

**INSTITUTO FEDERAL**

Sertão Pernambucano

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO SERTÃO PERNAMBUCANO  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE SISTEMAS PARA INTERNET  
SISTEMAS PARA INTERNET**

**KELVEM CARLOS FERNANDES GOMES**

**Proposta para Sistema de Automação de Baixo Custo para  
Monitoramento e Controle de Energia**

**SALGUEIRO-PE**

**2024**

**KELVEM CARLOS FERNANDES GOMES**

**Proposta para Sistema de Automação de Baixo Custo para  
Monitoramento e Controle de Energia**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Sistemas para Internet do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Salgueiro, como requisito parcial à obtenção do título de tecnólogo em Sistemas para Internet.

Orientador: Leonardo Corsino  
Campello

**SALGUEIRO-PE**

**2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

F363 Fernandes Gomes, Kelvem Carlos.

Proposta para Sistema de Automação de Baixo Custo para Monitoramento e Controle de Energia / Kelvem Carlos Fernandes Gomes. - Salgueiro, 2024.  
44 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Sistemas para Internet) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Salgueiro, 2024.  
Orientação: Prof. Msc. Leonardo Corsino Campello.

1. Robótica. 2. Internet das coisas. 3. Desenvolvimento de software. 4. Domótica. 5. Automação. I. Título.

CDD 372.358

---

# Proposta para Sistema de Automação de Baixo Custo para Monitoramento e Controle de Energia

Kelvem Carlos Fernandes Gomes<sup>1</sup>, Leonardo Corsino Campello<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano –  
Campus Salgueiro (IFSertãoPE) - Salgueiro - PE - Brazil

kelvem.carlos@aluno.ifsertao-pe.edu.br,  
leonardo.campello@ifsertao-pe.edu.br

**Resumo.** *A energia elétrica é um dos principais avanços da sociedade moderna, ela é um recurso estratégico ligado à capacidade de crescimento econômico e social do mundo, pois ela é fundamental para os mais diversos setores da economia. O uso consciente de equipamentos elétricos, bem como o monitoramento deles é uma das formas que muitas instituições e empresas utilizam para amenizar os custos de energia. Esses sistemas surgem como uma alternativa para monitorar, controlar e otimizar o desempenho energético, reduzindo o consumo e o impacto financeiro deste recurso. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma proposta de sistema de automação para monitoramento de controle acessível, pois esses sistemas têm um custo elevado, impedindo das diversas camadas da sociedade obtê-lo.*

**Abstract.** *Electricity is one of the main advances in modern society, it is a strategic resource linked to the world's capacity for economic and social growth, as it is fundamental for the most diverse sectors of the economy. The conscious use of electrical equipment, as well as monitoring them, is one of the ways that many institutions and companies use to mitigate energy costs. These systems emerge as an alternative to monitor, control and optimize energy performance, reducing the consumption and financial impact of this resource. Thus, this work aimed to develop a proposal for an automation system for accessible control monitoring, as these systems have a high cost, preventing the various layers of society from obtaining it.*

## 1. Introdução

A energia elétrica é um dos principais avanços da sociedade moderna, ela é um recurso estratégico ligado à capacidade de crescimento econômico e social do mundo, pois ela é fundamental para os mais diversos setores da economia. O uso consciente de equipamentos elétricos, bem como o monitoramento deles é uma das formas que muitas instituições e empresas utilizam para amenizar os custos de energia. Esses sistemas surgem como uma alternativa para monitorar, controlar e otimizar o desempenho energético, reduzindo o consumo e o impacto financeiro deste recurso. Porém mesmo que esses sistemas geram impactos significativos, adotar seu uso de maneira ampla é um desafio bem grande a ser enfrentado. Segundo o Mundo Educação (2024), a eletricidade está presente em tudo que envolve no aspecto do nosso cotidiano como “aquecedores, aparelhos de ar condicionado, lâmpadas, chuveiros e ferros elétricos” são alguns dos exemplos de aparelhos do dia a dia que precisam de eletricidade para funcionar. Diante do cenário onde o uso em excesso de energia resulta em aumento de tarifa, surge a busca por soluções que possam tornar a automação residencial mais acessível e amplamente adotada.

Considerando que entre 2003 e 2018 o custo da energia elétrica aumentou cerca de 42% acima da inflação média do período, estratégias que visem eficiência energética, apresentam potencial de redução de custos pela gestão otimizada desse recurso. Essa redução impacta significativamente no orçamento dos consumidores, que sejam eles consumidores vinculados aos setores comercial, industrial, e/ou órgãos públicos, que sejam eles consumidores residenciais e prediais. Esse impacto econômico, obtido a partir da redução dos custos com energia, impacta também na competitividade do órgão, uma vez que esse pode alocar recursos em outras áreas, aumentando seu poder de investimento e seu potencial de crescimento.

O impacto econômico gerado a partir da eficiência energética resulta ainda em um perfil de consumidores mais resiliente, menos suscetíveis a impactos econômicos externos, e sustentável, ao racionalizar o consumo energético gerando impacto econômico, social e ambiental. O consumo energético mais racional tende a reduzir a pressão sobre a demanda energética nacional, o que resulta em uma redução de preço para todos os consumidores. Impactando dessa forma, não apenas os consumidores que utilizam as soluções de eficiência energética, mas também democratizando a todos o acesso a esse insumo tão importante por um custo mais acessível, gerando em uma menor carga sobre o orçamento e, em última escala, reduzindo barreiras de acesso a bens e serviços essenciais.

Segundo um estudo realizado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2023), o consumo de energia nas residências e também pelas pequenas empresas cresceram 2,5%, devido às altas ondas de calor que aumentaram o uso de ventiladores e ar condicionado. Esse número tende a aumentar conforme o passar dos anos, no entanto, esse aumento no consumo de energia elétrica traz consigo desafios, principalmente na questão de acessibilidade no que diz respeito a custo financeiro e sustentabilidade. Embora as soluções de automação venham a surgir para otimizar o uso de energia, elas ainda enfrentam barreiras. Um exemplo disso é um estudo sobre (integrating smart energy management system with internet of things and cloud computing for efficient demand side management in smart grids) analisado por Neves et al. (2024). As dificuldades encontradas no projeto analisado dizem respeito a padronização de protocolo de comunicação, regulamento de segurança e otimização de desempenho. Apesar de fornecerem conforto, praticidade e potencial econômico, sistemas de automação têm um custo financeiro muito elevado e fora do alcance de muitos. Sem falar também que dependendo da região onde será testado a solução, uma coisa que vai impactar muito é a conexão. Um sistema de automação integrado com muitos serviços exige boa conexão. Isso experimentei na prática quando aprendi a controlar microcontroladores.

“A interface entre energia e meio ambiente é complexa e em constante evolução, com várias interações que geram preocupações ambientais, como as mudanças no uso do solo devido à exploração de combustíveis, impactos estéticos, poluição térmica, geração de ruídos, e outros fatores” (DINÇER, 1998; TESTER et al., 2005 apud SOUZA, 2012, p. 27). Sem falar também dos problemas relacionados às mudanças climáticas, elas causam um impacto financeiro também por conta do uso de dispositivos como ventiladores e ar-condicionados. O que resultará em mais uso de dispositivo em uma

residência podendo ou não causar um aumento de tarifa devido ao uso em excesso. Segundo Santana (2020, p. 100, citado por Miranda) "o uso de fontes renováveis passa a ser a melhor opção para obtermos resultados positivos e sem danos ambientais". Diante dos desafios apresentados pelo aumento do consumo de energia e pela dependência de fontes não renováveis, surge a necessidade de buscar soluções inovadoras e sustentáveis que possam mitigar os impactos ambientais e tornar a energia mais acessível para todos os segmentos da sociedade. Nesse contexto, a automação residencial emerge como uma alternativa promissora para otimizar o uso de energia, proporcionar conforto e praticidade aos usuários e contribuir para a redução do impacto ambiental. No entanto, a acessibilidade financeira e a disponibilidade de tecnologias acessíveis continuam sendo desafios a serem enfrentados. Assim, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de automação acessível para a população de baixa renda, que seja fácil de usar e amplamente adotado, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a melhoria da qualidade de vida dos habitantes da região.

## **1.1 Objetivos**

O objetivo deste trabalho é propor o desenvolvimento do sistema de monitoramento e controle de energia acessível, e também demonstrar a viabilidade da economia de energia através do controle eficiente dos equipamentos em ambientes domésticos, atendendo à necessidade de praticidade, conforto e economia de forma acessível para a população local.

### **1.1.1 Objetivos Específicos**

- Desenvolver uma análise, onde irei estudar outras tecnologias que já estão estabelecidas no mercado, e que também estão em desenvolvimento para poder identificar as que se adequam melhor para a região.
- Descrição de componentes essenciais para criação do protótipo, com todos os componentes em mãos, será feita uma elaboração do protótipo mostrando seu funcionamento.
- Elaboração do modelo de arquitetura, o modelo irá explicar como vai funcionar a comunicação entre os protótipos e sistema que será desenvolvido.
- Estabelecer estratégias de manutenção e instalação dos equipamentos.
- Avaliação da viabilidade técnica e econômica do sistema proposto, considerando o uso de fontes de energia renováveis e as necessidades específicas do público-alvo.
- Analisar os desafios e limitações do projeto é essencial para garantir uma abordagem realista e eficaz. Essa análise permite identificar possíveis obstáculos e restrições que possam impactar o desenvolvimento e a implementação do sistema, como limitações técnicas, financeiras, ou mesmo contextuais.

## **2. Revisão da Literatura**

### **2.1. Fundamentação teórica**

A automação residencial, conhecida também como domótica, é uma área que se trata do uso de sistemas integrados que atendem diversas necessidades em residências, tais como segurança, comunicação, gestão energética e conforto (Muratori; Dal Bó, 2011). Segundo a Asociación Española de Domótica (2020), a domótica envolve a automatização e o controle aplicados à residência através de equipamentos que são capazes de se comunicar entre si e seguir instruções programadas pelo usuário, proporcionando maior qualidade de vida, redução do trabalho doméstico, aumento do bem-estar e segurança, racionalização do consumo de energia, e oferecendo continuamente novas aplicações.

A integração dos sistemas de automação é essencial na domótica para a execução de diversas tarefas que são programáveis, envolvendo não só sistemas de instalações elétricas, mas também segurança, sistemas multimídias, comunicação e utilidades domésticas (Asociación Española de Domótica, 2020).

Nos últimos anos, a automação residencial tem crescido bastante devido à popularidade da tecnologia e ao desenvolvimento de soluções mais acessíveis em termos de custo e uso por diversos fabricantes (CARVALHO, 2015). Muitas dessas soluções dispensam grandes mudanças estruturais, que adotam conexões sem fio para comunicação e adaptando-se aos padrões de instalação mais utilizados no país.

#### **2.1.1. Internet das Coisas**

A Internet das Coisas (IoT) refere-se à revolução tecnológica que permite o aumento do número de dispositivos conectados à rede (Atzori; Iera; Morabito, 2010). O conceito original de Internet das Coisas foi proposto por Kevin Ashton em 1999 e descreve objetos interativos e interconectados que são identificados exclusivamente por meio da tecnologia RFID (Galeale et al., 2016). Desde então, a definição de Internet das Coisas evoluiu para descrever uma infraestrutura de rede globalmente auto configurável e dinâmica, baseada em protocolos de comunicação padrão e interoperáveis. Segundo Sônego, Marcelino e Gruber (2016), a Internet das Coisas representa um novo paradigma que promove a integração de objetos do cotidiano com a Internet, incluindo o campo de sensores e agentes sem fio. Os dispositivos IoT têm muitos requisitos diferentes e terão um grande impacto na forma como as pessoas interagem com o meio ambiente. Em 2018, havia uma estimativa que existiam cerca de 17,8 bilhões de dispositivos ligados à Internet, incluindo 7 bilhões de dispositivos IoT. As previsões mostram que, até 2025, o número de dispositivos conectados poderá atingir os 50 bilhões, dos quais os dispositivos IoT representam mais de 70% (Correa, 2018).

A tecnologia IoT inclui muitos tipos de sensores, dispositivos e dados, permitindo o desenvolvimento de muitas aplicações em diversos campos. Estes setores podem ser agrupados em três categorias principais: (i) setores industriais, (ii) setores de saúde e bem-estar, e (iii) cidades inteligentes (Borgia, 2014). Essas tecnologias estão intimamente relacionadas à automação residencial porque proporcionam a capacidade

de integração de diversos dispositivos, controle e monitoramento em tempo real, além de gerar dados que podem ser utilizados para tomada de decisões e controle remoto. No entanto, apesar das oportunidades que a Internet das Coisas oferece para a criação de aplicações inovadoras, a diversidade de dispositivos e domínios também cria alguns desafios.

### **2.1.2. Big data**

Presumindo cerca de 20 bilhões de dispositivos conectados à Internet, de acordo com estimativas anteriores (Boeira, 2020), o volume de dados gerado nos últimos 2 anos excedeu a quantidade produzida em toda a história. Conceitualmente, o aumento de volume, variedade e velocidade dos dados podem ser definidos como Big Data, ou seja, um conjunto de dados que fica cada vez maior e mais complexo (Gandomi; Haider, 2015).

Soluções de Big Data buscam estruturar um grande volume de dados para poder extrair informações relevantes, relacionando-os entre si. Por exemplo, o Facebook armazena, acessa e analisa mais de 50 petabytes de informações geradas pelos usuários, como por exemplo, fotos, comentários, geolocalização e vídeos (Garcia, 2020). A análise dessas informações, considerando a interação entre usuários e as páginas, pode ser usada para modelar o interesse do usuário, traçando um perfil conforme seus gostos e também sugerir postagens e publicidades relevantes. Nesse exemplo, é importante ressaltar novamente os três "Vs" que fundamentam o Big Data: grande volume de dados, grande variedade e análise em velocidade que permita respostas quase em tempo real.

Em relação a automação, o uso de sensores em rede gera um grande volume de dados que precisam ser analisados em alta velocidade. Por exemplo, um sensor de incêndio deve ter uma resposta imediata após a detecção de risco de incêndio, pois qualquer atraso no acionamento do alarme irá aumentar o perigo para a integridade do ambiente e dos usuários monitorados. Dados de sensores, como os de incêndio, são estruturados e podem ser interpretados facilmente por sistemas autônomos com alta velocidade. Por outro lado, dados não estruturados, como imagens de câmeras de segurança para identificação biométrica por reconhecimento facial ou imagens de câmeras térmicas, requerem mais processamento em sistemas otimizados para respostas dinâmicas (Garcia, 2020).

