CENTRO PAULA SOUZA

ETEC DE MAUÁ

Curso de Informática

Caio da Silva Oliveira

Eduardo Dourado de Matos

Levy Grizante Bianchi

Victor Leal Silva

TÍTULO DO TRABALHO: Medidor de Consumo Elétrico com Interface Mobile via Wi-Fi

Mauá

2024/25

AGRADECIMENTOS

Aos colegas do curso, cujos nomes são: Polyana Oliveira, Kauã Lima, Lucas Moreira, Nauany Carvalho e Matheus Peres, pelo todo apoio.

Aos professores pela toda ajuda durante todo o trajeto do TCC e no desenvolvimento do protótipo físico

Aos participantes da pesquisa, pela riqueza dos dados fornecidos, sem os quais o trabalho não teria sido realizado.

Às nossas famílias, por ajudar nosso projeto de maneira a incentivar a continuação e a conclusão do mesmo.

RESUMO

O presente trabalho propõe o desenvolvimento de um medidor de consumo elétrico com interface mobile via Wi-Fi, com o objetivo de oferecer aos usuários um controle mais preciso sobre o consumo energético de seus aparelhos domésticos. A iniciativa surgiu da crescente demanda por soluções acessíveis que promovam a conscientização energética e a economia financeira, especialmente diante dos sucessivos aumentos nas tarifas de energia elétrica. O dispositivo físico é composto por um sensor PZEM-004T acoplado a um microcontrolador ESP32, responsável pela leitura de dados como tensão, corrente, potência e consumo acumulado, além de calcular o custo em reais com base na tarifa vigente da cidade de Mauá - SP. Os dados são transmitidos via Wi-Fi para um aplicativo desenvolvido com o MIT App Inventor, permitindo ao usuário visualizar em tempo real o consumo e o custo energético. A metodologia envolveu pesquisas, seleção de componentes, montagem do circuito, programação em C/C++, desenvolvimento do aplicativo e testes em diferentes contextos e aparelhos. Os resultados demonstram que o sistema é funcional, acessível e eficiente, permitindo não só a leitura precisa dos dados, mas também a tomada de decisões mais conscientes por parte do consumidor. Além disso, funcionalidades adicionais, como histórico de consumo e recomendações de economia, ampliam o potencial do projeto. A análise SWOT apontou forças como acessibilidade e facilidade de uso, além de oportunidades de mercado em setores ainda pouco explorados. Conclui-se que o projeto é viável técnica, econômica e ambientalmente, oferecendo uma ferramenta útil tanto para residências quanto para pequenas empresas, contribuindo para a redução do consumo de energia e para a sustentabilidade.

Palavras-Chave: Energia, Medidor, Custos, Informática, Viabilidade, ESP32, Utilidade, MIT.

ABSTRACT

This project proposes the development of an electric power consumption meter with a mobile interface via Wi-Fi, aiming to provide users with more precise control over the energy consumption of household appliances. The initiative arose from the growing demand for accessible solutions that promote energy awareness and financial savings, especially in light of the repeated increases in electricity tariffs. The physical device consists of a PZEM-004T sensor connected to an ESP32 microcontroller, responsible for reading data such as voltage, current, active power, and total consumption, as well as calculating the cost in Brazilian reais based on the current electricity rate in Mauá - SP. The data is transmitted via Wi-Fi to a mobile app developed using MIT App Inventor, allowing users to monitor energy usage and costs in real time. The methodology included research, component selection, circuit assembly, programming in C/C++, app development, and testing in various scenarios and with different appliances. The results show that the system is functional, affordable, and efficient, enabling not only accurate data readings but also more conscious decisions by the user. Additional features, such as consumption history and energy-saving tips, enhance the project's usefulness. The SWOT analysis highlighted strengths like affordability and ease of use, and market opportunities in underexplored sectors. It is concluded that the project is technically, economically, and environmentally viable, providing a valuable tool for households and small businesses, while contributing to energy savings and sustainability.

Keywords: Energy, Meter, Costs, IT, Feasibility, ESP32, Utility.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ESP32 - *Espressif Systems Platform 32 bits* (microcontrolador com Wi-Fi/Bluetooth integrado)

PZEM-004T - *Power/Energy Meter* (sensor de medição de parâmetros elétricos)

IDE - *Integrated Development Environment* (Ambiente de Desenvolvimento Integrado – usado no Arduino IDE)

APP - *Application* (aplicativo mobile)

MIT - *Massachusetts Institute of Technology* (referente ao MIT App Inventor, plataforma de criação de apps)

Wi-Fi - *Wireless Fidelity* (rede sem fio de internet)

C/C++ - Linguagens de programação utilizadas

kWh - *Kilowatt-hour* (quilowatt-hora, unidade de consumo de energia)

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

1.1 Justificativa 13
1.2 Problemática 13
1.3 Objetivos 14
1.3.1 Objetivo geral 14
1.3.2 Objetivos específicos 14
1.4 Missão, Visão e Valores 15
1.4.1 Missão 15
1.4.2 Visão: 15
1.4.3 Valores: 15
1.5 Análise SWOT 16
1.6 Metodologias 17
1.6.1 Linguagens e Ferramentas 18
1.6.2 Pesquisa de Campo 19
1.6.3 Gráficos de Resultado da Pesquisa de Campo 20

2 IDENTIDADE ELEZUS 22

2.1 Identidade Visual 23
2.1.1 Paleta de Cores 23
2.1.2 Logo 24
2.2 Modelo de Relacionamento 24
2.3 Custos de Operação 25

