



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

Fábio Andrijauskas
Anete Silva Faesarella
Laira Lucia Damasceno de Oliveira
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2022



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

Fábio Andrijauskas
Anete Silva Faesarella
Laira Lucia Damasceno de Oliveira
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Fábio Andrijauskas
Annete Silva Faesarella
Laira Lucia Damasceno de Oliveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 3 / Organizadores Fábio Andrijauskas, Annete Silva Faesarella, Laira Lucia Damasceno de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0095-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.950221105>

1. Engenharia. 2. Sociedade. 3. Indústria. I. Fábio Andrijauskas (Organizador). II. Annete Silva Faesarella (Organizadora). III. Laira Lucia Damasceno de Oliveira (Organizadora). IV. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

Nos anos de 2020 e 2021 tivemos a primeira e a segunda edição do livro “Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria” e agora, em 2022, com muito orgulho lançamos sua terceira edição. Esta edição atual provém de trabalhos desenvolvidos durante a pandemia da COVID-19, um período que nos fez refletir sobre a importância da ciência e o desenvolvimento tecnológico no mundo atual, aliados na descoberta de soluções para problemas de diferentes âmbitos, haja vista as vacinas desenvolvidas no intuito de resolver esta situação tão sensível e desafiadora. Realmente, um momento que mudou a vida de todos e que ficará para sempre em nossas lembranças.

Em tempos que, mais do que nunca, necessitam de união e paz, apresentamos este conteúdo com diversos autores, demonstrando que a diversidade de pensamento, ideias e conhecimento são pilares para o avanço da ciência. Cada capítulo foi elaborado com dedicação e comprometimento dos pesquisadores, e traz mais um resultado de sucesso para diversas áreas do conhecimento, como as Engenharias, a Saúde e o Meio Ambiente.

Mais uma vez, agradecemos à Editora Atena pela oportunidade do lançamento do nosso terceiro livro, proporcionando uma via eficaz de disseminação de conhecimento e de suas contribuições para a sociedade e para a comunidade científica.

Finalizamos com uma frase da oração de São Francisco que diz: **“Senhor, fazei de mim instrumento de vossa paz”**.

Paz e bem!

Annete Silva Faesarella

Fábio Andrijauskas

Laira Lucia Damasceno de Oliveira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A MODERN PANORAMA OF THE INTERNET OF MEDICAL THINGS DEMONSTRATING ITS APPLICATION LANDSCAPE

Reinaldo Padilha França
Ana Carolina Borges Monteiro
Rangel Arthur
Francisco Fambrini
Julio Cesar Pereira
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Yuzo Iano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211051>

CAPÍTULO 2..... 20

PRODUÇÃO E APLICAÇÕES DO PÓ DA CASCA DE ROMÃ EM COSMÉTICOS

Teresa de Jesus Estevam Pereira
Vanessa Cristine de Marco Matos dos Santos
Iara Lúcia Tescarollo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211052>

CAPÍTULO 3..... 36

IMAGENS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL EM ESTADO DE REPOUSO APLICADAS A ESTUDO DA DOR CRÔNICA UTILIZANDO DEEP LEARNING

Sérgio Ricardo de Lima Novais
Glaucilene Ferreira Catroli
Fábio Andrijauskas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211053>

CAPÍTULO 4..... 50

BALSANET - PLATAFORMA COMPUTACIONAL MULTIPARÂMETROS CONTROLADA REMOTAMENTE PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Kelvyn Souza Santana
Anderson Quintino da Fonseca
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Annete Silva Faesarella

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211054>

CAPÍTULO 5..... 67

NOVO MÉTODO DE SUPRIMENTO DE ELETROPOSTOS A PARTIR DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Fernando Luciano de Almeida
Julio Cesar Galves Gomes Mangini Mosqueiro Junior
Annete Silva Faesarella

Vicente Idalberto Becerra Sablón

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211055>

CAPÍTULO 6..... 81

ESTUDO DA RECUPERAÇÃO DE SOLVENTES NA PRODUÇÃO DE ADESIVOS

Leonardo Dorigo de Almeida
Samyra Haryele Gimenes Silva
Monica Tais Siqueira D'Amelio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211056>

CAPÍTULO 7..... 97

DESENVOLVIMENTO, ANÁLISE E ESTUDO DA CASCA DE CAFÉ PARA REMOÇÃO DE CORANTES DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

Enik Erica Rodrigues Godoy
Gabriela de Oliveira Ferri
Monica Tais Siqueira D'Amelio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211057>

CAPÍTULO 8..... 109

APLICAÇÃO DE CARVÃO ALTERNATIVO EM TRATAMENTO DE ÁGUA INDUSTRIAL

Bruna Ferraz Mattos de Souza
David Aguiar Ferreira Junior
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felippe

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211058>

CAPÍTULO 9..... 123

ESTUDO DA TRANSFORMAÇÃO DO LODO GERADO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM PRODUTO COMERCIAL AGRÍCOLA

Jaqueline Paz de Oliveira
Mislaini de Sá Viana
André Augusto Gutierrez Fernandes Beati
Renata Lima Moretto
Laira Lúcia Damasceno de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211059>

CAPÍTULO 10..... 145

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM FOCO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Augusto da Silva Santos
Brurenan Rocha Silva
Geraldo Peres Caixeta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110510>

CAPÍTULO 11..... 163

ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA EM LINHAS DE TRANSMISSÃO E EFEITOS DE BLINDAGEM

Rafaela Steffany da Silva Kayo
William Aparecido de Oliveira
Geraldo Peres Caixeta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110511>

