

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA E AMBIENTE - PPGEA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENERGIA E AMBIENTE

GEORGE IGOR CABRAL DA COSTA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO DE
CONTROLE DE ILUMINAÇÃO E CONDICIONADORES DE AR IMPLANTADO NO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
MARANHÃO – IFMA – CAMPUS MONTE CASTELO**

São Luís – MA

2019

GEORGE IGOR CABRAL DA COSTA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO DE
CONTROLE DE ILUMINAÇÃO E CONDICIONADORES DE AR IMPLANTADO NO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
MARANHÃO – IFMA – CAMPUS MONTE CASTELO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Energia e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Jomar Sales Vasconcelos

São Luís – MA

2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Costa, George Igor Cabral da.

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA
AUTOMATIZADO DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO E CONDICIONADORES
DE AR IMPLANTADO NO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DO MARANHÃO IFMA CAMPUS MONTE CASTELO /
George Igor Cabral da Costa. - 2019.

79 p.

Orientador(a): Jomar Sales Vasconcelos.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Energia e Ambiente/ccet, Universidade Federal do Maranhão,
São Luís, 2019.

1. Automação. 2. Eficiência Energética. 3. Qualidade
da Energia Elétrica. I. Vasconcelos, Jomar Sales. II.
Título.

GEORGE IGOR CABRAL DA COSTA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO DE
CONTROLE DE ILUMINAÇÃO E CONDICIONADORES DE AR IMPLANTADO NO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
MARANHÃO – IFMA – CAMPUS MONTE CASTELO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Energia e Ambiente.

Aprovada: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jomar Sales Vasconcelos (Orientador)
Instituto Federal do Maranhão - IFMA

Prof. Dr. Francisco Sávio Mendes Sinfrônio
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prof. Dr. Ronaldo Ribeiro Correa
Instituto Federal do Maranhão - IFMA

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente à minha esposa, Iana Carvalho, que me deu força e coragem, me apoiando e incentivando em momentos de dificuldades, e aos meus filhos, Felipe e Beatriz, que, indiretamente, me levam a buscar novos conhecimentos.

Agradeço também à minha mãe Vera Lúcia e aos meus irmãos Wagner, Adriana e Valter, pelo apoio.

Agradeço ao Professor Dr. Jomar Sales Vasconcelos orientador desta dissertação pelo apoio e orientação.

Agradeço ao Professor Ernesto de Lucena Chagas pelo apoio, informações e suporte para a obtenção dos dados.

Agradeço aos professores Dr. Francisco Sávio Mendes Sinfrônio e Dr. Ronaldo Ribeiro Correa pela disponibilidade e por comporem minha banca examinadora.

RESUMO

Este trabalho analisou o consumo de energia elétrica do Projeto Piloto de Automação para o controle de acionamento e desligamento de iluminação e condicionadores de ar, instalado nas salas do Curso Técnico em Segurança do Trabalho do IFMA Campus Monte Castelo; bem como, mensurar a redução do desperdício de energia elétrica nos horários em que não estejam tendo aulas, através da comparação do consumo de energia com e sem o sistema automatizado de controle em funcionamento. A partir dessa comparação, foi verificada a eficiência energética do sistema de controle, além da qualidade da energia elétrica oferecida ao condicionador de ar e se a qualidade da energia influencia no aumento do consumo do circuito.

Constatou-se por meio das medições que a qualidade da energia ofertada ao circuito de força do condicionador de ar da Sala 16, encontra-se dentro dos padrões exigidos pela norma, não influenciando no aumento do consumo de energia.

Comprovou-se pelas medições que o consumo de energia é menor com o uso do sistema automatizado de controle do que com o sistema manual de acionamento e desligamento de iluminação e condicionador de ar.

Ademais, concluiu-se que, com o percentual de redução do desperdício de energia obtido com o sistema automatizado de controle de iluminação e condicionadores de ar em salas de aula do IFMA, justifica os gastos com sua implantação, além de mostrar que a automação dos processos de controle é uma alternativa viável para a redução do consumo de energia elétrica, e, conseqüentemente, contribuindo na diminuição dos impactos ambientais provocado pelos processos de geração de energia elétrica.

Palavras-chave: Automação. Eficiência Energética. Qualidade da Energia Elétrica.

ABSTRACT

This work analyzed the electric energy consumption of the Automation Pilot Project for the control of the activation and shutdown of the lighting and air conditioners, installed in the rooms of the Technical Course in Occupational Safety of the IFMA Campus Monte Castelo; as well as, to measure the reduction of the waste of electric energy in the hours in which they are not taking classes, by comparing the energy consumption with and without the automated control system in operation. From this comparison, the energy efficiency of the control system was verified, as well as the quality of the electric power offered to the air conditioner and if the quality of the energy influences the increase of the consumption of the circuit.

It was verified through the measurements that the quality of the energy offered to the room air conditioner's power circuit is within the standards required by the standard, not influencing the increase of the energy consumption.

It was verified by the measurements that the energy consumption is less with the use of the automated system of control than with the manual system of activation and shutdown of illumination and air conditioner.

In addition, it was concluded that, with the percentage of reduction of energy wastage obtained with the automated system of control of illumination and air conditioners in IFMA classrooms, it justifies the expenses with its implantation, besides showing that the automation of the control processes is a viable alternative for the reduction of the consumption of electric energy, and, consequently, contributing in the reduction of the environmental impacts provoked by the processes of generation of electric energy.

Keywords: Automation. Energy Efficiency. Quality of Electric Energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de Energia Elétrica por Fonte no Brasil.....	16
Figura 2 - Consumo de Energia Elétrica por Setor no Brasil.....	16
Figura 3 - Fluxo de Energia Elétrica	21
Figura 4 - Estrutura do Sistema Automatizado de Controle	29
Figura 5 - Sala de Aula 16 do Curso Técnico em Segurança do Trabalho	30
Figura 6 - Interface do Programa no Smartphone	31
Figura 7 - Pontas de Prova de Tensão instaladas nos condutores do circuito do condicionador de ar da Sala 16.....	36
Figura 8 - Garras Transdutoras de Corrente instaladas nos condutores do circuito do condicionador de ar da Sala 16.....	36
Figura 9 - Tensão Monofásica Média Semana 1 - Sistema habilitado.....	39
Figura 10 - Tensão Trifásica Média Semana 1 - Sistema habilitado.....	39
Figura 11 - Tensão Monofásica Média Semana 2 - Sistema desabilitado	40
Figura 12 - Tensão Trifásica Média Semana 2 - Sistema desabilitado.....	40
Figura 13 - Tensão Monofásica Média Semana 4 - Sistema habilitado	41
Figura 14 - Tensão Trifásica Média Semana 4 - Sistema habilitado.....	41
Figura 15 - Tensão Monofásica Média Semana 6 - Sistema desabilitado	42
Figura 16 - Tensão Trifásica Média Semana 6 - Sistema desabilitado.....	42
Figura 17 - Frequência Média na Semana 3 - Sistema habilitado.....	46
Figura 18 - Frequência Média na Semana 7 - Sistema desabilitado.....	47
Figura 19 - Comparação entre Tensão e Distorção Harmônica na Semana 4.....	49
Figura 20 - Comparação entre Tensão e Distorção Harmônica na Semana 6.....	49
Figura 21 - Distorção Harmônica Total da Tensão na Semana 3 - Sistema habilitado	50
Figura 22 - Distorção Harmônica Total da Tensão na Semana 7 - Sistema desabilitado.....	51
Figura 23 - Fator de Potência Médio na Semana 4 - Sistema habilitado	53
Figura 24 - Potência Ativa Média na Semana 1 - Sistema habilitado	54
Figura 25 - Potência Ativa Média na Semana 2 - Sistema desabilitado	55
Figura 26 - Potência Ativa Média na Semana 3 - Sistema habilitado	56
Figura 27 - Potência Ativa Média na Semana 4 - Sistema habilitado	56
Figura 28 - Potência Ativa Média na Semana 5 - Sistema habilitado	57
Figura 29 - Potência Ativa Média na Semana 6 - Sistema desabilitado	57
Figura 30 - Potência Ativa Média na Semana 7 - Sistema desabilitado	58
Figura 31 - Potência Ativa Média na Semana 8 - Sistema desabilitado	58
Figura 32 - Energia Ativa Média consumida na Semana 1 - Sistema habilitado	60
Figura 33 - Energia Ativa Média consumida na Semana 2 - Sistema desabilitado.....	61
Figura 34 - Energia Ativa Média consumida na Semana 3 - Sistema habilitado.....	61
Figura 35 - Energia Ativa Média consumida na Semana 4 - Sistema habilitado.....	62
Figura 36 - Energia Ativa Média consumida na Semana 5 - Sistema habilitado.....	62
Figura 37 - Energia Ativa Média consumida na Semana 6 - Sistema desabilitado.....	63
Figura 38 - Energia Ativa Média consumida na Semana 7 - Sistema desabilitado.....	63
Figura 39 - Energia Ativa Média consumida na Semana 8 - Sistema desabilitado.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Indicadores de Resultados das Ações do Procel	19
Tabela 2 - Recursos Financeiros Aplicados no Procel	19
Tabela 3 - Elementos da Interface.....	31
Tabela 4 - Características do Analisador de Qualidade	33
Tabela 5 - Período de Medição de dados e Configuração do Sistema Automatizado de Controle	37
Tabela 6 - Tensão Média Máxima e Mínima – Fase/Neutro – Fase/Fase – Neutro/Terra	44
Tabela 7 - Pontos de Conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (380/220)	45
Tabela 8 - Variação da Frequência Média nos Períodos medidos	46
Tabela 9 - Distorção Harmônica Total da Tensão (THDV) medidos	48
Tabela 10 - Valores obtidos do Fator de Potência Médio	52
Tabela 11 - Consumo de Energia Ativa Média	59
Tabela 12 - Consumo Médio estimado de Energia Ativa com Sistema Automatizado de Controle habilitado e desabilitado	68
Tabela 13 - Consumo Medido de Energia Ativa com Sistema Automatizado de Controle habilitado e desabilitado	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanco Energético Nacional
BTU	British Thermal Unit
C	Concomitante
CA	Condicionador de Ar
CAA	Coordenadoria de Apoio às Atividades Acadêmicas
Certec	Centro de Referência Tecnológica
DETEC	Departamento de Ensino Técnico
Eletrobrás	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
Ence	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FP	Fator de Potência
h	Hora
Hz	Hertz
I	Integrada
IEA	International Energy Agency
IFMA	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
kV	Quilovolt
kWh	QuiloWatt-hora
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	Megawatt
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PPGEA	Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente
PNE	Plano Nacional de Energia
PNEF	Plano Nacional de Eficiência Energética
Procel	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
Procel EPP	Programa de Eficiência Energética em Prédios Públicos
Procel Info	Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
QD	Quadro de Distribuição
QDF	Quadro de Distribuição de Força
QDI	Quadro de Distribuição de Iluminação
QEE	Qualidade de Energia Elétrica
SEP	Sistema Elétrico de Potência
tCO ₂	Toneladas de Dióxido de Carbono
THD	Total Harmonic Distortion
THDV	Distorção Harmônica Total da Tensão
THDV1	Distorção Harmônica Total da Tensão na Fase um
THDV2	Distorção Harmônica Total da Tensão na Fase dois
THDV3	Distorção Harmônica Total da Tensão na Fase três
TL	Tensão de Leitura
UFMA	Universidade Federal do Maranhão
V	Volt
V1	Tensão na Fase um
V2	Tensão na Fase dois
V3	Tensão na Fase três

V12	Tensão entre as fases um e dois
V23	Tensão entre as fases dois e três
V31	Tensão entre as fases três e um
VNPE	Tensão entre neutro e terra
VTCD	Variações de Tensão de Curta Duração
VTLD	Variações de Tensão de Longa Duração
W	Watt
Wh	Watt-hora
°C	Grau Celsius

SUMÁRIO

1	JUSTIFICATIVA	13
2	OBJETIVOS	14
2.1	Geral	14
2.2	Específicos	14
3	INTRODUÇÃO	15
3.1	Referencial Teórico	20
3.1.1	Eficiência Energética	20
3.1.2	Qualidade da Energia Elétrica	22
3.1.2.1	<i>Distúrbios Elétricos</i>	23
3.2	O IFMA e a Eficiência Energética	25
3.2.1	Sistema Atual de Controle de Acionamento e Desligamento de Iluminação e Condicionadores de Ar das Salas de Aula do IFMA Campus Monte Castelo	27
3.2.2	Sistema em Implantação de Controle Automatizado de Acionamento e Desligamento de Iluminação e Condicionadores de Ar das Salas de Aula do IFMA Campus Monte Castelo	28
4	METODOLOGIA	33
4.1	Equipamento utilizado para o Monitoramento	33
4.2	Descrição do Local onde foi Instalado o Equipamento	34
4.3	Procedimento de Medição dos Dados	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1	Análise da Qualidade de Energia fornecida ao Sistema de Controle	38
5.1.1	Tensão Elétrica	38
5.1.2	Frequência	45
5.1.3	Distorção Harmônica	47
5.1.4	Fator de Potência	51
5.2	Análise do Consumo de Energia	53
5.2.1	Potência Ativa	53
5.2.2	Energia Ativa	59
5.2.3	Análise do Consumo de Energia Ativa	64

6	CONCLUSÕES	70
	REFERÊNCIAS	73

1 JUSTIFICATIVA

A energia elétrica é um bem de primordial necessidade às sociedades modernas, que garante o desenvolvimento econômico e social dos países, portanto, imprescindível aos processos de produção em qualquer segmento da economia, e, mesmo com baixas taxas de crescimento econômico, a demanda por energia elétrica é crescente, portanto, além da necessidade de se produzir mais energia, se faz necessário a diminuição do desperdício de energia, ou seja, é necessário que se conserve a energia gerada, sendo este um dos princípios da eficiência energética.

O consumo de energia elétrica deve ser o mais racional e eficaz possível, que deve priorizar além de investimentos no setor, também o enfrentamento ao desperdício, proveniente em muitos casos de equipamentos obsoletos que consomem bastante energia, construções que não priorizam a utilização da luz e ventilação natural, e, também no modo de utilização da energia por parte dos consumidores, ou seja, deve-se priorizar ações em eficiência energética quer seja na implantação de equipamentos com novas tecnologias que garantam menor consumo, em construções que aproveitem melhor os recursos naturais, ou, na implementação de medidas para a mudança comportamental dos usuários, isso sem afetar a qualidade, a satisfação e o bem estar de quem utiliza esse bem.

Portanto, ações em eficiência energética garantem segurança, confiabilidade, acessibilidade e sustentabilidade para o futuro dos sistemas de energia elétrica, sendo a forma mais rápida e de menor custo para combater a insegurança energética, os entraves ambientais e econômicos (International Energy Agency – IEA, 2017).

Diante da necessidade de implementações de ações que visam reduzir o consumo e combater o desperdício de energia elétrica, o Instituto Federal do Maranhão - IFMA para dar sua contribuição neste cenário, optou por tomar uma ação por meio do desenvolvimento tecnológico de um sistema automatizado de controle para o acionamento e desligamento de Iluminação e dos condicionadores de ar (CA), através de um Projeto Piloto, implantado nas salas de aula do Curso Técnico em Segurança do Trabalho, ao invés de optar pela substituição de equipamentos obsoletos, o que acarretaria em elevados investimentos à instituição.

Portanto, este trabalho se propõe a estudar a eficiência energética quanto à redução do consumo de energia do sistema automatizado de controle de acionamento e desligamento de iluminação e condicionadores de ar implantado no IFMA Campus

Monte Castelo, em São Luís - MA, bem como, estimar o desperdício de energia atual nessas salas de aula, além de verificar se o sistema automatizado interfere na qualidade da energia elétrica da instituição.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O objetivo do presente trabalho é estudar a eficiência energética quanto à redução do consumo de energia elétrica com a utilização de um sistema automatizado de controle de acionamento e desligamento de iluminação e dos condicionadores de ar, implantado nas salas de aula do Curso Técnico em Segurança do Trabalho, no Campus Monte Castelo, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA.

2.2 Específicos

- Medir e analisar o consumo de energia do modelo atual de controle de acionamento e desligamento de iluminação e condicionadores de ar, tomando como base uma sala de aula, tipos de luminárias e modelo dos condicionadores de ar instalados;
- Medir e analisar o consumo de energia do modelo de controle automatizado de acionamento e desligamento de iluminação e condicionadores de ar implantado, tomando como base uma sala de aula, tipos de luminárias e modelo dos condicionadores de ar instalados;
- Comparar os resultados mensurados nos modelos de controle e identificar qual dos modelos tem o menor consumo de energia;
- Analisar a interferência do sistema automatizado de controle na qualidade da energia recebida pela instituição;
- Estudar a eficiência energética do sistema implantado quanto à redução do consumo de energia;
- Propor melhorias ao novo sistema em desenvolvimento.

3 INTRODUÇÃO

A energia elétrica tem grande relevância para o desenvolvimento econômico das sociedades modernas, além do conforto e bem-estar gerados a população, no entanto, é necessário o controle da eletricidade, para a realização das mais diversas atividades, nos setores produtivos.

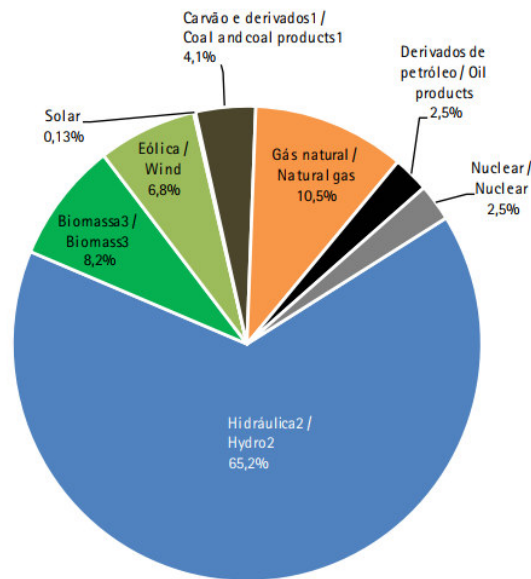
A sociedade moderna se tornou dependente da eletricidade principalmente nos sistemas de iluminação em indústrias, comércios, escolas, setor público ou mesmo residencial, e, também nos sistemas de condicionamento de ar para manter os ambientes termicamente confortáveis (VARGAS; MESTRIA., 2015).

Segundo Pessoa e Ghisi (2015) a forma como a energia elétrica é utilizada nos setores no Brasil é a seguinte: o consumo nos condicionadores de ar é de 20% no setor residencial, 47% no setor comercial e 48% nos prédios públicos e o consumo com a iluminação, o setor comercial consome 22% e o setor público 23% do total consumido.

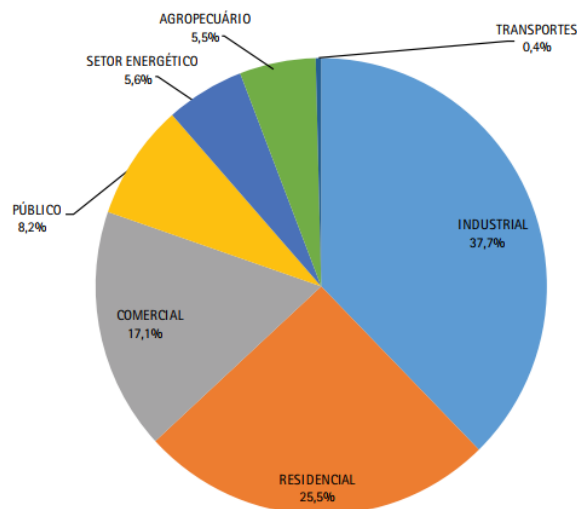
Em decorrência do colapso do setor elétrico nos últimos anos, é necessário e imprescindível para o país que haja uma redução do consumo energético, mas para que esta redução ocorra, tanto as concessionárias quanto os consumidores se tomem medidas que visem a conservação da energia disponibilizada para o consumo (RODRIGUES et al., 2017).

Nas edificações, o consumo é impactado pela maneira como os consumidores utilizam a energia, pois estes, controlam e interagem com a iluminação, ventilação, condicionamento artificial (refrigeração ou aquecimento) e utilização das janelas (SORGATO, 2015).

A redução do consumo de energia elétrica reflete diretamente na conservação ambiental, principalmente no Brasil, pois, matriz energética brasileira é basicamente de origem renovável, que em 2017 gerou 80,33% de toda a energia produzida, e, tendo como principal fonte a energia hidráulica, que gerou 65,2% da energia disponibilizada para o consumo, a Figura 1 mostra a produção energética por fonte no Brasil e a Figura 2 demonstra o consumo energético por setor em 2017 (Balanço Energético Nacional - BEN 2018, ano base 2017).

Figura 1 - Produção de Energia Elétrica por Fonte no Brasil

Fonte: BEN. 2018.

Figura 2 - Consumo de Energia Elétrica por Setor no Brasil

Fonte: BEN. 2018.

O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEF) do Ministério de Minas e Energia (MME) mostra que a utilização da energia disponibilizada ao consumo seja a mais sustentável e racional possível, pois, desperdiçar energia significa degradar o meio ambiente e inviabilizar outras atividades necessárias para que o país desenvolva. Assim, tanto o Estado quanto o mercado devem contribuir para o sensato uso da energia (PESSOA; GHISI, 2015).

Objetivando estimular que a energia elétrica seja utilizada de forma eficiente, e, se contrapor ao desperdício de energia, foi instituído o Programa Nacional de

Conservação de Energia Elétrica (Procel) em 1985, vinculado ao MME e executado pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás), cuja atuação contribui para que bens e serviços sejam incrementados de maneira mais eficiente, desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente, adiamento de investimentos no setor energético, diminuição da degradação ambiental, tornando o Brasil mais sustentável. Para que seu objetivo seja alcançado, o programa interage com várias áreas econômicas, contribuindo para a economia de energia e beneficiando toda a sociedade brasileira (Procel, 2018).

O Procel atua em seis áreas distintas, a citar (Eletrobrás, 2018):

- Equipamento – utiliza o Selo Procel para identificar equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes, que orienta os consumidores na compra desses bens, contribuindo para o desenvolvimento e estimula o aperfeiçoamento tecnológico dos produtos;
- Edificações (Procel Edifica) – atua na construção civil, promovendo ações em eficiência energética, através da elaboração de padrões técnicos para serem aplicados nas construções de um modo geral, e também incentivando à pesquisa, capacitação profissional, incremento de tecnologia e divulgação das melhores práticas de uso;
- Iluminação Pública (Reluz) – atua junto às prefeituras quanto a implantação de projetos de troca de equipamentos e melhoramento do parque de iluminação pública municipal e na sinalização dos semáforos, com a finalidade de valorizar os espaços públicos e dar mais segurança à população;
- Poder público – auxilia a administração pública na implantação de projetos para a redução do consumo energético nos municípios, mediante o uso eficiente da eletricidade e da água no saneamento;
- Indústria e comércio – combate ao desperdício de energia no setor industrial e nas empresas, pela instalação de políticas públicas, realização de diagnósticos dos parques industriais, aperfeiçoamento de ferramentas computacionais, capacitação profissional e produção de material técnico sobre eficiência energética;
- Conhecimento – atua na produção e difusão do saber em eficiência energética e incentivando a transformação comportamental na utilização da energia, em

todas as etapas da formação educacional do ensino básico ao superior, com o uso de medidas educativas ou através de dicas, livros, programas e manuais técnicos.

No Brasil, aproximadamente 50% do consumo de eletricidade acontece nas instalações residenciais, comerciais, de serviços e públicas. Com relação ao consumo nos prédios públicos, por volta de 70% é devido a iluminação e ao condicionamento de ar. No entanto, esse setor tem elevado potencial em economizar energia, pois, se na construção de novas edificações, forem utilizados os padrões definidos no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) Edifica, pode economizar até 50%, e, se forem realizadas reformas consistentes nas edificações existentes a economia de energia pode chegar a 30% (NASCIMENTO, 2015).

Por conta dessa expressiva possibilidade em reduzir o consumo energético nas edificações, o Procel estimula a preservação e a utilização eficiente de bens naturais como água, luz, ventilação, entre outros, e, como resultado temos a redução do desperdício e, por conseguinte, a redução dos impactos ambientais. Para atingir seus objetivos, o programa capacita profissionais, promove tecnologias, divulga boas práticas de uso, regulamenta e cria ações em eficiência energética para serem aplicadas nas edificações, além da etiquetagem de construções novas e existentes (Procel, 2018).

Segundo o Relatório de Resultados do Procel (2018), baseado em inferências no mercado e no uso de técnicas próprias de análise de resultados, em 2017 as ações realizadas pelo programa economizaram um montante aproximado de 21,2 bilhões de kWh, impedindo que, 1,965 milhão tCO₂ equivalentes fossem emitidas para a atmosfera, que corresponde ao equivalente que 675 mil veículos lançariam na atmosfera durante um ano. Quantitativo este, equivalente ao fornecido por uma usina hidrelétrica com capacidade de produção anual de 5.084 MW e uma estimativa de reduzir 6.887 MW no horário de ponta do consumo de energia.

A Tabela 1 apresenta os indicadores de resultados decorrentes das ações do Procel em 2017.

