois o protótipo reinicia o tempo a cada detecção de movimento. Na imagem abaixo pode ser observado o posicionamento do sensor no ambiente com uma linha de visão direta para a área de interesse.

Figura 21: Posicionamento do sensor no teste final de laboratório.



Fonte: do autor.

## 4.7 Lista de materiais.

Tabela2: Lista de Materiais.

Materiais	Quantidade	Preço (R\$)	Preço total (R\$)
Caixa de passagem/gabinete	1	20,00	20,00
Fonte de alimentação	1	40,00	40,00
Modulo de reles	1	60,00	60,00
Sensor de presença PIR	1	35,00	35,00
Micro controlador ATmega 328	1	20,00	20,00
Cristal oscilador 16 MHz	1	1,50	1,50
Botão sem retenção	5	2,00	10,00
Botão com retenção 3 estados	2	2,50	5,00
LDR 5mm	1	2,10	2,10
Push Button	1	0,20	0,20
Resistor 220 $\Omega$	1	0,10	0,10
Resistor 330 $\Omega$	1	0,10	0,10
Resistor 1K $\Omega$	2	0,10	0,20
Resistor 10K $\Omega$	5	0,10	0,50
Capacitor cerâmico 22 pF	8	0,05	0,40
LED azul 5mm	1	1,00	1,00
			Total = 196,10

Fonte: do autor.

## 4.8 Dados para estimativas de desperdício de energia e cálculo de *payback* simples.

Durante as visitas, foi observada a quantidade média de equipamentos por sala, a fim de estimar uma carga média para ser adotada como padrão nos cálculos de *payback* simples. Abaixo podem ser verificados os equipamentos instalados nos sistemas atendidos pelo protótipo e seus percentuais relativos de consumo.

Tabela3: Potencia de sala padrão.

Equipamento	Potência W	Quantidade	Potência total W	Potência W %
Lâmpada tubular	36	12	432	47,11%
Ventilador de teto	130	2	260	28,35%
Data show Sanyo	225	1	225	24,54%
			$P_{ms} = 917$	100%

Fonte: Do autor.

Um parâmetro importante para os cálculos é o tempo de consumo evitado. A sua quantificação foi baseada nos seguintes fatos:

- A existência de situações perdulárias no sistema elétrico das salas de aula durante os intervalos entre um turno de aula e outro. Nessa perspectiva há um intervalo de 50 minutos entre os turnos matutino e vespertino e 20 minutos entre vespertino e noturno totalizando 70 minutos possível de desperdício.
- Durante o turno matutino e vespertino há a presença de iluminação artificial ligada, mesmo quando a iluminação natural é suficiente.
- Quando há um horário vago também existe desperdício no sistema elétrico.

Com base nessas considerações foi proposto um caso específico de tempo de consumo evitado conforme descrito abaixo.

Dos 70 minutos de intervalo foi considerado que em 50% desse tempo exista desperdício no sistema como um todo, iluminação, data show e ventilação.

Considera-se que de todo período de iluminação natural disponível durante o dia, no mínimo em duas aulas tenha iluminação natural suficiente e, portanto contabiliza-se um desperdício médio de 100 minutos, considerados somente para o sistema de iluminação. Nesse caso hipotético não será considerado o desperdício proveniente dos horários vagos devido a dificuldade de quantificá-los. Portanto, o tempo de desperdício para o sistema elétrico das salas em carga total é de 35 minutos e para o sistema de iluminação devido a iluminação natural é de 100 minutos.

#### **4.8.1 Equações e cálculos para *payback* simples.**

As equações e cálculos estão relacionadas abaixo.

$$P_{it} = \frac{P_{ms}}{1000} * N_s \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

$N_s$  – Número de salas do modulo principal de aulas.

$P_{ms}$  – Potência média por sala em W.

$P_{it}$  – Potência instalada total media das salas KW.