CAPÍTULO 12..... 183

ESTUDO DA VIABILIDADE DE RECUPERAÇÃO DE METAIS EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Cláudia Fernanda Spagnol Cocenza
Yasmin Abrahão Pacheco Boiago
Renato Franco de Camargo
Roberta Martins da Costa Bianchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110512>

CAPÍTULO 13..... 202

LEVANTAMENTO DA CAUSA REFERENTE AOS DANOS E PATOLOGIAS ENCONTRADOS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA EM UMA VIA DE FLUXO MUITO PESADO

Caroline Fernanda Ferreira
Lillian Maria Destro
Marcelo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110513>

CAPÍTULO 14..... 220

ANÁLISE DE GESTÃO DE OBRA E IMPACTO DE CIRCUNVIZINHANÇA

Ana Carolina Marques Monteiro
Letícia Toniato Andrade
Laira Lúcia Damasceno de Oliveira
Renata Lima Moretto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110514>

CAPÍTULO 15..... 234

O DESEMPENHO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES DE ENSINO FRENTE ÀS ESTRATÉGIAS ARQUITETÔNICAS, ENERGÉTICAS E OS IMPACTOS CLIMÁTICOS ATUAIS

Jane Tassinari Fantinelli
Mariana Cene da Silva
Caroline Oliveira Tartari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110515>

CAPÍTULO 16..... 248

DESENVOLVIMENTO DE UM GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO PARA

TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM CORANTES

Leticia Pereira Brito D'Oliveira
Marcos Vinicius Pernambuco Zeferino
Roberta Martins da Costa Bianchi
Renato Franco de Camargo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110516>

CAPÍTULO 17.....268

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LACTOSE POR MEIO DE GLICOSÍMETRO

Danka Ayres Carvalho da Silva
Gabriel Luís Ehrenberg Malavazzi
Filipe Alves Coelho
Roberta Martins da Costa Bianchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110517>

CAPÍTULO 18.....280

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE IMPRESSÃO 3D NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PEÇAS TÉCNICAS IMPRESSAS

Paulo Cesar Polli
Daniel Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110518>

CAPÍTULO 19.....299

DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DENTÁRIOS ATRAVÉS DA MANUFATURA ADITIVA

Guilherme de Faria Mendes
Vinicius Fernandes Moreira Alves
Daniel Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110519>

SOBRE OS ORGANIZADORES320

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM FOCO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Augusto da Silva Santos

Universidade São Francisco
Campinas – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/2850641236471137>

Brurenan Rocha Silva

Universidade São Francisco
Campinas – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/0633422841585348>

Geraldo Peres Caixeta

Universidade São Francisco
Campinas – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/8010032658680160>

RESUMO: A eletricidade é algo indispensável no cotidiano das pessoas. Pode-se afirmar que a energia elétrica é um dos elementos essenciais para manter a roda da economia girando. Dentre os diversos setores que estão amplamente relacionados com o consumo de energia elétrica, pode-se citar o residencial. De fato, a eletricidade no ambiente residencial torna a vida do ser humano mais confortável e possibilita que este tenha mais tempo para desempenhar outras atividades. Diante deste cenário, torna-se importante manter estudos que possam contribuir para o uso eficiente e racional da energia elétrica nas residências. Pensando nisso, o presente estudo tem por objetivo demonstrar como a automação pode contribuir para o uso mais eficiente de eletricidade em residências, abordando aspectos como o monitoramento e registro do consumo de eletricidade. Para isso pretende-se desenvolver um protótipo de

sistema de automação, utilizando como principal dispositivo o microcontrolador ESP32, além de diversos componentes que a este podem ser integrados.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência energética residencial, automação, monitoramento, ESP32.

HOME AUTOMATION WITH A FOCUS ON ENERGY EFFICIENCY

ABSTRACT: Electricity is indispensable in people's daily lives. It can be said that electricity is one of the essential elements to keep the wheel of the economy turning. Among the various sectors that are largely related to the consumption of electricity, one can cite the residential sector. In fact, electricity in the residential environment makes human life more comfortable and allows for more time to perform other activities. Given this scenario, it is important to maintain studies that can contribute to the efficient and rational use of electricity in homes. With that in mind, the present study aims to demonstrate how automation can contribute to a more efficient use of electricity in homes, addressing aspects such as monitoring and recording electricity consumption. For this, we intend to develop a prototype of an automation system, using the ESP32 microcontroller as the main device, in addition to several components that can be integrated into it.

KEYWORDS: Residential energy efficiency, automation, monitoring, ESP32.

INTRODUÇÃO

A energia elétrica desempenha um importante papel na sociedade. Esta contribui de forma significativa com diversos setores tais como: comercial, residencial, industrial, agropecuário, dentre outros importantes setores da economia. Inegável é a importância da eletricidade para o desenvolvimento econômico e conforto de seus usuários. O homem já está tão acostumado com os benefícios da eletricidade que muitas vezes ela só é notada quando vem a faltar.

No ano de 2019, houve uma progressão de 1,3% no consumo final de eletricidade no Brasil, totalizando 545,6TWh, sendo os setores que mais colaboraram para esse aumento foram o residencial que acrescentou um consumo de 4,8TWh (+3,5%), o comercial progrediu 4,1TWh (+4,5%), energético, 1,3TWh (+4,1%) e o público 0,9TWh (+2,1%) (BRASIL, 2020).

Nota-se que o setor residencial consome uma parte significativa da energia elétrica disponibilizada no país. Como é mostrado na Figura 1, em 2019 este setor teve a participação de 26,1% no consumo de eletricidade, ficando atrás apenas do setor industrial, que consumiu 35,9% (BRASIL, 2020).