3 AUMENTO NA CONTA DE ENERGIA 26

3.1 Fatores que influenciam no preço da energia. 26
3.1.1 Influência da Precipitação 26
3.1.2 Diferenças Regionais 27

4 CONSUMO RESIDENCIAL DE POR CLASSES DE RENDA 28

4.1.1 Padrão de Consumo nas Classes de Renda Baixa 28
4.1.2 Padrão de Consumo nas Classes de Renda Média 28
4.1.3 Padrão de Consumo nas Classes de Renda Alta 28
4.1.4 Desigualdade no Acesso e Efeitos da Tarifa 29

5 O PROTÓTIPO FÍSICO 30

5.1.1 Modelo Físico do Projeto 30
5.1.2 Funcionalidades 31
5.1.3 Organização do Projeto 32
5.1.4 Codificação 32
5.1.5 Codificação Bruta do Protótipo 27
6 APLICATIVO DO PROJETO 33
6.1 Funcionalidades 33
6.2 Telas 33
6.2.1 Tela inicial 33
6.2.2 Tela de Dados 34
CONCLUSÃO 35
REFERÊNCIAS 36

1 INTRODUÇÃO

O uso consciente de energia elétrica é um tema cada vez mais relevante, tanto no contexto ambiental quanto financeiro. Muitos lares utilizam eletrônicos e eletrodomésticos sem um controle claro de quanta energia cada dispositivo consome, o que pode resultar em altos custos na conta de luz e desperdício de energia. A falta de ferramentas acessíveis para monitoramento do consumo elétrico em tempo real agrava esse problema

Este projeto propõe o desenvolvimento de um equipamento, entre o aparelho eletrônico e a tomada, que mede o consumo de energia em watts e oferecendo a possibilidade de visualizar o custo em reais através de uma plataforma online. Além de ajudar no controle de gastos, esse dispositivo incentiva a adoção de hábitos mais sustentáveis e eficientes no uso da energia.

1.1 Justificativa

O nosso estudo é importante porque através de nossas pesquisas vimos que no primeiro trimestre de 2024 teve um aumento de 12,3% em relação ao mesmo período de 2023 e de acordo com dados, foi o maior aumento em um trimestre desde 2004. Além disso, é provável que até o final do ano, o gasto de energia aumente, chegando a 78.978 megawatts.

Ao oferecer uma ferramenta que mede o consumo energético e o converte em termos financeiros, o dispositivo permite que os usuários controlem seus gastos de forma mais eficiente.

1.2 Problemática

O possível tamanho que irá ficar o equipamento, pode ser algo visualmente desagradável ao cliente, visto que pelas especificações dadas ao produto, seu tamanho poderá ultrapassar o volume de produtos parecidos. Além disso, a possível falta de interesse em relação ao nosso produto, devido à complexidade do mesmo, poderá levar a baixa demanda de compras.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O objeto geral do projeto é fazer um adaptador capaz de medir o consumo de energia em tempo real, disponibilizando essas informações através de uma plataforma online.

O dispositivo permitirá que os usuários visualizem o consumo de energia em watts e, também, os custos em reais, ajudando a identificar os aparelhos que mais consomem eletricidade. Podendo colaborar para a redução do consumo energético e para a preservação ambiental.

1.3.2 Objetivos específicos

Desenvolver um protótipo de medidor de consumo energético em tempo real:

- Criar um dispositivo eletrônico capaz de medir o consumo de energia (em watts) de diferentes aparelhos conectados à rede elétrica.

Implementar a comunicação do dispositivo com uma plataforma online:

- Desenvolver um sistema de transmissão de dados que permita enviar as medições de consumo para uma interface web ou aplicativo, acessível aos usuários.

Calcular e exibir o custo do consumo energético:

- Integrar um cálculo de custo em reais, considerando a tarifa de energia elétrica, para que o usuário possa visualizar o custo estimado do consumo dos aparelhos em tempo real.

Proporcionar um painel de controle intuitivo para o usuário:

- Criar uma interface de fácil navegação que permita aos usuários visualizar informações detalhadas sobre o consumo de energia, custos, histórico e identificação de aparelhos que consomem mais energia.

Garantir a precisão e confiabilidade das medições:

- Validar o funcionamento do dispositivo, assegurando que os dados de consumo e custo apresentados sejam precisos e confiáveis, com tolerância mínima de erro.

Integrar funcionalidades de alertas e recomendações para otimização de consumo:

- Desenvolver alertas e sugestões para os usuários, com base no histórico de consumo, indicando formas de reduzir o gasto energético, como desligar aparelhos que não estão em uso ou substituir aparelhos ineficientes.

Testar e validar o dispositivo em diferentes cenários e tipos de aparelhos:

- Realizar testes com diversos aparelhos eletrodomésticos e equipamentos de diferentes potências e características, a fim de garantir que o dispositivo funcione adequadamente em diversos contextos.

Avaliar a viabilidade econômica e ambiental do projeto:

- Estudar a relação custo-benefício do dispositivo, considerando seu preço de fabricação, a economia de energia proporcionada aos usuários e o impacto ambiental positivo da redução do consumo energético.

1.4 Missão, Visão e Valores

1.4.1 Missão

A nossa missão é proporcionar que a energia gasta seja a menor possível para o consumidor, fazendo assim, que o equipamento desenvolvido calcule o gasto mensal de um eletrodoméstico.

1.4.2 Visão:

Nossa visão é fazer com que as pessoas, por meio do equipamento, possam reduzir seus gastos, conduzindo assim um impacto positivo no bolso do cliente e no meio ambiente.

