



INSTITUTO DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO GALILEO DA AMAZÔNIA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA, GESTÃO DE
PROCESSOS, SISTEMAS E AMBIENTAL



HILTON BARROS DE CASTRO

SISTEMAS EMBARCADOS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE AMBIENTES
CLIMATIZADOS

MANAUS – AM
2022

HILTON BARROS DE CASTRO

**SISTEMAS EMBARCADOS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE AMBIENTES
CLIMATIZADOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental - PPG. EGPSA, do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia- ITEGAM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Jandecy Cabral Leite

**MANAUS – AM
2022**

HILTON BARROS DE CASTRO

SISTEMAS EMBARCADOS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE AMBIENTES CLIMATIZADOS

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia – ITEGAM.

Manaus-AM, 31 de Janeiro de 2022



Prof. Dr. Jandecy Cabral Leite


Coordenador do PPG.EGPSA - ITEGAM

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Jandecy Cabral Leite

Orientador (PPG.EGPSA/ITEGAM)



Prof. Dr. Manoel Henrique Reis Nascimento
Examinador Interno (PPG.EGPSA/ITEGAM)



Profa. Dra. Nadime Mustafa Moraes
Examinador Externo (Universidade do Estado do Amazonas - UEA)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Biblioteca do ITEGAM

Castro, Hilton Barros de, 2020 - Sistemas Embarcados para Eficiência Energética de Ambientes Climatizados / Hilton Barros de Castro - 2020. 68 f., il: Colorido

Orientador: Dr. Jandecy Cabral Leite

Dissertação: Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia, Programa de Pós Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental (PPG-EGPSA), Manaus - AM, 2020.

1. Conforto Térmico 2. Sistemas Embarcados 3. Eficiência Energética 4. Automatização de Ares-Condicionados 5. Ambientes Fechados

CDD - 1002.ed.2020.11

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer aos meus colegas e amigos de trabalho pela colaboração em tudo e apoio incondicional quando necessitei, e que sempre estiveram à disposição para ajudar-me.

Aos meus familiares que, juntamente com meus amigos, dão sentido pleno em trilhar esse caminho.

Ao corpo docente do **Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental do ITEGAM** que muito colaborou com o meu processo de aprendizagem em todas as disciplinas e em especial ao Prof. Dr. Jandecy Cabral Leite que com sua sapiência ditou um norte para a ciência deste estudo.

Aos colegas de turma que sempre solícitos uniram forças neste trajeto.

Epígrafe

O sucesso se faz à noite enquanto os filhos
bagunçam, a esposa assiste à Netflix e a gente
trabalha para as coisas continuarem assim.

Hilton Barros de Castro

Dedicatória

Aos meus pais, Francisco Alves de Castro e Valdenira Firmino Barros. Aos irmãos, Izaira, Izonete e Francisco Barros. À minha esposa Suyen Martins, minha filha Karina, meus filhos Hian e Guilherme e a toda minha família e amigos que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

RESUMO

CASTRO, Hilton Barros de. **SISTEMAS EMBARCADOS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE AMBIENTES CLIMATIZADOS**. 2022. p. 68. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental (PPG.EGPSA), Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Manaus, 2022.

O consumo de energia elétrica cresce à medida que a tecnologia avança, pois esse, em quase sua totalidade, depende de alimentação de alguma fonte de energia. O aumento desse consumo causa impactos positivos, mas também negativos um deles dá-se pelo alto custo desses recursos. Diante disso e da redução dos recursos destinados à Educação no Brasil, as instituições precisam buscar estratégias de redução de despesas. Dentre as possibilidades de redução de custos, encontra-se a redução no consumo de energia elétrica. Este trabalho teve como objetivo reduzir o consumo de energia elétrica, aumentar a vida útil dos aparelhos climatizadores e a melhorar o conforto térmico. Para reduzir os recursos gastos com a climatização, foi desenvolvido um sistema informatizado, visando controlar a temperatura nos ambientes climatizados e que possuíam movimentação de pessoas, por meio da utilização de sensores para aferir a temperatura ambiente, monitorar o acesso de pessoas, comunicação e controle dos aparelhos que fazem a climatização do ambiente. Após a implantação desta tecnologia nos ambientes propostos, o sistema passou a regular o(s) aparelho(s) de ar-condicionado, buscando compensar a temperatura quando esta apresentava diferença da projetada pelo usuário, a partir da temperatura do ambiente aferida pelo conjunto de sensores. Assim, o funcionamento do aparelho era finalizado quando não havia pessoas no ambiente, ou era iniciado quando um usuário adentrava ao local.

Palavras-Chave: Conforto térmico, Sistemas embarcados, Eficiência energética, Automatização de ares-condicionados, Ambientes fechados.

ABSTRACT

CASTRO, Hilton Barros de. **SISTEMAS EMBARCADOS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE AMBIENTES CLIMATIZADOS**. 2022. p. 68. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental (PPG.EGPSA), Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Manaus, 2022.

The consumption of electricity grows as technology advances, as this, almost entirely depends on the power of some energy source, the increase in this consumption causes positive impacts, but also negative ones, one of them is due to the high cost of the energy. resources, the reduction of medical resources education in Brazil makes institutions look for a clinic to reduce expenses and one is, to be able to use efficiency in the consumption of electricity. This work aims to reduce the consumption of electricity, increase the duration of climate control devices and improve thermal comfort, to reduce cost resources, the air conditioning was developed for a computerized system, to control the temperature in the environments, the use of sensors to adjust the temperature of the people and the environment, to train the access of people and, communication and control of the devices that air conditioning the environment. After the implementation of this technology in the proposed environments, the system began to regulate the air system(s), seeking to compensate for a temperature different from the temperature of the air conditioning device by the user, based on the set. Of sensors and, end the activity of the device when there are no people in the environment as well as initiating a user to enter the place.

Keywords: Thermal comfort, Embedded systems, Energy efficiency, Automation of air conditioners, Closed environments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Custos com a educação.....	19
Figura 1.2 – Recursos do MEC entre 2012 e 2020.	20
Figura 1.3 – Custos com a educação básica.	20
Figura 2.1 – Cálculo de temperatura por indivíduo.....	26
Figura 2.2 – Variaçã de erros do PMV.....	35
Figura 3.1 – Sensor de temperatura DS18B20.	41
Figura 3.2 – Sensor de presença PIR.....	41
Figura 3.3 – <i>Protoboard</i>	42
Figura 3.4 – Interface web-site arduino.....	43
Figura 3.5 – Versão da IDE Arduino.	43
Figura 3.6 – IDE arduini <i>online</i>	44
Figura 4.1 – Histórico do IFAM.....	49
Figura 4.2 – Planta baixa do IFAM-Manacapur.....	50
Figura 5.1 – Flux do sistema.	53
Figura 5.2 – Fluxograma do algoritimo para controle de temperatura.....	54
Figura 5.3 – Compulação do código de temperatura.....	55
Figura 5.4 – Receptor infravermelho.	56
Figura 5.5 – Módulo para contagem de pessoas.....	57
Figura 5.6 – Diagrama de contagem de pessoas.....	58
Figura 5.7 – Contagem de pessoas com sensor ultrassônico.....	58
Figura 5.8 – protótipo com sensor ultrassônico.	59
Figura 5.9 – Protótipo com sensor e receptor infravermelho.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Consumo de energia elétrica IF-MPU.....	51
Tabela 4.2 – Consumo de energia elétrica(GWh) por classe de consumo	52

LISTA DE SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
AM	Amazonas
AGC	<i>Apollo Guidance Computer</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ASHRAE	A Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado.
BTU	<i>British Thermal Unit</i>
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPU	CPU Unidade Central de Processamento
Unidade central de processamento	
IoT	<i>Internet of Things</i>
IF-MPU	Instituto Federal do Amazonas de Manacapuru
HVAC	<i>Heating, Ventilating and Air Conditioning</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDN	<i>InterDataNet</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IF	Instituto Federal
IFAM	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas
LCD	<i>Liquid crystal display</i>
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>
LED	<i>Light emitting diode</i>
MEC	Ministério da Educação
MPU	Manacapuru
PEI	Porcentagem estimada de insatisfeitos
PIB	Produto interno bruto
PIR	<i>Passive infrared sensor</i>
PNAE	Programa Nacional de Alimentação Escolar
PNEF	Plano Nacional de Eficiência Energética
PMV	<i>Predicted Mean Vote</i>

PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
VME	<i>Voto Médio Estimado</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
ROM	<i>Read-OnlyMemory</i>
SAI	<i>Service ApplicationIntegration</i>
SOA	<i>Service OrientedArchitecture</i>

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	17
1 INTRODUÇÃO	17
1.2 ESPECIFICAÇÕES DO PROBLEMA DA PESQUISA	18
1.3 JUSTIFICATIVAS DA PROPOSTA.....	19
1.4 OBJETIVOS.....	21
1.4.1 Geral	21
1.4.2 Específicos	21
1.5 CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DO ESTUDO	21
1.6 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	22
1.7 ÁREAS DO CONHECIMENTO - CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA	22
1.8 ESCOPOS DO TRABALHO	23
CAPÍTULO 2	25
2 ESTADO DA ARTE	25
2.1 CONFORTO TÉRMICO: CONCEITOS BÁSICOS E APLICAÇÕES NO AMBIENTE CONSTRUÍDO	25
2.2 ECONOMIAS DE ENERGIA	27
2.3 SOFTWARES LIVRES	29
2.4 INDÚSTRIA 4.0.....	30
2.5 INTERNET DAS COISAS	31
2.5.1 Middleware para a Internet das Coisas	32
2.6 CONFORTO TÉRMICO.....	33
2.7 AMBIENTES CLIMATIZADOS	34
2.8 SISTEMAS EMBARCADOS	36
2.9 PROBLEMA	36
2.10 SOLUÇÃO	37
CAPÍTULO 3	38

3 MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1 ÁREA DE ESTUDO	38
3.2 CARACTERIZAÇÃO E <i>DESIGN</i> DA PESQUISA	38
3.3 COLETAS DE DADOS E ANÁLISE DE DADOS	39
3.4 MATERIAIS	39
3.4.1 Sensor de temperatura	40
3.4.2 Sensor de presença e movimento (pir).....	41
3.4.3 <i>Protoboard</i>	42
3.4.4 Ide arduino	42
3.5 MÉTODOS.....	44
3.5.1 Uso das tecnologias <i>arduino</i>	45
3.5.2 Ide instalação	45
3.5.3 Porta serial	45
3.5.4 Com a ide instalada	46
3.5.5 Comunicação entre periféricos arduino.	46
CAPÍTULO 4	48
4 ESTUDO DE CASO	48
4.1 HISTÓRICO.....	48
4.2 SITUAÇÃO ATUAL DAS INSTALAÇÕES FÍSICAS	50
CAPITULO 5	53
5 RESULTADOS E DISCURSSÕES	53
5.1 RESULTADOS DA ETAPA1	54
5.2 RESULTADOS DA ETAPA 2	55
5.3 RESULTADOS DA ETAPA 3	55
5.4 RESULTADOS DA ETAPA 4	57
5.5 CONCLUSÃO DAS ETAPAS ANTERIORES.....	60
CAPÍTULO 6	61

6 CONCLUSÃO.....	61
6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	62
REFERÊNCIAS	63

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

A eficiência energética vislumbra o aprimoramento de técnicas e tecnologias com o objetivo de melhorar o consumo de energia elétrica, sendo cada vez mais palpável esse consumo de forma a permitir um melhor uso deste recurso na busca de fazer mais com menos a partir da eficiência dos aparelhos consumidores e a consciência das pessoas envolvidas. O Brasil possui um programa intitulado PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), que é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia – MME e administrado pela Eletrobrás (PROCEL INFO, 2006). Este programa tem como objetivo combater os desperdícios de energia elétrica.

Com esse programa, o Brasil busca trilhar o caminho da eficiência energética. Grande parte da energia produzida no Brasil vem das fontes das usinas hidrelétricas, que apesar de ser considerada uma energia limpa, possui impactos ao meio ambiente. Isso acontece porque o processo de produção demanda um grande volume de água, que é armazenada em grandes reservatórios, os quais são modificados pela engenharia para comportar tais quantidades e controlar sua vazão. Ademais, no que tange ao grau de devastação ambiental, a intensidade dos impactos sociais e aos artifícios burocráticos utilizados em prol dos empreendimentos, as usinas de Jirau, de Santo Antônio, de Belo Monte e de Teles Pires foram as mais midiáticas do período lulista e as mais atingidas pela ação da sociedade civil organizada, que contou com a participação de associações de base de pessoas afetadas e organizações internacionais ambientais e de direitos humanos, gerando um aumento significativo do valor dos projetos. O custo da barragem de Belo Monte, por exemplo, foi o dobro da estimativa inicial do Governo. Isso demonstra que as ações ambientais, de fato, impactaram na consecução dos projetos e levaram a mudanças de rota, como abandono das políticas para construção de grandes reservatórios, mas também revelam a insistência do governo em seguir com as UHE, mesmo quando as exigências ambientais as tornavam inviáveis economicamente (MONTEIRO *et. al.* 2018).

Os caminhos adotados buscam uma melhoria no consumo, mas não necessariamente na redução do uso de equipamentos, pois o propósito da eficiência energética é encontrar formas de não ter desperdícios de consumo, já que os custos e os impactos causados pela

produção afetam toda a sociedade. A eficiência energética e as energias renováveis são “os dois pilares” principais de uma política energética sustentável. Sendo o PNEf, segundo a EPE, definido pelo conjunto de ações que reduzem a quantidade de energia utilizada para concepção de produtos e serviços (PNEF2030, 2010).

Não só o Brasil, mas muitos países estão em busca de melhorias no consumo de energia elétrica. Segundo Castro, o quadro de Pontuação Internacional de Eficiência Energética de 2018 examina as políticas de eficiência energética e o desempenho de 25 dos principais países consumidores de energia do mundo. Juntos, esses países representam 78% de toda a energia consumida no planeta e respondem por mais de 80% do produto interno bruto (PIB) mundial em 2014 (CASTRO, 2018, p.8). Isso mostra uma preocupação com o consumo de energia elétrica nos países que possuem o maior consumo, e que a energia está ligada diretamente ao PIB.