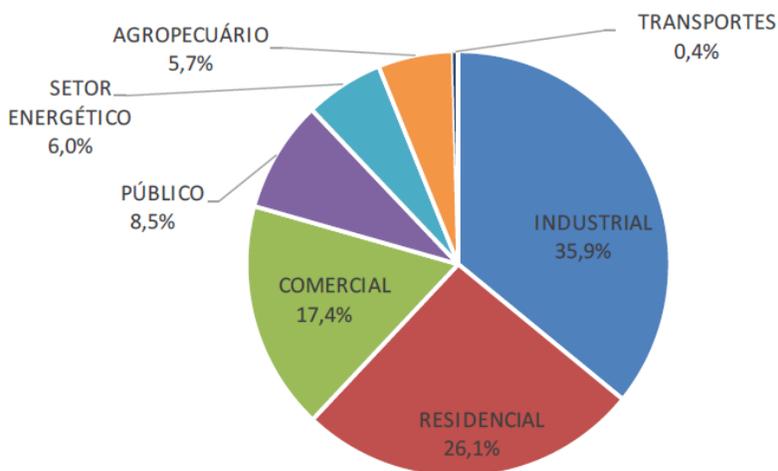


Figura 1 – Participação dos setores no consumo de eletricidade em 2019.

Fonte: BRASIL, 2020.

No ambiente residencial a eletricidade é responsável pelo funcionamento de diversos aparelhos que facilitam a vida do homem, trazendo mais conforto, diminuindo os esforços para realizar distintas atividades domésticas e, conseqüentemente, proporcionando mais tempo para outras atividades. Dentre esses aparelhos, cita-se como exemplo, alguns que apresentam também um alto consumo de eletricidade, merecendo tratamento diferenciado,

quando a preocupação está relacionada à eficiência energética, como: Máquina de lavar roupa, micro-ondas, ar-condicionado, geladeira, chuveiro elétrico, televisores, dentre outros aparelhos.

Diante deste cenário, que mostra o amplo consumo de eletricidade e a sua importância no cotidiano das pessoas, torna-se importante a busca pela eficiência energética, visando mitigar os custos e impactos ambientais sem prejudicar o conforto dos consumidores. Uma das formas de contribuição para o consumo mais eficiente e racional de eletricidade é a automação de processos.

A automação de processos, juntamente com o gerenciamento remoto de dispositivos, pode contribuir de forma significativa para uma gestão eficiente do uso de recursos energéticos e naturais, pois, através da supervisão de tais recursos, torna-se possível o gerenciamento de sua utilização (BOLZANI, 2010).

Mesmo tendo o conhecimento de que a automação auxilia de forma eficaz na eficiência energética, ainda não existem protocolos de comunicação e soluções difundidas no ambiente residencial como ocorre no meio industrial. Os fabricantes de equipamentos residenciais preferem investir em soluções que funcionam apenas em seus próprios equipamentos, forçando o usuário final a adquirir todo o sistema de uma só marca. Isso faz com que o valor final do projeto tenha um custo muito elevado, afastando o interesse do consumidor final em aplicar a automação em sua residência, dificultando a difusão dessa ideia.

Neste contexto, o presente estudo tem por objetivo abordar as principais contribuições da automação para a eficiência energética residencial, destacando aspectos como registro e monitoramento do consumo de energia elétrica em pontos estratégicos de uma residência, a partir dos ramais de um quadro de distribuição. Junto às pesquisas aqui levantadas pretende-se desenvolver um sistema de automação utilizando um microcontrolador.

As informações referentes ao consumo de eletricidade serão coletadas a partir de sensores integrados a um microcontrolador. Através destes dispositivos o microcontrolador será capaz de enviar dados sobre o consumo de energia elétrica para uma planilha online, onde tais informações serão apresentadas por meio de gráficos em um *dashboard*. De posse das informações do consumo de eletricidade, o usuário poderá tomar ações que contribuam para o uso mais eficiente da energia elétrica, como por exemplo, a substituição de aparelhos por outros mais eficientes, recondutoramento das instalações e até um planejamento dos gastos com energia elétrica.

Na estrutura deste artigo está inserido o referencial teórico, no qual serão abordados diversos tópicos. Primeiramente serão descritos os conceitos de eficiência energética, automação e automação residencial. Tais tópicos são essenciais para o desenvolvimento deste artigo, uma vez que se pretende utilizar da automação como um instrumento que

permita melhorar a eficiência energética no ambiente residencial. Ainda no referencial teórico serão abordados alguns elementos essenciais para desenvolver o sistema de automação, que são os conceitos de sensores e microcontroladores.

REFERENCIAL TEÓRICO

Eficiência Energética

Para se ter controle do consumo de energia é necessário conhecer o resultado que se deseja obter e a partir disso estabelecer um indicador que possa relacionar o consumo com o resultado desejado. Uma vez que esta correlação é estabelecida, é possível buscar meios de tornar o processo mais eficiente, ou seja, utilizar o mínimo possível de energia de modo a obter o mesmo resultado (BARROS, BORELLI; GEDRA, 2015).

Em projetos de eficiência energética busca-se economia e benefícios ao usuário, baseando-se em ações que possam suprimir o desperdício de energia elétrica, melhorar as instalações e processos (CAPELLI, 2013).

Automação Residencial

A automação residencial está associada ao termo domótica, que deriva no neologismo francês “domotique”, cujo significado é “casa automática”. Quando se trata da automação residencial, refere-se à uma unidade habitacional, sendo esta uma residência ou um apartamento, por exemplo. Em processos de instalação de controles automáticos voltados a residências, o que se pretende é identificar as diversas tecnologias que são capazes de automatizar variadas operações em uma habitação (PRUDENTE, 2017).