Tabela 1 - Indicadores de Resultados das Ações do Procel

Indicador	Total
Economia comparada ao consumo total de energia elétrica no Brasil (%)	4,57
Economia comparada ao consumo de energia elétrica nas residências no Brasil (%)	15,83
Quantidade de residências que seriam atendidas com a energia economizada, durante um ano (milhões)	11,25

Fonte: Relatório de Resultados do Procel 2018, ano base 2017.

As ações do Procel em 2017 evitaram um custo anual em torno de R\$ 3,793 bilhões pelos resultados em eficiência energética e a um investimento financeiro de R\$ 15,74 milhões, demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Recursos Financeiros Aplicados no Procel

Recursos Financeiros		Valor (milhões R\$)
Eletrobrás	Investimento	0,04
	Custeio	7,43
	Subtotal	7,47
Lei 13.280/2016 ¹	Investimento	2,71
	Custeio	5,56
	Subtotal	8,27
Total		15,74

Fonte: Relatório de Resultados do Procel 2018, ano base 2017.

O Selo Procel é o principal responsável pelos resultados alcançados pelo Procel, o que demonstra a atenção dada ao consumidor final, por meio da orientação e do estímulo à aquisição de equipamentos mais eficientes, além do Selo, também existe a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), fornecida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), que contém informações acerca da eficiência energética ou do consumo de energia dos equipamentos colaborando para a redução do consumo energético. Outra ferramenta que contribui para a redução do consumo é a Lei de Eficiência Energética (10.295/2001), que aborda as diretrizes sobre conservação e uso racional de energia, onde esses três mecanismos, que se complementam, estimulam o uso de produtos mais eficientes, além de compartilhar metodologias de avaliação e de análise da eficiência energética em equipamentos (PROCEL, 2018).

¹ Altera a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, para disciplinar a aplicação dos recursos destinados a programas de eficiência energética.

3.1 Referencial Teórico

3.1.1 Eficiência Energética

A eficiência energética refere-se à implantação de ações que tem como objetivo reduzir o consumo da energia para atender a necessidade por serviços com energia, ou seja, satisfazer as necessidades do mercado com um menor gasto energético. Para se alcançar a eficiência energética é necessário a tomada de medidas, sob o ponto de vista da tecnologia, em alterações ou melhoramento do processo energético, que engloba da produção ao consumo final de energia.

A eficiência energética também pode ser obtida por meio de uma melhor administração e gestão por parte dos entes que participam do processo de transformação da energia, no entanto, ocorrem perdas inerentes ao processo, além de se perder energia também pelo uso incorreto dos consumidores e pela falta de aprimoramento dos sistemas (SILVA, 2017).

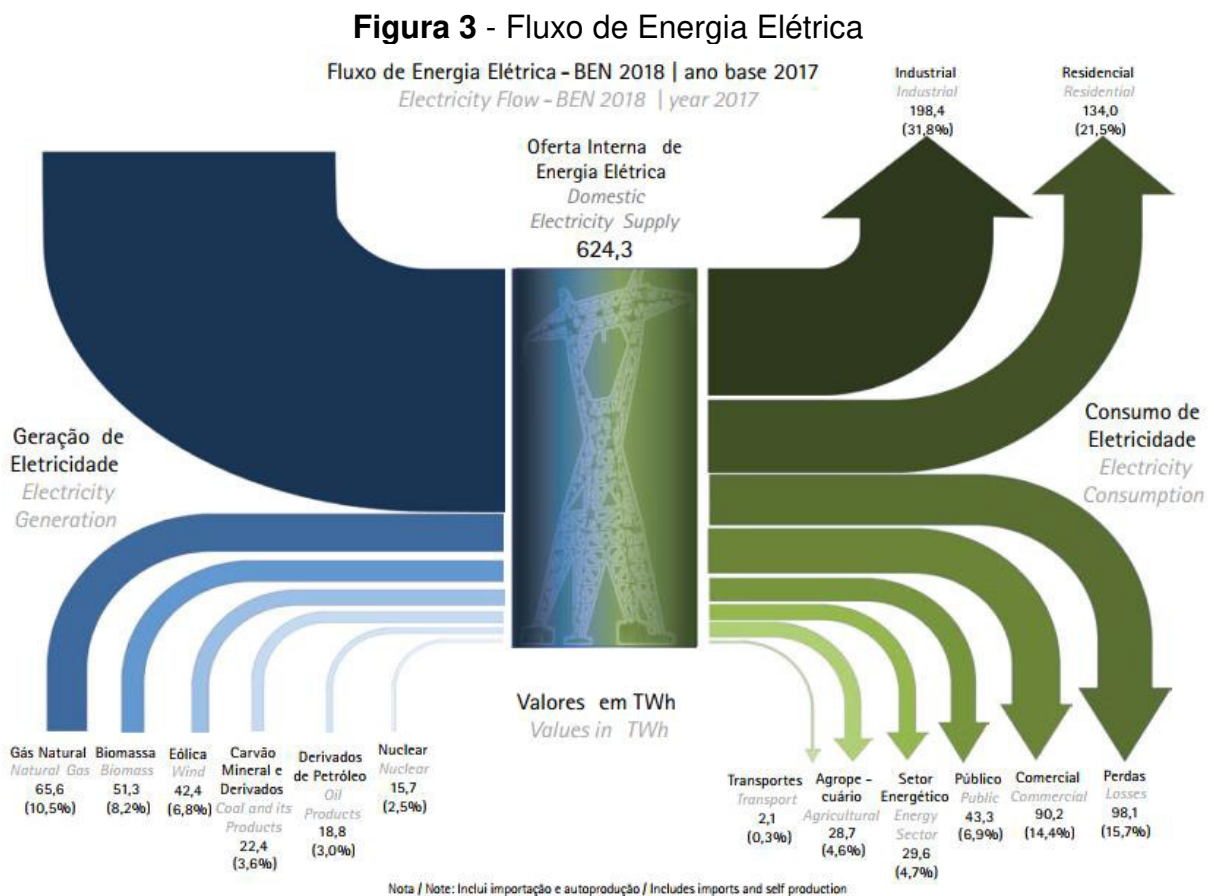
A incrementação da eficiência energética ocorre pela utilização no processo energético, de conhecimentos nas áreas da engenharia, da economia e da administração, porém, por ser bastante complexo é necessário que se utilize métodos e procedimentos para definir que ações devem ser adotadas para se obter um melhor desempenho e a diminuição das perdas intrínsecas ao sistema elétrico.

Na última etapa do processo energético, ou seja, no consumidor final de energia, a eficiência energética é considerada como sendo o uso consciente da energia, e se obtêm com a adoção de práticas que visam uma melhor utilização da energia, em todos os setores da economia, com destaque aos setores residencial, de serviços e público (VIANA et al., 2012).

Para se compreender a definição de eficiência energética são necessários alguns conceitos como: fontes primárias e secundárias de energia, perdas energéticas e energia útil. As fontes de energia consideradas primárias são aquelas disponíveis na natureza, como a força do movimento das águas e dos ventos, o sol, os resíduos da cana de açúcar e até o lixo doméstico, além de elementos como o petróleo, gás natural, o carvão mineral e o urânio presentes na natureza.

As fontes secundárias são aquelas que resultam de processos que transformam as fontes primárias em formas adequadas de energia para o consumo. Porém, no processo de transformação se perde parte da energia decorrente do

consumo inapropriado dessas fontes nos sistemas produtivos, que pode acontecer tanto quando se fornece algum produto, quanto na prestação de serviço. Portanto, a diferença entre a quantidade de energia gerada pelas fontes secundárias e suas perdas é conhecida por energia útil. Consta-se que não existe eficiência energética total, pois esta é intangível, na medida que em todo processo produtivo sempre existem perdas. A Figura 3 mostra o fluxo energético desde as fontes de produção até o uso final da energia (D'ALBUQUERQUE; SILVA; GOMES, 2017).



Fonte: EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional - BEN. 2018, ano base 2017.

No setor público é necessário um gerenciamento eficiente do consumo energético, impactado essencialmente pelos circuitos de iluminação e condicionamento do ar, portanto, esse gerenciamento deve valorizar a responsabilidade social da instituição pública quanto aos seus gastos, o que reforça o setor como sendo influenciador e formador de opinião. No entanto, iniciativas que visam melhorar os processos em eficiência energética não se sustentam nas ferramentas utilizadas corriqueiramente na gestão pública, o que acarreta em

descontinuidade das medidas que, por ventura sejam implementadas (D'ALBUQUERQUE; SILVA; GOMES, 2017).

Portanto, relaciona-se a eficiência energética ao uso consciente de energia, com ênfase na diminuição dos desperdícios, no uso de equipamentos mais eficientes e no melhoramento dos processos produtivos, com o objetivo de reduzir o consumo de energia, mantendo o mesmo serviço, ou mantendo o consumo e aumentando o serviço ofertada (Plano Nacional de Energia - PNE. 2030).

3.1.2 Qualidade da Energia Elétrica

A definição de Qualidade de Energia Elétrica (QEE) está atrelada ao correto funcionamento do sistema elétrico, sem apresentar falhas nas cargas elétricas existentes e com tensões e frequência em seus valores nominais e sem variações ou perturbações, tal definição indica que as ondas das tensões e correntes devem ser as mais próximas possível da onda fundamental, que é senoidal e com a frequência de 60 Hz. Este conceito é aplicado a qualquer sistema elétrico, desde a geração de energia até o consumidor final (KEMPA JUNIOR; LARA, 2016).

A perda da QEE está associada a eventos que podem perturbar a amplitude e/ou a forma de onda das tensões e correntes e aos desvios da frequência em um sistema elétrico, resultando em problemas na tensão ou corrente prejudicando o funcionamento dos equipamentos nesse determinado sistema (ROCHA, 2016).

Portanto, segundo Paulilo (2013), é considerada perda da QEE qualquer desvio que possa ocorrer na magnitude, forma de onda ou frequência da tensão e/ou corrente elétrica, tendo como resultado a falha ou uma operação inadequada de equipamentos elétricos.

A perda da qualidade da energia é preocupação rotineira em todos entes que interagem nos sistemas elétricos, tanto pelas distribuidoras, quanto pelos consumidores, esta preocupação se justifica pela utilização de equipamentos microprocessados e com componentes eletrônicos que possuem uma sensibilidade maior a oscilações na energia, impactando no seu funcionamento e prejudicando sua vida útil; com a eficácia dos sistemas de potência, que geram o aumento da utilização das cargas não lineares, para a diminuição das perdas, e que, no entanto, trazem como resultado um nível maior de harmônicas no sistema; com a apreensão dos consumidores quanto a qualidade da energia que utilizam, e os seus efeitos no

desempenho operacional dos sistemas e equipamentos; e, da imposição de que as linhas de comunicações de dados devem funcionar sem interrupção em todos os setores da economia, decorrente dos processos comerciais e de controle nas indústrias (OLIVEIRA, 2009).

Portanto, um serviço é tido como de boa qualidade, quando o fornecimento de energia elétrica garante, a custos acessíveis, que os equipamentos e processos funcionem de forma segura e confiável, sem prejuízo ao meio ambiente e ao conforto dos consumidores, este conceito engloba os aspectos sociais, ambientais, técnicos e econômicos, portanto, o produto energia elétrica é considerado de qualidade, quando o seu suprimento ofertar tensões equilibradas e formas de onda sem alterações ou variações, ou seja, disponibilizar energia elétrica com tensões senoidais e equilibradas, além de amplitude e frequência constantes (NOBRE, 2017).

A QEE, associada ao produto energia, possui características intrínsecas, pois o processo energético de produção, transporte, distribuição e consumo ocorrem simultaneamente em um sistema bastante complexo, onde cada etapa do processo pode perturbar ou ser perturbado pelas outras etapas (PAULILO, 2013).

3.1.2.1 Distúrbios Elétricos

Os distúrbios elétricos afetam a qualidade da energia disponibilizada aos sistemas, não se importando com as suas causas, pois, como consequência geram perdas aos consumidores, sendo o mais sensível aos distúrbios o setor industrial, pois, com a presença dos distúrbios os equipamentos funcionam incorretamente ou podem queimar se ligados à rede elétrica e, conseqüentemente, interromper processos produtivos. Portanto, as concessionárias de energia buscam continuamente a qualidade do produto, além também da preocupação constante quanto a qualidade da energia recebida pelos consumidores (FERREIRA, 2010).

Dentre os principais distúrbios podemos citar:

a) Transitórios

Os transitórios são ocorrências de origem eletromagnética ocasionados por alterações instantâneas na operacionalidade de um sistema elétrico, evento este de curta duração, porém de suma importância, pois, sujeitam os equipamentos a maiores solicitações de tensão e/ou corrente. Os transitórios podem ser classificados de duas

maneiras: os impulsivos, ocasionados por descargas atmosféricas, que provocam uma alteração imediata na condição da tensão em regime permanente, e os oscilatórios, decorrentes de uma variação rápida nos valores e polaridade da tensão e corrente, ocasionados por energização de linhas, chaveamentos, entre outros (FERREIRA, 2010).

b) Variações de tensão de curta duração (VTCD) e Variações de tensão de longa duração (VTLD)

As VTCD ou VTLD são definidas por alterações instantâneas, momentâneas ou temporárias da tensão, decorrentes de manobras na alta tensão do sistema, ou ocasionadas por descargas atmosféricas, curtos circuitos ou defeitos na distribuição ou transmissão do sistema elétrico. De acordo com o local e as condições do sistema, pode acontecer um abaixamento momentâneo de tensão (“sag”), que representa uma oscilação entre 10% e 90% da tensão ou corrente eficaz na frequência nominal, ou pode ocorrer uma momentânea elevação de tensão ou corrente eficaz na frequência nominal (“swell”) entre 10% e 80%, ou até mesmo a completa interrupção do sistema elétrico (PINTO, 2016).

Segundo a Aneel (2011), a VTCD deve durar menos que três minutos, e a VTLD deve durar mais que três minutos.

c) Desequilíbrios

Entende-se como desequilíbrios a razão entre o máximo desvio da média das correntes ou tensões trifásicas, pela média das correntes ou tensões trifásicas, expressos em percentual. Os desequilíbrios normalmente acometem os sistemas de distribuição, pois estes possuem cargas monofásicas com fases desequilibradas, fazendo surgir nos circuitos trifásicos tensões de sequência negativa (PAULILO, 2013).

d) Distorção Harmônica

A distorção harmônica ocorre principalmente pela presença na rede elétrica de cargas não lineares, como por exemplo em equipamentos que possuem eletrônica de potência, fontes chaveadas, entre outras, que distorcem o sinal puramente senoidal da tensão ou corrente, pela presença de frequências múltiplas (MARTINS, 2016).

e) Flutuações de tensão

A flutuação de tensão ocorre devido a variação aleatória ou repetitiva do envoltório da tensão ocasionada por variações bruscas e imprevisíveis na potência ativa e reativa requerida por uma carga ou através da existência de sinais com inter-

harmônicos de tensão. A flutuação da tensão é influenciada pela carga, pela magnitude da potência nominal ou de operação e a pela condição de curto-circuito do sistema (MORAES, 2016).

f) Variações de frequência

A variação da frequência fundamental (50 Hz ou 60 Hz) ocorre devido a pequenas variações de frequência geradas pela relação entre carga e geração, essa variação pode ser ocasionada quando um grande bloco de carga é desligado do sistema, ou, pelo desligamento de uma grande fonte geradora de energia (PAULILO, 2013).

3.2 O IFMA e a Eficiência Energética

O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEF), no item 9, que aborda a eficiência energética considerando somente os Prédios Públicos (PNEF, 2014), contextualiza que, os incentivos para implementar ações objetivando a eficiência energética em prédios públicos, atualmente recebem atenção especial em diversos países, pois desta forma contribuem na redução das emissões que influenciam negativamente no meio ambiente do planeta, ou, que visem um mercado competitivo e consciente com questões relacionadas ao meio ambiente.

O Programa de Eficiência Energética em Prédios Públicos – Procel EPP estabelece estratégias para desenvolvimento social e econômico do país, com a implementação de ações para reduzir a demanda e o consumo de energia elétrica nas instalações públicas em todas as esferas de governo, disseminando técnicas e metodologias de aplicação de projetos para a promoção da redução no consumo de energia nos sistemas de iluminação ou condicionamento de ar (aquecimento ou refrigeração), entre outras (GARCIA, 2015). Este programa visa a implementação de medidas em eficiência energética e difusão de informações aos administradores públicos.

O Procel EPP objetiva (PNEF, 2014):

- a) Reduzir os gastos nos prédios públicos através da diminuição do consumo, e, por conseguinte da demanda de energia;
- b) Melhorar a segurança, o bem-estar e as condições ambientais de trabalho dos servidores públicos;
- c) Capacitar os administradores e servidores públicos em eficiência energética.

Para alcançar seus objetivos o Procel EPP emprega estratégias, como:

- a) Implantação de projetos piloto demonstrativos;
- b) Troca de equipamentos obsoletos por mais eficientes;
- c) Implementação de Planos de capacitação em eficiência energética para administradores públicos.

No contexto da eficiência energética, o IFMA Campus Monte Castelo demonstrou preocupação quanto ao consumo eficiente de energia elétrica em suas instalações, portanto, com o intuito do cumprimento de sua missão institucional da promoção do ensino profissional, científico e tecnológico, integrando ensino, pesquisa e extensão, que visa formar cidadãos conscientes, priorizando o desenvolvimento socioeconômico sustentável, além da busca incessante da excelência em ensino, pesquisa e extensão, contribuindo assim para que o Estado do Maranhão se desenvolva (IFMA, 2015).

O IFMA Campus Monte Castelo está implementando um sistema automatizado de controle de acionamento e desligamento de iluminação e dos condicionadores de ar em suas dependências, inicialmente nas salas de aula do Curso Técnico em Segurança do Trabalho (Projeto Piloto), com o intuito de diminuir ou eliminar o desperdício de energia em suas salas de aula, contribuindo desta maneira para a conservação de energia elétrica, tema relevante tanto na sociedade brasileira, quanto na mundial, visto sua importância econômica e ambiental.

Diante da atual conjuntura, onde o sistema elétrico integrado do Brasil, está prestes a entrar em colapso, pois, mesmo com baixas taxas de crescimento econômico, é fundamental que se busque soluções para suprir energia e evitar novos racionamentos e apagões como os vividos anteriormente. Como todos estamos inseridos nesta situação, temos que contribuir para a economia do consumo de energia (SANTOS et al., 2008).

Portanto, o IFMA campus Monte Castelo está dando sua contribuição neste sentido, estimulando dentro do ambiente acadêmico para seus alunos, professores e funcionários, o consumo sustentável e eficiente de energia elétrica com a proposta de “pelo exemplo se ensina, pelo exemplo se aprende” (SANTOS et al., 2007).

3.2.1 Sistema Atual de Controle de Acionamento e Desligamento de Iluminação e Condicionadores de Ar das Salas de Aula do IFMA Campus Monte Castelo

Os ambientes escolares atuais, como salas de aula e laboratórios, possuem uma estrutura de funcionamento com equipamentos eletroeletrônicos, tais como projetores e quadros multimídias, além de dispositivos que garantam um conforto visual e térmico. Normalmente o acionamento desses dispositivos é feito manualmente, através de interruptores nos sistemas de iluminação, e, de controles remotos para os outros equipamentos, porém, estes exigem troca de pilhas, quebram ou são extraviados, gerando contratempos quanto ao acionamento ou no desligamento de aparelhos, além do que, no acionamento manual existe a dependência de um operador, que pode por diferentes razões esquecer de desligar os aparelhos, o que gera perda de energia elétrica (MAYER et al., 2015).

O IFMA Campus Monte Castelo, quanto ao acionamento e desligamento da iluminação e condicionadores de ar, segue à normalidade, pois esta atividade é executada de forma manual, por funcionários lotados na Coordenadoria de Apoio às Atividades Acadêmicas (CAA), setor responsável pelo controle acadêmico dos cursos técnicos do instituto.

De acordo com o CAA (2018), estes funcionários, de posse da grade de aulas, percorrem todas as salas antes de iniciar o turno matutino, acionam a iluminação e os condicionadores de ar das salas que funcionarão naquele turno, no final do turno fazem um ronda pelos corredores por volta das 11:40 horas, quando as aulas dos cursos concomitantes se encerram, e, às 12:30 horas, quando se encerram as aulas dos cursos integrados, e desligam os equipamentos das salas que estiverem desocupadas. No turno vespertino, os sistemas de iluminação e dos condicionadores de ar são ligados a partir das 12:50 horas, e, desligados por volta das 18:25 horas, das salas que não funcionarão à noite. Finalmente, fazem uma última ronda após o encerramento das aulas no turno noturno, o que acontece por volta das 22:00 horas.

No entanto, nos intervalos entre ligar e desligar a iluminação e condicionadores de ar, alguma turma ficar ociosa por algum motivo, às vezes as luzes são apagadas por algum professor ou aluno, preocupados com o desperdício de energia, mas, os condicionadores de ar não são desligados, pois os controles ficam de posse dos funcionários do CAA, para não serem quebrados ou extraviados nas salas.

Percebemos, portanto, que o modelo manual de acionamento e desligamento de iluminação e condicionadores de ar, pode gerar um desperdício de energia, no caso da existência de horários ociosos nos turnos, ou porventura, um professor faltar, os aparelhos continuarão funcionando, além do que, pela própria dinâmica, o modelo utilizado é passível de falhas, pois depende exclusivamente dos funcionários do CAA.

3.2.2 Sistema em Implantação de Controle Automatizado de Acionamento e Desligamento de Iluminação e Condicionadores de Ar das Salas de Aula do IFMA Campus Monte Castelo

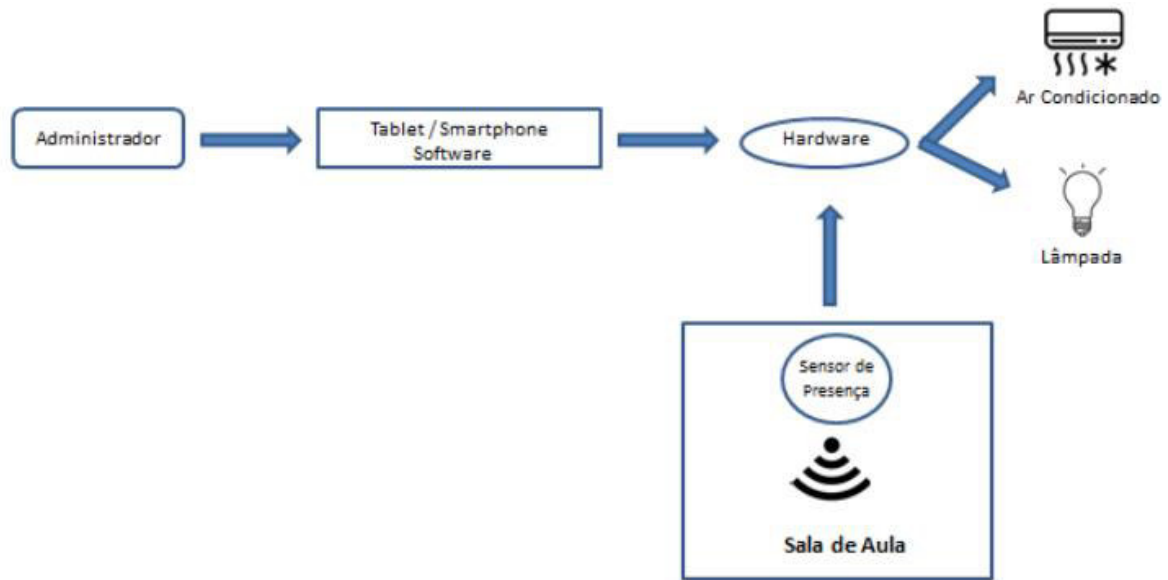
Diante do modelo manual de controle de iluminação e condicionadores de ar, um professor do Departamento de Eletroeletrônica do IFMA Campus Monte Castelo propôs um Projeto Piloto para desenvolver, implementar e instalar um sistema automatizado de controle que auxiliará na diminuição do desperdício de energia nas salas de aula do instituto, no que se refere ao uso da iluminação e dos condicionadores de ar, melhorando desta forma a eficiência energética, trazendo também comodidade na operacionalização dos sistemas.

Este sistema automatizado de controle objetiva: controlar os condicionadores de ar e a iluminação das salas de um único ponto, não necessitando do deslocamento de operadores do sistema; e, reduzir ou eliminar o desperdício de energia, proveniente do funcionamento de aparelhos de condicionamento de ar ou de lâmpadas em horários ociosos, ou seja, quando não houver aula, para reduzir gasto anual com energia elétrica pelo IFMA (Chagas, 2017).

O Projeto Piloto, que encontra-se em fase de teste, foi implantado em sete salas de aula do Curso Técnico em Segurança do Trabalho, que funcionam de forma integrada, isto é, o aluno cursa o ensino médio ao mesmo tempo que a formação profissionalizante, onde as salas de aula possuem a seguinte numeração: 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20 do IFMA no Campus Monte Castelo.

O sistema desenvolvido e implementado é microcontrolado, formado por *hardware* que contemplam a placa eletrônica e seus componentes, que interagem permitindo o acionamento remoto das cargas, e por *software*, que corresponde à parte lógica do sistema, que analisa as informações de entrada e toma as decisões, que comandam e acionam e/ou desligam o sistema, na Figura 4 é mostrado o *layout* do sistema em implementação.