1.4.3 Valores:

Os valores são os princípios fundamentais pelos quais a empresa guia seu comportamento e suas decisões. Eles representam a cultura e a ética da empresa.

Inovação: Buscamos constantemente novas ideias e soluções criativas.

Integridade: Agimos com honestidade e transparência em todas as nossas interações.

Empatia: Priorizamos as necessidades e preocupações dos nossos clientes e colegas.

Sustentabilidade: Comprometemo-nos a desenvolver tecnologia de forma ambientalmente responsável.

Colaboração: Trabalhamos em equipe e valorizamos as contribuições de todos.

Esses valores mostram como a empresa se comporta no ambiente de trabalho e como ela interage com seus clientes e parceiros. Eles são a base da cultura da empresa e influenciam todas as decisões que ela toma.

1.5 Análise SWOT

Forças:

Preço acessível: O dispositivo será mais barato em comparação com outras opções no mercado, tornando-o mais atraente para um público maior, incluindo residências e pequenas empresas. Isso pode aumentar sua competitividade.

Fácil de usar: O fato de ser um equipamento de simples instalação e operação facilita a adoção do produto por um público menos familiarizado com tecnologia, eliminando barreiras de uso.

Fraquezas:

Dependência de plataforma digital: A necessidade de utilizar uma plataforma online para visualizar o consumo e obter sugestões pode afastar usuários que têm

dificuldades ou desinteresse em lidar com tecnologia digital, limitando o alcance do dispositivo.

Oportunidades:

Expansão para novos mercados: O projeto pode se expandir para mercados emergentes ou setores onde o monitoramento de energia ainda é pouco explorado, como o setor rural ou locais com alto consumo energético, como academias e fábricas.

Parcerias com empresas de energia: Parcerias com concessionárias de energia podem facilitar a venda do produto diretamente aos consumidores e até integrar o dispositivo em programas de eficiência energética, ampliando o alcance da solução.

Ameaças:

Desinteresse do público: Se o público não perceber valor no controle detalhado do consumo energético ou não sentir os impactos econômicos de forma significativa, o interesse no produto pode diminuir.

Avanço de tecnologias concorrentes: Novas tecnologias de monitoramento de energia mais sofisticadas e baratas podem surgir, tornando o dispositivo obsoleto.

Concorrência de dispositivos simples: Produtos mais básicos, que apenas monitoram o consumo sem integrar uma plataforma digital, podem atrair usuários que buscam soluções ainda mais baratas e sem necessidade de conexão com a internet**.**

1.6 Metodologias

A metodologia usada por nosso grupo é separada em algumas partes, incluindo:

- **Pesquisa**
- **Escolha de componentes**
    - ESP32, sensor de corrente, fonte de alimentação e cabos e conectores.
- **Montagem do circuito**
    - Para a montagem do circuito iremos utilizar um Arduino,

- **Programação**
    - Para a programação do ESP32 iremos utilizar possivelmente as linguagens C e C++
- **Desenvolvimento do Aplicativo para o usuário**
    - Para desenvolver o aplicativo utilizamos o MIT app inventor para a criação
- **Realizar os testes necessários**
    - Após todos os passos iremos testar para tudo desde o circuito e o site, para coletarmos os resultados dos testes e concluirmos
- **Coletar o resultado dos testes**
    - Após coletar o resultado dos testes podemos fazer assim a conclusão do trabalho
- **Conclusão**

1.6.1 Linguagens e Ferramentas

Para o desenvolvimento do projeto Elezus, utilizamos um conjunto de linguagens de programação e ferramentas voltadas tanto para o hardware quanto para o software. A seguir, descrevemos os principais recursos empregados:

1.6.1.1 Linguagens de Programação:

- **C / C++:** Utilizadas na programação do microcontrolador **ESP32**, responsável pela leitura dos dados do sensor de corrente e pela comunicação com o aplicativo.

1.6.1.2 Ferramentas e Plataformas:

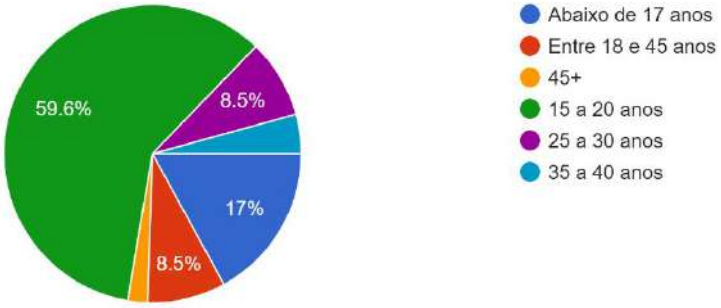
- **MIT App Inventor:** Plataforma usada para o desenvolvimento do aplicativo móvel, com interface gráfica baseada em blocos, ideal para protótipos funcionais de forma rápida.
- **Arduino IDE:** Utilizada para programação do **ESP32**, mesmo sendo este um microcontrolador mais avançado, compatível com a estrutura da IDE.

