



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS ELÉTRICOS

LEVI DIAS MOREIRA
ARABUTAN MARQUES NERES

**PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO
DOS CONDICIONADORES DE AR E DA ILUMINAÇÃO DAS SALAS DE AULA DO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS - *CAMPUS* PALMAS**

Palmas – TO
Maio de 2015

**LEVI DIAS MOREIRA
ARABUTAN MARQUES NERES**

**PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO
DOS CONDICIONADORES DE AR E DA ILUMINAÇÃO DAS SALAS DE AULA DO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS - CAMPUS PALMAS**

Trabalho realizado como pré-requisito à conclusão do curso superior de tecnologia em Sistemas Elétricos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - *Campus* Palmas, como exigência à obtenção do grau de tecnólogo em Sistemas Elétricos.

Orientador: Prof. Dr. Valcí Ferreira Victor
Coorientador: Prof. Me. Joaquim José de Carvalho

**Palmas – TO
Maio de 2015**

Moreira, Levi Dias; Neres, Arabutan Marques

Proposta de automação dos condicionadores de ar e da iluminação das salas de aula do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - *Campus* Palmas / Levi Dias Moreira e Arabutan Marques Neres. - Palmas, 2015.
88 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação tecnológica em Sistemas Elétricos) - Instituto Federal de Educação do Tocantins, *Campus* Palmas, 2015.

Orientador: Prof. Dr. Valcí Ferreira Victor

1. Automação 2. Condicionador de ar 3. Desperdício de energia elétrica 4. Iluminação I. Título

LEVI DIAS MOREIRA
ARABUTAN MARQUES NERES

**PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO
DOS CONDICIONADORES DE AR E DA ILUMINAÇÃO DAS SALAS DE AULA DO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS - *CAMPUS* PALMAS**

Trabalho realizado como pré-requisito para a conclusão do curso superior de Tecnologia em Sistemas Elétricos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins- *Campus* Palmas, como exigência à obtenção do grau de tecnólogo em Sistemas Elétricos.

Aprovado em ____/____/____

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr. Valcí Ferreira Victor (Orientador)
IFTO- *Campus* Palmas

Prof. Me. Joaquim José de Carvalho (Coorientador)
IFTO- *Campus* Palmas

Prof. Dr. Ricardo Frangiosi de Moura
IFTO- *Campus* Palmas

Prof. Esp. Felipe Tozzi Bittencourt
IFTO- *Campus* Palmas

Às nossas famílias, que sempre acreditaram e apostaram nos nossos sonhos e sempre nos deram todo o apoio para esse momento se tornar realidade.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por conceder-nos saúde e disposição para concluir esse curso.

Aos professores Dr. Valcí Ferreira Victor e Me. Joaquim José de Carvalho, pela disposição para nos orientar, apontar falhas e dedicar seu conhecimento na elaboração desse trabalho; certamente, contribuíram muito para o nosso crescimento profissional.

Aos professores do curso de Sistemas Elétricos do IFTO, que contribuíram para nossa formação intelectual.

Aos autores, que disponibilizam suas obras na *internet*, bem como a universalização dos seus conhecimentos, sem fins lucrativos, sem as quais este trabalho não teria a mesma riqueza de detalhe.

Aos demais amigos e colegas não citados, mas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse sonho.

A competitividade de um país não começa nas indústrias ou nos laboratórios de engenharia. Ela começa na sala de aula.

Lee Iacocca

RESUMO

O presente trabalho propõe um sistema de automação dos condicionadores de ar e da iluminação das salas de aula, no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Tocantins *Campus* Palmas, com o objetivo de conter o desperdício de energia elétrica. O sistema fará uso de um CLP (controlador lógico programável), associado a 6 sensores, sendo 2 sensores ópticos de barreira infravermelho e 4 sensores de presença, 1 chave fim de curso e 3 contatores por sala de aula, onde será possível ligar e desligar os condicionadores de ar e a iluminação automaticamente e, ainda, em caso excepcional, mudar o sistema para o manual.

Funcionalidade do sistema: a iluminação deve ser ligada, imediatamente, assim que uma pessoa entrar na sala de aula; o condicionador de ar deve ser ligado, quando entrarem duas pessoas na sala e estas permanecerem por 3 minutos. Porém, é necessário que a porta esteja fechada para que o condicionador de ar possa ser ligado; do contrário, ele não será ligado, e, se esta for aberta por um tempo igual a 5 minutos depois que o condicionador de ar for ligado, o mesmo será desligado após este tempo, e só voltará a ser ligado, 3 minutos após a porta ter sido fechada. O desligamento definitivo do condicionador de ar e da iluminação só ocorrerá 5 minutos após todas as pessoas terem deixado a sala de aula. Portanto, este movimento de entrada e saída de pessoas será controlado pelos sensores de barreira. O sensor de presença tem a função de monitorar as pessoas no interior das salas com o intuito de mitigar possível erro na contagem daquelas. Com a implantação deste sistema, o qual só funcionará em horários pré-programados no CLP, espera-se uma contenção dos desperdícios de energia elétrica.

Palavras-chave: Automação. Condicionador de ar. Desperdício de energia elétrica. Iluminação.

ABSTRACT

The present work proposes an automation system air conditioners and lighting of classrooms at the Federal Institute of Education, Science and Technology Campus Palmas Tocantins, in order to contain the waste of electricity. The system will make use of a PLC (programmable logic controller), connected to 6 sensors, 2 infrared barrier sensors and occupancy sensors 4, 1 limit switch and contactor 3 per classroom, where you can turn on and off air conditioners and lighting automatically and in exceptional cases even change the system to manual. System functionality: lighting should be connected immediately when a person entering in the classroom; air conditioner, you should connect when two people enter the room and those staying for 3 minutes. However, it is necessary that the door is closed so that the air conditioner can be turned on, otherwise it will not be connected, and it is opened for a time equal to 5 minutes after the air conditioner is turned on, the same turns off after this time, and only return to be bound, 3 minutes after the door has been closed. The final shutdown of both the air conditioner as lighting, only occur five minutes after everyone had left the classroom. Therefore, this movement into and exit of people will be controlled by the barrier sensor and presence sensor has the function of monitoring people inside the room in order to mitigate the possible error in the count that they are inside the room, to prevent the shutdown improperly, ie prevent the system shuts down with people inside the classroom. With the implementation of this system, which only work in pre-scheduled times in the PLC, it is expected containment of electrical energy waste.

Keywords: Air conditioner. Automation. Waste of electricity. Lighting.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Recipiente usado para abrigar o gás R 410 A.....	30
Figura 2 - Classificações dos condicionadores de Ar	33
Figura 3 - Controle remoto de uma casa automatizada.....	35
Figura 4 - Parede externa do bloco 9 do IFTO, <i>Campus</i> Palmas	40
Figura 5 - Teto de sala de aula do IFTO, <i>Campus</i> Palmas	40
Figura 6 - Detalhe do bloco 5A	41
Figura 7 - Aterramento da estrutura metálica	41
Figura 8 - Valores das contas de energia do IFTO, <i>Campus</i> Palmas.....	46
Figura 9 - Dados da conta de energia do IFTO <i>Campus</i> Palmas.....	52
Figura 10 - Posicionamento dos sensores	62
Figura 11 – Os principais componentes para a automação	65
Figura 12 - Esquema de ligação dos dispositivos.....	66
Figura 13 - Fluxogramas da funcionalidade do sistema	68
Figura 14 - <i>Interface LogixPro 500 Simulator®</i>	70
Figura 15 - <i>Interface LOGO! Soft Comfort</i>	71
Figura 16 - <i>Interface Clic Edit</i>	72
Figura 17 - Visão frontal do painel do protótipo	79
Figura 18 - visão geral do protótipo	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição das salas de aula	39
Tabela 2 - Carga instalada nas salas de aula	43
Tabela 3 - Quantidade de vezes que as salas estavam ociosas por turno	44
Tabela 4 - Distribuição dos condicionadores de ar	45
Tabela 5 - Consumo em horário ocioso	49
Tabela 6 - Consumo de energia elétrica dos condicionadores de ar	49
Tabela 7 - Desperdício mensal por sala de aula	58
Tabela 8 - Lógica de funcionamento do sistema de automação	63
Tabela 9 - Lista de material do protótipo	78
Tabela 10 - Orçamento da automação para sala com um condicionador de ar	81
Tabela 11 - Orçamento da automação para sala com dois condicionadores de ar ..	81
Tabela 12 - Custo total dos desperdícios mensal e anual nas salas de aula do IFTO	82

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Problemática	14
1.2	Objetivos	18
1.3	Justificativa	19
2	ESTADO DA ARTE	20
2.1	Automação	20
2.2	Evolução histórica da automação	21
2.3	Automação Predial e Residencial	23
2.3.1	Automação Predial	23
2.3.2	Automação Residencial	26
2.4	Evolução histórica do condicionador de ar	29
2.5	A evolução Histórica da lâmpada	31
2.6	Controle Automatizado dos Sistemas de Condicionador de ar e de Iluminação	34
3	METODOLOGIA	38
3.1	Pesquisa Bibliográfica	38
3.2	Reconhecimento do Local	39
3.3	Levantamentos de dados	42
3.3.1	Sua Importância	42
3.3.2	Como se deu e a finalidade do levantamento de dados	43
3.3.3	Levantamento de dados técnicos	45
3.4	Procedimento adotados durante a coleta de dados	46
3.5	Desenvolvimentos dos cálculos	48
3.6	Cálculos do desperdício só com o condicionador de ar ligado (CA)	50
3.7	Cálculos do desperdício só com iluminação ligada (I)	53
3.8	Cálculos do desperdício com ambos, condicionador de ar e iluminação ligados (CAI)	55
3.9	Cálculo Total do Desperdício	57
3.10	Análise de variabilidade	59
3.11	Análise de estimação da média de consumo	60

4	DESENVOLVIMENTO E SIMULAÇÃO DA AUTOMAÇÃO ATRAVÉS DE PROGRAMAS COMPUTACIONAIS E EM UM PROTÓTIPO	62
4.1	Funcionalidade	62
4.2	Programação.....	67
4.2.1	<i>LogixPro 500 Simulator®</i>	69
4.2.2	<i>LOGO! Soft Comfort</i>	70
4.2.3	<i>Clic Edit</i>	71
4.2.4	Esquema da programação em <i>ladder</i>	73
4.3	Montagem do Protótipo	78
4.4	Orçamento dos Componentes que Serão Usados na Automação	80
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
	REFERÊNCIAS	86

1 INTRODUÇÃO

A ideia para a elaboração desse trabalho surgiu da observação do desperdício de energia elétrica, verificado no funcionamento dos sistemas de condicionadores de ar e iluminação das salas de aula do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus* Palmas (IFTO), bem como do desejo de contribuir, efetivamente, para a redução deste desperdício. Com o objetivo de mitigar tal desperdício, este trabalho traz, em sua propositura, um sistema de automação dos condicionadores de ar e de iluminação das salas de aula da referida instituição.

A automação deste sistema é possível, graças ao desenvolvimento de novas tecnologias e à produção de componentes eletrônicos em grande escala. Esses fatores têm contribuído para a redução do preço da automação, fazendo com que ela se torne cada vez mais acessível. Atualmente, o sucesso da automação, na indústria, tornou-a bastante almejada pelos demais seguimentos, como o comercial, uma vez que propicia conforto, segurança, economia dos recursos naturais e principalmente de energia elétrica. Para o sistema residencial, especialmente, já está disponível, no mercado, o sistema de automação chamado de domótica, o qual é o resultado da junção da palavra latina “Domus” (casa) com “Robótica” (controle automatizado). Este último elemento é responsável por rentabilizar e integrar o sistema, de maneira tal que facilita a vida diária das pessoas, satisfazendo as suas necessidades de bem-estar, conforto e segurança.

Portanto, conhecendo seus benefícios e com a facilidade cada vez maior para aquisição de sistema automatizados, não é recomendado manter salas de aula com circuitos elétricos convencionais para climatização e iluminação, já que este tipo de sistema só tem uma forma de ser operado, que é a manual, acarretando, com isso, além dos danos anteriormente citados, o prejuízo de ter uma pessoa contratada só para operacionalizá-los. A produção de energia elétrica está na origem importante dos impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente (MORAES, 2013).

O uso de forma racional da energia elétrica nas edificações deveria ser prioridade para todos, e, em especial, tanto para os gestores das instituições públicas e privadas, como para as donas de casa, uma vez que o consumo dessa

energia, nas edificações, representa cerca de 45% do consumo faturado no país. Estima-se uma redução deste consumo em 50% para novas edificações e de 30% para aquelas que promoverem reformas que contemplem os conceitos de eficiência energética (ELETROBRAS / PROCEL, 2006).

A expectativa de que é possível reduzir o consumo de energia elétrica dá subsídio para que este trabalho, possa se tornar uma realidade e, com isso, contribuir, financeiramente, com a instituição, e ambientalmente, para a conservação dos recursos naturais.

Este trabalho tem como tema central uma proposta de automação dos condicionadores de ar e iluminação das salas de aula do IFTO, *Campus* Palmas, com o intuito de tornar a utilização desses equipamentos mais racional e eficiente. Para tanto, utilizaram-se os seguintes critérios, na sua elaboração: iniciou-se pela problematização e objetivo do trabalho; em seguida, realizou-se uma vasta revisão bibliográfica, a qual contemplou a evolução histórica da automação, do condicionador de ar, da lâmpada, bem como dos sistemas de controle para circuitos de condicionadores de ar e iluminação; na seção sobre a metodologia, fez-se o reconhecimento do local para a elaboração da pesquisa de campo e o levantamento de dados, bem como o desenvolvimento de cálculos para constatar a viabilidade econômica do trabalho; no desenvolvimento do trabalho, são listados todos os programas utilizados na programação do mesmo, descrição da montagem de um protótipo e simulações das funcionalidades básicas do sistema; por fim, as considerações finais, sugestões para novos trabalhos e referências.

1.1 Problemática

Será que os governantes dos países, dos estados e dos municípios, bem como os gestores das diversas instituições tanto públicas como privadas, e até mesmo os consumidores residenciais têm dado a devida atenção para o problema do desperdício de energia elétrica ou para os impactos tanto financeiros como ambientais que estes desperdícios provocam? O levantamento feito pela Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia dá uma ideia da importância que o tema tem recebido. O levantamento apontou que, só no ano de 2013,

o Brasil desperdiçou o equivalente à metade da produção de energia da usina hidrelétrica de Itaipu, o que equivale a R\$ 62 bilhões de prejuízo. Entre os setores que mais desperdiçaram, a indústria vem em terceiro lugar com 6%. No comércio, a perda é de 11%. E o maior desperdício de energia está nas residências: 15% (ARAÚJO, 2014). Aparentemente, a temática desperdício de energia elétrica ainda não tem recebido atenção que merece, contudo, as seções que se seguem trarão respostas para estas indagações.

Além desses desperdícios financeiros, citados no parágrafo anterior, ainda tem o problema do desperdício dos recursos naturais. A intervenção humana, na natureza, tem resultado em grandes impactos ambientais, tais como: transformações climáticas, redução dos recursos naturais e até mesmo no esgotamento destes recursos. Como exemplo desta intervenção, pode-se citar a produção de energia elétrica, uma vez que ela está na origem de uma parte importante dos impactos oriundos da intervenção humana sobre a natureza. Seja através de:

- I. Hidrelétricas, onde se inundam grandes áreas com o barramento das águas;
- II. Termelétricas, onde se utilizam grandes quantidades de combustíveis fósseis, bem como, uma grande quantidade de água no seu processo de geração de eletricidade;
- III. Termonuclear, onde sua matéria prima é o urânio, elemento radioativo, o qual, após sua utilização, resulta em resíduo de difícil descarte, e, também como na termelétrica, esta utiliza grande quantidade de água no seu processo de produção.

Apesar dessa problemática ainda não ter recebido a atenção que merece, esses fatores têm preocupado, desde a crise do petróleo dos anos 70, os governantes de diversos países, como por exemplo, Alemanha, Holanda, EUA, Japão e Austrália, entre outros. E, ultimamente, o desperdício de recursos naturais e de energia elétrica tem despertado atenção, também, nos governantes dos países da América Latina e Caribe.

Já o Brasil, também, foi bastante impactado com a crise do petróleo, como aconteceu com a Europa. Isso ocorreu porque o Brasil possuía muitas usinas

de geração eletrotérmica e a crise atingiu em cheio a economia nacional. O País sofreu com a elevação dos preços da energia, devido à forte dependência que tinha em relação à importação de petróleo, onde 80% do óleo bruto consumido no país era importado. Com isso, tudo ficou muito caro e, por uma questão econômica, todos precisaram economizar energia. Em contrapartida, começaram a surgir os primeiros estímulos de mudança da matriz energética nacional. A partir de então, surgiu o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), que estimulou a substituição de combustíveis derivados do petróleo pelo etanol da cana-de-açúcar e o início da construção da Usina Hidrelétrica de Itaipu (CUNHA, 2010).

As mudanças citadas no parágrafo anterior podem ser consideradas como melhoria na relação homem verso natureza, devido à redução de poluentes provenientes da matriz energética de outrora, considerando-se que a matriz que estava surgindo naquela ocasião era menos agressiva ao meio ambiente. Contudo, o tema eficiência energética só ganhou força no Brasil com a crise no abastecimento provocada pelos apagões em todas as regiões do país entre os anos de 2001 e 2002. O apagão energético, como ficou popularmente conhecido, foi fruto da falta de planejamento no setor elétrico, ausência de investimentos em geração e distribuição de energia e a crise hídrica que castigou o país naqueles anos.

A partir de então, deu-se início a um grande racionamento de energia no país. As regras básicas do racionamento para os consumidores residenciais, comerciais e industriais de baixa tensão dos estados das regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, com consumo mensal acima de 100 kWh, tinham de reduzir 20% do consumo; comerciais e industriais, com fornecimento em média e alta tensão, as metas de redução para esta categoria variavam entre 15% e 25%, conforme o ramo de atividade; para os consumidores com consumo mensal de até 100 kWh ficaram livre das penalidades do racionamento (CUNHA, 2010). As penalidades eram: ter o fornecimento suspenso por três dias na primeira infração, e seis dias em caso de reincidência, sobretaxa de 50% nas contas de energia que ultrapassassem o patamar 200 quilowatts/hora por mês, sobretaxa de 200% para conta de energia elétrica acima de 500 quilowatts (PINTO, 2015).

Este racionamento gerou grandes prejuízos para todos, e em especial, para as grandes empresas. O Tribunal de Contas da União quantificou o prejuízo causado pelo apagão em R\$ 54,2 bilhões. Porém, teve empresa que superou a crise

sem maiores prejuízos, como é o caso da *General Motors* do Brasil (GM), a qual desde 1980, já demonstrava preocupação com o setor elétrico brasileiro, e implantou, em seu complexo industrial, a prática de fazer medição do consumo de energia elétrica, com intuito de controlar o gasto energético da empresa, e com isso, conhecer sua demanda energética, para se programar de maneira tal que pudesse implementar uma equipe responsável pelo controle da energia elétrica da empresa. Por ocasião da crise no abastecimento energético do país, a empresa já tinha sua equipe formada, a qual coordenou a redução de consumo durante o racionamento, superando as expectativas, tendo em vista que a companhia tinha como meta do governo federal reduzir o consumo em 15%, mas conseguiu reduzir 22% sem queda na linha de produção da. (CUNHA, 2010).

Portanto, dentro da temática eficiência energética, a GM é um bom exemplo, pois ser eficiente não é deixar de produzir, ou abrir mão do conforto que a energia elétrica proporciona, mas sim, consumir de forma racional, ou seja, manter a produção e, ao mesmo tempo, reduzindo o consumo de energia elétrica, ou, sendo mais audacioso, produzir mais utilizando menos energia. Voltando a atenção para o âmbito das edificações, que é um dos objetivos deste trabalho, haja vista que um grande percentual dos investimentos financeiros e da energia consumida no país está relacionado com as edificações, bem como grandes investimentos financeiros voltados à correção de desconfortos humanos, como condicionadores de ar e umidificadores de ambientes para redução da temperatura interna; aquecedor para elevação da mesma, de acordo com a localização geográfica de cada edificação; iluminação artificial, mesmo em edifícios que funcionam predominantemente no período diurno e em superfícies que isolam ruídos indesejáveis (CASTRO, JOTA e ASSIS, 2005).

Neste contexto, é relevante também trazer à luz um exemplo do que ocorre na maioria das instituições públicas em todo território brasileiro, aqui representado pelo IFTO (Instituto Federal de educação Ciência e Tecnologia do Tocantins) *Campus* Palmas. Porém, ao contrário da GM, o que se observa no IFTO *Campus* Palmas, é um exemplo clássico de desperdício de recursos públicos, proveniente do desperdício de energia elétrica, principalmente com os condicionadores de ar. As fontes para tal desperdício podem estar relacionadas com os seguintes fatores:

- I. Dimensionamento do aparelho, de forma inadequada em relação à carga térmica;
- II. Obstrução da saída de ar do aparelho, que pode resultar em um desperdício de 10% em média;
- III. Falta de limpeza, manutenção ou de troca periódica dos filtros de ar;
- IV. Vidros das janelas e portas quebrados, o que resulta na troca de calor e consequentemente o desperdício;
- V. Portas abertas com condicionador de ar ligado;
- VI. Horários ociosos, onde o sistema permanece ligado, mesmo não havendo aula em determinado período;
- VII. Vazamento de gás dos aparelhos;
- VIII. Ajuste de temperatura em desacordo com a recomendado por normas técnicas.

Estas fontes, portanto, se não as responsáveis diretas, elas estão contribuindo para que haja um grande desperdício de energia elétrica nas salas de aula do IFTO *Campus* Palmas. Esta afirmação será comprovada em estudos apresentados nas seções que se seguem.

1.2 Objetivos

Propor um sistema de automação dos condicionadores de ar e da iluminação das salas de aula do IFTO, *Campus* Palmas, a fim de mitigar o desperdício de energia elétrica. Para tanto, pretende-se, especificamente:

- a) avaliar o consumo da energia elétrica dos condicionadores de ar e da iluminação das salas de aula;
- b) desenvolver um protótipo e fazer as devidas simulações através dele;
- c) analisar a viabilidade econômica do sistema de automação, proposto através de cálculo estatístico.