### **2.1.3. Inteligência Artificial**

O termo "Big Data" refere-se a uma quantidade significativa de dados que pode ser interpretada por meio de processos estabelecidos, principalmente quando se trata de dados estruturados. Por outro lado, para transformar esse volume de dados não estruturados em conhecimento útil para a tomada de decisões, são necessários sistemas inteligentes, muitos dos quais dependem da inteligência artificial (IA).

A inteligência artificial é uma invenção tecnológica que tem um grande impacto em vários setores e perspectivas da sociedade. A inteligência artificial não é um campo novo, apesar da sua popularização nos últimos anos. Warren McCulloch e Walter Pitts

criaram a inteligência artificial pela primeira vez em 1943. Um modelo de neurônio artificial foi proposto pelos autores neste trabalho usando seu conhecimento de fisiologia do cérebro humano, atividade neuronal e teoria da computação de Turing. Neste modelo, os neurônios mostram comportamento binário e se conectam com os neurônios próximos para gerar reações que dependem de um estímulo.

Embora o trabalho tenha sido feito há quase oitenta anos, McCulloch e Pitts estabelecem várias áreas da inteligência artificial. Os neurônios artificiais são a base de técnicas como redes neurais convolucionais, evolutivas e tradicionais (Arel; Rose; Karnowski, 2010). É importante destacar que a modelagem desses neurônios é completamente diferente da proposta original devido aos grandes avanços nas técnicas de estatística, algoritmos (principalmente da retropropagação) e hardware disponível.

Em 1987, a IA passa a ser considerada uma ciência fundamentada nos preceitos do método científico. A partir da década de 80, ela passa a ter muitas aplicações industriais ao ser empregada juntamente com outras tecnologias de vanguarda, como a robótica, visão computacional e representação de conhecimento (Russel; Norvig, 2010).

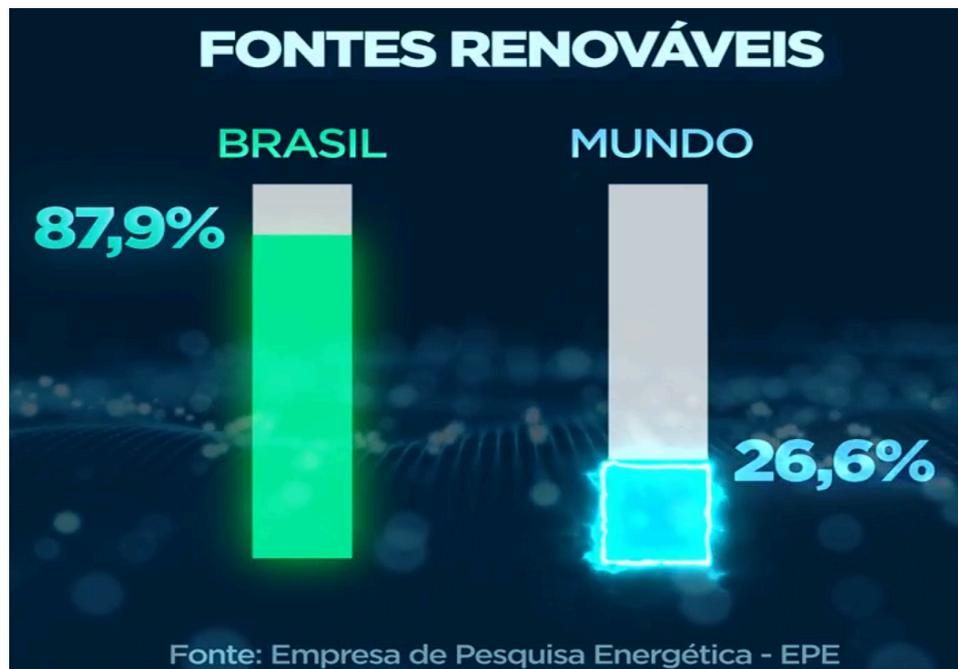
Quando uma solução baseada em um algoritmo determinístico não é possível ou viável, a inteligência artificial é essencial. Muitas vezes, é impossível implementar todos os cenários possíveis para um sistema em particular. Assim, a inteligência artificial, capaz de interpretar dados e fornecer soluções, surge como uma opção. É importante destacar que, embora o treinamento de máquina dependa de conjuntos de dados, o aprendizado não se limita à memorização desses cenários; em vez disso, ele se concentra na generalização de comportamentos em diferentes situações. Assim, quando as circunstâncias são anômalas, o algoritmo pode chegar a uma solução baseando-se nas similaridades e diferenças entre as situações que foram treinadas.

### **3. Trabalhos Relacionados**

Em um artigo publicado na Universidade Federal de Rondônia sobre Automação predial, foi realizado um estudo com o objetivo de identificar as principais fontes de energia renováveis no Brasil, sua aplicabilidade e os benefícios atribuídos a elas. Embora soluções de automação tenham surgido cada vez mais ao longo dos anos, muitas dessas soluções acabam deixando de lado o uso de energia renovável em sua construção. Isso representa uma oportunidade perdida, considerando os benefícios ambientais e econômicos que as fontes de energia limpa podem proporcionar. A integração de tecnologias de automação com energias renováveis não só reduziria a pegada de carbono das operações, mas também poderia resultar em economias significativas a longo prazo.

Além disso, a adoção de energias renováveis em sistemas automatizados pode aumentar a resiliência energética, diminuindo a dependência de fontes de energia não renováveis e sujeitas a flutuações de preço. Empresas que investem em soluções sustentáveis tendem a melhorar sua imagem pública, atraindo consumidores e investidores que valorizam práticas ambientais responsáveis. Para que essa integração seja bem-sucedida, é crucial que haja um esforço colaborativo entre desenvolvedores de tecnologia, governos e instituições de pesquisa.

Figura 1. Recorde no brasil energia limpa



Fonte: G1 (2024).

Segundo uma notícia publicada, o Brasil bateu recorde de geração de energia limpa em 2023, com cerca de 93,1% da energia gerada vindo de fontes renováveis (G1, 2024). A Câmara de Comercialização também apresentou um aumento de 63,9% na geração distribuída, isso quando os próprios consumidores produzem sua própria energia, principalmente a partir de placas solares instaladas nos telhados de suas residências. Essa quantia, de acordo com a publicação, é adicionada à rede da distribuidora local.

Como os métodos de energia limpa oferecem resultados positivos e minimizam os danos ao meio ambiente, eles se tornam uma opção superior. Com sua baixa emissão relativa de gases poluentes, o Brasil é uma referência mundial em energias limpas. A participação das fontes renováveis na capacidade instalada de geração do país é de 87,9%, contra apenas 26,6% da média mundial. Segundo Santana e Ribeiro, "É nessa linha de raciocínio que uma série de alternativas associadas à geração de energia vêm sendo desenvolvidas ao longo dos últimos anos, levando em consideração questões ambientais, tecnológicas, políticas e sociais, como a energia hidroelétrica, termoelétrica, biomassa, de marés, eólica, entre outras (ABRAMOWSKI e POSORSKI, 2000; MARTINS, GUARNIERI e PEREIRA, 2008; BRASIL, 2010)." (SANTANA; RIBEIRO, 2024, p. 3).

A implementação de um método de energia limpa pode resultar em um custo inicial considerável. Existem muitos recursos de energia renovável que ainda são mais caros do que os métodos tradicionais, o que pode impedir sua adoção em larga escala. O texto citado acima oferece uma visão clara e bem fundamentada sobre a evolução das tecnologias de energia renovável e a necessidade de encontrar soluções acessíveis para diferentes contextos. A citação de Santana e Ribeiro destaca um aspecto crucial: a

constante evolução das alternativas de geração de energia, considerando os aspectos ambientais e tecnológicos. Esse ponto é crucial porque mostra que as energias renováveis estão em constante desenvolvimento, apesar dos elevados custos iniciais, o que pode resultar em custos mais baixos e mais eficiência no futuro. Além disso, a adoção dessas tecnologias representa um compromisso com a sustentabilidade e a preservação ambiental, além de um assunto financeiro. Portanto, é essencial considerar tanto os desafios financeiros quanto os benefícios a longo prazo ao discutir a implementação de energias renováveis. A inovação tecnológica e a evolução das políticas públicas podem contribuir significativamente para tornar essas fontes de energia mais acessíveis e viáveis para um número maior de pessoas e empresas. O comentário sobre os custos associados às tecnologias de energia limpa é pertinente e reflete uma realidade que muitos enfrentam ao considerar a adoção dessas soluções. A observação de que as tecnologias, como a solar, estão se aproximando da competitividade comercial é um sinal positivo, mas também ressalta a necessidade contínua de inovação e aperfeiçoamento.

Dando continuidade ao artigo publicado em uma universidade, Segundo Neves et al. (2024), a automação de tarefas administrativas tem beneficiado várias agências governamentais (Vieira, 2019). Essa tecnologia tem reduzido significativamente os erros, o tempo gasto e as despesas associadas às atividades. Este assunto é muito importante para o trabalho, pois pretendo alcançar esses objetivos. A automação torna os processos mais precisos e eficientes e reduz os erros humanos. Os sistemas automatizados podem melhorar os resultados e reduzir o retrabalho. A automação também melhora a segurança e a agilidade da gestão, beneficiando todas as etapas do processo. Portanto, essas funcionalidades melhoram o desempenho e a produtividade.

**Figura 2. Sistema de gestão de processos**

The image shows a screenshot of a web-based process management system. The header includes the logo 'seil' and the text 'SEI PMPA - 3.0.15'. The main content area is titled 'Iniciar Processo' and contains several input fields and dropdown menus. The 'Tipo do Processo' dropdown is set to 'PAGAMENTO - Nota Fiscal/Fatura/Recibo'. The 'Especificação' field contains 'loc...'. The 'Classificação por Assuntos' dropdown is set to '03.01.01.04 - Emissão de liquidação de despesa empadronada (pagamento) com serviços contratados'. There are also fields for 'Interessados' and 'Observações desta unidade'. At the bottom, there is a 'Nível de Acesso' section with three radio buttons: 'Sigiloso', 'Restrito', and 'Público', with 'Público' selected.

Fonte: VIEIRA (2019).

O estudo de caso da Prefeitura de Porto Alegre sobre um sistema de gestão de processos mostrou que a automação fez com que a gestão fosse mais ágil e transparente, além de melhorar a eficiência e a qualidade dos serviços oferecidos. Assim, a automação se tornou uma ferramenta vital para a modernização do setor público, ajudando a melhorar a gestão e o atendimento aos cidadãos. Por outro lado, a automação residencial ainda enfrenta desafios significativos em âmbito nacional, como a necessidade de sistemas mais acessíveis e a introdução de novos produtos no mercado. Farias et al. (2023) destacam que a difusão dessa tecnologia é limitada e que é fundamental criar soluções de automação acessíveis para promover sua adoção mais ampla. O desenvolvimento e a introdução de produtos inovadores são passos cruciais para expandir a automação residencial e torná-la uma realidade acessível para um maior número de pessoas. Além disso, a automação pode ser aplicada em diversos setores, incluindo a agricultura. O uso de drones para monitorar áreas e até mesmo pulverizar campos de cultivo é um exemplo disso. Esses drones podem aplicar fertilizantes, pesticidas e herbicidas, fornecendo uma solução rápida e eficaz para a agricultura.

**Figura 3. Automação agrícola com drones**



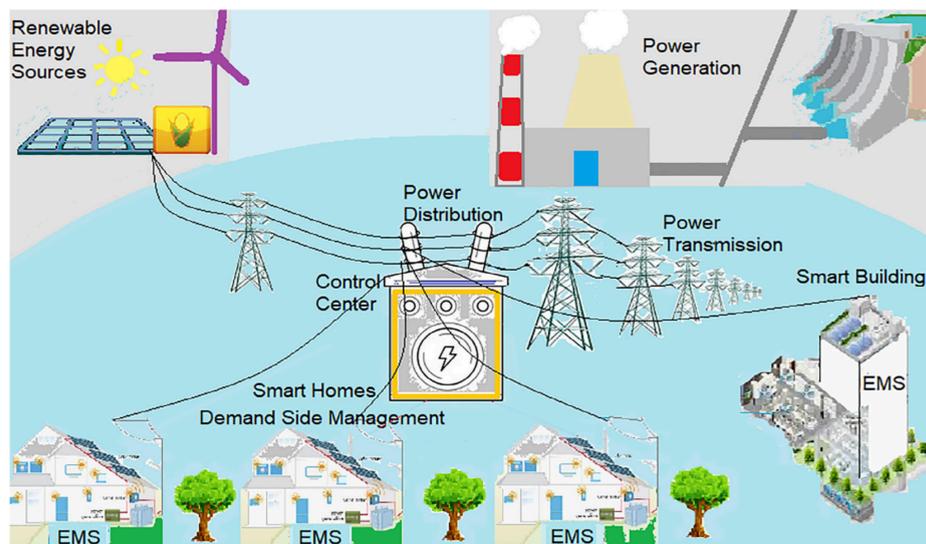
Fonte: Fertimacro (2021).

Segundo Sousa et al. (2014), a automação de equipamentos agrícolas tem sido essencial para aumentar a produtividade das atividades e garantir a segurança alimentar. A automação permite maior precisão no plantio e na colheita, reduzindo o desperdício de água e insumos agrícolas e ajudando na tomada de decisões mais assertivas e na diminuição de erros humanos.

Assim como na agricultura, a automação e a integração de tecnologias emergentes têm mostrado resultados promissores em outros setores, como o gerenciamento de energia. No artigo de Neves et al. (2024), apontou para uma pesquisa realizada por Saleem e sua equipe, foi afirmado que a integração de computação em nuvem e Internet das Coisas (IoT) desempenha um papel crucial no Gerenciamento de Demanda de Sistemas de Energia (DSM) para Smart Grids (SG). Essa combinação tecnológica permite o desenvolvimento de Sistemas de Gerenciamento de Energia (SEMS), que otimizam de forma eficaz a Eficiência Energética (EE) em edifícios. O estudo destaca a eficácia do

SEMS na implementação de estratégias de DSM, utilizando dados em tempo real provenientes de dispositivos IoT, análises baseadas em nuvem e técnicas de controle. A abordagem apresentada se concentra na implementação de SEMS em quatro edifícios, integrando o middleware ECON e IoT para gerenciar o consumo de energia. A coleta contínua e análise de dados de unidades HVAC oferece informações valiosas sobre padrões de consumo, permitindo rastreamento e gerenciamento remotos por meio de um aplicativo móvel intuitivo (Saleem et al., 2023).

