



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE QUIXADÁ
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

FRANCISCO ASSIS FÉLIX NETO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA EMBARCADO ACOPLADO A TOMADAS
PARA MONITORAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA VIA APLICAÇÃO MÓVEL**

QUIXADÁ

2019

FRANCISCO ASSIS FÉLIX NETO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA EMBARCADO ACOPLADO A TOMADAS
PARA MONITORAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA VIA APLICAÇÃO MÓVEL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Computação do Campus de Quixadá da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Joel Ramiro de Castro

QUIXADÁ

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F36d Félix Neto, Francisco Assis.
Desenvolvimento de um sistema embarcado acoplado a tomadas para monitoramento de energia elétrica via aplicação móvel / Francisco Assis Félix Neto. – 2019.
43 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Engenharia de Computação, Quixadá, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Antonio Joel Ramiro de Castro.
1. Sistemas embarcados (computadores). 2. Energia elétrica. 3. Aplicativos móveis. 4. Automação. I. Título.

CDD 621.39

FRANCISCO ASSIS FÉLIX NETO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA EMBARCADO ACOPLADO A TOMADAS
PARA MONITORAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA VIA APLICAÇÃO MÓVEL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Computação do Campus de Quixadá da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Computação.

Aprovada em: __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Joel Ramiro de
Castro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Wladimir Araújo Tavares
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Francisco Evando Nascimento dos Santos
Secretaria da Educação do Estado do Ceará (SEDUC)

Dedico esta monografia a minha mãe, meu pai,
minha tia e meus irmãos, pessoas essenciais em
toda a minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Joel Ramiro por me orientar nesse trabalho de conclusão de curso, todo seu apoio foi essencial para a conclusão desse trabalho.

A toda família, em especial a minha mãe, por ser tão carinhosa comigo em toda minha vida, me dando motivos para continuar crescendo e aprendendo cada vez mais.

A todos meus amigos, por estarem sempre me dando apoio com suas amizades.

Ao grupo PACCE, por terem sido ótimos amigos e terem colaborado também com o desenvolvimento desse trabalho.

Aos professores, por tudo que aprendi com eles durante a minha vida, todos são grandes responsáveis por esse trajeto.

“Nascente e poente, o fim também é um começo.”

(Zoe)

RESUMO

Nos últimos anos tem sido buscado encontrar novas alternativas que possibilitem mudar hábitos em relação ao consumo de energia elétrica. Estudos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ENEEL) indicam uma crise hídricas nos últimos anos no Brasil (INSTITUTO BRASILEIRO GEOGRAFIA ESTATÍSTICA, 2015), fazendo com que medidas sejam necessárias para reduzir o consumo de energia elétrica. O objetivo desse trabalho é montar uma aplicação embarcada que enviará informações de consumo de corrente de uma tomada elétrica para uma aplicação móvel, a aplicação, por sua vez irá produzir gráficos de consumo de cada tomada conectada. Comparações entre consumos de tomadas também serão apresentadas através de gráficos em formato de pizza. Dois equipamentos foram testados pela aplicação embarcada e os resultados apresentados pela aplicação móvel foram satisfatórios, o que mostra que o produto geral estava funcionando de forma correta.

Palavras-chave: Sistemas Embarcados. Monitoramento de Energia. Automação.

ABSTRACT

In recent years, it has been seeking new alternatives that allow changing habits in relation to the consumption of electricity. Studies by the National Electric Energy Agency (ENEEL) show that Brazil have a water crisis in recent years in Brazil, making measures considered necessary to reduce or consume electricity. The purpose of this work is to build an embedded application that sends current consumption information from an electrical outlet to a mobile application, a mobile application,for its part, will produce graphs of each plug connected. Comparisons between power consumptions usage will also be presented using pie charts. Two devices were tested by the embedded application and the results presented by the mobile application were satisfactory, which shows the overall product that was working correctly.