1.3 Justificativa

A preocupação com os resultados nocivos, tanto para com o meio ambiente como para os recursos públicos, provenientes dos desperdícios de energia elétrica, provocados pela má utilização, tanto dos condicionadores de ar como da iluminação das salas de aula do Instituto Federal de Educação, ciência e Tecnologia do Tocantins *Campus* Palmas. A preocupação com o desperdício aqui apresentada está pautada no conhecimento dos hábitos dos usuários desta instituição, bem como na forma como o sistema é operado. Sabendo que os hábitos dos usuários influenciam no consumo da energia elétrica, não é difícil inferir que pode estar havendo um desperdício nas salas de aula da referida instituição, porém, quantificar este desperdício só é possível com levantamentos de dados e estudo bem fundamentados, portanto, é o que fará este trabalho.

A má utilização destes equipamentos é facilmente observada, uma vez que é comum ver salas de aula com o condicionador de ar ligado e com a porta da sala de aula aberta. É comum também ver salas sem atividades, porém com condicionadores de ar e iluminação ligados, ou seja, só com uma simples observação dos hábitos dos usuários e da forma como o sistema é operado, já é possível prever que está ocorrendo algum desperdício de energia elétrica, uma vez que não tem nem um sistema de controle na sua operação. Sabe-se que equipamentos que não possuem controle na sua operação são mais propícios a desperdiçar energia elétrica. Isso porque podem ficar ligados em condições ociosas. Assim, com o controle do uso dos condicionadores de ar de acordo com o horário de funcionamento das aulas, evita-se o uso inadequado e, conseqüentemente, o desperdício da energia elétrica.

2 ESTADO DA ARTE

A presente seção traz um apanhado quanto à literatura acadêmica e científica, no que se refere à automação no Brasil e no mundo, com ênfase em contenção do desperdício de energia elétrica, portanto, dando mais enfoque à automação predial e, sobretudo, ao controle de circuito de iluminação e climatização, como parte importante no processo de contenção do desperdício de energia elétrica.

2.1 Automação

Antes de discorrer sobre a evolução da automação, é bom que se faça uma reflexão sobre a palavra automação, uma vez que ela pode ser definida como um neologismo, ou seja, uma palavra antiga para definir algo novo, ou uma palavra nova para definir algo antigo. Em qual das duas definições ela deve se encaixar. Porém, quando é analisada, no sentido mais elementar, esta palavra remete aos primórdios, remontando à época de 3500 a 3200 a.C., onde se observa a invenção da roda, a qual pode ser definida como um certo tipo de automação, haja vista que a invenção da roda tinha parte da finalidade que tem a automação hoje, ou seja, substituir as atividades braçais, com o intuito de rentabilizar a produtividade, facilitar as tarefas diárias, afim de sobrar mais tempo para o lazer, para a convivência com a família e com a sociedade, o que resulta em qualidade de vida, equiparando, assim, em parte, às mesmas expectativas que se tem com a automação, na atualidade. Partindo deste pressuposto, conclui-se que a palavra automação é um neologismo, ou seja, uma palavra nova definindo algo antigo.

2.2 Evolução histórica da automação

A automação surgiu da necessidade que o ser humano sempre teve de otimizar o tempo, bem como de reduzir a participação da mão de obra humana sobre os processos industriais, a fim de aumentar sua produtividade e diminuir os custos operacionais. Partindo desse conceito, pode se dizer que a criação da roda, por volta de 3500 a 3200 a.C., e a utilização em larga escala do moinho hidráulico para a produção de farinha, no século X, foram as primeiras criações humanas com o objetivo de automatizar o trabalho, ainda que de forma bem simples. A disseminação do moinho hidráulico, na Europa ocidental, propiciou um grande aumento na produção de alimentos, haja vista que um único moinho era capaz de substituir até vinte homens. Este processo de desenvolvimento na mecanização foi tão importante que é bem provável que tenha impulsionado o surgimento da automação (GOEKING, 2010).

Desde então, o homem passou a direcionar seus conhecimentos para o desenvolvimento de novas tecnologias a fim de desonerar suas atividades braçais. Um bom exemplo é a máquina a vapor, a qual começou a ser utilizada para movimentar equipamentos industriais, em 1775. A busca pela melhoria e a necessidade cada vez maior de aumentar a produtividade culminou na Revolução Industrial, ocorrida a partir da segunda metade do século XVIII. A importância da máquina a vapor era tanta que ela chegou a ser considerada como o item mais importante da grande indústria, haja vista que ela foi um grande marco da substituição do trabalho braçal por máquinas que executavam a mesma tarefa com mais eficiência e melhor qualidade (GOEKING, 2010).

Contudo, as primeiras máquinas movidas a eletricidade só surgiram em meados do século XIX, graças aos esforços de diversos pesquisadores. Porém, foi na Segunda Guerra Mundial (1939-1945) que surgiu o controle automático, apesar do objetivo não ser muito nobre, o qual tinha apenas intuito de desenvolver sistemas para o lançamento de mísseis, porém teve uma importante participação no início do processo de automação. Contudo, o conceito de automação só foi instituído em 1946, nos Estados Unidos. O termo significa qualquer sistema que utilize computação e que substitua o trabalho humano com o objetivo de aumentar a velocidade e a qualidade dos processos produtivos, bem como a segurança dos

funcionários, com isso obter maior controle e flexibilidade da produção. O elemento que teve uma grande importância no surgimento da automação industrial foi o transistor criado em 1947, pois se tratava de um dispositivo eletrônico capaz de limitar a passagem da corrente elétrica (GOEKING, 2010).

Porém, foi em 1968 que a automação finalmente consolidou, graças à empresa *Allen-Bradley*, fabricante de contadores e componentes elétricos, a qual desenvolveu um produto para atender ao pedido da empresa automobilística General Motors (GM), nos Estados Unidos. Este produto pode ser considerado o 'cérebro' da automação. O equipamento, cujo nome é Controlador Lógico Programável (CLP), de imediato substituiu os antigos relés e permitiu fazer modificações rápidas no processo produtivo. Os CLPs são dispositivos digitais que permitem controlar a produção industrial graças a uma memória programável que reúne as informações que devem ser passadas aos equipamentos e máquinas. À medida que o CLP foi introduzido nas indústrias, evoluiu e adquiriu novas funções; hoje ele é mais compacto, porém com maior capacidade e funcionalidade (GOEKING, 2010).

O CLP foi utilizado, inicialmente, na indústria automobilística e, depois, em toda atividade fabril, substituindo o homem, nas tarefas inóspitas. Hoje, o CLP está presente nas atividades industriais, executando sequenciamento, temporização, contagem, energização/desenergização e manipulação de dados, regulação PID, lógica *fuzzy*, entre outras funções. Com a diminuição dos custos, os CLPs passam a ser utilizados na automação predial, ou seja, eles se tornaram mais acessíveis, e hoje estão presentes nos diversos sistemas de automação, como: em hospitais, em prédios comerciais e em condomínios residenciais, controlando circuitos de iluminação, climatização, sistemas de segurança, bomba de recalque, elevadores, escadas rolantes entre outras funções, tendo grande importância no processo de eficiência energética, uma vez que sua utilização reduz o desperdício de energia elétrica. Sendo assim, hoje o CLP oferece uma gama de vantagem que resulta em economia, a qual suplanta o custo para aquisição do mesmo.

2.3 Automação Predial e Residencial

2.3.1 Automação Predial

A palavra predial, nesta seção, será empregada, quando se referir tanto aos condomínios verticais quanto aos horizontais. Haja vista que até meados do século XIX, por exemplo, os prédios, nas grandes aglomerações urbanas da época, tinham, no máximo, cinco andares. Já os primeiros edifícios verticais com grandes latitudes começaram a surgir com a descoberta do concreto armado e da estrutura de ferro. Contudo, a dificuldade de se locomover dentro das edificações, afinal só havia escadas, atrapalhou a expansão desse tipo de empreendimento. Porém, foram a invenção do elevador, em 1852, por *Elijah Otis*, e a pré-fabricação de materiais de construção em aço, nos países industrializados, que fizeram com que os edifícios verticais se expandissem, em sua plenitude. A junção dos fatores elevador, novas técnicas de construção e materiais resistentes fez surgirem os arranha-céus, e, assim, transformou o consumo, o comércio e a moradia dos habitantes das cidades (MOREIRA, 2014).

Portanto, esse modelo de construção passou a ser difundido em todo mundo, demandando cada vez mais recursos naturais. Com a crise do petróleo, na década de 70, surgiu a preocupação com os desperdícios dos recursos e, em especial, o desperdício de energia elétrica, nas edificações, fazendo com que a automação predial surgisse, nos fins dos anos 70. A automação iniciou-se na área industrial, mais precisamente na indústria automobilística, onde obteve um grande sucesso. Este sucesso, aliado à crise do petróleo, foi, entre outros, responsável pelo surgimento da automação predial. Esta tecnologia adentrou os prédios por meio dos sistemas de condicionadores de ar e ventilação. É bom ressaltar que o incremento do elevador para facilitar a locomoção dentro das edificações já pode ser considerado como um certo tipo de automação, haja vista que este substituiu as escadas e os esforços humanos na locomoção, no interior das edificações verticais (MOREIRA, 2014)

Entretanto, os sistemas de controles prediais no início eram desconexos, separados em ilhas, ou seja, cada lógica tinha sua programação individual e executava função específica, sem nenhuma integração, além de ocupar grande

espaço nos quadros para realizar poucas funções. Por volta de 1970, eis que surge um dos maiores aliados da automação predial, o microcontrolador eletrônico, o qual foi responsável por uma verdadeira revolução, na área da automação. A partir de então, passa a ser possível fazer toda a lógica de controle por um chip, que, além de controlar e executar as mesmas funções dos grandes painéis, o microcontrolador eletrônico também é capaz de captar entrada de sinais, como os de sensores. Segundo Fernando Santesso, engenheiro e diretor da Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial (Aureside), “é a partir da década de 1970 que começam as discussões sobre como fazer com que sistemas separados se comuniquem uns com os outros, e, então, são dados os primeiros passos para os protocolos de comunicação predial” (MOREIRA, 2014).

Ainda neste processo evolutivo do desenvolvimento da automação, faltava algo para transformar a tecnologia tal como ela é hoje. E esse algo que faltava surgiu, a partir da década de 80, quando os sistemas de controle ganharam características de plataforma digital. Segundo o diretor da Aureside, essa substituição, do âmbito analógico para o digital, fez com que os sistemas deixassem de ser estáticos, ou seja, pré-programados para executar um determinado tipo de função e passassem a ser dinâmicos, permitindo a manipulação pelos *personal computers* (PCs). Mais do que isso, os sistemas digitais permitiram de forma mais simples o início da comunicação de sistemas. Saiu da era de sistemas “*single function*” para sistemas “*multi-function*”. Isso causou grande mudança na forma de gerir as edificações e impacto na arquitetura dos prédios, uma vez que esses devem prever um cabeamento diferenciado e salas técnicas, para controlar os sistemas. Do ponto de vista do usuário, a grande mudança é que alguns sistemas que antes eram operados diretamente por ele ganham um controle central e, com isso, o fim da preocupação do usuário em operá-lo (MOREIRA, 2014).

Com o surgimento do sistema digital, deu-se início ao caminho sem volta deste processo evolutivo. À medida que o tempo passa, ele se torna cada vez mais presente nos projetos das novas edificações públicas e privadas, promovendo a integração das funcionalidades de seus subsistemas, tais como energia elétrica, (solar, mecânica), sempre procurando otimizar seu uso, conforto térmico (condicionador de ar e sistema de calefação), acesso (elevador, escadas rolantes, salas e estacionamentos), luminosidade (persianas automatizadas, janelas

ionizadas e circuito de iluminação), segurança (iluminação de emergência, sistema de alarme, câmera de vídeo e portas corta-fogo), reuso (água pluvial e tratada) e diversão (MORAES, 2013).

Ainda com a implantação dos sistemas digitalizados, foi preparado o terreno para o surgimento dos chamados edifícios inteligentes. O termo edifício inteligente pode não ser o mais apropriado para definir um edifício que agrega alta tecnologia, contudo, ele será usado aqui, por ser bastante difundido dentro da literatura científica, apesar desta não dar nenhuma definição específica ao termo. Porém, talvez, o termo inteligente usado para definir um edifício dotado de alta tecnologia pode estar ligado ao fato de associar inteligência à capacidade de raciocínio: aí, sim, pode-se chegar à origem do termo “Edifício Inteligente”, pois a inteligência, neste caso, vem da capacidade de usar de maneira racional os recursos naturais (MOREIRA, 2014) .

Portanto, a origem do termo edifício inteligente pode estar diretamente ligado à capacidade de usar de maneira racional os recursos provenientes da natureza. Afinal, um edifício inteligente é também um edifício econômico, partindo do pressuposto de que este visa ao melhor aproveitamento dos recursos naturais, reunindo características que otimizam as vantagens climáticas de cada região, onde a edificação está inserida, como a topografia, geodésia, ventos predominantes, microclima, incidência solar, entre outras, incorporando estas características ao edifício de maneira que potencialize e propicie conforto e segurança, associando tudo isso a um projeto de hidráulica, de elétrica, de telecomunicação, entre outros; de maneira tal que toda esta funcionalidade possa não só propiciar conforto, mas também economia dos recursos naturais de energia elétrica (MANGER, 2014).

De equipamentos eletromecânicos e pneumáticos a microcontroladores digitais, de sistemas isolados a sistemas em rede, como já foi mencionado no desenrolar da evolução histórica da automação predial, a evolução da automação finalmente chega à era dos edifícios inteligentes. Há relatos de que os primeiros prédios inteligentes surgiram, na década de 80, nos Estados Unidos. Contudo, segundo o diretor da Aureside, ainda não eram edifícios propriamente inteligentes. O termo *Intelligent Building*, segunde ele, foi dado a estes edifícios, por se tratar de prédios que se adaptam a condições pré-definidas ou desejáveis, a partir da leitura de sensores, que, na verdade, eram os *Responsives Buildings*, algo totalmente

diferente das edificações que existiam até então. No entanto, existem diferenças que podem ser observadas no conceito de prédio inteligente de hoje e dos anos 1980 e 1990. Os edifícios inteligentes, na atualidade, são capazes, por exemplo, de monitorar a quantidade de luz natural que incide pela janela, e intervir na regulação das persianas para que o sol não bata diretamente dentro da sala, não sobrecarregando o ar condicionado. Sendo assim, tudo dentro do edifício inteligente deve estar sob controle (MOREIRA, 2014).

Um bom exemplo dentro deste conceito de automação predial vai para o primeiro edifício inteligente desenvolvido em Portugal, um projeto europeu que contou com a participação de investigadores do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), que instalaram em um edifício mais de 400 sensores para avaliarem as condições do ambiente como a umidade, a temperatura e a luminosidade. Uma das virtudes do projeto é a contenção do desperdício de energia elétrica, de acordo com um dos investigadores. Um legado desse projeto é o caso de um dos maiores centros de dados do mundo, que está para ser construído na cidade portuguesa Covilhã, que, através deste sensoramento, pretende reduzir em cerca de 20% na fatura de eletricidade, o que deve rondar os cinco milhões de euros por ano: isso deixa claro que o sistema de controle predial realmente funciona de maneira benéfica para todos (RIBEIRO, 2012).

2.3.2 Automação Residencial

A automação Residencial, assim como a Predial, tem a finalidade de reduzir a intervenção do homem nas rotinas da vida contemporânea, tornando a vida no lar mais prática, segura e confortável, sem deixar de lado o aspecto pessoal e familiar. Entre estas rotinas encontra-se, por exemplo, a operação de sistemas como: segurança, iluminação, controle de TV/Som/Vídeo e condicionador de ar. Automação residencial é um mercado em franca expansão, onde a Associação Brasileira de Automação Residencial (Aureside) cogita que, no Brasil, nos próximos 5 anos, cerca de 40% das residências de médio e alto padrão apresentarão algum tipo de automação. Em uma residência, seja uma casa independente ou um apartamento, podem existir vários graus de automação. Dentro deste conceito, três

são os graus de integração destes sistemas de automação residencial/predial. A *demótica*, por sua vez, é o ramo da automação que se ocupa em estudar e aplicar soluções tecnológicas para automatizar certas operações ou sequências de ações realizadas no ambiente doméstico (PÁDUA, 2011).

Porém, nem tudo são flores, ou seja, o mercado de automação residencial no Brasil ainda enfrenta uma grande resistência por parte das construtoras que não incorporam a tecnologia aos projetos arquitetônicos. Isso se dá, talvez, em virtude do custo e do prazo para entrega da obra. Já quanto se refere ao consumidor final, este considera a automação residencial como algo futurístico. Completando esta afirmação, é sabido, através de estatísticas bem fundamentadas, que apenas de 10 a 15% dos indivíduos podem ser considerados à vontade com novas tecnologias, os chamados “pioneiros”. Eles são consumidores das novidades tecnológicas, deixando para a maioria da população a qualificação de pragmáticos e céticos. Este embasamento seria muito útil para as empresas de alta tecnologia. (MURATORI, 2014).

No entanto, em boa parte das residências, já existe algum tipo de sistema de automação. Isso se dá porque existem três graus de sistemas de automação, como mencionados anteriormente. Eles são sistemas autônomos, sistemas integrados e sistemas complexos, sendo o sistema autônomo o mais encontrado nas residências. Contudo, quando se refere a todo processo de integração de sistemas automatizados, o nome automação pode ser considerado inadequado, pois a automação é apenas parte de um processo maior, a integração de todos os sistemas domésticos, o que inclui a instalação elétrica, a segurança, a distribuição de áudio e vídeo, toda rede de comunicações no imóvel. Se para os profissionais este conceito, assim apresentado, é tão novo e desconhecido, para os usuários, ele será bem mais complexo. (MURATORI, 2014).

Portanto, o conceito de automação residencial é algo ainda considerado futurista para a maioria da população. Por isso, todo projeto de automação residencial (ou projeto de integração de sistemas, como já exposto) demanda do integrador não só conhecimento técnico, mas também uma boa percepção sobre o estágio de “aceitação tecnológica” dos futuros usuários. Ou seja, ouvir destes potenciais usuários suas necessidades e expectativas quanto à implantação deste sistema, bem como fornecer informações básicas quanto aos atrativos redundantes

que o sistema lhe irá proporcionar, como a redução no consumo de recursos de água e de energia elétrica, a provisão de segurança e conforto aos usuários, proporcionados com a utilização de sistemas de ambientes inteligentes integrados. Estas informações podem ser apresentadas como atrativo de grande importância para esclarecimento deste futuro usuário, bem como atrativos indispensáveis às novas exigências do mercado de consumo residencial (MURATORI, 2014).

Outro fator importante, que precisa ser bastante difundido, é que não existe sistema que torne uma casa ou um prédio inteiramente inteligente. Inteligente pode ser a forma como se projeta o sistema, bem como a forma como se usa o sistema proposto, ou seja, isso faz com que cada indivíduo, tanto profissional como usuário, tenha sua parcela de comprometimento com a qualidade da automação residencial ou predial, que vai desde como o projeto é elaborado até como o sistema será instalado e integrado, bem como sua utilização e os cuidados com manutenção, por exemplo. Contudo, não é incorreto utilizar o termo casa inteligente para aquelas que agregam tecnologia capaz de não só propiciar conforto e segurança aos seus habitantes, mas, principalmente, economia dos recursos naturais.

Uma vez que a economia dos recursos naturais está diretamente ligada à sua conservação, a qual é uma temática multidisciplinar, portanto, requer esforço de todos, com o intuito de conscientizar todos os segmentos da sociedade, a fim de formar cidadãos mais conscientes quanto aos recursos naturais, os quais são finitos e estão diretamente ligados à existência do ser humano. Mas, voltando ao seguimento dos profissionais, e, em especial, aos profissionais que estão diretamente envolvidos nos projetos de automação, estes devem sempre que possível associar os recursos naturais que estão em maior abundância na natureza aos projetos de automação, recursos estes como o vento (ventilação artificial) e a iluminação (luz artificial). Observa-se, nesta recomendação, que a própria natureza, quando solicitada de forma mais inteligente, pode fornecer elementos que contribuam com a preservação de outros recursos, disponíveis em menor quantidade, como o petróleo, carvão mineral, entre outros, além de requerer uma maior intervenção do homem na sua extração.

2.4 Evolução histórica do condicionador de ar

Um bom exemplo no processo evolutivo dos equipamentos é o que ocorreu com os aparelhos condicionadores de ar, desde seu surgimento em 1902, quando o engenheiro e inventor estadunidense Willis Carrier iniciou os refinamentos e testes de campo, para que só em 2 de janeiro de 1906, ele pudesse de fato apresentar ao mundo o primeiro aparelho condicionador de ar, o qual nasceu com o nome de *Carrier E.U.* patente No.808897, cuja invenção recebeu o nome de "aparelho para o tratamento do ar". Ele foi projetado para umidificar ou desumidificar o ar, fazendo o aquecimento de água para umidificar e a refrigeração de água para retirar a umidade do ar (FROZEN CLIMATIZAÇÃO, 2014).

O condicionador de ar continuou evoluindo e passou a usar gases como a amônia, o clorometano e o propano. Porém, esses gases são tóxicos e inflamáveis, o que poderia resultar em acidentes fatais, se houvesse um vazamento. Para resolver este problema, em 1928, Thomas Midgley Junior criou o *freon*. O *Freon* pode ser definido como diversos tipos de gases a base clorofluorcarbonos. Estes são conhecidos como CFCs (cloro-flúor-carbono). A mistura mais utilizada no condicionador de ar é o HCFC (hidroclorofluorcarbono), conhecido como R22. Porém, desde 2010 deixou de ser utilizado em equipamentos novos (FROZEN CLIMATIZAÇÃO, 2014).