Figura 4 - Estrutura do Sistema Automatizado de Controle



Fonte: Elaborada pelo Autor.

O Sistema automatizado opera em dois modos:

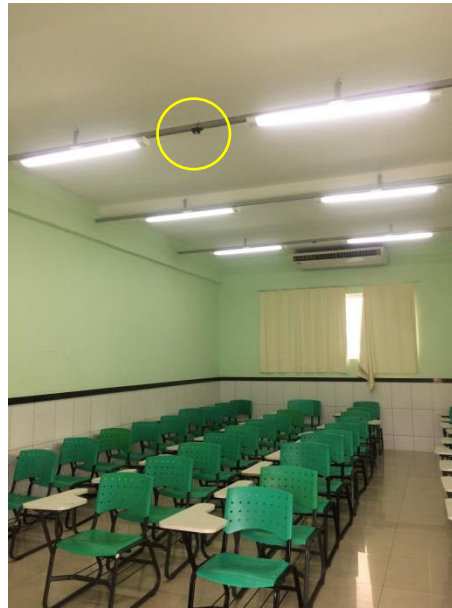
- a) Automático: o sistema de controle funcionará através das informações enviadas pelos sensores de presença/movimento instalados nas salas de aula e que são interligados ao módulo de comando (*hardware*), que automaticamente controla o acionamento ou desligamento das cargas (Condicionador de Ar + Iluminação) individual por sala, no caso de identificação de presença ou ausência de pessoas respectivamente;
- b) Manual: O sistema passará a ser controlado manualmente por meio de um dispositivo móvel com sistema operacional *Android* (*Tablet ou Smartphone*), conectado à rede *Wi-Fi* do IFMA, através de comandos realizados por um operador, de qualquer local.

No modo automático, o sistema será comandado através dos sensores instalados nas salas de aula que ficarão em modo *stand by*, ou seja, prontos para operar a qualquer instante durante os turnos de aula. Quando for detectada a presença em sala de aula, o sistema acionará imediatamente a iluminação, em seguida, ligará o condicionador de ar a uma temperatura de 18 °C, para que a climatização do ambiente seja mais rápida, e após dez minutos aumentará para 21 °C, de forma a manter o ambiente termicamente confortável. Caso a sala fique vazia, o sistema temporiza em cerca de quatro minutos e, caso ninguém retorne nesse

intervalo, a iluminação e o condicionador de ar serão desligados, interrompendo o consumo desnecessário de energia elétrica.

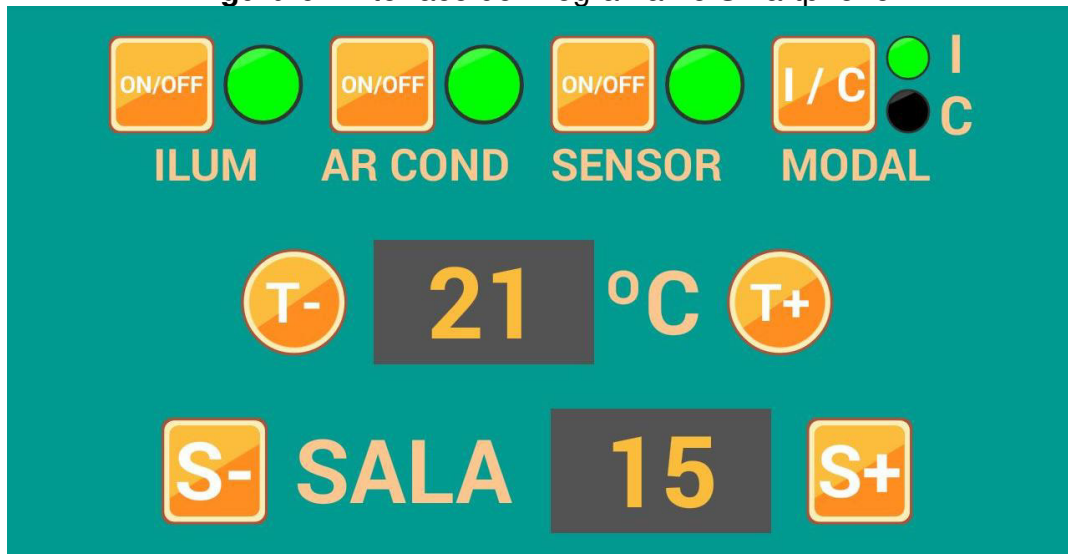
A Figura 5 mostra internamente a Sala 16 e o detalhe do sensor instalado do Sistema de Automação.

Figura 5 - Sala de Aula 16 do Curso Técnico em Segurança do Trabalho



Fonte: Elaborada pelo autor.







No modo manual, os sensores serão desabilitados pelo operador, e, através da interface do programa no *smartphone* ou *tablet* (Figura 6), a operação de acionamento ou desligamento da iluminação e dos condicionadores de ar poderá ser realizada manualmente pelo operador, a partir de qualquer local do IFMA em que consiga conectar-se à rede *Wi-Fi* (Chagas, 2017).

Figura 6 - Interface do Programa no Smartphone

Fonte: (Chagas, 2017).

A seguir, na Tabela 3, temos os elementos da interface e suas funções.

Tabela 3 - Elementos da Interface

Elemento	Função
	Indica o estado da iluminação: ligada ou desligada, porém, se o sistema estiver em modo manual é onde se controla a iluminação.
	Indica o estado do condicionador de ar: ligado ou desligado, porém, se o sistema estiver no modo manual é onde se controla o condicionador de ar.
	Indica se o sensor está habilitado ou desabilitado, e, se o sistema estiver no modo manual é onde se controla o sensor.
	Indica qual a modalidade de ensino: se a Turma é Integrada (I) ou Concomitante (C).
	Indica em qual temperatura o condicionador de ar se encontra, e, se o sistema estiver no modo manual é onde se controla a temperatura.
	Indica qual a sala de aula está em monitoramento, é onde também, que se alterna as salas.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Caso algum problema aconteça ao sistema, este poderá ser desligado, através de um *bypass* instalado próximo ao dispositivo eletrônico. É nesse local que se retorna ao controle manual de iluminação e do condicionador de cada sala individualmente, realizado por um funcionário do CAA, como ocorria anteriormente à implantação do sistema.

O sistema encontra-se instalado e operando em fase inicial de otimização (Versão 2), pois será necessário que se utilize o sistema por alguns meses, para levantamento das demandas e/ou funcionalidades individuais por sala de aula, para serem implementadas no sistema. Os valores utilizados atualmente, como tempo de ociosidade e variação na temperatura, podem ser alterados conforme solicitação dos técnicos do IFMA, baseada no *feedback* dos alunos e/ou professores, o que proporcionará novas versões do sistema, até que se chegue ao ponto ótimo de operação (Chagas, 2017).

Como o sistema é individualizado, influenciado pelas características de cada sala de aula, não se encontra pronto, devendo ser mapeada toda necessidade que venha a surgir, para ser ajustada, implementada e testada, além do que, por se tratar de uma inovação tecnológica, desenvolvimentos, ajustes e correções são necessárias, até que se chegue ao melhor ponto de operacionalização do sistema.

O controle dos horários é baseado em cada turma isoladamente e no tipo de curso, se integrado ou concomitante, pois para cada tipo, têm-se horários diferenciados de início e término em cada turno de aula, matutino, vespertino ou noturno. Baseado na grade de horários, o *software* de controle é programado, deixando o sistema habilitado ou desabilitado, visando assim evitar que a iluminação e os condicionadores de ar fiquem funcionando sem estar havendo aula, nos horários entre turnos, durante a madrugada e nos fins de semana, caso que poderá ocorrer no controle manual executado por um funcionário do CAA.

O sistema de controle funciona através da rede *Wi-Fi* do IFMA, podendo ser instalado em dispositivos com acesso à internet, quer seja dispositivo móvel ou computador de mesa (*desktop*). No Projeto Piloto, o *software* está instalado somente em um dispositivo móvel, sendo programado exclusivamente pelo Coordenador do Departamento de Ensino Técnico (DETEC), após todos os testes e validação do sistema de controle, o mesmo será instalado em um tablet que ficará no CAA e toda a programação de horários será feita pelos funcionários do setor.

O sistema hoje funciona em 07 (sete) salas todas Integradas, com a seguinte programação: no turno matutino, o sistema é habilitado às 7:00 horas e desabilitado às 12:30 horas, no turno vespertino é habilitado às 13:00 horas e desabilitado às 18:25 horas e no turno noturno é habilitado às 18:50 horas e desabilitado às 22:45 horas. Essa programação refere-se aos horários de controle do condicionador de ar, para o controle de iluminação, será diferente somente entre os turnos vespertino e noturno,

já que às 18:25 horas não será desabilitado, permanecendo habilitado até às 22:45 horas, quando o sistema será desabilitado tanto para a iluminação quanto para o condicionador de ar. Além da programação acima descrita, o sistema também ficará desabilitado nos fins de semana e feriados, que evitará desperdícios de energia elétrica (Chagas, 2017).

4 METODOLOGIA

Este capítulo se destina a caracterizar a pesquisa realizada, indicando o equipamento usado para o monitoramento do sistema automatizado de controle, o local onde foi instalado e a metodologia para o desenvolvimento do trabalho.

4.1 Equipamento utilizado para o Monitoramento

Para a verificação do consumo de energia, da qualidade da energia disponibilizada e a eficiência energética do sistema automatizado de controle de iluminação e do condicionador de ar, utilizou-se um Analisador de Qualidade de Energia, modelo ET5061-C, Série 11100544, da marca Minipa.

Na Tabela 4 temos as características técnicas do analisador de qualidade de energia.

Tabela 4 - Características do Analisador de Qualidade

Display	½ VGA - TFT colorido touch screen de 320 x 240 Pixels
Período de integração	1s a 60 min
Tensão AC/DC	1000V
Corrente AC	3000A
Corrente DC	1000A (necessário garra opcional)
Frequência	42,5 ~ 69Hz
Potência Ativa/ Reativa/ Aparente	1k / 10k / 100k / 1M / 10M (W, VA, Var)
Energia Ativa/ Reativa/ Aparente	1k / 10k / 100k / 1M / 10M (Wh, VAh, Varh)
Fator de Potência	0.20 a 1.00
Harmônica	1ª a 49ª ordem
Memória	15Mbytes (expansão por SD Card ou Pen Drive)
Flicker	Instantâneo/Curto/Longa duração
Corrente de partida/Inrush	•
Interface	USB
Precisão Básica	0,5%
Proteção IP	IP 50
Categoria	CAT IV 600V
Dimensões (mm)/ Peso (g)	235x165x75/1

Fonte: Minipa. 2011.

O equipamento foi utilizado com a finalidade de obter dados para a analisar o consumo e a qualidade de energia elétrica somente da Sala de Aula 16, com o sistema automatizado de controle de iluminação e condicionador de ar habilitado no modo automático, e com o sistema desabilitado, operando em modo manual. Realizou-se as medições na saída do quadro de distribuição (QD) no circuito específico da Sala 16 do Curso Técnico em Segurança do Trabalho.

Tomando por base as características técnicas do analisador, para a análise da qualidade da energia elétrica disponibilizada ao sistema, realizou-se a medição dos seguintes parâmetros:

- Tensão AC – Fase/Neutro, Fase/Fase e Neutro/Terra;
- Frequência;
- Fator de Potência (FP);
- Harmônicas até a 6ª ordem.

Para a análise do consumo de energia elétrica foram medidos os seguintes parâmetros:

- Potência Ativa;
- Energia Ativa.

Para a mensuração de dados, o analisador possui quatro configurações diferentes, que são escolhidas dependendo do tipo da instalação elétrica ou do equipamento onde vão ser realizadas as medições.

4.2 Descrição do Local onde foi Instalado o Equipamento

Apesar de que, no Projeto Piloto, o sistema automatizado de controle está instalado em sete salas de aula do curso Técnico em Segurança do Trabalho, as medições foram realizadas apenas sala de aula de número 16, devido a configuração da distribuição dos circuitos elétricos das salas de aula, pois, os disjuntores de força e iluminação das salas de aula encontram-se em quadros de distribuição distintos, não sendo possível medição do sistema automatizado completo.

No quadro de distribuição de força (QDF), instalado no corredor do Curso de Segurança do Trabalho, encontram-se os disjuntores dos circuitos de força dos condicionadores de ar das salas 15, 17, 18, 19 e 20, entre outros circuitos, os circuitos de força das salas 14 e 16 encontram-se no QDF no andar superior adjacente.

No quadro de distribuição de iluminação (QDI) instalado no corredor do Curso de Segurança do Trabalho, encontram-se os disjuntores dos circuitos de Iluminação das salas 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20, entre outros. Os circuitos de iluminação das salas 14, 15 e 16 encontram-se no mesmo circuito, já a iluminação da sala 17 está em um único circuito e a iluminação das salas 18, 19 e 20 também estão em um único circuito.

A sala 16, objeto do estudo, está localizada no corredor do Curso Técnico em Segurança do Trabalho, porém, o circuito de força que alimenta o condicionador de ar localiza-se no corredor adjacente, no andar acima do corredor do Curso de Segurança do Trabalho e o circuito alimentação da iluminação da sala 16 encontra-se em outro quadro de distribuição no corredor de segurança do trabalho.

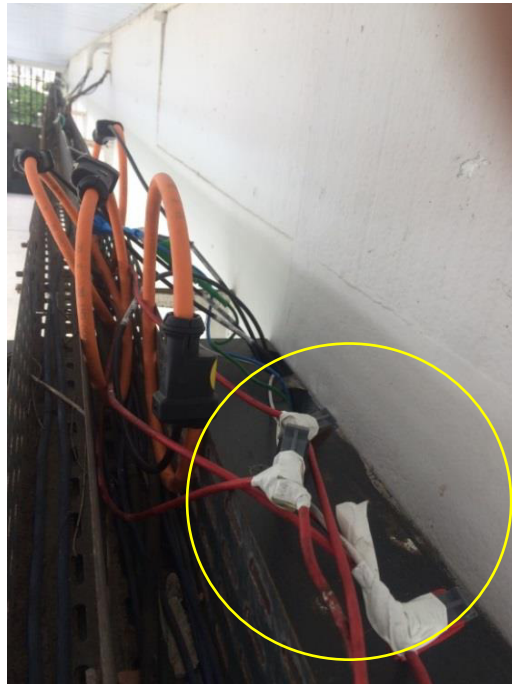
Como os circuitos de força e iluminação da sala 16 encontram-se em quadros separados e em corredores diferentes, fez-se a opção de somente monitorar o circuito de força do condicionador de ar, que possui a maior carga da sala de aula, pois, está instalado um condicionador de ar trifásico da marca Carrier de 24.000 BTU e com uma potência de 1.700 W, já a iluminação da sala é composta por 08 luminárias com lâmpadas LED de 19 W o que totaliza uma potência de 152 W, portanto, pelas potências acima descritas, é justificável a escolha do circuito do condicionador de ar para monitoramento.

De acordo com o explanado acima, o equipamento para medição foi instalado no circuito de força da Sala 16, próximo ao quadro de força do corredor adjacente, situado no andar acima do corredor do Curso Técnico em Segurança do Trabalho.

4.3 Procedimento de Medição dos Dados

A configuração do analisador escolhida para a obtenção dos dados, foi para sistemas 4 fios estrela (trifásico + neutro + terra), as pontas de prova de tensão foram conectadas diretamente nas fases, no neutro e no terra, do circuito do condicionador de ar da sala 16, na eletrocalha próximo ao quadro de distribuição (Figura 7).

Figura 7 - Pontas de Prova de Tensão instaladas nos condutores do circuito do condicionador de ar da Sala 16



Fonte: Elaborada pelo autor.

As garras transdutoras de corrente foram colocadas nas fases e no neutro, na eletrocalha próximo ao quadro de distribuição (Figura 8), obedecendo à correta sequência de fase da instalação.

Figura 8 - Garras Transdutoras de Corrente instaladas nos condutores do circuito do condicionador de ar da Sala 16



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Analisador de Qualidade de Energia foi instalado no dia 21/08/2018, ficando ligado até o dia 25/08/2018, para averiguação de possíveis problemas que pudessem

acontecer, sem aproveitar os dados coletados nesse período para a análise da qualidade da energia, e, nem do consumo de energia do sistema automatizado de controle de iluminação e do condicionador de ar.

Para verificação da eficiência elétrica do sistema implantado quanto à diminuição do consumo de energia, e para a análise da qualidade da energia disponibilizada ao mesmo, determinou-se que seriam realizadas medições em oito semanas consecutivas, porém, devido a problemas técnicos que ocorreram no período, as medições não puderam ser realizadas desta maneira. As medições foram realizadas de forma alternada com o sistema habilitado (automático) e desabilitado (manual), entre os meses de Agosto e Novembro de 2018. A Tabela 5 mostra a configuração do sistema automatizado de controle em cada semana medida.

Tabela 5 - Período de Medição de dados e Configuração do Sistema Automatizado de Controle

Período	Situação do Sistema de Controle
Semana 1	Habilitado
Semana 2	Desabilitado
Semana 3	Habilitado
Semana 4	Habilitado
Semana 5	Habilitado
Semana 6	Desabilitado
Semana 7	Desabilitado
Semana 8	Desabilitado

Fonte: Elaborada pelo autor.

No decorrer das semanas de medição ocorreram alguns eventos como eleições, feriados, interrupção de energia, mudança de semestre letivo (sem consumo de energia), recesso de aula e arquivos de dados corrompidos, optou-se em realizar a análise dos dados considerando o intervalo em todas as semanas das 0:00 hora de segunda-feira até às 12:30 horas da quinta-feira, pois nas amostras esse intervalo de tempo está presente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este Capítulo se propõe a discutir os resultados obtidos nas medições com o sistema automatizado de controle habilitado e desabilitado (controle manual feito por funcionário do CAA) entre os meses de agosto e novembro, resultados estes

analisados quanto à qualidade da energia elétrica disponibilizada ao equipamento, considerando os valores de tensão, frequência, distorção harmônica e fator de potência, onde será realizada a comparação entre os valores médios mensurados e os valores limites estabelecidos em norma.

Apresentaremos também os valores mensurados da potência ativa e do consumo médio de energia ativa, demonstrando também através de gráficos o funcionamento do sistema automatizado de controle, além da estimativa do percentual de redução do desperdício de energia com a utilização do sistema automatizado.

5.1 Análise da Qualidade de Energia fornecida ao Sistema Automatizado de Controle

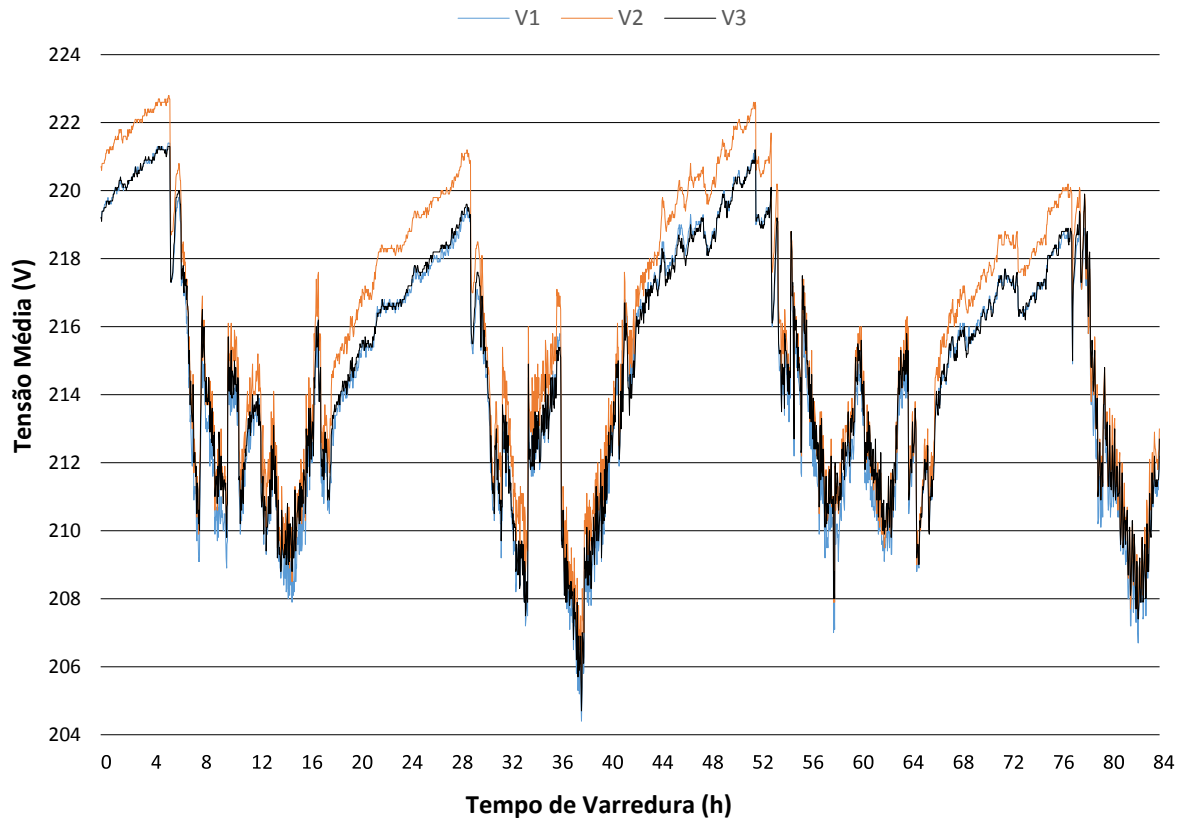
As medições foram realizadas, conforme a Tabela 05, entre os meses de Agosto e Novembro de 2018, nos condutores de alimentação do condicionador de ar da sala 16 do Curso Técnico em Segurança do Trabalho, com a utilização do analisador de energia, descrito no item 4.1, apresentaremos a seguir, os valores mensurados de tensão elétrica, frequência, distorção harmônica e fator de potência, para a verificação da influência dessas grandezas na qualidade da energia disponibilizada ao sistema, e, no consumo de energia do equipamento.

5.1.1 Tensão Elétrica

A tensão elétrica durante os períodos medidos sofreu oscilações entre valores médios mínimos e máximos e, em alguns eventos isolados, sofreu interrupção total (falta de energia nas três fases) ou parcial (somente em uma fase). Essas oscilações da tensão possuem um efeito cascata, pois, interferem também em outros indicadores de qualidade da energia, como no caso da distorção harmônica e do fator de potência.

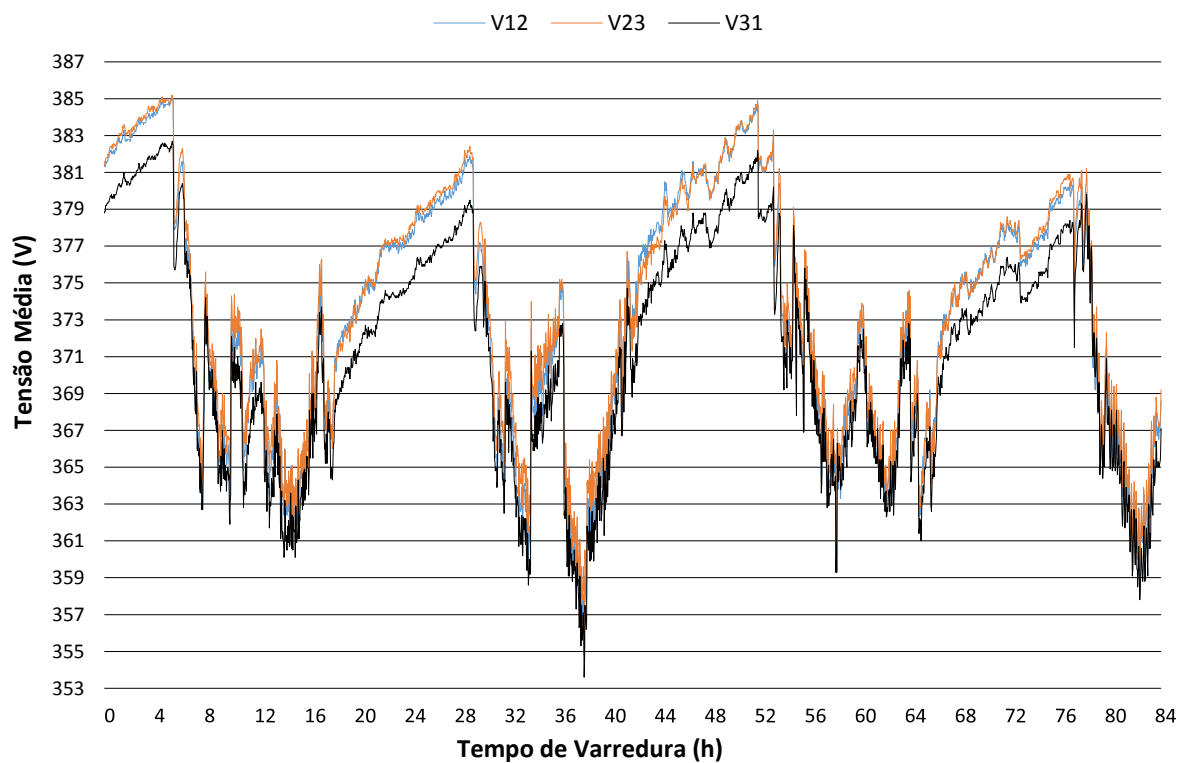
As Figuras 9 a 16 demonstram o comportamento da tensão monofásica e trifásica média, sendo V1 a tensão na fase um, V2 a tensão na fase dois e V3 a tensão na fase três, V12 a tensão entre as fases um e dois, V23 a tensão entre as fases dois e três e V31 a tensão entre as fases três e um, em alguns períodos medidos, com o sistema automatizado habilitado e desabilitado.