1.6.2 Pesquisa de Campo

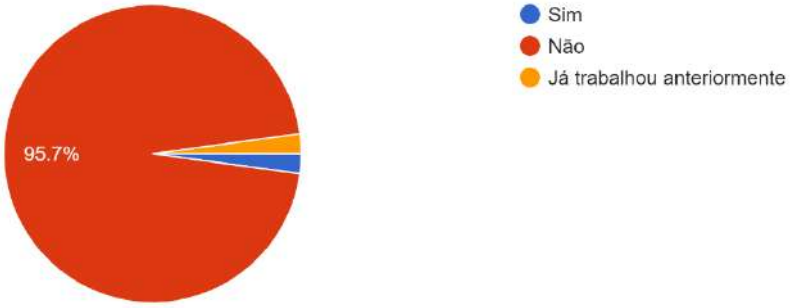
A nossa pesquisa de campo possui um público-alvo em consumidores em geral, pessoas que utilizam seus eletrodomésticos em seu cotidiano empresas de pequeno/médio porte e para isso utilizamos o Google Forms como a base da pesquisa. O propósito da pesquisa é para ter uma melhor percepção se nosso produto seria útil para auxiliar o controle de gastos dos eletrodomésticos, tanto de casas de família, ou, empresas de pequeno/médio porte

1.6.3 Gráficos de Resultado da Pesquisa de Campo

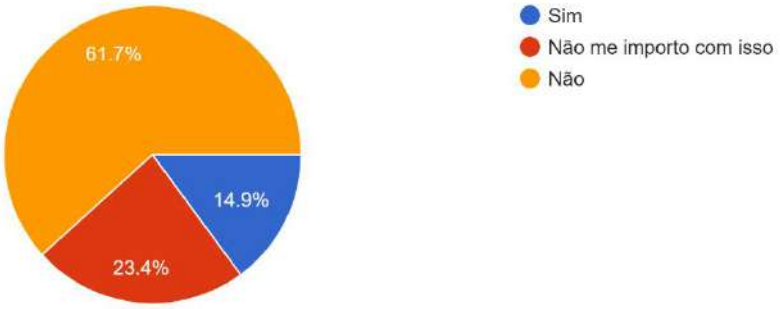
Qual é sua Idade?
47 responses



Você trabalha em alguma empresa no ramo de Energia ou Eletricidade?
47 responses

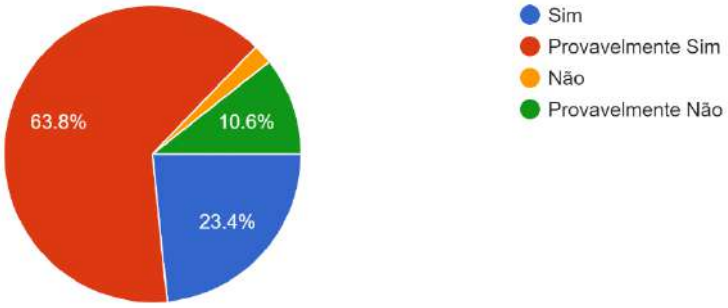


Você se sente satisfeito com o valor da sua conta de energia?
47 responses



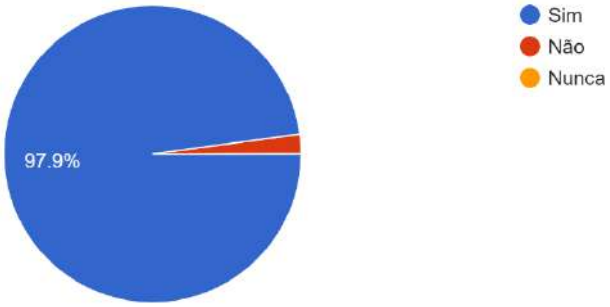
Se houvesse um produto que você pudesse comprar por um preço acessível, que calculasse a energia gasta dos seus aparelhos, você compraria?

47 responses



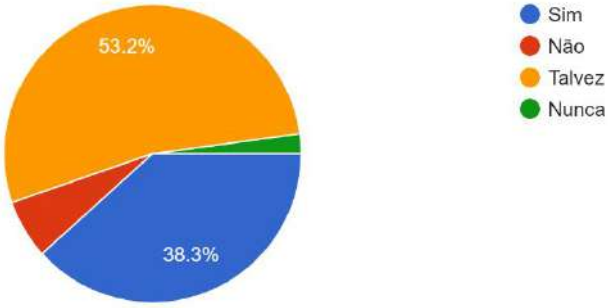
O projeto foi criado para ajudar empresas de pequeno porte e os demais consumidores como casas de famílias, você apoia a iniciativa do projeto?

47 responses



Você compraria o produto?

47 responses



2 IDENTIDADE ELEZUS

A identidade visual da empresa **ELEZUS** desempenha um papel estratégico essencial na consolidação da imagem institucional, na comunicação com seu público-alvo e na representação clara de sua proposta de valor. Desenvolvida para refletir os pilares de inovação, eficiência energética e tecnologia acessível, a identidade gráfica da ELEZUS foi concebida para fortalecer sua atuação no mercado de soluções inteligentes para o monitoramento do consumo elétrico.

Com a missão de tornar o uso da energia mais consciente e econômico, por meio de um dispositivo moderno — um medidor de energia elétrica similar a um wattímetro, aliado a um aplicativo intuitivo —, a ELEZUS busca unir tecnologia de ponta e usabilidade, aproximando o usuário do controle sobre seu consumo energético.

2.1 Identidade Visual

A entidade escolhida por nosso grupo remete diretamente ao nosso tema de trabalho: um adaptador calculador de gastos. Os sinais de raio fazem jus a eletricidade e sua aparência como um todo, é similar a um beijamin/T.

2.1.1 Paleta de Cores

As cores utilizadas no nosso projeto (Azul, Amarelo, Preto) foram escolhidas por tais motivos:

Azul: A escolha do azul foi porque remete a um relâmpago, raio, trovoada, e remete à segurança e confiabilidade.
Amarelo: O amarelo foi escolhido pois é a cor da eletricidade, e remete ao otimismo, acolhimento e a prosperidade.
Preto: Para passa uma ideia de simplicidade e modernidade ao projeto, onde será a cor base do projeto.