Os CFCs deixaram de ser usados em novos aparelhos condicionadores de ar, devido ao Protocolo de Montreal, que trata de substância que ataca a camada de Ozônio. O Brasil aderiu a ele em 1990, por meio do Decreto n.º 99.280 de 06/06/90, comprometendo-se a eliminar o CFC completamente até 2010; porém, não aconteceu, na prática, mas, espera-se que aconteça, devido aos vários problemas que ele possa apresentar para o homem e para o meio ambiente, como, por exemplo, agressão ao meio ambiente, por ser um gás causador do efeito estufa e ser um dos agentes destruidores da camada de ozônio. Ele deve ser completamente descontinuado em 2020 (FROZEN CLIMATIZAÇÃO, 2014). Outro problema é o financeiro, uma vez que o vazamento do gás faz com que o aparelho gaste mais energia elétrica.

Ultimamente, os condicionadores de ar deram um grande salto nesse processo evolutivo e passaram a usar gás ecológico, conhecido como R410A, que,

além de proteger o meio ambiente, faz com que economize energia elétrica. Isso ocorre porque este gás é compatível com a tecnologia inverter, fazendo com que o aparelho condicionador de ar tenha melhor desempenho, maior eficiência, menos ruído, atinja mais rápido a temperatura ajustada comparando-se ao condicionador de ar convencional. Porém, sua manutenção e troca de gás é similar ao aparelho convencional. Cabe ressaltar que a exceção fica por conta do gás ecológico, o qual é necessário que na sua troca seja totalmente removido para então ser colocada nova carga, ou seja, não deve repor gás a fim de completar sua carga, como acontece no aparelho convencional. A **Figura 1** mostra o modelo do recipiente que acomoda o gás R410A:

Figura 1 - Recipiente usado para abrigar o gás R 410 A



Fonte: LG (2014).

Outro grande fator no processo evolutivo dos aparelhos foi o surgimento dos programas de selos e etiquetagem, como é o caso do programa *Energy Star*, criado em 1992 pela Agência de Proteção Ambiental para incentivar os fabricantes a desenvolver aparelhos mais econômicos e, com isso, proteger o meio ambiente. Haja vista que estes programas, através de ensaios, classificam os aparelhos quanto à sua eficiência energética, especificando de maneira clara e objetiva o consumo de energia dos mesmos e, com isso, facilita sua escolha e, portanto, fazendo com que as pessoas optem por equipamentos cada vez mais econômicos e eficientes, forçando os fabricantes a desenvolverem tais equipamentos.

Essa evolução traz benefício ao meio ambiente, uma vez que reduz a agressão a ele, bem como para o consumidor final que tem sua conta de energia

elétrica reduzida no final do mês. Haja vista que sistemas de refrigeração com condicionador de ar estão cada vez mais presentes no cotidiano dos brasileiros em todos os estados. Já em Palmas, Tocantins, ele tem vital importância, haja vista que o estado apresenta altas temperaturas por longo período do ano. Por isso, qualquer tecnologia que o torne mais eficiente e econômico é bem-vinda. (SILVA, 2014).

2.5 A evolução Histórica da lâmpada

Durante muitos anos, após a descoberta do fogo, o ser humano se empenhou para desenvolver formas de iluminação que pudessem facilitar suas tarefas, bem como seus momentos de lazer. Este empenho resultou nas descobertas da iluminação com gordura animal e vegetal, as *lucernas* (tipo de lamparina), na lâmpada de *Argand* (similar ao lampião a gás, porém menos eficiente); na lâmpada elétrica incandescente, aprimorada e patenteada por *Thomas Edison*, e na lâmpada vapor de mercúrio, descoberta em 1901 por *Peter Cooper Hewitt*, e que posteriormente evoluiria na década de 30 para as lâmpadas vapor de mercúrio de alta pressão e na década de 60 evoluiu para as lâmpadas de vapor metálico e de vapor de sódio, as quais são utilizadas até hoje na iluminação pública de várias cidades brasileiras (WANDERLEY, 2014).

Contudo, a lâmpada elétrica incandescente foi um grande feito para a época, ou seja, para o início desse processo de iluminação elétrica. Porém, com o passar do tempo, percebeu-se que o sistema de iluminação com este tipo de lâmpada era oneroso e ineficiente, já a luminosidade da lâmpada incandescente se dá pelo processo de transformação de energia elétrica em luz, através de um filamento, o qual além de brilhar e produzir luz também aquece pela passagem da corrente elétrica: este processo tem baixa eficiência, ou seja, apenas 8% é convertido em luz e 92% da energia elétrica consumida por ela resulta em calor. Porém, em 1901, *Peter Cooper Hewitt* descobriu a lâmpada vapor de mercúrio, a qual deu uma grande contribuição para esse processo evolutivo, tendo em vista que na década de 30 ela evoluiu para a lâmpada vapor de mercúrio de alta pressão e na década de 60, para a lâmpada vapor de sódio (NUNES, 2010).

Ao contrário da lâmpada incandescente, as lâmpadas a vapor funcionam através de reações químicas que ocorrem, quando estimulada pela eletricidade num tubo em vácuo, que possui alguns gases. Contudo, o processo evolutivo da lâmpada continuou e com ele a economia de energia elétrica, como é o caso das lâmpadas fluorescentes, as quais fazem parte das lâmpadas a vapor. Elas são de duas a quatro vezes mais eficientes do que a lâmpada incandescente. Em um mesmo ambiente sobre as mesmas condições, uma lâmpada incandescente de 60 Watts equivale a uma de 15 watts fluorescente, ou seja, a segunda tem uma vantagem econômica de aproximadamente 75% sobre a primeira (NUNES, 2010).

No entanto, o processo evolutivo das lâmpadas não parou e finalmente chega-se à era do *Light Emitting Diode*, em português, Diodo Emissor de Luz, mais comumente chamado como LED. Porém, o inconveniente para que as lâmpadas se tornem a base de LED ainda é o alto custo, mas, como é sabido, a iluminação a LED resulta em alta economia de energia elétrica, enquanto que a qualidade da iluminação é bem superior à das lâmpadas convencionais. O investimento pode valer a pena, uma vez que alguns estudos apontam que 20% do consumo de energia no Brasil está relacionado com a iluminação, ou seja, qualquer economia dentro de um percentual tão expressivo pode ser algo interessante, isto faz com que o investimento ainda que a longo prazo na lâmpada de LED possa resultar em economia, haja vista que a redução no consumo de energia elétrica com a utilização desta nova tecnologia chega à casa dos 80%, quando comparado com o modelo de iluminação convencional (FREITAS, 2010)

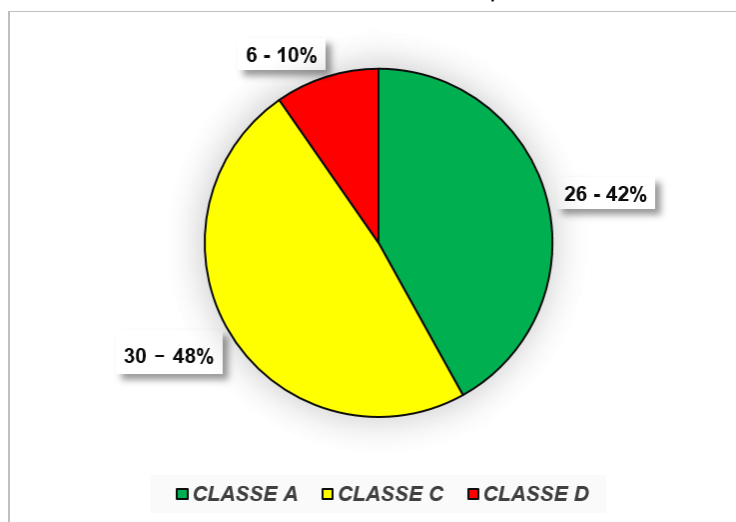
Esse processo evolutivo dos aparelhos e equipamentos elétricos deu uma grande contribuição para a eficiência energética, porque reduz os desperdícios de energia elétrica. Tomando-se como exemplo um sistema de iluminação a LED, se este ficar ligado durante um determinado período, mesmo que seja em um ambiente ocioso, quando comparado com outro sistema de iluminação convencional ligado sobre as mesmas condições e pelo mesmo período, certamente o resultado será favorável para o sistema a LED. Porém, só a evolução dos equipamentos, como aparelhos condicionadores de ar e lâmpadas mais eficientes energeticamente, não sana por completo o problema de desperdício de energia elétrica.

A evolução histórica do aparelho condicionador de ar e do sistema de iluminação foram aqui mencionados porque em parte o objetivo deste trabalho se

assemelha aos objetivos que se pretendem com a evolução dos aparelhos e dos equipamentos, ou seja, o objetivo de reduzir o desperdício de energia elétrica. Porém, só a evolução dos equipamentos ou só a automação isoladamente não é capaz de sanar o problema do desperdício de energia elétrica.

Um exemplo de que só a evolução dos aparelhos eletroeletrônicos não resolvem por completo a questão do desperdício de energia elétrica pode ser observado no IFTO, *Campus* Palmas, onde se tem investido cada vez mais em condicionadores de ar de última geração, como pode ser constatado no gráfico da **Figura 2**, onde 42% dos condicionadores de ar do IFTO, *Campus* Palmas, são de classificação “A”, portanto, aparelhos eficientes energeticamente; porém, o desperdício de energia elétrica permanece alto. A mitigação deste problema pode ser alcançada aliando essa evolução a um processo de controle automatizado dos circuitos de iluminação e condicionadores de ar, a fim de tornar sua operação mais eficiente e, conseqüentemente, mais econômica, o que pode resultar em redução do desperdício para níveis aceitáveis.

Figura 2 - Classificações dos condicionadores de ar das salas de aula do IFTO, *Campus* Palmas.



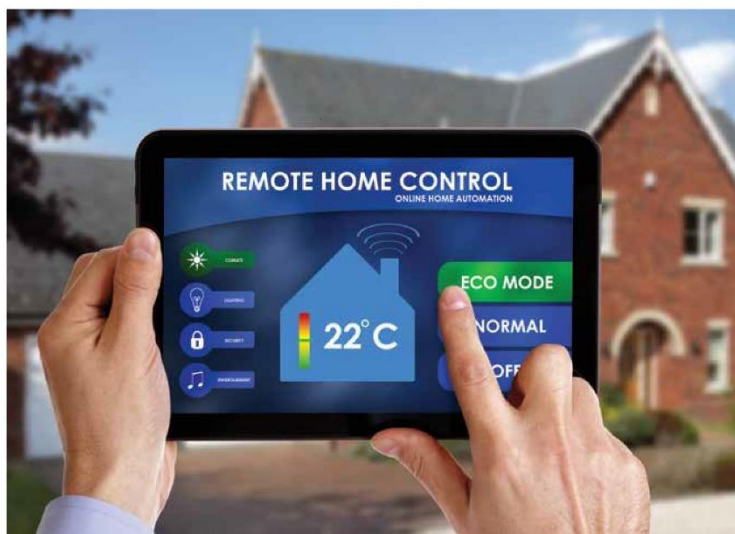
Fonte: Acervo dos autores.

2.6 Controle Automatizado dos Sistemas de Condicionador de ar e de Iluminação

A automação adentrou os prédios, através dos sistemas de condicionadores de ar e de ventilação. Como já foi mencionado, neste trabalho, a explicação para este fato pode estar relacionada ao consumo de energia elétrica que o condicionador de ar representa, no faturamento mensal, ou seja, na conta de energia elétrica, em qualquer edificação. Portanto, o controle da operação deste equipamento é de vital importância. Entretanto, os sistemas de controles, no início eram desconexos, separados em ilhas, ou seja, cada lógica tinha sua própria programação para executar uma função específica: não havia integração entre os sistemas. Além desta limitação, ainda ocupava grande espaço nos quadros para realizar poucas funções (MOREIRA, 2014).

Portanto, há várias décadas já existe algum tipo de controle dos circuitos tanto de climatização como de iluminação. Porém, eram controles bem simples, se comparados com os sistemas disponíveis no mercado, atualmente. Com o surgimento da microinformática, na década de 80, tornou-se possível a integração entre as diversas funções de supervisão, controle de sistemas condicionadores de ar e de iluminação, entre outros. Os controladores passaram a ser micro processados e, através de protocolo de comunicação de dados, foram integrados a centrais de operação e supervisão. No Brasil, este tipo de automação ganhou força, a partir do início da década de 90 (NEVES, 2015), e com o uso da *internet*, já é possível monitorar um imóvel, bem como controlar suas funções, remotamente, como pode ser visto na **Figura 3**, a qual ilustra um controle remoto com as funções de uma casa automatizada. Hoje, este sistema já está presente em vários prédios comerciais e residenciais e em algumas casas de alto padrão.

Figura 3 - Controle remoto de uma casa automatizada



Fonte: Portal o Setor Elétrico

Portanto, no Brasil, desde a década de 90, os sistemas de automação de condicionadores de ar e de iluminação têm proporcionado economia de energia nas edificações que aderiram a esta tecnologia. Ao tirar este controle da responsabilidade das pessoas e confiá-lo a um sistema automatizado, o resultado será a economia de energia elétrica, uma vez que, num projeto elétrico convencional, a iluminação é responsável por 20 a 40% da carga elétrica total da edificação, e o condicionador de ar representa cerca de 50% (MANGER, 2004).

Portanto, com um controle adequado do sistema de iluminação e climatização, ou até mesmo adequando estes sistemas, a iluminação e ventilação naturais, pode-se obter uma boa economia de energia elétrica, o que pode ser feito com sensores para captar a luminosidade natural e desligar o sistema de iluminação. Por exemplo, ao se fechar uma pisciana para não sobrecarregar o condicionador de ar, com a incidência de raio solar em um ambiente. O sistema de controle predial possui meios adequados para a integração destes mecanismos. Haja vista que o principal objetivo da automação predial é a redução dos custos operacionais, fato que se dá porque o sistema automatizado opera seguindo uma programação preestabelecida, fazendo com que haja uma maior confiabilidade na sua operação, e, ao mesmo tempo, eliminando a preocupação com o controle manual, deixando o processo mais enxuto, rentável e econômico (MANGER, 2004).

Porém, segundo (PISTOLOZZI, 2009, p. 12) “É importante também não confundir sistemas de automação predial com automação residencial, visto que este último se vale principalmente do conceito de qualidade de vida, enquanto automação predial é focada na eficiência”. E esta eficiência também pode estar relacionada com a evolução dos equipamentos e aparelhos eletroeletrônicos, os quais, à medida que evoluem, tornam-se mais eficientes, apesar de que, esta evolução sozinha não resolve o problema do desperdício de energia elétrica, provocado pelo uso inadequado destes aparelhos. Contudo, eles precisam ser usados de forma racional, e uma das formas de usá-los de maneira mais econômica é o controle automatizado de alguns aparelhos, como por exemplo os condicionadores de ar e a iluminação das edificações, entre outros. (MORAES, 2013).

Ultimamente, observa-se um grande avanço da automação, graças à expansão dos controladores lógicos programáveis, aliado à melhoria do seu preço, para o consumidor final. A redução dos preços destes equipamentos fez com que, na década atual, diversos sistemas de controle pudessem estar presentes nos processos automatizados, propiciando segurança, conforto, e bem-estar nos lares, bem como controlando sistemas de condicionador de ar e iluminação em residências, prédios e escritórios em diversos países, o que pode resultar em economia de energia elétrica e dos recursos naturais.

Apesar da melhoria nos preços dos componentes eletroeletrônicos, os projetos de automação convencionais ainda têm, de certa forma, um alto custo, fazendo com que este trabalho traga, em sua propositura, um modelo de automação diferente dos projetos convencionais, ou seja, uma proposta inovadora, onde o foco é a contenção do desperdício de energia elétrica das salas de aula do IFTO, *Campus* Palmas. Para tanto, será proposta a utilização de materiais e equipamentos robustos e de fácil aquisição, junto ao mercado e com bom preço comercial, a fim de tornar o projeto mais viável e atrativo para a instituição.

Automatizar os circuitos de climatização e iluminação das salas de aula do IFTO, *Campus* Palmas, se faz necessário, em virtude da grande utilização dos condicionadores de ar, que se justifica pelo clima local, isto é, pela zona bioclimática em que a instituição está inserida, contudo, estes fatores não justificam o desperdício de energia elétrica, ou seja, deve-se procurar formas de atender tal demanda, mas sem o desperdício. A cidade de Palmas possui clima quente todo o

ano, com poucas variações nesta temperatura, pois a diferença entre o mês mais quente (setembro) e o mais frio (julho) é de apenas 3 °C. A média das máximas em setembro é de 36 °C, e a das mínimas é de 22 °C, em julho, a média das temperaturas máximas atinge 33 °C, enquanto a das mínimas cai para 15 °C. Assim, a temperatura média anual é de 26 °C (GUIA DO TURISMO, 2009): isto justifica a grande utilização deste aparelho ao longo do ano.

Conhecer o fator climático quando se trata de sistemas que regulam o conforto térmico em instituição de ensino é de grande relevância, uma vez que estudos bem fundamentados apontam que a satisfação dos alunos com o ambiente físico das salas de aula está mais relacionada às condições de temperatura do que de iluminação. Portanto, a estratégia para manter o sistema de climatização atendendo às necessidades dos alunos no que se refere ao conforto térmico, sem que haja grande desperdício de energia elétrica, pode ser a automação deste sistema (MORAES, 2013).

A automação, portanto, dos condicionadores de ar e da iluminação das salas de aula do IFTO, *Campus* Palmas, proposta neste trabalho, tem como objetivo controlar o funcionamento dos condicionadores de ar e da iluminação, de acordo com o horário de funcionamento das aulas, a fim de evitar o uso inadequado destes equipamentos e, conseqüentemente, o desperdício da energia. Contudo, o grau de automação destes sistemas será de forma bem simples, ou seja, um sistema que só tem Ação Liga/Desliga, dotado de total integração entre os componentes, haja vista que tanto os sensores como os atuadores estão interligados e integrados por um supervisor central: neste caso, um controlador lógico programável (CLP), o qual faz o monitoramento de todos os componentes e, sempre, associando-os às ações preestabelecidas na programação. A ilustração da integração dos componentes pode ser vista no esquema de ligação na **Figura 12**.

3 METODOLOGIA

A metodologia para este trabalho segue a sequência abaixo:

- I. Pesquisa bibliográfica (Estado da Arte), a fim de saber como o tema é tratado e discutido dentro do meio acadêmico e científico;
- II. Reconhecimento do local;
- III. Levantamento de dados;
- IV. Conferência, análise e interpretação dos dados coletados;
- V. Desenvolvimentos dos cálculos;
- VI. Desenvolvimento da automação, através de programas computacionais e simulação através de um protótipo;
- VII. Programação;
- VIII. Orçamento dos componentes que serão usados na automação;
- IX. Considerações finais.

3.1 Pesquisa Bibliográfica

Inicialmente, fez-se uma vasta pesquisa em revistas, sites, jornais, monografias, dissertações e teses, a fim de saber como o tema é tratado no meio acadêmico e científico, com ênfase em contenção do desperdício de energia elétrica e as soluções apontadas para tal contenção. Na pesquisa foi possível constatar que os baixos investimentos por parte da maioria dos governantes de diversos países, em programas que combatem o desperdício de energia elétrica, tem sido um grande entrave neste processo. Contudo, pode-se constatar que a automação tem dado uma grande contribuição para a contenção do desperdício de energia elétrica.

3.2 Reconhecimento do Local

O local contemplado como objeto de estudo para este trabalho foi o IFTO, *Campus* Palmas, em especial as salas de aula. Elas estão abrigadas e distribuídas em sete blocos, como mostra a **Tabela 1**.

Tabela 1 - Distribuição das salas de aula

BLOCOS	NÚMERO DAS SALAS	ÁREA DE CADA SALA (m²)	VOLUME DE CADA SALA (m³)	QUANTIDADE DE SALAS
5	504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512 e 513	33,46	125,29	10
5A	517, 518, 519, 520, 521, 522, 523 e 524	51,4	192,47	8
	515 e 516	67,96	254,48	2
7	701 e 706	33,46	125,29	2
7A	710, 711, 712, 713, 714 e 715	51,4	192,47	6
8	802	51,4	192,47	1
9	902, 903 e 904	33,46	125,29	3
	905, 906, 907 e 908	51,4	192,47	4
11A	1106, 1107 e 1108	51,4	192,47	3

Fonte: Acervo dos autores

Os blocos atuais têm as mesmas características construtivas, ou seja, eles são edificados em vigas de aço tipo “I” com as paredes, que envolve todo o perímetro dos blocos, em tijolo. Sendo que nas laterais uma parte das paredes é composta de vidraças simples, como pode ser visto na **Figura 4**.

Figura 4 - Parede externa do bloco 9 do IFTO, *Campus Palmas*



Fonte: Acervo dos autores

As divisões das salas, na sua maioria, são de gesso cartonado, as demais são do mesmo material das paredes perimetrais, os tetos das salas seguem o mesmo formato do telhado, ou seja, duas águas, como pode ser visto na **Figura 5**.

Figura 5 - Teto de sala de aula do IFTO, *Campus Palmas*



Fonte: Acervo dos autores

O acesso às salas se dá por portas posicionadas a norte de cada bloco, com exceção para o bloco 5^a, que estão posicionadas a sul, conforme **Figura 6**. Todas elas ficam abrigadas embaixo de uma marquise estruturada em perfil de aço galvanizado e coberto por telha metálica, como pode ser visto na **Figura 4**.

Figura 6 - Detalhe do bloco 5A



Fonte: Acervo dos autores

Cabe salientar que foi verificado e constatado que as estruturas metálicas estão devidamente aterradas, porém, a constatação foi apenas visual. Ver detalhe na **Figura 7**.

Figura 7 - Aterramento da estrutura metálica



Fonte: Acervo dos autores

3.3 Levantamentos de dados

3.3.1 Sua Importância

Os levantamentos de dados foram de vital importância para que o trabalho começasse a ser elaborado, sendo que o levantamento do desperdício de energia elétrica nas salas de aula do IFTO, *Campus* Palmas, foi o primeiro passo para elaboração do trabalho. Logo em seguida, quantificou-se o desperdício, para dar embasamento ao trabalho. Para tanto, foi levantada a carga instalada nas salas de aula, a qual é composta pelos condicionadores de ar e da iluminação, conforme dados da **Tabela 2**.