Keywords: Embedded systems. Energy monitoring. Automation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Simulação de uma rede sem fio | 20 |
| Figura 2 – Estrutura do projeto | 21 |
| Figura 3 – Diagrama de representação do trabalho | 25 |
| Figura 4 – Sensor de Corrente SCT013 | 27 |
| Figura 5 – ESP-01 | 27 |
| Figura 6 – NodeMCU ESP8266 | 28 |
| Figura 7 – Pinagem NodeMCU | 30 |
| Figura 8 – Plug Jack P2 fêmea | 32 |
| Figura 9 – Circuito sensor corrente | 32 |
| Figura 10 – Arduino IDE | 33 |
| Figura 11 – Hotspot móvel antes da conexão | 35 |
| Figura 12 – Hotspot móvel depois da conexão | 36 |
| Figura 13 – Circuito em execução | 39 |
| Figura 14 – Monitor serial apresentando valores de corrente | 40 |
| Figura 15 – Tela inicial e de tomadas conectadas | 40 |
| Figura 16 – Telas de consumo | 41 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Produtos similares | 16 |
| Tabela 2 – Comparação entre os trabalhos relacionados e o proposto | 24 |
| Tabela 3 – Modelos de sensor de corrente | 26 |
| Tabela 4 – Valor do projeto | 40 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Requisitos do sistema | 29 |
|--|----|

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1 | Objetivos | 18 |
| 1.1.1 | <i>Objetivo Geral</i> | 18 |
| 1.1.2 | <i>Objetivos Específicos</i> | 18 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 19 |
| 2.1 | Domótica | 19 |
| 2.2 | Redes de sensores sem fio | 19 |
| 2.3 | Sistemas Embarcados | 20 |
| 2.4 | Trabalhos relacionados | 20 |
| 2.4.1 | <i>Sistema de Monitoramento de Consumo de Energia Elétrica de Aparelhos Eletroeletrônicos Residenciais</i> | 21 |
| 2.4.2 | <i>Desenvolvimento, Construção e Calibração de Uma Central de Monitoramento de Consumo de Energia Elétrica e de Água Utilizando o Microcontrolador Arduino.</i> | 22 |
| 2.4.3 | <i>Produto Mínimo Viável para Monitoramento Elétrico em Smart Homes</i> | 23 |
| 3 | METODOLOGIA | 25 |
| 3.1 | Sensores de corrente | 26 |
| 3.2 | Módulo Wi-Fi | 27 |
| 3.3 | Microcontrolador | 28 |
| 3.4 | Android | 28 |
| 3.5 | Requisitos do Sistema | 29 |
| 4 | DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA EMBARCADO ACOPLADO A TOMADAS PARA MONITORAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA VIA APLICAÇÃO MÓVEL | 30 |
| 4.1 | Aplicação Embarcada | 30 |
| 4.1.1 | <i>Circuito</i> | 31 |
| 4.1.2 | <i>Software Embarcado</i> | 32 |
| 4.1.3 | <i>Transmissão Wi-Fi</i> | 34 |
| 4.2 | Aplicação Móvel | 36 |
| 4.2.1 | <i>Conexão com a aplicação embarcada</i> | 37 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.2.2 | <i>Gráficos de Consumo</i> | 38 |
| 5 | RESULTADOS | 39 |
| 5.1 | Aplicação Embarcada | 39 |
| 5.2 | Aplicação móvel | 39 |
| 6 | CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS | 42 |
| | REFERÊNCIAS | 43 |

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios o ser humano esteve em busca de novos meios ou tecnologias que facilitem suas atividades básicas. A descoberta do fogo no período neolítico é um exemplo disso, pois além de ajudar a cozinhar alimentos também servira como iluminação para o ser humano. Com o passar do tempo a humanidade continuou a utilizar o fogo como forma de iluminação para atividades noturnas, fogueiras, tochas, velas e outros instrumentos eram comumente utilizados para facilitar a visualização do povo naquela época. O fogo continuou por muito tempo como o principal meio de iluminação da humanidade, mas no século XVI foram iniciados os estudos sobre eletrificação por atrito com o físico William Gilbert. Em meados do século XIX, Nikola Tesla foi responsável pela criação do motor elétrico de indução por corrente alternada, no qual foi o primeiro estudo científico sobre corrente alternada até então. Ainda nessa época, o físico Michael Faraday foi o responsável pelos estudos da indução magnética, que é o fenômeno no qual um campo magnético produz em um circuito uma corrente elétrica, chamada corrente induzida. Ambos esses estudos contribuíram para se compreender e conseguir elaborar a rede elétrica dos dias atuais.