Muitas das aplicações da domótica têm por objetivo melhorar o conforto e segurança de residências e condomínios. Alguns destes objetivos podem ser: acendimento automáticos de luzes, porteiro eletrônico, portão automático, controle de acesso utilizando a biometria, monitoramento por vídeo, controle da temperatura ambiente, dentre outras coisas (CAMARGO, 2014).

Na Figura 2 observa-se o exemplo de uma residência conectada em rede com um cabeamento interno chamado em inglês BUS (Barramento). Os sensores (termostato, detector infravermelho, sensor de iluminação, etc) disponibilizam informações que podem ser manipuladas a qualquer instante (PRUDENTE, 2017).



Figura 2 – Residência conectada em rede com cabeamento interno *BUS* (Barramento).

Fonte: PRUDENTE, 2017, p. 2.

De fato, as aplicações da domótica contribuem de forma significativa nos mais diversos aspectos relacionados à habitação.

A seguir, serão discutidos os dispositivos e equipamentos previstos que serão utilizados no projeto.

Sensores

Os sensores são dispositivos utilizados em diversas aplicações, como na indústria, em residências, comércios, dentre outras. As suas características os tornam grandes ferramentas para projetos de automação, uma vez que estes dispositivos são capazes de perceber e emitir informações sobre diversas grandezas que podem ser analisadas por outros dispositivos.

Sendo o sensor capaz de sentir algum tipo de energia, que pode ser luminosa, térmica ou cinética, este dispositivo é utilizado para associar informações a respeito de determinada grandeza que necessite ser medida (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2020).

No presente estudo, o uso de sensores será necessário em todas as etapas, sendo estes os sensores de corrente, luz e temperatura, conforme descrito a seguir.



Figura 3 – Sensor de corrente YHDC SCT013-100

Fonte: YHDC; 2021

Segundo o fabricante, o sensor possui a precisão de 1%, sensibilidade de 0,05V/A e fundo de escala de 100A. Pode-se observar a resposta da saída representada no gráfico, conforme a Figura 4.

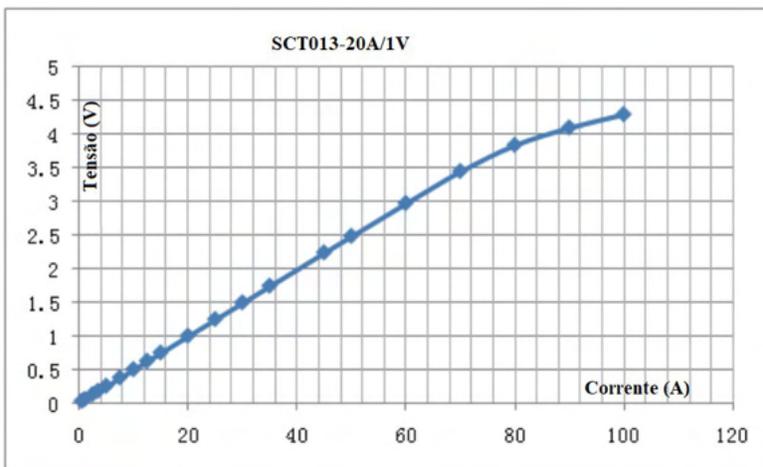


Figura 4 – Gráfico da saída do sensor YHDC SCT013-100

Fonte: YHDC; 2021

Microcontroladores

Os microcontroladores são equipamentos programáveis e podem operar sobre a administração de ações e eventos. Os elementos que compõem um microcontrolador são basicamente um processador, memórias, entradas e saídas, controle temporal, conversores analógicos e digitais, tendo como característica executar ações que possibilitam o controle

de forma remota em sistemas embarcados (SANTOS; LARA JUNIOR, 2019).

Devido às suas características de fácil integração com meios externos, a partir das suas entradas e saídas, os microcontroladores aumentam a praticidade quando se trata de realizar funções complexas, como por exemplo em funções inerentes à automação. Sua conectividade o torna capaz de atuar com a *internet*, tornando possível o desenvolvimento de sistemas de controle e monitoramento juntamente com outros dispositivos, podendo servir como um host de uma página na web, que, através de linguagens como o HTML (*Hiper Text Markup Language*) torne possível ao usuário supervisionar e gerenciar equipamentos que estejam integrados a ele de maneira remota, somando-se a isso a possibilidade de se executar os ajustes e parametrizações de maneira fácil e eficaz (SANTOS; LARA JUNIOR, 2019). No presente estudo utilizou-se o microcontrolador ESP32, Figura 5. O ESP32 foi projetado para suportar temperaturas que variam de -40°C a $+125^{\circ}\text{C}$, possui baixo consumo de energia, possibilita a integração com diversos dispositivos e possui conexão wi-fi e bluetooth (EXPRESSIF, 2021).

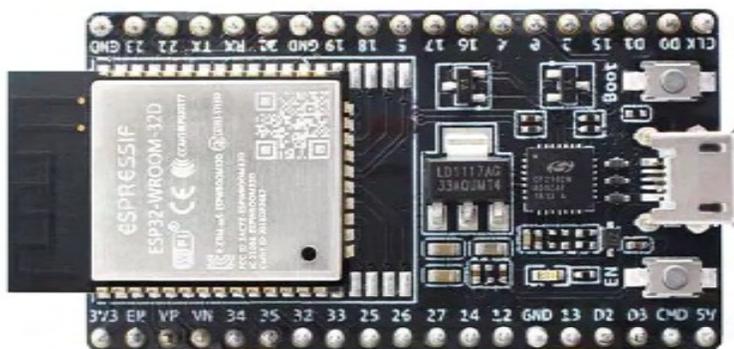


Figura 5 - Microcontrolador ESP32.