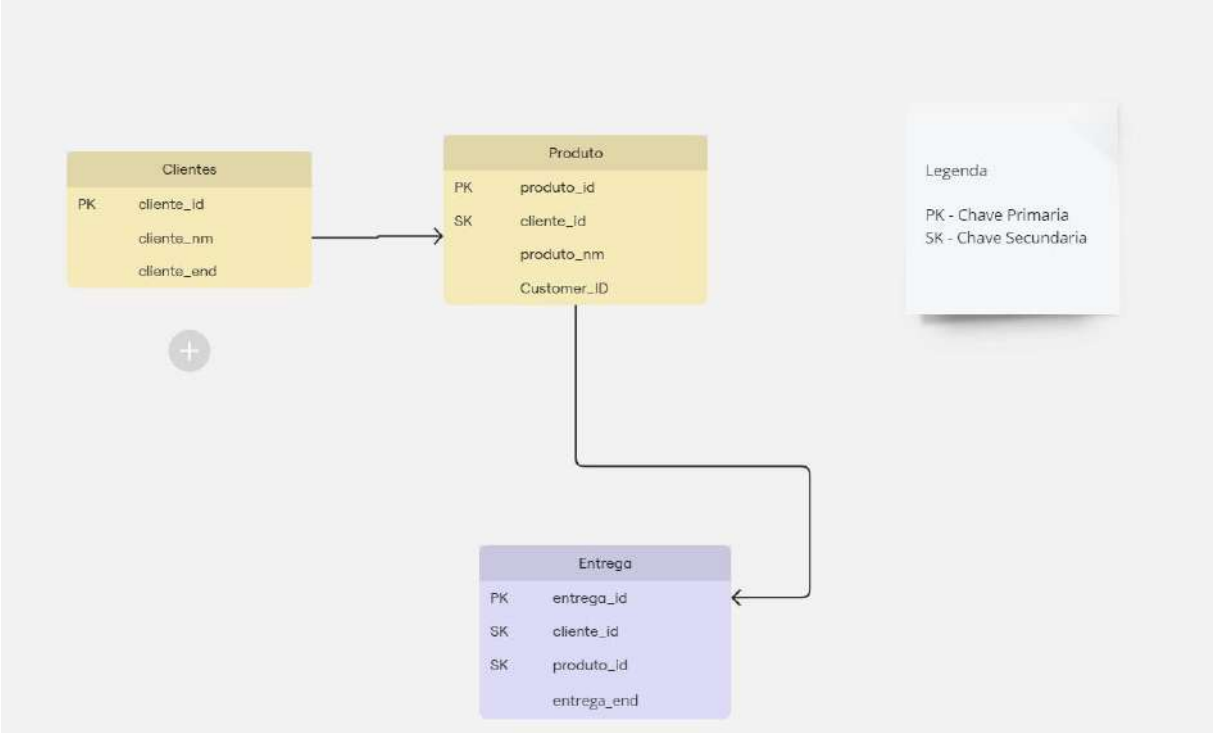
2.1.2 Logo

.

2.2 Modelo de Relacionamento

Entidades:

- Clientes (cliente_id, cliente_nm, cliente_end)
- Produto (produto_id, produto_nm, cliente_id)
- Entrega (entrega_id, produto_id, cliente_id, entrega_end)



2.3 Custos de Operação

Custo de matéria-prima, custo sobre a energia e água, custo sobre os royalties sobre nosso produto.

3 AUMENTO NA CONTA DE ENERGIA

Em 2025, o Brasil poderá enfrentar um expressivo reajuste nas tarifas de energia elétrica, com projeções que indicam aumentos de até 35%, conforme estimativas da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Esse acréscimo decorre de múltiplos fatores estruturais e conjunturais, incluindo o aumento dos encargos setoriais, os subsídios concedidos a determinados grupos de consumidores e os investimentos contínuos na expansão e modernização do sistema elétrico nacional.

Adicionalmente, a possível reativação do sistema de bandeiras tarifárias — especialmente a bandeira vermelha — pode gerar um custo adicional às faturas mensais, caso as condições hídricas desfavoráveis limitem a geração por usinas hidrelétricas, exigindo o acionamento de termelétricas mais caras. Esse cenário eleva o risco de impactos inflacionários, pressionando índices como o IPCA e afetando diretamente o poder de compra da população, sobretudo das camadas mais vulneráveis.

O aumento da conta de luz não apenas afeta os consumidores residenciais, mas também influencia os custos operacionais das empresas, refletindo-se no preço de bens e serviços. Assim, o reajuste tarifário em perspectiva para 2025 configura-se como uma preocupação central no debate sobre a sustentabilidade econômica e social do setor elétrico brasileiro.

3.1 Fatores que influenciam no preço da energia.

O preço da energia elétrica no Brasil é determinado por uma combinação de fatores estruturais e conjunturais, que variam conforme a região e as condições climáticas. Um estudo econométrico conduzido por Lima e Dotta (2016) utilizou a metodologia de preços hedônicos para analisar os determinantes do preço da eletricidade no Ambiente de Contratação Livre (ACL). Os resultados indicaram que a quantidade de precipitação e a localização geográfica são variáveis significativas na formação do preço da energia elétrica.

3.1.1 Influência da Precipitação

O estudo revelou que um aumento de 1% na quantidade de chuva mensal resulta em uma redução de 0,13% no preço da energia elétrica, mantendo-se constantes outras variáveis. Esse efeito pode ser atribuído à maior disponibilidade de água para geração hidrelétrica, que é a principal fonte de energia no Brasil. Em períodos de seca, a escassez de recursos hídricos leva ao acionamento de

termelétricas, que possuem custos operacionais mais elevados, impactando diretamente o preço da eletricidade.