Figura 9 - Tensão Monofásica Média Semana 1 - Sistema habilitado



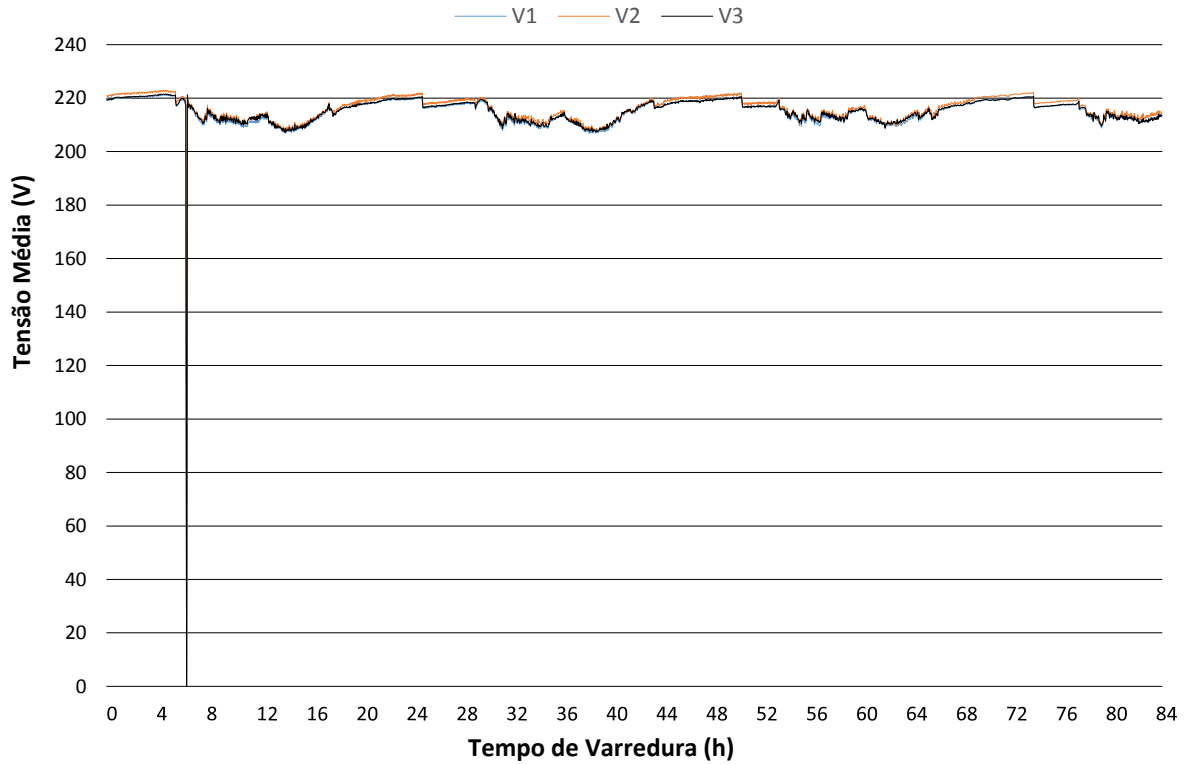
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 10 - Tensão Trifásica Média Semana 1 - Sistema habilitado



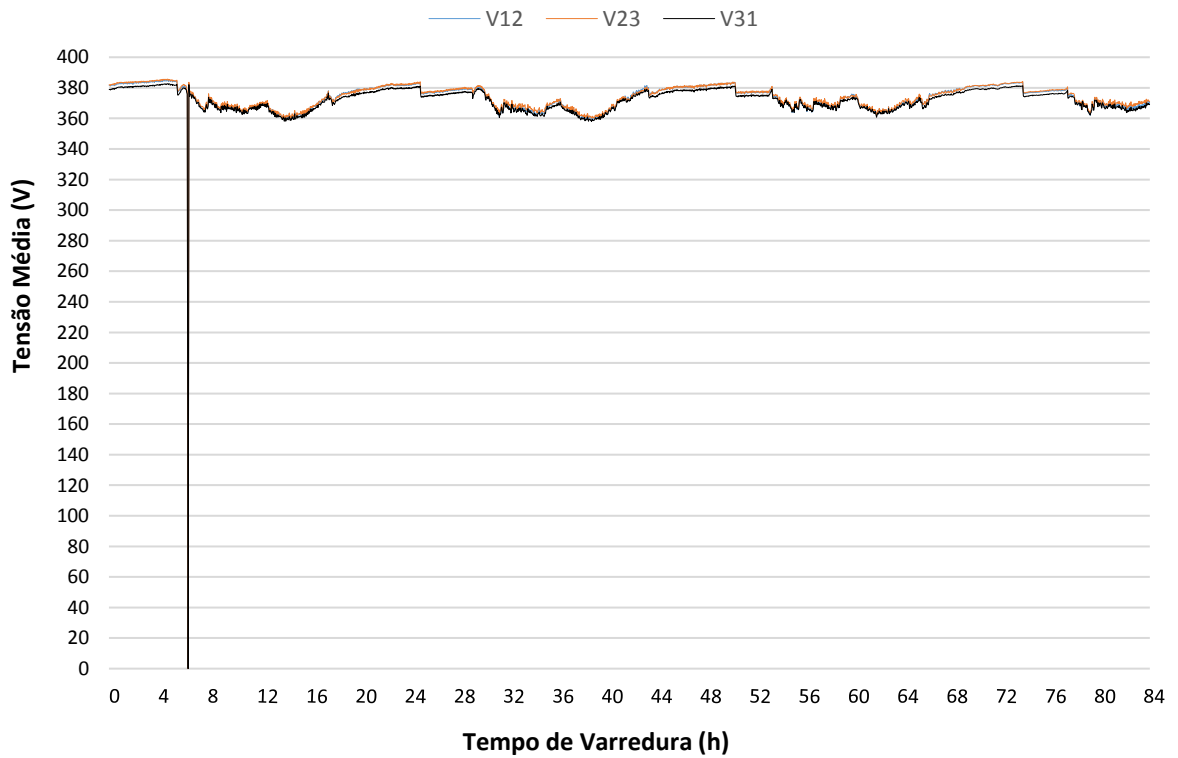
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 11 - Tensão Monofásica Média Semana 2 - Sistema desabilitado



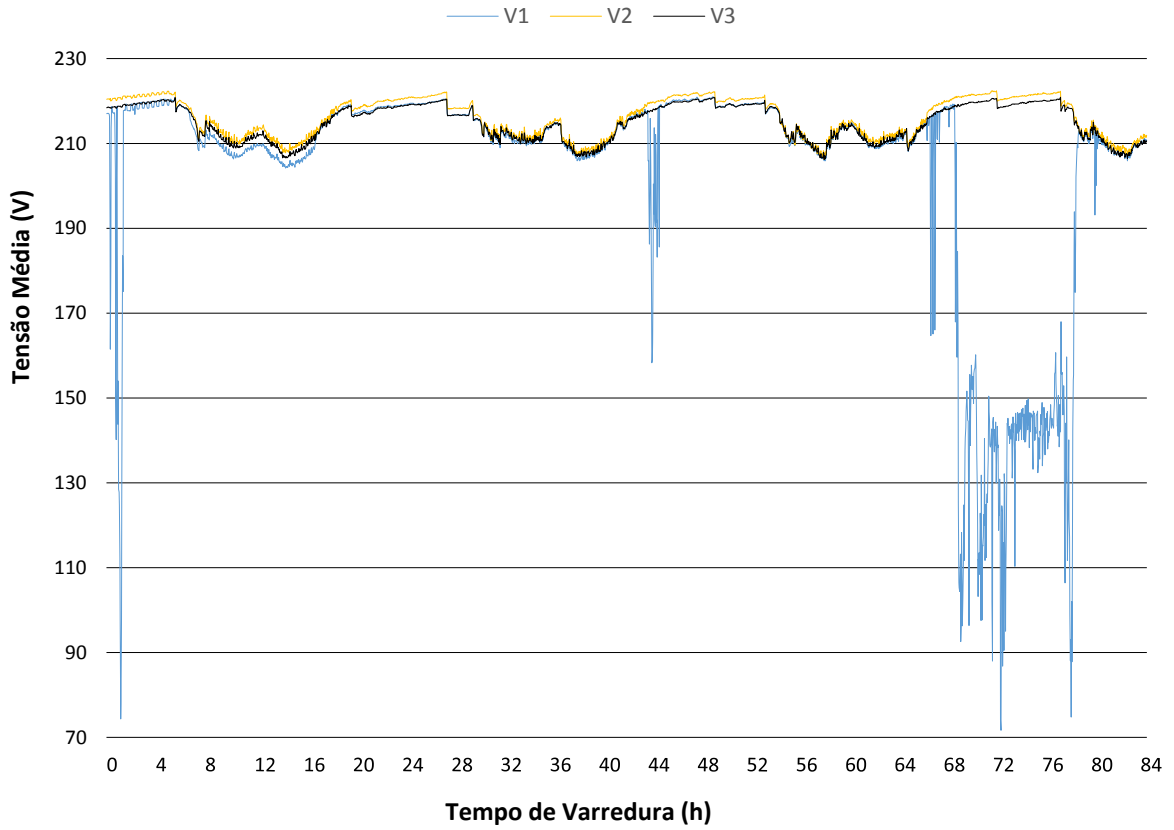
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 12 - Tensão Trifásica Média Semana 2 - Sistema desabilitado



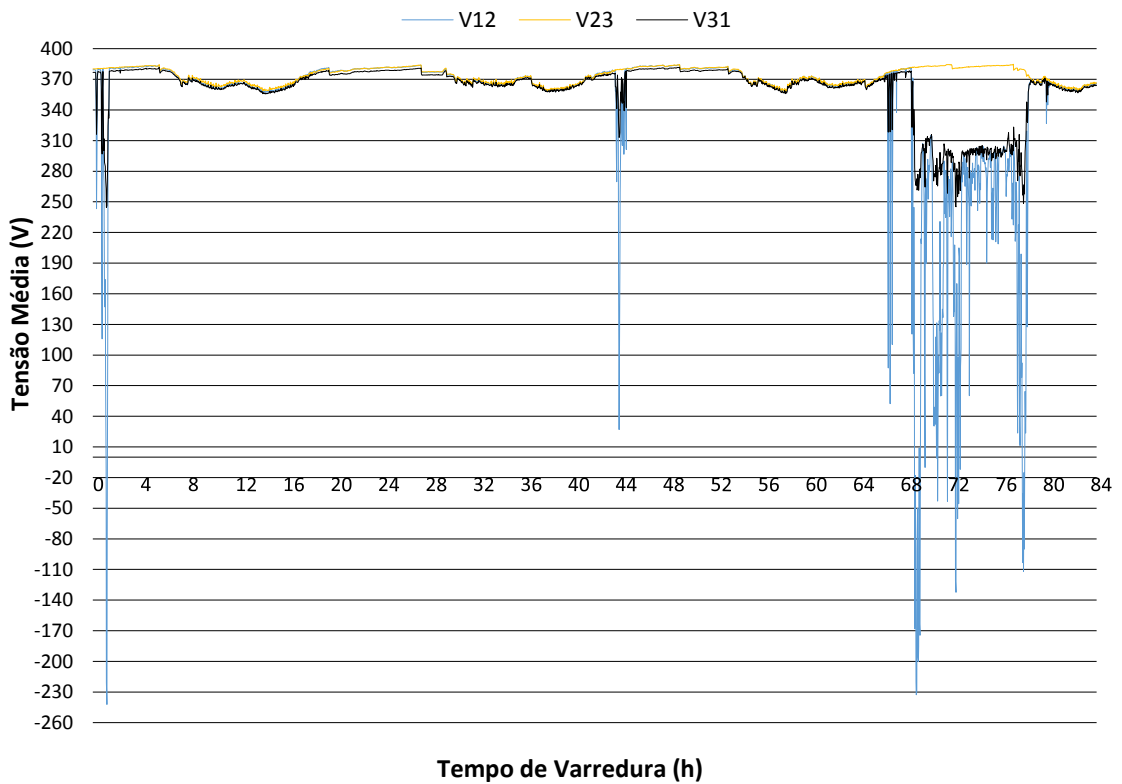
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 13 - Tensão Monofásica Média Semana 4 - Sistema habilitado

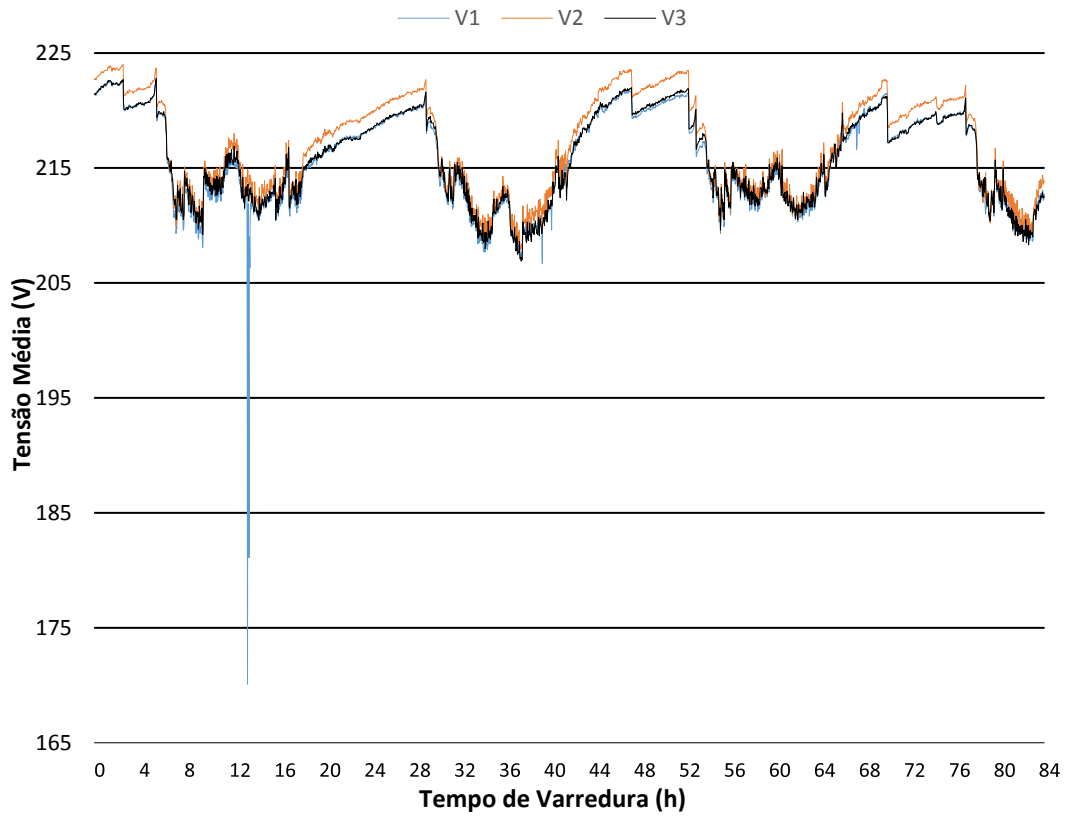


Fonte: Elaborada pelo autor.

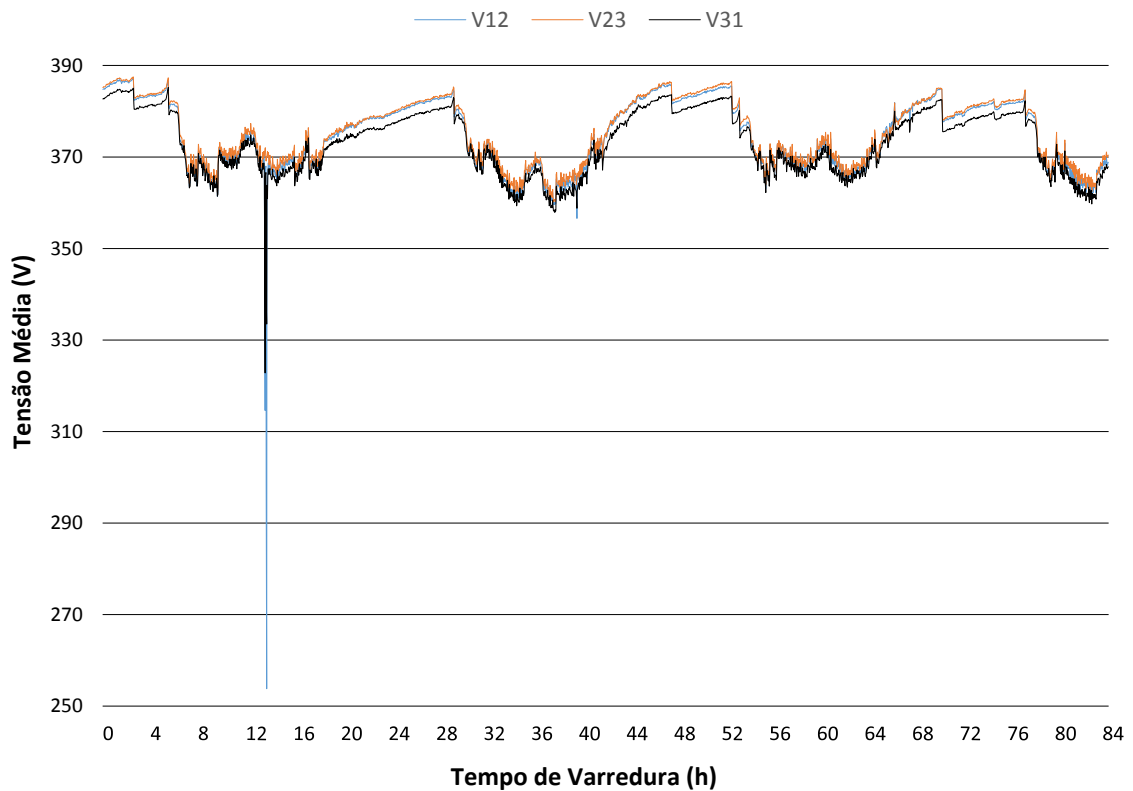
Figura 14 - Tensão Trifásica Média Semana 4 - Sistema habilitado



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 15 - Tensão Monofásica Média Semana 6 - Sistema desabilitado

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 16 - Tensão Trifásica Média Semana 6 - Sistema desabilitado

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao analisar as Figuras 9 a 16, conclui-se que, quanto à tensão, o sinal comportou-se do mesmo modo, quando considerado entre fase/neutro ou fase/fase, e, excluindo os picos (oscilações) que são eventos externos e, de certo modo, de difícil determinação, independente se o sistema automatizado de controle esteja habilitado ou desabilitado. Portanto, o mesmo não influencia na tensão disponibilizada para o funcionamento do condicionador de ar.

Percebe-se também pelos gráficos que a forma de onda da tensão encontra-se com deformações, esse desequilíbrio é devido às variações da tensão, ocasionadas pelo desbalanceamento das cargas monofásicas dentro do sistema, no caso, nas instalações elétricas do IFMA.

A Tabela 6 demonstra a variação da tensão média fornecida ao condicionador de ar da sala 16 entre fase/neutro, fase/fase e neutro/terra.

Tabela 6 - Tensão Média Máxima e Mínima – Fase/Neutro – Fase/Fase – Neutro/Terra²

Período	V ₁		V ₂		V ₃		V ₁₂		V ₂₃		V ₃₁		V _{NPE}	
	Max (V)	Min (V)	Max (V)	Min (V)	Max (V)	Min (V)	Max (V)	Min (V)	Max (V)	Min (V)	Max (V)	Min (V)	Max (V)	Min (V)
Semana 1	221,4	204,4	222,8	205,4	221,3	204,7	385,1	354,8	385,2	356,0	382,7	353,6	5,0	0,0
Semana 2*	221,3	206,8 (0,0)	223,0	207,6 (0,0)	221,6	207,2 (0,0)	385,0	358,9 (0,0)	385,7	359,8 (0,0)	382,7	358,0 (0,0)	5,2	0,0
Semana 3	221,9	205,2	223,0	206,0	222,2	205,5	385,3	356,3	386,2	356,9	384,0	355,0	4,8	0,0
Semana 4*	221,0	204,2 (71,66)	222,4	206,2	220,9	206,2	384,0	354,5 (-242,2)	384,7	357,7	381,7	356,2 (244,5)	4,1	0,0
Semana 5*	223,1	206,7 (0,0)	224,2	206,8 (0,0)	222,9	206,7 (0,0)	387,6	358,8 (0,0)	387,8	358,7 (0,0)	385,4	357,4 (0,0)	5,2	0,0
Semana 6*	222,7	206,3 (170,1)	224,0	207,9	222,8	206,9	387,1	353,2 (253,8)	387,5	360,2	385,2	357,9 (322,8)	4,8	0,0
Semana 7	222,7	205,8	224,1	206,1	223,1	205,8	386,9	356,9	387,9	357,1	385,8	355,0	4,7	0,0
Semana 8	223,0	205,2	223,7	205,8	223,4	205,6	387,1	356,3	387,5	357,0	386,1	354,9	5,1	0,0

Fonte: Elaborada pelo autor.

² *Semana dois – quatro minutos de falta de energia 06:22 às 06:26 horas / Semana quatro – 36 minutos oscilação na fase um (00:44 a 01:20 horas) / 40 minutos de queda de tensão na fase um (08:04 às 08:44 horas) / 24 minutos de oscilação na fase um (18:56 às 19:20 horas) / 6h horas e 50 minutos de oscilação na tensão da fase um (20:56 às 06:46 horas) / Semana cinco – Falta de energia das 05:48 às 08:14 horas / Semana seis – oscilação na tensão na fase um das 13:36 às 13:46 horas.

Baseado nos valores da Tabela 6, verificamos que houve oscilação da tensão, nos períodos medidos, havendo também oscilação brusca nos valores, devidos a quedas parciais ou totais de energia.

Porém, desconsiderando as quedas ou variações da tensão, decorrentes de eventos externos à medição, porém, na comparação entre os valores obtidos com a Tabela 7, a tensão disponibilizada para que o condicionador de ar funcione, encontra-se na faixa considerada adequada, portanto, de boa qualidade, o que diretamente não influencia para o aumento no consumo de energia do aparelho.

Tabela 7 - Pontos de Conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (380/220)

Parâmetro	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (V)
Adequada	$(350 \leq TL \leq 399) / (202 \leq TL \leq 231)$
Precária	$(331 \leq TL < 350 \text{ ou } 399 < TL \leq 403) /$ $(191 \leq TL < 202 \text{ ou } 231 < TL \leq 233)$
Crítica	$(TL < 331 \text{ ou } TL > 403) / (TL < 191 \text{ OU } TL > 233)$

Fonte: ANEEL. PRODIST³. Revisão 10. 2018.

5.1.2 Frequência

A grandeza frequência elétrica relaciona-se com a velocidade de rotação dos motores elétricos, sendo de 60 Hz o valor da frequência fundamental do Brasil. A frequência pode sofrer pequenas oscilações decorrente do balanço dinâmico entre a geração e as cargas que ocorrem no sistema elétrico, no entanto, essas oscilações não devem ultrapassar limites estabelecidos por normas, pois, caso contrário afetam o funcionamento dos motores. (SILVA, 2015).

Segundo o PRODIST (2018), Módulo 8 – Qualidade de Energia Elétrica em seu item 7.1, a frequência de um sistema pode variar entre 59,9 Hz a 60,1 Hz em condições normais de funcionamento, portanto, na comparação entre os valores da Tabela 8 e os valores segundo o PRODIST, descartando eventos isolados e esporádicos de variação da frequência dos limites superior e inferior estabelecidos por norma, a frequência média fornecida ao condicionador de ar da sala 16, se encontra dentro dos limites de funcionamento. Portanto, não influencia diretamente no seu funcionamento e no aumento do consumo de energia do sistema.

A Tabela 8 demonstra a variação da frequência média fornecida ao condicionador de ar nos períodos de medição.