Tabela 2 - Carga instalada nas salas de aula

SALAS	BLOCO	POTÊNCIA NOMINAL DOS CONDICIONADORES (W)	POTÊNCIA NOMINAL DAS LÂMPADAS (W)	TOTAL (kW)
504	5	4000	544	4,54
505	5	1948	544	2,49
506	5	4000	544	4,54
507	5	1948	544	2,49
508	5	4000	544	4,54
509	5	4000	544	4,54
510	5	1948	544	2,49
511	5	1948	544	2,49
512	5	4000	544	4,54
513	5	1948	544	2,49
515	5A	3896	1088	4,98
516	5A	4380	1088	5,47
517	5A	4380	1088	5,47
518	5A	4380	1088	5,47
519	5A	4380	1088	5,47
520	5A	4380	1088	5,47
521	5A	4380	1088	5,47
522	5A	4380	1088	5,47
523	5A	5008	1088	6,1
524	5A	5060	1088	6,15
701	7	2183	544	2,73
706	7	1514	544	2,06
710	7A	7514	1088	8,6
711	7A	7514	1088	8,6
712	7A	7514	1088	8,6
713	7A	7514	1088	8,6
714	7A	7514	1088	8,6
715	7A	7514	1088	8,6
802	8	7514	1088	8,6
902	9	1948	544	2,49
903	9	1948	544	2,49
904	9	1948	544	2,49
905	9	4840	1088	5,93
906	9	4840	1088	5,93
907	9	4840	1088	5,93
908	9	4840	1088	5,93
1106	11A	7514	1088	8,6
1107	11A	7514	1088	8,6
1108	11A	7514	1088	8,6
TOTAL			34272	212,68

Fonte: Acervo dos autores

3.3.2 Como se deu e a finalidade do levantamento de dados

O levantamento de dados se deu através de um censo, onde, durante cinco semanas, foram visitadas todas as salas de aula, numa frequência de oito vezes por dia e cinco dias por semana, nos três turnos, matutino, vespertino e noturno, bem como nos intervalos de troca de turno, com a finalidade de verificar o comportamento na ocupação da edificação. Com isso, pôde-se constatar que quase a totalidade dos condicionadores de ar são ligados pela manhã e desligados somente no final do período noturno, ou seja, eles são ligados às 7h30min e

desligados as 23h. Durante o levantamento constatou-se também que uma quantidade expressiva de salas de aula fica desocupada, ou ocupadas indevidamente por alunos com finalidades que não se caracterizam como educativas. Contudo, o levantamento contemplou somente as salas de aula que estavam vazias ou com apenas uma pessoa, ou seja, aquela que se encontrava com dois ou mais alunos não foi considerada como desocupada. O modelo e o formato desse levantamento, bem como os resultados, poderão ser vistos na **Tabela 3**.

Tabela 3 - Quantidade de vezes que as salas estavam ociosas por turno

DIA DA SEMANA	SALAS	ÁREA (m²)	CONDICIONADOR DE AR (BTU)	TURNO														
				MATUTINO			INTERVALO I			VESPERTINO			INTERVALO II			NOTURNO		
				CAI	CA	I	CAI	CA	I	CAI	CA	I	CAI	CA	I	CAI	CA	I
SEGUNDA-FEIRA	701 e 706	33,46 m²	1 X 18.000 BTU's	3	3	0	0	5	0	1	12	0	4	1	0	7	0	0
TERÇA-FEIRA				2	4	0	1	4	0	3	7	0	5	1	0	5	0	0
QUARTA-FEIRA				3	2	1	1	5	0	7	8	1	2	1	0	0	0	1
QUINTA-FEIRA				1	4	0	2	2	0	3	3	1	4	0	1	2	0	0
SEXTA-FEIRA				3	4	0	1	3	2	0	11	1	3	1	1	4	0	1
SEGUNDA-FEIRA	505, 507, 510, 511, 513, 902, 903 e 904	33,46 m²	1 X 22.000 BTU's	16	39	0	9	24	0	3	30	0	15	14	0	17	5	0
TERÇA-FEIRA				19	33	0	9	23	0	7	18	0	23	16	0	21	6	1
QUARTA-FEIRA				16	37	2	15	13	0	17	11	0	12	25	0	22	12	0
QUINTA-FEIRA				14	34	0	7	19	0	4	24	0	21	14	0	25	5	0
SEXTA-FEIRA				15	31	0	8	24	0	8	26	0	17	21	0	16	7	0
SEGUNDA-FEIRA	504, 506, 508, 509 e 512	33,46 m²	1 X 36.000 BTU's	3	7	1	1	13	0	1	14	1	4	3	2	4	3	3
TERÇA-FEIRA				5	5	2	3	7	1	3	13	2	4	9	0	12	4	8
QUARTA-FEIRA				7	6	2	3	9	2	3	14	5	5	4	1	5	4	6
QUINTA-FEIRA				2	6	2	3	8	2	5	7	1	8	4	4	11	7	5
SEXTA-FEIRA				4	12	2	2	13	0	7	13	1	4	8	2	11	8	6
SEGUNDA-FEIRA	515	67,96 m²	2 X 22.000 BTU's	2	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
TERÇA-FEIRA				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0
QUARTA-FEIRA				2	0	0	1	1	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0
QUINTA-FEIRA				0	0	0	1	0	0	1	0	0	5	0	0	4	1	0
SEXTA-FEIRA				2	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	2	0	0
SEGUNDA-FEIRA	516	67,96 m²	2 X 24.000 BTU's	2	0	0	1	0	0	0	0	0	2	3	0	2	0	0
TERÇA-FEIRA				2	0	0	2	0	0	0	1	0	3	2	0	2	0	0
QUARTA-FEIRA				1	0	0	1	2	0	1	0	0	5	0	0	3	1	0
QUINTA-FEIRA				5	0	0	1	0	0	1	1	0	4	1	0	5	0	0
SEXTA-FEIRA				2	0	0	0	2	0	1	1	0	2	2	0	5	0	0
SEGUNDA-FEIRA	517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 905, 906, 907 e 908	51,40 m²	2 X 24.000 BTU's	32	10	0	17	11	0	6	33	0	31	12	0	19	7	0
TERÇA-FEIRA				35	5	0	15	6	0	3	5	0	39	10	0	13	1	0
QUARTA-FEIRA				35	10	0	12	14	0	12	15	0	34	10	0	20	3	0
QUINTA-FEIRA				28	9	0	11	11	0	10	4	0	33	12	0	20	8	0
SEXTA-FEIRA				29	11	0	8	20	0	6	13	0	29	19	1	19	4	0
SEGUNDA-FEIRA	524	51,40 m²	2 X 29.000 BTU's	6	0	0	3	1	0	0	1	0	2	3	0	2	0	0
TERÇA-FEIRA				3	0	0	1	3	0	1	1	0	4	1	0	0	0	0
QUARTA-FEIRA				10	0	0	5	0	0	5	4	0	3	2	0	1	0	0
QUINTA-FEIRA				4	0	0	1	2	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0
SEXTA-FEIRA				7	0	0	0	3	0	0	0	0	5	0	0	2	1	0
SEGUNDA-FEIRA	710, 711, 712, 713, 714, 715, 802, 1106, 1107 e 1108	51,40 m²	2 X 36.000 BTU's	10	16	0	18	10	0	6	22	0	32	8	0	12	7	0
TERÇA-FEIRA				6	7	2	16	11	0	7	19	0	28	15	0	20	9	0
QUARTA-FEIRA				29	19	0	5	17	0	13	5	0	32	13	1	27	0	1
QUINTA-FEIRA				15	6	0	10	8	0	7	15	0	29	10	2	27	8	2
SEXTA-FEIRA				25	16	1	12	14	0	12	12	0	35	10	1	23	7	0

Legenda: (CAI) Condicionador de ar e iluminação; (CA) Condicionador de ar; (I) Iluminação.

Fonte: Acervo dos autores

3.3.3 Levantamento de dados técnicos

No levantamento dos circuitos dos condicionadores de ar, foi constatado que os mesmos estão numerados corretamente e individualizados por máquinas, porém, foi visto que os condutores de alguns circuitos não estão conforme projeto, ou seja, foram substituídos para se adequarem às novas máquinas, as quais foram instaladas posteriormente ao projeto. Por ocasião desse levantamento, foi constatado também que não há nenhum projeto *as built* para as instalações elétricas do IFTO, Campus Palmas. Nas medições realizadas, também analisou-se durante um dia o comportamento de um aparelho de condicionador de ar de uma das salas de aula. A medição foi realizada com um analisador de energia. também, levantou-se a quantidade de aparelhos condicionadores de ar por sala, bem como a potência, o modelo e a marca de cada um. A **Tabela 4** mostra os resultados obtidos com o levantamento.

Tabela 4 - Distribuição dos condicionadores de ar

SALA	CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO (BTU's)	MARCA / TIPO
701	1 X 18.000	ELECTROLUX / ACJ
706	1 X 18.000	SAMSUNG / SPLIT
505, 507, 510, 511, 513, 902, 903 e 904	1 X 22.000	CARRIER / SPLIT
504, 506, 508, 509 e 512	1 X 36.000	RHEEM / SPLIT
515	2 X 22.000	CARRIER / SPLIT
516	2 X 24.000	GREE / SPLIT
517, 518, 519, 520, 521, e 522	2 X 24.000	GREE / SPLIT
523	2 X 24.000	ELECTROLUX / SPLIT
905, 906, 907 e 908	2 X 24.000	MIDEA / SPLIT
524	2 X 29.000	FUJITSU / SPLIT
710, 711, 712, 713, 714, 715, 802, 1106, 1107 e 1108	2 X 36.000	ELECTROLUX / SPLIT

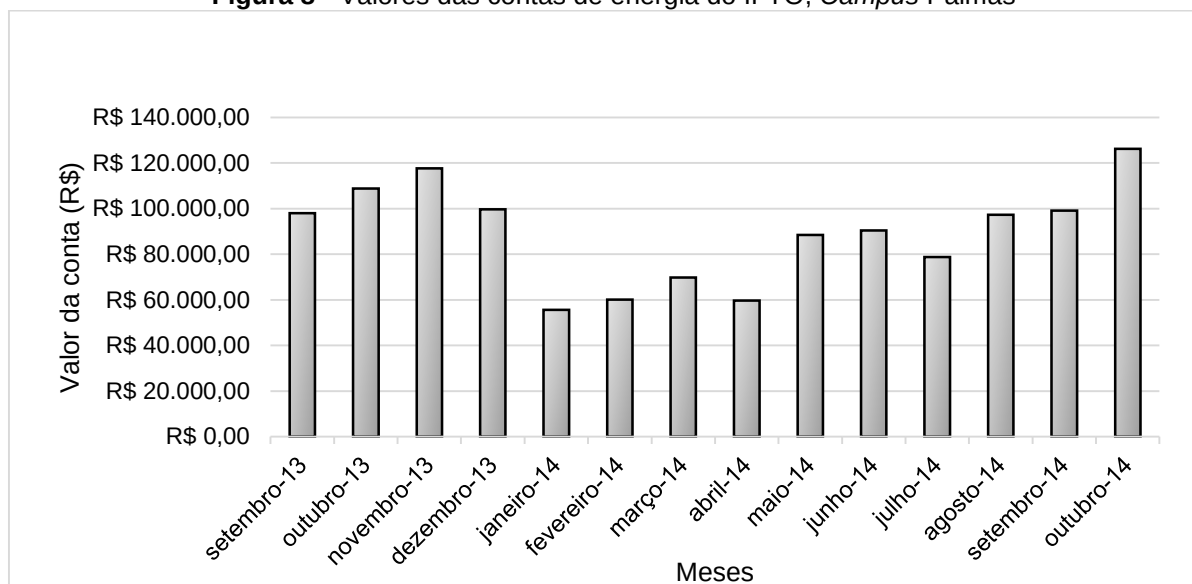
Fonte: Acervo dos autores

Também foram feitos levantamentos nos quadros de distribuição e na iluminação das salas de aula. Nos quadros de distribuição, este foi apenas visual, para conhecer o estado de conservação e localização, bem como as proteções e os circuitos elétricos dos condicionadores de ar e da iluminação de cada sala. Já o levantamento da iluminação das salas de aula contemplou:

- I. Modelo e quantidade de luminárias por salas;
- II. Tipo e quantidade de lâmpada por luminária;
- III. Quantidade de interruptores em cada sala.

O levantamento também contemplou a verificação das contas de energia elétrica do IFTO, *Campus* Palmas de setembro de 2013 a outubro de 2014, para constatar o consumo de energia elétrica na edificação. Os valores podem ser vistos no gráfico da **Figura 8**.

Figura 8 - Valores das contas de energia do IFTO, *Campus* Palmas



Fonte: Acervo dos autores

3.4 Procedimento adotados durante a coleta de dados

Os dados foram cuidadosamente analisados, conferidos e feitas as devidas adequações, como a tabulação da planilha, por exemplo. Já os dados inerentes aos cálculos, tanto semanais como mensais, obedeceram às seguintes etapas:

- I. Coleta de dados durante cinco semanas, sendo cinco dias por semana; e, em seguida, fez-se a média semanal; para tanto, considerou-se cada mês com 4,35 semanas. Para chegar a este valor, foram divididos os 365 dias do ano por 7, onde encontrou aproximadamente 52 semanas por ano; já para

encontrar a quantidade de semanas por mês, dividiram-se as 52 semanas por 12.

- II. Realizaram-se 8 visitas diárias em cada sala, sendo 2 no período matutino, 1 no intervalo do período matutino para o vespertino (intervalo 1), 2 no período vespertino, 1 no intervalo do período vespertino para o noturno (intervalo 2) e 2 no período noturno. Como são 39 salas e a coleta se deu durante 25 dias, então durante os 25 dias foram realizadas 7.800 visitas;
- III. Fez-se a média ponderada dos horários para chegar em uma média de 53,5 minutos cada aula; isso foi necessário por causa da diversidade de horário das aulas, ou seja, havia aulas de 60, 55, 50, 45 e 40 minutos e os intervalos 70 e 40 minutos, respectivamente;
- IV. Dividiram-se todas as salas, para em seguida agrupá-las, conforme suas características, ou seja, salas com a mesmas cargas térmicas e com o mesmo espaço físico. As salas também foram agrupadas conforme a utilização dos seus equipamentos, como:
 - a. As que estavam com o(s) condicionador(es) e iluminação ligado(s) (CAI);
 - b. As que estavam somente o(s) condicionador(es) ligado(s) (CA);
 - c. As que estavam somente com a iluminação ligada (I).

Sendo assim, só foram anotadas as salas que se encontravam em condição ociosa e que o(s) condicionador(es) e/ou a iluminação estava(m) ligado(s) no momento de cada visita conforme a **Tabela 3**;
- V. Padronizaram-se os horários das verificações, os quais eram iniciadas, aproximadamente, sempre às 8h, 10h, 12h15min, 14h, 16h, 18h15min, 19h15min e 21h10;
- VI. Classificaram-se os horários, conforme cobrança tarifária, ou seja, horário de ponta e horário fora de ponta, sendo que as verificações realizadas entre 18h e 21h foram calculadas como sendo de horário de Ponta (P), as demais foram calculadas como sendo horário Fora de Ponta (FP).

3.5 Desenvolvimentos dos cálculos

Os cálculos foram feitos levando-se em consideração a quantidade de horas semanais que cada sala ficou em funcionamento. Portanto, todas as salas que se encontravam sem uso e com a iluminação e/ou os condicionadores de ar ligados foram anotadas e quantificadas. Logo, em posse das anotações, foi possível tabular os dados e, conseqüentemente, saber a quantidade de vezes em que as salas ficaram ociosas, conforme mostra a **Tabela 3**.

Na sequência, com o uso de Tabela eletrônica, foi possível converter todos os horários, a fim de conhecer horário de ponta e fora de ponta, ou seja, como já eram conhecidos os horários reais de cada coleta, foi possível fazer o levantamento do consumo em cada período e horário. Após a separação dos dados, foi feita a média semanal da quantidade de vezes em que o evento ocorreu: o mesmo foi multiplicado por 53,5 minutos e, na sequência, dividiu-se por 60 minutos. Logo, encontrou-se a quantidade de horas média que cada sala desperdiçou energia, durante a semana, chegando-se, assim, aos dados da **Tabela 5**.

Tabela 5 - Consumo em horário ocioso

SALAS	CONSUMO DOS CONDICIONADORES (kWh/mês)	CONSUMO DAS LÂMPADAS (kWh/mês)	FUNCIONAMENTO (h/semana)						CONSUMO TOTAL (kWh/semana)					
			FORA PONTA			PONTA			FORA PONTA			PONTA		
			ACI	AC	I	ACI	AC	I	ACI	AC	I	ACI	AC	I
504	84,00	16,32	0,17	0,58	0,15	0,42	0,10	0,37	2,76	8,09	0,40	7,02	1,47	1,00
505	40,90	16,32	0,26	0,62	0,01	0,46	0,43	0,00	2,46	4,24	0,03	4,41	2,93	0,00
506	84,00	16,32	0,33	0,55	0,01	0,67	0,22	0,00	5,47	7,70	0,04	11,18	3,12	0,00
507	40,90	16,32	0,30	0,59	0,00	0,40	0,50	0,00	2,90	4,01	0,00	3,78	3,38	0,00
508	84,00	16,32	0,28	0,59	0,02	0,25	0,61	0,03	4,63	8,32	0,06	4,11	8,61	0,08
509	84,00	16,32	0,07	0,00	0,82	0,25	0,13	0,51	1,15	0,00	2,24	4,26	1,78	1,39
510	40,90	16,32	0,23	0,66	0,00	0,37	0,52	0,00	2,20	4,51	0,00	3,57	3,53	0,00
511	40,90	16,32	0,32	0,56	0,01	0,62	0,27	0,00	3,08	3,82	0,03	5,95	1,82	0,00
512	84,00	16,32	0,23	0,45	0,21	0,18	0,31	0,40	3,78	6,33	0,58	2,98	4,37	1,09
513	40,90	16,32	0,29	0,59	0,01	0,53	0,36	0,00	2,76	4,03	0,03	5,02	2,49	0,00
515	81,80	32,64	0,80	0,09	0,00	0,76	0,13	0,00	15,22	1,28	0,00	14,58	1,74	0,00
516	92,00	32,64	0,73	0,17	0,00	0,62	0,27	0,00	15,08	2,54	0,00	12,82	4,21	0,00
517	92,00	32,64	0,59	0,31	0,00	0,58	0,31	0,00	12,16	4,70	0,00	12,08	4,76	0,00
518	92,00	32,64	0,56	0,33	0,00	0,69	0,21	0,00	11,61	5,10	0,00	14,25	3,16	0,00
519	92,00	32,64	0,59	0,30	0,00	0,85	0,04	0,00	12,35	4,56	0,00	17,75	0,57	0,00
520	92,00	32,64	0,39	0,50	0,00	0,76	0,13	0,00	8,18	7,63	0,00	15,88	1,95	0,00
521	92,00	32,64	0,68	0,21	0,00	0,83	0,06	0,00	14,16	3,22	0,00	17,25	0,94	0,00
522	92,00	32,64	0,50	0,39	0,00	0,78	0,08	0,04	10,37	6,02	0,00	16,11	1,19	0,21
523	105,20	32,64	0,61	0,28	0,00	0,78	0,12	0,00	14,08	4,89	0,00	17,81	2,04	0,00
524	106,20	32,64	0,68	0,21	0,00	0,67	0,22	0,00	15,78	3,71	0,00	15,47	3,95	0,00
701	45,80	16,32	0,28	0,56	0,06	0,76	0,09	0,04	2,88	4,24	0,16	7,85	0,68	0,12
706	31,80	16,32	0,27	0,56	0,06	0,69	0,14	0,07	2,19	2,97	0,16	5,50	0,73	0,19
710	157,80	32,64	0,74	0,16	0,00	0,67	0,22	0,00	23,35	4,10	0,00	21,23	5,86	0,00
711	157,80	32,64	0,59	0,30	0,00	0,78	0,12	0,00	18,64	8,01	0,00	24,61	3,06	0,00
712	157,80	32,64	0,69	0,20	0,00	0,84	0,00	0,06	21,82	5,37	0,00	26,53	0,00	0,30
713	157,80	32,64	0,57	0,32	0,00	0,68	0,21	0,00	18,06	8,48	0,00	21,70	5,47	0,00
714	157,80	32,64	0,57	0,32	0,00	0,77	0,08	0,04	18,08	8,47	0,00	24,44	2,13	0,22
715	157,80	32,64	0,65	0,24	0,00	0,72	0,17	0,00	20,58	6,40	0,00	22,86	4,51	0,00
802	157,80	32,64	0,39	0,46	0,04	0,32	0,57	0,00	12,43	12,01	0,24	10,19	15,01	0,00
902	40,90	16,32	0,31	0,59	0,00	0,47	0,42	0,00	2,91	4,00	0,00	4,49	2,87	0,00
903	40,90	16,32	0,43	0,46	0,00	0,62	0,27	0,00	4,07	3,17	0,00	5,95	1,82	0,00
904	40,90	16,32	0,51	0,38	0,00	0,35	0,54	0,00	4,91	2,57	0,00	3,34	3,69	0,00
905	101,60	32,64	0,51	0,38	0,00	0,38	0,51	0,00	11,40	6,47	0,00	8,55	8,63	0,00
906	101,60	32,64	0,55	0,34	0,00	0,49	0,40	0,00	12,35	5,75	0,00	10,97	6,79	0,00
907	101,60	32,64	0,41	0,48	0,00	0,51	0,35	0,00	9,21	8,13	0,00	11,40	5,93	0,00
908	101,60	32,64	0,65	0,24	0,00	0,36	0,54	0,00	14,63	4,03	0,00	7,98	9,06	0,00
1106	157,80	32,64	0,47	0,43	0,00	0,61	0,28	0,00	14,77	11,22	0,00	19,46	7,33	0,00
1107	157,80	32,64	0,23	0,64	0,02	0,55	0,24	0,10	7,26	16,84	0,12	17,59	6,34	0,52
1108	157,80	32,64	0,37	0,51	0,00	0,55	0,34	0,00	11,76	13,40	0,00	17,57	8,90	0,00

Legenda: (CAI) Condicionador de ar e iluminação; (CA) Condicionador de ar; (I) Iluminação.