**Figura 4. Representação do Smart Grid**



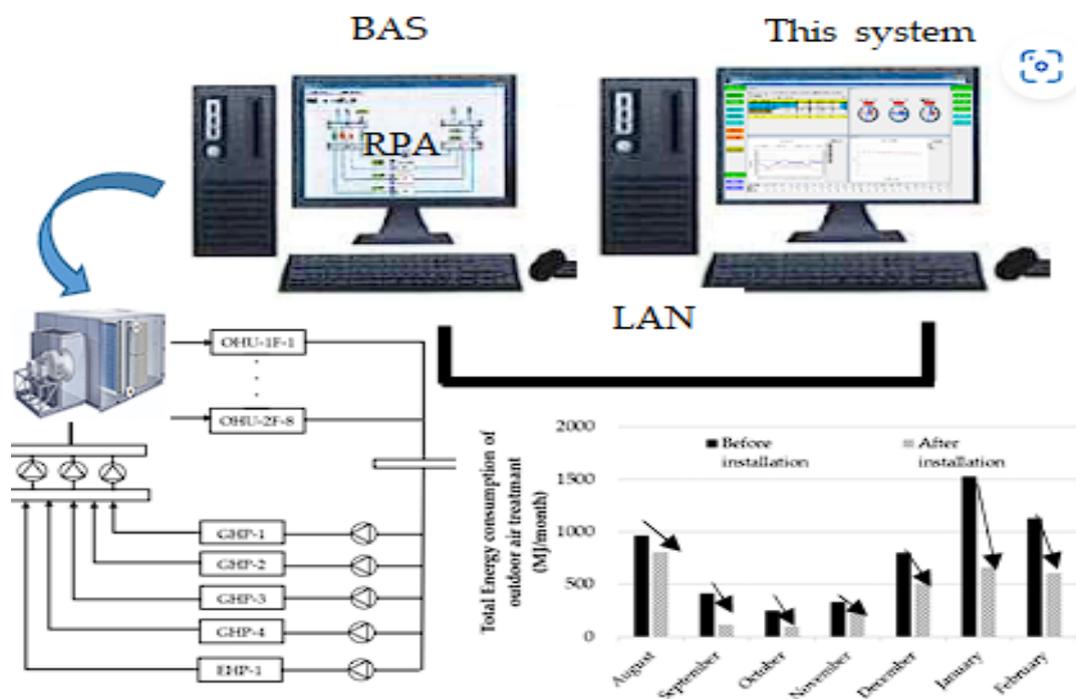
Fonte: SALEEM (2023).

Os resultados dos testes demonstram economia de energia elétrica variando entre 15% a 49%, indicando um potencial significativo do sistema para reduzir custos e promover a sustentabilidade em vários setores. No entanto, existem limitações, como a padronização de protocolos de comunicação, regulamentos de segurança e infraestrutura em países subdesenvolvidos. A pesquisa de Saleem et al. (2023) enfatiza a importância da integração de tecnologias avançadas, como computação em nuvem e IoT, para otimizar a eficiência energética através de Sistemas de Gerenciamento de Energia (SEMS). Esse enfoque é diretamente relevante para minha proposta de sistema de automação para monitoramento e controle de energia acessível, pois também visa utilizar dados em tempo real para otimizar o consumo de energia. A eficácia comprovada na economia de energia, variando de 15% a 49%, destaca o potencial dessas tecnologias para promover a sustentabilidade. No entanto, as limitações mencionadas, como a padronização de protocolos e a infraestrutura em países subdesenvolvidos, são pontos cruciais a serem considerados no desenvolvimento do meu sistema, especialmente ao pensar em sua implementação em diferentes contextos regionais.

Além disso, o autor Neves apontou para mais pesquisas como uma conduzida por Yamamoto e sua equipe em 2020, foi desenvolvido e implementado um sistema de automação de edifícios BAS. O sistema é capaz de realizar quatro operações específicas: fonte de calor, ajustes na temperatura da água de abastecimento da fonte de calor,

modulação de volume de entrada de ar externo e ajustes de temperatura ambiente, tudo isso por meio de RPA (Robotic Process Automation), capaz de controlar todas as funções BAS. Segundo Yamamoto, a prática desse sistema foi realizada em um shopping, onde ajustes no volume de entrada de ar externo foram feitos para otimizar a eficiência energética. Os resultados iniciais mostram uma significativa economia total de energia, com uma redução notável tanto no processamento de ar externo quanto nas emissões de CO<sub>2</sub>. O projeto de Yamamoto apontou futuras melhorias para avaliar melhor seu sistema de acordo com seus Macros estabelecidos.

**Figura 5. Configuração Sistema BAS**



Fonte: Yamamoto (2020).

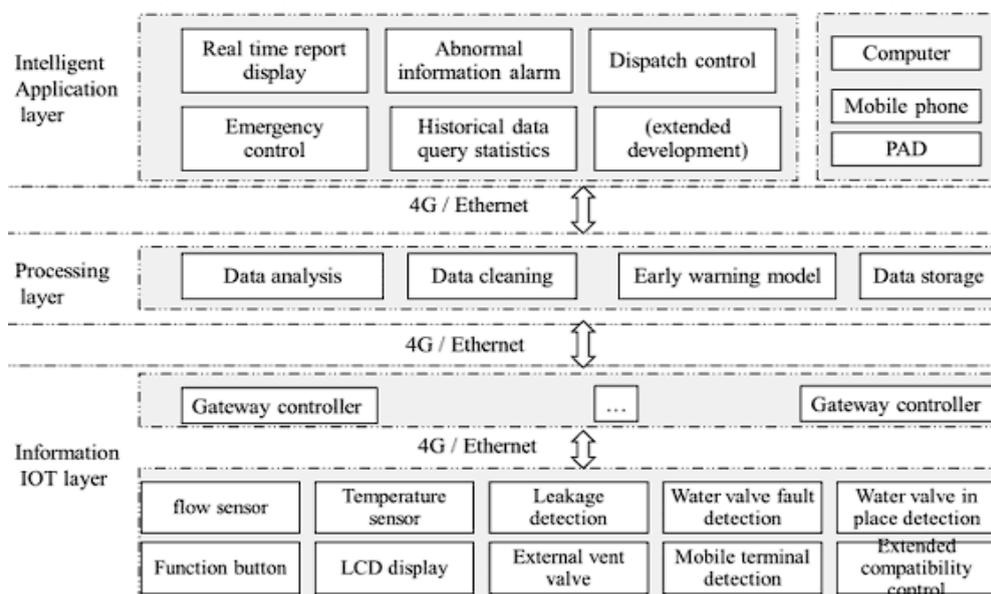
A pesquisa de Yamamoto et al. (2020) sobre sistemas de automação de edifícios (BAS) demonstra o uso eficaz da Robotic Process Automation (RPA) para otimizar a eficiência energética. A aplicação deste sistema em um shopping, resultando em uma significativa economia de energia e redução de emissões de CO<sub>2</sub>, destaca a viabilidade prática de tais tecnologias. Este estudo é relevante para minha proposta, pois ressalta a importância da automação no controle de variáveis ambientais e na melhoria da eficiência energética. A redução das emissões de CO<sub>2</sub> também se alinha com os objetivos de sustentabilidade ambiental da minha proposta. A necessidade de futuras melhorias no sistema de Yamamoto também sugere a importância de um desenvolvimento contínuo e de avaliações regulares para garantir a eficácia e a adaptação do sistema a diferentes condições operacionais.

De maneira complementar, o artigo de Huang (2021) apresenta uma abordagem inovadora e tecnicamente avançada para o monitoramento e controle de sistemas centrais de ar condicionado, ao integrar um módulo MCU (Microcontrolador) com GPRS (Serviço de Rádio por Pacotes Gerais) para a transmissão sem fio de dados. A

aplicação da tecnologia IoT (Internet das Coisas) destaca-se como um elemento central para a criação de um dispositivo de aquisição de dados, que permite a detecção eficaz do estado do sistema central de ar condicionado.

A sinergia entre MCU e GPRS oferece uma solução robusta e flexível, proporcionando monitoramento remoto tanto por terminais de computador quanto por dispositivos móveis. Esse aspecto é crucial, pois amplia a acessibilidade e a capacidade de gerenciamento dos sistemas de ar condicionado, independentemente da localização do usuário. A ênfase na construção de um diagrama detalhado do sistema de aquisição e controle reforça o planejamento meticuloso e a estruturação do projeto, garantindo que suas funções sejam realizadas de maneira eficiente.

**Figura 6. Estrutura geral do sistema - Huang**



Fonte: Huang (2021).

A integração da IoT no projeto de Huang alinha-se com a crescente demanda por tecnologias que não apenas melhoram a eficiência energética, mas também oferecem soluções práticas e de fácil implementação para o monitoramento e controle de sistemas complexos. Esta abordagem é particularmente relevante no contexto da minha proposta de sistema de automação para monitoramento e controle de energia acessível, que visa promover a sustentabilidade ambiental e a eficiência energética.

Ao focar na otimização do controle e na monitorização do sistema central de ar condicionado, o trabalho de Huang abre possibilidades para melhorias contínuas e otimização do desempenho. Isso é especialmente importante para garantir que tais sistemas sejam não apenas eficientes, mas também sustentáveis e economicamente viáveis.

A abordagem de Huang (2021) destaca o uso de IoT para o monitoramento e controle de sistemas centrais de ar condicionado, integrando MCU e GPRS para transmissão de

dados. Esta sinergia tecnológica oferece uma solução robusta e flexível, crucial para a acessibilidade e o gerenciamento remoto, características que são altamente relevantes para minha proposta. A ênfase na facilidade de implementação e na eficiência energética reforça a viabilidade de soluções IoT no contexto de sistemas de automação acessíveis. O trabalho de Huang sublinha a importância do planejamento meticuloso e da estruturação eficiente do projeto, aspectos que são fundamentais para garantir a sustentabilidade e a viabilidade econômica do sistema proposto. Além disso, a capacidade de monitoramento remoto é uma característica que alinha diretamente com os objetivos da minha proposta de sistema de automação para monitoramento e controle de energia.

Dando continuidade, o artigo de Rafeeq e sua equipe (2019) descreve a implementação da automação do sistema de ar condicionado (AC) por meio do desenvolvimento de uma interface gráfica (GUI) supervisora e de controle, utilizando um Controlador Lógico Programável (CLP). A conectividade entre o GUI e o CLP facilita a interação com o sistema AC em diversas condições de operação. Além disso, o sistema projetado incorpora recursos de intertravamento de segurança para verificar as condições antes de iniciar as operações, sequenciando o início do soprador e do compressor com um atraso de tempo determinado para garantir o funcionamento saudável do compressor. Destaca-se a preocupação com a eficiência energética e a redução de erros operacionais humanos, demonstrando uma abordagem abrangente para otimizar o desempenho do sistema AC (Rafeeq et al., 2019).

O estudo de Rafeeq et al. (2019) sobre a automação de sistemas de ar condicionado (AC) utilizando uma interface gráfica supervisora (GUI) e um Controlador Lógico Programável (CLP) destaca uma abordagem abrangente para otimizar o desempenho e a eficiência energética. A incorporação de intertravamento de segurança e a sequência controlada de operações são aspectos importantes que garantem a segurança e a eficácia do sistema, minimizando erros operacionais humanos. Esta metodologia é particularmente relevante para minha proposta, pois a utilização de uma interface intuitiva e a automação controlada podem ser aplicadas ao sistema de monitoramento e controle de energia acessível, promovendo a eficiência energética e a redução de custos. A preocupação com a segurança e a minimização de erros operacionais também são considerações cruciais que devem ser integradas no desenvolvimento do meu sistema para garantir sua robustez e confiabilidade.

De acordo com outra linha de pesquisa, Poiani e Bruno (2022) definiram um sistema de automação residencial inclusiva com uma estratégia detalhada que compreende diversos módulos e tecnologias. A arquitetura do sistema inclui módulos para controle de iluminação, climatização, segurança e monitoramento de consumo de energia, todos integrados por uma plataforma central. Para a tecnologia, optaram pelo uso de microcontroladores de baixo custo como o Arduino, sensores diversos (de movimento, temperatura, umidade), e atuadores para controle de dispositivos elétricos.

A comunicação entre os módulos é realizada via protocolo MQTT, garantindo uma troca de dados eficiente e em tempo real. A interface do usuário foi projetada para ser acessível, com comandos de voz e um aplicativo móvel de fácil uso, permitindo que

usuários com diversas limitações físicas possam interagir com o sistema sem dificuldades. Além disso, a instalação do sistema foi pensada para ser não-invasiva, evitando a necessidade de grandes reformas estruturais na residência, o que contribui para a acessibilidade e viabilidade econômica do projeto.

Além da acessibilidade financeira, minha proposta também será pensada para o público com deficiência. Recursos como comandos de voz, interfaces simplificadas e a integração com dispositivos de assistência serão considerados para garantir que o sistema possa ser utilizado por pessoas com diversas necessidades especiais. Assim, o objetivo é proporcionar um ambiente residencial mais seguro, confortável e independente para todos.

#### **4. Resultados esperados**

Os resultados esperados a partir da realização do projeto, não se limitam apenas a solução para gerenciamento integrado e inteligente da rede energética, contemplando não apenas os módulos de medição e controle, mas também os algoritmos de previsão e classificação, o servidor em nuvem, além dos resultados e impactos oriundos de sua aplicação como a redução no consumo energético, desafogando a malha e permitindo uma modernização das fontes no caminho de um modelo de geração de energia mais sustentável.

A proposta deste projeto traz consigo um impacto tecnológico relevante ao empregar tecnologias de vanguarda para o seu desenvolvimento, tais como: Internet das Coisas, Big Data, inteligência artificial, armazenamento em nuvem e técnicas de automação residencial e industrial.