1.2 ESPECIFICAÇÕES DO PROBLEMA DA PESQUISA

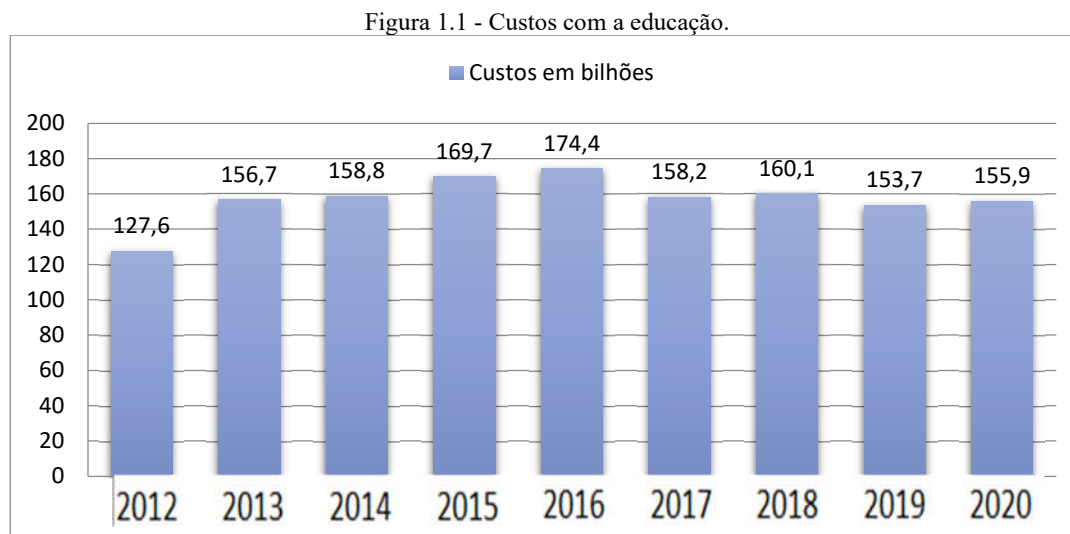
Os custos com consumos fixos na instituição, a qual foi realizado este estudo de caso, perpassa pelas necessidades essenciais que permita a manutenção das atividades inerentes à sua função, entre esses gastos computam-se os dispêndios com a manutenção de aparelhos eletrônicos, assim como sua reposição, dentre eles destacam-se materiais de informática e aparelhos de ar-condicionados. Esses ativos também são grandes consumidores de energia elétrica, sendo que além desses, outro equipamento que fazem parte dos indispensáveis são os de iluminação, totalizando um custo mensal de aproximadamente oito mil reais.

A instituição ainda possui dois contratos de alto custo, um destinado a serviços de limpeza, os quais são denominados de apoio terceirizado, e outro para prestação de serviços de segurança, custando anualmente acima dos 400,000 quatrocentos mil reais. São serviços legais que foram contratados com base nas leis de licitação, não podendo a gestão, sem força de lei, conseguir qualquer redução de valores.

A instituição ainda conta com recursos do PNAE (Programa Nacional de Alimentação Escolar) para aportar com parte dos custos com a alimentação dos alunos que fazem o ensino integrado, cabendo à complementação dos recursos de outras fontes.

Assim, com base em dados do MEC (Ministério da Educação), houve uma redução de orçamento, nos últimos anos, para as instituições de educação pública nacional, fazendo com que haja uma busca pela otimização de recurso com intuito de readequação das despesas.

A Figura 1.1 apresenta um gráfico dos investimentos na educação no período de 2012 a 2020, a partir de informações retiradas dos sites do Governo Federal.

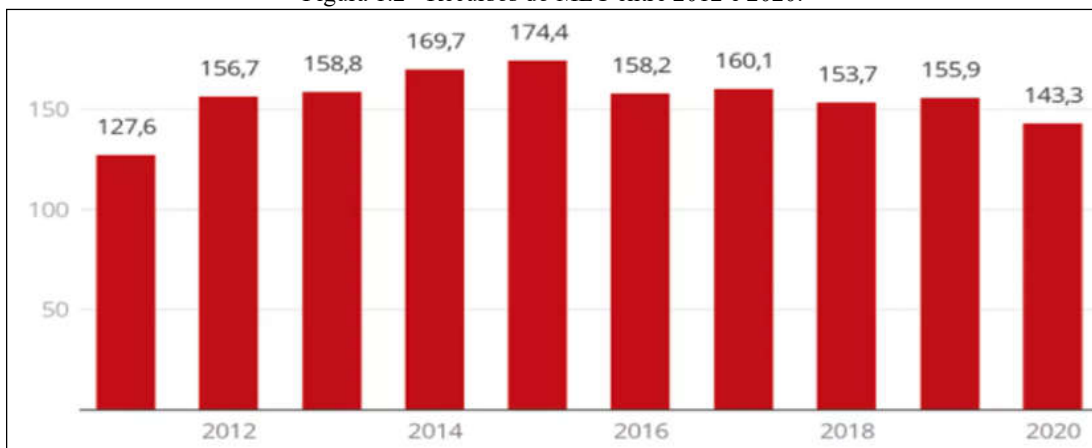


Fonte: AUTOR, ADAPTADO SIEFI (2021).

1.3 JUSTIFICATIVAS DA PROPOSTA

Esse trabalho justifica-se pela escassez de recursos no serviço público, em especial na Educação, uma vez que em 2019 houve contingenciamento dos recursos em mais de quatro bilhões, Segundo Mauriti, *et al.*, (2015). A presente pesquisa procura perceber em que medida as mudanças que têm sido implementadas no âmbito das políticas econômicas de austeridade alteraram, ou não, o princípio de universalidade de direitos e as garantias associadas de acesso por parte de todos os cidadãos. Neste sentido, focalizam-se, especificamente, os efeitos sociais dessas políticas no setor da educação. A análise tem por base alguns dados substantivos que apontam para a progressiva redução do Estado enquanto prestador de serviço direto na área da Educação, integrada no que Pierre Bourdieu (1998) denominou como função da “mão esquerda”. As análises aqui desenvolvidas decorrem no âmbito do programa de investigação “Eficiência e equidade na construção do serviço público: a qualidade do Estado social em questão” (Estudos OD, CIES-IUL), e dão continuidade a um trabalho anterior sobre os processos de reconfiguração das “mãos do Estado” (cf. Botelho e outros, 2014 e 2015).

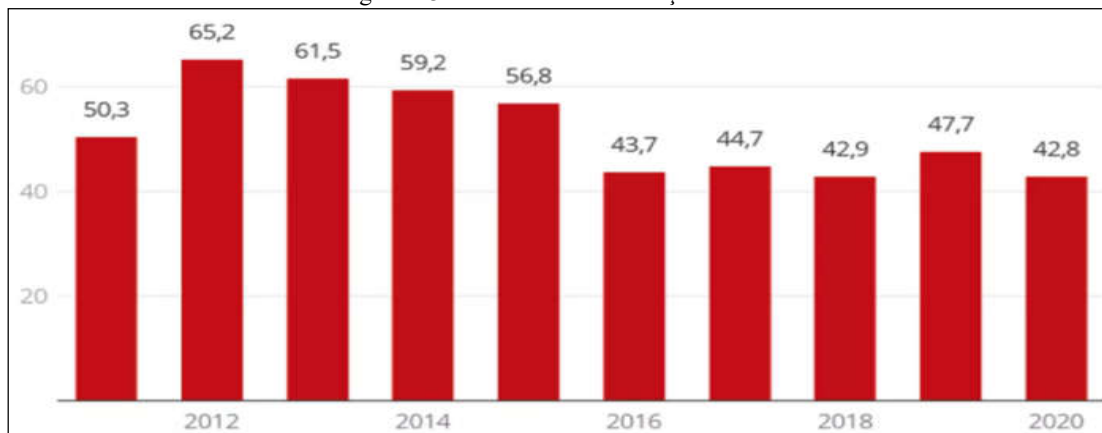
Figura 1.2 - Recursos do MEC entre 2012 e 2020.



Fonte: SIEFI (TESOURO NACIONAL), (2021).

Mais difícil ainda está a situação da Educação Básica, que há mais de 10 anos não se tinha um orçamento tão baixo com menos de 43 bilhões.

Figura 1.3 - Custos com a Educação Básica.



Fonte: SIEAFI (TESOURO NACIONAL), (2021).

Para os administradores, é hora de fazer mais com menos, pois a população, segundo o IBGE, vem crescendo ao contrário do orçamento que, segundo o Censo, é de 211,8 milhões em 2021 (CENSO2021. IBGE.GOV.BR).

O experimento busca, por meio do uso de algoritmos computacionais inteligentes e sensores de infravermelho, aproximação e temperatura, além de emissor de sinal analógico, manter os ambientes climatizados apenas quando necessário. O que se busca com isso é a economia de recursos financeiros, atuando diretamente sobre o funcionamento dos aparelhos de climatização, sem a interferência humana, pois os usuários podem deixar os aparelhos

ligados, mesmo sem a presença de alguém para seu uso. Assim, caso haja a necessidade de manter uma temperatura mínima no ambiente, o sistema estará apto para receber implementação de algoritmo e de tecnologia.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Geral

Desenvolver um sistema computacional de baixo custo para melhorar a eficiência energética de aparelhos de ar-condicionado.

1.4.2 Específicos

- ✓ Implementar um dispositivo de hardware e software para monitorar a temperatura ambiente;
- ✓ Produzir um sistema para monitorar a entrada e saída de pessoas de um ambiente;
- ✓ Gerar uma aplicação para a interação entre a tecnologia Arduino e as tecnologias que compõem nos aparelhos de climatização.
- ✓ Implantar um sistema nos ambientes com maior incidência de mau uso dos equipamentos.

1.5 CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Este estudo torna-se importante por contribuir com o desenvolvimento e evolução das tecnologias emergentes que visam diminuir o consumo de energia elétrica, gerando uma economia para a instituição na qual está implantada. Além disso, aumenta a vida útil dos equipamentos controlados, visto que serão ligados apenas quando houver a presença de pessoas, ou ainda amenizar a temperatura ambiente em situações que for necessário manter um clima ameno. Isso tudo permitirá uma diminuição do impacto causado pela produção de energia, uma vez que, segundo o sítio web www.epe.gov.br, a matriz energética de fontes renováveis mundial tinha produção de apenas 2% oriundos das fontes como a solar, eólica e geotérmica e que se somando à participação da energia hidráulica e da biomassa, as renováveis totalizam aproximadamente 14%.

Assim, essa pesquisa torna-se relevante para a diminuição dos gases que causam efeito estufa, como também na diminuição da demanda de produção energética. Vale dizer que, no Brasil, a maior parte da energia produzida vem das hidrelétricas que, apesar de considerada fonte limpa, causa grandes impactos ao meio ambiente em sua construção. Por isso, essa pesquisa, que será realizada com baixo custo de investimentos, utilizando material de hardwares (Arduino) e softwares para a operação vai a favor dos anseios sociais crescentes para que a indústria busque soluções que evitem impactar o planeta de forma negativa.

1.6 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

A presente pesquisa propõe o desenvolvimento de um sistema computacional de baixo custo para reduzir o consumo de energia elétrica dos aparelhos de ar-condicionado.

Protótipo com o uso de sistemas embarcados que possa aferir a temperatura em um ambiente fechado, realizar ajustes no(s) aparelho(s) de ar-condicionado, monitorar a entrada e saída de pessoas para iniciar ou finalizar o uso dos aparelhos no IF.

A escolha desse estabelecimento para fins de pesquisa se deve ao fato de ser uma instituição pública. Sendo assim, caso haja benefício, será para a toda a sociedade que paga e que usa o ambiente. A economia do consumo elétrico e o alcance do conforto térmico em ambiente institucional, onde os experimentos serão instalados, serão alcançados a partir da implementação de equipamentos eletrônicos que serão objetos de observação para o propósito, ou seja, sistemas embarcados (*embeded systems*). Esses sistemas eletrônicos suportam a construção de programas (softwares), os quais serão desenvolvidos para fazerem a comunicação entre equipamentos. Além do mais, há que se considerar a contribuição para a diminuição do aquecimento global, para a geração de energia e para a economia brasileira, que serão diretamente beneficiados em caso de sucesso.

1.7 ÁREAS DO CONHECIMENTO - CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

Segundo o CNPq, há oito grandes áreas de conhecimento, são elas: 1 Ciências Exatas e da Terra, 2 Ciências Biológicas, 3 Engenharias, 4 Ciências da Saúde, 4 Ciências Agrárias, 5 Ciências Sociais Aplicadas, 6 Linguísticas, 7 Letras e Artes, 8 Ciências Humanas.

Este projeto transcende duas grandes áreas, sendo a área 1 e 3. Segundo Gil, as grandes áreas são subdivididas em áreas e cada área em subáreas, que, por sua vez, também são subdivididas em especialidades (GIL. 2010. pg. 26).

O Quadro 1.1 apresenta algumas subáreas de Ciências Exatas e da Terra.

Quadro 1.1 - Subáreas de Ciências Exatas e de Terra.

Metodologia e Técnicas da Computação	Teoria da Computação
Linguagens de Programação	Computabilidade e Modelos de Computação
Engenharia de Software	Linguagem Formais e Autômatos
Banco de Dados	Análise de Algoritmos e Complexidade de Computação
Sistemas de Computação	Lógicas e Semântica de Programas
Hardware	Matemática da Computação
Arquitetura de Sistemas de Computação	Matemática Simbólica
Software Básico	Modelos Analíticos e de Simulação

Fonte: AUTOR, ADAPTADO DO CNPQ.

1.8 ESCOPO DO TRABALHO

A presente dissertação é estruturada da seguinte forma:

Capítulo 1: Introdução sobre o tema, Contextualizações iniciais, Justificativa, Objetivos: geral e específicos, contribuição e relevância do estudo.

Capítulo 2: Estado da Arte. Nesse capítulo, são apresentados os fundamentos teóricos utilizados nesta pesquisa. São explicados conceitos sobre conforto térmico, economia de energia, softwares livres, sistemas embarcados, indústria 4.0, internet das coisas e, por fim, é realizada uma breve apresentação de literaturas que nos serviram de base para este trabalho de dissertação.

Capítulo 3: Metodologia aplicada à pesquisa. Nesse capítulo, é descrita a metodologia proposta para esse trabalho, que pode ser dividida em três processos, sendo o primeiro demonstrando a especificação do problema, segundo a caracterização e o design da pesquisa e, por fim, a coleta de dados. Materiais e Métodos apresentam-se os materiais necessários ao desenvolvimento deste trabalho, assim como uma forma detalhada dos componentes que integram os materiais e ainda a área de estudo.

Capítulo 4: Estudo de Caso. Esse capítulo foi dedicado aos experimentos e resultados com a implementação do protótipo, também contém um breve histórico do ambiente.

Capítulo 5: Resultados e Discussões. Nesse capítulo, apresentam-se os resultados obtidos, como a interação e as tomadas de decisão do sistema desenvolvido, bem como um fluxograma e resultados divididos em etapas.

Capítulo 6: Conclusão. Aqui são apresentadas as considerações finais da pesquisa, assim como a conclusão dos objetivos propostos para esse trabalho.

CAPÍTULO 2

2 ESTADO DA ARTE

O presente capítulo tem como objetivo abordar uma revisão bibliográfica com abordagens que inferem diretamente no objeto deste estudo.

Um estudo recente da União Internacional de Telecomunicações (UIT, 2021), cerca de 3.9 bilhões de pessoas têm se conectado a dispositivos eletrônicos, tornando-se um padrão, em especial nos países desenvolvidos, coordenar estruturas programadas por meio de aplicativos sem fio tanto em casa como nas organizações. Esses eletrônicos dependem diretamente de fontes de energia, a qual torna-se um ativo muito valioso. Fazer uma gestão eficaz desses ativos permitirá que, principalmente, a população com menos recursos possa usufruir bem mais dos confortos propiciados com sua alimentação elétrica.

Os aparelhos de ar-condicionado são os vilões do consumo de energia elétrica em regiões quentes como no Amazonas. Entretanto, o uso desses equipamentos está atrelado diretamente ao conforto e à necessidade de economia dos recursos financeiros.