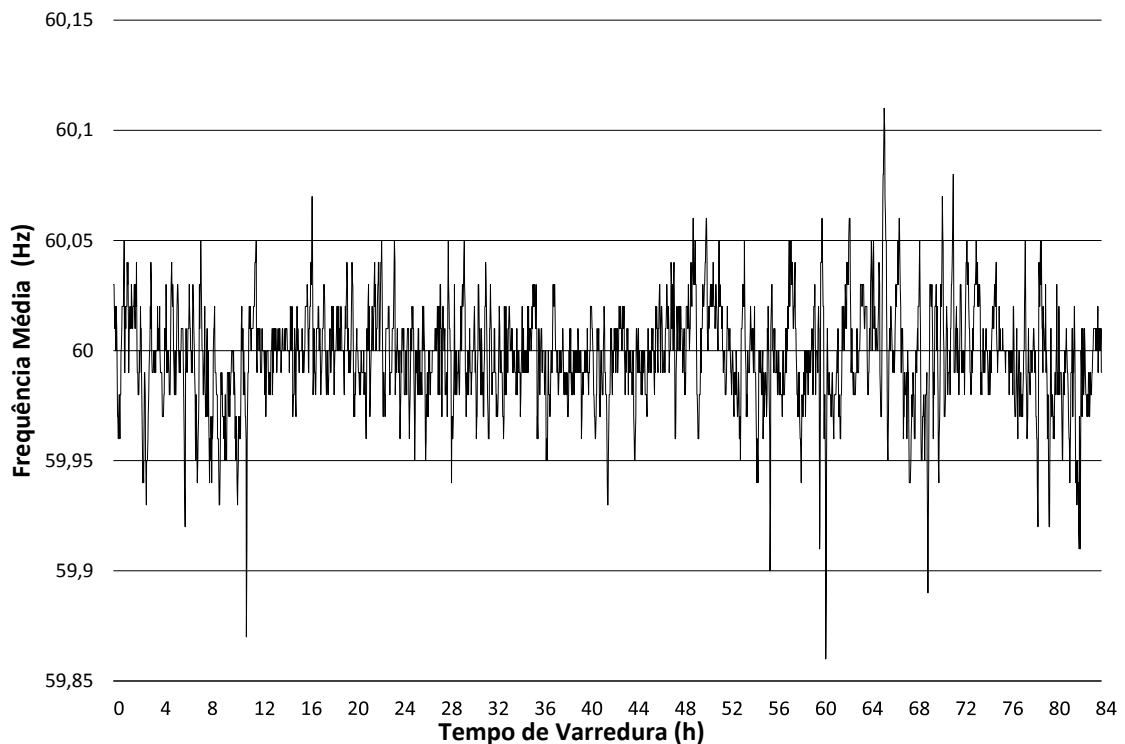
³ Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST

Tabela 8 - Variação da Frequência Média nos Períodos medidos⁴

Período	Máxima (Hz)	Mínima (Hz)
Semana 1	60,09	59,91
Semana 2*	60,09	59,91 / (0,0)
Semana 3*	60,11	59,91 / (59,86)
Semana 4*	60,08	59,92 / (59,45)
Semana 5*	60,07	59,91 / (0,0)
Semana 6*	60,09	59,92 / (59,89)
Semana 7	60,07	59,91
Semana 8*	60,11	59,92 / (59,85)

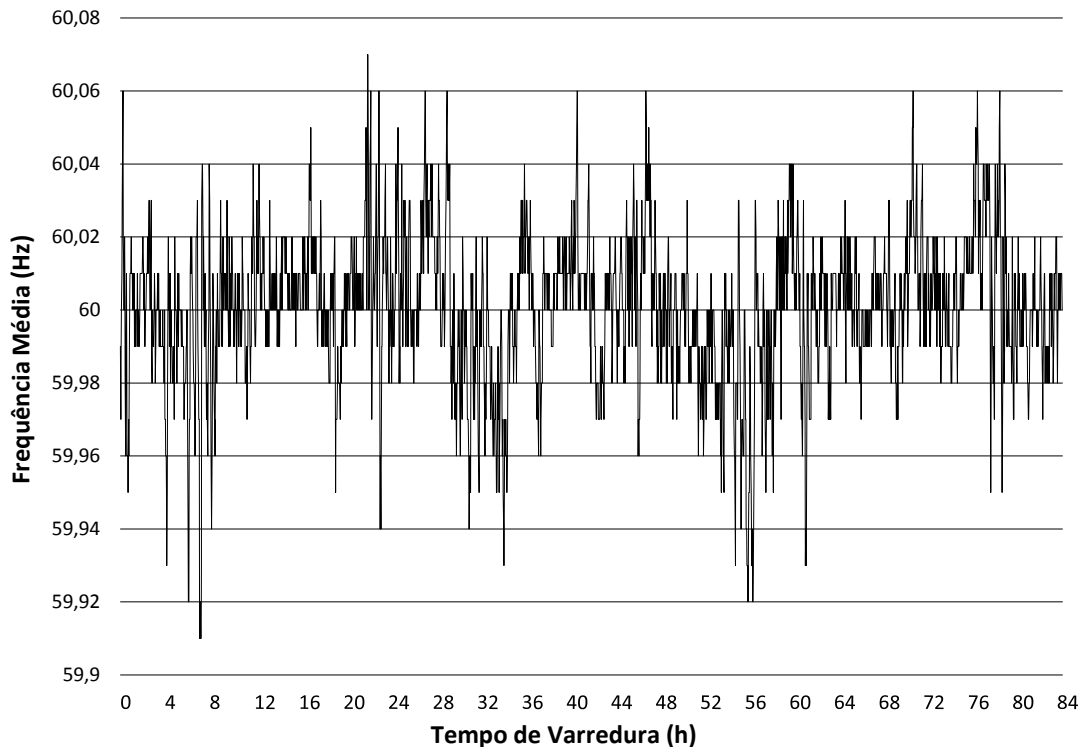
Fonte: Elaborada pelo autor.

As Figuras 17 e 18 mostram graficamente a variação da frequência média em dois intervalos de medição, com o sistema automatizado de controle habilitado e desabilitado, e demonstram também que excluindo eventos isolados, a frequência média encontra-se nos limites da norma.

Figura 17 - Frequência Média na Semana 3 - Sistema habilitado

Fonte: Elaborada pelo autor.

⁴ *Ocorrência de eventos isolados e esporádicos de variação da frequência média acima ou abaixo dos limites estabelecidos por norma.

Figura 18 - Frequência Média na Semana 7 - Sistema desabilitado

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao analisar as Figuras 17 e 18, com relação à oscilação da frequência, o comportamento do gráfico foi semelhante, com o sistema automatizado de controle habilitado ou desabilitado, e, considerando também, nos outros períodos de medição o comportamento da variação da frequência foi equivalente ao apresentado nas figuras, concluímos que, o sistema automatizado de controle não influencia na frequência fornecida para o funcionamento do condicionador de ar.

5.1.3 Distorção Harmônica

Os harmônicos são fenômenos existentes nos sistemas elétricos, decorrentes da presença de equipamentos não lineares conectados às redes elétricas, que ocasionam alterações nas formas de onda das tensões e correntes comparadas à onda senoidal da frequência fundamental. A distorção harmônica provoca efeitos indesejados em dispositivos entre eles: o aumento de temperatura dos cabos, diminuição da vida útil dos aparelhos, erros de leitura em medidores, e, na circulação de mais energia reativa causando mais desperdício de energia (OLIVEIRA, 2017).

Para a análise da qualidade da energia elétrica disponibilizada ao condicionador de ar da sala 16, com relação à distorção harmônica foram mensuradas as taxas de distorção harmônica total de tensão (THDV).

Segundo o PRODIST (2018), o limite das distorções harmônicas totais para tensões menores que 1 kV é de 10% comparadas à tensão fundamental. Na Tabela 9, temos as taxas de distorção harmônica mensuradas nos oito períodos, sendo THDV1 a distorção da fase um, THDV2 a distorção na fase dois e THDV3 a distorção na fase três.

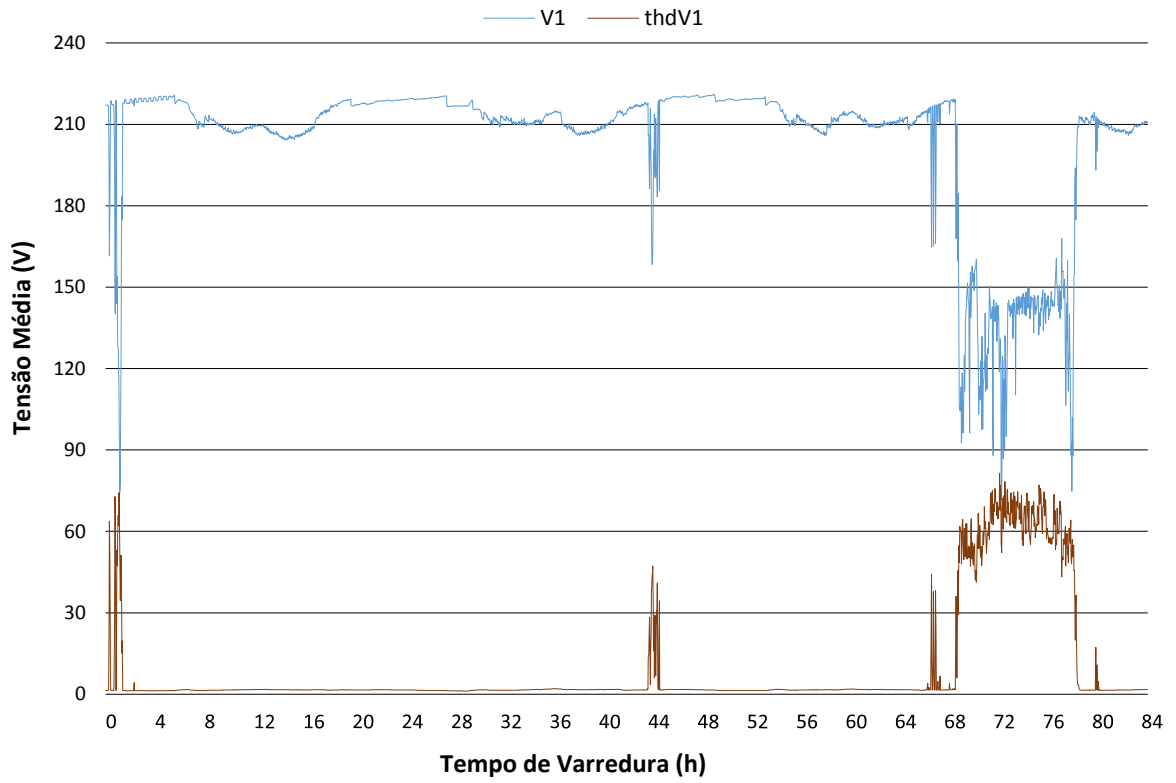
Tabela 9 - Distorção Harmônica Total da Tensão (THDV) medidos

Período	THDV1		THDV2		THDV3	
	Máxima (%)	Mínima (%)	Máxima (%)	Mínima (%)	Máxima (%)	Mínima (%)
Semana 1	1,910	1,079	1,755	0,989	1,943	1,263
Semana 2	1,947	0,00	1,765	0,00	1,987	0,00
Semana 3	1,963	1,115	1,820	0,935	2,160	1,211
Semana 4	81,36	1,179	1,818	1,067	1,945	1,284
Semana 5	2,442	0,00	2,347	0,00	2,550	0,00
Semana 6	31,510	1,130	1,679	1,071	1,932	1,255
Semana 7	1,926	1,127	1,926	1,002	2,142	1,241
Semana 8	2,427	1,142	2,222	0,969	2,617	1,243

Fonte: Elaborada pelo autor.

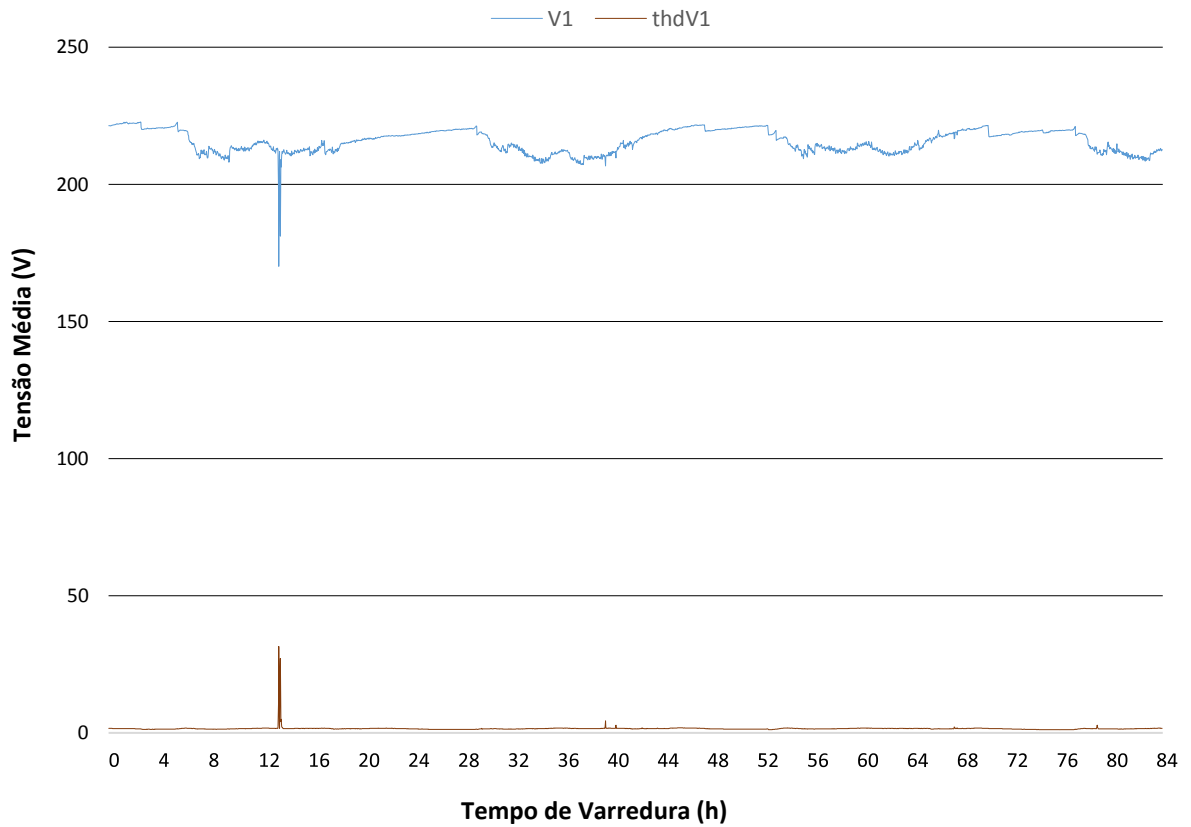
Na Tabela 9, verificamos que nas semanas quatro e seis, a THDV1 sofreu uma variação superior ao limite estabelecido pelo PRODIST (2018), comparando aos valores da Tabela 6, verificamos que correspondem aos mesmos períodos em que na V1, também ocorreram variações bruscas, nas Figuras 19 e 20, temos a comparação da V1 com a THDV1, variações estas não associadas ao funcionamento do equipamento, pois, nos mesmos períodos não houve variação nas outras fases, o que demonstra que, o funcionamento do condicionador de ar não interfere na variação da distorção harmônica da rede elétrica.

Figura 19 - Comparação entre Tensão e Distorção Harmônica na Semana 4



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 20 - Comparação entre Tensão e Distorção Harmônica na Semana 6

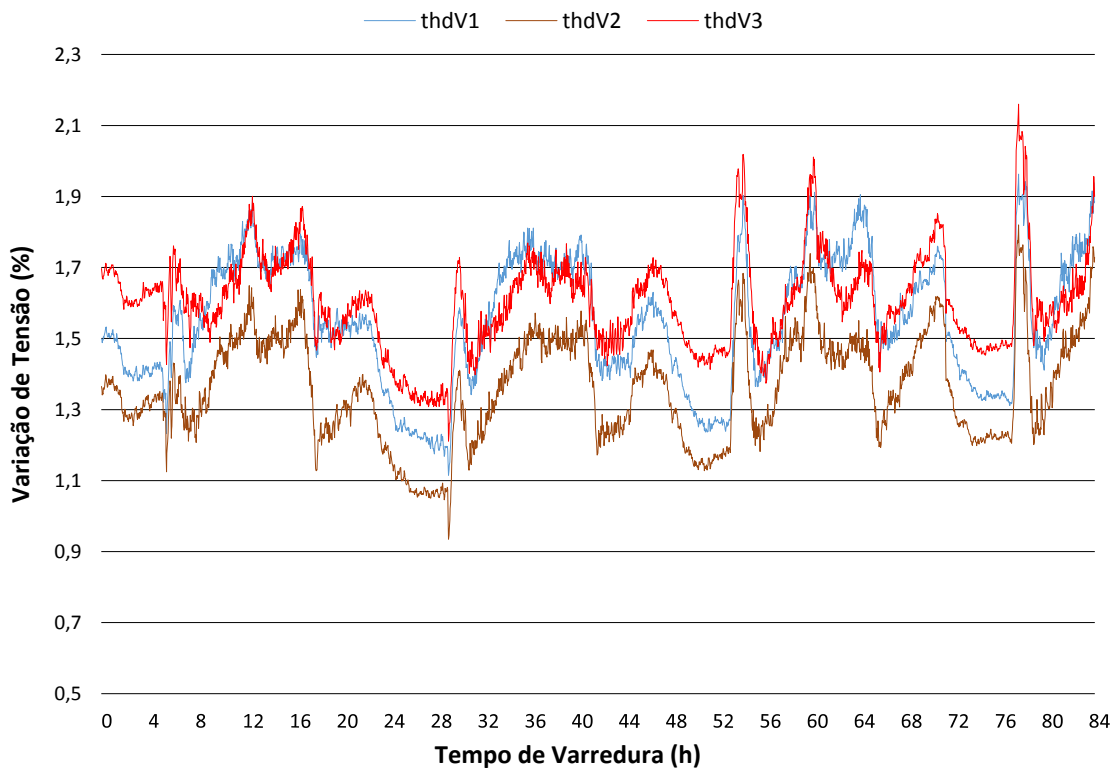


Fonte: Elaborada pelo autor.

Comparando os valores da Tabela 9 e os valores segundo o PRODIST (2018), excluindo os eventos de variação mencionados acima, a THDV mensurada nos períodos de medição, encontra-se dentro dos padrões exigidos, portanto, não influenciando na qualidade da energia ofertada e para o aumento do consumo de energia do condicionador de ar.

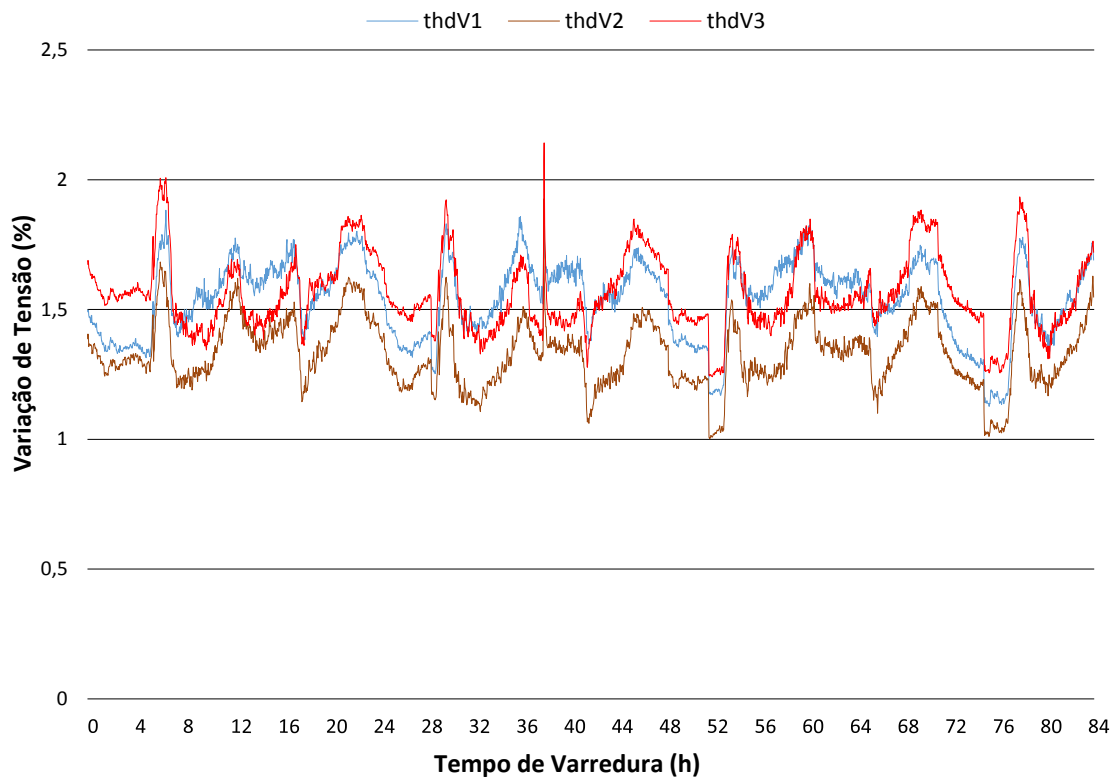
As Figuras 21 e 22 mostram graficamente a THDV em dois períodos com o sistema automatizado de controle habilitado e desabilitado, verifica-se um comportamento semelhante nos dois períodos, e, baseado nos valores presentes na Tabela 9, a THDV encontra-se dentro dos padrões de qualidade, ou seja, não influencia no aumento do consumo de energia do condicionador de ar.

Figura 21 - Distorção Harmônica Total da Tensão na Semana 3 - Sistema habilitado



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 22 - Distorção Harmônica Total da Tensão na Semana 7 - Sistema desabilitado



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.1.4 Fator de Potência

O fator de potência é uma grandeza que pode influenciar na qualidade da energia oferecida aos sistemas elétricos, segundo o PRODIST (2018), módulo 8 no item 3.2.1, o fator de potência se for indutivo, deve ser entre 0,92 e 1,00 e, se for capacitivo entre 1,00 e 0,92, para consumidores com tensão inferior a 230 kV.

O fator de potência relacionado ao condicionador de ar, é predominantemente indutivo, na Tabela 10 temos os valores médios medidos, o valor de -1 refere-se aos intervalos em que o condicionador de ar não está em funcionamento.

Tabela 10 - Valores obtidos do Fator de Potência Médio

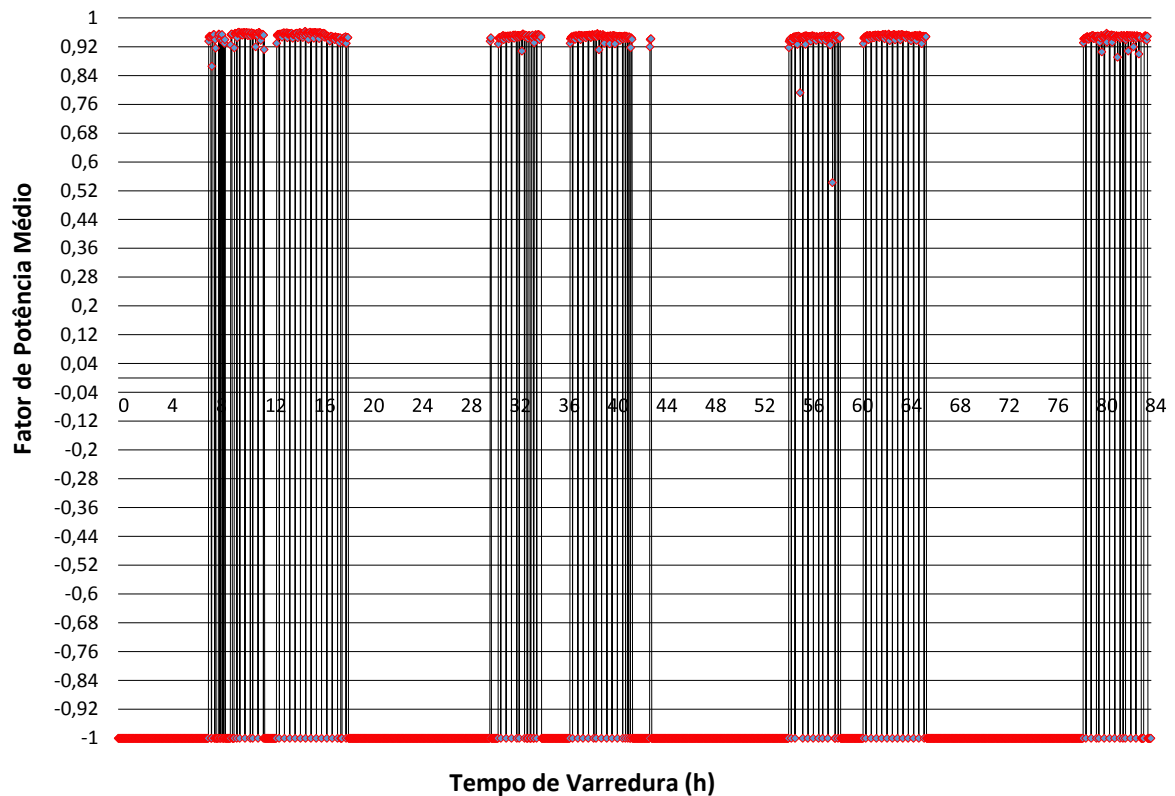
Período	FP Médio	
	Máximo	Mínimo ⁵
Semana 1	0,964	0,922 (0,769) -1
Semana 2	0,959	0,920 (0,462) -1
Semana 3	0,958	0,920 (0,784) -1
Semana 4	0,963	0,920 (0,543) -1
Semana 5	0,965	0,924 (0,536) -1
Semana 6	0,963	0,920 (0,583) -1
Semana 7	0,963	0,920 (0,444) -1
Semana 8	0,973	0,920 (0,324) -1

Fonte: Elaborada pelo autor.

Comparando os valores da Tabela 10, com os valores segundo o PRODIST (2018), descartando os eventos pontuais, o fator de potência disponibilizado para que o equipamento funcione, em todos os períodos de medição, está dentro dos padrões exigidos pela norma, não influenciando na qualidade da energia, e no consumo de energia do equipamento.