3.1.2 Diferenças Regionais

Além da precipitação, a localização geográfica desempenha um papel crucial na determinação do preço da energia elétrica. O estudo identificou que as regiões Norte e Sul apresentam preços significativamente mais baixos em comparação com a região Sudeste/Centro-Oeste, que serve como variável de controle. Especificamente, os preços na região Norte são 88% menores, e na região Sul, 65% menores, do que na região Sudeste/Centro-Oeste. Essas disparidades podem ser atribuídas a fatores como a proximidade das fontes de geração, infraestrutura de transmissão e políticas regionais de subsídios e incentivos.

4 CONSUMO RESIDENCIAL DE POR CLASSES DE RENDA

O consumo de energia elétrica no Brasil está intimamente relacionado às condições socioeconômicas das famílias, sendo uma variável que varia consideravelmente entre as diferentes classes de renda. A forma como os brasileiros utilizam a energia elétrica reflete não apenas os seus padrões de consumo, mas também as desigualdades socioeconômicas presentes no país.

4.1.1 Padrão de Consumo nas Classes de Renda Baixa

As famílias de classes de renda baixa, em geral, têm um consumo de energia elétrica menor, embora representem uma parcela significativa das contas de energia no Brasil. Isso ocorre porque, devido à limitação de recursos, essas famílias tendem a utilizar um número reduzido de aparelhos elétricos e de maior eficiência energética. Contudo, o consumo per capita é frequentemente elevado em relação à sua capacidade de pagamento, o que torna as tarifas de energia um peso significativo no orçamento doméstico.

De acordo com dados da *Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel)*, uma família de baixa renda pode gastar entre 8% e 10% de sua renda com o pagamento da conta de energia. Esse impacto no orçamento familiar pode ser ainda maior quando há aumento das tarifas, o que agrava a desigualdade social e aumenta a vulnerabilidade das famílias mais carentes.

4.1.2 Padrão de Consumo nas Classes de Renda Média

Para as classes de renda média, o consumo de energia elétrica tende a ser mais equilibrado, com a utilização de uma maior variedade de aparelhos domésticos, como eletrodomésticos, ar-condicionado e aquecedores. Esse grupo também tende a consumir mais energia em função de um padrão de vida mais elevado, o que implica no uso de mais eletrônicos e dispositivos elétricos, embora as tarifas de energia sejam menos impactantes no orçamento familiar em comparação com as famílias de renda baixa.

Apesar disso, o aumento das tarifas pode levar a uma revisão nos hábitos de consumo de energia entre as classes médias. Estratégias como a adoção de tecnologias mais eficientes, o uso consciente e o investimento em sistemas de energia renovável, como painéis solares, têm se tornado mais comuns entre essas famílias, visando à redução do custo com eletricidade.

4.1.3 Padrão de Consumo nas Classes de Renda Alta

Nas classes de renda alta, o consumo de energia elétrica é significativamente mais elevado, com o uso de aparelhos de alto consumo energético, como climatizadores e aquecedores elétricos. As famílias de maior poder aquisitivo têm uma infraestrutura mais moderna e, portanto, uma maior demanda por energia

elétrica. No entanto, o impacto das tarifas no orçamento é consideravelmente menor, dado que a renda disponível dessas famílias é muito superior.

Além disso, muitos membros dessa classe têm acesso ao mercado livre de energia, o que lhes permite negociar tarifas mais vantajosas e reduzir o impacto dos custos com eletricidade. A adoção de tecnologias verdes, como a geração própria de energia através de sistemas fotovoltaicos, também tem sido uma tendência crescente entre os consumidores de alta renda, o que contribui para a diminuição do custo da energia no longo prazo.

4.1.4 Desigualdade no Acesso e Efeitos da Tarifa

A desigualdade no consumo de energia elétrica entre as classes de renda reflete uma problemática mais ampla de desigualdade no acesso aos recursos e à modernização da infraestrutura doméstica. O aumento das tarifas de energia tende a afetar desproporcionalmente as famílias de baixa renda, já que representam uma maior parcela do seu orçamento. Em contraste, famílias de renda média e alta podem absorver melhor esse aumento, mesmo assim enfrentam a pressão do aumento dos custos operacionais em suas residências.

Além disso, programas de incentivo à eficiência energética e a implementação de subsídios para famílias de baixa renda, como a Tarifa Social de Energia Elétrica, são fundamentais para amenizar os impactos negativos dos aumentos tarifários, promovendo maior equidade no consumo de energia.

5 O PROTÓTIPO FÍSICO

O protótipo Elezus propõe uma solução prática e acessível para a medição e o monitoramento contínuo do consumo elétrico em tempo real. Utilizando um sensor PZEM-004T v4.0 conectado a um ESP32, o sistema coleta dados como tensão, corrente, potência, energia consumida e custo em reais (R$), com base no valor atualizado do kWh da cidade de Mauá - SP (junho de 2025).