2.1 CONFORTO TÉRMICO: CONCEITOS BÁSICOS E APLICAÇÕES NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Conforto, segundo o dicionário on-line, Dicio, é o ato ou efeito de confortar (-se). (www.dicio.com.br, 2021). Já o termo térmico, também segundo o mesmo dicionário, é um adjetivo relativo às termas ou a calor em que se acentua a temperatura.

A palavra confortável transmite um estado de bem-estar, levando a crer que, se o indivíduo está neste estado, ele é capaz de continuar sem sentir incômodo com o(s) objeto(s) ou local onde se encontra e que, além disso, é indesejável para o ser e que, quantos afastar-se do conforto mais incomodado e insuportável será.

Para a *American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers*, Ashrae e Fanger (1970), o conforto térmico é como “a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico.”

Um dos métodos mais difundidos para pesquisa de conforto térmico é o método *Predicted Mean Vote* (PMV) ou Voto Médio Estimado (VME), desenvolvido e aplicado pelo professor dinamarquês Ole Fanger e publicado por Lin *et. al.* (2020).

Fanger usou um laboratório para implementar sua pesquisa onde participaram de suas experiências 1300 pessoas. Com isso, Fanger estabeleceu uma equação que lhe permitiu, a partir dos dados extraídos, estimar a sensação térmica média de um grupo de pessoas (VME) quando elas são expostas a uma determinada combinação de variáveis. O VME é dado na seguinte escala de sensações térmicas.

A Figura 2.1 apresenta as diferenças entre os métodos PMV e VME.

Figura 2.1 - Cálculo de temperatura por indivíduo.

PMV ou VME usado por FANGER	
+	3
+	2
+	1
0	0
-	1
-	2
-	3

Fonte: AUTOR ADAPTADO DA TÉCNICA USADA POR FANGER.

Para a obtenção do resultado, foi relacionado a quantidade de pessoas descontentes com o ambiente, a tabela VME, com a porcentagem estimada de insatisfeitos (PEI).

Já a norma ASHRAE publicou em seu site, em outubro de 2017, uma nova versão da norma referente ao conforto térmico, publicada em 2013. Entre as principais alterações da revisão, está a inclusão de cálculos da radiação solar direta (ANSI/ASHRAE, 2017).

Segundo a norma, ela fez adequações nos modelos mais antigos que foram publicados. A nova norma – ANSI/ASHRAE *Standard 55-2017, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*– simplifica a linguagem anterior e esclarece três abordagens de cálculo para o conforto térmico: método gráfico para situações simples; método analítico para casos mais comuns; método que recorre à velocidade do ar para providenciar conforto. Além disso, a grande novidade está também na inclusão de um novo requisito para incluir o impacto da radiação solar direta (ANSI/ASHRAE, 2017).

A ASHRAE foi fundada em 1894 e se firmou como uma organização no setor de aquecimento, arrefecimento, ventilação e ar-condicionado, segundo a própria instituição. “Entre os seus principais contributos está o desenvolvimento de normas e *standards*, contando para isso com a participação voluntária de especialistas de renome do setor internacionais” (INFOSHAREPOINT.GEOTERME.COM, 2021).

Ainda em uma versão anterior, a norma ASHRAE 55 deixava a definição de conforto em aberto, o que se entende por condição da mente ou satisfação, mas enfatiza corretamente que o conforto é um processo que envolve muitos insumos cognitivos, influenciados por processos físicos, fisiológicos, psicológicos e outros.

Em sua dissertação de mestrado, Barbosa faz uma síntese sobre a temperatura corporal baseado nos entendimentos de Ruas. O homem é um ser homeotérmico que possui sua temperatura corporal constantemente dentro de certos limites, independente da temperatura ambiente. Para manter a temperatura interna dentro desses limites, há a necessidade permanente de equilíbrio térmico entre a temperatura do corpo (homem) e o meio envolvente que influencia na temperatura. Portanto, se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo humano for nulo e a temperatura da pele e a sudação estiverem dentro de certos limites toleráveis, pode-se dizer que o homem se encontra numa situação de conforto térmico (BARBOSA, 2013).

O ser humano entende que a sensação térmica está relacionada com sua temperatura corporal e que esse equilíbrio pode oferecer uma sensação de conforto. Este equilíbrio é influenciado pela atividade física e pelo vestuário, bem como pelos parâmetros ambientais. “Quando esses fatores forem estimados ou medidos, a sensação térmica para o corpo como um todo pode ser prevista através do cálculo do voto médio estimado” (PMV), (FANGER, 2019).

A preocupação científica do Homem com relação ao conforto térmico vem de longa data. Ruas (1999) cita o pesquisador Walter Bernan que, em 1845, já previa um futuro promissor com os avanços tecnológicos desenvolvidos com este propósito (SILVA, DJANINE DOLOVET MARTINS, *et.al.*, 2019).

2.2 ECONOMIAS DE ENERGIA

Uma redução no consumo de energia não renovável e mudanças nas fontes de produção além de um consumo consciente das energias tem provocado debates ferrenhos entre os defensores do clima e governos de todo o mundo. Segundo os especialistas, os

impactos ambientais e as mudanças no clima dependem diretamente da produção e exploração dos recursos como os energéticos. Yang *et.al.*(2014) afirmam que os edifícios são responsáveis por 40% do consumo global de energia e que a maior parte dessa energia é utilizada para promover o conforto térmico via climatização artificial. Portanto, percebemos que a sociedade não se limita em ter apenas um ambiente confortável, mas há uma exigência de continuidade de uma adequação térmica que combine com o ambiente e temperatura. Ainda para Yang *et. al.*(2014), os novos avanços das ciências computacionais permitem a construção de novos modelos para simulações e teste em ambientes climatizados para seres humanos, como o caso dos sistemas HVAC.

O software de simulação de construção de primeira geração é baseado em formulações analíticas com muitas suposições simplificadoras. A geração atual simula o desempenho não linear de múltiplos aspectos de edifícios com base em métodos numéricos de integrações de partículas. Os modelos de construção são descontínuos no que diz respeito a alguns parâmetros de instalação para software de simulação, como *EnergyPlus* e *Trsys*, usa algoritmos adaptativos e lógica de condição (YANG *et. al.*, 2014).

Hoyt *et. al.* 2014 simularam um sistema convencional de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (HVAC) para várias cidades dos EUA. A temperatura de operação de tais sistemas é comumente estabelecida para garantir temperaturas ambientais de 21,5°C e 24°C. Suas simulações indicaram que o aumento desta temperatura em 1°C resultou em uma redução de 7%-15% nos custos de energia. Hoyt afirma que existe um grande espaço para o ajuste das temperaturas, que em sua pesquisa “Na zona do estudo RP-1515, a temperatura da zona permanece próxima ao ponto de ajuste de aquecimento de 21,1 °C (70 F) para a maioria dos períodos observados em ambos os casos de mínimo alto e baixo”. Há uma zona que se sobressai como temperatura ideal, que é de 21,1 graus Celsius como se segue (HOYT *at.al.*p.2 2014).

No caso de mínimo alto simulado, a zona gasta quase 70% das horas no ponto de ajuste de aquecimento, o que sugere que o superesfriamento ocorre na simulação com grande frequência. No caso de mínimo alto, isso ocorre apesar do fato de a taxa de fluxo de ar do terminal estar sempre em seu mínimo. Isso sugere que todos os resfriamentos nesta zona são realizados pela taxa mínima de fluxo de ar, e efetivamente resfriar o espaço quando a carga de resfriamento não for grande e a bobina de aquecimento do terminal não está ativa. No caso do mínimo baixo, um fenômeno semelhante ocorre em menor grau. Há algum fluxo de ar elevado na faixa de 0,24 m³ / s (500 cfm) que é uma zona que requer uma taxa de fluxo de ar mais alta para atender a uma carga de resfriamento maior.

O monitoramento para controlar ambientes permite uma gestão mais eficaz no consumo de energia. S. Dhanalakshmi *at. al.*, afirmam que “fatores como CO₂ e temperatura podemos controlar o sistema HVAC do espaço de trabalho para obter o ambiente adequado para o trabalho e economizar energia com o auxílio da política de gestão de energia “o conforto e o bem-estar em um ambiente vai além de uma temperatura ideal, mas, componentes como partículas de poeira, CO₂ outros gases podem ser monitorados através de tecnologias de sensores para uma adequação melhor do ambiente”. De acordo com os padrões da Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado, (ASHRAE) 1000 ppm foi recomendado como limite superior para o CO₂ interno. Portanto, é necessário monitorar o CO₂ concentração dentro da sala para conforto do usuário e para resolver problemas de saúde devido à má qualidade do ar. Neste trabalho, o sensor MHZ14-A de CO₂ é usado, o qual funciona no princípio do infravermelho não dispersivo (NDIR) para detectar a existência de CO₂ no ar. Para manter a temperatura e aumentar o conforto do usuário, o LM35 é instalado para detectar a temperatura ambiente. Sensores infravermelhos são usados para detectar movimentos e calor de objetos para automatizar aparelhos elétricos dentro do corredor e sensores de corrente são usados para medir o consumo de energia de cada aparelho. Os valores detectados de sensores integrados são enviados para o Google Firebase, usando o microcontrolador ESP32, que possui um módulo *wi-fi* embutido. Alguns dos dados detectados podem ser visualizados usando a interface de programação de aplicativo Blynk e algumas saídas podem ser usadas diretamente para automatizar luzes e ventiladores (S. DHANALAKSHMI, 2019).

2.3 SOFTWARES LIVRES

Softwares livres são conjuntos de programas que possuem núcleos abertos permitindo que o usuário faça alteração em seus algoritmos, criando novas funcionalidades de interação com sistema ou mesmo com os usuários.

A diferença entre os softwares livres ou de código aberto para os de códigos fechados é que o segundo apenas os desenvolvedores de direito, ou seja, seus criadores possuem o código fonte enquanto os demais usuários só têm acesso ao código fechado conhecido como código executável. A utilização de software livre pelo usuário, segundo Xavier (2011), tem a liberdade de executar o programa para qualquer propósito.

Um grande passo no avanço das tecnologias de código aberto ocorreu quando o advogado norte-americano Lawrence Lessig criou a licença *Creative Commons*, com o

intuito de permitir que autores pudessem criar obras que pudessem ser compartilhadas, sem que houvesse restrições ao conhecimento. Segundo Filho (2015, p. 27), as licenças *Creative Commons* foram idealizadas para dar permissão e restrição a distribuição de conteúdos culturais em geral (textos, músicas, imagens, filmes e outros) para que estes possam ser disponibilizados a todos os usuários de acordo com a atribuição do seu autor. A organização não-governamental *Creative Commons*, [...] criou seis licenças de uso regular que garantem os direitos de execução, reprodução e distribuição de obras de acordo com a seleção de quatro condições: créditos ao autor da obra, uso não comercial, não permissão de obras derivadas e compartilhamento pela mesma licença.

2.4 INDÚSTRIA 4.0

A quarta revolução industrial ou indústria 4.0 envolve o aumento da informatização na indústria de transformação, com máquinas e equipamentos totalmente integrados em redes de internet. Como resultado, tudo pode ser gerenciado em tempo real, até mesmo a partir de locais diferentes. “Inteligência artificial, robótica, análise de dados e a internet das coisas trabalham de forma integrada” (ABDI, 2017).

Os termos de indústria 4.0 tornaram-se amplamente discutidos em diversos meios já há alguns anos, principalmente em setores da indústria e negócios. Esses conceitos também permeiam os congressos e universidades apresentados por consultores e especialistas em inovação e modernização de processos de alto nível. A intenção é atrair interessados em seguir com o aprendizado a fim de aplicar em seus negócios ou mesmo empreendedores que vislumbram as características evolutivas dos processos de construção com o apoio tecnológico de alta complexidade, mas que trazem uma perspectiva animadora das novas fontes de conhecimento empregadas nesta área, como negócios mais eficientes com foco abrangendo desde a captação de matéria para a produção ou entendimento do serviço até o destino final, ou encerramento do ciclo de vida do produto ou serviço, buscando sempre modelos de negócios e eficiência operacional. Muitas empresas, principalmente na Alemanha, estão cientes das necessidades evolutivas da indústria e muitas já implementaram algumas iniciativas concretas. Mas ainda se tem um longo caminho a percorrer e para algumas indústrias o assunto ainda é desconhecido (SANDES, ELANGESWARAN e WULFSBERG, 2016, p. 816).

A indústria começou a se desenvolver deixando de lado o processo artesanal ou pelo menos parte dele a partir de 1784, pois até então essa produção era feita em casa e totalmente

artesanal, daí em diante começou a surgir criação dos produtos manufaturados. Uma das primeiras tecnologias a impulsionar essas produções foram as entradas das máquinas a vapores ao tear manual, com isso, deu-se início a primeira revolução industrial. Muitas melhorias significativas foram adicionadas, mas ainda se levou mais de oito décadas para surgir a nova revolução.

O uso comercial de energia elétrica começou em 1882, porém já estava sendo implementada em algumas fábricas no processo de iluminação o que deu início na segunda revolução em 1870, quando passou-se a utilizar a energia elétrica para acionar linhas de produção, revolução esta que ainda teve sua expansão marcada pela utilização dos conceitos de linha de produção de montagem do Ford T.

Ao final dos anos de 1960, com os avanços em computadores pessoais e controladores eletrônicos, como o CLP (controlador lógico programável), deixaram as máquinas mais modernas e caminhando para a comunicação entre elas, assim como também a criação de robôs, principalmente em ambiente fabril, transformando estes avanços até serem denominados de terceira revolução.

Nos anos de 2010, observou-se avanços e uma crescente demanda de produtos personalizados e a imersão das tecnologias habilitadoras como rastreabilidades, mineração de dados, visão artificial, tecnologias em nuvens, Cyber seguranças, manufatura aditiva, robô colaborativo, IoT e outros.

2.5 INTERNET DAS COISAS

Internet das coisas foi um termo usado a primeira vez em 1999 pelo executivo Kevin Ashton, em uma palestra na Procter & Gamble (P&G), em 1999. Na ocasião, Kevin falava sobre a futura comunicação entre as coisas, tornando-se uma realidade, mas ainda há muito a ser feito. Porém, os seguimentos tecnológicos como a internet, sensores e a capacidade de processamento dos equipamentos eletrônicos permitem a cada ano um grande avanço neste caminho, podemos citar alguns mais populares como um leitor de cartão em uma fábrica que salva e disponibiliza essa informação, como uma panela de pressão capaz de enviar um sinal ao fogão para desligá-lo. Assim, a internet das coisas é a comunicação entre objetos conectados entre si por meio da internet.

Sobre a internet das coisas, Kevin Astho afirma que, atualmente, estamos prestes a testemunhar o surgimento de um “megamercado”, onde mercados como automação residencial e predial, geração de eletricidade e distribuição, logística, automotivo, bem como

telecomunicações e informação a tecnologia convergirá continuamente. Por enquanto, não sabemos as consequências de uma conexão entre todos esses objetos inteligentes (medidor inteligente, veículo eletrônico, contêiner de carga, frigorífico, etc.) para a Internet (KRAMP, *et. al* , 2013. p. 1-10.).