Fonte: Acervo dos autores

Para os cálculos do consumo dos condicionadores de ar, foram usados os critérios, com base nos resultados do ciclo normatizado pelo INMETRO, que são de 1 hora por dia, durante um mês (INMETRO, 2014), conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Consumo de energia elétrica dos condicionadores de ar

QUANTIDADE	MARCA	CAPACIDADE (BTU)	TIPO	CLASSIFICAÇÃO	POTÊNCIA (W)	TENSÃO (V)	CORRENTE (A)	CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mês)*	CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mês)**
1	SAMSUNG	18.000	SPLIT / INVERTER	A	1.514	220	7,60	31,8	50,9
1	ELECTROLUX	18.000	JANELA	D	2.183	220	9,90	45,8	73,3
10	CARRIER	22.000	SPLIT / INVERTER	A	1.948	220	9,50	40,9	65,4
14	GREE	24.000	SPLIT	A	2.190	220	9,95	46,0	73,6
2	ELECTROLUX	24.000	SPLIT	C	2.504	220	11,50	52,6	84,1
8	MIDEA	24.000	SPLIT	C	2.420	220	11,20	50,8	81,2
1	FUJITSU	29.000	SPLIT / INVERTER	A	2.530	220	11,60	53,1	84,9
20	ELECTROLUX	36.000	SPLIT	C	3.757	220	17,50	78,9	126,2
5	RHEEM	36.000	SPLIT	D	4.000	220	21,50	84,0	134,3

Legenda:

(*) Consumo de Energia com base nos resultados do ciclo normalizado pelo INMETRO, de 1 hora por dia por mês (considerando o mês 30 dias).

(**) Consumo de Energia com base nos resultados do ciclo normalizado pelo INMETRO, de 1 hora por dia por mês (considerando o mês 22 dias).

Conhecendo o consumo de uma hora por dia, durante um mês, para converter para qualquer quantidade de dias e horas, foi feita uma regra de três simples. Primeiramente foi convertido para 1 hora por dia durante uma semana (5 dias) e, depois, foram convertidas as horas, também usando regra de três simples. Com isso, chegou-se ao valor médio do consumo semanal.

Para calcular o consumo da iluminação, foi considerado também como valor normalizado de 1 hora por dia, durante um mês; só que a iluminação, diferentemente dos condicionadores de ar, a partir do momento que são ligados já estão consumindo, e o condicionador de ar leva em consideração o tempo em que o compressor do mesmo está ligado, logo, para calcular o consumo das lâmpadas utilizou-se a equação 1, apresentada abaixo.

$$\text{Consumo}_{\text{kWh/período}} = \frac{\text{Potência} \times \text{dias} \times \text{horas}}{1000} \quad (1)$$

Para deixar mais claro como os cálculos foram realizados, segue o exemplo da sala nº 504, situada no bloco 5.

3.6 Cálculos do desperdício só com o condicionador de ar ligado (CA)

Dados:

- Potência nominal do condicionador de ar: **4000 W**;
- Consumo: **84,0 kWh/mês** (1 hora por dia durante 30 dias) conforme dados do Inmetro (INMETRO, 2014) disponível na **Tabela 6**;
- Quantidade de horas (média semanal) que a sala permaneceu com o condicionador de ar ligado no horário de Ponta: **0,10 horas** conforme **Tabela 5**;
- Quantidade de horas (média semanal) que a sala permaneceu com o condicionador de ar ligado no horário Fora de Ponta: **0,58 horas** conforme **Tabela 5**.

Convertendo o consumo para 5 dias, encontra se:

$$\frac{30 \text{ dias} \rightarrow 84,0 \text{ kWh}}{5 \text{ dias} \rightarrow X} \Rightarrow X = \frac{84 \text{ kWh} \times 5 \text{ dias}}{30 \text{ dias}} \Rightarrow \mathbf{X \cong 14,00 \text{ kWh}}$$

Com a equação acima, concluiu-se que em 1 semana (5 dias), funcionando durante 1 hora por dia, o consumo do condicionador seria de **14,00 kWh/semana**. Só que o condicionador de ar só funcionou 0,58 horas no horário fora de ponta e 0,10 na ponta, conforme foi analisado. Logo, é necessário refazer os cálculos, considerando esses horários.

Logo,

$$\begin{aligned} \textbf{Horário Fora de Ponta} \quad \frac{14,00 \text{ kWh} \rightarrow 1 \text{ h}}{X \rightarrow 0,58 \text{ h}} &\Rightarrow X = \frac{14,00 \text{ kWh} \times 0,58 \text{ h}}{1 \text{ h}} \\ &\Rightarrow \mathbf{X \cong 8,12 \text{ kWh}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textbf{Horário de Ponta} \quad \frac{14,00 \text{ kWh} \rightarrow 1 \text{ h}}{X \rightarrow 0,10 \text{ h}} &\Rightarrow X = \frac{14,00 \text{ kWh} \times 0,10 \text{ h}}{1 \text{ h}} \\ &\Rightarrow \mathbf{X \cong 1,4 \text{ kWh}} \end{aligned}$$

Portanto, conclui-se que, em uma semana (5 dias), funcionando durante 0,58 horas no horário fora de ponta e 0,10 no horário de ponta, o consumo do condicionador foi de **8,12 kWh/semana** e **1,40 kWh/semana**, respectivamente.

Para chegar ao valor em espécie deste consumo, primeiramente foi necessário obter alguns dados como: tipo de tarifa adotado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus* Palmas; valor da tarifa de energia e os impostos. Todos os dados foram obtidos através da conta de energia elétrica referente ao mês de outubro de 2014, conforme a **Figura 9**.

Figura 9 - Dados da conta de energia do IFTO Campus Palmas

10/2014		27/10/2014
Dados da U.C.		Dados do Contrato
Classe: Poder Publico		Demanda(kW): 640
SubClasse: Federal - Servicos Publicos - Dir.		Demanda Ponta(kW):
Tipo de Tarifa: Horo-Sazonal Verde		Demanda Fora Ponta(kW):
Grupo de Tensão: A 4		Demanda Reserva Cap. F. Ponta(kW):
Fase: Trifasico		Demanda Reserva Cap. Ponta(kW):
Local: 0122		Demanda de Geração:
Etapa / Livro / Seq: 02 / 122300 / 36		Demanda de Distrib. Ponta(kW):
Perdas de Transformações (%): 0		Demanda de Distrib. F. Ponta(kW):
Tensão Contratada (V): 13800		Consumo Ponta(kWh):
Limites Tensão (V): 12834 a 14490		Consumo Fora Ponta(kWh):
Tributos	Base de Cálculo (R\$)	Alíquota (%)
ICMS	132.211,16	25,00000
COFINS	132.211,16	2,79940
PIS	132.211,16	0,60630

Fonte: Celtins

De posse dos dados, iniciaram-se os cálculos da tarifação da energia, utilizando-se a equação 2. Mais detalhe em (GUEDES, 2011) usando como tipo de tarifa a hora sazonal verde e valor da tarifa, conforme dados da distribuidora de energia local, Celtins (CELTINS, 2014).

$$P_{CONSUMO} = (TCP \times CMP) + (TCFP \times CMFP) \quad (2)$$

Onde:

- CMFP é o consumo medido no horário fora de ponta;
- CMP é o consumo medido no horário de ponta;
- $P_{consumo}$ é o preço a pagar pelo consumo;
- TCFP é a tarifa de consumo no horário fora de ponta;
- TCP é a tarifa de consumo no horário de ponta.

Logo,

$$P_{CONSUMO} = (TCP \times CMP) + (TCFP \times CMFP) \Rightarrow$$

$$P_{CONSUMO} = (1,88218 \times 1,4) + (0,18275 \times 8,12) \Rightarrow$$

$$P_{CONSUMO} \cong \text{R\$ 4,12}$$

Com esse valor, calculam-se os impostos (ANEEL, 2013), que são: 25% de ICMS, 2,79940% de COFINS e 0,60630% de PIS, alíquotas referentes a conta de energia do mês de outubro de 2014. Os cálculos foram realizados com o auxílio da equação 3.

$$P_{CONSUMO+IMPOSTOS} = \left(\frac{P_{CONSUMO}}{1 - (ICMS + COFINS + PIS)} \right) \quad (3)$$

$$P_{CONSUMO+IMPOSTOS} = \left(\frac{4,12}{1 - (25\% + 2,79940\% + 0,60630\%)} \right) \Rightarrow$$

$$P_{CONSUMO+IMPOSTOS} \cong \text{R\$ 5,75}$$

Com isso, chegou-se ao desperdício semanal do condicionador de ar da sala nº 504, situada no bloco 5, que foi de aproximadamente R\$ 5,75. Os cálculos foram realizados da mesma maneira para todas as demais salas de aula

3.7 Cálculos do desperdício só com iluminação ligada (I)

Para o cálculo da iluminação, primeiramente, encontrou-se a potência nominal, que é de 544 W. Contando a quantidade de lâmpadas e os respectivos reatores na sala, consideramos todas as lâmpadas de 32 W, consideramos também os reatores como sendo eletrônicos e com perdas média de 4 W conforme (COPEL, 2005). Logo, a sala 504 possui 8 luminárias com duas lâmpadas e um reator cada. Os dados referentes a carga instalada nas salas de aula do IFTO, *Campus* Palmas, podem ser vistos na **Tabela 2**.

Para processar os cálculos utilizaram-se os seguintes dados:

- Potência nominal da Iluminação: **544 W**;
- Quantidade de horas (média semanal) que a sala permaneceu com a iluminação ligada no horário de ponta: **0,37 horas** conforme **Tabela 5**;
- Quantidade de horas (média semanal) que a sala permaneceu com a iluminação ligada no horário fora de ponta: **0,15 horas** conforme **Tabela 5**.

Veja a seguir a formula para o cálculo da potência:

$$\text{Potência} = ((32 \times 2) + 4) \times 8 \Rightarrow \text{Potência} = \mathbf{544 \text{ W}}$$

Agora, utilizando a equação 1, para calcular o valor do consumo semanal, no horário de ponta e fora de ponta.

$$\text{Consumo}_{\text{kWh/semana}} = \frac{\text{Potência} \times \text{dias} \times \text{horas}}{1000} \Rightarrow$$

$$\text{Consumo}_{\text{kWh/semana}} = \frac{544 \times 5 \times 0,37}{1000} \Rightarrow$$

$$\text{Consumo}_{\text{kWh/semana}} \cong \mathbf{1,01 \text{ kWh/semana (horário de ponta)}}$$

$$\text{Consumo}_{\text{kWh/semana}} = \frac{544 \times 5 \times 0,15}{1000} \Rightarrow$$

$$\text{Consumo}_{\text{kWh/semana}} \cong \mathbf{0,41 \text{ kWh/semana (horário fora de ponta)}}$$

O valor do consumo, conforme a equação 2 fica da seguinte forma:

$$P_{\text{CONSUMO}} = (\text{TCP} \times \text{CMP}) + (\text{TFCP} \times \text{CMFP}) \Rightarrow$$

$$P_{\text{CONSUMO}} = (1,88218 \times 1,01) + (0,18275 \times 0,41) \Rightarrow$$

$$P_{CONSUMO} \cong \text{R\$ } 1,98$$

Incluindo os impostos, conforme feito com os condicionadores de ar, temos:

$$P_{CONSUMO+IMPOSTOS} = \left(\frac{1,98}{1 - (25\% + 2,79940\% + 0,60630\%)} \right) \Rightarrow$$

$$P_{CONSUMO+IMPOSTOS} \cong \text{R\$ } 2,77$$

Com isso, chegou-se ao desperdício semanal da iluminação da sala nº 504, que foi de, aproximadamente, R\$ 2,77, ou seja, a sala em questão desperdiçou R\$ 2,77 por semana com a iluminação. Os cálculos foram realizados da mesma maneira para todas as demais salas de aula.

3.8 Cálculos do desperdício com ambos, condicionador de ar e iluminação ligados (CAI)

Dados:

- Consumo do condicionador de ar: **84,0 kWh/mês** (1 hora por dia durante 30 dias) conforme dados do Inmetro (INMETRO, 2014) disponível na **Tabela 6**;
- Potência nominal da Iluminação: **544 W** conforme **Tabela 2**;
- Quantidade de horas (média semanal) que a sala permaneceu com o condicionador de ar e a iluminação ligada no horário de ponta: **0,42 horas** conforme **Tabela 5**;
- Quantidade de horas (média semanal) que a sala permaneceu com o condicionador de ar e a iluminação ligadas no horário fora de ponta: multiplicamos por 53,5 minutos.

Convertendo o consumo do condicionador de ar para 5 dias por mês, encontra-se:

$$\frac{30 \text{ dias} \rightarrow 84,0 \text{ kWh}}{5 \text{ dias} \rightarrow X} \Rightarrow X = \frac{84 \text{ kWh} \times 5 \text{ dias}}{30 \text{ dias}} \Rightarrow X \cong 14,00 \text{ kWh}$$

Com a equação acima, conclui-se que, em uma semana (5 dias), funcionando durante 1 hora por dia, o consumo do condicionador seria de **14,00 kWh/semana**. Só que o condicionador de ar só funcionou 0,17 horas no horário Fora de Ponta e 0,42 na Ponta conforme análises; logo, foi necessário refazer os cálculos considerando esses horários.

$$\textbf{Horário Fora de Ponta} \quad \frac{14,00 \text{ kWh} \rightarrow 1 \text{ h}}{X \rightarrow 0,17 \text{ h}} \Rightarrow X = \frac{14,00 \text{ kWh} \times 0,17 \text{ h}}{1 \text{ h}} \Rightarrow$$

$$X \cong 2,38 \text{ kWh}$$

$$\textbf{Horário de Ponta} \quad \frac{14,00 \text{ kWh} \rightarrow 1 \text{ h}}{X \rightarrow 0,42 \text{ h}} \Rightarrow X = \frac{14,00 \text{ kWh} \times 0,42 \text{ h}}{1 \text{ h}} \Rightarrow$$

$$X \cong 5,88 \text{ kWh}$$

Portanto, concluiu-se que, em 1 semana (5 dias), funcionando durante 0,17 horas no horário fora de ponta e 0,42 no horário de ponta o consumo do condicionador foi de **2,38 kWh/semana** e **5,88 kWh/semana**, respectivamente.

Utilizando a equação 1, para calcular o valor do consumo semanal, no horário de ponta e fora de ponta da iluminação, como demonstrado a seguir.

$$\text{Consumo}_{\text{kWh/semana}} = \frac{\text{Potência} \times \text{dias} \times \text{horas}}{1000} \Rightarrow$$

$$\text{Consumo}_{\text{kWh/semana}} = \frac{544 \times 5 \times 0,42}{1000} \Rightarrow$$

$$\text{Consumo}_{\text{kWh/semana}} \cong 1,14 \text{ kWh/semana} \textbf{ (horário de ponta)}$$

$$\text{Consumo}_{\text{kWh/semana}} = \frac{544 \times 5 \times 0,17}{1000} \Rightarrow$$

$$\text{Consumo}_{\text{kWh/semana}} \cong 0,46 \text{ kWh/semana} \textbf{ (horário fora de ponta)}$$

O valor do consumo do condicionador de ar e da iluminação, foi calculado conforme a equação 2.

$$P_{CONSUMO} = (TCP \times CMP) + (TCFP \times CMFP) \Rightarrow$$

$$P_{CONSUMO} = (1,88218 \times (5,88 + 1,14)) + (0,18275 \times (2,38 + 0,46)) \Rightarrow$$

$$P_{CONSUMO} \cong \text{R\$ } 13,73$$

Agora, incluindo os impostos os cálculos ficam da seguinte forma:

$$P_{CONSUMO+IMPOSTOS} = \left(\frac{13,73}{1 - (25\% + 2,79940\% + 0,60630\%)} \right) \Rightarrow$$

$$P_{CONSUMO+IMPOSTOS} \cong \text{R\$ } 19,17$$

Com isso, chegou-se ao desperdício semanal do condicionador de ar e da iluminação da sala nº 504, que foi de, aproximadamente R\$ 19,17. Os cálculos foram realizados da mesma maneira para todas as demais salas de aula.

3.9 Cálculo Total do Desperdício

Para chegar ao total do desperdício na sala 504, calculou-se separadamente o desperdício só com o condicionador de ar ligado; depois, calculou-se, separadamente, só com a iluminação ligada, e por último calculou-se o desperdício com a iluminação e com o condicionador de ar ligados na referida sala. Com isso, chegou-se aos valores aproximados:

- Só condicionador de ar R\$ 5,75 (CA);
- Só iluminação R\$ 2,77(I);

- Condicionador e iluminação R\$ 19, 17 (CAI);
- Valor total R\$ 27,69.

A **Tabela 7** traz os resultados dos cálculos, porém, com pequena divergência de valores, em virtude da utilização das casas decimais, haja vista que ela foi desenvolvida com recurso eletrônico.

Tabela 7 - Desperdício mensal por sala de aula

SALAS	CONSUMO TOTAL (kWh/semana)		VALOR DO DESPERDÍCIO MENSAL SEM IMPOSTOS (R\$)			VALOR DO DESPERDÍCIO MENSAL COM IMPOSTOS (R\$)		
	NA PONTA	FORA DA PONTA	NA PONTA	FORA DA PONTA	TOTAL	NA PONTA	FORA DA PONTA	TOTAL
504	9,48	11,26	R\$ 77,56	R\$ 8,94	R\$ 86,50	R\$ 108,33	R\$ 12,48	R\$ 120,81
505	7,34	6,73	R\$ 60,00	R\$ 5,35	R\$ 65,34	R\$ 83,80	R\$ 7,47	R\$ 91,27
506	14,30	13,20	R\$ 116,97	R\$ 10,49	R\$ 127,46	R\$ 163,38	R\$ 14,65	R\$ 178,03
507	7,16	6,91	R\$ 58,53	R\$ 5,48	R\$ 64,01	R\$ 81,75	R\$ 7,66	R\$ 89,41
508	12,81	13,00	R\$ 104,73	R\$ 10,33	R\$ 115,06	R\$ 146,28	R\$ 14,42	R\$ 160,71
509	7,43	3,39	R\$ 60,76	R\$ 2,69	R\$ 63,45	R\$ 84,86	R\$ 3,76	R\$ 88,62
510	7,10	6,70	R\$ 58,03	R\$ 5,32	R\$ 63,35	R\$ 81,05	R\$ 7,44	R\$ 88,49
511	7,78	6,92	R\$ 63,60	R\$ 5,49	R\$ 69,09	R\$ 88,83	R\$ 7,67	R\$ 96,50
512	8,44	10,70	R\$ 69,05	R\$ 8,49	R\$ 77,54	R\$ 96,44	R\$ 11,86	R\$ 108,30
513	7,51	6,82	R\$ 61,43	R\$ 5,41	R\$ 66,85	R\$ 85,81	R\$ 7,56	R\$ 93,37
515	16,31	16,50	R\$ 133,43	R\$ 13,10	R\$ 146,52	R\$ 186,36	R\$ 18,30	R\$ 204,66
516	17,03	17,62	R\$ 139,28	R\$ 13,99	R\$ 153,28	R\$ 194,55	R\$ 19,54	R\$ 214,09
517	16,84	16,86	R\$ 137,69	R\$ 13,38	R\$ 151,08	R\$ 192,32	R\$ 18,70	R\$ 211,02
518	17,40	16,71	R\$ 142,33	R\$ 13,27	R\$ 155,61	R\$ 198,81	R\$ 18,54	R\$ 217,34
519	18,32	16,91	R\$ 149,84	R\$ 13,42	R\$ 163,26	R\$ 209,29	R\$ 18,75	R\$ 228,04
520	17,83	15,82	R\$ 145,82	R\$ 12,56	R\$ 158,38	R\$ 203,68	R\$ 17,54	R\$ 221,22
521	18,19	17,38	R\$ 148,75	R\$ 13,80	R\$ 162,56	R\$ 207,77	R\$ 19,28	R\$ 227,05
522	17,51	16,39	R\$ 143,18	R\$ 13,01	R\$ 156,19	R\$ 199,99	R\$ 18,18	R\$ 218,16
523	19,85	18,97	R\$ 162,36	R\$ 15,06	R\$ 177,42	R\$ 226,78	R\$ 21,04	R\$ 247,82
524	19,42	19,49	R\$ 158,83	R\$ 15,48	R\$ 174,31	R\$ 221,85	R\$ 21,62	R\$ 243,47
701	8,65	7,27	R\$ 70,73	R\$ 5,78	R\$ 76,51	R\$ 98,80	R\$ 8,07	R\$ 106,87
706	6,41	5,32	R\$ 52,46	R\$ 4,23	R\$ 56,69	R\$ 73,28	R\$ 5,90	R\$ 79,18
710	27,09	27,45	R\$ 221,55	R\$ 21,80	R\$ 243,35	R\$ 309,45	R\$ 30,45	R\$ 339,90
711	27,67	26,65	R\$ 226,29	R\$ 21,16	R\$ 247,45	R\$ 316,07	R\$ 29,55	R\$ 345,63
712	26,84	27,19	R\$ 219,48	R\$ 21,59	R\$ 241,07	R\$ 306,56	R\$ 30,16	R\$ 336,71
713	27,17	26,55	R\$ 222,21	R\$ 21,08	R\$ 243,29	R\$ 310,37	R\$ 29,44	R\$ 339,82
714	26,79	26,55	R\$ 219,14	R\$ 21,08	R\$ 240,22	R\$ 306,09	R\$ 29,45	R\$ 335,53
715	27,37	26,98	R\$ 223,84	R\$ 21,42	R\$ 245,26	R\$ 312,64	R\$ 29,92	R\$ 342,57
802	25,20	24,67	R\$ 206,07	R\$ 19,59	R\$ 225,67	R\$ 287,84	R\$ 27,37	R\$ 315,20
902	7,36	6,91	R\$ 60,18	R\$ 5,49	R\$ 65,66	R\$ 84,06	R\$ 7,66	R\$ 91,72
903	7,78	7,24	R\$ 63,60	R\$ 5,75	R\$ 69,34	R\$ 88,83	R\$ 8,03	R\$ 96,86
904	7,03	7,48	R\$ 57,50	R\$ 5,94	R\$ 63,44	R\$ 80,32	R\$ 8,29	R\$ 88,61
905	17,18	17,87	R\$ 140,49	R\$ 14,19	R\$ 154,68	R\$ 196,23	R\$ 19,82	R\$ 216,05
906	17,77	18,10	R\$ 145,31	R\$ 14,37	R\$ 159,68	R\$ 202,96	R\$ 20,08	R\$ 223,03
907	17,33	17,34	R\$ 141,75	R\$ 13,77	R\$ 155,51	R\$ 197,98	R\$ 19,23	R\$ 217,21
908	17,04	18,66	R\$ 139,36	R\$ 14,81	R\$ 154,17	R\$ 194,65	R\$ 20,69	R\$ 215,34
1106	26,79	25,98	R\$ 219,07	R\$ 20,63	R\$ 239,70	R\$ 305,98	R\$ 28,82	R\$ 334,80
1107	24,46	24,22	R\$ 200,01	R\$ 19,23	R\$ 219,24	R\$ 279,36	R\$ 26,86	R\$ 306,22
1108	26,46	25,16	R\$ 216,42	R\$ 19,98	R\$ 236,40	R\$ 302,28	R\$ 27,91	R\$ 330,19

Fonte: Acervo dos autores

3.10 Análise de variabilidade

Os cálculos foram realizados com dados amostrais, ou seja, todas as salas de aula foram analisadas, só que não o foram em todos os horários. Sendo assim, foi necessário calcular a margem de erro do valor do desperdício encontrado. Primeiramente, fez-se o cálculo da dispersão ou variabilidade dos dados em termos relativos a seu valor médio (CRESPO, 2009), medida denominada de coeficiente de variação (CV), conforme equação 4.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

- s é o desvio padrão da amostra;
- $\bar{x}$ é a média dos valores médios.