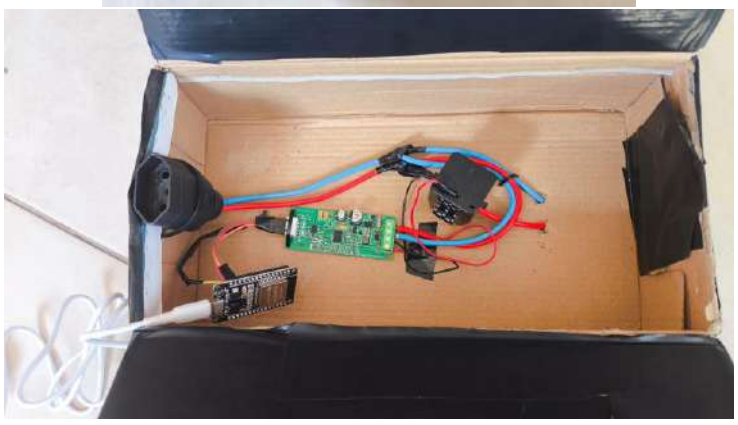
Essas informações são transmitidas via WIFI para um aplicativo desenvolvido no MIT App Inventor, onde o usuário pode acompanhar os dados de forma clara, visual e intuitiva.

Diferente de wattímetros convencionais, o Elezus foi projetado com foco na simplicidade, eficiência e adaptação ao contexto educacional, sendo ideal para demonstrar como a tecnologia pode ser aplicada para promover a consciência energética, a prevenção de desperdícios e o controle inteligente do consumo doméstico ou institucional.

5.1.1 Modelo Físico do Projeto

Protótipo físico montado (frente e trás)

Protótipo físico montado (parte de dentro)

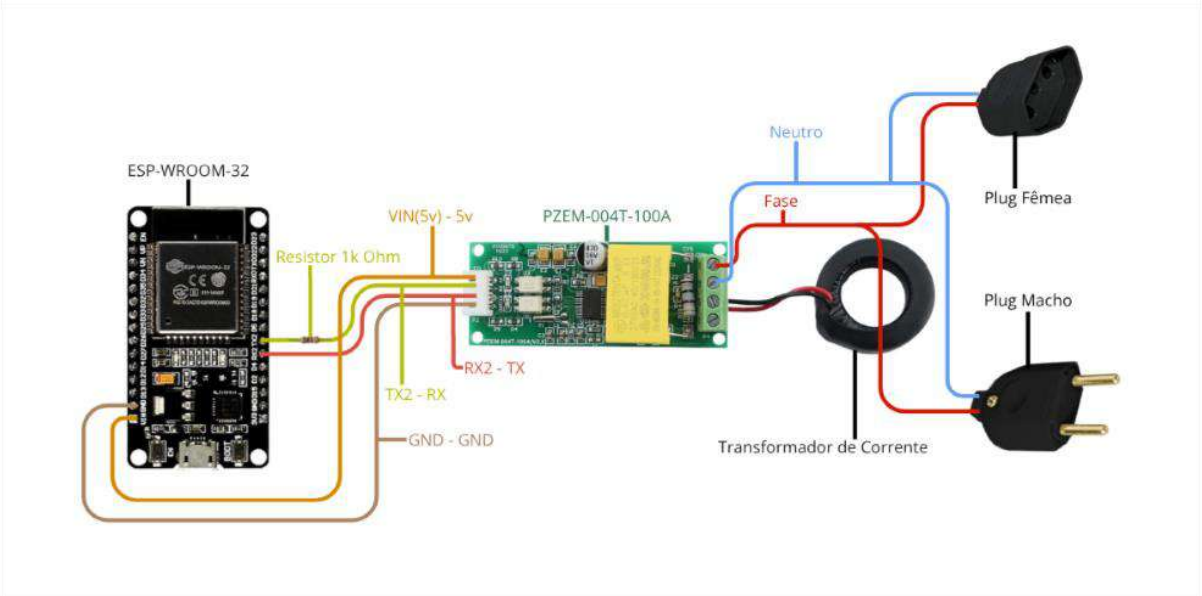


5.1.2 Funcionalidades

O Elezus consegue medir os seguintes dados elétricos:

- Tensão (V);
- Corrente (A);
- Potência ativa (W);
- Energia
- Custo estimado em reais (R$) com base na tarifa local (R$ 1,24 por kWh em Mauá - SP, junho de 2025)

5.1.3 Organização do Projeto



5.1.4 Codificação

Em projetos de sistemas embarcados, a programação desempenha um papel essencial, já que esses sistemas geralmente envolvem componentes mecânicos responsáveis pela captação e transmissão de dados. Para garantir que tudo funcione de forma eficiente e conforme o planejado, é necessário um código bem estruturado, amplo e previamente testado.

A linguagem utilizada na implementação desse tipo de sistema é, em sua maioria, o C++, considerada padrão nesse campo devido à sua robustez e compatibilidade com diversas bibliotecas específicas. Essas bibliotecas são fundamentais para assegurar o funcionamento adequado do protótipo e facilitar o desenvolvimento das funcionalidades do sistema.

5.1.5 Bibliotecas usadas

#include <PZEM004Tv30.h> (Biblioteca usada para ler dados elétricos do sensor PZEM-004T v3.0.)

#include <HardwareSerial.h> (Permite usar múltiplas portas seriais no ESP32 para comunicação com periféricos.)

#include <Wifi.h> (Habilita comunicação WIFI Serial no ESP32 para enviar dados sem fio.)