2.5.1 *Middleware* para a Internet das Coisas

Os *Middlewares* são ferramentas que escondem funcionalidades tecnológicas, sendo fundamental na segurança de um sistema, ela oculta detalhes do sistema de pessoas que não têm a necessidade de acessar informações que não são pertinentes a sua função. A IoT possui muitos benefícios com os sistemas de *middlewares*, que trazem a implantação novos serviços e facilitam a interação de objetos, além de aprimorar os serviços já existentes.

Para Puliafito (2010), “esta é uma camada de software interposta entre os subníveis tecnológico e de aplicação. Diversas soluções estão em estudo”. (PULIAFITO *at al.*,2010p. 99-108).

A implementação de metodologias como SOA (*Service Oriented Architecture*) corrobora num mais alto nível de escalabilidade em sistemas que são interativos e que sofrem mudanças frequentes precisando adaptar-se com o mínimo de esforço possível. Em uma organização que possui maturidade dos processos de integração externa e interna, encontra nos *middleware* condições favoráveis para a edição ajustes e alterações nas funcionalidades dos serviços.

Definição de serviço pode ser uma entidade computacional que possui uma especificação aberta e mapeável de seu comportamento esperado. Já em relação à definição de entidade para computação, são características e comportamentos de objetos ou seus componentes, enquanto a extensão de uma entidade pode possuir ou acessar componentes de software que encapsulam funcionalidades de sensores e atuadores.

Para o funcionamento dessas tecnologias, faz-se necessário a integração desses dispositivos e sistemas de maneira que a comunicação esteja em harmonia entre todas as camadas de negócios e pronto para receber ou remover novos dispositivos, softwares e pessoas que também interagem diretamente ou indiretamente nos serviços, podendo alterar os próprios serviços ou resultados, daí a necessidade de estabelecer padrões de interação tanto de mão única assim como notificação de resposta, fornecendo esses requisitos de invocação, as soluções de implementação de SOA.

Um desses serviços disponíveis é uma solução apresentada pelo *middleware* SAI (*Service Application Integration*), que, de acordo com David Parlanti *et.al.*(2012), "é um grande e escalonável *middleware* orientado a serviços para dados heterogêneos distribuídos e integrado a sistemas em domínios orientados para reconhecimento de contexto".

O SAI também se baseia na adoção da abordagem SOA para facilitar a integração de recursos heterogêneos para o desenvolvimento de aplicativos sensíveis ao contexto em domínios corporativos. A abordagem SOA interpreta sistemas distribuídos principalmente como um problema de serviços.

Assim como o SAI, o *InterDataNet* dispõe de uma infraestrutura escalonável de *middlewares* para integração de dados inteligentes. A *InterDataNet*, com base nos princípios SOA, permite que redes de objetos heterogêneos possam integrar seus dados da forma mais inteligente possível.

Soa Vinoski S. (2007), afirma que, embora a ideia principal por trás de SOA seja valiosa, dificilmente abalará a Terra. Abstraindo seu negócio de serviços e separando-os de seu aplicativo cations podem produzir um sistema geral que é mais fácil de construir, manter e estender. Isso pode parecer engenharia de software básica, mas sistemas de TI do mundo real têm inúmeras regras de negócios e permissões inadequadamente enterradas dentro de incontáveis aplicações monolíticas. O objetivo de SOA é evitar tais monólitos, separando as regras de negócios e políticas em serviços distribuídos que os aplicativos podem compartilhar conforme necessário (VINOSKI S., 2007p. 82-84).

InterDataNet possui um núcleo com modelos de informação de objetos com a arquitetura de serviço inerente para sua funcionalidade com intuito de fornecer suporte escalável e aberto que suporta a reutilização consistente de objetos, sendo referência global em mecanismo de endereçamento para localizar e recuperar objetos via internet, possuindo um conjunto de funções para serviços de aplicativos transparentes, ou seja, gerenciamento de dados a partir de históricos de informações.

Conforme Paganelli (2013, p. 14-23, 2013), "*InterDataNet* (IDN) é um *framework open source* que oferece recursos para representar e gerenciar unidades de informação e suas relações estruturais e semânticas na *Web*, de forma *RESTful*."

2.6 CONFORTO TÉRMICO

Conforto térmico, tido como uma sensação humana depende diretamente de fatores psicológicos, físicos e fisiológicos. Psicológicos: são fatores que se relacionam com as

diferenças na percepção e resposta de estímulos sensoriais, remetendo-se a antigas experiências do indivíduo. Físicos: são fatores que determinam as trocas de calor dos corpos com o meio. Fatores fisiológicos: referem-se às mudanças nas respostas fisiológicas do organismo, ação estimulada pela exposição do indivíduo com as condições térmicas do ambiente.

Para Lamberts (2011), o conforto térmico é determinado principalmente por 3 fatores:

- a) A satisfação do homem ou seu bem-estar em se sentir termicamente confortável;
- b) A performance humana, muito embora os resultados de inúmeras investigações não sejam conclusivos a esse respeito, e a despeito dessa inconclusividade, os estudos mostram uma clara tendência de que o desconforto causado por calor ou frio reduza a performance humana. As atividades intelectuais, manuais e perceptivas, geralmente apresentam um melhor rendimento quando realizadas em conforto térmico.
- c) A conservação de energia, pois, devido à crescente mecanização e industrialização da sociedade, as pessoas passam grande parte de suas vidas em ambientes condicionados artificialmente. Ao conhecer as condições e os parâmetros relativos ao conforto térmico dos ocupantes em seus ambientes, evitam-se desperdícios com calefação e refrigeração, muitas vezes desnecessários.

2.7 AMBIENTES CLIMATIZADOS

Conforto térmico é uma temperatura que causa bem-estar ao indivíduo em um ambiente. Uma mesma temperatura pode dar sensação diferente a indivíduos distintos. Em um ambiente fechado, as condições de conforto térmico podem ter grandes variações. Para este trabalho, busca-se uma temperatura média confortável entre diversos indivíduos.

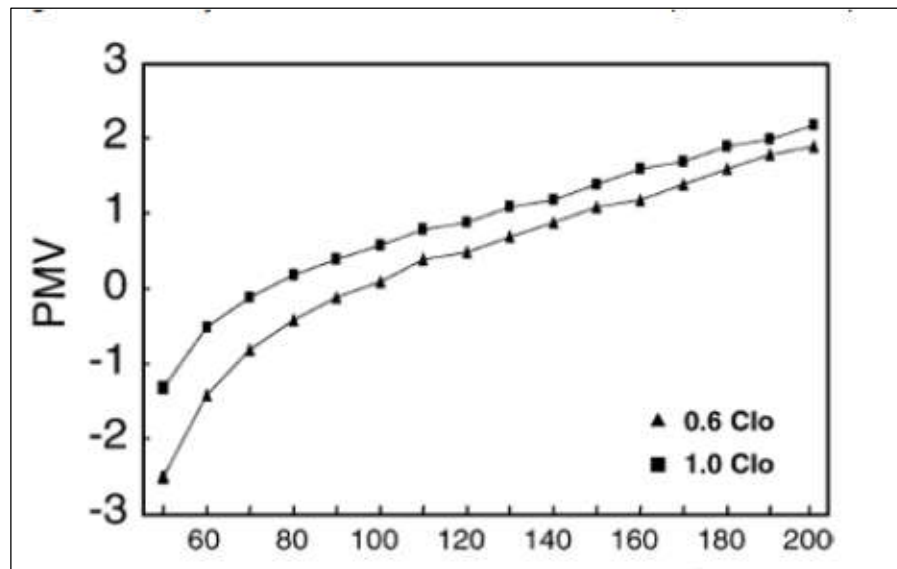
Para Rojas (2020), “a norma ISO 9241, estabelece que uma temperatura ideal esta entre 20 e 24 graus *celsius* no verão e 23 e 26 no inverno”. Essas informações serão usadas para auxiliar nas funcionalidades propostas para a construção de um dispositivo que visa aperfeiçoar o funcionamento dos aparelhos de ar-condicionado do local usado como estudo de caso deste trabalho. As condições de temperaturas foram determinadas com base no índice PMV e norma ISO 7730, que propõe a satisfação térmica em ambientes fechados.

Para Oliveira (2008), conforto térmico é “aquela condição mental na qual é expressa a satisfação com o ambiente térmico”. Ashrae (2017), expressa o seguinte pensamento: “conforto térmico é o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente

térmico que o circunda” (*American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers*, 2017).

A Figura 2.2 representa as inconsistências de conforto térmico analisado com o uso da técnica PMV.

Figura 2.2 -variação de erros do PMV.



Fonte: HAVENITH *et al.* (2002, p.590).

Havenith *et al.* (2002) demonstra, através da figura acima, que um erro em torno de 15% na da taxa metabólica desta variação pode levar a erros no PMV maiores que 0,3, dependendo de outras condições. Dessa forma, “destaca-se a necessidade de uma medida precisa da taxa metabólica para uma análise de conforto apurada” (AVELINO, 2005). Alguns conceitos como de Guyton e Hall (2006) diz que o calor resultante da totalidade das reações químicas que ocorrem no organismo. De acordo com Daghigh (2015), Djongyang *et al.* (2010), Olesend e Parsons (2002) e Havenith *et al.* (2002), ele é um dos parâmetros menos conhecidos e mais difíceis de estimar com precisão em estudos de campo.

Siqueira e Silva (2015) explicam que parte da energia metabólica gerada é transformada em trabalho na execução de uma tarefa, mas o rendimento do corpo é muito baixo (raramente chega a 0,2) de forma que 80% da energia gerada pelo corpo serão transformados continuamente em calor como produto de combustão (AVELINO, 2005). Assim, a proposta visa manter uma condição estabelecida e ajustável da temperatura ambiente.

2.8 SISTEMAS EMBARCADOS

Um sistema embarcado pode ser definido como um conjunto de software e hardware que trabalham fortemente acoplados e que normalmente tem uma única função a desempenhar. Geralmente, faz parte de um sistema maior e sua funcionalidade pode depender da tomada de decisão de uma aplicação capaz de gerir um conjunto de sistemas como esse. Depois de embarcado a aplicação no hardware, é comum não se fazer ou alterar o sistema, ou seja, uma vez programado, ele ficara com o software até que o hardware seja removido ou dispensado, esses dispositivos devem funcionar sem que haja interação com o usuário. As características mais comuns em sistemas embarcados são: operação reativa e protegida ou restrita.

A ação dos sistemas embarcados dá-se normalmente por sua interação com outros componentes dos sistemas como processos e sensores que interagem com o ambiente. Após a análise desses dados, pode haver uma tomada de decisão, uma chamada para a execução de uma determinada tarefa. Daí a necessidade que o sistema seja reativo, respondendo em tempo real às entradas dos processos para garantir as funcionalidades propostas para o sistema.

Um dos primeiros dispositivos eletrônicos a usar um sistema considerado “embarcado” foi o Apollo Guidance Computer (AGC). Desenvolvido no Laboratório de Instrumentação do MIT por um grupo de designers liderados por Charles Stark Draper no início dos anos 1960, o AGC feito parte do sistema de orientação e navegação usado pela NASA no programa Apollo para várias naves espaciais. Em seus primeiros dias, ele foi considerado um dos itens de maior risco no programa Apollo devido ao uso dos antes-desenvolvidos circuitos integrados monolíticos (M. JIMÉNEZ *et al*, 2014).

Na época, a AGC incorporou um módulo de interface com o usuário que possuía memórias CPU, RAM e ROM. Isso funcionava como um relógio primário e tinha quatro registradores centrais de 16 bits e executavam onze instruções.

2.9 PROBLEMA

O IFAM-Manacapuru possui 432 alunos distribuídos nos turnos matutino, vespertino e noturno, além de um grupo de servidores formado por técnicos, equipe de segurança, equipe de apoio e professores, que são 56, totalizando 488 pessoas.

As atividades ocorrem de segunda a sábado, quando esses são considerados dias letivos que possuem no mínimo 200 a cada ano, atendendo às diretrizes e Bases da Educação

Nacional (LDB). Há setores que funcionam prioritariamente em horário administrativo, como o DAP- Departamento Financeiro, CRA (Controle de Registro Acadêmico), a biblioteca, que possui funcionamento em horário do dia e até o turno noturno, assim como o Setor Pedagógico.

A instituição funciona praticamente todos os dias, mas o atendimento ao público e as aulas se dão nos dias úteis e letivos, ou seja, de segunda-feira a sexta-feira. Alguns setores possuem bastantes atividades e grande espaço, como a biblioteca, que mede cerca de 120 metros quadrados e está equipada com dois ares-condicionados do tipo *Split* de 18.000 *BTUs* cada. Este ambiente não possui um responsável por desligar os aparelhos ao final do expediente. Este setor possui, além das obras literárias, um laboratório de uso geral e uma sala que guarda materiais pedagógicos, ficando, assim, muitas vezes ligados de uma noite para o dia seguinte sem público a ser atendido, gerando um custo desnecessário com o uso dos equipamentos e o consumo de energia elétrica que causam grande impacto no orçamento do *campi*.

2.10 SOLUÇÃO

Com o intuito de reduzir o consumo de energia elétrica e aumentar o tempo de vida dos equipamentos de ares-condicionados e com isso gerar economia para a instituição, propõe-se um sistema que automatize o controle da temperatura ambiente, usando interação com os ares-condicionados, podendo, assim, regular a temperatura, ligar e desligar os aparelhos.

Para desenvolver o sistema proposto, valeu-se da engenharia de software, lógica de programação, hardware e eletrônica para a construção do protótipo de controle. Segundo a Associação Brasileira de Distribuição de Energia Elétrica (ABRADEE), do total pago na conta de luz no Brasil, 44,5% referem-se a encargos e tributos. Outros 35,7% correspondem ao preço da energia, 16,9% são o custo de distribuição e 2,9% de transmissão. O maior valor da tarifa de energia residencial está na Região Sudeste, onde o preço médio é de R\$ 488 por MWh e o menor valor é no Nordeste, onde o MWh custa R\$ 437 (SILVA, 2019).

CAPÍTULO 3

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo destina-se à apresentação dos materiais necessários ao desenvolvimento da pesquisa, contemplando os elementos essenciais para o desenvolvimento de um sistema de controle de temperatura e equipamentos afins, com a finalidade de contribuir com a redução do consumo de energia na instituição.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Para tal experimento, usou-se um conjunto (kit) de programação e montagem robótica “ARDUINOS”, desenvolvendo, assim, um protótipo computacional. O algoritmo tomará um conjunto de decisões a partir de informações advindas de sensores como de infravermelho, temperatura e distância, que visam monitorar o acesso de pessoas ao ambiente, além de um emissor de sinal que pode aumentar diminuir ou desligar o aparelho de ar-condicionado.

3.2 CARACTERIZAÇÃO E *DESIGN* DA PESQUISA

O IFAM, objeto desta pesquisa, localiza-se na estrada Manoel Urbano, bairro Nova Manacá, cidade de Manacapuru-AM. A estrada, na qual o edifício margeia, possui grande fluxo de veículos (conhecida também como AM 070) A menos de meio Km, há um balneário tido como o um dos pontos turísticos da cidade. O município está localizado às margens do rio Manacapuru, o qual deságua no rio Solimões, formando um encontro das águas, por possuírem cores diferentes. Isso ocorre em frente da cidade e, por ser banhada por estes rios, é também conhecida como a Princesinha do Solimões. O prédio do IFAM é cercado por arborização que seguem até à margem do lago do Miriti.