Fonte: MOUSER, 2021

METODOLOGIA

Considerações iniciais

Para realizar o desenvolvimento da metodologia, foi feito um diagrama de blocos, ilustrado na Figura 6, que estabelece a sequência de passos a serem desenvolvidos até chegar ao resultado final.

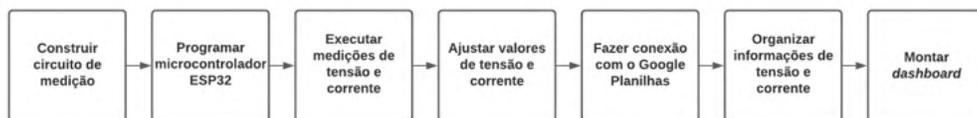


Figura 6 – Diagrama de blocos metodologia.

Fonte: Próprio autor.

Medições

O microcontrolador escolhido para o projeto foi o ESP32. Para iniciar as medições de tensão e corrente torna-se necessário entender como funciona a entrada AD (Analogico/ Digital) do ESP32. A entrada analógica do ESP32 aceita sinais com o nível de tensão de 0 a 3,3V, seu conversor AD trabalha com a resolução de 12 bits = 4095 divisões, ou seja, os 3,3V são divididos em 4095 divisões e cada variação de 0,8mV equivale a uma divisão.

Medição de tensão

Adotando-se um divisor de tensão para a leitura da tensão da rede é possível obter sinais aceitáveis para a entrada do AD do ESP32.

Como o ESP32 faz leituras apenas da tensão positiva é necessário a inserção de uma componente DC, elevando assim a linha média do sinal para o quadrante positivo. Para a regulação da posição da onda foi inserido um potenciômetro de 50 kΩ no circuito. A Figura 7 ilustra o circuito utilizado para obter as medições.

Medição de corrente

Para medição de corrente utilizou-se o sensor de corrente não invasivo da YHDC, o SCT013. Assim como na medição de tensão é necessário elevar o sinal para que suas componentes fiquem no quadrante positivo, e para isso também foi utilizado um potenciômetro de 50 kΩ, a Figura 8 ilustra o circuito com o sensor.

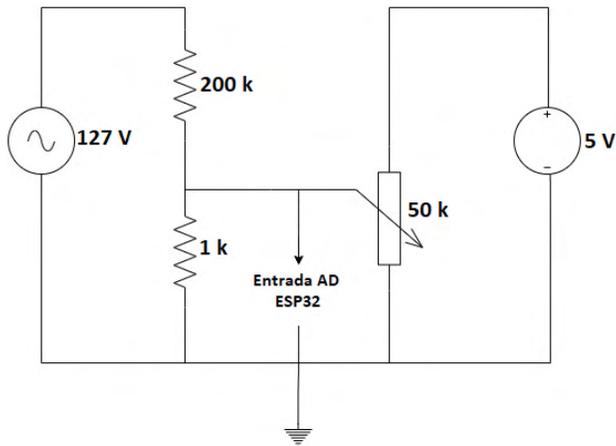


Figura 7 –Circuito construído para medição de tensão.

Fonte: próprio autor.

Na Figura 8 a fonte de 127V é usada como modelo da tensão de saída do ramal onde se pretende realizar a medição, a carga de 3,2kΩ é usada para modelar uma carga genérica à exemplo da impedância do ramal de alimentação onde serão realizadas as medições. O transformador simula o sensor de corrente, sendo que o primário representa o condutor da corrente a ser medida e o secundário o próprio sensor.

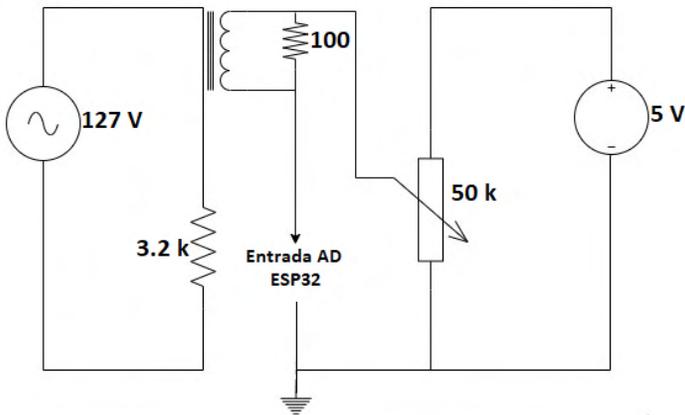


Figura 8 - Circuito construído para medição de corrente.

Fonte: próprio autor.

A Figura 9 ilustra o secundário do circuito do sensor em detalhes, sendo o componente R do circuito um resistor de $100\ \Omega$, o que equivale uma variação de 0 à 1V de saída para uma corrente de 0 a 20A, medida pelo sensor. Como o monitoramento será realizado em um canal que suporta no máximo uma corrente de 40A, decidiu-se manter essa mesma relação, uma vez que quando a corrente atinge um valor de 40A tem-se uma tensão de 2V na saída, obtendo assim um bom aproveitamento da faixa de medição do ESP32, que é de 0 à 3,3V.

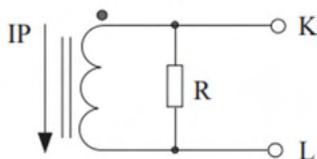


Figura 9 – Diagrama unifilar do sensor de corrente.

Fonte: YHDC; 2021.

Para os testes de funcionamento do protótipo os circuitos de tensão e correntes foram ligados ao ESP32 utilizando um protoboard, como pode-se observar na Figura 10.