O cálculo do coeficiente de variação do horário de ponta e fora de ponta, foi feita conforme os dados da segunda e terceira colunas da **Tabela 7**.

$$\text{Horário de ponta} \quad CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \Rightarrow CV = \frac{7,44}{16,42} \times 100 \Rightarrow CV = 45,31\%$$

$$\text{Horário fora de ponta} \quad CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \Rightarrow CV = \frac{7,53}{16,05} \times 100 \Rightarrow CV = 46,91\%$$

Logo, como o coeficiente de variação é maior que 30% ($CV > 30\%$), diz-se que os dados possuem alta dispersão (CRESPO, 2009).

3.11 Análise de estimação da média de consumo

A análise da média de consumo é estimada pelo seu erro padrão. Assim, o erro padrão avalia a precisão do cálculo da média populacional, o qual é dado pela equação 5.

$$e = t_{\frac{\alpha}{2}} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Onde:

- e é o erro da amostra;
- $t_{\frac{\alpha}{2}}$ é a distribuição t de *student* para intervalo de confiança de 95% e grau de liberdade $\alpha = n-1$;
- s é o desvio padrão da amostra;
- n é o número de amostras.

O cálculo do erro padrão no horário de ponta e fora de ponta foi realizado com a média do consumo de todas as 39 salas analisadas. Para tanto, utilizou-se $t_{\frac{\alpha}{2}}$ de 2,0244, que nos dá um intervalo de confiança de 95% (RODRIGO, 2013). Substituindo os valores citados, encontra-se:

$$\begin{aligned} \text{Horário de ponta} \quad e &= t_{\frac{\alpha}{2}} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \Rightarrow e = 2,0244 \times \frac{7,44}{\sqrt{39}} \Rightarrow \\ e &\cong 2,41 \text{ kWh/Semana (por sala)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Horário fora de ponta} \quad e &= t_{\frac{\alpha}{2}} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \Rightarrow e = 2,0244 \times \frac{7,53}{\sqrt{39}} \Rightarrow \\ e &\cong 2,44 \text{ kWh/Semana (por sala)} \end{aligned}$$

Com isso, pode-se afirmar com um grau de 95% de confiabilidade que o consumo de energia, representado por μ , em média, no horário de ponta, pode variar para mais ou para menos 2,41 kWh/semana, enquanto que no horário fora de

ponta esta variação é de no máximo de 2,44 kWh/semana, como pode ser visto abaixo:

$$\bar{x} - e < \mu_{\text{Horário de ponta}} < \bar{x} + e$$

$$16,42 - 2,41 < \mu_{\text{Horário de ponta}} < 16,42 + 2,41$$

$$14,01 \text{ kWh/Semana} < \mu_{\text{Horário de ponta}} < 18,83 \text{ kWh/Semana}$$

$$\bar{x} - e < \mu_{\text{Horário fora de ponta}} < \bar{x} + e$$

$$16,05 - 2,44 < \mu_{\text{Horário fora de ponta}} < 16,05 + 2,44$$

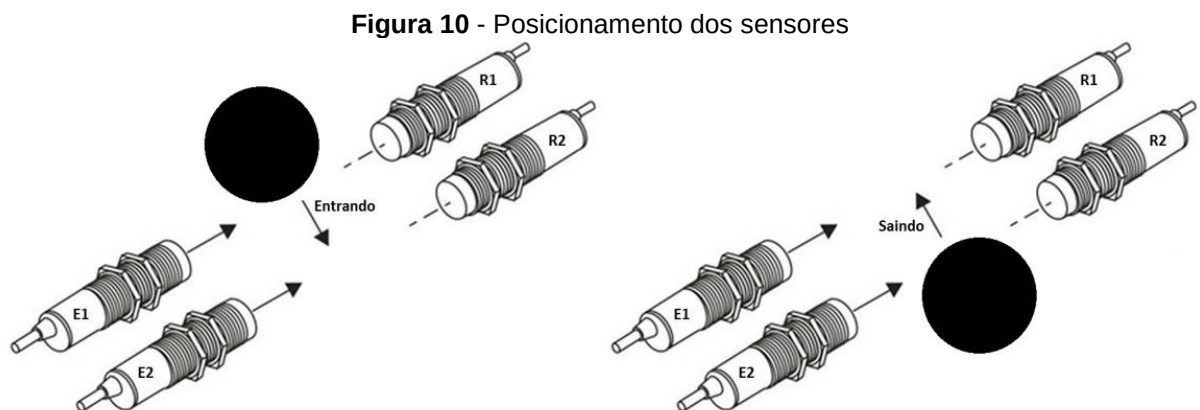
$$13,61 \text{ kWh/Semana} < \mu_{\text{Horário fora de ponta}} < 18,49 \text{ kWh/Semana}$$

Com isso, pode-se afirmar que a variação do consumo no horário de ponta está entre 14,01 e 18,83 kWh/semana e no horário fora de ponta, está entre 13,61 e 18,49.

4 DESENVOLVIMENTO E SIMULAÇÃO DA AUTOMAÇÃO ATRAVÉS DE PROGRAMAS COMPUTACIONAIS E EM UM PROTÓTIPO

4.1 Funcionalidade

Antes de discorrer sobre a funcionalidade do sistema, é bom que se saiba que a contagem de pessoas que entram e saem da sala de aula, a qual será mencionada nos parágrafos seguintes, só é possível, graças ao posicionamento dos sensores ópticos de barreira, como pode ser visto na **Figura 10**.



Fonte: Acervo dos autores

Este posicionamento faz com que, ao passar na sequência sensor R1 e sensor R2, o sistema seta e incrementa um na contagem; já na sequência sensor R2 e sensor R1 o sistema reseta e decrementa um na contagem. É bom que se saiba também, que esta automação tem como função ligar e desligar os circuitos de condicionadores de ar e iluminação das salas de aula do IFTO *Campus* Palmas. Portanto, ela atuará na energização e desenergização desses circuitos, conforme as descrições a seguir:

I. Função liga para a iluminação

- Esta se dá imediatamente quando uma pessoa entrar na sala de aula passando pela porta.

II. Função desliga para a Iluminação

- Esta se dá 5 minutos após todas as pessoas deixarem a sala de aula;

III. Função liga para condicionador de ar

- Esta se dá dentro da programação horária preestabelecida e quando tiver 2 pessoas dentro da sala de aula e estas permanecerem por um tempo igual a 3 minutos, sendo que a porta não pode estar aberta por um tempo igual a 5 minutos contínuos.

IV. Função Desliga para Condicionador de ar

- Esta se dá 5 minutos após a condição de ligar não for mais satisfeita, ou seja, ter menos de 2 pessoas no interior da sala, ou se a porta ficar aberta por um tempo igual a 5 minutos contínuos.

É bom ressaltar que a porta da sala de aula fecha-se, automaticamente, movida por um braço mecânico. A **Tabela 8** ilustra a lógica das funções básicas da automação.

Tabela 8 - Lógica de funcionamento do sistema de automação

PORTA	PESSOAS	ILUMINAÇÃO	CONDICIONADO DE AR	SITUAÇÃO
1	0	0	0	A
0	1	1	0	B
1	2	1	1	C
0	2	1	0	D
1	2	1	1	E
1	0	0	0	F

Fonte: Acervo dos autores

- A- Estado normal, porta fechada, condicionador de ar e iluminação desligado;
- B- Ao entrar 1 pessoa, liga iluminação;
- C- Após entrarem duas pessoas na sala e permanecerem por 3 minutos, ligar condicionador de ar;
- D- Porta ficou aberta por tempo de 5 minutos desligar condicionador de ar;
- E- Porta fechada com 2 pessoas no interior da sala, contar tempo de 3 minutos, ligar condicionador de ar;
- F- Sem a presença de pessoas no interior da sala por um tempo de 5 minutos, desligar condicionador de ar e iluminação.

Para que o sistema possa executar tal funcionalidade, como descrito anteriormente, é necessário instalar 2 sensores ópticos de barreira na porta. A **Figura 18** dá uma ideia de como ficarão posicionados estes sensores: eles devem estar posicionados de maneira tal, como ilustrado na 10, que, ao entrar uma pessoa na sala, o programa incrementasse 1 na contagem, e quando a pessoas saíssem da sala, o programa decrementasse 1. A programação em ladder traz esta lógica de contagem, como pode ser visto na seção programação abaixo. Na hipótese de ocorrer um erro nesta contagem (sair 2 alunos juntos), fazendo com que a sala se encontre vazia e o sistema detectar que ainda tem uma ou mais pessoas no interior da sala, para evitar que o sistema fique ligado de forma inadequada devem ser instalados 4 sensores de presença em cada sala de aula. Como o sistema só desliga quando não houver pessoas na sala de aula, neste caso ele não irá desligar; é quando entra o sensor de presença, o qual se encarrega de zerar a contagem de pessoas que estava armazenada no contador do CLP, liberando o sistema para seu desligamento, impedindo que fique ligado de maneira inadequada. Isso faz com que a automação fique mais confiável quanto ao desligamento. Ver detalhe na seção programação.

Os circuitos de iluminação e condicionador de ar serão monitorados por sensores, acionados por dispositivos eletromecânicos, (contatores) e controlado por um CLP, (controlador lógico programável), tanto os contatores, como os sensores serão conectados aos circuitos, bem como ao CLP, via cabos. A **Figura 11** ilustra os principais componentes para a automação:

Figura 11 – Os principais componentes para a automação



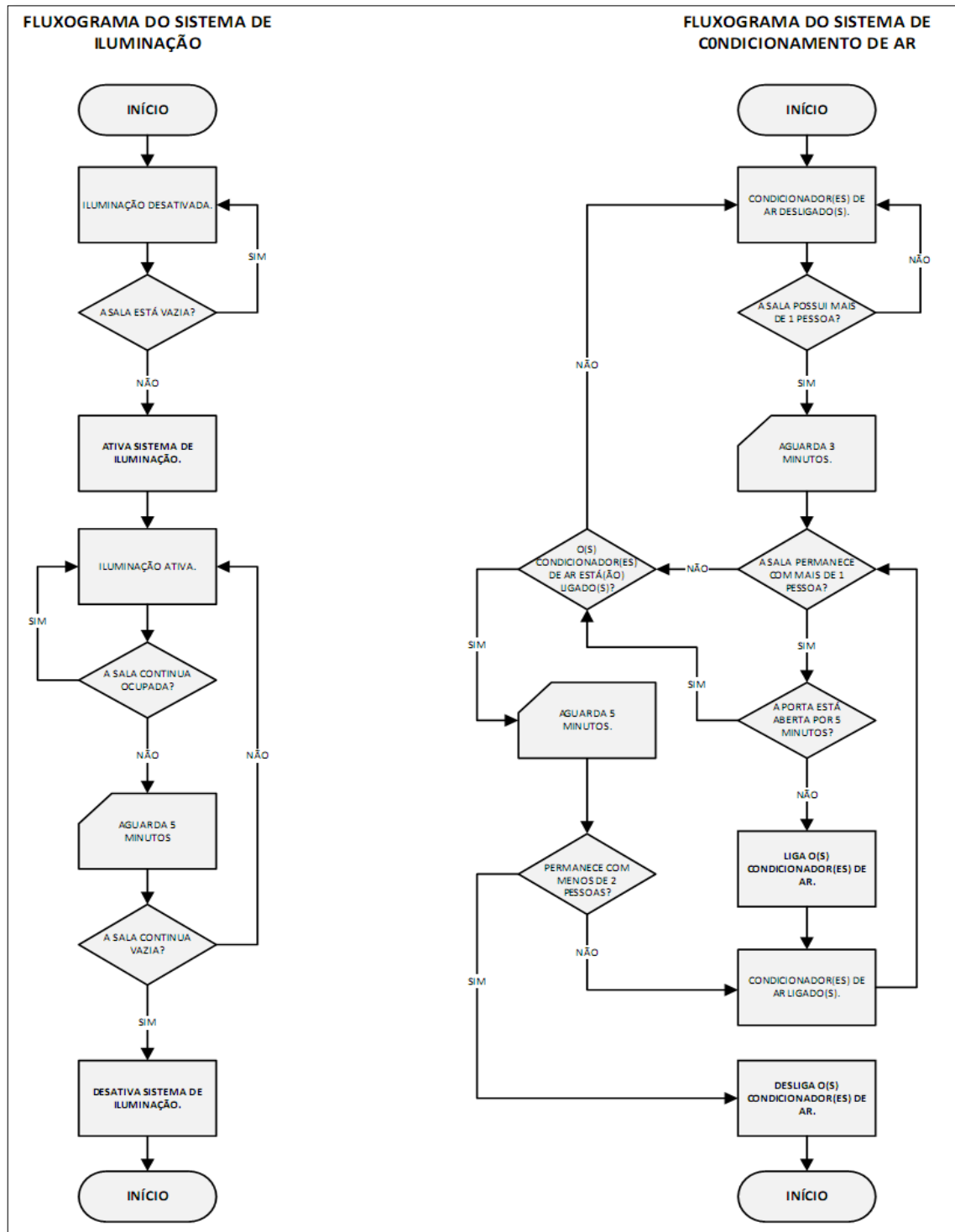
Fonte: Google imagem

A programação foi feita com a utilização de programas computacionais, já mencionados neste trabalho, e transferida para o CLP. As funções da programação foram testadas em um protótipo, o qual demonstrou uma ótima performance quanto à funcionalidade, ou seja, ele desempenhou todas as funções da programação. Portanto, atendeu todas expectativas. A **Figura 12** reforça a elucidação da conexão destes dispositivos, tanto dos sensores como dos atuadores ao CLP, já a funcionalidade da programação será apresentada nos fluxogramas da **Figura 13**, os quais trazem a funcionalidade do sistema de automação dos circuitos de iluminação e condicionador de ar.

4.2 Programação

Antes de discorrer sobre a programação do sistema, é importante definir o grau de automação proposto para os condicionadores de ar e a iluminação das salas de aula do IFTO, *Campus* Palmas. É sabido que o condicionador de ar é capaz de controlar a movimentação, a renovação, a temperatura, a umidade e a qualidade do ar de um ambiente, apesar de que o resultado desse processo seja, e sempre será, o ar condicionado, ou seja, uma vez ajustados os valores que se desejam dentro da faixa de variação escalar desses fatores, o equipamento sempre entregará o ar condicionado a uma temperatura prefixada, por exemplo. Haja vista que ele já é equipado com sensores, com serpentina e com termostato, os quais controlam tais funcionalidades. Sendo assim, o grau de automação proposto neste trabalho se limitará apenas em ligar e desligar os condicionadores de ar e a iluminação das salas de aula da referida instituição. Para tanto, ela atuará na energização e desenergização dos circuitos dos referidos equipamentos, como apresentados nos Fluxogramas na **Figura 13**, uma vez que a ênfase deste trabalho é com a utilização de forma racional desses equipamentos.

Figura 13 - Fluxogramas da funcionalidade do sistema



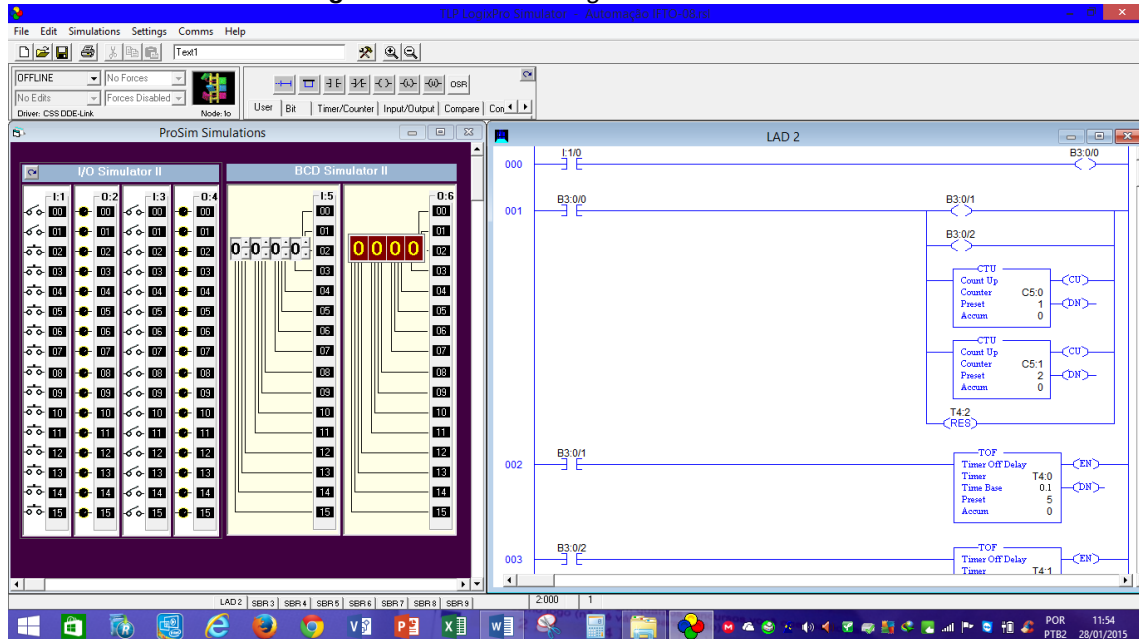
Fonte: Acervo dos autores

Para a montagem e simulação desse sistema foram usados três *softwares*, a saber: o *LogixPro 500 Simulator*® fornecido pela *TheLearningPit*, o *LOGO! Soft Comfort* (v.7.0) fornecido pela *Siemens* e por fim o *Clic Edit* (v.3.3) fornecido pela *WEG*. Os parágrafos que seguem trazem a sequência e a descrição dos programas utilizados, bem como toda programação em linguagem *ladder*.

4.2.1 *LogixPro 500 Simulator*®

O *software LogixPro 500 Simulator*® foi o primeiro a ser utilizado. Para isso, adquiriu-se uma versão de teste no site do fabricante, sendo que esta versão disponibilizada no site tem validade limitada de apenas quinze dias, ou seja, pode-se baixar e experimentar *LogixPro 500 Simulator*® em um modo de avaliação de quinze dias gratuitamente o *software*, porém, algumas funcionalidades como imprimir e salvar estão desativados nesta versão. Após o término da avaliação o *software* deixou de ser utilizado. Contudo, deve-se ressaltar que a versão de teste foi de grande valia para familiarização da linguagem *ladder* e as principais funções de um CLP, e conseqüentemente iniciar os primeiros passos na elaboração do projeto, ele também foi muito útil para as simulações e testes das funcionalidades do projeto, as quais se pretendiam quanto ao modelo de automação para os circuitos de condicionadores de ar e iluminação das salas de aula, a **Figura 14** mostra a interface do programa *LogixPro 500 Simulator*®.