A Figura 23 demonstra o fator de potência médio medido na semana quatro e mostra graficamente, pontos em vermelho, onde, em sua grande maioria, a potência média está entre 0,92 e 1, o que comprova que esta grandeza está dentro dos limites da norma.

⁵ Os valores médios mínimos entre parênteses são valores pontuais e em quantidade mínima, que não influenciam diretamente na qualidade da energia ofertada.

Figura 23 - Fator de Potência Médio na Semana 4 - Sistema habilitado

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.2 Análise do Consumo de Energia

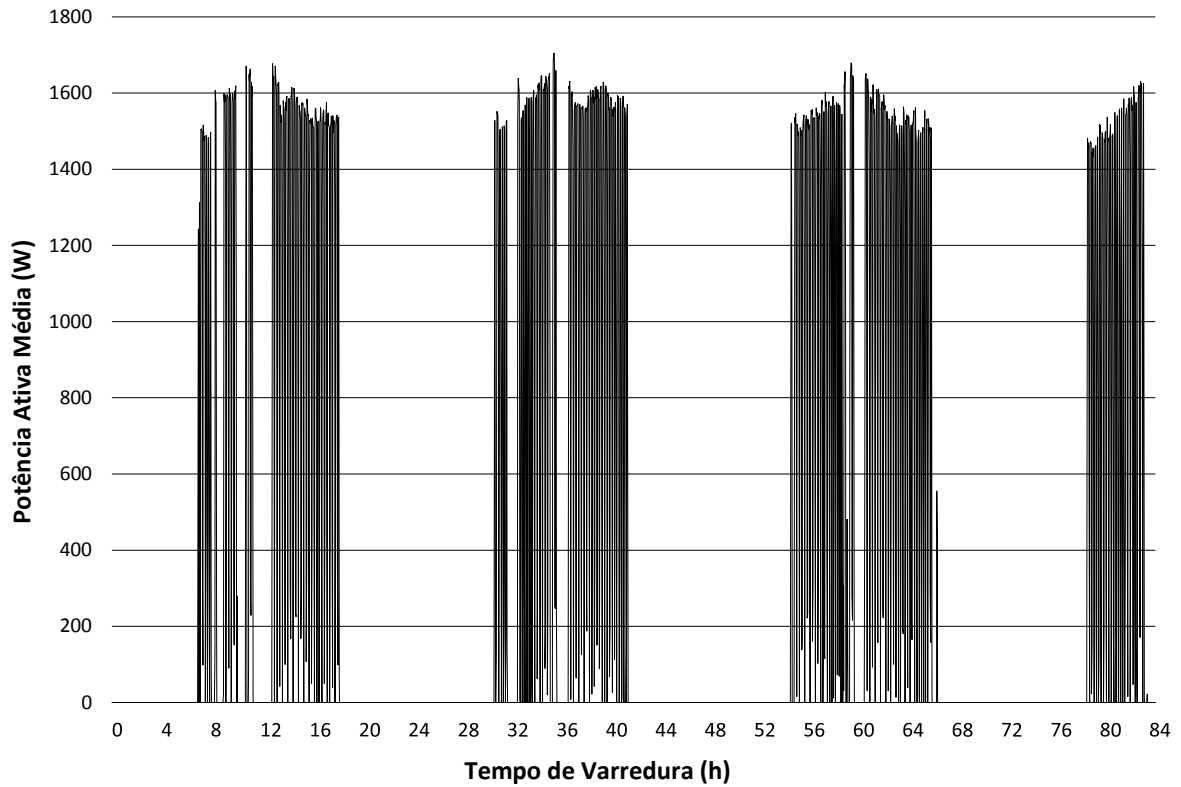
A seguir, apresentaremos os valores obtidos de potência ativa e energia ativa, com o sistema automatizado de controle habilitado e desabilitado (controle manual), visando mensurar a redução do desperdício de energia com o sistema automatizado de controle em funcionamento.

5.2.1 Potência Ativa

A potência ativa ou útil é a parcela da potência elétrica recebida que é transformada em trabalho útil, ou seja, é a responsável pelo consumo de energia elétrica, as Figuras 24 e 25 demonstram graficamente a potência ativa média durante dois períodos distintos. Nota-se claramente na Figura 24 o modo de funcionamento do sistema automatizado de controle, no gráfico verifica-se a existência de lacunas durante os períodos de aula, as quais estas lacunas representam que naquele

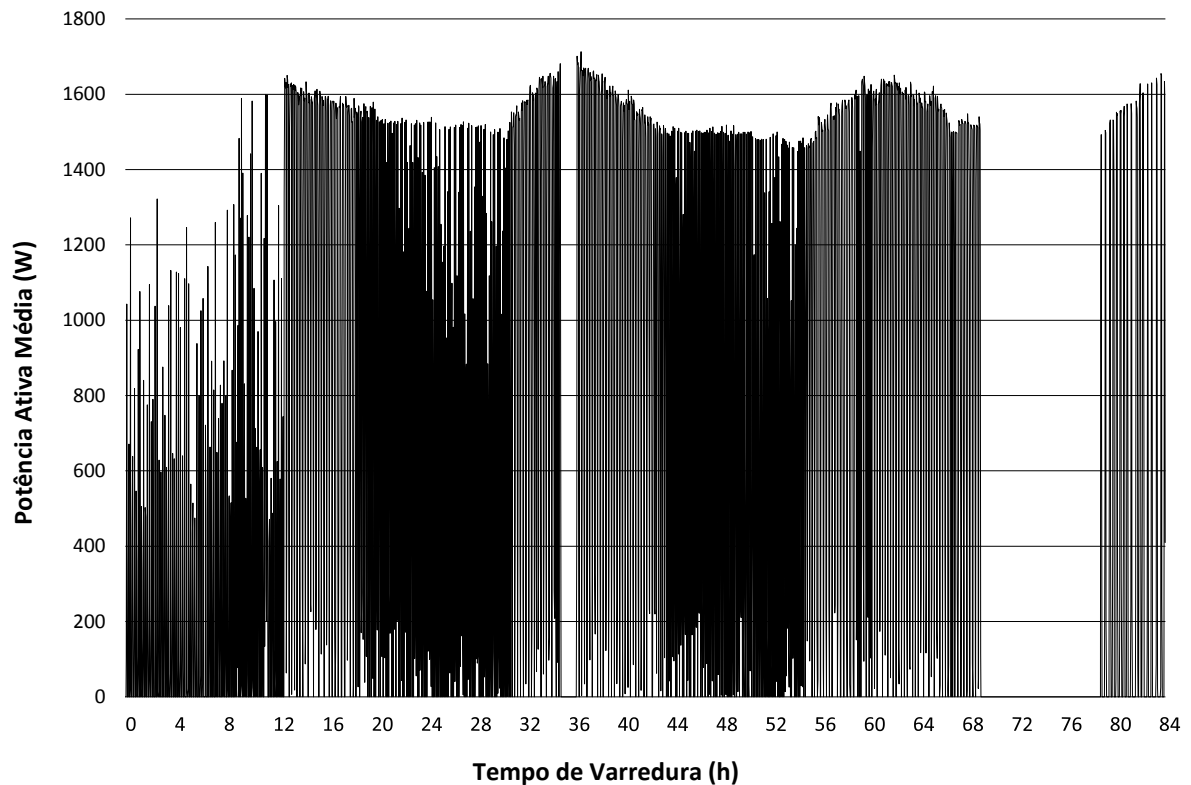
momento não havia a presença de estudantes ou professor na sala de aula, portanto, o condicionador de ar encontrava-se desligado, não havendo consumo de energia.

Figura 24 - Potência Ativa Média na Semana 1 - Sistema habilitado



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 25 demonstra graficamente um período de medição em que o sistema de controle estava desabilitado, portanto, o condicionador de ar da sala estava sendo acionado ou desligado manualmente, no gráfico percebe-se que não houve o desligamento do condicionador de ar, e o mesmo funcionou praticamente três dias seguidos, gerando assim, um grande desperdício de energia, pois funcionou em momentos que a sala de aula não estava sendo utilizada, inclusive, durante a madrugada.

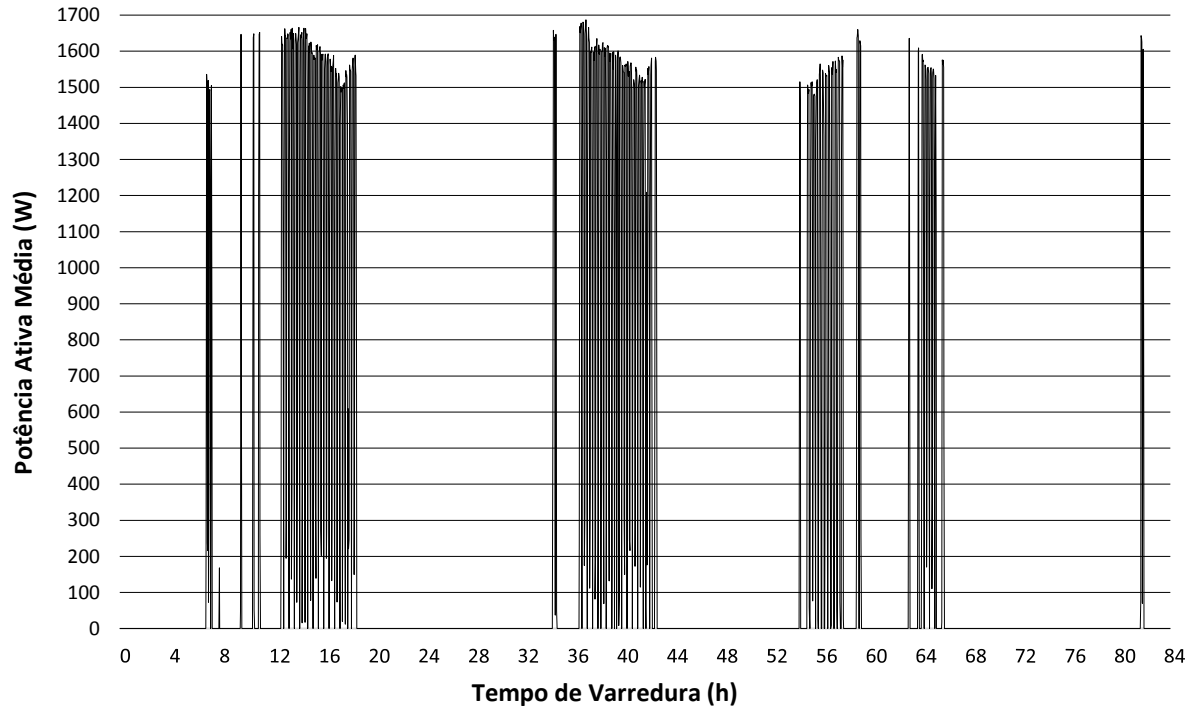
Figura 25 - Potência Ativa Média na Semana 2 - Sistema desabilitado

Fonte: Elaborada pelo autor.

Comparando os gráficos das Figuras 24 e 25, verifica-se o funcionamento do sistema automatizado de controle, e, portanto, conclui-se que é mais eficiente, em comparação ao controle manual, que é passível de falha humana.

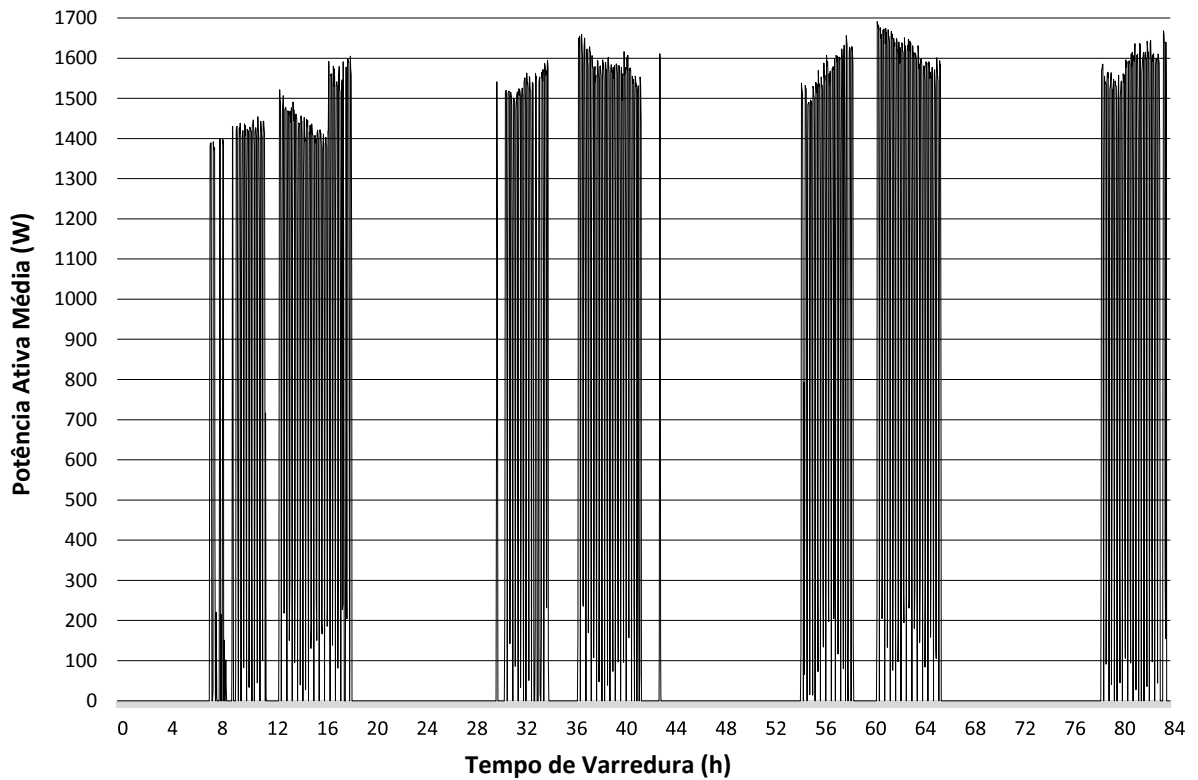
As Figuras 26 a 31 mostram graficamente como a potência ativa se comportou durante os períodos de medição com sistema automatizado de controle habilitado ou desabilitado, percebe-se que nos períodos em que o sistema automatizado se encontra habilitado, existem mais lacunas nos períodos onde deveriam ter aula, pois, por motivos não identificados, a sala estava sem alunos ou do professor, portanto, o sistema desligou o condicionador de ar evitando assim o desperdício de energia nesses intervalos.

Figura 26 - Potência Ativa Média na Semana 3 - Sistema habilitado

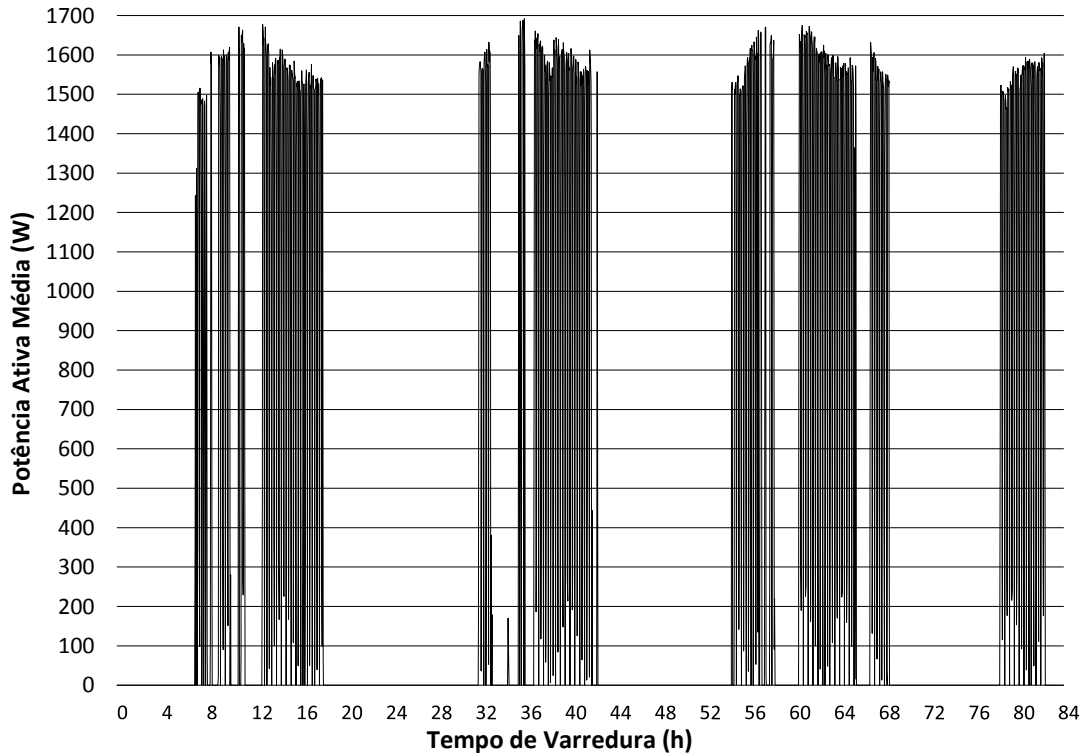


Fonte: Elaborada pelo autor.

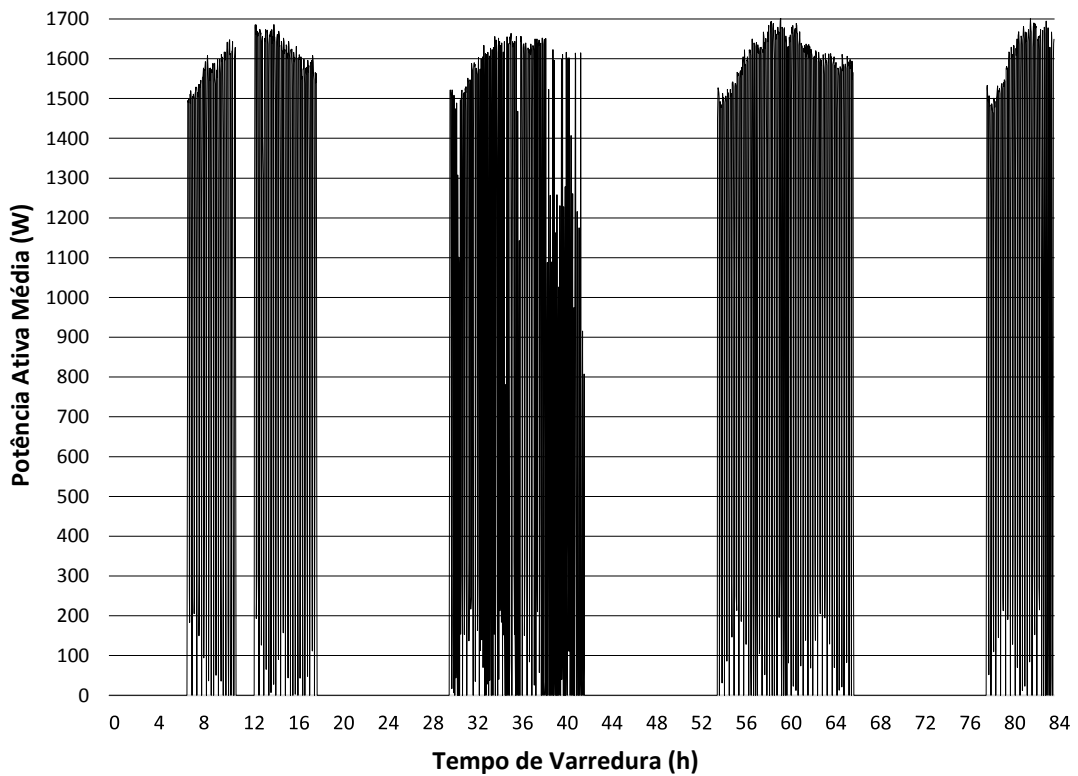
Figura 27 - Potência Ativa Média na Semana 4 - Sistema habilitado



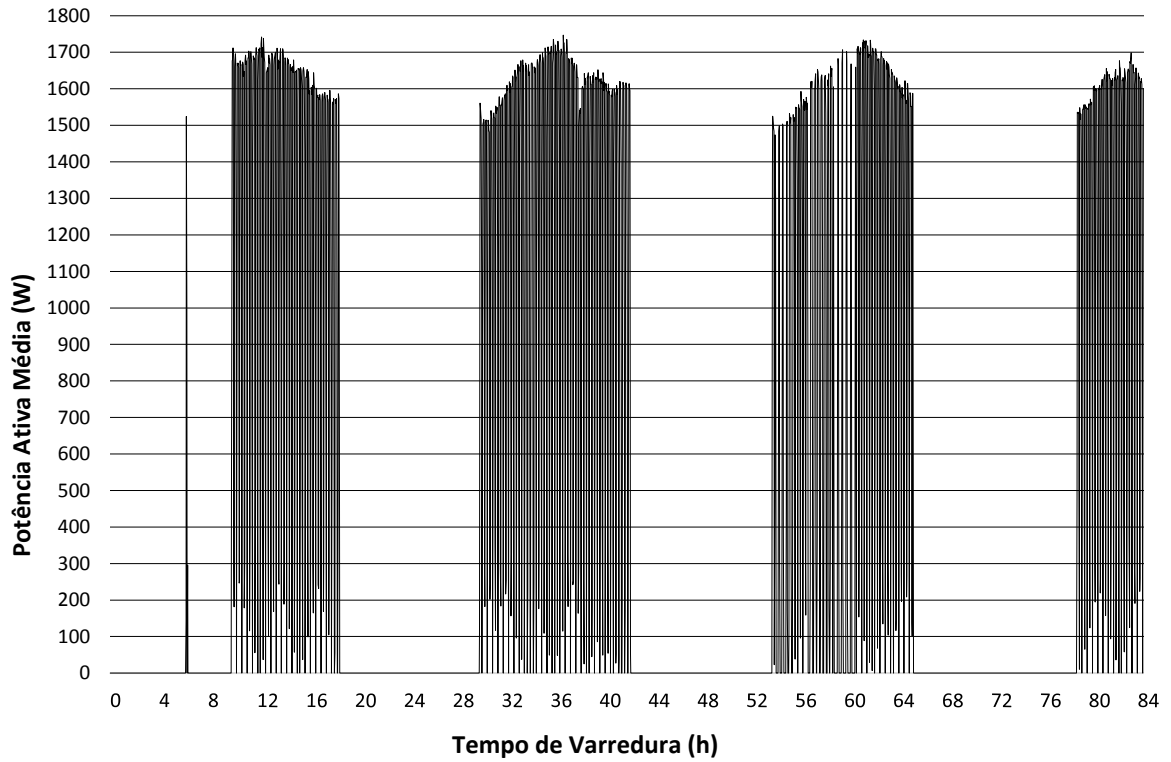
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 28 - Potência Ativa Média na Semana 5 - Sistema habilitado

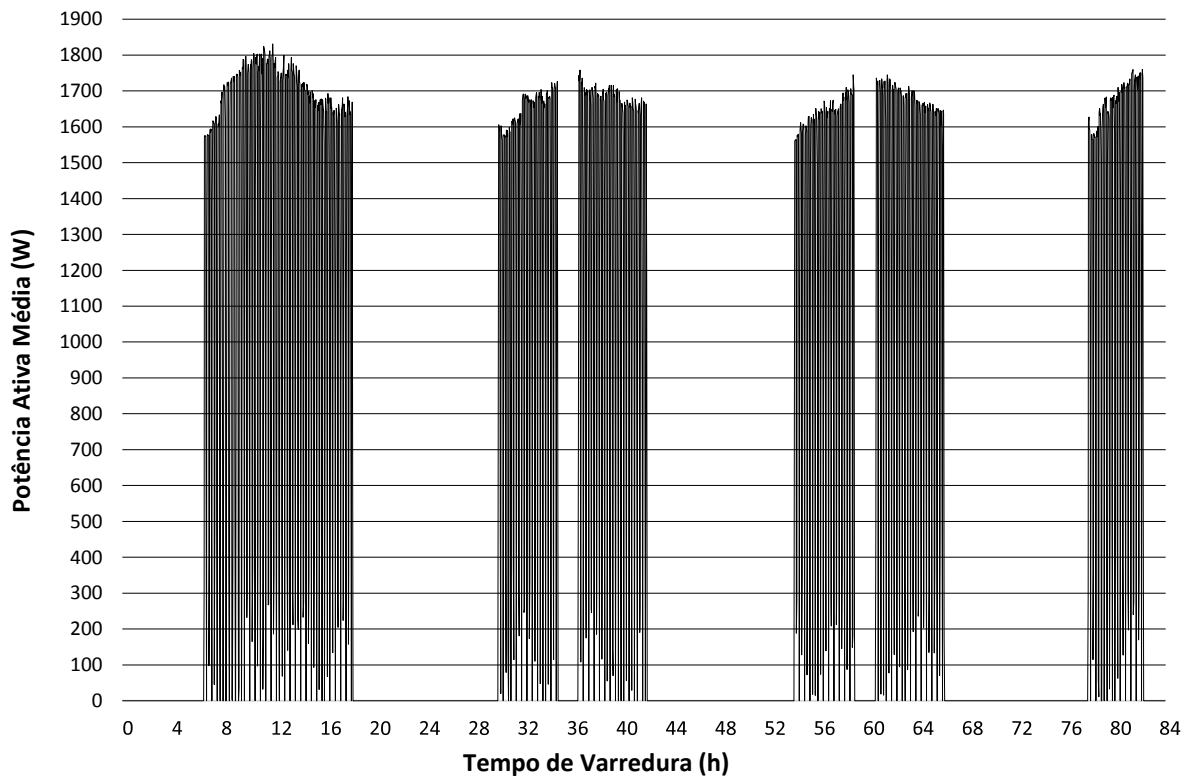
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 29 - Potência Ativa Média na Semana 6 - Sistema desabilitado

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 30 - Potência Ativa Média na Semana 7 - Sistema desabilitado

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 31 - Potência Ativa Média na Semana 8 - Sistema desabilitado

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.2.2 Energia Ativa

O consumo de energia ativa está relacionada à potência ativa do equipamento e ao tempo de uso, ou seja, quanto mais tempo o condicionador de ar funcionar mais energia vai ser consumida, na Tabela 11 verificamos o consumo de energia ativa durante as oito semanas de medição, em quatro períodos com o sistema habilitado, funcionando no automático, e quatro períodos com o sistema desabilitado, funcionando no manual.