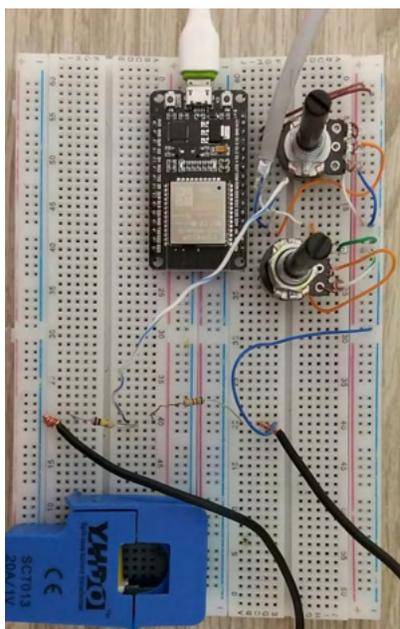


Figura 10 – Protótipo para monitoramento de tensão e corrente.

Fonte: Próprio autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise dos sinais obtidos

Para analisar os sinais dos circuitos de medição de tensão e de corrente, utilizou-se um osciloscópio da marca Tektronics. O primeiro procedimento para tornar o sinal legível ao ESP32 é regular a componente DC através dos potenciômetros, sendo esta ajustada em 1,5V como medida de aproveitamento da entrada AD do ESP, conforme observa-se na Figura 11.

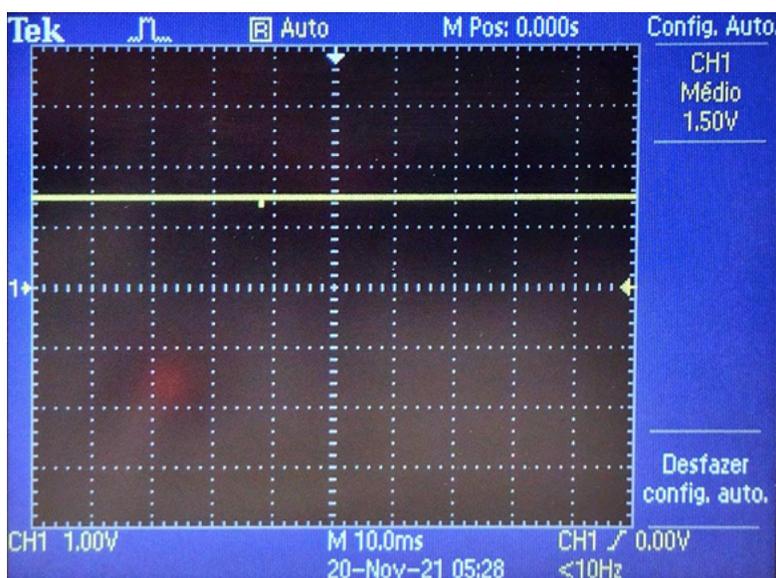


Figura 11 – Imagem da componente DC no osciloscópio.

Fonte: Próprio autor.

Ao inserir a componente AC nos circuitos (de tensão e corrente) tem-se como resultado um sinal senoidal puro, onde a única variação é a amplitude do sinal, conforme a Figura 12 obtida no osciloscópio.

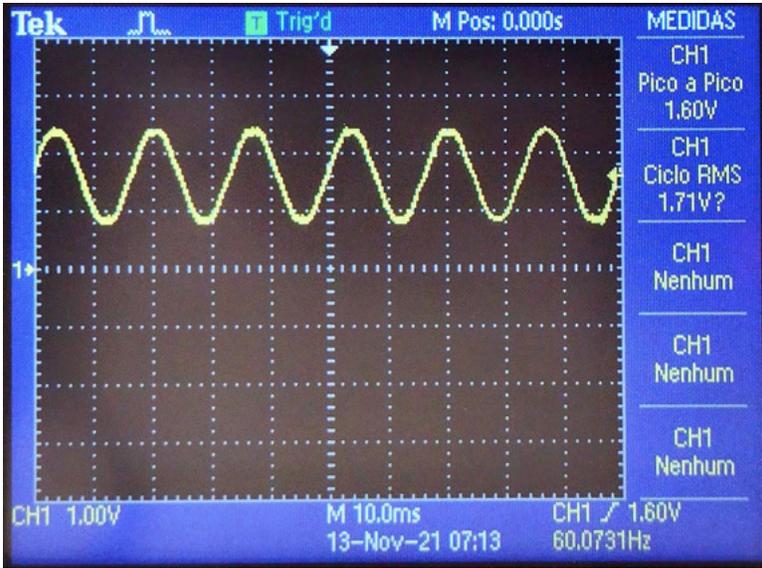


Figura 12 – Imagem da inserção da componente AC medida no osciloscópio.

Fonte: Próprio autor.

Valor RMS de um sinal puramente senoidal

“O conceito de valor eficaz é o resultado de um desejo de fornecer a um resistor de carga a mesma potência média que uma tensão (ou corrente) contínua”. (DORF; SVOBODA, 2016)

Considerando a expressão do valor eficaz (RMS) de um sinal senoidal puramente senoidal é expresso pela equação 1:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} \quad (01)$$

Em que: V_{rms} = valor eficaz da tensão, em volts;

T = período do sinal, em s (segundos);

$v(t)$ = valor da tensão instantânea, em volts;

Adaptando esta expressão aos sinais medidos em um determinado intervalo de tempo delta t ($\Delta t \rightarrow dt$), tem-se a equação 2, em que:

$$V_{rms,med} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=0}^T v_i^2} \quad (2)$$

Substituindo T por n:

$$V_{rms,med} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n v_i^2} \quad (3)$$

Em que: $V_{rms,med}$ = valor eficaz da tensão calculada, em volts;

n = número de medições no período;

v_i = tensão instantânea da tensão medida pelo sensor, em volts.

O valor eficaz da corrente pode ser definido de forma análoga.