Figura 14 - Interface LogixPro 500 Simulator®

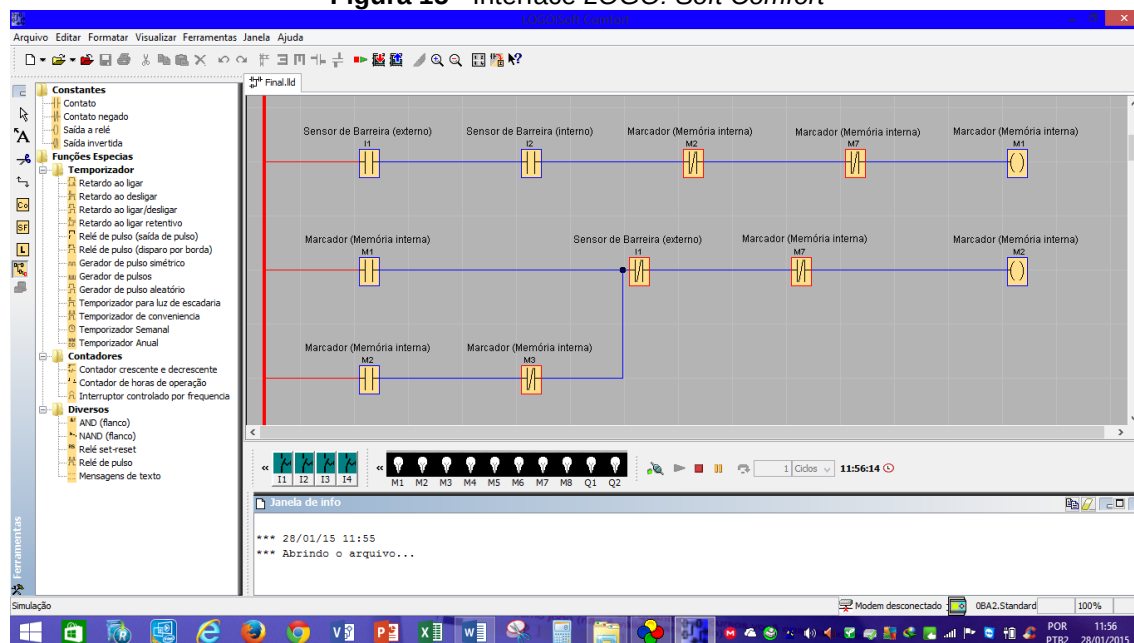


Fonte: Acervo dos autores

4.2.2 LOGO! Soft Comfort

Foi o segundo software a ser utilizado, haja vista que ele é o software do CLP que está sendo utilizado (LOGO! 230RC 6ED1 052-1FB00-0BA2 da Siemens), para tanto o adquiriu através do site do fabricante, com o qual foi possível, além de programar e simular em linguagem Ladder e em Diagrama de Blocos, bem como, converter de uma linguagem para outra, foi possível também, simular a programação antes de fazer a transferência dos dados para o CLP. A **Figura 15** mostra a Interface do programa LOGO.

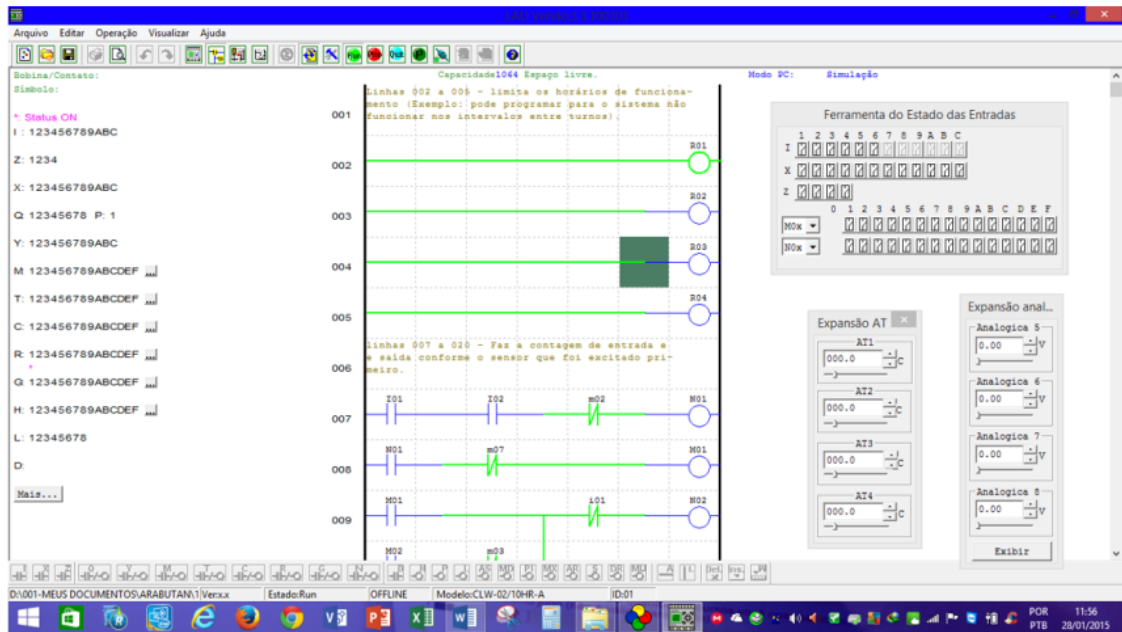
Figura 15 - Interface LOGO! Soft Comfort



Fonte: Acervo dos autores

4.2.3 Clic Edit

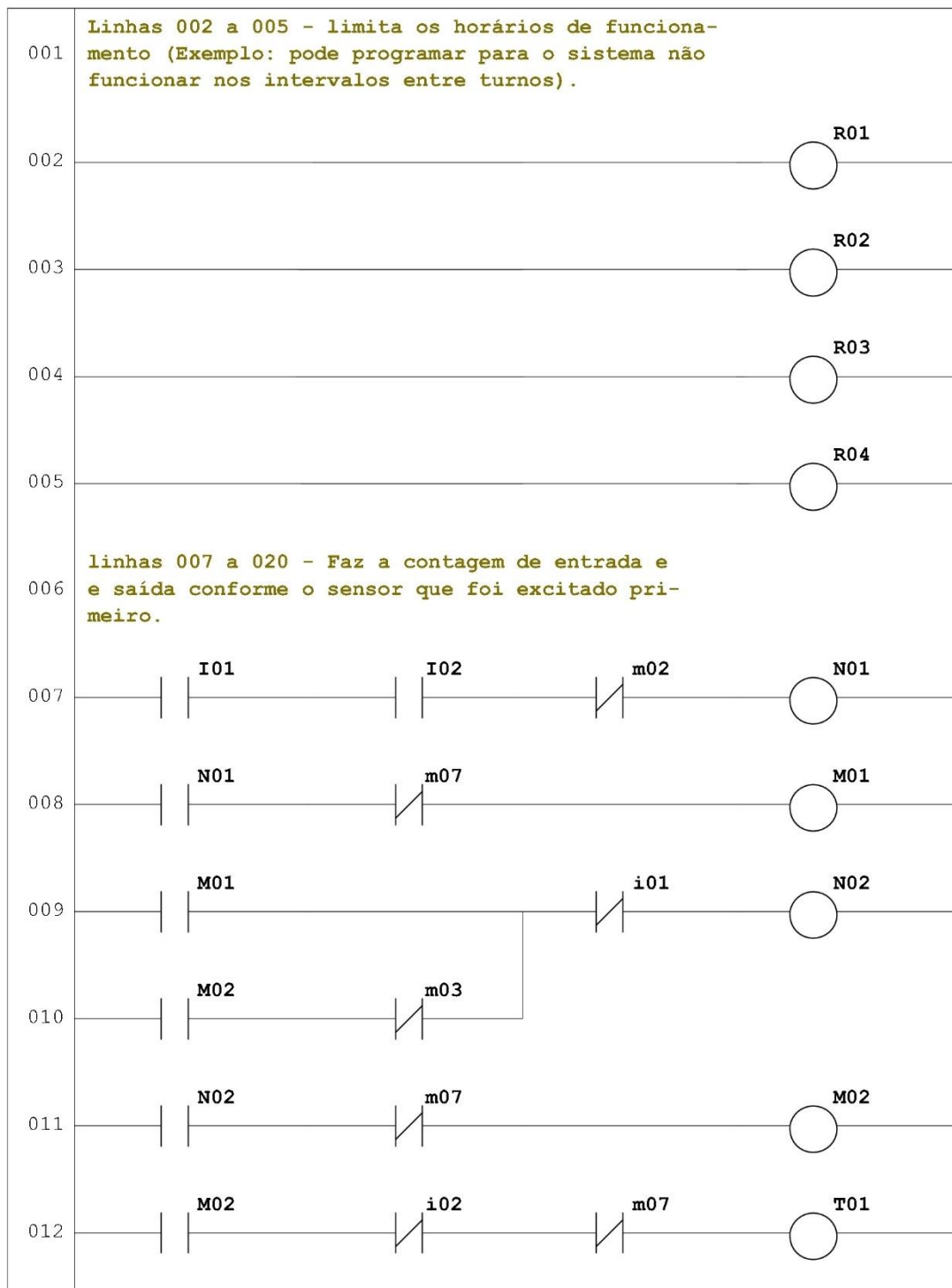
O software *Clic Edit* da WEG, também foi utilizado, só que este, apenas para testar a funcionalidade da programação que já havia sido feita no *LOGO! Soft Comfort* e verificar se havia compatibilidade com como o CLP utilizado, ele foi testado e escolhido como segunda opção, porque O software *Clic Edit* é semelhante ao *LOGO! Soft Comfort*, ou seja, é muito fácil de ser usado, e também possui características semelhantes, ou seja, nele também é possível simular a programação feita antes de transferir ao CLP, além de simulação ele ainda mostra seu esquema de ligação. A **Figura 16** traz a interface do *Clic Edit*.

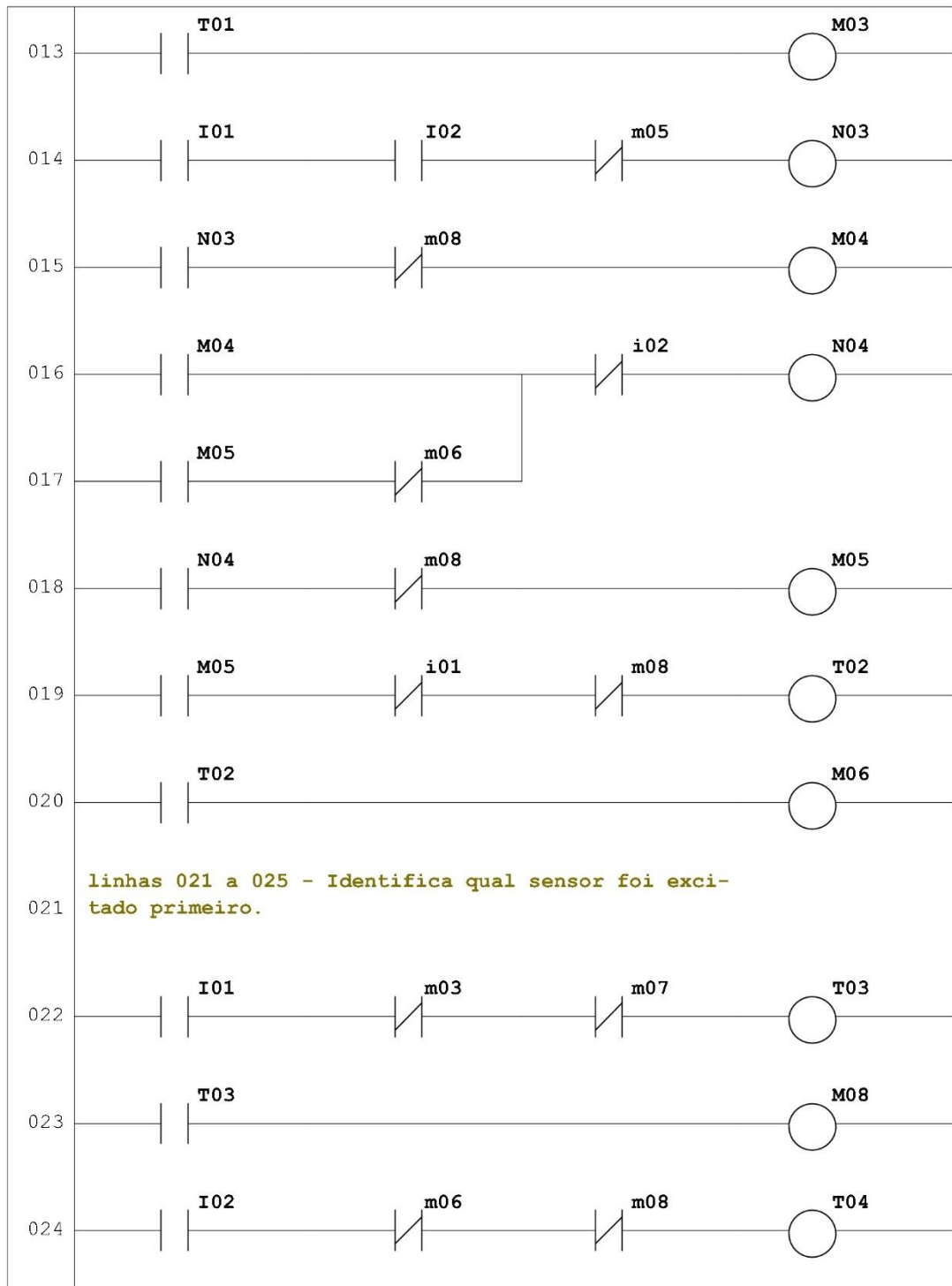
Figura 16 - Interface *Clic Edit*

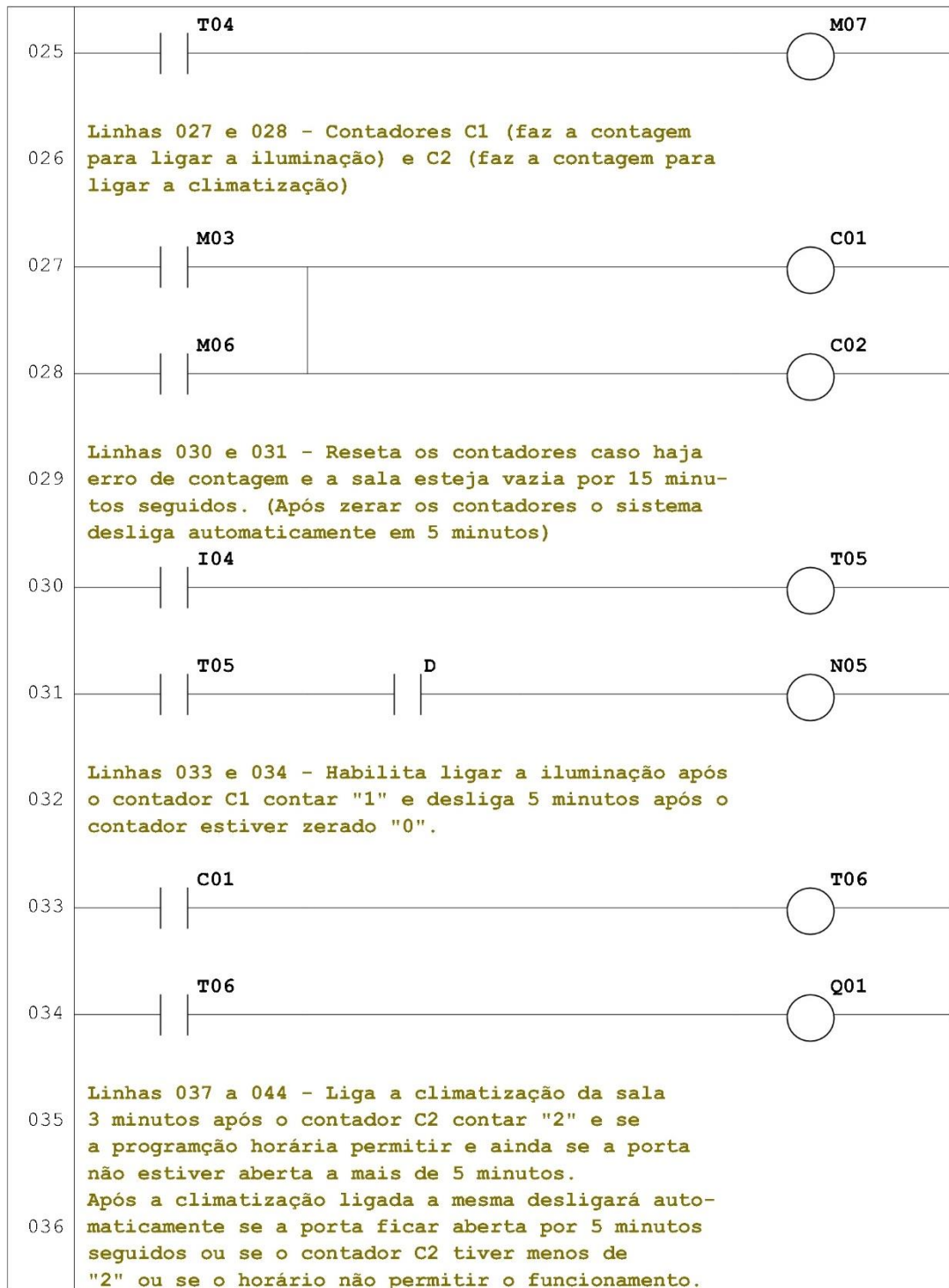
Fonte: Acervo dos autores

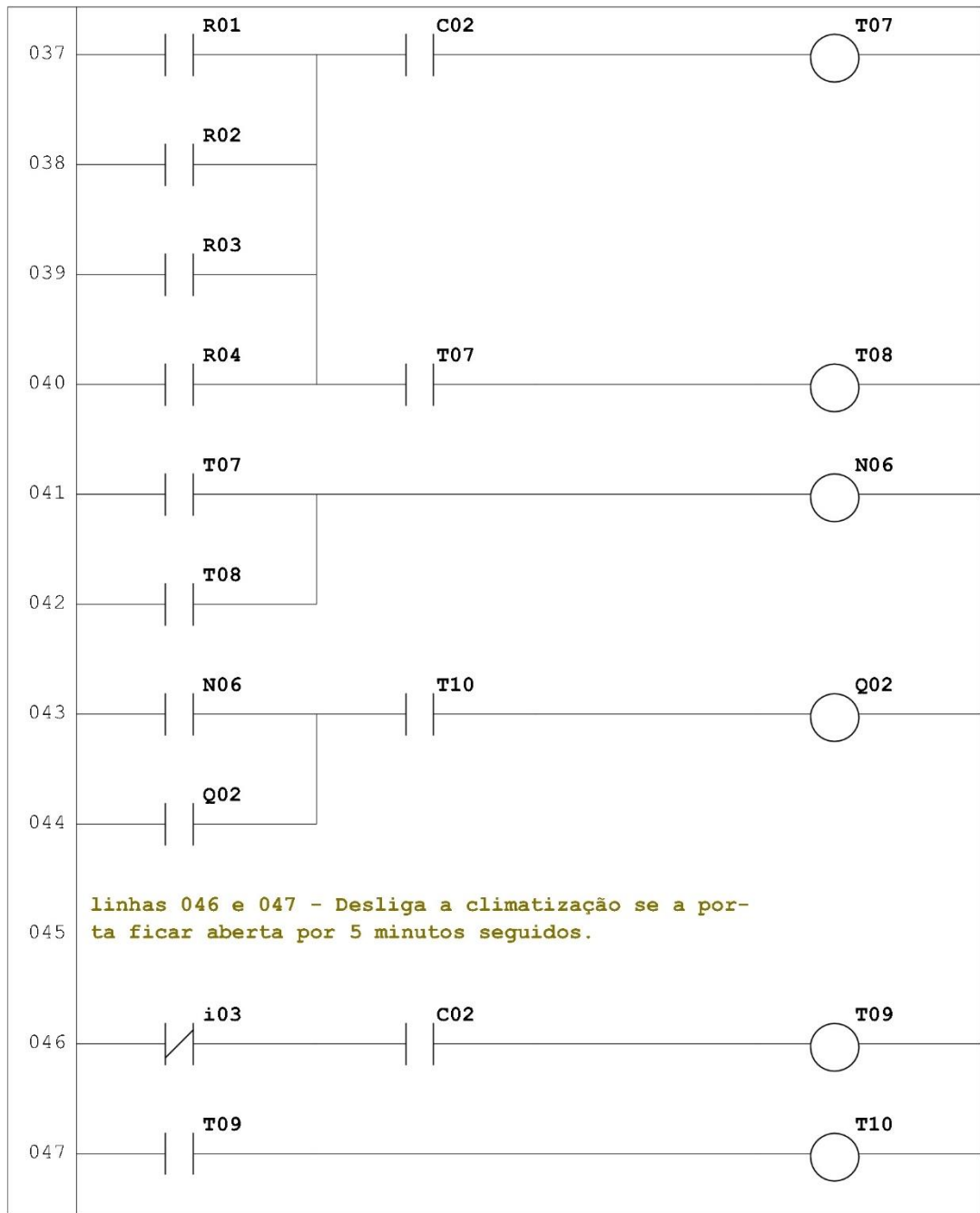
4.2.4 Esquema da programação em ladder

Neste tópico, será apresentada toda a programação do trabalho em linguagem ladder, feita com o *software Clic Edit*.