Os espaços usados para realizar os experimentos foram; sala da biblioteca e a sala das Coordenações de Cursos, que são: Técnico Integrado em Informática; Técnico Integrado em Recursos Pesqueiros; Técnico Integrado em Desenvolvimento de Jogos Digitais; Técnico Integrado em Administração; Técnico Subsequente em Informática para Internet; Técnico Subsequente em Secretariado; Técnico Subsequente em Desenvolvimento de Jogos; Coordenação de Extensão e Coordenação de Pesquisa.

A biblioteca possui, além de um espaço destinado ao acervo de livros, um mini laboratório e uma pequena sala de coordenação. A sala em questão possui 30m² e é climatizada por ar-condicionado do tipo *split* de 22.000 *btus*.

3.3 COLETAS DE DADOS E ANÁLISE DE DADOS

A Engenharia de Requisitos é uma fase do projeto destinada ao entendimento das atividades a serem desenvolvidas, são elas e não somente a, elicitação, análise, especificação, validação e gerenciamento dos requisitos. A elicitação é a abstração de informações sobre o sistema proposto a ser desenvolvido.

A análise faz parte de um processo qualitativo sobre os dados coletados que farão parte como componentes do sistema a ser desenvolvido. A especificação abrange a escrita dos requisitos de usuário e de sistema em um documento de especificação de requisitos como descrições detalhadas das funcionalidades/serviços e restrições operacionais do software. A validação consiste em verificar se os requisitos coletados, analisados e documentados atendem às necessidades do cliente quanto ao software.

O gerenciamento, por sua vez, é uma atividade contínua de análise, compreensão e rastreamento sobre os requisitos para o controle de suas mudanças.

3.4 MATERIAIS

- **Arduino Espe32**

Arduino e Esp32 são séries de microcontroladores de baixo custo e baixo consumo de energia. Esses sistemas possuem boa qualidade de processamento, além de poder interagir com outras tecnologias como *Wi-Fi* e *Bluetooth*.

- **Sensor ultrassônico**

Sensor ultrassônico é um dispositivo que transforma um tipo de energia em ondas de ultrassom ou o inverso, possibilitando, assim, o envio e o recebimento de ondas, permitindo a coleta de informações em um ambiente.

- **Sensor de temperatura**

Um sensor de temperatura é um dispositivo capaz de detectar a temperatura a partir de uma resistência elétrica, um campo eletromagnético ou radiação térmica.

- **IDE Arduino.**

É um ambiente preparado para o desenvolvimento de software, contendo um conjunto de bibliotecas que auxiliam nas interpretações e comunicação com periférico, assim como as camadas de softwares necessárias para interpretação e execução da aplicação.

3.4.1 Sensor de Temperatura

Um sensor digital de temperatura DS18B20 usado para informar a temperatura em graus C com precisão de 9 a 12 bits, -55C a 125C (+/- 0,5C). Cada sensor tem um número de série exclusivo de 64 bits gravado nele - permitindo identificá-lo individualmente dentre outros. Assim, torna-se possível a utilização de um grande número e gerenciá-los individualmente.

Características:

- A interface requer apenas um pino de porta para comunicação;
- Cada dispositivo possui um código serial exclusivo de 64 bits armazenado em uma ROM integrada;
- A capacidade *multidrop* simplifica as aplicações de detecção de temperatura distribuída;
- Não requer componentes externos;
- Pode ser alimentado por linha de dados. A faixa da fonte de alimentação é de 3,0 V a 5,5 V;
- Mede temperaturas de -55 ° C a + 125 ° C (-67 ° F a + 257 ° F);
- Precisão de $\pm 0,5$ ° C de -10 ° C a + 85 ° C;
- A resolução do termômetro pode ser selecionada pelo usuário de 9 a 12 bits;
- Converte a temperatura em palavra digital de 12 bits em 750 ms (máx.);
- Configurações de alarme não volátil (NV) definida pelo usuário;
- O comando de busca de alarme identifica e endereça dispositivo cuja temperatura está fora dos limites programados (condição de alarme de temperatura);
- As aplicações incluem controles termostáticos, sistemas industriais, produtos de consumo, termômetros ou qualquer sistema termicamente sensível.

Figura 3.1 - sensor de temperatura DS18B20.

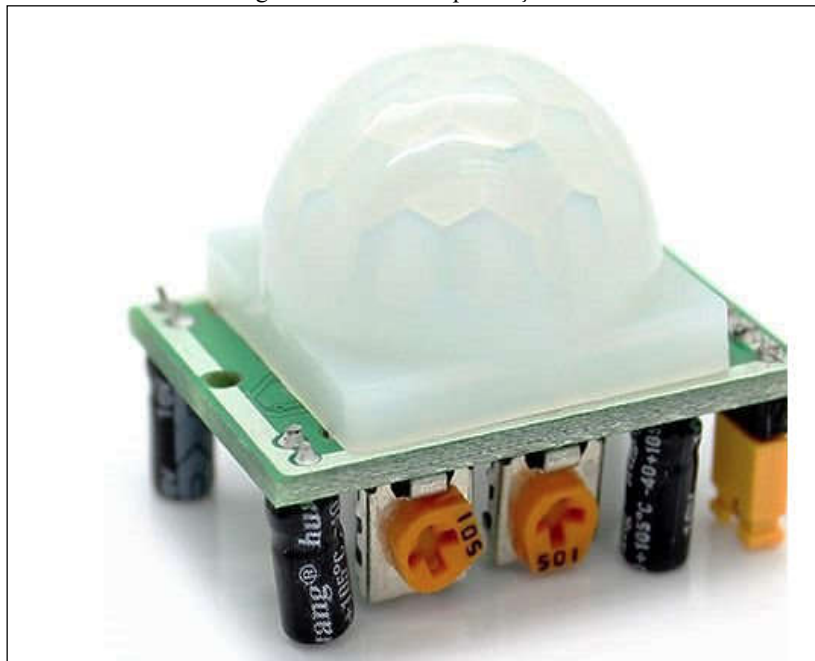


Fonte: AUTOR, (2021).

3.4.2 Sensor de Presença e Movimento (PIR)

A saída do sensor de detecção de movimento PIR pode ser conectada diretamente a um dos pinos digitais do Arduino. Os módulos PIR possuem um sensor infravermelho passivo que detecta a ocupação e o movimento do infravermelho irradiado do corpo humano.

Figura 3.2- sensor de presença PIR.

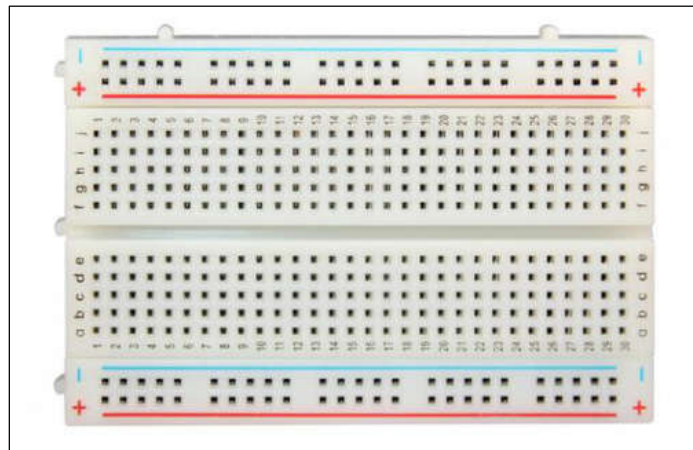


Fonte: AUTOR, 2021.

3.4.3 Protoboard

A placa de *protoboard* é um equipamento utilizado em projetos com as tecnologias de sistemas embarcados como as famílias Arduino, *raspberry*, *Esp*, entre outros de projetos de eletrônica. Sua finalidade é fazer a conexão dos circuitos eletrônicos, prática conhecida como prototipagem. Seu mecanismo forma uma base retangular com linhas de furos onde se encaixam os pinos dos componentes ou mesmo um fio diretamente, e tem uma lógica de conexão entre os furos, facilitando o entendimento da lógica usada na comunicação entre componentes do projeto.

Figura 3.3 - *Protoboard*.

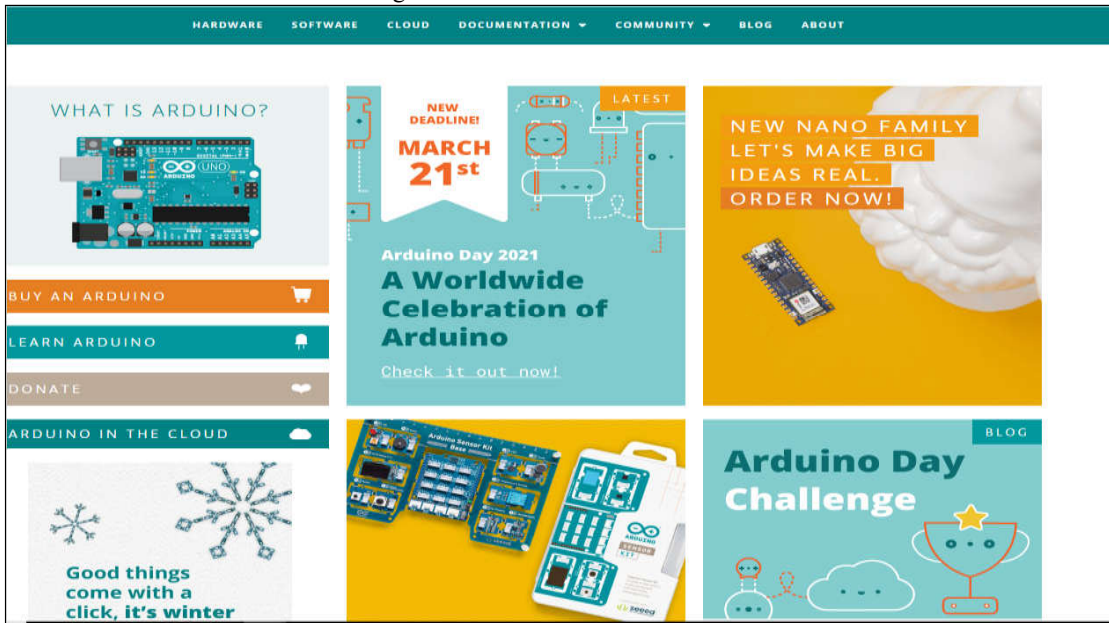


Fonte: AUTOR, (2021).

3.4.4 Ide Arduino

Uma IDE é um conjunto de programas que formam um ambiente de desenvolvimento integrado, onde se faz a construção de novos programas, pois ele possui um esquema que faz a leitura, interpretação, depuração e execução de um programa e ainda apresenta as saídas a partir de um monitor ou terminal. Neste tipo de aplicação, estão todas as funções necessárias para o desenvolvimento de programas de computador, a aplicativos para *smartphones*, assim como alguns recursos que diminuem a ocorrência de erros nas linhas de código. A IDE Arduino trabalha com a linguagem de programação C++ e pode ser dividida em três partes principais: estruturas, valores (variáveis e constantes) e funções, como ilustra a Figura 3.4

Figura 3.4 interface web-sitearduino.



Fonte: ARDUINO.CC, (2021).

A IDE utilizada no projeto obtiveram algumas atualizações, partindo da versão IDE Arduino 1.8.9 a 1.8.14, versão para sistema operacional *Windows*.

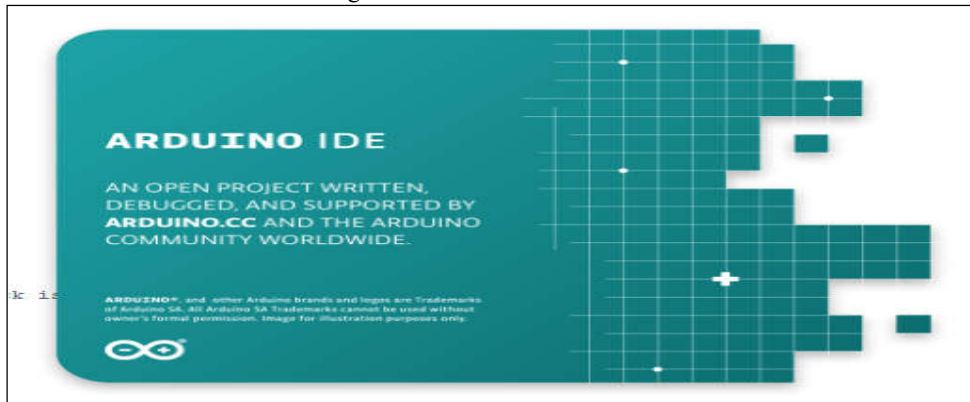
Figura 3.5 - Versão da IDE Arduino.



Fonte: WWW.ARDUIINO.CC (2021)

Já a sua interface possui duas versões: uma chamada de IDE arduino, que o usuário baixa o software em seu computador e a outra em que se envia o código de programação para ser executado na nuvem do arduino.

Figura 3.6 - IDE Arduino *online*.



Fonte: WWW.ARDUINO.CC, (2021).

A área de trabalho é um ambiente padrão na maioria das ferramentas. Para conseguir programar com Arduino, é necessário noções de linguagens de programação e lógica de programação. Isso pode facilitar bastante para desenvolver programas, esse entendimento é essencial para que você possa fazer seus próprios projetos no futuro.

Ao abrir a IDE Arduino, será mostrado ao usuário uma estrutura contendo duas funções *setup()* e *loop()*.

As bibliotecas utilizadas para esse trabalho foram:

Adafruit_Circuit_Playground;

Arduino-IRremote-master;

DallasTemperature;

DHT12_sensor_library;

IRLib2;

IRLib2-master;

IRLibRecv;

IRLremote;

MAX31850_DallasTemp;

OneWire.

3.5 MÉTODOS

Será montado um protótipo a fim de realizar a comunicação entre os equipamentos do protótipo. Além disso, será desenvolvido um programa computacional para *arduino*,

permitindo que cada sensor possa atender à comunicação proposta, devolvendo os dados solicitados e executando as funções necessárias para a realização e funcionamento, visando atender às necessidades almejadas para este projeto.

3.5.1 Uso das Tecnologias *Arduino*

Com o objetivo de popularizar a interação com os microcontroladores, a plataforma *Arduino* está inserida em um projeto que visa abarcar um conjunto de ferramentas com interface amigável, bibliotecas acessíveis.

3.5.2 Ide Instalação

Após o download da IDE do site <https://www.arduino.cc>, a instalação é simples desde que atenda aos requisitos mínimos de sistema. Após a instalação, o software está pronto para ser inicializado. Depois disso, o “*sketch*”, nome dado ao conjunto de linhas de códigos escritos no programa, deve ser compilado, e depois enviado à placa de microcontrolador. O compilador tem como função localizar possíveis erros de sintaxe cometidos pelo desenvolvedor. Caso as falhas sejam encontradas, o usuário recebe uma informação dos possíveis erros e linhas onde foram cometidos, para que sejam providenciados os reparos necessários.

3.5.3 Porta Serial

As configurações das portas seriais estão ligadas diretamente com a entrada e saída de dados da placa mãe, onde o *Arduino* está instalado para a comunicação com a placa que também pode ser *Arduino*. No caso deste estudo, foram usadas tanto a placa *Arduino Uno* quanto a placa *Esp32*, que usa a mesma IDE como meio de programação.