Em resumo espera-se que os resultados tragam:

- **Redução do Consumo de Energia:** A implementação do sistema de automação deve resultar em uma significativa redução no consumo de energia nas residências que adotarem a tecnologia, devido ao controle eficiente e programado dos equipamentos elétricos.
- **Acessibilidade Financeira:** O desenvolvimento de um sistema de automação de baixo custo permitirá que um maior número de pessoas, especialmente em regiões de baixa renda como Salgueiro-PE, possa acessar essa tecnologia e beneficiar-se das suas vantagens.
- **Aumento da Conscientização sobre Eficiência Energética:** A popularização do sistema deve promover uma maior conscientização entre os usuários sobre o uso eficiente da energia, incentivando práticas mais sustentáveis e responsáveis.
- **Facilidade de Uso:** O sistema será projetado com uma interface intuitiva, facilitando seu uso mesmo para pessoas com pouca familiaridade com tecnologia, garantindo que a adoção seja ampla e acessível.
- **Impacto Ambiental Positivo:** A redução no consumo de energia contribuirá para a diminuição da emissão de gases de efeito estufa (GEE), alinhando-se aos objetivos de sustentabilidade ambiental.

## 4.1. Discussão

A proposta de um sistema de automação para monitoramento e controle de energia acessível tem o potencial de trazer mudanças significativas para a gestão de energia em áreas de baixa renda. Esta discussão abordará a viabilidade da proposta, suas implicações práticas e teóricas, e os desafios que precisam ser superados para sua implementação.

### Viabilidade da Proposta

Com base na análise da literatura e nos dados coletados, a viabilidade de um sistema de automação acessível é promissora. A utilização de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) e a Inteligência Artificial (IA) permite a criação de soluções eficientes e de baixo custo. A integração de dispositivos IoT com sensores de baixo custo e sistemas de controle automatizado pode otimizar o consumo de energia, reduzir desperdícios e aumentar a eficiência energética.

### Implicações Práticas

A implementação de um sistema de automação residencial em Salgueiro-PE pode proporcionar inúmeros benefícios práticos:

1. **Redução do Consumo de Energia:** A automação pode ajudar os moradores a monitorar e controlar o uso de energia em tempo real, permitindo ajustes automáticos que reduzem o consumo durante os picos de demanda.
2. **Economia Financeira:** Com a otimização do uso de energia, as contas de eletricidade podem ser significativamente reduzidas, aliviando a carga financeira sobre as famílias de baixa renda.
3. **Sustentabilidade Ambiental:** A redução do consumo de energia contribui para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, promovendo a sustentabilidade ambiental e ajudando a combater as mudanças climáticas.
4. **Aumento do Conforto e Segurança:** A automação pode melhorar o conforto e a segurança nas residências, por meio de sistemas automatizados de iluminação, climatização e segurança.

### Implicações Teóricas

Teoricamente, a proposta contribui para a expansão do conhecimento sobre a aplicação de tecnologias de automação em contextos de baixa renda. A pesquisa destaca a importância de adaptar soluções tecnológicas às necessidades específicas de diferentes comunidades, considerando fatores sociais, econômicos e culturais.

### Desafios e Limitações

Embora a proposta seja promissora, diversos desafios precisam ser abordados:

1. **Acessibilidade Financeira:** Mesmo com a redução de custos, a aquisição inicial de dispositivos de automação pode ser um obstáculo para famílias de baixa

renda. Soluções de financiamento ou subsídios governamentais poderiam ser exploradas para mitigar esse problema.

2. **Infraestrutura e Conectividade:** A implementação bem-sucedida depende de uma infraestrutura adequada de conectividade. Em áreas com acesso limitado à internet, alternativas como redes de comunicação local ou soluções offline devem ser consideradas.
3. **Educação e Capacitação:** A adoção de tecnologias de automação requer que os usuários compreendam e se sintam confortáveis em utilizá-las. Programas de educação e capacitação são essenciais para garantir a aceitação e o uso eficaz do sistema.
4. **Manutenção e Suporte Técnico:** A disponibilidade de suporte técnico acessível é crucial para a manutenção e o funcionamento contínuo do sistema. Parcerias com empresas locais e programas de formação de técnicos podem ajudar a atender essa demanda.

## 5. Metodologia

Os métodos escolhidos para este trabalho foram muito importantes porque nos permitiram realizar estudos aprofundados para entender as mudanças que ocorreram nas tecnologias de automação ao longo dos anos, bem como analisar minuciosamente os trabalhos que já foram criados e seus problemas e lacunas que ainda não foram resolvidos. Os métodos que foram usados incluem os seguintes:

- **Pesquisa Bibliográfica:** Essa abordagem fornece uma ampla gama de informações úteis sobre os temas abordados de várias fontes, incluindo relatórios técnicos, teses, artigos acadêmicos e outras publicações especializadas. Essa é a razão pela qual o método foi escolhido. Além de fornecer uma ampla gama de informações existentes, essa opção me permite acompanhar as tendências mais recentes no campo de estudo, permitindo-me identificar os avanços e novos desenvolvimentos que estão moldando o campo. Além disso, é uma ferramenta vital para encontrar falhas na pesquisa, indicando áreas que ainda precisam ser exploradas e oferecendo contribuições significativas e oportunidades para novos estudos. Com essa abordagem, posso garantir que meu trabalho esteja em conformidade com as tendências mais recentes da pesquisa, ao mesmo tempo em que contribuo para o avanço da compreensão da área.
- **Qualitativa:** Essa técnica permitirá uma análise mais aprofundada e completa. Isso também fornecerá uma melhor compreensão dos elementos sociais, culturais e financeiros que influenciam a adoção e o uso da automação residencial em Salgueiro (PE). Ao estudar essas partes de forma conjunta, será possível identificar as variáveis e conexões que influenciam as decisões tomadas pelos moradores. Isso fornecerá informações úteis sobre as motivações e obstáculos que impedem o desenvolvimento de tecnologias automatizadas na área. Isso enriquecerá as conclusões do estudo, pois permitirá um entendimento mais abrangente e contextual do fenômeno.

- **Exploratória:** A escolha foi tomada devido à necessidade de aumentar a compreensão das características e desafios da automação residencial em Salgueiro (PE). As características distintas dessa área, bem como os desafios e oportunidades específicos associados à adoção e implementação de sistemas de automação residencial, exigem uma abordagem exploratória. Essa abordagem permitirá descobrir aspectos que ainda não foram estudados, fornecendo uma base sólida para pesquisas futuras e contribuindo significativamente para o desenvolvimento de soluções que atendam às necessidades locais, considerando que o tema é pouco estudado na área.

## 6. Proposta

A crescente demanda por soluções energéticas eficientes e sustentáveis tem impulsionado a busca por inovações tecnológicas que permitam um melhor monitoramento e controle do consumo de energia. Em resposta a essa necessidade, esta proposta apresenta um sistema de automação projetado especificamente para o monitoramento e controle de energia, com foco na acessibilidade e facilidade de uso para populações de baixa renda e pessoas com deficiência física.

Baseada em uma pesquisa bibliográfica detalhada e na análise das necessidades locais, a proposta visa oferecer uma solução robusta e integrada que engloba:

1. **Componentes do Sistema:** Sensores, atuadores e interfaces de usuário serão detalhadamente descritos, destacando suas funcionalidades e os benefícios que proporcionam para o usuário final.
2. **Requisitos Técnicos e Funcionais:** A especificação dos requisitos assegurará que o sistema seja não apenas tecnicamente eficiente, mas também acessível e fácil de usar, garantindo a inclusão digital de todas as camadas da sociedade.
3. **Modelos de Arquitetura do Sistema:** Serão apresentados modelos de arquitetura que destacam a integração harmoniosa dos componentes do sistema e a comunicação eficiente entre eles.
4. **Estratégias de Implementação e Manutenção:** Serão discutidas estratégias para a implementação e manutenção do sistema, focando na redução de custos e na sustentabilidade a longo prazo.
5. **Comparativo com o mercado:** Será discutido análise do mercado e levantamento de custo para a proposta deste trabalho.

Para o desenvolvimento de um sistema de automação eficaz para monitoramento e controle de energia, é fundamental entender e detalhar os principais componentes que o constituem. Estes componentes são responsáveis por coletar dados, processá-los e executar ações que garantem uma gestão energética eficiente. A seguir, apresentamos uma descrição introdutória dos principais componentes do sistema:

### 6.1. Componentes

Os sensores desempenham um papel fundamental em sistemas de automação, sendo responsáveis pela captação de diversas informações do ambiente, como consumo de

energia, temperatura, luminosidade, e detecção de movimento. Esses dispositivos convertem variáveis físicas em sinais elétricos que são interpretados pelo sistema, possibilitando uma análise precisa das condições monitoradas. A correta seleção dos sensores é de extrema importância, pois influencia diretamente a precisão e confiabilidade dos dados obtidos. Sensores adequados garantem que o sistema tenha uma visão detalhada e em tempo real do ambiente, permitindo o controle eficiente de recursos, como a otimização do consumo de energia. Além disso, a instalação e calibração dos sensores devem seguir padrões rigorosos para evitar leituras incorretas, o que pode comprometer o desempenho geral do sistema. Portanto, a escolha e implementação dos sensores são passos cruciais para assegurar o sucesso de qualquer projeto de automação.

**Figura 7. Sensor de corrente não invasivo (SC1013)**



Fonte: Huinfinito (2024).

- **Função:** Medir o consumo de energia elétrica em tempo real.
- **Benefícios:**
  - **Segurança:** Por ser não invasivo, não há necessidade de mexer diretamente no circuito elétrico, reduzindo o risco de choque elétrico.
  - **Precisão:** Fornece medições precisas e confiáveis, essenciais para uma gestão eficiente da energia.
  - **Versatilidade:** Pode ser usado em uma ampla gama de aplicações devido à sua alta faixa de medição e facilidade de uso.

**Figura 8. Sensor emissor IR (5mm)**

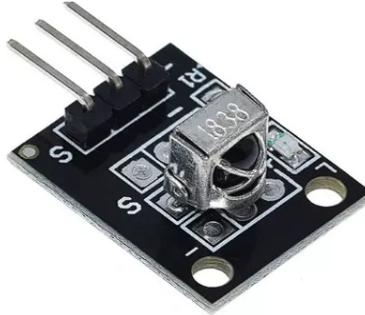


Fonte: Diverso Eletrônica (2024).

- **Função:** Enviar sinais infravermelhos para dispositivos receptores de sinais infravermelho
- **Benefícios:**

- Fácil manuseio: é muito simples a instalação desse componente em um circuito.
- **Versatilidade:** Pode ser usado em uma ampla gama de aplicações devido à sua alta faixa de medição e facilidade de uso.

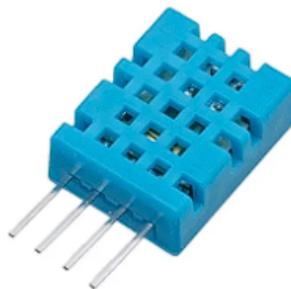
**Figura 9. Sensor de de captura IR (VS1838B KY-022)**



Fonte: mercadolibre (2024)

- **Função:** capturar sinais infravermelhos de dispositivos que são capazes de emitir, como controles de televisão, ar condicionado dentre outros.
- **Benefícios:**
  - Fácil instalação: é bem simples a instalação deste módulo em um circuito.
  - Versátil: é bastante utilizado em inúmeros projetos de automação, pois com ele você também é capaz de obter o sinal e usar esse mesmo sinal para criar um segundo controle ou uma solução que seja capaz de automatizar o processo.

**Figura 10. Sensor de temperatura (DHT11)**



Fonte: Eletrogate (2024).

- **Função:** medir com precisão a temperatura local e sua umidade.
- **Benefícios:**
  - custo baixo: esses sensores de temperatura e umidade são baratos e podem ser facilmente encontrados em qualquer site que venda módulos para circuito, é assim que chamamos.

- Facilidade de uso: com este módulo e uma interface digital simples exige apenas uma única de dados para comunicação entre, microcontroladores, raspberry dentre outros.
- Baixo consumo de energia: consome pouca energia, sendo ideal para soluções de baixo custo e monitoramento de dispositivos, assim como a proposta deste projeto.

**Figura 11. Sensor de movimento (PIR AM312)**



Fonte: Eletrogate (2024).

- **Função:** usado para detectar movimento e presença de pessoas
- **Benefícios:**
  - compacto: por ser um mini sensor ele acaba facilitando a construção de um circuito para ser utilizado em um projeto.
  - Versátil: por ter confiabilidade e sensibilidade, este sensor é muito utilizado em projetos com inúmeros equipamentos, e o principal é o acendimento automático de lâmpadas.

**Figura 12. Microcontrolador (Módulo Wifi e Bluetooth)**



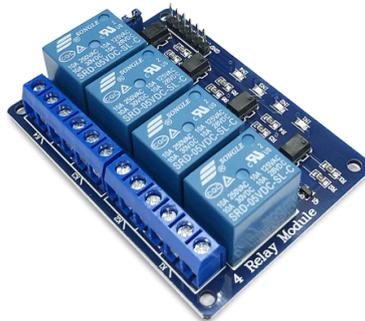
Fonte: Kev's Robots (2024).

- **Função:** Usado para criar diversas aplicações IoT, seja acesso remoto, web server, dataloggers, projetos de automação, estudos de robótica dentre outros projetos que podem ser usados.

- **Benefícios:**

- baixo consumo de energia: este módulo consome pouquíssima energia, o que é bastante vantajoso para nossa proposta de sistema de automação.
- Bluetooth: diferente de outras versões de microcontroladores esp8266, essa já vem acoplado um módulo Bluetooth, que vai permitir com que outros dispositivos consigam se comunicar com este microcontrolador e compartilhar informações importantes.
- Poder de processamento: permitindo armazenar uma capacidade maior de informações do que suas versões anteriores e um número muito maior de bibliotecas que ajudarão no desenvolvimento de uma determinada solução.

**Figura 13. Módulos Relê (4 Canais 5v com Optoacoplador)**



Fonte: Robocore (2024).

- **Função:** Integração com Microcontroladores, onde sua função é permitir entrada e saída de energia através de saídas digitais, então podemos controlar cargas maiores e dispositivos como motores AC ou DC, lâmpadas, solenóides dentre outros.
- **Benefícios:**
  - Fácil instalação: Seguindo as orientações não é muito difícil usar este módulo em um projeto que esteja sendo desenvolvido.