Tabela 11 - Consumo de Energia Ativa Média

Período de Medição	Consumo (Wh)					Situação do Sistema
	0 h	24 h	48 h	72 h	84 h	
Semana 1	0,000	9197,589	18385,120	29163,150	33612,640	Habilitado
Semana 2	0,000	14082,240	34233,820	54064,240	56549,810	Desabilitado
Semana 3	0,000	7920,911	15164,050	20370,740	20630,790	Habilitado
Semana 4	0,000	9307,260	19003,350	29710,560	35594,700	Habilitado
Semana 5	0,000	8808,586	16956,835	28418,346	33012,026	Habilitado
Semana 6	0,000	11529,470	21325,500	35297,270	42208,710	Desabilitado
Semana 7	0,000	10684,850	25077,520	35637,000	42093,010	Desabilitado
Semana 8	0,000	14733,750	27317,420	40029,880	45538,740	Desabilitado

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tomando por base a Tabela 11, com o sistema de controle habilitado considerando as quatro semanas a energia ativa consumida foi de 122.850,16 Wh; já o consumo com sistema de controle desabilitado foi de 186.390,27 Wh. Em todos os períodos de medição, com o sistema automatizado de controle habilitado ou não, a sala 16 tinha as mesmas características quanto ao seu funcionamento, portanto, pelos valores apurados, o sistema automatizado de controle habilitado resultou num consumo de 34,09% menor do que com o sistema desabilitado.

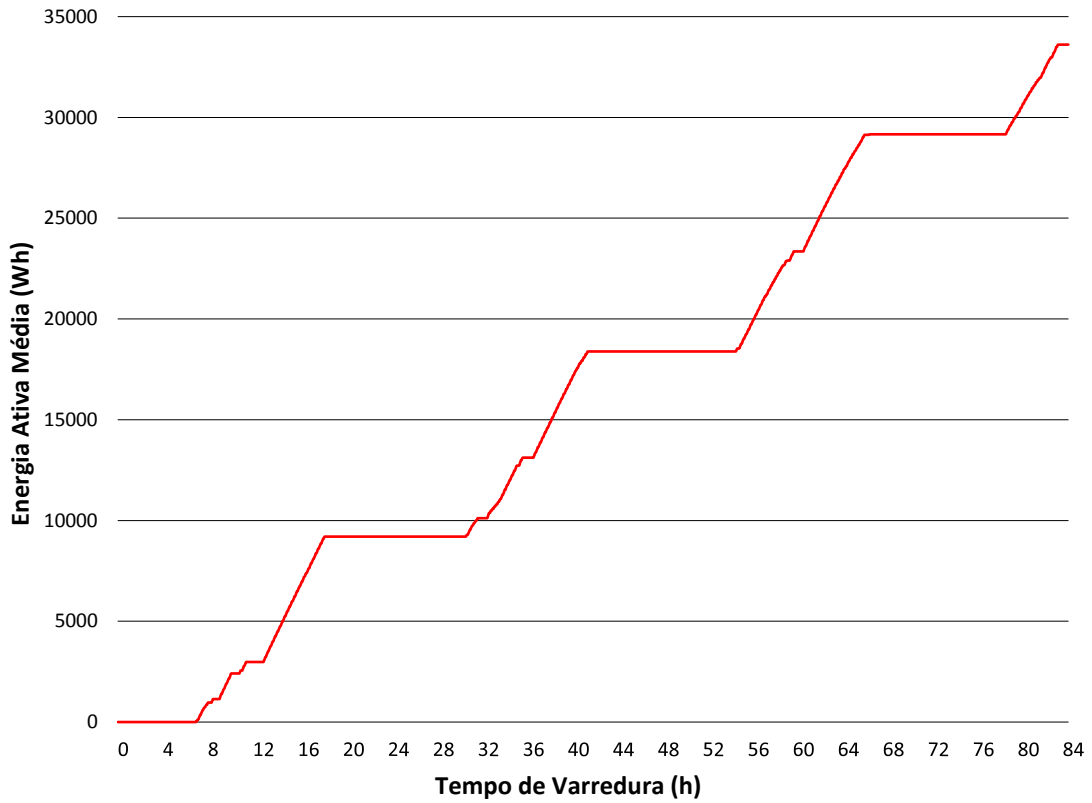
Nas Figuras 32 a 39 demonstramos graficamente o consumo de energia ativa nos oito períodos de medição, e o comportamento deste consumo com ou sem o sistema automatizado de controle funcionando.

Os gráficos das semanas com o sistema habilitado demonstram o aumento gradativo do consumo de energia, com intervalos sem consumo que corresponde aos períodos em que o sistema automatizado está atuando, reduzindo assim o desperdício de energia.

Nos gráficos das semanas com o sistema automatizado desabilitado, demonstram também o aumento gradativo do consumo, com intervalos sem consumo, que correspondem aos períodos noturnos, com exceção do gráfico da semana dois,

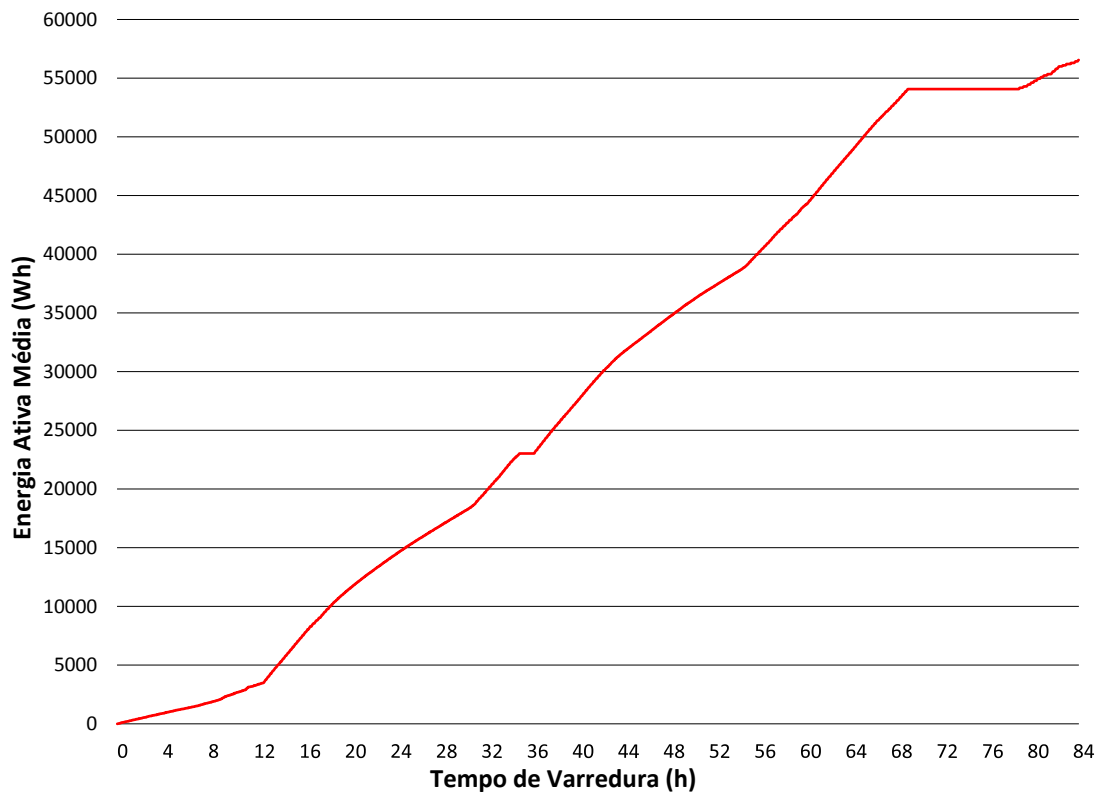
onde não houve o desligamento do condicionador de ar, e o mesmo funcionou por praticamente três dias seguidos.

Figura 32 - Energia Ativa Média consumida na Semana 1 - Sistema habilitado



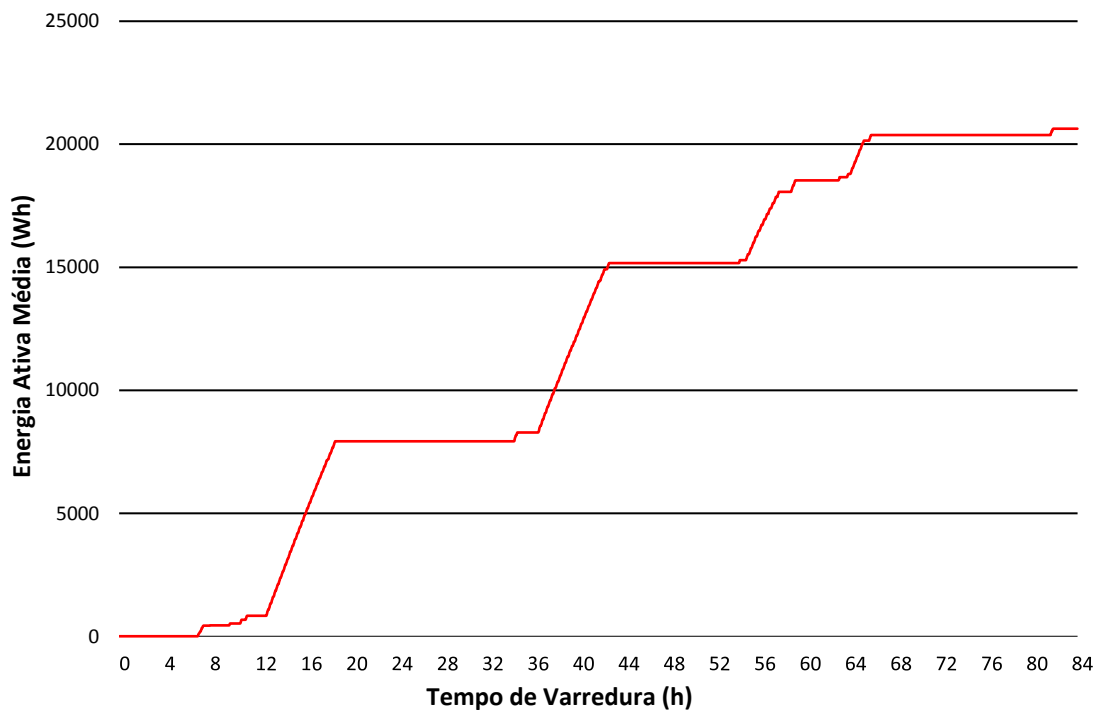
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 33 - Energia Ativa Média consumida na Semana 2 - Sistema desabilitado



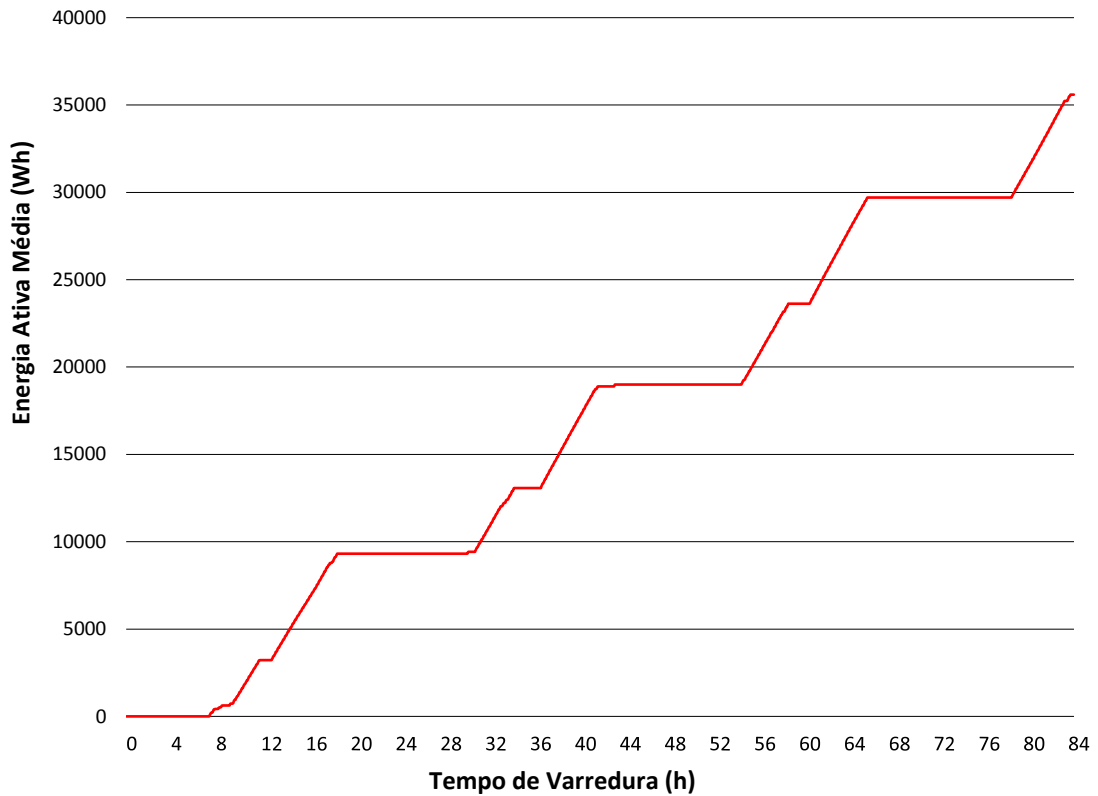
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 34 - Energia Ativa Média consumida na Semana 3 - Sistema habilitado



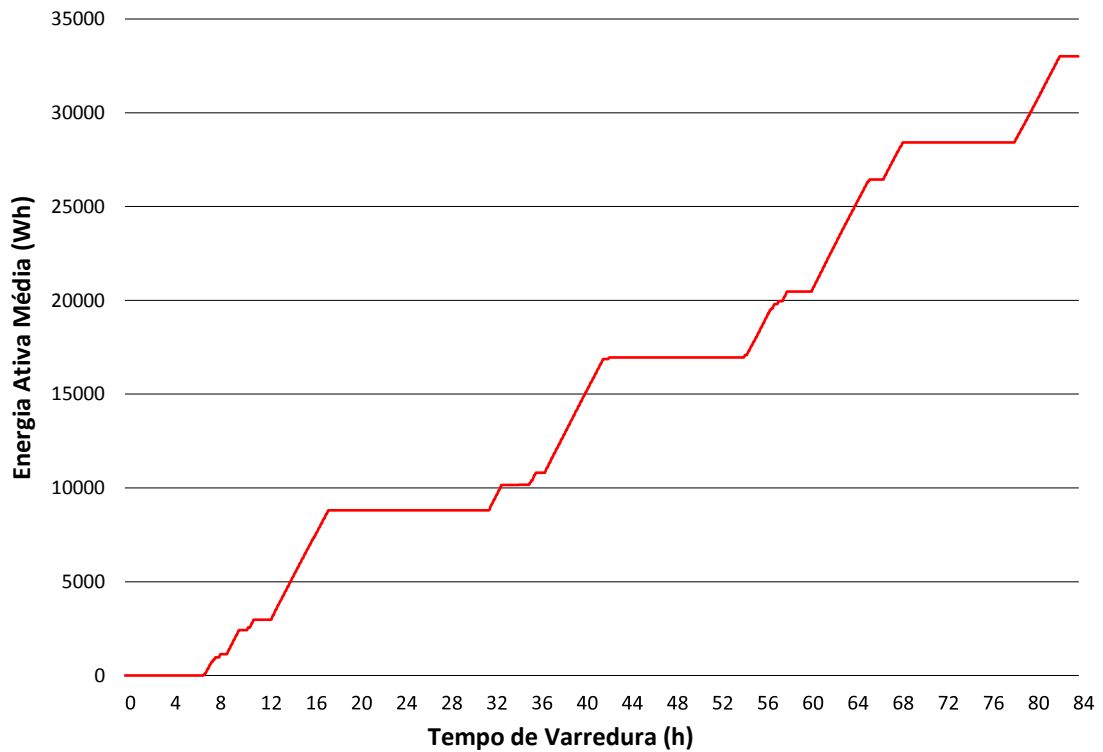
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 35 - Energia Ativa Média consumida na Semana 4 - Sistema habilitado



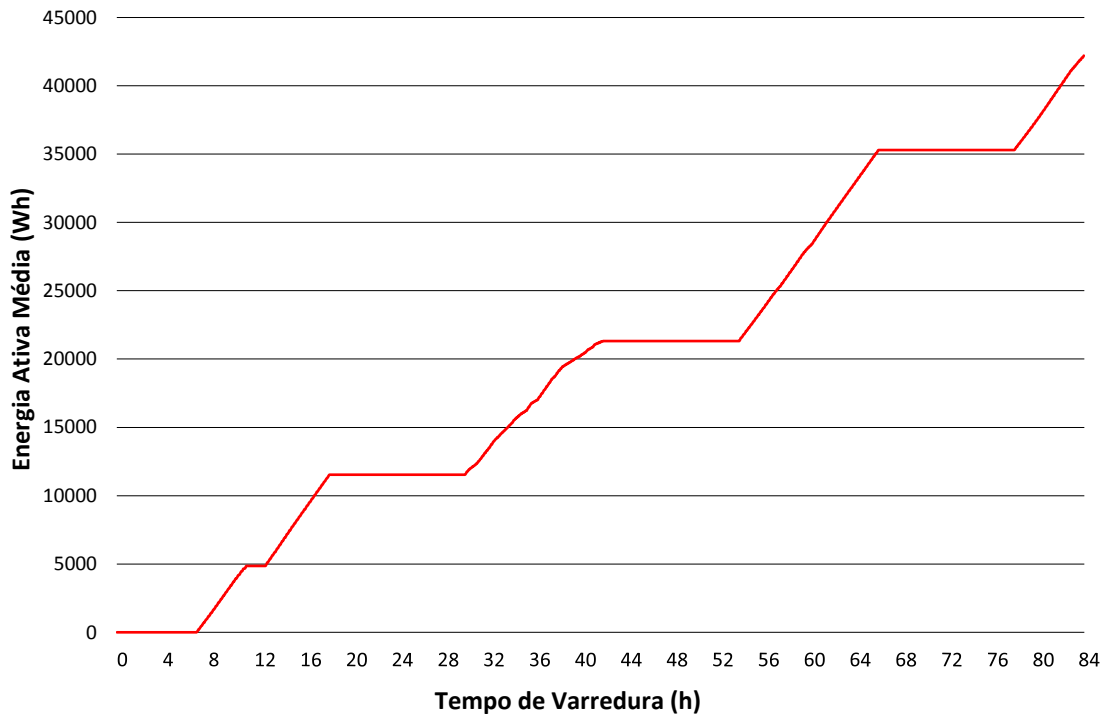
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 36 - Energia Ativa Média consumida na Semana 5 - Sistema habilitado



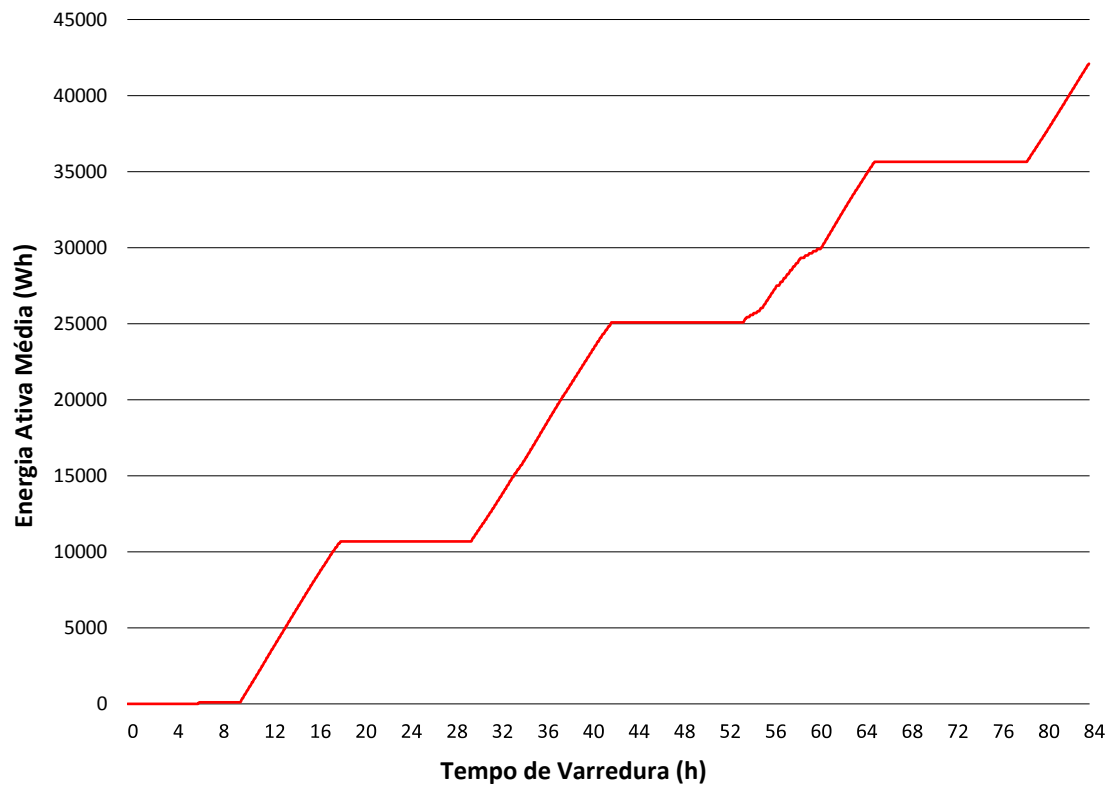
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 37 - Energia Ativa Média consumida na Semana 6 - Sistema desabilitado



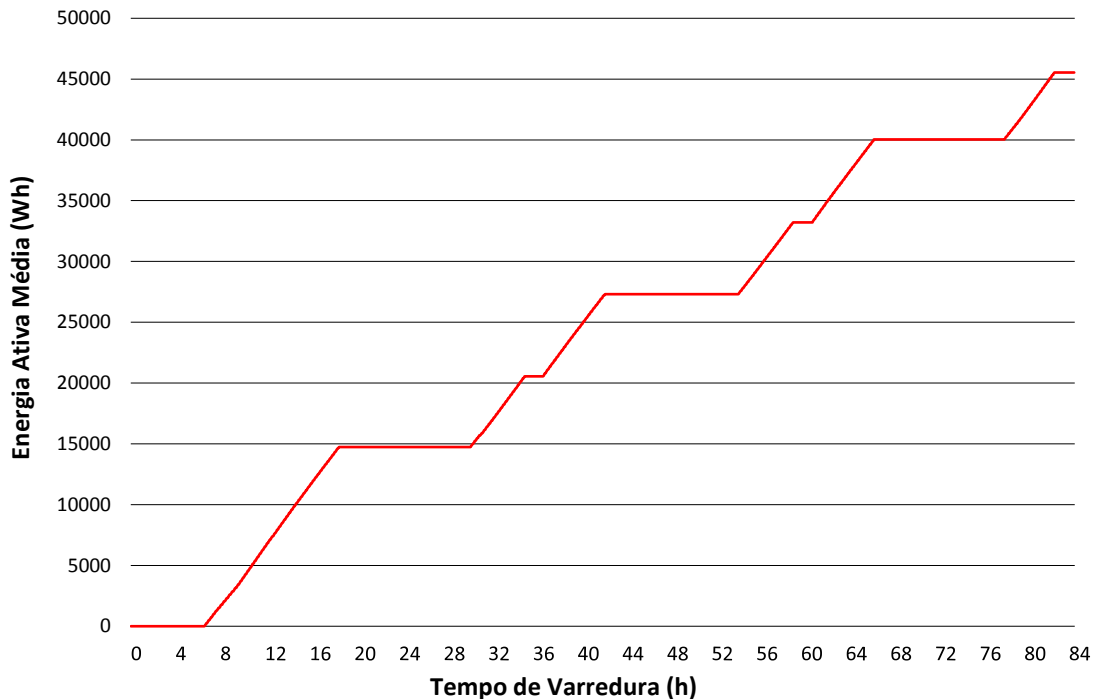
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 38 - Energia Ativa Média consumida na Semana 7 - Sistema desabilitado



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 39 - Energia Ativa Média consumida na Semana 8 - Sistema desabilitado



Fonte: Elaborada pelo autor.