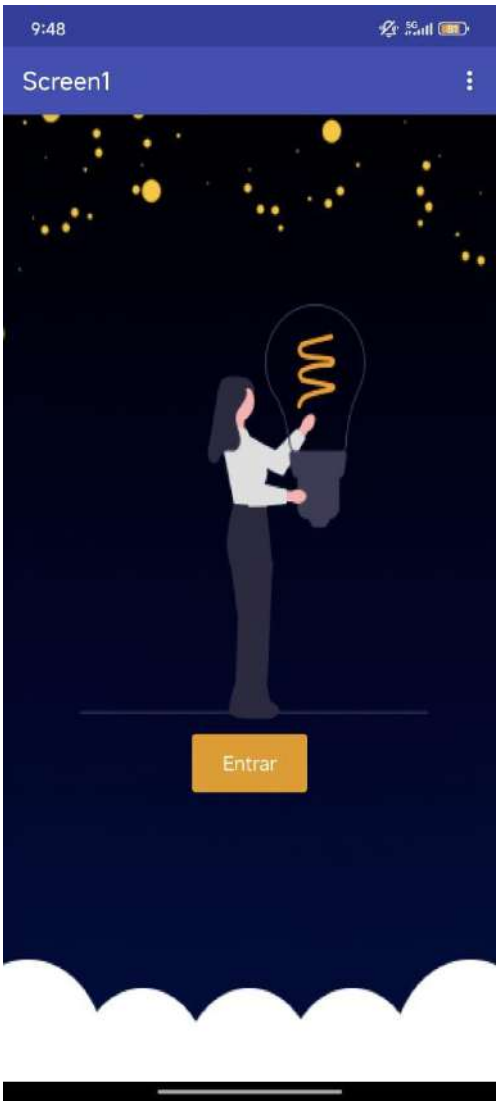
6 APLICATIVO DO PROJETO

6.1 Funcionalidades

O Aplicativo se conecta ao projeto através de uma conexão WIFI. Dentro do APP, poderá ser visto o custo de energia de um aparelho conectado ao dispositivo, podendo ver a corrente, tensão, potência, energia e o custo em reais (R$).

6.2 Telas

6.2.1 Tela inicial



Assim que iniciar o aplicativo, irá para a tela inicial, onde te levara para a tela de dados.

6.2.2 Tela de Dados

Assim que você se conectar irá para a tela de dados do aplicativo, onde você vai poder fazer a conexão via WIFI e assim aparecera o dispositivo ou o aparelho que está conectado ao adaptador, nela também aparecerá a corrente, potência, tensão, energia e o custo que está dando do aparelho.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento do medidor de consumo elétrico com interface mobile via Wi-Fi demonstrou ser uma solução eficiente e viável para o monitoramento em tempo real do uso de energia elétrica. Ao integrar hardware e software de forma acessível, o projeto atendeu ao objetivo de oferecer uma ferramenta que permite aos usuários não apenas visualizar dados como tensão, corrente e potência, mas também compreender o impacto financeiro do consumo energético de forma prática, por meio da conversão para valores em reais. Durante sua construção, o projeto enfrentou desafios técnicos e conceituais que foram superados com pesquisa, testes e refinamentos contínuos, o que reforça seu caráter educativo e inovador.

Além disso, a aplicação prática em cenários residenciais e comerciais mostrou que o dispositivo tem potencial para auxiliar na conscientização sobre o uso responsável de energia, colaborando com a redução de desperdícios e com a sustentabilidade ambiental. O uso de tecnologias acessíveis como o ESP32, o sensor PZEM-004T e o MIT App Inventor favorece a replicação do projeto por outros estudantes, professores ou até mesmo empreendedores. Com base nos testes realizados e no retorno da pesquisa de campo, conclui-se que o projeto Elezus cumpre sua missão de promover economia, eficiência e controle energético, podendo evoluir com melhorias futuras, como a adição de sensores mais precisos, integração com assistentes virtuais e análise preditiva de consumo.

REFERÊNCIAS

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Consumo residencial de energia por classes de renda no Brasil: Fact sheet*. Rio de Janeiro: EPE, out. 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-816/Fact%20Sheet%20Consumo%20Residencial%20de%20Energia%20por%20Classes%20de%20Renda%20no%20Brasil.pdf. Acesso em: 18 jun. 2025.

INFO MONEY. *Conta de energia subirá 35% em 2025; bandeira tarifária pode gerar alta adicional*. 3 jun. 2024. Disponível em: https://www.infomoney.com.br/economia/conta-de-energia-subira-35-em-2025-bandeira-tarifaria-pode-gerar-alta-adicional/. Acesso em: 18 jun. 2025.

G1. *Contas de luz sobem 16% em fevereiro e impactam inflação, aponta IBGE*. 12 mar. 2025. Disponível em: https://g1.globo.com/economia/noticia/2025/03/12/ipca-precos-de-energia-eletrica.ghtml. Acesso em: 18 jun. 2025.

CNN BRASIL. *Aumento da conta de luz em 2024 pode impactar inflação em 2025, diz economista-chefe do Inter à CNN*. 15 jan. 2024. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/aumento-da-conta-de-luz-em-2024-pode-impactar-inflacao-em-2025-diz-economista-chefe-do-inter-a-cnn/. Acesso em: 18 jun. 2025.

CNN BRASIL. *Conta de energia não deve cair mesmo com aumento de reservatórios*. 26 fev. 2025. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/economia/financas/conta-de-energia-nao-deve-cair-mesmo-com-aumento-de-reservatorios/. Acesso em: 18 jun. 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). *Evolução dos preços da energia elétrica no Brasil: impactos sobre a inflação e o consumo das famílias*. Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior, n. 70, 2023. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11423/1/Radar_n70_art03_pre%C3%A7o_energia.pdf. Acesso em: 18 jun. 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). *Impacto econômico do preço da energia elétrica no Brasil*. Brasília: CNI, nov. 2021. Disponível em:

https://static.poder360.com.br/2021/11/Impacto-economico-prec%CC%A7o-energia-cni.pdf. Acesso em: 18 jun. 2025.