Após localizar a porta serial, o usuário usa a opção baixar *sketch* para enviar à placa destinada. Uma das vantagens da tecnologia *Arduino*, como uma plataforma de prototipação e experimentação com microcontroladores, é que cada bloco de código microcontrolador vem embutida no hardware e no software. O microcontrolador está capacitado a receber um boot junto com o código, permitindo que um arquivo binário contendo um programa compilado possa ser carregado a partir de uma conexão via USB.

3.5.4 Com a IDE Instalada

Um dos objetivos do projeto Arduino está na manutenção de sua plataforma gráfica de desenvolvimento. Esta plataforma facilita a edição de arquivos de código fonte, a compilação e carga do programa no microcontrolador e o monitoramento de eventual comunicação serial estabelecida com o dispositivo.

Com o ambiente de desenvolvimento preparado, a codificação começa a ser construída. No caso do nosso estudo, que foi necessário testar os sensores mencionados no tópico que trata dos materiais, os primeiros códigos contiveram lógicas para atualizar estes sensores, porém, antes de baixar o programa para a placa Arduino/Esp32, faz-se necessário realizar a comunicação entre os componentes.

3.5.5 Comunicação entre Periféricos *Arduino*.

As praças de microcontroladores possuem uma combinação de portas que são analógicas e digitais. As conexões com essas portas são realizadas a partir do contato que podem ser direto com o equipamento. Neste estudo, essas conexões serão feitas por meio de sensores ou através de fios chamados de *jumpers*, e ainda com um equipamento expansivo chamado de *proto-board*, que também foi utilizado neste projeto.

Comunicação com os sensores:

O programa que aqui vamos chamar de “Código1” fará interação com um sensor receptor de luz infravermelho, que conta com a função e a lógica que busque capturar informações emitidas pelo sensor emissor do controle do ar-condicionado, pois de posse desses dados é possível saber a combinação para suas funcionalidades.

Programa intitulado de “Código2” frui um sensor emissor de luz infravermelho com a finalidade de envio de dados para o receptor do ar-condicionado, assim os programas Código1 e Código2, com seus sensores devidamente conectados, assumem a função de controle de ar-condicionado.

Já o programa “Código3”, tem como função atuar sobre o sensor de temperatura que, para esse experimento, foram dispostos dois tipos o LM35 e o ds18b20. Assim, após o êxito do programa, torna-se possível acompanhar a temperatura capturada pelo sensor a partir de um terminal de comunicação que pode ser um computador com a IDE Arduino, que será ligado por um cabo USB ou um visor tipo LCD configurado para tal saída.

Para o programa “Código4”, coube a realização dos sensores de distância que, neste caso, foi utilizado o sensor Ultrassônico e também o sensor de movimento chamado de PIR. Com o sucesso desses sensores e da lógica do software, torna-se alcançável controlar a passagem de objetos frente a esses componentes.

Programa “Código5”, a este faz-se a integração de todos os códigos desenvolvidos e acrescenta-se componentes de código a fim de permitir que a temperatura do aparelho de ar-condicionado possa ser ajustada com o recurso do Código2, com o uso dos parâmetros obtidos pelo Código3. Finalmente, ao monitorar o Código4, o Código5 utilizar-se-á dos Códigos4 para obter dados de entrada de objetos (pessoas) no ambiente e Código2 para iniciar ou encerrar a atividade do aparelho de ar-condicionado.

CAPÍTULO 4

4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso será aplicado em dois ambientes: na área pertencente à biblioteca, que inclui um mini laboratório, e na sala destinada às Coordenações de Cursos, neste ambiente são realizados atendimentos tanto de estudantes quanto de pais ou pessoas interessadas em algum curso oferecido pela instituição.

Para Yin (2001), o estudo de caso, como pesquisa, deve compreender todo o sistema da lógica de planejamento, incorporando abordagens específicas à coleta e análise de dados. Podem ser utilizadas quatro diferentes fontes de informações em um estudo de caso: documentos, estatísticas, entrevistas pessoais e observação direta.

Grande parte dos estudos de casos são utilizados em estudos exploratórios e descritivos, mas também pode ser importante para fornecer respostas relativas a causas de determinados fenômenos (GIL, 2002).

4.1 HISTÓRICO

O IFAM- campus avançado Manacapuru foi inaugurado na data de 17/05/2017, localizado na cidade de Manacapuru. Segundo o IBGE (2016), este município possui cerca de 92.000 habitantes, sendo o quarto maior município do estado do Amazonas. Dista a 78 km de Manaus e é considerada cidade satélite da capital. O IFAM tem como finalidade a educação nos níveis médios e técnicos.

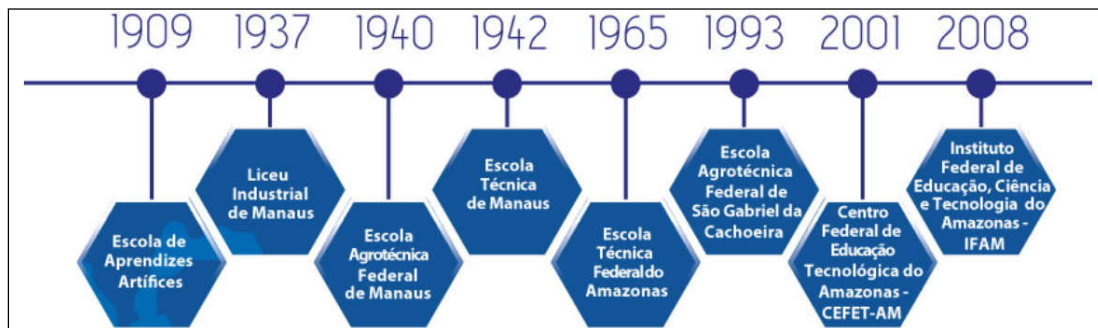
O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, que segundo a portaria Nº 373, DE 31 DE AGOSTO DE 2009, do Ministério da Educação, publicada no DOU de 01/09/2009 (nº 167, Seção 1, pág. 29), foi criado pela Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. Sua sede, inicialmente, estava situada na Avenida Sete de Setembro, nº 1975, Bairro Centro, CEP: 69.020-120, na cidade de Manaus, capital do Amazonas. Atualmente, a Reitoria está localizada na Av. Ferreira Pena, nº 1109, 1109, Bairro centro, CEP: 69025-010, em Manaus. Mediante a integração do CEFET - Centro Federal de Educação Tecnológica do Amazonas, vinculado ao Ministério da Educação, possui natureza jurídica de autarquia, sendo detentora de autonomia administrativa, patrimonial, financeira, didático-pedagógica e disciplinar.

Iniciado em 2008, no então governo do presidente da República Luís Inácio Lula da Silva, que sancionou o Decreto Lei Nº 11.892, criando trinta e oito Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, dentre eles, IFAM.

Entretanto, a trajetória da Instituição no Amazonas remonta desde o início do século XX como veremos a seguir na linha do tempo.

A Figura 4.1 esboça uma linha do tempo e as mudanças da instituição.

Figura 4.1 - Histórico do IFAM.



Fonte: IFAM, (2021).

Num processo que está em constante alteração, o IFAM já conta com 15 Campi, sendo três em Manaus (Manaus Centro, Manaus Distrito Industrial e Manaus Zona Leste), Coari, Lábrea, Maués, Manacapuru, Parintins, Presidente Figueiredo, São Gabriel da Cachoeira, Tabatinga, Humaitá, Eirunepé, Itacoatiara e Tefé, proporcionando um ensino profissional de qualidade a todas as regiões do Amazonas. O IFAM proporciona Educação Profissional de qualidade com cursos da Educação Básica até o Ensino Superior de Graduação e Pós-Graduação *Lato e Stricto Sensu*, servindo a sociedade amazonense e brasileira (MELLO, 2009).

Segundo o site da instituição, atualmente, o IFAM está estabelecido em 23 municípios, sendo três deles, pólos de Educação à Distância localizados no estado de Roraima. No primeiro semestre de 2018, a instituição já soma 25.768 matrículas, segundo a Plataforma Nilo Peçanha, distribuídas em 162 cursos técnicos presenciais, 68 cursos em EaD, 15 tecnólogos, sete Licenciaturas, cinco Bacharelados, duas especializações Lata Sensu e três Mestrados Profissionais. Além disso, conta com 1.967 servidores em todo o Estado.

Localizado a Estrada Manuel Urbano, km 77, no bairro Novo Manacá, o IFAM-Manacapuru já teve sua sede provisória localizada na rua Rio de Janeiro, 57, bairro Cohaban, Manacapuru, até quando o Magnífico Reitor do Instituto Federal de Educação, Ciência e

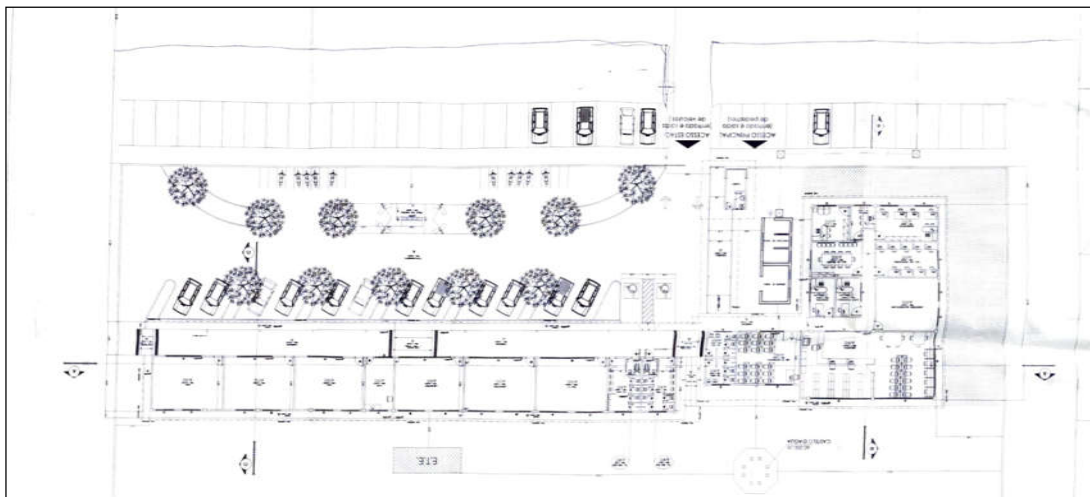
Tecnologia do Amazonas (IFAM), Antônio Venâncio Castelo Branco, e a Diretora-Geral pro tempore do Campus Avançado Manacapuru, Ana Maria Alves Pereira, em uma solenidade, inauguraram a sede atual do Campus Avançado Manacapuru, no dia 08 de junho de 2017 às 14h30min, com a presença do Ministro da Educação, Rossieli Soares da Silva.

4.2 SITUAÇÃO ATUAL DAS INSTALAÇÕES FÍSICAS

As instalações físicas do *campi* estão distribuídas da seguinte forma: salas de aula, sala das coordenações, sala dos professores, sala do setor pedagógico, laboratórios de informática, laboratórios de recursos pesqueiros, auditório, biblioteca, gestão de tecnologia da informação e gabinete de direção, além do estacionamento e um refeitório que se encontra em construção.

A Figura 4.2 traz a disposição dos blocos internos da edificação, onde está localizado o local de realização deste estudo, além de destacar o estacionamento.

Figura 4.2 -Planta baixa do IFAM-Manacapuru



Fonte: AUTOR, ADAPTADO DA PLOTAGEM DO PROJETO OFICIAL (2021).

O presente estudo de caso tem como local de observação os espaços de sala das Coordenações de Cursos e da Biblioteca. Este estudo faz-se oportuno dado o fato os custos da instituição terem se elevado enquanto os investimentos não seguem o mesmo itinerário.

A Tabela 4.1, a seguir, demonstra os gastos mensais durante o período de 2017 e primeiro semestre de 2020, que fazem parte dos valores cobrados pela concessionária de energia elétrica.

Tabela 4.1 - Consumo de energia elétrica IF-MPU.

Mês	Ano			
	2017	2018	2019	2020
Janeiro	R\$ 4.806,06	R\$ 7.100,39	R\$ 5.086,06	R\$ 3.782,92
Fevereiro	R\$ 6.050,20	R\$ 7.365,03	R\$ 6.131,75	
Março	R\$ 7.568,28	R\$ 8.374,43	R\$ 7.762,16	
Abril	R\$ 8.153,85	R\$ 7.445,03	R\$ 8.433,76	
Mai	R\$ 8.032,08	R\$ 7.963,56	R\$ 2.812,71	
Junho	R\$ 7.986,17	R\$ 6.285,56	R\$ 7.850,39	
Julho	R\$ 6.984,68	R\$ 5.537,92	R\$ 4.423,64	
Agosto	R\$ 8.535,72	R\$ 8.535,72	R\$ 7.912,64	
Setembro	R\$ 7.789,47	R\$ 7.108,39	R\$ 6.977,95	
Outubro	R\$ 7.662,74	R\$ 6.638,20	R\$ 7.353,00	
Novembro	R\$ 9.621,99	R\$ 8.142,82	R\$ 8.039,15	
Dezembro	R\$ 7.541,36	R\$ 5.805,73	R\$ 6.423,86	

Fonte: AUTOR, ADAPTADO DO SITE ([HTTPS://WEBSITE.AMAZONASENERGIA.COM](https://website.amazonasenergia.com), 2021)

Em 2019, a EPE apresentou, através do Anuário Estatístico de Energia Elétrica, os dados referentes ao consumo de energia elétrica no Brasil por classe de consumo. No caso específico das edificações brasileiras, os dados informaram que, no ano de 2018, foram consumidos cerca de 242 TWh de energia elétrica. Desse valor, as edificações do poder público foram responsáveis pelo consumo aproximado de 6,3% no mesmo ano analisando.

Já nas edificações nacionais comerciais e públicas, a energia elétrica possui seu maior consumo destinado à climatização de ambientes. O uso de aparelhos de ar-condicionado é responsável por aproximadamente 48% do consumo de energia elétrica neste setor. Enquanto o uso de iluminação artificial abarca uma fatia de 23%, seguido por 15% dos equipamentos de escritório e 14% de outras cargas (LAMBERTS, *et al.*, 2014).

Para o setor do poder público, entre o ano de 2017 e 2018, houve um crescimento em torno de 0,2%, conforme informações contidas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Consumo de energia elétrica (GWh) por classe de consumo.

Classe de consumo	Ano				
	2017	2018	2019	2020	Δ% (2017-2020)
Residencial	131190	132872	134368	137615	4.70%
Industrial	169289	165314	167398	169625	0.02%
Comercial	90768	87873	88292	88631	-2.40%
Rural	25899	27266	28136	29168	11.20%
Poder público	15196	15096	15052	15076	-0.80%
Iluminação pública	15333	15035	15443	15690	2.30%
Serviço público	14730	14969	15196	15778	6.60%
Consumidor próprio	3304	3355	3277	3238	-2.00%
Brasil	465709	461780	467162	474821	1.90%

Fonte: EPE, (2019).

Visando diminuir do consumo de energia no campus Manacapuru, que tem um impacto de 16% no orçamento da instituição, foi proposto um estudo de caso experimental de controle de climatização em um dos ambientes para a observação, buscando a otimização do consumo e eficiência de energia elétrica.