Adotando o padrão de  $P_{ms} = 917 W$  e  $N_s = 59$  = considerando o modulo principal de aulas temos uma potencia total de:

$$P_{it} = \frac{917W}{1000} * 59 = 54,103 KW$$

A energia desperdiçada e calculada através das equações abaixo:

$$E_{d1} = P_{it} * \frac{T_{des1}}{60} * D_{let} \quad \text{Eq 2.}$$

$$E_{d2} = P_{il} * 47,11 * \frac{T_{des2}}{60} * D_{let} \quad \text{Eq 3.}$$

$$E_{dt} = E_{d1} + E_{d2} \quad \text{Eq 4}$$

Onde:

$E_{d1}$  – Energia desperdiçada em intervalos, KWh.

$E_{d2}$  – Energia desperdiçada não aproveitamento de iluminação natural, KWh.

$T_{des1}$  – Tempo de intervalo.

$T_{des2}$  – Tempo de iluminação natural.

$D_{let}$  – Dias letivos durante o ano 2015.

$E_{dt}$  – Energia desperdiçada total, KWh.

Substituindo os valores adotados como padrão  $T_{des1} = 35$ ,  $T_{des2} = 100$  e  $D_{let} = 221$  temos um consumo total evitado de:

$$E_{d1} = 54,103KW * \frac{35}{60} * 221 \cong 6.974,77KWh$$

$$E_{d2} = 54,103 KW * 0,4711 * \frac{100}{60} * 221 \cong 9.388,05 KWh$$

$$E_{dt} = 6.974,77 + 9.388,05 \cong 16.362,8 KWh$$

Para o calculo do custo evitado temos:

$$C_{d1} = E_{d1} * V_{kwh} \quad \text{Eq5.}$$

$$C_{d2} = E_{d2} * V_{kwh} \quad \text{Eq6.}$$

$C_{d1}$  – Custo do desperdício em intervalos R\$.

$C_{d2}$  – Custo do desperdício não aproveitamento de iluminação natural R\$.

$V_{kwh}$  – Custo do KWH pago pela IES em R\$.

Calculo dos custos do desperdício:

Em consulta a conta de energia do mês “X” de 2015 da IES estudada através da coordenação do curso de engenharia elétrica e anotou-se o valor do KWh em R\$ 0,52,

$$C_{d1} = 6.974,77 * 0,52 \cong 3626,88 \text{ R\$}$$

$$C_{d2} = 9.388,05 * 0,52 \cong 4.881,78 \text{ R\$}$$

## 5 Resultados e discussões

Tivemos como resultado desse estudo o protótipo de um equipamento para controle e monitoramento individualizado do sistema elétrico em salas de aula. Durante os estudos ao analisar quais os sistemas deveriam ser atendidos pela solução pensou-se inicialmente somente no sistema de iluminação, no entanto durante as visitas na instituição estudada foi identificado o desperdício nos outros sistemas presentes nas salas, com isso ficou evidente que poderia ser conseguida uma maior redução no desperdício de energia, além do microcontrolador utilizado ter portas suficientes para tal e por essa alteração não demandar um aumento substancial nos custos do projeto.

Pôde ser observado no teste de laboratório que o protótipo funcionou de maneira adequada obedecendo aos comandos dados pelos usuários ao perceber a sua presença, monitorando adequadamente a iluminação natural de acordo com o valor pré-programado e desligando o sistema no tempo programado após a última detecção de presença.

O custo para a implementação da solução nas 59 salas, com o projeto atual, fica no valor de R\$ 10.589,00 desconsiderando os custos de mão de obra, pois esta pode ser encontrada dentro da própria instituição com a participação dos discentes do curso de Engenharia Elétrica. Nessa proposta, o projeto pode ser adotado pela disciplina pertinente e ser desenvolvido em três etapas referentes as três unidades do semestre. A primeira etapa constitui-se da simulação, a segunda da prototipação física do hardware e, por fim, a terceira etapa engloba os testes finais em laboratório e a instalação na sala.

Esse custo de implementação pode cair substancialmente com a construção da quantidade de equipamentos propostos, pois com a compra do material em grande quantidade o seu custo cai, em especial os componentes que representam alto custo no projeto, tais como sensor de presença e gabinete.