**Figura 14. Mini Fonte 5V (HLK-PM01)**



Fonte: MakerHero (2024).

- **Função:** Alimentar o circuito que será desenvolvido, microcontroladores e também módulos precisa que alguma fonte de energia seja fornecida para seu

funcionamento, sua principal função é converter tensão de 100 a 240 VAC em tensão contínua de 5VDC que já é o suficiente para nosso circuito.

- **Benefícios**

- Baixo consumo de energia: ótimo para nossa proposta de solução de automação.
- proteção: a mini fonte possui uma proteção contra curto circuito, o que fornece uma maior segurança até mesmo para outros equipamentos que serão usados com essa mini fonte.
- Baixo custo: essa mini fonte pode ser encontrada em vários sites de robótica com um preço acessível e também com várias instruções de uso

**Figura 15. Sensor de obstáculo reflexivo (LM393)**



Fonte: Eletrogate (2024).

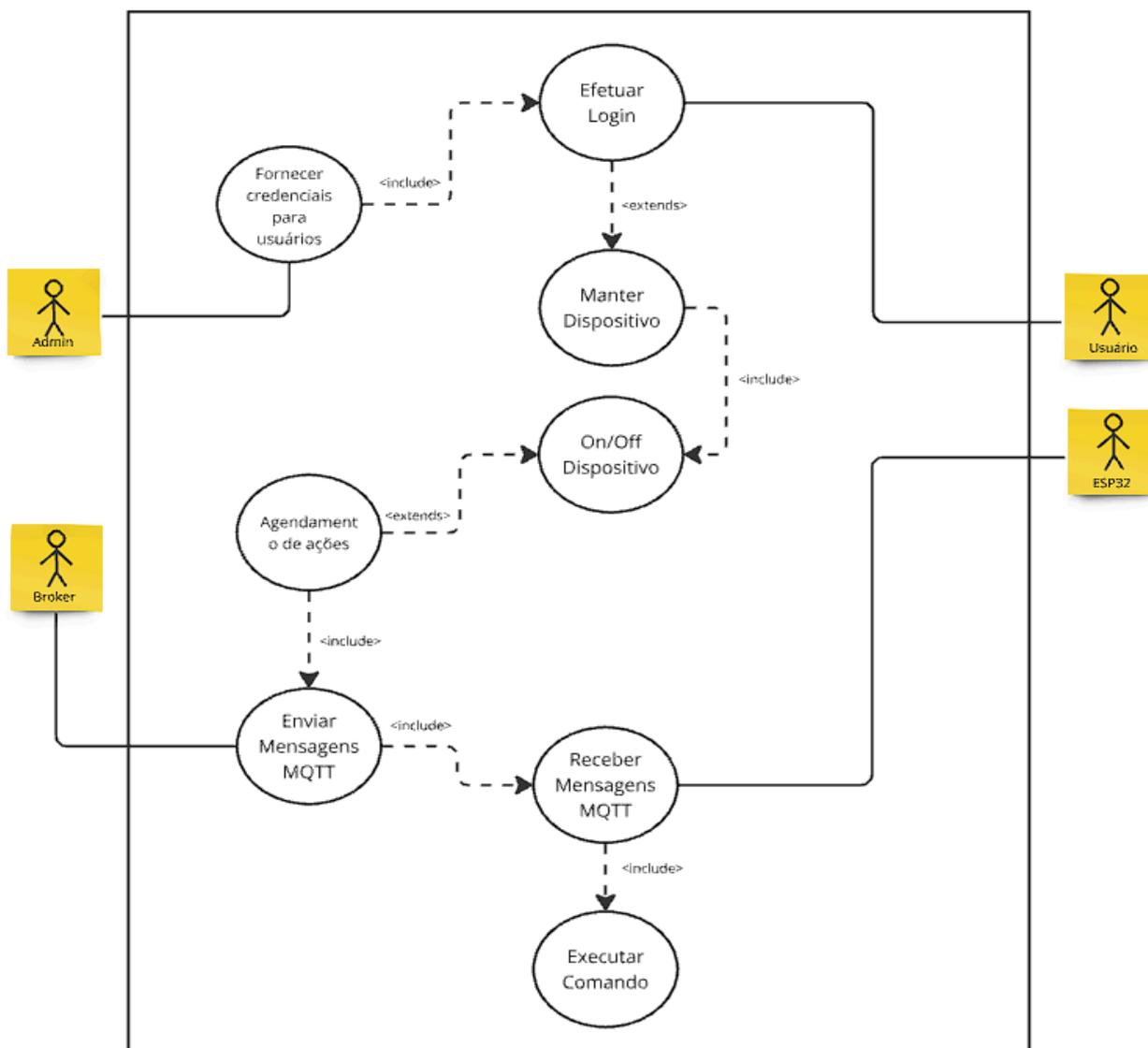
- **Função:** Detectar a presença de um objeto frente do seu ângulo de reflexão dentro da distância ajustada, ao detectar, o sensor coloca a saída em nível lógico baixo. Então, sempre que este sensor detectar um objeto frente seu ângulo conforme o ajuste do ângulo para a detecção, ele vai captar a luz emitida por esses objetos e converter em sinais.
- **Benefícios:**
  - Baixo consumo de energia: não requer uma alimentação tão alta para seu funcionamento e seu consumo é bastante baixo.
  - Compacto: isso permite que o circuito não fique muito extravagante e dificulte sua instalação em determinados ambientes com pouquíssimo espaço.
  - Baixo custo: este módulo pode ser encontrado em muitos sites de robótica assim como qualquer outro mencionado acima.
  - Fácil instalação: por ser bastante prático esse módulo é usado em diversos projetos da comunidade arduino, podendo encontrar muitos exemplos de como usar este módulo.

### 6.1.1. Casos de uso

O que são casos de uso? Nada mais são do que diagramas que modelam o comportamento do sistema e ajuda também a obter os requisitos do sistema para seu devido funcionamento. Eles descrevem funções de alto nível e escopo de um sistema,

identificando interações com seus respectivos atores. Abaixo desenvolvi um diagrama de caso de uso para a proposta desse sistema que ajudará a entender como ele deve funcionar e quais requisitos ele irá precisar para seu funcionamento. Além também de conter explicações sobre cada ator importante para o funcionamento tanto do software como sistema, temos também sobre como a comunicação entre microcontroladores, API, broker e sistema deve funcionar:

**Figura 16. Casos de Uso**



Fonte: Proprio autor (2024).

Observa-se no diagrama da Figura 16, podemos encontrar 4 Atores importantes e que sem eles o sistema não funcionará: Admin, Usuário, Broker, ESP32.

O administrador será responsável por cadastrar um usuário que deseja usar o sistema e fornecerá suas credenciais para que ele consiga efetuar o login. Quando o usuário consegue efetuar o login com sucesso ele terá as seguintes funções importantes

disponíveis: manter dispositivos, que nada mais é do que a listagem dos dispositivos que ele deseja controlar exibindo eles em uma interface. Manter também não se refere a somente listagem dos dispositivos, mas também criação, edição, e exclusão de um dispositivo cadastrado.

De acordo com os dispositivos que estão listados, o usuário poderá realizar a ação de ligar e desligar. Esta ação pode ser feita através de cliques de botões disponíveis na tela e também por meio de agendamentos para definição de quando os dispositivos devem ligar em determinado horário ou desligar. Ao emitir o comando uma mensagem é encaminhada para o microcontrolador ESP32 através de um broker que é um intermediador de mensagens que usa o protocolo MQTT, e quando o microcontrolador recebe esse determinado comando ele executa uma ação. Um broker é um intermediador de mensagens que usa o protocolo MQTT para estabelecer conexões com dispositivos IoT e encaminhar mensagens. Agora que sabemos o que é um broker, você deve estar se perguntando, mas e o MQTT? O MQTT é um protocolo de mensagens que se baseia em padrões, conjuntos de regras que são usados para comunicações máquina por máquina. Ele é usado em sensores inteligentes e dispositivos IoT que normalmente precisam transmitir e receber dados via conexão. O protocolo se destaca por ser leve e eficiente pois requer recursos mínimos, é só olharmos para projetos menores feito com microcontroladores com versões inferior, ele é escalável, pois com ele podemos implementar com uma quantidade bem pequena de código, é confiável, pois ele tem recursos para proteger a comunicação entre os dispositivos que estabeleceram uma conexão com a rede e é seguro.

O protocolo MQTT tem componentes importantíssimos para seu funcionamento, clientes MQTT e agentes MQTT. Os clientes MQTT são quaisquer dispositivos que sejam capazes de estabelecer uma conexão, receber e encaminhar dados. quando um dispositivo estabelece uma conexão o agente confirma e autoriza por meio de comunicação TCP/IP, os agentes MQTT filtram mensagens, encaminhar e autêntica dispositivos para a comunicação.

Agora que sabemos o que é um broker, precisamos entender como funciona. Devemos saber como funciona a comunicação, o protocolo usado e os componentes. Também precisamos entender como é realizado o envio de dados, como um dispositivo se inscreve e o agente envia as mensagens e como o agente consegue identificar quem é o destinatário. Os dispositivos que são os clientes MQTT realiza uma inscrição em um tópico, que nada mais é do que uma palavra chave. Para facilitar o entendimento e ficar menos enrolado, vamos imaginar a plataforma youtube. Lá temos o canal do usuário, o nome desse canal é a palavra chave. Agora imagine que os dispositivos são os inscritos do canal, quando os inscritos se inscrevem eles recebem a notificação que podemos usar como a “mensagem”. Imagine agora que tem um broker por trás dessa plataforma, ela será responsável por intermediar essas mensagens com seus respectivos agentes. Então se eu me inscrevo em um canal do youtube, posso receber uma mensagem quando o proprietário publicar um vídeo e a partir dessa mensagem posso clicar em uma ação de redirecionamento para o vídeo, e tudo é executado. Isso tudo é um exemplo para entender melhor como funciona essa comunicação. Então se observamos bem temos 2 palavras chaves: Inscrição(Sub) e publicação(Pub). A inscrição estabelece uma conexão

através de um tópico, o pub envia as mensagens para um determinado tópico e o broker garante o gerenciamento dessas mensagens para serem entregues aos clientes Autorizados.

Então quando clicamos no botão de ligar/desligar ou fazemos um agendamento, uma mensagem de comando será encaminhada para os microcontroladores por meio do broker, o microcontrolador recebe e executa a ação. Fazendo com que o dispositivo que deseje controlar ligar ou desligar, isso vale tanto para o circuito de dispositivos de energia como o de controle Infravermelho.

### 6.1.2. Requisitos técnicos e funcionais

O sistema de automação residencial e predial será usado para gerenciar dispositivos e trazer benefícios para a vida de quem o utilizará. Dentre os requisitos que estabeleci, criei de forma detalhada uma lista de requisitos técnicos funcionais e não funcionais para garantir o funcionamento do sistema:

#### Funcionais:

- **Conexão:** Estabelecer conexão entre o sistema e ESP32.
- **Configuração:** Permitir a configuração e controle remoto dos dispositivos por meio do sistema.
- **Perfil de consumo:** Permitir que através dos dados coletados, possa traçar um perfil de consumo.
- **Segurança:** Garantir a segurança na comunicação com os dispositivos de automação e o sistema.
- **Troca de informações:** Suportar as trocas de informações entre o sistema e o hardware, incluindo comandos, status e dados de sensores.
- **Agrupamento de dispositivos:** Permitir agrupar dispositivos e filtrar dispositivos.
- **Agendamentos:** Permitir agendamentos para acionamentos de dispositivos em horários específicos.
- **Logs de eventos:** Registrar logs de eventos e atividades do sistema para fins de monitoramento e análise.

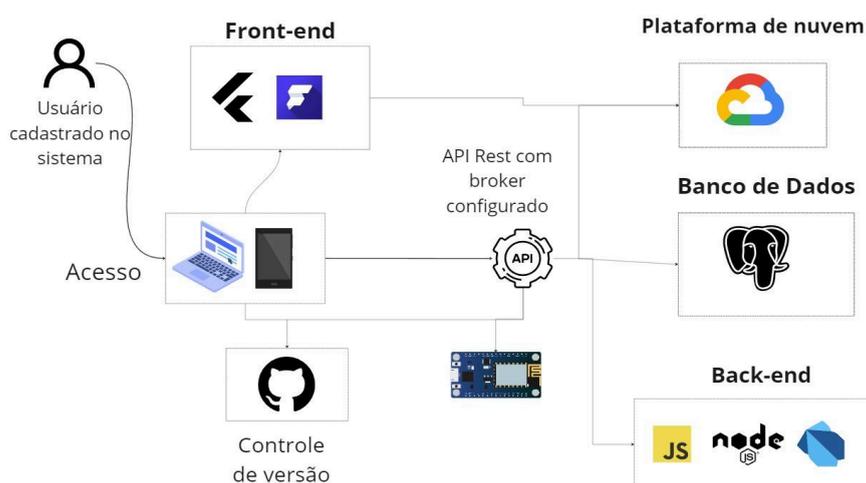
#### Não Funcionais:

- **Desempenho:** Garantir uma comunicação eficiente e de baixa latência entre o sistema de automação e o dispositivo ESP32.
- **Confiabilidade:** Assegurar que a conexão e a troca de mensagens sejam estáveis e livres de erros.
- **Segurança:** Proteger a integridade e a confidencialidade dos dados transmitidos, implementando autenticação e criptografia.
- **Escalabilidade:** Permitir que o sistema de automação seja expandido para suportar um maior número de dispositivos ESP32 e usuários.

- **Manutenção:** Facilitar a manutenção e atualização do sistema de automação e do dispositivo ESP32, com documentação adequada e código organizado.
- **Integração:** Possibilitar a integração com outros sistemas ou plataformas, como aplicativos móveis, assistentes de voz, ou sistemas de automação residencial já existentes.
- **Tolerância:** Lidar adequadamente com situações de falhas de conexão, como a reconexão automática após uma queda de rede.
- **Facilidade de uso:** Garantir uma interface intuitiva e amigável para configuração e controle do sistema de automação.