Função	Label	Modo	Valor de Ajuste	Utili
Relógio			Qui 15:44 15.03.26	
Timer	T1	3:Temporizador Retardo	01.00 sec Reset:Low	Sim
	T2	3:Temporizador Retardo	01.00 sec Reset:Low	Sim
	T3	3:Temporizador Retardo	01.80 sec Reset:Low	Sim
	T4	3:Temporizador Retardo	01.80 sec Reset:Low	Sim
	T5	1:Temporizador Retardo	0015 min	Sim
	T6	3:Temporizador Retardo	0005 min Reset:Low	Sim
	T7	1:Temporizador Retardo	0003 min	Sim
	T8	3:Temporizador Retardo	0005 min Reset:Low	Sim
	T9	3:Temporizador Retardo	0005 min Reset:Low	Sim
	TA	3:Temporizador Retardo	01.00 sec Reset:Low	Não
	TB	3:Temporizador Retardo	01.00 sec Reset:Low	Não
	TC	1:Temporizador Retardo	00.00 sec	Não
	TD	1:Temporizador Retardo	00.00 sec	Não
	TE	1:Temporizador Retardo	00.00 sec	Não
	TF	1:Temporizador Retardo	00.00 sec	Não
Contador	C1	2:Contador com ultrapassagem	000001 Dir:M06,Reset:N05	Sim
	C2	2:Contador com ultrapassagem	000002 Dir:M06,Reset:N05	Sim
	C3	1:Contador sem ultrapassagem	000000 Dir:Low,Reset:Low	Não
	C4	1:Contador sem ultrapassagem	000000 Dir:Low,Reset:Low	Não
	C5	1:Contador sem ultrapassagem	000000 Dir:Low,Reset:Low	Não
	C6	1:Contador sem ultrapassagem	000000 Dir:Low,Reset:Low	Não
	C7	1:Contador sem ultrapassagem	000000 Dir:Low,Reset:Low	Não
	C8	1:Contador sem ultrapassagem	000000 Dir:Low,Reset:Low	Não
	C9	1:Contador sem ultrapassagem	000000 Dir:Low,Reset:Low	Não
	CA	1:Contador sem ultrapassagem	000000 Dir:Low,Reset:Low	Não
	CB	1:Contador sem ultrapassagem	000000 Dir:Low,Reset:Low	Não
	CC	1:Contador sem ultrapassagem	000000 Dir:Low,Reset:Low	Não
	CD	1:Contador sem ultrapassagem	000000 Dir:Low,Reset:Low	Não
	CE	1:Contador sem ultrapassagem	000000 Dir:Low,Reset:Low	Não
	CF	1:Contador sem ultrapassagem	000000 Dir:Low,Reset:Low	Não
RTC	R1	1:Modo Todo Dia	Seg-Sex 07:00 12:00	Sim
	R2	1:Modo Todo Dia	Seg-Sex 13:00 18:00	Sim
	R3	1:Modo Todo Dia	Seg-Sex 18:40 23:00	Sim
	R4	1:Modo Todo Dia	Sab-Dom 07:00 23:00	Sim
	R5	1:Modo Todo Dia	Dom-Dom 00:00 00:00	Não
	R6	1:Modo Todo Dia	Dom-Dom 00:00 00:00	Não
	R7	1:Modo Todo Dia	Dom-Dom 00:00 00:00	Não
	R8	1:Modo Todo Dia	Dom-Dom 00:00 00:00	Não
	R9	1:Modo Todo Dia	Dom-Dom 00:00 00:00	Não
	RA	1:Modo Todo Dia	Dom-Dom 00:00 00:00	Não
	RB	1:Modo Todo Dia	Dom-Dom 00:00 00:00	Não
	RC	1:Modo Todo Dia	Dom-Dom 00:00 00:00	Não
	RD	1:Modo Todo Dia	Dom-Dom 00:00 00:00	Não
	RE	1:Modo Todo Dia	Dom-Dom 00:00 00:00	Não
	RF	1:Modo Todo Dia	Dom-Dom 00:00 00:00	Não

4.3 Montagem do Protótipo

O protótipo teve duas etapas para sua montagem. A primeira foi a parte estrutural, a qual foi montada com o formato de um portal. Nesta montagem, foi utilizada uma barra de metalon, onde suas junções foram soldadas; a segunda parte, a qual é o controle do sistema, com o qual pretende simular a automação dos condicionadores de ar e iluminação das salas de aula. Para sua montagem foram utilizados dois sensores de barreira de 24 Volts cada, um sensor de presença 220 volts, um controlador logico programável (CLP), uma fonte para alimentar os sensores de barreira, dois receptáculos e-27 de porcelana, duas lâmpadas incandescentes para simular as funções liga/desliga do sistema de condicionador de ar e iluminação, uma canaleta ventilada para abrigar a fiação, duas barras de trilho din, um pedaço de madeira para a fixação dos componentes, uma régua de bornes com 18 bornes, dois contatores, um disjuntor e fios para as conexões. Os materiais utilizados na montagem do protótipo, bem como os respectivos preços estão listados na **Tabela 9**.

Tabela 9 - Lista de material do protótipo

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
Abraçadeira de nylon 150X2 mm	12	unidade	R\$ 0,10	R\$ 1,20
Abraçadeira de nylon 300X3 mm	10	unidade	R\$ 0,20	R\$ 2,00
Borne terminal conexão tipo parafuso cinza 2,5mm ²	10	unidade	R\$ 2,18	R\$ 21,80
Borne terminal conexão tipo parafuso cinza 4mm ²	6	unidade	R\$ 2,88	R\$ 17,28
Borne terminal conexão tipo parafuso verde/amarelo 2,5mm ²	2	unidade	R\$ 7,29	R\$ 14,58
Cabo flexível branco 1,0 mm ²	9	metro	R\$ 0,50	R\$ 4,50
Cabo flexível cinza 1,0 mm ²	1	metro	R\$ 0,50	R\$ 0,50
Cabo telefônico cinza 4 vias	10	metro	R\$ 0,50	R\$ 5,00
Canaleta ventilada branca 20x20 mm	1	barra	R\$ 19,00	R\$ 19,00
Chave fim de curso	1	unidade	R\$ 13,00	R\$ 13,00
CLP siemens LOGO! 230RC 6ED1 052-1FB00-0BA2 (Usado)	1	unidade	R\$ 300,00	R\$ 300,00
Contator auxiliar WEG CAWM 04 10A	2	unidade	R\$ 70,66	R\$ 141,32
Disjuntor termomagnético unipolar siemens 6A	1	unidade	R\$ 26,00	R\$ 26,00
Ferro chato	1	metro	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Fonte CC (descarte de uma impressora antiga)	1	unidade	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Lâmpada incandescente	2	unidade	R\$ 2,55	R\$ 5,10
Metalon 30X30#20	1	barra	R\$ 24,84	R\$ 24,84
Pedaço de MDP 40X25X2,2 cm	1	unidade	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Sensor de presença	1	unidade	R\$ 32,00	R\$ 32,00
Sensor se barreira infravermelho	2	unidade	R\$ 29,00	R\$ 58,00
Soquete porta lâmpada E27	2	unidade	R\$ 4,50	R\$ 9,00
Trilho din	1	metro	R\$ 8,00	R\$ 8,00
TOTAL			R\$ 545,70	R\$ 705,12

Fonte: Acervo dos autores

A montagem do protótipo com o formato de um portal foi para simular a funcionalidade do sistema de automação das salas de aula, em algo que pudesse aproximar-se o máximo possível do formato das portas que dão acesso as salas de

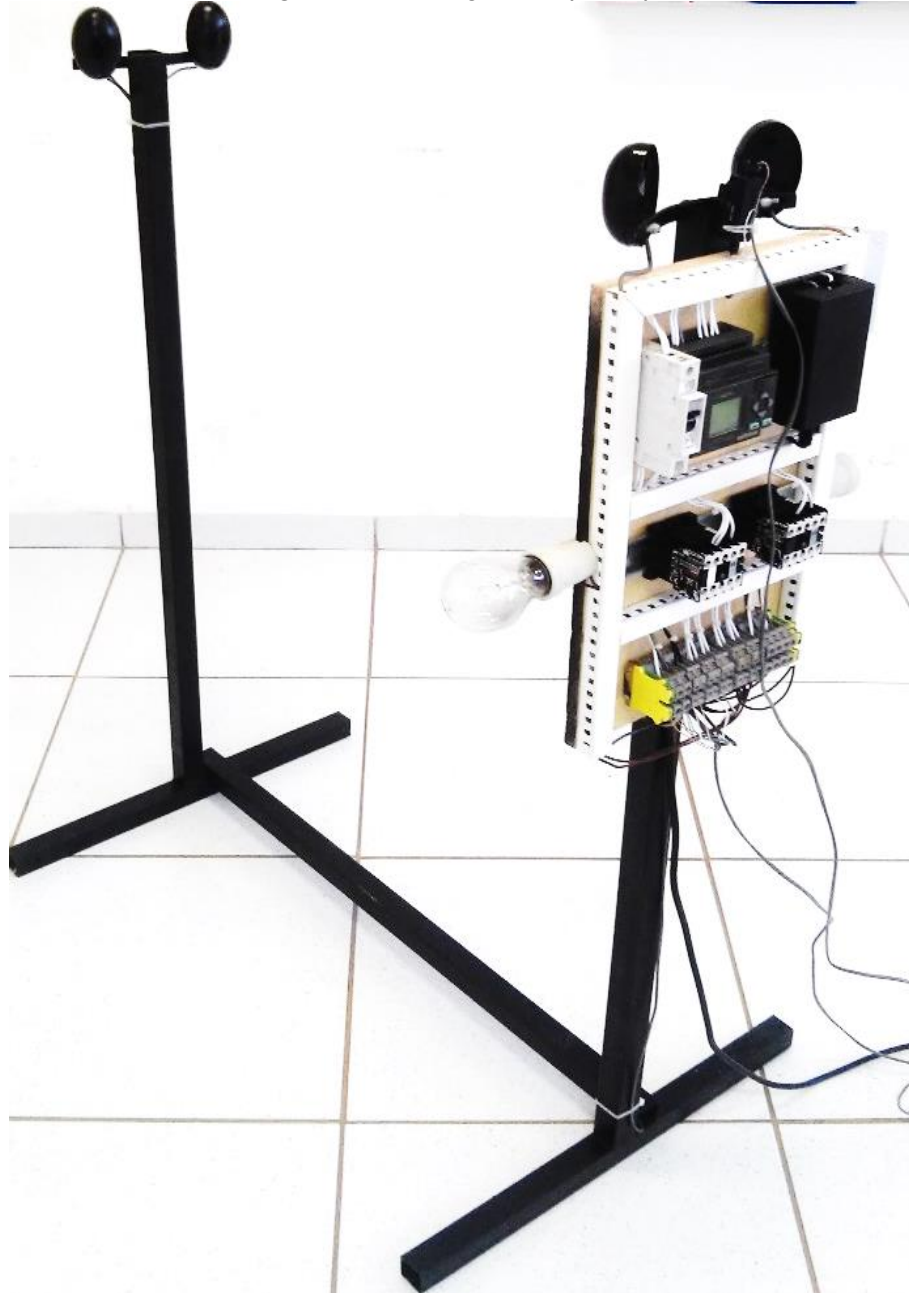
aula. O intuito de montar este protótipo foi para verificar se a programação da automação dos circuitos de condicionador de ar e iluminação das salas de aula, feita e simulada em programa de computador se funcionaria realmente, quando transferida para o CLP físico. Portanto, a montagem do protótipo foi de fundamental importância para testar tal funcionalidade, bem como para identificar problemas de programação, onde ajustes foram feitos, e, conseqüentemente, diversos problemas foram sanados. As **Figura 17** e **Figura 18** mostram como ficou o protótipo:

Figura 17 - Visão frontal do painel do protótipo



Fonte: Acervo dos autores

Figura 18 - visão geral do protótipo



Fonte: Acervo dos autores

4.4 Orçamento dos Componentes que Serão Usados na Automação

A presente seção traz os orçamentos que serão utilizados na automação, um para as salas que possuem apenas um condicionador de ar, e o outro para as salas que possuem dois condicionadores de ar, eles podem ser vistos na **Tabela 10** e na **Tabela 11**. É bom ressaltar que os orçamentos foram feitos por sala de aula, e,

também, que eles não contemplam o preço da mão-de-obra para instalação do sistema.

Tabela 10 - Orçamento da automação para sala com um condicionador de ar

DESCRIÇÃO	UN	QTD	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
Abraçadeira de nylon 2.5X100 mm	Pacote	1	R\$ 3,90	R\$ 3,90
Abraçadeira de nylon 3X300 mm	Pacote	1	R\$ 5,60	R\$ 5,60
Borne terminal conexão tipo parafuso cinza 2,5 mm ²	Unidade	10	R\$ 2,18	R\$ 21,80
Borne terminal conexão tipo parafuso cinza 4 mm ²	Unidade	6	R\$ 2,88	R\$ 17,28
Borne terminal conexão tipo parafuso verde/amarelo 2,5 mm ²	Unidade	2	R\$ 7,29	R\$ 14,58
Cabo PP 4X050 mm ²	Metro	25	R\$ 2,00	R\$ 50,00
Cabo flexível 1.0 mm ²	Metro	10	R\$ 0,65	R\$ 6,50
Disjuntor unipolar 10A	Unidade	1	R\$ 6,99	R\$ 6,99
Canaleta ventilada branca 20 X 20 mm	Metro	1	R\$ 29,00	R\$ 29,00
Chave fim de curso	Unidade	1	R\$ 13,00	R\$ 13,00
CLP WEG CLW-02 / 10HR-A 3RD	Unidade	1	R\$ 680,00	R\$ 680,00
Contator auxiliar WEG CAWM 04 9A	Unidade	1	R\$ 59,90	R\$ 59,90
Contator de força 18A	Unidade	2	R\$ 77,00	R\$ 154,00
Caixa Montagem 200X320X140 mm	Unidade	1	R\$ 82,36	R\$ 82,36
Sensor de presença	Unidade	4	R\$ 32,00	R\$ 128,00
Sensor se barreira Artek Ca 18-Rn1	Unidade	2	R\$ 127,00	R\$ 254,00
Trilho din 35 mm.	Metro	0,5	R\$ 32,00	R\$ 16,00
TOTAL			R\$ 1.542,91	

Fonte: Acervo dos autores

Tabela 11 - Orçamento da automação para sala com dois condicionadores de ar

DESCRIÇÃO	UN	QTD	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
Abraçadeira de nylon 2.5X100 mm	Pacote	1	R\$ 3,90	R\$ 3,90
Abraçadeira de nylon 3X300 mm	Pacote	1	R\$ 5,60	R\$ 5,60
Borne terminal conexão tipo parafuso cinza 2,5 mm ²	Unidade	10	R\$ 2,18	R\$ 21,80
Borne terminal conexão tipo parafuso cinza 4 mm ²	Unidade	6	R\$ 2,88	R\$ 17,28
Borne terminal conexão tipo parafuso verde/amarelo 2,5 mm ²	Unidade	2	R\$ 7,29	R\$ 14,58
Cabo PP 4X050 mm ²	Metro	25	R\$ 2,00	R\$ 50,00
Cabo flexível 1.0 mm ²	Metro	10	R\$ 0,65	R\$ 6,50
Disjuntor unipolar 10A	Unidade	1	R\$ 6,99	R\$ 6,99
Canaleta ventilada branca 20 X 20 mm	Metro	1	R\$ 29,00	R\$ 29,00
Chave fim de curso	Unidade	1	R\$ 13,00	R\$ 13,00
CLP WEG CLW-02 / 10HR-A 3RD	Unidade	1	R\$ 680,00	R\$ 680,00
Contator auxiliar WEG CAWM 04 9A	Unidade	1	R\$ 59,90	R\$ 59,90
Contator de força 18A	Unidade	1	R\$ 77,00	R\$ 77,00
Contator de força 25A	Unidade	2	R\$ 97,00	R\$ 194,00
Caixa Montagem 200X320X140 mm	Unidade	1	R\$ 82,36	R\$ 82,36
Sensor de presença	Unidade	4	R\$ 32,00	R\$ 128,00
Sensor se barreira Artek Ca 18-Rn1	Unidade	2	R\$ 127,00	R\$ 254,00
Trilho din 35 mm.	Metro	0,5	R\$ 32,00	R\$ 16,00
TOTAL			R\$ 1.659,91	

Fonte: Acervo dos autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, inicialmente, realizou-se um levantamento referente ao comportamento na ocupação das salas de aula do IFTO, *Campus* Palmas, para verificar como os condicionadores de ar e iluminação são utilizados. Com este levantamento, foi constatado que havia desperdício de energia elétrica nas referidas salas, em virtude de estas ficarem com os condicionadores de ar e iluminação ligados fora do horário de aula, isto é, nos intervalos dos períodos matutino, vespertino e noturno, e também nas salas de aula sem atividades.

Realizou-se também um levantamento dos condicionadores de ar, o qual contemplou marca, modelo, potência, bem como a classificação quanto à eficiência, através de programa de etiquetagem. Contudo, a etiquetagem não foi o objetivo desse trabalho, mas foi utilizar como procedimentos de avaliação do nível de eficiência dos aparelhos, e, em especial, dos condicionadores de ar, e, com isso, obter o nível de eficiência do conjunto de aparelhos do IFTO, *Campus* Palmas.

Posteriormente, fizeram-se os cálculos estatísticos, com os quais chegou-se aos valores do erro, sendo que estes foram de vital importância para quantificar os desperdícios, tanto semanal como mensal e anual, onde é possível afirmar com 95% de confiabilidade que os resultados apresentados na **Tabela 12** estão dentro da margem de erro para mais ou para menos. Conforme os cálculos já apresentados anteriormente, ela também traz os valores com e sem impostos

Tabela 12 - Custo total dos desperdícios mensal e anual nas salas de aula do IFTO

CUSTOS E CONSUMOS	TOTAL SEM IMPOSTOS	TOTAL COM IMPOSTOS
Consumo mensal (kWh)	4679,92	4679,92
	6324,44	6324,44
Custo mensal (R\$)	R\$ 4.889,86	R\$ 6.829,96
	R\$ 6.579,28	R\$ 9.189,67
Consumo anual (kWh)	56159,04	56159,04
	75893,25	75893,25
Custo anual (R\$)	R\$ 58.678,37	R\$ 81.959,56
	R\$ 78.951,32	R\$ 110.275,98

Fonte: Acervo dos autores

Para tornar racional a utilização dos aparelhos dos condicionadores de ar e da iluminação, o trabalho trouxe, em sua propositura, um sistema de controle automatizado para os referidos aparelhos, o qual atuará no controle do acionamento/desligamento dos condicionadores de ar e da iluminação, em horários

preestabelecidos, através de programação em um CLP, o qual teve todas as funções que se pretendia com a automação simulada em programas computacionais e testada em um protótipo, sendo que ambos atenderam às expectativas quanto às suas funcionalidades.

Para dar embasamento quanto à viabilidade econômica do trabalho, foram realizados cálculos estatísticos a fim de quantificar o desperdício, bem como levantamentos dos preços dos componentes que serão usados na automação, os quais foram listados em dois orçamentos, sendo um para as salas que possuem apenas um condicionador de ar e outro para as salas com dois condicionadores de ar. Os resultados dos levantamentos dos preços por sala são: R\$ 1.542,91 para sala com apenas um condicionador de ar, e R\$ 1.659,91 para sala com dois condicionadores de ar. Ao multiplicar a quantidade de salas agrupadas conforme a quantidade de aparelhos, é possível saber o custo em cada grupo de salas, bem como o custo total dos componentes da automação para as 39 salas de aula, como podem ser vistos abaixo.

Preço total dos componentes da automação por grupo de salas com 1 condicionador de ar:

$$15 \text{ salas} \times R\$ 1.542,91 = R\$ 23.143,65$$

Preço total dos componentes da automação por grupo de salas com 2 condicionadores de ar:

$$24 \text{ salas} \times R\$ 1.659,91 = R\$ 39.837,84$$

Preço total dos componentes da automação para todas as 39 salas:

$$R\$ 23.143,65 + R\$ 39.837,86 = R\$ 62.981,49$$

Os preços citados acima não contemplam o custo da mão de obra para instalação do sistema. É bom ressaltar que, ao longo do trabalho, foram feitas algumas recomendações, quanto à importância de automatizar os circuitos dos condicionadores de ar e da iluminação do IFTO, *Campus* palmas. Os resultados aqui

apresentados reforçam estas recomendações, em que pode ser visto que o custo total da automação é superado pelo custo do desperdício anual, o qual pode chegar ao valor aproximado de R\$ 110.275,98, enquanto que o custo total para automatizar todas as 39 salas de aula da referida instituição é, aproximadamente, de R\$ 62.981,49. Deve-se lembrar que pode haver pequena divergência, quanto ao valor do desperdício, uma vez que, para chegar-se a ele, foram utilizados nos cálculos os impostos referentes ao mês de outubro de 2014, ou seja, ICMS de 25%, COFINS de 2,79940% e PIS de 0,60630%, sendo que as alíquotas PIS e COFINS são variáveis mês a mês, ao longo do ano.

Os resultados aqui apresentados, assim como os estudos do levantamento feito pela Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia, apontaram para o desperdício no Brasil só no ano de 2013 equivalente à metade da produção de energia elétrica da usina hidrelétrica de Itaipu, assim como um prejuízo de 62 bilhões. Ou seja, com estes resultados é possível responder à indagação, quanto à importância que os diversos segmentos da sociedade têm dado à temática desperdício de energia elétrica, levantada na problematização deste trabalho. Portanto, tomando como referência estes desperdícios, assim como o desperdício de energia elétrica nas salas de aula do IFTO, *Campus* Palmas, é possível afirmar que esta temática ainda não tem recebido a atenção que merece.

Outra consideração a ser feita neste trabalho é quanto à possível falha que pode ocorrer, caso falte energia elétrica. Neste caso, o sistema zera a contagem de pessoas que estão dentro da sala e, com isso, ao voltar a energia elétrica, o sistema não será ligado, ficando, com o professor, a tarefa de tirar os alunos da sala, para que eles possam entrar novamente. Caso a instituição queira sanar esse problema, é possível com a utilização de um nobreak, o que elevaria o custo final do projeto, motivo pelo qual este equipamento não aparece no orçamento.

Como sugestão para novos trabalhos, seria interessante um estudo que contemplasse a substituição do sistema de iluminação por outro com lâmpadas a LED, uma análise minuciosa para verificar as características construtivas da edificação, no que se refere ao conforto térmico, a fim de sanar possível vício de construção, portanto, adequando-a aos parâmetros de conforto térmico recomendados por normas.

RIBEIRO, I. Edifício inteligente foi criado em Portugal por projeto europeu. **Jornalismo Porto Net**, 07 De Março 2012. Disponível em: <<http://jpn.up.pt/2012/05/29/edificio-inteligente-foi-criado-em-portugal-por-projeto-europeu/>>. Acesso em: 7 De Março 2014.

RODRIGO, T. Tabela T - Distribuição t de Student. **aulasdematematica.com.br**, 2013. Disponível em: <<http://aulasdematematica.com.br/tabelasdeestatistica.php?t=t#t>>. Acesso em: 08 de janeiro 2015.

SILVA, A. L. B. D. **Sistemas de Automação para Circuitos de Ar-condicionados na Universidade Federal do Tocantins, Campus de Palmas**. [S.l.]: [s.n.], 2014.

WANDERLEY, T. C. A evolução das lâmpadas e a grande revolução dos LEDs. **ESPECIALIZE**, Belém - PA, 10 fevereiro 2014. Disponível em: <<http://www.ipoggo.com.br/uploads/arquivos/e742d5482bb006753ea0c36fba295c56.pdf>>. Acesso em: 22 de janeiro 2014.