Atualmente existem diversas maneiras de se obter energia elétrica, dentre as quais destacam-se as usinas hidrelétricas, energia solar, nuclear, eólica, entre outras menos usuais. As usinas hidrelétricas são responsáveis por mais da metade da produção de eletricidade no país (BAJAY *et al.*, 2018). Além disso, o uso da energia elétrica se tornou popular no mundo e também no Brasil, segundo pesquisas realizadas no ano de 2015 pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 99,70% da população brasileiro tem acesso a energia elétrica (INSTITUTO BRASILEIRO GEOGRAFIA ESTATÍSTICA, 2015).

O consumo de energia tende a crescer cada vez mais com a globalização e com o aumento populacional, e isso pode se tornar um problema caso o governo brasileiro e os consumidores em geral não tomem decisões para amenizar o consumo crescente. Nessa perspectiva o Brasil ainda enfrenta, de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), uma das maiores crises hídricas de sua história, fazendo com que aumente os custos da energia elétrica brasileira.

Devido a este aumento na demanda de energia elétrica, os usuários deveriam estar mais atentos e fazer um acompanhamento de consumo elétrico de suas residências. Este tipo de acompanhamento permite que o usuário possa obter informações de forma clara, e estas informações podem ser utilizadas para amenizar o consumo elevado.

Em vista da atual situação de necessidades de ações que promovam o desenvolvimento sustentável, a necessidade de equipamentos elétricos mais econômicos e mais acessíveis se torna fundamental nas residências dos consumidores, os usuários necessitam de informações em tempo real sobre o consumo de energia de seus equipamentos, para que possa fazer o monitoramento de seu consumo de energia e tornado possível comparativos estatísticos com o consumo em relação aos meses anteriores. Um problema para que o usuário possa observar esses resultados é que exige um elevado conhecimento técnico para o entendimento do usuário.

Projetos relacionados a sustentabilidade estão surgindo em busca de solucionar problemas relacionados ao meio ambiente, por exemplo: Geradores de energia elétrica residenciais, “Casas Verdes”, instalações de sistemas de aquecimento solar, projetos de iluminação natural, geração eólica e reaproveitamento da captação de água de chuva encantam qualquer pessoa, pois além de colaborar com o meio ambiente, conseguem economizar dinheiro (GRIZINSKY, 2016). Levando-se em conta o crescimento da Internet das Coisas, tornar uma casa ou até mesmo um cômodo de uma casa conectada com a internet começa a ser realidade para toda a população. Dessa forma, este trabalho propõe um sistema que utiliza um microcontrolador responsável pela leitura de dados de corrente que faz uma conexão pela rede sem fio com um aplicativo móvel, esse aplicativo móvel tem como objetivo apresentar valores de consumo em gráficos do consumo de energia elétrica em ambiente.

Existem no mercado alguns produtos similares com o proposto nesse projeto, a Tabela 1 apresenta três diferentes produtos que fazem o monitoramento de energia elétrica. O primeiro produto apresenta um monitor e um adaptador de tomada, assim os equipamentos eletroeletrônicos que são conectados apresentam no display o valor em tensão, corrente ou quilowatt-hora. O segundo produto apresenta um monitor de eletricidade sem fio chamado Eyepedro, para a visualização o cliente deve acessar um site que é fornecido pela empresa. O terceiro produto apresenta um filtro de linha que também é capaz de fazer o monitoramento de consumo, o produto mostra o consumo de todos os equipamentos que foram conectados no filtro.

Tabela 1 – Produtos similares

| Produto | Valor |
|-------------------------------------|------------|
| Monitor P4400 ¹ | US\$19,99 |
| Monitor sem fio Eyedro ² | US\$129,00 |
| Monitor P3 P4330 ³ | US\$90,53 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

A literatura apresenta algumas propostas ou projetos similares com a ideia desenvol-

vida por esse documento, porém, fazer uma comunicação utilizando técnicas de redes sensores é inovadora na ocasião, um outro fator inovador é fazer uma análise feita por cada tomada da residência fazendo com que o usuário possa obter em detalhes o seu consumo, sendo assim uma motivação maior para a implementação do projeto proposto. A comunicação através dos sensores distribuídos no ambiente facilitará a análise de dados para o usuário final.

1.1 Objetivos

Nessa seção será apresentado o objetivo geral e os objetivos específicos do projeto proposto.