CAPITULO 5

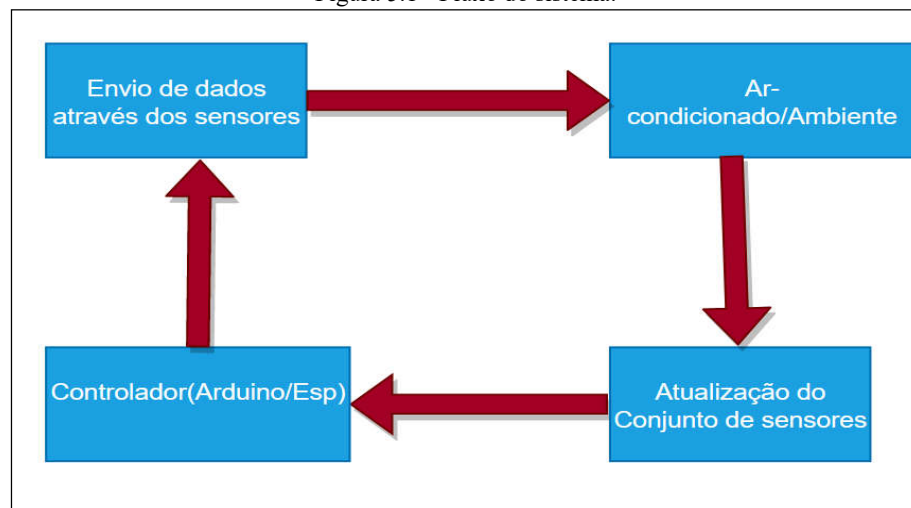
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados dos experimentos realizados com a montagem dos recursos de hardwares programáveis e a interação entre software desenvolvido e os diversos sensores, tanto dos acoplados ao novo dispositivo quanto com os pertencentes aos equipamentos de resfriamento de ambiente.

Os resultados alcançados até o presente momento corroboram para alcançar os objetivos propostos para esse estudo, estão de acordo com as etapas planejadas para a pesquisa, onde muitos experimentos foram realizados buscando validar a proposta. Os testes apontam progresso e vislumbram a possibilidade do êxito do trabalho, A figura 5.1 ilustra um ciclo como objetivo da implementação do sistema.

A Figura 5.1, a seguir, representa o direcionamento das ações em funcionamento do estudo de caso.

Figura 5.1 - Fluxo do sistema.



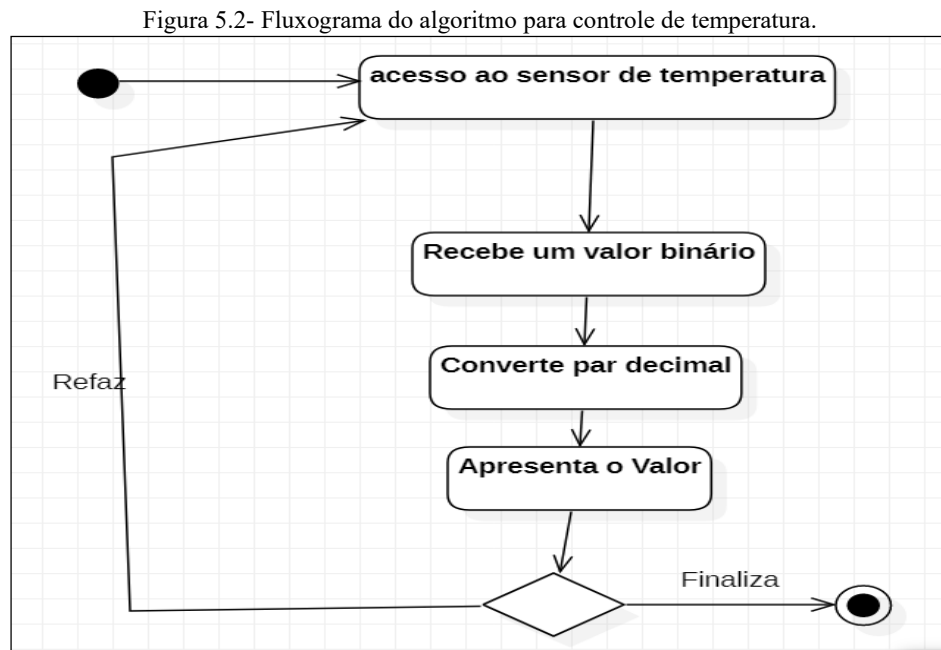
Fonte: AUTOR (2021).

Para buscar os resultados propostos, o projeto foi dividido em quatro etapas com a tecnologia Arduino/Esp32, sendo elas os seguintes protótipos:

- ✓ Sensor de temperatura;
- ✓ Emissor de luz infravermelho;
- ✓ Receptor de luz infravermelho;

- ✓ Sensor ultrassônico;

Como mostra a Figura 5.2 a seguir, este algoritmo tem como objetivo capturar o código do controle do ar-condicionado que será utilizado entre o emissor de luz infravermelho e o aparelho de ar-condicionado posteriormente.



Fonte: AUTOR (2021).

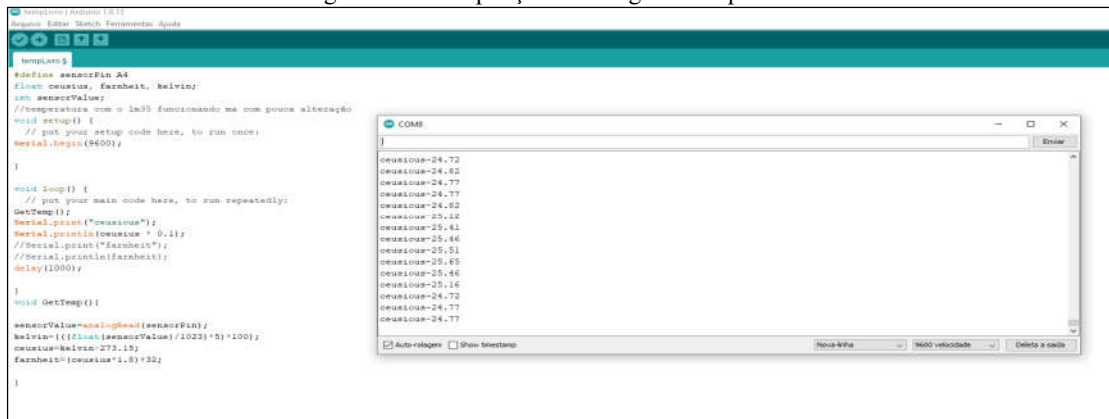
5.1 RESULTADOS DA ETAPA 1

O código do Arduino é executado no software Arduino IDE e a imagem é mostrada na figura 5.3. O software Arduino IDE deve ser baixado e incluir todas as bibliotecas necessárias antes de executar o código, todas as bibliotecas necessárias são mencionadas na metodologia. Em seguida, deve-se abrir o terminal e monitor a serial para visualizar as temperaturas aferidas.

A Figura 5.3 mostra o programa computacional que faz a comunicação entre o sistema Arduino e o sensor de temperatura DS18B20, o qual afere a temperatura ambiente e apresenta os valores correspondentes em tempo real.

A figura 5.3 mostra o terminal *Arduino* imprimindo os valores em tela.

Figura 5.3 - Compilação do código de temperatura.



Fonte: AUTOR, (2021).

Como resultado, o sistema recebe uma variação da temperatura ambiente que, no caso do sensor DS18B20, pode variar de -55°C a $+125^{\circ}\text{C}$. O Arduino recebe estes valores em números binários. Em seguida, utiliza-se uma fórmula que os converte para números decimais, como o trecho do código abaixo.

```
void GetTemp(){
  sensorValue=analogRead
(sensorPin);
  kelvin=((float(sensorValue)/1023)*5)*100;
  ceusius=kelvin-273.15;
  fahrenheit=(ceusius*1.8)+32;
}
```

5.2 RESULTADOS DA ETAPA 2

A próxima figura mostra um programa que, ao ser compilado, realiza a interação entre o sensor emissor de luz infravermelho, o qual envia dados para o sensor receptor de luz infravermelho do ar-condicionado, realizando as funções de um controle remoto.

5.3 RESULTADOS DA ETAPA 3

Protótipo com Arduino e receptor de luz infravermelho. O algoritmo apresentado na Figura 5.4, a seguir, faz a interpretação dos dados recebidos do ar-condicionado pelo receptor

infravermelho. Estes dados representam uma informação aceita pelo sistema do aparelho de ar-condicionado, como, per exemplo, o valor de uma temperatura.

Figura 5.4 - Receptor infravermelho.

```
receptor-arcondicionadoOK $

// receptor dos codigos do arcondicionado da corrdenação hilton
#include <IRLibRecvPCI.h>

IRRecvPCI myReceiver(2); //pino de dados para o sketch

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  delay(2000); while (!Serial);
  myReceiver.enableIRIn(); // inicializa o receptor
  Serial.println(F("pronto para receber o sinal"));
  myReceiver.setFrameTimeout(100000);
}

void loop() {
  //o loop executa até que receba o sinal do controle
  if (myReceiver.getResults()) {

    Serial.println(recvGlobal.recvLength, DEC);
    Serial.print(F("uint16_t rawData[RAW_DATA_LEN]={\n\t"));
    for(bufIndex_t i=1;i<recvGlobal.recvLength;i++) {
      Serial.print(recvGlobal.recvBuffer[i], DEC);
      Serial.print(F(", "));
      if( (i % 8)==0) Serial.print(F("\n\t"));
    }
    Serial.println(F("1000;")); //Adicionar espaço final arbitrário
    myReceiver.enableIRIn(); //Reiniciar o receptor
  }
}
```

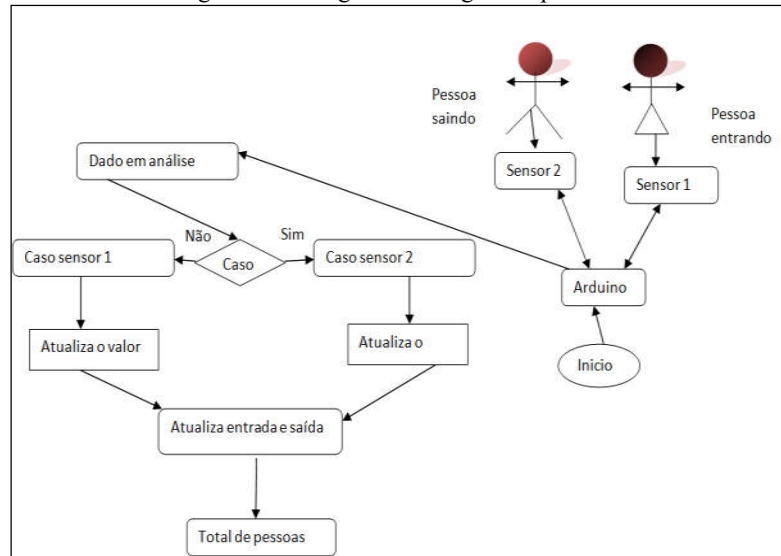
Fonte: Autor, (2021).

O trecho do código abaixo é um exemplo de controle do aparelho elevando a temperatura.

Teste de temperatura de 16 para dezessete graus:

```
uint16_t rawData[RAW_DATA_LEN]={
8930, 4550, 490, 1754, 490, 1754, 490, 614, 490, 618, 490, 618, 490, 618, 490, 1762,482,
1754, 490, 1750, 490, 1754, 490, 1754, 490, 1750, 490, 618, 490, 618, 490, 1754, 490, 618,
490, 618, 490, 618, 490, 618, 490, 614, 494, 618, 490, 1750, 490, 1754, 490, 1750, 490, 618,
```


Figura 5.6 - Diagrama contagem de pessoas.



Fonte: AUTOR (2021).

A Figura 5.7 representa a disposição do algoritmo que realiza a interação para realização da contagem de objetos em movimento.

Figura 5.7 - contagem de pessoas com sensor ultrassônico.

```

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
testeUltrasonic0504 $

#define trigPin 13
#define echoPin 12
|
float duration, distance;

void setup() {
  Serial.begin (9600);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
}

void loop() {

  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);

  // Measure the response from the HC-SR04 Echo Pin
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

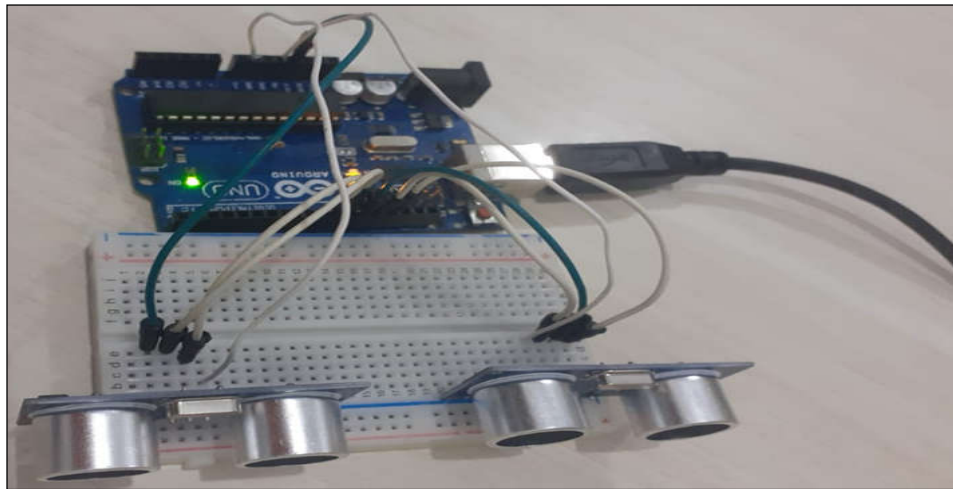
  distance = (duration / 2) * 0.0343;

  Serial.print("Distance = ");
  if (distance >= 400 || distance <= 2) {
    Serial.println("Out of range");
  }
  else {
    Serial.print(distance);
    Serial.println(" cm");
    delay(500);
  }
  delay(500);
}
    
```

Fonte: AUTOR (2021).

A próxima figura mostra uma placa Arduino e uma placa *protoboard* fazendo a comunicação com os sensores ultrassônicos, os quais têm como finalidade detectar a presença de objetos, fornecendo dados para o algoritmo identificar a passagem de objetos em uma determinada direção.