A próxima etapa inclui uma descrição detalhada das tecnologias que serão usadas para o desenvolvimento do sistema, tanto de hardware quanto de software. Para garantir que as melhores opções sejam escolhidas, o processo envolverá pesquisas criteriosas. Isso levará em consideração aspectos como escalabilidade, eficiência, custo e compatibilidade com outros componentes. Além disso, uma demonstração visual detalhada será criada para mostrar de forma objetiva e compreensível como o sistema de automação e o hardware que será desenvolvido se integram. Essa demonstração permitirá visualizar os fluxos de dados e as interações entre os módulos do sistema, fornecendo uma compreensão completa de como o sistema funciona. Além disso, as representações mostrarão como os dispositivos se comunicam entre si, seja por meio de protocolos de rede ou interfaces físicas. Isso garante que todas as etapas do processo de automação sejam mapeadas e otimizadas para um desempenho eficaz:

**Figura 17. Fluxo do Circuito**



Fonte: Proprio autor (2024).

Cada uma dessas tecnologias escolhidas e que são mostradas na Figura 17, foi selecionada devido a facilidade de uso, o que diminui a curva de aprendizado. Dentre as tecnologias temos o Flutter e FlutterFlow.

Flutter é um framework da linguagem de programação Dart, criada pela empresa Google. Ela contém um grande conjunto de ferramentas que ajudam no desenvolvimento de App e sistemas web, atrelado a uma enorme quantidade de bibliotecas criada pela comunidade. Esse framework de acordo com as pesquisas que fiz através do LinkedIn, tem ganhando destaque no mercado cada vez mais entre as grandes empresas, pelo fato desses projetos serem desenvolvidos de maneira rápida e inteligente.

O FlutterFlow é uma plataforma que permite criar interfaces com suas funcionalidades tanto para web como para mobile de forma nativa. Essa plataforma agiliza a criação de um aplicativo ou plataforma web sem sacrificar muito do seu recurso ou qualidade. Seu esquema de criação de interfaces lembra muito o figma que é uma ferramenta bastante utilizada pelos criadores de interface e segue a mesma linha de arrasta e solta de elementos de criação de tela. Esses elementos unificados e organizados dão vida a interface, porém ao contrário do figma, uma gama de código é gerada e pode ser extraída e esse código é justamente código dart. Essa plataforma é low-code pois podemos tanto criar interfaces apenas arrastando e soltando elementos ou criando componentes personalizados usando a linguagem dart. Com essa plataforma poderosa integrada a outras tecnologias podemos desenvolver um sistema completo tanto para android como web de maneira rápida e ágil. Existem muitas opções que eu poderia ter escolhido, mas essa sem dúvidas já é o bastante para esse tipo de sistema, pois seu nível de complexidade não é tão elevado. Além disso, o custo para usar a versão PRO não é tão caro como outras ferramentas, por exemplo o Wappler. A versão do Wappler individual chega a custar €49, convertendo em reais o custo é de R\$304,65. No caso do FlutterFlow sua versão PRO chega a custar R\$196,58 com todos os serviços disponíveis, sem falar que temos a versão individual custando apenas R\$84,25. Todos os valores mencionados são referentes ao ano 2024, então pode mudar dependendo de outros fatores. Usando esse comparativo consegui decidir qual plataforma low-code seria melhor para este projeto.

Para armazenar dados importantes do sistema de automação, nada melhor do que usar uma plataforma de nuvem bastante utilizada e com um custo não tão elevado como a GCP(Google Cloud Platform) que possui uma enorme variedades de API's, websockets, serviços de banco de dados, machine learning, migração, entre outros serviços que irá ajudar bastante nosso sistema de automação, seu custo não é tão elevado também, pois lá é cobrado pelo uso.

O sistema de gerenciamento de banco de dados que é super importante na construção de qualquer sistema para conseguir armazenar e manipular cada dado importante para diferentes fins, foi escolhido o PostgreSQL. Por ele ser relacional, graças a isso cada informação das tabelas podem estabelecer conexão com diferentes dados, podendo ser para consultas e manipulações eficientes.

Para o back-end, são utilizados JavaScript, Node e Dart, que é indispensável. O dart é usado tanto no front como no back-end, é bastante diferente pois não é toda linguagem de usa a mesma base de código para tudo. O javascript foi selecionado pois com ele é possível desenvolver API's, websockets, webhooks, servidores web entre outras coisas com facilidade e com curva de aprendizagem curta, mas isso tudo está atrelado ao

Node.js, pois ele é um ambiente de desenvolvimento que utiliza o JavaScripts para os fins mencionados acima. E também temos versionamento de código que é super importante para manter a eficácia e funcionamento de qualquer código hoje em dia, podendo tanto realizar testes unitários como também gerenciar melhor cada versão, bug e erros que foram corrigidos ao longo do desenvolvimento de uma aplicação.

API que vem da sigla (Application Programming interface), da mais é do que uma ponte para intermediar diferentes softwares e serviços usando linguagens de programações distintas. É como um contrato de serviço entre duas aplicações. A API usa um conjunto de regras estabelecidas para que diferentes softwares e aplicações consigam se comunicar.

A API do sistema é responsável por configurar um broker, e isso acaba criando um micro-serviço e através das rotas que estabelecemos, os microcontroladores enviam os dados e ações são executadas, fazendo com que uma resposta seja enviada para o cliente que solicitou. Esse esquema de comunicação é chamado de HTTP, ela faz essa operação entre cliente e servidor, ele é o principal método de transmissão de dados através de internet.

### 6.1.3. Estratégia e ações

Como mostrado na Figura 18, um módulo relé WiFi controlado pela placa ESP32, um sensor de corrente não invasivo e uma mini fonte de alimentação de 5V serão utilizados para criar módulos de análise. Esse módulo pode ser controlado por meio do WiFi direto ou por meio de um roteador. O alcance em área aberta é de até 400 metros no modo WiFi direto, mas quando conectado a roteadores, isso irá depender muito da internet.

Figura 18. Módulos

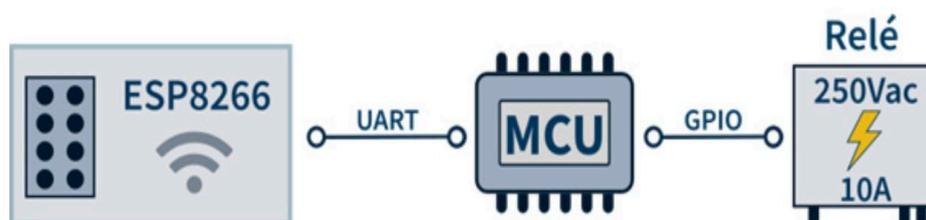


Fonte: Proprio autor (2024).

O ESP32 será usado para monitorar a corrente elétrica como um sensor de corrente não invasivo que tem sensibilidade de 33 mA e uma faixa de leitura de até 100A. Como mostrado na Figura 19, esse componente se comunica com um microcontrolador (MCU)

por meio de uma interface UART, que por sua vez controla o relé. para controlar itens como ar condicionado, TV e retroprojetores, um emissor de infravermelho (IR) entre outras coisas que permitem o controle remoto. Esses componentes tornam possível controlar esses equipamentos de forma não invasiva, em vez do controle remoto tradicional. O módulo incorpora um relé que pode controlar cargas de até 250VAC a 10A quando o controle não invasivo não é possível. Os contatos do relé permitem que você use o modo normal aberto (NO, que significa "normal aberto" em inglês) ou normal fechado (NC, que significa "normal fechado" em inglês). Isso é feito sempre considerando o limite de amperagem de 10A. Uma mini fonte de alimentação (HLK-PM01) será usada para alimentar o circuito. Tem uma tensão de entrada de 100 a 240 VAC e uma saída de 5V e 0,6A (potência de saída de 3W). Esse módulo tem baixo consumo de corrente e os componentes são baratos.

**Figura 19. Diagrama**



Fonte: Bauermeister (2024).

Será desenvolvido e aplicado o protótipo do sistema em hardware juntamente com o desenvolvimento de um sistema web para controlar os módulos, ler os sensores e comunicar via WiFi. Este sistema será integrado a um sistema em nuvem para coletar e processar os dados coletados dos sensores.

Após a coleta de dados, os algoritmos de inteligência artificial serão estudados para determinar o perfil de consumo do usuário do sistema. Para isso, serão avaliados algoritmos de previsão como classificadores lineares e quadráticos, árvores de decisão, algoritmos SVM, redes neurais, KNN (K-Nearest Neighbors) e algoritmos de suporte de vetores. Métricas como precisão e acurácia, F-score de retorno e matriz de confusão, bem como área sob curva ROC serão usadas para avaliar o desempenho desses algoritmos. Os algoritmos de agrupamento, como o algoritmo de K-Médias (K-Means) e o agrupamento hierárquico, serão utilizados para avaliar as características das fontes de consumo. Esses algoritmos são estudados a partir de métricas como pureza, entropia, homogeneidade, completude, métrica V e o índice de Rand.

Após o treinamento e parametrização, os algoritmos serão avaliados por meio da validação cruzada com dados desconhecidos - ou seja, não utilizados no treinamento. A avaliação incluirá fatores como tendência, variância e curva de aprendizado.

Serão usadas técnicas de data-mining e business intelligence para interpretar os dados, tornando-os mais adequados para a tomada de decisões, tendo em vista a grande quantidade de dados obtida pelo monitoramento contínuo do uso de vários equipamentos. Um algoritmo de redes neurais convolucionais baseado em modelos de deep learning também será alimentado por esses dados. Além de prever comportamentos anômalos e recorrentes, essas decisões de IA serão usadas para aumentar a eficiência energética.

Em uma ambiente em minha residência onde o uso de equipamentos é excessivo, os módulos e modelos serão testados com o objetivo de determinar o perfil de consumo da organização, prever o consumo mensal, dar ao ambiente a capacidade de alocar os recursos necessários de acordo com o consumo previsto, desenvolver planos para reduzir o uso de energia e monitorar a rede elétrica.

Como mostrado no fluxo do circuito, o sistema web será desenvolvido utilizando Flutter, um framework fácil de usar, com uma curva de aprendizado bem curta, junto também do Node. Com essas tecnologias poderei desenvolver micro serviços que auxiliarão o sistema web com suas respectivas funções e propósitos.

**Figura 20. Sistema web - cadastro**



A interface de usuário para o cadastro de dispositivos apresenta o seguinte layout:

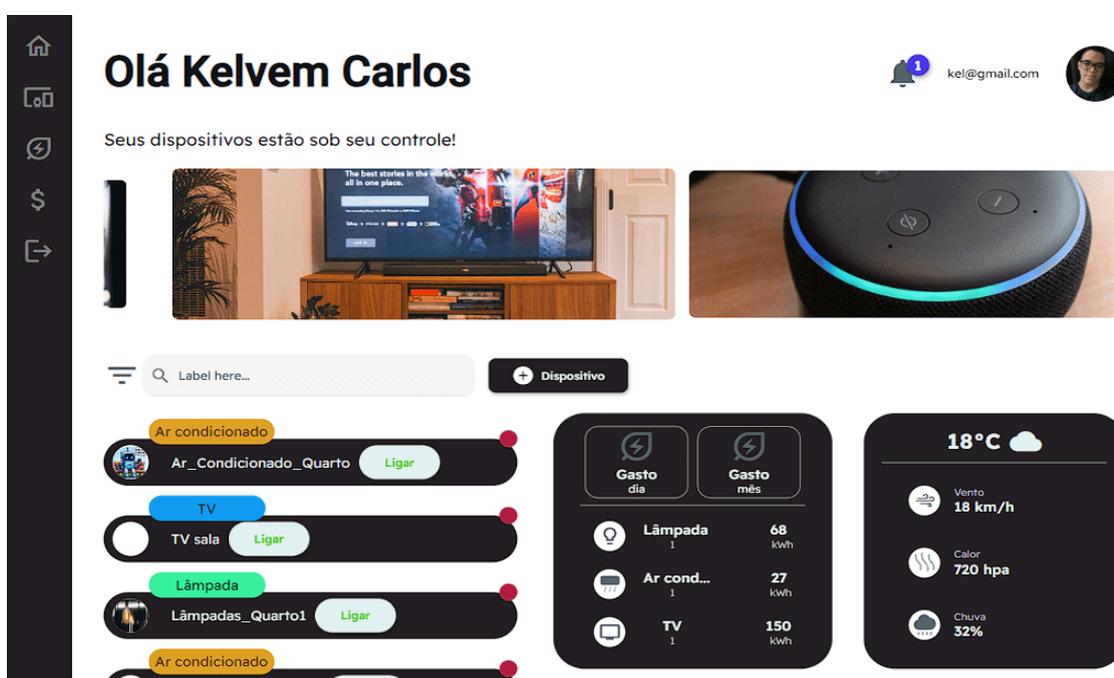
- Título:** Dispositivo
- Formulário:**
  - Nome do dispositivo: Exemplo: ar\_quarto1
  - Wifi
  - Senha (com ícone de olho desativado)
  - Categoria dispositivos (menu suspenso)
  - Botão Cadastrar

Fonte: Proprio autor (2024).

A Figura 20 mostra o procedimento para cadastrar os dispositivos. Essa interface permite que você identifique o dispositivo e digite as informações da rede Wi-Fi, incluindo a senha. Após a escolha da categoria do dispositivo, os dados são enviados para a API criada e, em seguida, para o módulo controlador. Além disso, para garantir a integridade dos dados, esses dados são armazenados em um banco de dados. Após o

login, o usuário terá a capacidade de visualizar e monitorar todos os dispositivos registrados. Essa mesma lógica também serve para editar algum dispositivo, caso algum usuário queira alterar o nome que foi dado ou também queira alterar as informações de conexão com wifi. A mesma lógica de interface se aplica ao processo de edição de dispositivos já cadastrados. Caso o usuário deseje modificar o nome do dispositivo ou atualizar as informações de conexão, como os dados da rede Wi-Fi, ele poderá realizar essas alterações facilmente. O sistema permite a atualização dos dados de forma prática, garantindo que as informações mais recentes sejam refletidas no dispositivo sem a necessidade de um novo cadastro. Assim, qualquer ajuste necessário, seja para renomear o dispositivo ou alterar sua configuração de rede, pode ser feito de maneira rápida e eficiente, mantendo o controle e a conectividade sempre atualizados.