Apesar de mensurado um consumo de energia ativa de 34,09% menor com o sistema automatizado de controle habilitado durante os períodos de medição, esse percentual não deve ser interpretado como sendo o percentual de redução do desperdício de energia que o sistema automatizado de controle efetivamente proporcionará ao IFMA, pois, consideramos para o estudo somente o consumo de energia ativa das salas dos cursos técnicos.

5.2.3 Análise do Consumo de Energia Ativa

Para dimensionar o percentual de diminuição do desperdício no consumo de energia elétrica que se almeja alcançar com a implementação do sistema automatizado de controle do acionamento e desligamento de iluminação e condicionadores de ar do IFMA, considerando também, que as medições foram realizadas somente no circuito alimentador do condicionador de ar da sala 16 do Curso Técnico de Segurança do Trabalho, e, ampliando este horizonte para o consumo de todos os condicionadores de ar das salas de aula, simulamos da seguinte maneira.

Como o IFMA Campus Monte Castelo possui 26 turmas dos cursos técnicos em funcionamento no turno matutino e 16 turmas no turno vespertino, porém, estas turmas funcionam nas modalidades concomitante e integrada, com horários diferenciados de funcionamento, do total de salas de aula, temos 16 salas que funcionam os dois turnos e 10 salas que funcionam apenas no turno matutino.

Considerando o funcionamento das salas de aula nos turnos matutino e vespertino, e o acionamento e desligamento dos equipamentos realizados de forma manual por funcionários do CAA, para o cálculo estimado do tempo médio diário em horas de funcionamento por sala de aula, considerou-se que, 10 salas de aula são utilizadas somente no turno matutino, funcionando na modalidade integrada, onde, o condicionador de ar funciona das 6:50 às 12:40 horas totalizando 58,33 h/dia, e das 16 salas de aula que funcionam os dois turnos, foi considerado que, 10 salas como sendo da modalidade integrada onde os condicionadores de ar funcionam das 6:50 às 18:35 horas totalizando 117,5 h/dia e seis salas na modalidade concomitante que funcionam das 6:50 às 11:50 horas no turno matutino e das 13:00 às 18:35 horas no vespertino, totalizando 63,5h/dia. Temos, portanto, um tempo médio estimado total de 239,33 h/dia distribuídas em 26 salas, temos, portanto, um tempo médio diário estimado de 9,205 h/dia por sala.

Para se calcular o tempo médio diário estimado em horas de funcionamento por sala de aula, e, que seus equipamentos são acionados e desligados pelo sistema automatizado de controle, foi considerado que, 10 salas de aula são utilizadas somente no turno matutino, funcionando na modalidade integrada, portanto, o condicionador de ar funciona das 7:00 às 12:30 horas totalizando 55,00 h/dia, e das 16 salas de aula que funcionam os dois turnos, foi considerado que, 10 salas como sendo da modalidade integrada onde seus condicionadores de ar funcionam das 7:00 às 12:30 horas e das 13:00 às 18:25 horas totalizando 109,17 h/dia e seis salas na modalidade concomitante que funcionam das 7:00 às 11:40 horas no turno matutino e das 13:00 às 18:25 horas no vespertino, totalizando 60,5h/dia. Temos, portanto, um tempo médio total estimado de 224,67 h/dia distribuídas em 26 salas, temos, portanto, um tempo médio diário estimado de 8,64 h/dia por sala.

Levando em consideração que a potência elétrica média seja de 1.700 W por condicionador de ar, sendo em média de 20 dias de aula por mês, teremos uma estimativa de consumo médio mensal de energia de 312.970,00 Wh por sala de aula e um consumo médio total de 8.137.220,00 Wh com o sistema de controle desabilitado

e com o sistema automatizado de controle habilitado um consumo médio mensal estimado de 293.760,00 Wh por sala de aula e um consumo médio total de 7.637.760,00 Wh, sendo de R\$ 0,65602⁶/kWh a tarifa convencional de energia do poder público, a estimativa de custo médio mensal das 26 salas de aula, será de R\$ 5.338,18 com o sistema de controle desabilitado e de R\$ 5.010,52 com o sistema de controle habilitado, sendo de R\$ 327,66 a diferença entre os custos médios mensal, o que corresponde a uma redução de 6,138% na perda de energia elétrica.

O sistema automatizado de controle para ser instalado em 26 salas de aula custa em média de R\$ 6.430,00, e, sendo a diferença entre os custos mensais com o sistema habilitado e desabilitado de R\$ 327,66, serão necessários 19,62 meses com a redução dos valores pagos com energia, para que os custos de implantação do sistema sejam cobertos, porém, o sistema automatizado tem uma vida útil estimada de 5 anos, portanto, pelos valores descritos, uma redução estimada do desperdício no consumo de energia de 6,138% justifica a implantação do sistema automatizado de controle dos condicionadores de ar e iluminação, considerando apenas o consumo estimado das salas de aula com o sistema automatizado de controle habilitado e desabilitado (ver Tabela 12).

Considerando os valores mensurados durante as oito semanas que foram de 122.850,16 Wh com o sistema automatizado habilitado e de 186.390,27 Wh com o sistema desabilitado, sendo os valores médios diários por sala de 8.775,01 Wh com o sistema habilitado e de 13.313,59 Wh com o sistema desabilitado. O consumo estimado mensal de energia considerando todas as 26 salas de aula dos cursos técnicos e uma média de 20 dias de aulas por mês, será de 4.563.005,2 Wh com o sistema habilitado e de 6.923.066,8 Wh com o sistema desabilitado, sendo de R\$ 0,65602/kWh a tarifa de energia do poder público, temos um custo médio mensal estimado de R\$ 2.993,42 com o sistema habilitado e de R\$ 4.541,67 com o sistema desabilitado, que corresponde a 34,09% de redução no consumo, ou seja, na redução da perda de energia elétrica. O custo de implantação do sistema automatizado de controle é em média R\$ 6.430,00, e a diferença entre os custos mensal medidos de R\$ 1.548,25, serão necessários 4,15 meses para cobrir os custos de implantação do sistema automatizado de controle, o que justifica a implantação do mesmo (ver Tabela 13).

⁶ Valor da Tarifa Convencional Poder Público, Disponível em <http://www.cemar116.com.br/residencial/informacoes/cobranca-de-tarifas>. Acesso em 02/12/2018.

A diferença entre os percentuais de redução do desperdício de energia elétrica estimado (6,138%) e medido (34,09%) decorre do fato de que, com o uso do sistema automatizado de controle, a economia não ocorre apenas nos horários entre turnos, mas, também nas madrugadas, feriados e fins de semana, que eventualmente, se esqueçam os aparelhos ligados, mas também em horários ociosos, devido a alguma atividade externa, ou até mesmo pela ausência de algum professor.

Portanto, se considerarmos os percentuais de redução estimado e medido, conclui-se que, o sistema automatizado de controle do acionamento e desligamento de iluminação e condicionadores de ar em implementação no IFMA Campus Monte Castelo, é eficiente quanto à diminuição das perdas de energia elétrica.

Com a implantação do sistema automatizado de controle, estima-se uma redução média de 6,138% no consumo de energia, considerando apenas as salas de aula dos cursos técnicos do IFMA, porém, se considerarmos a redução do valor homem/hora para acionar e desligar os equipamentos, que em média gastam 80 minutos/dia, ou, R\$ 48,75/dia, considerando que os funcionários do setor recebem em média um salário mensal de R\$ 6.000,00, a redução dos custos com a mão de obra será de aproximadamente R\$ 975,00, além de disponibilizar pessoal para outras tarefas inerentes a sua função.

Tabela 12 - Consumo Médio estimado de Energia Ativa com Sistema de Automatizado Controle habilitado e desabilitado

	Situação do Sistema de Controle					
	Desabilitado			Habilitado		
	10 Salas - Turmas Integradas (Matutino)	16 Salas (Matutino e Vespertino)		10 Salas - Turmas Integradas (Matutino)	16 Salas (Matutino e Vespertino)	
	10 Integradas	6 Concomitantes		10 Integradas	6 Concomitantes	
Quantidade de Salas 26 Salas (Matutino e Vespertino)						
Horário de Funcionamento (h)	6:50 – 12:40	6:50 – 18:35	6:50 – 11:50 13:00 – 18:35	7:00 – 12:30	7:00 – 12:30 13:00 – 18:25	7:00 – 11:40 13:00 – 18:25
Tempo de Uso / Dia (h)	58,33	117,5	63,5	55,00	109,17	60,5
Total Horas / Dia	239,33			224,67		
Média Horas / Dia / Sala	9,205			8,64		
Média Horas / Mês / Sala (20 dias)	184,10			172,80		
Consumo Dia / Sala (Wh)						
Potência Média - 1700 W	15.648,50			14.688,00		
Consumo Mês / Sala (Wh)						
Potência Média - 1700 W	312.970,00			293.760,00		
Consumo Médio Total Mensal (Wh) 26 Salas	8.137.220,00			7.637.760,00		
Consumo Médio Total Mensal (KWh) 26 Salas	8.137,22			7.637,76		
Custo Médio Mensal (Tarifa – R\$ 0,65602)	R\$ 5.338,18			R\$ 5.010,52		
Diferença de Custo Médio Mensal	R\$ 327,66					
Custo de Implantação do Sistema 26 Salas	R\$ 6.430,00					
Tempo para Sistema cobrir os custos de Implantação do Sistema (Mês)	19,62					

Obs. Os valores da planilha demonstram que, com o sistema automatizado de controle teremos uma redução estimada de 6,138% no desperdício de energia elétrica, e que, os custos de implantação do sistema que tem uma vida útil estimada de cinco anos (60 meses), serão pagos em 19,62 meses, justifica a implantação do sistema automatizado de controle de iluminação e dos condicionadores de ar das salas dos cursos técnicos do IFMA Campus Monte Castelo.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 13 - Consumo Medido de Energia Ativa com Sistema Automatizado de Controle habilitado e desabilitado

	Situação do Sistema de Controle					
	Desabilitado			Habilitado		
	10 Salas - Turmas Integradas (Matutino)	16 Salas (Matutino e Vespertino)		10 Salas - Turmas Integradas (Matutino)	16 Salas (Matutino e Vespertino)	
	10 Integradas	6 Concomitantes		10 Integradas	6 Concomitantes	
Quantidade de Salas 26 Salas (Matutino e Vespertino)						
Horário de Funcionamento (h)	6:50 – 12:40	6:50 – 18:35	6:50 – 11:50 13:00 – 18:35	7:00 – 12:30	7:00 – 12:30 13:00 – 18:25	7:00 – 11:40 13:00 – 18:25
Tempo de Uso / Dia (h)	58,33	117,5	63,5	55,00	109,17	60,5
Total Horas / Dia	239,33			224,67		
Média Horas / Dia / Sala	9,205			8,64		
Média Horas / Mês / Sala (20 dias)	184,10			172,80		
Consumo Total Medido Sala 16 (Wh) (14 dias)	186.390,27			122.850,16		
Consumo dia / Sala 16 (Wh)	13.313,59			8.775,01		
Consumo Mês / Sala (Wh)	266.271,80			175.500,20		
Consumo Médio Total Mensal (Wh) 26 Salas	6.923.066,80			4.563.005,20		
Consumo Médio Total Mensal (kWh) 26 Salas	6.923,066			4.563,005		
Custo Médio Mensal (Tarifa – R\$ 0,65602)	R\$ 4.541,67			R\$ 2.993,42		
Diferença de Custo Médio Mensal	R\$ 1.548,25					
Custo de Implantação do Sistema 26 Salas	R\$ 6.430,00					
Tempo para Sistema cobrir os custos de Implantação do Sistema (Mês)	4,15					

Obs. Os valores da planilha demonstram que, com o sistema automatizado de controle teremos uma redução estimada de 34,09% no desperdício de energia elétrica, e que, os custos de implantação do sistema que tem uma vida útil estimada de cinco anos (60 meses), serão pagos em 4,15 meses, justifica a implantação do sistema automatizado de controle de iluminação e dos condicionadores de ar das salas dos cursos técnicos do IFMA Campus Monte Castelo.

Fonte: Elaborada pelo autor.

6 CONCLUSÕES

O consumo energético da Sala 16 do Curso Técnico em Segurança do Trabalho, com o modo manual de controle do acionamento e desligamento de iluminação e condicionadores de ar, considerando que o condicionador de ar tem uma potência de 1.700W e 20 dias de aula por mês foi em média de 266,27 kWh, porém, o valor estimado para o consumo seria de 312,97 kWh, portanto, o consumo medido foi 14,92% menor que o valor estimado, levando em consideração o consumo apenas do condicionador de ar, esta redução do consumo se deve as características operacionais do aparelho, e não a intervenção do operador.

O modelo atual é totalmente dependente de um operador, e, caso aconteça algum imprevisto, o acionamento ou desligamento dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar ficam comprometidos, fato ocorrido na segunda semana de medição, em que o condicionador de ar funcionou por praticamente três dias seguidos, e, em também em alguns intervalos entre turnos que não foram desligados, gerando assim desperdício de energia, portanto, conclui-se que, o modelo atual não é o mais indicado para o controle do acionamento e desligamento de iluminação e do condicionador de ar.

O consumo energético da Sala 16 com o sistema automatizado de controle do acionamento e desligamento de iluminação e condicionadores de ar, em implementação, considerando o condicionador de ar com uma potência de 1700W e 20 dias de aula por mês foi em média de 175,5 kWh, no entanto, o valor estimado para o consumo seria de 293,76 kWh, portanto, o consumo medido foi 40,26% menor do que o valor estimado, isto, levando em consideração somente o consumo do condicionador de ar, esta redução do consumo se deve as características operacionais do aparelho, e ao sistema automatizado de controle, que atuou em todos os intervalos onde a Sala 16 encontrava-se sem utilização, portanto, diminuindo o desperdício de energia.

Concluiu-se que o sistema automatizado de controle do acionamento e desligamento de iluminação e condicionamento de ar é eficiente com relação à redução do consumo de energia, além de, disponibilizar mão de obra para outras atividades inerentes à sua função.

Comparando os dois modos de acionamento e desligamento dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar, encontramos duas situações: a primeira situação

se refere à estimativa de consumo de energia, pois, a diferença entre o consumo do modelo de controle automatizado é 6,138% menor do que o modelo manual e a segunda situação é em relação ao consumo medido que, no modelo automatizado foi de 34,09% menor do que o modelo manual, portanto, concluímos que, o modelo automatizado é eficiente para a redução no desperdício de energia elétrica.

Para a análise da interferência do sistema automatizado de controle na qualidade da energia recebida pela instituição, analisamos o comportamento de algumas grandezas elétricas como tensão, frequência, distorção harmônica e fator de potência, considerando o sistema automatizado de controle habilitado e desabilitado, verificamos com as medições, que o comportamento das grandezas tanto com o sistema habilitado, quanto com o sistema desabilitado permaneceu de modo similar, sem alterações significativas em todas as semanas de medição, portanto, concluímos que, a energia disponibilizada para o funcionamento do sistema é de qualidade, não influenciando no consumo de energia do condicionador de ar, e, que operação do sistema automatizado de controle do acionamento e desligamento de iluminação e dos condicionadores de ar não interfere na qualidade da energia ofertada aos sistemas elétricos do IFMA Campus Monte Castelo.

Quanto a eficiência energética do sistema em implementação, verificamos que, a estimativa de redução do consumo de energia seria de 6,138%, o que já seria considerado um bom resultado, no entanto, com a medição mensurou-se uma redução no consumo de energia de 34,09% comparado ao modelo manual de controle do acionamento e desligamento dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar, portanto, concluímos que, o sistema automatizado de controle é eficiente na redução do desperdício de energia.

Como sugestão de melhoria ao sistema implementado, é necessário individualizar o controle por sala, o que melhora a confiabilidade do sistema, pois, o sistema automatizado de controle funciona hoje, com uma única placa eletrônica (*hardware*) que controla sete salas ao mesmo tempo, ou seja, o controle é setorizado, porém, caso esta placa apresente algum defeito, o sistema será desligado em todas as salas, e caso, o sistema seja individualizado, se alguma placa apresentar defeito, o restante do sistema de controle permanecerá funcionando.

Portanto, o estudo demonstrou que o uso de automatização no sistema de controle do acionamento e desligamento de iluminação e dos condicionadores de ar, é uma alternativa totalmente viável, para a redução do desperdício de energia elétrica,

contribuindo para a utilização eficiente da energia elétrica, pois, este sistema não depende de altos investimentos em equipamentos e nem da mudança comportamental dos consumidores.

REFERÊNCIAS

ABESCO. Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia, 2015. Disponível em <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>>. Acessado em 20/06/2017.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional – PRODIST: Módulo 8 – Qualidade de energia elétrica**. Brasília: ANEEL, rev. 10, 2018. 88p.

APOLONIO, Daniel Moussalem; APOLONIO, Roberto; KAWAPHARA, Mário Kiyoshi. **Adequação da iluminância e automatização**: impactos na demanda e consumo de energia elétrica. Revista Lumière. São Paulo, nº 163, p.86-102. Nov. 2011.

ARAÚJO, V. V. de. **Circuito integrado para medição de qualidade de energia elétrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica. Salvador. BA. 2015.

BORNE, L. S. **Eficiência Energética em Instalações Elétricas**. Porto Alegre, 2010, 101f. Monografia – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Brasil. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia 2030. Colaboração Empresa de Pesquisa Energética. _ Brasília: MME: EPE, 2007.

CHAGAS. E. L. **Sistema de Automação**. IFMA. 2017.

Companhia Energética do Maranhão S.A. – CEMAR. Disponível em <http://www.cemar116.com.br/residencial/informacoes/cobranca-de-tarifas>. Acesso em 30/11/2018.

COSTA, C. **Um estudo sobre adaptações para redução do consumo de energia elétrica em sistemas de ar condicionado**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2016.

D'ALBUQUERQUE, M. A. N.; SILVA, R. M.; GOMES, M. L. B. **Eficiência Energética em uma Edificação Pública: uma análise das possibilidades**. In. Revista Eletrônica Sistemas & Gestão. V. 12, N. 4, p. 462-470, 2017.

DUGAN, R. C. et al. **Electrical Power Systems Quality**. 3. ed. New York: McGrawHill, 2012.

Eletrobras. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética - Procel Info. Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID5C0D828A5E894B4AA0280C96CCED1760PTBRIE.htm>>. Acesso em 15/07/2018.

Empresa de Pesquisa Energética - EPE. **Balço Energético Nacional – BEN, 2017: Ano base 2016**. Rio de Janeiro. 2017.

Energias Assessoria de Sistemas de Energia e Comércio Ltda, Disponível em <<http://www.energias.com.br/eficiencia-energetica-3/>>. Acessado em 26/06/2017.

FERREIRA, D. D. **Análise de Distúrbios Elétricos em Sistemas de Potência**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE). Rio de Janeiro. RJ. 2010.

IFMA. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão. CAA. Coordenadoria de Apoio às Atividades Acadêmicas. 2018.

IFMA, 2015. Missão (**Quem Somos**). Disponível em <<https://portal.ifma.edu.br/quem-somos/>>. Acessado em 20/06/2017.

IFMA, 2015. Disponível em <<https://portal.ifma.edu.br/instituto/historico/>> acesso em 15/05/2018.

IFMA, 2015. Disponível em <<https://montecastelo.ifma.edu.br/seguranca-do-trabalho/>>. Acesso em 30/07/2018.

IFMA, 2015. Disponível em <<https://montecastelo.ifma.edu.br/cursosoferecidos/>>. Acesso em 15/07/2018.

International Energy Agency – IEA, 2017. Disponível em <<https://www.iea.org/topics/energyefficiency/>>. Acessado em 01/07/2017.

KEMPA JUNIOR, Emílio. LARA, Wilson J. V. de. Revista Technoenge. **Distorções Em Sistemas Elétricos**. Vol.1 nº13. Jan-Dez. 2016.

MARQUES, Milton César Silva et al. (coords.). **Conservação de Energia**: Eficiência energética de equipamentos e instalações - 3. ed. - Itajubá, MG: FUPAI, 2006.

MARTINS, J. R. S. **Controle Repetitivo aplicado a compensadores série para a correção de afundamentos e distorções harmônicas de tensão da rede elétrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Centro de Energias Alternativas e Renováveis – CEAR. João Pessoa. PB. 2016.

MAYER, A. et al, **Sistema Supervisório para Salas de Aula**. In. VIII Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar, 2015.

MINIPA DO BRASIL Ltda. Manual de Instruções. 2011. CD-Rom.

MME. Ministério de Minas e Energia. PNEF. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. Brasília. 2014.

MORAES, C. S. **Análise de medidas para efficientização e uso racional da energia elétrica em condicionadores de ar**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de

Edificações e Ambiental), Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

MORAES, M. A. **Modelagem e análise de desempenho de reatores a núcleo saturado na atenuação das flutuações de tensão**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Engenharia Elétrica. Uberlândia. MG. 2016.

MOREIRA, A. C. **Uso de Instrumentação virtual para a análise da qualidade da energia elétrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. SP. 2006.

NASCIMENTO, R. L. **Política de Eficiência Energética no Brasil**. Câmara dos Deputados. Brasília. DF. 2015.

NOBRE, M. M. **Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica através do Custo da Interrupção para o Consumidor Industrial e dos Indicadores de Continuidade (DEC e FEC)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia). Universidade Federal de Itajubá. Itajubá. MG. 2017.

OLIVEIRA, C. G. de. **Estudo sobre conservação de energia elétrica e qualidade de energia elétrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Campinas. SP. 2009.

PADILLA, J. V. **Qualidade de Energia**. Revista O Setor Elétrico. São Paulo. p. 92-105. Março. 2008. Disponível em <https://www.procobre.org/pt/wp-content/uploads/sites/4/2018/03/qet02-qualidade-energia-eletrica-aula-pratica.pdf>. Acessado em 05/10/2018.

PAULILO, Gilson. **Qualidade de Energia**. Revista O Setor Elétrico. São Paulo. Ed. 84. Cap. I. p. 28-35. 2013. Disponível em <http://www.osetoreletrico.com.br/wp->

content/uploads/2013/02/Ed84_fasc_qualidade _energia_cap1.pdf. Acessado em 05/10/2018.

PESSOA, J.L.N.; GHISI, E. **Estado da arte em eficiência energética: sistemas de condicionamento de ar**. Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis. 2015.

PINTO, L. M. de O. **Levantamento de Harmônicas em redes de distribuição de uma concessionária de energia**. Tese (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Centro de Energias Alternativas e Renováveis. João Pessoa. PB. 2016.

PONTÍFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS. Pró Reitoria de Graduação. Sistema Integrado de Bibliotecas. **Orientações para elaboração de científicos**: projeto de pesquisa, teses, dissertações, monografias, relatório entre outros trabalhos acadêmicos, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2 ed. Belo Horizonte: PUC Minas, 2016. Disponível em: www.pucminas.br/biblioteca. Acesso em 5/12/2018.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL. Faculdade de Engenharia. Grupo de Eficiência Energética. USE – Use Sustentável da Energia [recurso eletrônico]: guia de orientações / PUCRS, FENG, GEE, PU; coord. PROAF. – Dados eletrônicos. Porto Alegre: PUCRS, 2010. Disponível em <http://www.pucrs.br/biblioteca/manualuse.pdf>. Acesso em 10/08/2018.

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Site Oficial: <<http://www.eletrabras.com/elb/procel>>.

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Relatório de Resultados do Procel 2018, ano base 2017**. Rio de Janeiro. 2018. Disponível em http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2018/docs/Procel_rel_2018_web.pdf. Acessado em 20/06/2018.

ROCHA, J.E. **Qualidade de Energia Elétrica**. Departamento de Eletroeletrônica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2016.

RODRIGUES, A. G. et al. **Consumo Eficiente de Energia Elétrica**. Entre Aberta Revista de Extensão. p. 69 – 76, N.2, V. 1, 2017).

SANTOS, et al. Apresentação. In: MARQUES, Milton César Silva et al (coords.). **Eficiência energética: teoria & prática**. 1. Ed. - Itajubá, MG: FUPAI, 2007, p.XIX.

SANTOS, et al. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 29, p. 435-474, Jun. 2008.

SILVA, G. L. da. **Avaliação da Eficiência energética em escolas públicas municipais e estaduais de Maceió – Alagoas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal da Paraíba. Centro de Tecnologia. João Pessoa. PB. 2015.

SILVA, J. B. da. **Impacto da geração solar fotovoltaica conectada à rede de distribuição na qualidade de energia elétrica**. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Porto Alegre. RS. 2015.

SOARES, G. M. **Sistema Inteligente de Iluminação de Estado Sólido com Controle Remoto e Análise de Parâmetros da Rede Elétrica**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Faculdade de Engenharia. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2014.

SORGATO, M. J. **A Influência do Comportamento do Usuário no Desempenho Térmico e Energético de Edificações Residenciais**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina. Paraná. 2015.

VARGAS, M. C.; MESTRIA, M. **Eficiência Energética em Edificações Residenciais: Iluminação E Refrigeração**. In. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza, 2015.

VIANA, A. N. C. et al. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. 1. ed. Elektro. Universidade Federal de Itajubá. Excen. Fupai. Campinas – SP. 2012.

VIEIRA, G. J. P. **Desequilíbrios de tensão em micro-redes durante o funcionamento em modo isolado**. Tese (Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP. Porto. Portugal. 2012.