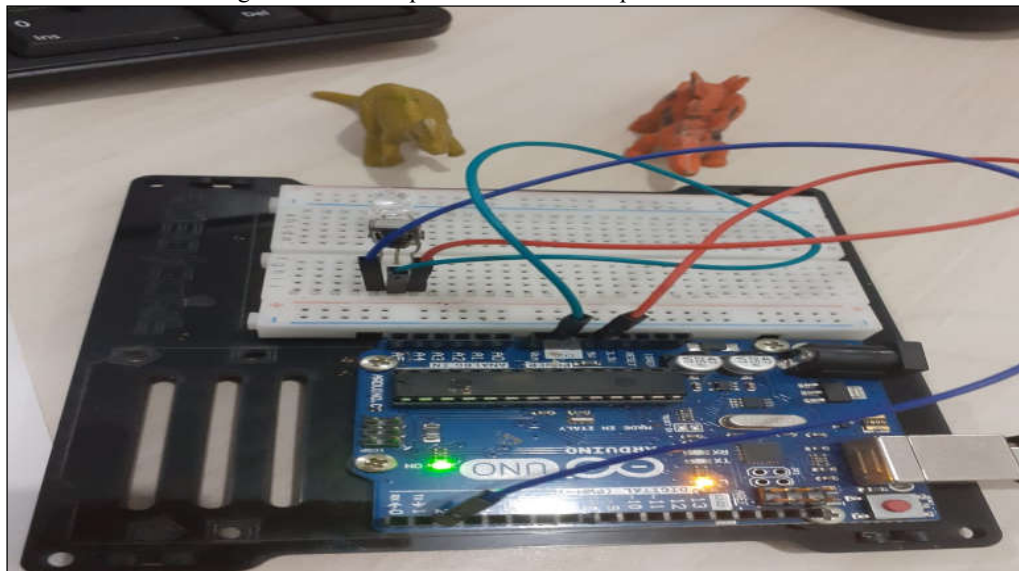
Figura 5.8 - Protótipo com sensor ultrassônico.



Fonte: AUTOR (2021).

A Figura 5.8 mostra a comunicação entre a placa Arduino, *protoboard* e o emissor e receptor de infravermelho, o qual tem como uma de suas funções enviar sinal ao aparelho de ar-condicionado.

Figura 5.9 - Protótipo com sensor e receptor infravermelho.



Fonte: AUTOR, (2021).

Com isso, a proposta que visa aumentar o conforto térmico utilizando a tecnologia Arduino funciona da seguinte maneira: ao identificar o primeiro usuário que adentra o ambiente de experimento (sala das coordenações do IFAM-Manacapuru), o sistema aciona o aparelho de ar-condicionado a uma temperatura de 22C°. A partir de então, o sistema monitora a quantidade de pessoas no ambiente e regula o ar-condicionado para manter a temperatura o mais próximo do proposto até que o último usuário deixe o local. Ao identificar o número zero de pessoas, o sistema comunica o ar-condicionado para desligar até que o próximo loop aconteça.

5.5 CONCLUSÃO DAS ETAPAS ANTERIORES

Os protótipos foram divididos para que houvesse o desenvolvimento do Hardware e do software separadamente, facilitando, assim, a construção e os testes. Na primeira etapa, foi montada um protótipo para o monitoramento da temperatura ambiente usando sensores, placa Arduino e programação. Após realização das etapas de construção e testes, os resultados alcançados foram satisfatórios.

Na segunda etapa, o processo de montagem, programação e teste foram feitos para o recebimento e envio de informações de comunicação entre o sistema desenvolvido e o sistema do aparelho de ar-condicionado. Os resultados alcançados foram razoáveis e ainda devem ser melhorados, mas seguem dentro do esperado.

Na etapa três, foi realizada a comunicação de um protótipo capaz de monitorar o ambiente e responder à entrada e saída de indivíduos do local.

Por fim, a última parte foi realizar uma avaliação dos dados recebidos e fazer a tomada de decisão. Esta etapa obteve resultados satisfatórios.

No que se refere à alteração no consumo de energia elétrica, ainda que possamos perceber que os equipamentos não ficaram desligados após o encerramento das atividades, não foi possível ainda fazer uma comparação dos valores economizados, visto que houve alteração no consumo por conta do período pandêmico. Assim, é necessário um tempo regular maior para que haja essa comparação.

CAPÍTULO 6

6 CONCLUSÃO

Esta dissertação propôs-se a desenvolver um sistema computacional de baixo custo para melhorar a eficiência energética de aparelhos de ar condicionado.

O estudo realizado a fim de compreender as tecnologias que pudessem colaborar com a redução do consumo de energia elétrica, dos diversos hardwares disponíveis optou-se por utilizar os de baixo custo;

- ✓ Após a seleção dos materiais necessários foi montado um dispositivo com técnicas que possibilitou o monitorar de entrada e saída de pessoas de um ambiente;
- ✓ Com a integração dos componentes de hardwares desenvolveu-se uma aplicação para a interação entre a tecnologia Arduino e as tecnologias que compõem nos aparelhos de climatização
- ✓ Conforme acordado com a gestão da qual pertence o ambiente de estudo, implantou-se o sistema desenvolvido em locais com maior incidência de mau uso dos equipamentos.

Ao se criar um dispositivo como modelo para otimizar os recursos da instituição com objetos centrados na automação dos aparelhos de ar-condicionado e conforto térmico, as principais contribuições esperadas são:

- prover o ligar e desligar dos equipamentos de ar-condicionado quando necessário;
- ajustar a temperatura ambiente, corrigindo-a com uma intervenção no aparelho responsável pela climatização do ambiente;
- controlar a entrada e saída de pessoas do ambiente.

Assim, de acordo com a classificação sugerida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), esta pesquisa contribui para as áreas de Linguagem de Programação, Engenharia de Software, Sistema de Computação, Hardware, Engenharia Elétrica, Ciências da Saúde e Ciências da Computação.

6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para contribuir com trabalhos futuros, apresentam-se alguns progressos desta pesquisa.

- **Criar um modelo de hardware apropriado:** Este trabalho não possui um modelo adequado de hardware. Por esse motivo, utilizou-se das tecnologias *Arduinos e Esp32*, sendo que, algumas vezes, demonstraram-se muito limitadas, principalmente em se tratando da primeira.
- **Desenvolver interface:** Para possibilitar a implantação do modelo por pessoas não especializadas, faz-se necessário o desenvolvimento das interfaces de hardware e software que sejam intuitivas para a interação com o usuário comum.

A solução usada neste trabalho foi uma incrementação de hardwares, buscando atingir os objetivos propostos sem a intervenção de usuários não inseridos no processo.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, Clayton Alcarde et al. **Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRIOLO, Jerônimo Luiz. Olericultura geral. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciência- Editora UFSM, 2020.
- ARDUINO. Credits. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Credits>>. Acesso em: 09 fev. de 2021.
- AVELINO, Alinny Dantas et al. **A influência do metabolismo no cálculo do PMV da norma ISO 7730 (2005)**. 2019.
- BARBOSA, E. F. T. **Conforto térmico e consumo de energia em ambientes de um supermercado de médio porte**. Campinas, 2013, (DISERTAÇÃO DE MESTRADO)
- BOTELHO, MC; MAURITTI, R; NUNES, N; CRAVEIRO, D (2014), “A mão esquerda e a mão direita do Estado português: que atuais tendências?”, Observatório das Desigualdades e-Working Paper N.º 4/2014.
- CASTRO-ALVAREZ, Fernando et al. The 2018 **International Energy Efficiency Scorecard**. Washington, DC: ACEEE, 2018. Disponível em: <https://aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/i1801.pdf> Acesso em: 27 Set. 2021.
- CARRION, Patricia; QUARESMA, Manuela. Internet da Coisas (IoT): Definições e aplicabilidade aos usuários finais. **Human Factors in Design, 2019**
- YANG, C. H. Li, Y. REZGUI, I. PETRI, B. YUCE, B. CHEN, B. JAYAN, **Algoritmo genético distribuído baseado em computação de alto rendimento para otimização do consumo de energia de edifícios**, *Energy Build.* 76 (2014) 92-101, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.02.053>
- CHELLASANTHOSH S.V. ASWINKUMER J. GOPIKRISHNA M. VAISHNAVI P. Sairam P. *KasulIoT based smart energy meter using GSM*,

ChellaSanthosh, S.V. AswinKumer, J. GopiKrishna, M. Vaishnavi, P. Sairam, P. **Kasulu, *IoT based smart energy meter using GSM*, *Materials Today: Proceedings*, 2021, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.641>.**

CHUNFENG YANG, HAIJIANG LI, YACINEREZGUI, IOAN PETRI, BARISYUCE, BIAOSONG CHEN, BEJAYJAYAN, **High through put computing based distributed genetic algorithm for building energy consumption optimization, *Energy and Buildings*, Volume 76, 2014, Pages 92-101, ISSN 0378-788.**

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Plano decenal de expansão de energia 2027. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2019. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202027_aprovado_OFICIAL.pdf Acesso em 22 Set. 2021.

EVANS, Martin. NOBLE, J. HOCHENBAUM, J. **Arduino em ação.** São Paulo: Novatec. 2013

FANGER, P. M. V.; HEATING, Refrigerating; ENGINEERS, Air-Conditioning. 7 PMV. 2019.

FUNDAMENTALS, ASHRAE Handbook. ASHRAE, **American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineers.** 2007.

<https://www.ashrae.org/> <acessado em 12/02/2021

<http://infosharepoint.geoterme.com/ef-energetica-edificios/2018/ashrae-publica-novavers%C3%A3o-de-norma-para-conforto-t%C3%A9rmico/> <acessado em 12Fev.2021

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia, noções básicas em pesquisa científica** 6ªEd. Saraiva, 2005.

FILHO, G. F. **Experimentos de baixo custo para o ensino de Física em Nível Médio usando a placa Arduino-UNO.** 2015. 207 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) — Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2015.

Gil, Antônio Carlos. **Como elaborar projeto de pesquisa** 5ªEd. Editor atlas 2010, São Paulo.

GIL, Antônio Carlos. **Como laborar projetos de pesquisa**. 4.ed. atlas 2010, São Paulo.

HAVENITH, G; HOLMÉR, I.; PARSONS, K. **Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production**. *Energy and Buildings*, v. 34, p. 581-591, 2002.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778802000087> >. Acesso em: 21/2017

<http://www2.ifam.edu.br/instituicao/historia-do-ifam> Acesso em: 26/10/2021

SILVA, JÚNIOR, ANASTÁCIO DA. **DESENVOLVIMENTO DE UM CONTROLADOR PARA AMBIENTES CLIMATIZADOS POR SISTEMAS DO TIPO SPLIT**. 2020.

LIN ZHANG, SHENG ZHANG, Extending Predicted Mean Vote using adaptive approach, *Building and Environment*, Volume 171, 2020.

K.NANDAKUMAR, ADARSHVIJAYANPILLAI, M.K.
BradiNarayansmartagricultureusing IOT, 2021.

KRAMP, Thorsten; VAN KRANENBURG, Rob; LANGE, Sebastian. **Introduction to the Internet of Things**. In: *Enabling Things to Talk*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. p. 1-10.

<https://g1.globo.com/educacao/noticia/2021/02/21/ministerio-da-educacao-nao-gasta-o-dinheiro-que-tem-disponivel-e-sofre-reducao-de-recursos-em-2020-aponta-relatorio.ghtml> <acessado em 06/03/2021>

MAURITTI, Rosário et al. *A Austeridade na Educação*. 2015.

JIMÉNEZ, M et al., **Introdução aos Sistemas Embarcados** Springer Science Business Media New York 2014

MELLO, Maria Stela Vasconcelos Nunes de. **De escola de aprendizes artesãos a Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas: cem anos de história**. Manaus: Editora, 2009.

JIMÉNEZ, M. et al., **Introdução aos Sistemas Embarcados** Springer Science Business Media New York 2014

MENS, Tom; MAGEE, Jeff; RUMPE, Bernhard. *Evolving software architecture descriptions of critical systems*. *Computer*, v. 43, n. 5, p. 42-48, 2010.

MONTEIRO, R. V. A. et al. **A medium-term analysis of the reduction in technical losses on distribution systems with variable demand using artificial neural networks: An Electrical Energy Storage approach**. *Energy*, v. 164, p. 1216-1228, Dec. 2018. ISSN 0360-5442.

OLIVEIRA, Ana Robalo Cordeiro Sousa. **Avaliação da incerteza na determinação dos índices de conforto térmico PMV e PPD**. 2008. Tese de Doutorado.

PAGANELLI, Federica; PARLANTI, David. **A DHT-based discovery service for the Internet of Things**. *Journal of Computer Networks and Communications*, v. 2012, 2012.

PAGANELLI, Federica et al. **An information-centric and REST-based approach for EPC Information Services**. *Journal of Communications Software and Systems*, v. 9, n. 1, p. 14-23, 2013.

PETTENATI, Maria Chiara et al. **Interdatanet: a data web foundation for the semantic web vision**. *International Journal on WWW/Internet*, v. 6, n. 2, 2008.

PROCEL INFO, Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. 2006. Disponível em: Acesso em: 24 de Setembro de 2021.

PULIAFITO, Antonio et al. **Making the internet of things a reality: The where's solution**. In: **The Internet of Things**. Springer, New York, NY, 2010. p. 99-108.

<https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2019/04/01/com-39-bilhoes-de-usuarios-no-mundo-o-que-acontece-na-web-em-um-minuto.htm?/> disponível em 05/10/2021

ROSEN, Michael et al. **Applied SOA: service-oriented architecture and design strategies**. John Wiley & Sons, 2012.

LAMBERTS, R. ANTONIO AUGUSTO XAVIER, SOLANGE GOULART, RENATA DE VECCHI **CONFORTO E STRESS TÉRMICO**, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações I, 2011

RUAS, A. C. **Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes difíceis e sua aplicação num software**. Tese de Doutorado, Campinas, SP. 2002. 182p. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo; Universidade Estadual de Campinas, 2002.

SANTOS, E. P. d. **Mercado no Brasil para uso de energias renováveis e ações de eficiência energética**. 2020. 130 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/31525> em 23/05/2021.

SANDERS, Adam; ELANGESWARAN, Chola; WULFSBERG, Jens P. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)**, v. 9, n. 3, p. 811-833, 2016.

SILVA, Vinícius Felipe da. **Demanda residencial de energia elétrica no Brasil**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

SILVA, Djanine Dolovet Martins et al. Arborização urbana e parâmetros ambientais em conjuntos habitacionais de interesse social no município de Presidente Prudente. 2019.

DHANALAKSHMI, S. M. POONGOTHAI, KANERSHARMA. **IoT Based Indoor Air Quality and Smart Energy Management for HVAC System**, CoCoNet, 2019.

NANDURKAR, NR. VR THOOL, RC THOOL, Projeto e Desenvolvimento de Sistema de Agricultura de Precisão Usando Rede de Sensores Sem Fio, Conferência Internacional IEEE sobre Automação, Controle, Energia e Sistemas (ACES), 2014.

MINOLO, A. Solution Antonio Puliafito, Angelo Cucinotta. **Making the Internet of Things a Reality: The WhereX**

HOYT, H. E. ARENS, H. ZHANG, **Estendendo pontos de ajuste da temperatura do ar: economia de energia simulada e considerações de projeto para edifícios novos e reformados**, Build. Environ. 88 (2015) 89-96, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.09.010>

VINOSKI S., 2007. REST Eye for the SOA Guy, **IEEE Internet Computing**, Vol. 11, No. 1, pp. 82-84

XAVIER, D. D. **Software livre na educação**. 2011. 44 f. Monografia (Especialização em Informática na Educação) — Instituto de Computação, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2011.

<https://www.abdi.com.br/postagem/industria-4-0-pode-economizar-r-73-bilhoes-ao-ano-para-o-brasil>

YIN, R.K. **Estudo de Caso: planejamento e Método**. 4th ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

PIZANGO ROJAS, Heler. Evaluación de la usabilidad del Sistema Académico de la Universidad Privada de la Selva Peruana en el marco de la Norma ISO 9241-11. Iquitos 2020.