Figura 21. Sistema web - painel

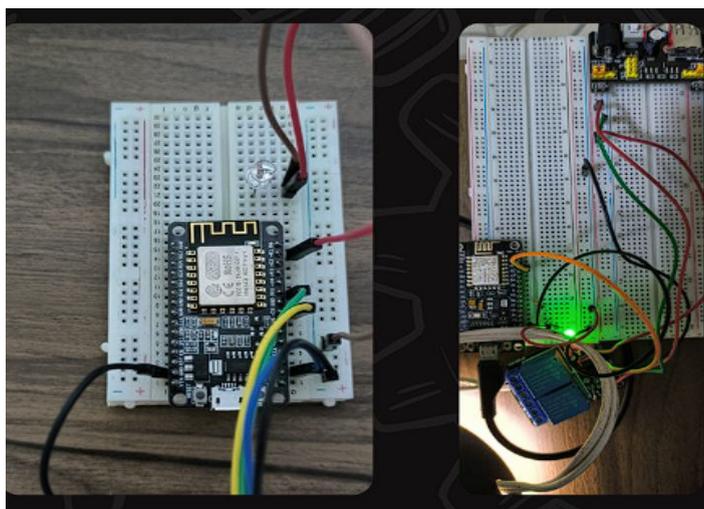


Fonte: Proprio autor (2024).

Acima na Figura 21, é possível ver o painel de controle dos dispositivos que estão cadastrados no sistema, onde cada um é listado podendo realizar ações com cliques. Atualmente podemos controlar as funções de ligar e desligar, fazer agendamento e visualizar em 2 cards o consumo geral dos equipamentos, junto também do clima atual onde os equipamentos e usuários estão. Em caso de excesso de dispositivos cadastrados é possível realizar pesquisar e filtrar os dados exibidos. O painel atualmente notifica os estados do dispositivos cadastrado, como podemos ver na imagem, o sistema detectou que os dispositivos que tenho cadastrados no sistema não estão ativos, ao clicar na notificação ele sugere que você ligue o circuito. Essa ação resulta na marquinha vermelha em formato de círculo ficando em cor verde, deixando claro que ele se conectou com sucesso. O painel também exibe a categoria do dispositivo para que o usuário consiga identificar melhor cada dispositivo que ele deseja controlar, Como nem todos estão familiarizados com o uso de um painel de controle, essa funcionalidade é especialmente útil para usuários menos experientes. Para tornar a interface mais fácil de

entender, permitir que o usuário insira imagens para cada dispositivo cadastrado facilita a identificação visual dos dispositivos e torna a navegação mais fácil para pessoas com níveis mais altos de conhecimento técnico. O carrossel serve como um guia rápido para ajudar os usuários com suas dúvidas e melhorar sua compreensão do uso do sistema. Acima no canto direito, temos um ícone mostrando foto do usuário, ao clicar conseguimos entrar em uma tela onde podemos não só visualizar as informações de cadastro do usuário que está acessando a página de painel de controle mas também editar.

**Figura 22. Circuitos**



Fonte: Proprio autor (2024).

Na Figura 22, é possível ver os 2 tipos de circuitos criados para controlar equipamentos específicos. Quando vamos cadastrar um dispositivo na plataforma é perguntado no final a categoria no qual ele irá pertencer. Se eu desejo controlar uma TV o circuito IR é o mais adequado para essa tarefa, se eu quero controlar lâmpadas o circuito elétrico é o mais adequado. Acho que ficou claro agora o porquê de termos dois tipos de circuito e também o porquê de perguntamos qual seria a categoria dele. Porque a partir dessas informações podemos identificar o que iremos controlar e também.

#### **6.1.4. Comparativo com o mercado**

A busca por uma solução de baixo custo com o objetivo de tornar a automação mais acessível foi destacada neste estudo. Para fundamentar essa abordagem, foram realizados estudos comparativos extensos com produtos concorrentes consolidados no mercado de automação. A criação de uma planilha aprofundada para comparar funcionalidades, características técnicas e preços de produtos existentes foi um componente dessa análise. Além disso, para garantir que o produto proposto permaneça competitivo e atraente no mercado atual, mantendo a qualidade e a funcionalidade esperadas, foi realizado um estudo específico.

Nome do Produto	Preço	Descrição	Funcionalidade	Qualidade
Bond Bridge	R\$ 649,86	Hub para automação residencial.	Controla dispositivos infravermelhos, integra-se com assistentes de voz, permite programação de horários e oferece controle remoto através de aplicativo.	8
BroadLink RM Pro+	R\$ 295,00	Controlador infravermelho e RF.	Controlador infravermelho e RF. Funcionalidades: Controla dispositivos infravermelhos e RF, integração com assistentes de voz, criação de cenas e programação de horários.	10
Logitech Harmony Elite	R\$ 3.976,59	Sistema de controle remoto universal avançado.	Controla dispositivos infravermelhos e outros dispositivos de entretenimento, integração com assistentes de voz, criação de rotinas personalizadas, controle de iluminação e acesso a recursos avançados.	10
Logitech Harmony Hub	R\$ 540,00	Hub de controle remoto universal.	Permite controlar dispositivos infravermelhos e outros	7

			equipamentos eletrônicos, integração com assistentes de voz, criação de rotinas personalizadas e controle através de aplicativo móvel.	
Sensibo Sky	R\$ 475,11	Controlador de ar-condicionado via infravermelho.	Controlador de ar-condicionado via infravermelho. Funcionalidades: Controla aparelhos de ar-condicionado, permite agendamento de horários, integra-se com assistentes de voz e possui sensores para ajuste automático da temperatura.	7
BroadLink RM Mini3	R\$ 140,00	Controlador universal de infravermelho compacto.	Controla dispositivos infravermelhos via smartphone, programar horários de funcionamento e integrar com assistentes de voz como Amazon Alexa e Google Assistant.	10
SwitchBot Hub Mini	R\$ 212,98	Hub de controle remoto infravermelho e RF.	Controla dispositivos infravermelhos e RF, integração com assistentes de voz, criação de cenas e controle através de aplicativo móvel.	10

A pesquisa sobre produtos de automação residencial mostrou uma variedade de dispositivos que funcionam como hubs ou controladores universais, cada um com suas

próprias características únicas e preços variáveis. Os produtos avaliados variaram de produtos baratos, como o BroadLink RM Mini3, até produtos mais complexos e caros, como o Logitech Harmony Elite.

O BroadLink RM Mini3, que custa R\$121,00 e oferece funcionalidades como controle de dispositivos infravermelhos via smartphone e integração com assistentes de voz, destaca-se como uma opção compacta e útil. Ele recebeu uma avaliação de qualidade máxima com nota 10. Os dispositivos adicionais da BroadLink, como o RM Pro+ (que custa R\$ 295,00) e o SwitchBot Hub Mini (que custa R\$ 195,02), receberam avaliações altas de qualidade, refletindo sua eficiência em controle de dispositivos infravermelhos e RF, bem como sua capacidade de criar perfis personalizados e integrar com assistentes de voz.

O Samsung SmartThings Hub (R\$1.298,00) é um hub de automação que controla mais dispositivos inteligentes, incluindo aparelhos de ar-condicionado e agendamento de horários, mas tem uma classificação de qualidade de 7. Seguindo essa linha, o Bond Bridge (R\$ 495,12) e o Logitech Harmony Hub (R\$ 660,00) oferecem funcionalidades robustas, como controle de dispositivos infravermelhos e integração com assistentes de voz, respectivamente, com notas de qualidade 8 e 7.

Por outro lado, o Logitech Harmony Elite, cujo preço mais alto é de R\$4.498,00, é um sistema de controle remoto universal avançado que pode controlar dispositivos de entretenimento, iluminação e outros aparelhos inteligentes, além de rotinas personalizadas e acesso a recursos avançados. O Logitech Harmony Elite recebeu uma nota de qualidade 10.

O Sensibo Sky, que custa R\$1.299,00, é um controlador de ar-condicionado especializado, oferece funcionalidades de agendamento e integração com assistentes de voz, mas recebe uma nota de qualidade 7, comparável à avaliação do Samsung SmartThings Hub.

Por fim, a pesquisa mostrou que existem opções para todos os perfis de consumidores, desde soluções econômicas e eficientes até sistemas sofisticados que facilitam o controle e a integração mais amplas no ecossistema de automação residencial. As notas de qualidade atribuídas mostram como cada dispositivo funciona e é eficaz em cumprir suas funcionalidades pretendidas, estando de acordo com os requisitos da proposta deste trabalho.

Para concluir a comparação com o mercado, foi feita uma planilha adicional. O preço do produto proposto neste trabalho foi o objetivo específico desta planilha. Cada componente utilizado, incluindo sua descrição e respectivos custos, é descrito nesta planilha, o que permitiu a formulação precisa da precificação do produto. Além dos componentes físicos, também foram considerados os custos associados a plataformas de nuvem, ferramentas de desenvolvimento low-code e o deploy de aplicações ou micro-serviços. Todos esses elementos são essenciais para o suporte contínuo e o desenvolvimento eficiente do sistema. Assim, a planilha fornece uma visão completa dos custos envolvidos. Isso garante que o preço final esteja de acordo com as expectativas do mercado e com as necessidades técnicas do projeto.

Nome do Componente	Descrição do componente	Preço
Sensor não invasivo SC1013	Medir o consumo de energia elétrica em tempo real.	R\$47,40
Sensor IR	Emite sinal Infravermelho.	R\$5,50
VS1838B KY-022	Captura sinal IR.	R\$5,60
DHT11	medir com precisão a temperatura local e sua umidade.	R\$8,45
PIR AM312	Usado para detectar movimento e presença de pessoas.	R\$13,20
ESP32	Microcontrolador que será usado para criar a lógica do circuito.	R\$64,90
Módulo Relê	Permite a entrada e saída de energia.	R\$21,75
HLK-PM01	Permite a alimentação de qualquer circuito que suporte alimentação de 5V.	R\$43,60
LM393	Detecta objetos que estão em frente ao sensor.	R\$6,65
FlutterFLow PRO	Plataforma Low-code	R\$196,58
GCP	Google Cloud Platform, usado para serviço de nuvens e micro-serviços	Por uso
Heroku	plataforma para deploy	R\$35,00
Total		R\$448,63

Conforme mostrado na tabela acima, o estudo de precificação realizado para o projeto revelou um custo total estimado de R\$893,73. Esse valor inclui uma variedade de componentes essenciais, cada um com suas próprias características únicas e de alta qualidade, apesar de serem muito baratos.

Os componentes usados garantem a eficiência do sistema proposto, incluindo o sensor não invasivo SC1013, que mede o consumo de energia em tempo real, e o

microcontrolador ESP32, que é essencial para a criação da lógica do circuito. Além disso, foram adicionados outros sensores, como o DHT11 para medição precisa de temperatura e umidade e o PIR AM312 para detecção de presença e movimento, aumentando a versatilidade e a capacidade de monitorar o sistema.

Além disso, o Google Cloud Platform (GCP), que é usado para serviços de nuvem e micro-serviços, e a plataforma FlutterFlow PRO, uma plataforma low-code que facilita a criação de interfaces e lógica de aplicações, estão entre as ferramentas essenciais para o desenvolvimento e implementação do projeto na solução. O GCP funciona usando um modelo de precificação por uso, o que pode mudar o custo total do projeto dependendo da demanda e dos recursos usados.

Por fim, a tabela também mostra os preços do deploy da plataforma Render, que são essenciais para hospedar e manter as aplicações desenvolvidas em funcionamento.

Em resumo, mesmo que os componentes usados sejam baratos, eles não prejudicam a qualidade ou a funcionalidade do sistema. O projeto permanecerá competitivo e eficaz, oferecendo um excelente custo-benefício no contexto da automação residencial, graças à combinação desses componentes com plataformas robustas de desenvolvimento e implementação.

## **6. Considerações Finais**

A proposta de um sistema de automação acessível para monitoramento e controle de energia representa um grande avanço no campo da automação residencial e na promoção da sustentabilidade energética. Para começar, o objetivo específico que visava desenvolver uma análise foi concluído com sucesso. Nesse processo, estudei outras tecnologias existentes no mercado e em desenvolvimento para identificar as que se adequam melhor para a região. Os resultados mostraram que, graças a essa análise feita nos trabalhos relacionados, pude identificar as diferentes abordagens que cada trabalho teve para lidar com os obstáculos e, é claro, melhorias que foram implementadas. Em relação ao segundo objetivo específico, que foi descrever os componentes que formarão o circuito que eu vou controlar, foi um sucesso. Estudando mais a fundo como cada um funciona e como eu poderia usá-los com o microcontrolador, desenvolvi um protótipo funcional que realizou as funções mais importantes de um sistema de automação residencial, incluindo a capacidade de conectar dispositivos a distância, sejam dispositivos controlados por infravermelho ou controlador por uma fonte de energia como ventiladores ou lâmpadas.

O terceiro objetivo específico, que consistia na criação de uma arquitetura que descrevesse o funcionamento e o fluxo do circuito, foi alcançado. Isso permite que pessoas que não são muito experientes no assunto entendem bem e fez com que a codificação do sistema e do circuito fosse estabelecida muito mais rapidamente e diretamente.

Em relação ao objetivo específico que visa estabelecer estratégias para manutenção e instalação ainda não foi alcançado, ainda estou realizando estudos aprofundados para conseguir elaborar uma estratégia eficaz, pois como já vimos anteriormente, o circuito

montado pode ser usado de muitas formas. O de infravermelho pode ser instalado perto de alguns dispositivos como televisores e ar-condicionados para poder o sinal enviado através de comandos possa alcançar e ligar ou desligar o dispositivo. O de energia precisa mexer geralmente com fios elétricos e ainda não tenho muito conhecimento para realizar tal tarefa. Dependendo da planta da casa e estrutura a instalação pode dificultar e isso precisa ser estudado mais a fundo.

O uso de fontes de energia renováveis e as necessidades específicas do público-alvo foram a base para a análise da viabilidade técnica e econômica do sistema proposto. Essa avaliação mostrou que a implementação de tecnologias de automação acessíveis em conjunto com o uso de fontes de energia renováveis é uma solução viável do ponto de vista econômico, além de atender às necessidades dos usuários. Essa abordagem é particularmente útil em comunidades de baixa renda, onde a sustentabilidade e a economia de recursos são fundamentais para melhorar a qualidade de vida.

Uma abordagem viável e eficaz para implementar o sistema de automação proposto requer uma análise dos obstáculos e limitações do projeto. Ao longo da avaliação, foram encontrados desafios técnicos, como a necessidade de integrar os componentes com tecnologias de energia renovável, bem como limitações financeiras que podem afetar a adoção do sistema pelo público-alvo. Para garantir o sucesso e a viabilidade a longo prazo do projeto, foi fundamental entender essas restrições ao planejar ajustes às expectativas e planos de mitigação.