Com cenário de desperdício proposto o custo da energia desperdiçada chegou a R\$ 4.881,78 no sistema iluminação e R\$ 3.626,88 no sistema total (ventilação, iluminação e projeção) em intervalos atingindo um total de R\$ 8.508,66 em um ano com 221 dias letivos, nessa perspectiva pode-se obter o retorno do investimento em aproximadamente um ano e dois meses.

## **6 CONCLUSÃO**

Como o desperdício de energia elétrica nas salas de aulas de IES no Brasil é um fato presente e este representa impacto financeiro, muito importante, não só nos gastos com eletricidade, o que em IES públicas representa um gasto desnecessário para a sociedade, mas também afetando a competitividade de IES particulares. Percebeu-se necessário desenvolver um sistema para controlar o tempo em que os equipamentos elétricos permanecem ligados nas salas de aulas.

Inicialmente foram apontados, através da observação da rotina de uso das salas de aulas da FAINOR, possíveis pontos de desperdícios ou uso ineficiente da eletricidade. A análise da rotina de uso das salas de aulas confirmou a observação anterior e foram detectados uma série de pontos críticos no uso da energia em sala de aula, que por sua vez, pode ser solucionado com a implementação do sistema de monitoramento e controle elétricos, em função da presença humana.

Para que o objetivo fosse alcançado foram realizadas as seguintes etapas: Identificação dos pontos de desperdício ou uso ineficiente; Determinação de quais recursos e circuitos seriam monitorados e controlados; Escolha do elemento sensor e do microcontrolador,

chegando-se a conclusão de que o desenvolvimento de um sistema que racionalize o uso de energia elétrica em sala de aula seria exequível e necessário.

Para a solução deste problema, foi realizado o desenvolvimento do protótipo de um equipamento para controle e monitoramento individualizado dos equipamentos elétricos, tornando possível a minimização do uso ineficiente de energia elétrica na rotina de uso das salas de aulas, através da implementação de sensor de presença humana, sensor de luminosidade, microcontrolador e software que controlam o acionamento dos circuitos, através de relés.

Esse controle e monitoramento, com o protótipo desenvolvido, se constituem como uma importante ferramenta para o uso eficiente de energia elétrica nas salas de aulas da FAINOR, atendendo as três demandas, para as quais ele foi projetado: Acionar o sistema elétrico após o comando do usuário, não permitir o uso de iluminação artificial enquanto a iluminação natural for suficiente e desligar o sistema elétrico após 5 min com a ausência.

Soluções desta natureza trazem vantagens econômicas como a redução nos custos com energia elétrica, além disso, traz um importante aspecto positivo para o meio ambiente, já que promove a racionalização da energia, assim, conservando os recursos naturais utilizados na produção da mesma.

## **6.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS**

Como trabalhos futuros podem ser sugeridos: A construção do hardware em uma única placa contendo a fonte de alimentação, o microcontrolador e relés de saída; A utilização de microcontroladores com maior quantidade de portas, para construção de uma central que atenda a mais de uma sala; A realização de um teste de longa duração com a implementação do protótipo em uma sala durante o período de aulas e a instalação de um medidor na sala com o protótipo e um medidor em uma sala sem o protótipo, a fim de quantificar a energia conservada real.



## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVELAR, Fernando, Campos; SILVA, Karen, Santana; PARADA, Marcelo, Yoiti, Ito. **Análise Energética do Uso de Sensores de Movimento para Acionamento de Lâmpadas em um Condomínio**. UNICAMP - Revista Ciências do Ambiente On-Line. 2009, v.5, n.1.

AURESIDE - Associação Brasileira de Automação Residencial. **Controle de Iluminação Oferece Soluções para Economia de Energia**. 2007.

Brasil. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro: EPE, 2007, 408p.

Brasil, Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030 / colaboração Empresa de Pesquisa Energética**. \_ Brasília : MME : EPE, 2007. 12 v. v. 11 Eficiência Energética, 223p.

ELEKTRO – Eletricidade e Serviços S.A. **Manuais Elektro de Eficiência Energética**. Segmento Industrial, s/a, 77p.

ELETROBÁS/PROCEL. **Manual para Aplicação do RTQ-C. Comercial, de Serviço e Público**. s/a, 203p.