Dada a expressão para o valor RMS foi programada a rotina no ESP32 para desenvolver o cálculo. A rotina do cálculo do valor RMS não considera a taxa de amostragem, mas é realizada em taxa adequada e por tempo suficientemente longo para esta aplicação, sendo notado que o ESP32 consegue executar 10 mil vezes por segundo, esse *loop*.

Para ajustar o ganho do sinal na programação do ESP32 foi utilizado um multímetro e um alicate amperímetro. A medição de tensão e corrente realizada pelo ESP32 em comparação com o multímetro e o alicate amperímetro está ilustrada na Figura 1

A Tabela 1 é usada para comparar algumas medições de tensão realizadas com o multímetro e o ESP32, enquanto a Tabela 2 é usada para comparar algumas medições realizadas com o alicate amperímetro e o ESP32. Para calcular o erro foi considerado o valor do multímetro e do alicate amperímetro como valores reais. O erro de medição foi calculado pela equação 4.

$$E\% = |I_m - I_r| / I_r \times 100\% \quad (4)$$

Logo: I_m : valor medido pelo ESP32

I_r : valor medido pelo multímetro.

Tensão registrada pelo ESP32	Tensão medida pelo multímetro	Erro%
100.9V	100V	0,9%
110.5V	110V	0,45%
120.0V	120V	0%
129.2V	130V	0,61%

Tabela 1 – Comparação entre medidas de tensão ESP32/ Multímetro.

Fonte: Próprio autor.

Erro médio de leitura da tensão: 0,36%

Corrente registrada pelo ESP32	Corrente medida pelo alicate amperímetro	Erro%
10.5A	10A	5%
15.8A	15A	5,33%
25,5A	25A	2%
33,0A	35A	5,7

Tabela 2 – Comparação entre medidas de corrente ESP32/ Alicate amperímetro.

Fonte: Próprio autor.

Erro médio de leitura da corrente: 4,11%

Planilhas Google

Para realizar o armazenamento dos dados coletados pelo ESP32, utilizou-se o aplicativo Google Planilhas (*Google Sheets*). O envio de dados do ESP32 para o Google Planilhas foi realizado através de um endereço da internet (URL), sendo que esse tipo de inserção de valores é possível graças a uma programação realizada em Java nas configurações da planilha na aba Extensões → *Apps Script*.

Devido a necessidade de executar esse endereço em um navegador se faz necessário a utilização da biblioteca do ESP32 “*HTTPClient*”, que permite facilmente montar um endereço URL, adicionar as variáveis e enviá-lo para a rede.

A possibilidade de conexão com o ESP32, permitiu que os dados fossem atualizados e armazenados de forma online. Esta aplicação também possibilitou que os dados contidos no Google Planilhas fossem tratados e enviados para o aplicativo *Google Data Studio*, tornando assim possível resumir os dados através de quadros e gráficos para facilitar o entendimento das informações para o usuário.

Dados Coletados

Para se obter as medições, o protótipo foi conectado na saída do disjuntor geral do quadro de distribuição de uma residência, escolheu-se um período de 24 horas com início às 00h00 do dia 05/12/021 para o que o microcontrolador enviasse estas informações à Planilha *Google*, conforme é observado na Figura 13. Foram enviadas informações de data, horário, tensão e corrente para que, posteriormente, fossem realizados os cálculos para se obter as métricas desejadas.

	A	B	C	D
1	Data	Horário	Tensão	Corrente
2	05/12/2021	00:00:49	126.64	1.21
3	05/12/2021	00:01:38	127.08	1.19
4	05/12/2021	00:02:09	127.18	1.20
5	05/12/2021	00:02:38	126.55	1.25
6	05/12/2021	00:03:09	127.00	1.21
7	05/12/2021	00:03:30	127.11	1.18
8	05/12/2021	00:03:59	126.59	1.20
9	05/12/2021	00:04:18	126.83	1.17
10	05/12/2021	00:04:52	126.50	1.13
11	05/12/2021	00:05:14	126.58	1.18

Figura 13 - Informações coletadas pelo ESP32.

Fonte: Próprio autor.

Dashboard

A partir das funcionalidades da Planilha *Google* e sua conectividade com o Google Data Studio, foi possível montar um *dashboard* com as principais informações sobre o ramal em que o protótipo foi conectado. Para se ter acesso à essas informações, que são atualizadas de forma online, basta que o usuário tenha o link do respectivo *dashboard*. Na Figura 14, observa-se o resumo das informações coletadas pelo protótipo desenvolvido por este estudo. Ao analisar os gráficos de tensão e corrente, nota-se que, durante os momentos em que a corrente se eleva, foram detectados afundamentos de tensão, indicando possíveis problemas na instalação elétrica, como um subdimensionamento por exemplo.

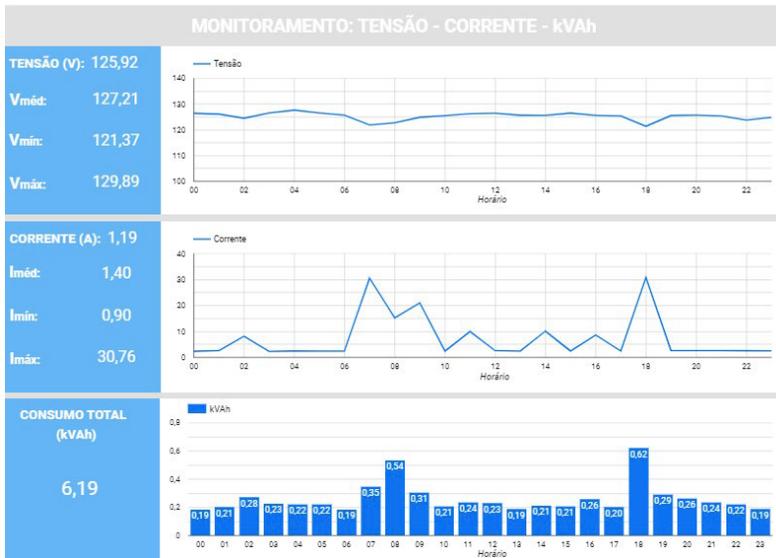


Figura 14 - Dashboard com informações coletadas pelo ESP32.