Ao abordar os desafios mencionados e explorar as oportunidades identificadas, é possível criar um impacto positivo substancial nas comunidades de baixa renda, melhorando a qualidade de vida e contribuindo para um futuro mais sustentável.

## **7. Referências**

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Relatórios do Sistema de Apoio à Decisão. 2019. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=550/>>

AREL, I; ROSE, D C; KARNOWSKI, T P. Deep Machine Learning - A New Frontier in Artificial Intelligence Research [Research Frontier]. Ieee Computational Intelligence Magazine, [S.L.], v. 5, n. 4, p. 13-18, nov. 2010. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/mci.2010.938364>.

ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. The Internet of Things: a survey. Computer Networks, [S.L.], v. 54, n. 15, p. 2787-2805, out. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>.

BAUERMEISTER, Giovanni. Relé WiFi com ESP8266 IoT – Primeiros Passos. 2018. Disponível em: <https://www.makehero.com/blog/rele-wifi-com-esp8266/>. Acesso em: 25 jul. 2022.

BOEIRA, Juan Pablo D.. Os 10 Vs do big data. 2020. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/colunas/Changemaker/noticia/2020/05/os-10-vs-do-big-data.html>. Acesso em: 18 jul 2020.

BORGIA, Eleonora. The Internet of Things vision: key features, applications and open issues. *Computer Communications*, [S.L.], v. 54, p. 1-31, dez. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.comcom.2014.09.008>.

WRI BRASIL (Brasil). Brasil é o sétimo maior emissor de CO2 do mundo. As emissões caíram ou aumentaram? 2019. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/brasil-e-o-setimo-maior-emissor-de-co2-do-mundo-emissoes-cairam-ou-aumentaram>. Acesso em: 16 abr. 2022.

CARVALHO, Geovanna Brasil. Automação residencial na construção civil. 2015. 93 f. Universidade Estadual de Goiás, 2015.

CNI, Confederação Nacional da Indústria. Impacto do aumento econômico do aumento no preço da energia elétrica. Brasília, DF. 2021. Disponível em: <<https://static.poder360.com.br/2021/11/Impacto-economico-prec%CC%A7o-energia-cni.pdf>>

CORREA, Naiara. Comparativo de protocolos de IoT para automação residencial: potenciais vulnerabilidades e sugestões de melhorias. 2018. [S. l.: s. n.], 2018.

GALEGALE, Gustavo Perri; SIQUEIRA, Érica; SILVA, Carolina Bertolucci Hilário e; SOUZA, Cesar Alexandre de. INTERNET DAS COISAS APLICADA A NEGÓCIOS - UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO . *JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management* , vol. 13, p. 423–438, 2016.

GANDOMI, Amir; HAIDER, Murtaza. Beyond the hype: big data concepts, methods, and analytics. *International Journal Of Information Management*, [S.L.], v. 35, n. 2, p. 137-144, abr. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007>.

GARCIA, Marco. BIG DATA: O QUE É, CONCEITO E DEFINIÇÃO. 2020. CETAX. Disponível em: <https://www.cetax.com.br/blog/big-data/>.

INMÓTICA, ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE DOMÓTICA E. Qué es Domótica. 2020. Disponível em: <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, IEA. Energy Efficiency 2019. 2019. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2019>.

MCCULLOCH, Warren S.; PITTS, Walter. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. The Bulletin Of Mathematical Biophysics, [S.L.], v. 5, n. 4, p. 115-133, dez. 1943. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/bf02478259>.

MME, Ministério de Minas e Energia. Balanço energético nacional: Ano base 2018. Brasília - DF: [s. n.], 2018.

MURATORI, José Robreto; DAL BÓ, Paulo Henrique. Automação residencial: histórico, definições e conceitos. O Setor Elétrico, vol. 1, 2011. Disponível em: [https://www.osetoeletrico.com.br/wp-content/uploads/2011/04/Ed62\\_fasc\\_automacao\\_capI.pdf](https://www.osetoeletrico.com.br/wp-content/uploads/2011/04/Ed62_fasc_automacao_capI.pdf).

RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 3rd ed. Berkeley Ca: Pearson, 2010.

SÔNIGO, Arildo Antônio; MARCELINO, Roderval; GRUBER, Vilson. A Internet das Coisas aplicada ao conceito de eficiência energética: uma análise quantitativo-qualitativa do estado da arte da literatura. Atoz: novas práticas em informação e conhecimento, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 80, 9 jan. 2017. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/atoz.v5i2.47860>.

G1. Energia limpa: Brasil bate recorde com 93% da energia gerada em 2023 vindo de fontes renováveis, diz CCEE. Economia. 02 fev. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2024/02/02/energia-limpa-brasil-bate-recorde-com-93percent-da-energia-gerada-em-2023-vindo-de-fontes-renovaveis-diz-ccee.ghtml>. Acesso em: 06 ago. 2024.

RIBEIRO, Jean Carlos Gonçalves; SILVA, Thainah Batista; SANTOS, Fabius Martin dos. Automação residencial: visando segurança, conforto, praticidade e acessibilidade. In: SIMPÓSIO DE TCC DAS FACULDADES FINOM E TECSOMA, 3., 2020, Paracatu. Anais [...]. Paracatu: FINOM, 2020. p. 958-971.

NEVES, Márcio Vanicola Lins; SILVA, Osmarino Leitão da; OLIVEIRA, Silmar Antonio Buchner de; PIFFER, Douglas Moro. Automação predial: um estudo sobre economicidade no uso de aparelhos de ar condicionado. Brazilian Journal Of Technology, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 1, 26 mar. 2024. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.38152/bjtv7n1-012>.

SANTANA, Julie Catherine Siqueira; RIBEIRO, Maria Eduarda de Oliveira; SOUZA, Paulo Roberto de Azevedo; SOUZA, João Paulo Silva de; PERES, Silane Mattos. O USO E PRODUÇÃO DA ENERGIA LIMPA COMO MÉTODO DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL SUSTENTÁVEL. Revista Portos: por um mundo mais sustentável, [S.L.], p. 99-111, 2020. EPITAYA. <http://dx.doi.org/10.47879/ed.ep.2020144p99>.

RAÍZEN. A matriz energética brasileira. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/blog/matriz-energetica-brasileira>. Acesso em: 15 ago. 2024.

UOL EDUCAÇÃO. Cinco coisas que você precisa saber sobre eletricidade. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/cinco-coisas-que-voce-precisa-saber-sobre-eletricidade.htm#:~:text=A%20eletricidade%20est%C3%A1%20em%20praticamente,precisam%20de%20eletricidade%20para%20funcionar>. Acesso em: 15 ago. 2024.

MIRANDA, Mariana Maia de. Fator de emissão de gases de efeito estufa da geração de energia elétrica no Brasil: implicações da aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-22012013-112737/en.php>>. Acesso em: 6 ago 2024.

YAMAMOTO, Toru; HAYAMA, Hirofumi; HAYASHI, Takao; MORI, Taro. Automatic Energy-Saving Operations System Using Robotic Process Automation. Energies, [S.L.], v. 13, n. 9, p. 2342, 8 maio 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/en13092342>.

RAFEEQ, Mohammed; AFZAL, Asif; RAJENDRA, Sree. Remote Supervision and Control of Air Conditioning Systems in Different Modes. Journal Of The Institution Of Engineers (India): Series C, [S.L.], v. 100, n. 1, p. 175-185, 6 jan. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40032-017-0434-2>.

HUANG, Changwei. Design of Central Air Conditioning Control Acquisition Device Based on IoT Technology. Journal Of Physics: Conference Series, [S.L.], v. 2143, n. 1, p. 012002, 1 dez. 2021. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/2143/1/012002>.

VIEIRA, Tiele Cardoso Cunha. Desafios encontrados na adoção de um sistema de informação para gestão documental na área pública: um estudo de caso na prefeitura municipal de porto alegre. 2019. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Administração, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/10792>. Acesso em: 12 jul. 2024.

FERTIMACRO FERTILIZANTES (Brasil). Como a automação agrícola impacta o agronegócio brasileiro? 2021. Disponível em: <https://fertimacro.com.br/automacao-agricola-agronegocio-brasileiro/>. Acesso em: 08 jun. 2024.

SALEEM, M.; SHAKIR, Mustafa; USMAN, M.; BAJWA, M.; SHABBIR, Noman; GHAFHAROKHI, Payam Shams; DANIEL, Kamran. Integrating Smart Energy Management System with Internet of Things and Cloud Computing for Efficient Demand Side Management in Smart Grids. Energies, [S.L.], v. 16, n. 12, p. 4835, 20 jun. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/en16124835>.

HUINFINITO (Brasil). Sensor de Corrente Não Invasivo SCT013-100A. 2024. Disponível em: <https://www.huinfinito.com.br/sensores/956-sensor-de-corrente-nao-invasivo-sct013-100a.html>. Acesso em: 02 maio 2024.

DIVERSO ELETRÔNICA (Brasil). Led Emissor Infravermelho 5mm Fototransistor Transmissor. 2024. Disponível em: <https://www.diversoeletronica.com.br/loja/produto/ledemissorinfravermelho5mmfototransistortransmissor>. Acesso em: 06 maio 2024.

MERCADO LIVRE (Brasil). Módulo Ir Receptor Infravermelho Vs1838b Ky-022 Para Arduino. 2024. Disponível em: <https://lista.mercadolivre.com.br/receptor-ir>. Acesso em: 07 mar. 2024.

ELETROGATE (Brasil). Sensor de Umidade e Temperatura DHT11. 2024. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11>. Acesso em: 25 jun. 2024.

ELETROGATE (Brasil). Mini Sensor de Movimento e Presença PIR AM312. 2024. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/mini-sensor-de-movimento-e-presenca-pir-hc-am-312>. Acesso em: 08 maio 2024.

MCALEER, Kevin. Espressif ESP32. 2023. Disponível em: <https://www.kevsrobots.com/resources/boards/esp32.html>. Acesso em: 03 ago. 2024.

ROBOCORE (Brasil). Módulo Relé 4 Canais 5V com Optoacoplador. 2024. Disponível em: <https://www.robocore.net/relay-actuator/modulo-rele-5v-4-canais>. Acesso em: 20 abr. 2024.

MAKER HERO (Brasil). Mini Fonte 5V HLK-PM01 100-240V. 2024. Disponível em: <https://www.makehero.com/produto/mini-fonte-5v-hlk-pm01/>. Acesso em: 08 jul. 2024.

ELETROGATE (Brasil). Sensor de Obstáculos Reflexivo Infravermelho. 2024. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/sensor-de-obstaculo-reflexivo-infravermelho>. Acesso em: 08 ago. 2024.

BOND. Bond Bridge: add wi-fi to ceiling fans, fireplaces and somfy shades. Add Wi-Fi to ceiling fans, fireplaces and Somfy shades. 2021. Disponível em: <https://bondhome.io/product/bond-bridge/>. Acesso em: 01 abr. 2024.

BROADLINK. Broadlink Rm Pro+ Central Wifi: automação casa inteligente. Automação Casa Inteligente. 2024. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1745666621-broadlink-rm-pro-central-wifi-automaco-casa-inteligente- JM>. Acesso em: 1 abr. 2024.

LOGITECH. Logitech Harmony Elite Controle remoto, hub e aplicativo, Preto, 915-000256. 2021. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/915-000256-Harmony-Logitech-Elite/dp/B014PDFP9S>. Acesso em: 01 abr. 2024.

LOGITECH. Controlador Remoto Universal Logitech Harmony Hub Automação. 2022. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-4285285744-controlador-remoto-universal>

[-logitech-harmony-hub-automaco- JM#position%3D4%26search\\_layout%3Dgrid%26type%3Ditem%26tracking\\_id%3De9ccc15e-8970-4acf-b896-2393c516c935.](#)

Acesso em: 1 abr. 2024.

SENSIBO. Sensibo Sky. 2021. Disponível em:  
<https://sensibo.com/products/sensibo-sky?srsId=AfmBOorFpIU6KCtUAMP--Zq9hTGe7FsAI03hyhasEcsY4pmKJO8Jd1Rm>. Acesso em: 01 abr. 2024.

BROADLINK. Broadlink Mini 3 Rm Wifi Integração Controle Automação Smart. 2021. Disponível em:  
[https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-4495987648-broadlink-mini-3-rm-wifi-integraco-controle-automaco-smart- JM?matt\\_tool=40343894&matt\\_word=&matt\\_source=google&matt\\_campaign\\_id=14303413655&matt\\_ad\\_group\\_id=133855953276&matt\\_match\\_type=&matt\\_network=g&matt\\_device=c&matt\\_creative=584156655519&matt\\_keyword=&matt\\_ad\\_position=&matt\\_ad\\_type=pla&matt\\_merchant\\_id=536191023&matt\\_product\\_id=MLB4495987648&matt\\_product\\_partition\\_id=2268053648390&matt\\_target\\_id=aud-1966981570049:pla-2268053648390&cq\\_src=google\\_ads&cq\\_cmp=14303413655&cq\\_net=g&cq\\_plt=gp&cq\\_med=pla&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwI6-3BhBWEiwApN6\\_kra4VQURmJY0HI\\_vtOHPWpnAVwQuI49NkZxPmVLBplFa-FFViuglUxoCPP4QAvD\\_BwE](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-4495987648-broadlink-mini-3-rm-wifi-integraco-controle-automaco-smart- JM?matt_tool=40343894&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14303413655&matt_ad_group_id=133855953276&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=584156655519&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=536191023&matt_product_id=MLB4495987648&matt_product_partition_id=2268053648390&matt_target_id=aud-1966981570049:pla-2268053648390&cq_src=google_ads&cq_cmp=14303413655&cq_net=g&cq_plt=gp&cq_med=pla&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwI6-3BhBWEiwApN6_kra4VQURmJY0HI_vtOHPWpnAVwQuI49NkZxPmVLBplFa-FFViuglUxoCPP4QAvD_BwE). Acesso em: 01 abr. 2024.

SWITCH BOT. SwitchBot Hub Mini. 2022. Disponível em:  
<https://www.switch-bot.com/products/switchbot-hub-mini>. Acesso em: 01 abr. 2024.