Governo do Estado de São Paulo. **Manual de Economia de Energia Elétrica na Escola**. Secretaria de Energia. s/a. 31p.

HODGES, Leslie. **Ultrasonic and Passive Infrared Sensor Integration for Dual Technology User Detection Sensors**. 2009.

JANNUZZI, Gilberto, Martino; SANTOS, Herivelto, Tiago, Mmarcondes. **Avaliação dos Investimentos nos Programas de P&D e de Eficiência Energética das Grandes Empresas de Eletricidade no Brasil: Ciclos 2002-03 e 2003-04**. SENDI – XVII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Belo Horizonte/MG. 2006.

KAUARK, Fabiana, Silva; MANHÃES, Fernanda, Castro; MEDEIROS, Carlos.Henrique. **Metodologia da Pesquisa. Um Guia Prático**. Itabuna / Bahia, 2010. Via Litterarum, 2010. 88p.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciana; Pereira, Fernandes. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª ed, 2014, 365p.

LEGRAND, Sensores Interruptores. **Guia de Aplicações, Projeto e Instalações**. s/a, 32p. Philips. Guia de Projetos com Controles de Iluminação. 2011, 8p.

LOZZER, Maria, Cristina. **A aplicação da automação da iluminação e sua contribuição para a eficiência energética em empreendimentos residências**. ISSN 2179-5568 – Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - 5ª Edição nº 005 Vol.01/2013 – julho/2013.

NOGUEIRA, Luiz, Augusto. **Uso racional: a fonte energética oculta**. Estudos Avançados 21(59), 2007. p.91-105.

NOVA ELETRICA. **Pinos CI ATmega328 arduino.** disponível em, <http://blog.novaeletronica.com.br/piinagem-ci-atmega328-arduino>, acesso em, 20/01/2015

PETRY, Bibiana, Maite; et al. **Potencial de Economia de Energia Elétrica através da Utilização de Sensores de Presença.** Aplicação no Prédio 50 da PUCRS. X Salão de Iniciação Científica – PUCRS, 2009.

PHILIPS. **Guia de projetos com controles de iluminação.** Controles ActiLume, ActiLume 0-10V, Luxsense, MicroLuxsense e Potênciometro Philips. 2011.

RODRIGUES, Pierre. **Manual de Iluminação Eficiente.** Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. 1ª ed, julho 2002, 35p.

SAMPAIO, Henrique, César; BOTURA, Cesar, Augusto; LOURENÇO Junior, José. **Conservação de Energia em Sistema de Iluminação.** Revista de Gestão & Tecnologia – Reget, v.1, n.1, dez 2013, Unisal – Centro Universitário Salesiano de São Paulo.

SCHNEIDER, Vanderlei, Rodrigues; GHILARDI, Wanderlei, José; GUARIENTI, Alexandre, Pozzatti. **Eficiência Energética: Uma Maneira de Reduzir os Custos com Energia Elétrica,** 2008.

SILVA, Everton, Lopes. **Sistema de automação aplicado a eficiência energética predial em instituições do ensino superior:** Um estudo de caso na escola politécnica da Universidade Federal da Bahia. Dissertação de Mestrado Universidade Federal da Bahia, Salvador- BA. 2006, 134p.

SOUZA, Hamilton, Moss; et al. **Reflexões Sobre os Principais Programas em Eficiência Energética Existentes no Brasil.** Revista Brasileira de Energia, v. 12, n.1, Sem 2009, p.7-26.

STAROSTA, José. **Eficiência Energética Poupou uma Belo Monte ao País.** Agência CanalEnergia. São Paulo, 20 de junho 2011.

TEIXEIRA, Natalia; FERNANDES, Ana, Eliza, Pereira. **Programa Procel Edifica:** Aplicação das Recomendações em Edificações de Ensino Superior. XXIV Salão de Iniciação Científica UFRGS 2012.

WOLLZ, Fabíola, Escarce, Bento. **Estratégia para Otimização da Iluminação e Redução do Consumo Energético em Edifícios Residenciais.** Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - Maio/2012.