Fonte: Próprio autor

CONCLUSÃO

O objetivo principal do desenvolvimento deste estudo é fornecer ao usuário uma ferramenta de medições em instalações elétricas. Tais informações podem indicar ao usuário possíveis pontos de melhorias na instalação, possibilitando melhorias nas instalações, troca de equipamentos por mais eficientes, de modo que este possa tomar ações assertivas no uso eficiente da energia elétrica.

Dificuldades Encontradas : grande parte da dificuldade deste trabalho deve-se à pesquisa de como armazenar os dados adquiridos pelo ESP32 de forma prática e que ao mesmo tempo permitisse uma visualização clara ao usuário. O grande diferencial deste trabalho é a forma prática em que foram tratados e exibidos os dados com as ferramentas gratuitas *Google Sheets* e *Google Data Studio*.

Possibilidades de Melhorias: Os gráficos gerados foram resultados de apenas 24 horas de análises, como melhoria pode-se gerar um banco de informações mais robusto, ampliando as gravações por longos períodos.

Pesquisar por ferramentas mais avançadas para a criação de gráficos, de modo que seja possível obter gráficos com informações mais detalhadas.

Incluir no circuito de medição de tensão um transformador isolador para proteção do ESP32.

Criar uma placa impressa com o circuito realizado no protoboard e facilitar as configurações de conexão wi-fi do ESP32 através da conexão *bluetooth*. Incluir nas

medições o fator de potência.

A transferência de dados através do endereço URL varia conforme a qualidade do servidor de serviços Google, fazendo com que o intervalo de envios de dados não mantivessem um mesmo intervalo. Fica como sugestão de melhoria criar uma alimentação da planilha através de um banco de dados.

REFERÊNCIAS

BARROS, B.F.D.; BORELLI, R.; GEDRA, R.L. **Eficiência Energética**: técnicas de aproveitamento, gestão de recursos e fundamentos. São Paulo: Érica, 2015. 152 p. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536518404/>, acesso em 16/5/ 2021.

BOLZANI, C. A. M. **Análise de Arquiteturas e Desenvolvimento de uma Plataforma para Residências Inteligentes**. 2010. 78 f. Tese em Doutorado - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Cap. 1, disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3142/tde-12082010-112005/publico/Tese_Caio_Augustus_Mor, acesso em 14/6/ 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2020**: relatório final / ano base 2019. Rio de Janeiro: Epe, 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf, acesso em 2/5/2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2020**: relatório síntese / ano base 2019. Rio de Janeiro: Epe, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao>, acesso em: 2/5/2021.

DORF, R.; A., SVOBODA, J. **Introdução aos Circuitos Elétricos, 9ª edição**. São Paulo: Grupo GEN, 2016. 9788521631309, disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521631309/>, acesso em: 6/12/2021.

CAMARGO, V. L. A. D. **Elementos de Automação**. São Paulo: Érica, 2014. 151 p, disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536518411/>, acesso em 18/5/2021.

CAPELLI, A. **Energia Elétrica**: qualidade e eficiência para aplicações industriais. São Paulo: Érica, 2013. 272 p, disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536518534/>, acesso em 16/5/2021.

ESPRESSIF. **ESP32**. 2021, disponível em: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>, acesso em 1/6/2021.

GOOGLE. **Google Data Studio Overview**, disponível em: <https://datastudio.google.com/>, acesso em 6/12/2021.

GOOGLE. **Crie Planilhas Avançadas**, disponível em: <https://www.google.com/intl/pt-BR/sheets/about/>, acesso em 6/12/2021.

MOUSER. **Espressif Systems ESP32-C3-DevKitM-1**, disponível em: https://br.mouser.com/images/espressifsystems/irg/ESP32-DevKitC-32D_t.jpg, acesso em 15/6/2021.

PESSÔA, M. S. D. P.; SPINOLA, M. D. M. **Introdução à Automação para Cursos de Engenharia e Gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 333 p. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595153257/>, acesso em 18/5/2021.

PRUDENTE, F. **Automação Predial e Residencial**: uma introdução. Rio de Janeiro: Ltc, 2017. 211 p, disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2024-2/>, acesso em 18/5/2021.

SANTOS, J. W.; LARA JUNIOR, R. C. D. **SISTEMA DE AUTOMATIZAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO CONTROLADO PELO MICROCONTROLADOR ESP32 E MONITORADO VIA SMARTPHONE**. 2019. 23 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso Superior de Tecnologia em Automação Industria, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12133/1/PG_COAUT_2019_1_02.pdf, acesso em 25/5/2021.

THOMAZINI, D.; ABUQUERQUE, P. U. B. D. **Sensores Industriais**: fundamentos e aplicações. 9. ed. São Paulo: Érica, 2020. 248 p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang_pt&id=1qgPEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP15&dq=sensores&ots=RJ4y2FkNVC&sig=RISz83MAoLIHu-0i1ida2krVLww#v=onepage&q&f=false, acesso em 21/6/2021.

YHDC. **Split Core Current Transformer**, 2021. Disponível em: <http://en.yhdc.com/product/SCT013-401.html>. Acesso em: 05 jul. 2021



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br