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um dispositivo de baixo custo para ser utilizado em tomadas elétricas, capaz de medir o consumo elétrico, e enviar os dados para um aplicação móvel, fazendo com que o usuário possa ter um melhor controle sobre seu consumo.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Contribuir com desenvolvimento sustentável e consumo consciente;
2. Integrar o aplicativo móvel com aplicativo embarcado;
3. Monitorar o consumo de energia.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão apresentados conceitos sobre domótica, redes sensores sem fio e sistemas embarcados. Em seguida explicado como os conceitos são necessários para o entendimento desse trabalho.

2.1 Domótica

Segundo Ferreira (2010), a palavra Domótica é a junção da palavra latina *Domus* (casa) e o termo Robótica. Seu significado está atrelado a instalação de tecnologias em residências, usufruindo de todo potencial que a computação proporciona, com o objetivo de melhorar, facilitar e viabilizar o uso de recursos domésticos.

Existem outras denominações para a Domótica, entre elas estão “Edifício Inteligente”, “Casa Inteligente”, “Ambiente Inteligente”, entre outros.

2.2 Redes de sensores sem fio

Uma rede sem fio é uma infraestrutura das comunicações sem fio que permite a transmissão de dados e informações sem a necessidade do uso de cabos. Redes sem fios são redes de computadores que não são conectados por cabos, independente do tipo. O uso de redes sem fio permite que empresas consigam certa liberdade na distribuição de suas máquinas. A base de uma rede sem fio são ondas de rádio, que ocorre no nível mais alto da da estrutura de rede. (TIWARI *et al.*, 2015)

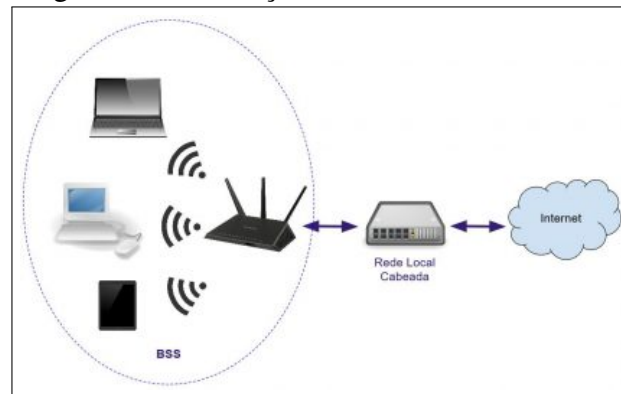
Um dos meios de comunicação sem fio é o Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) que é um conjunto de especificações para redes locais sem fio baseado no padrão IEEE 802.11.

Para o funcionamento de redes que utilizam o protocolo 802.11, é necessário a existência de dispositivos que são chamados de *stations* façam a conexão com os aparelhos que fornecem o acesso a rede. Estes aparelhos são denominados *Access Point* (AP). Quando os dispositivos se conectam ao AP é então criado uma rede sem fio que é denominada *Basic Service Set* (BSS).

Na Figura 1 pode-se observar que o *Access Point* fornece a conexão para os três dispositivos se conectarem na rede sem fio. Após isso o AP é conectado através de uma conexão cabeada com o rede e distribuindo a informação na internet.

No trabalho deste documento, foi utilizado a ideia de redes sem fio, pois o módulo

Figura 1 – Simulação de uma rede sem fio



Fonte: Melo e Roque (2016)

Wi-Fi irá enviar as informações de corrente para aplicação móvel pela rede Wi-Fi. Com os dados no servidor, eles serão tratados e apresentados de forma com que o usuário possa compreender a dinâmica do consumo de energia elétrica do ambiente monitorado.

2.3 Sistemas Embarcados

Colocar capacidade computacional dentro de um circuito integrado, equipamento ou sistema, define o que é um sistema embarcado. Um sistema como este deve ser mais do que um simples computador deve ser um sistema completo e independente, preparado para realizar apenas uma determinada tarefa. O usuário final não terá acesso ao programa desenvolvido que foi embutido no dispositivo, mas poderá interagir com o equipamento através de interfaces como teclados, *displays*, etc, desde que o sistema tenha essa opção de interação.

Os sistemas embarcados estão a nossa volta e estamos de certo modo tão envolvidos por eles que nem nos damos conta de que determinado dispositivo trata-se de um sistema embarcado. Um exemplo prático disso são os carros atuais, que contam com diversas funcionalidades embarcadas através do seu computador de bordo.

2.4 Trabalhos relacionados

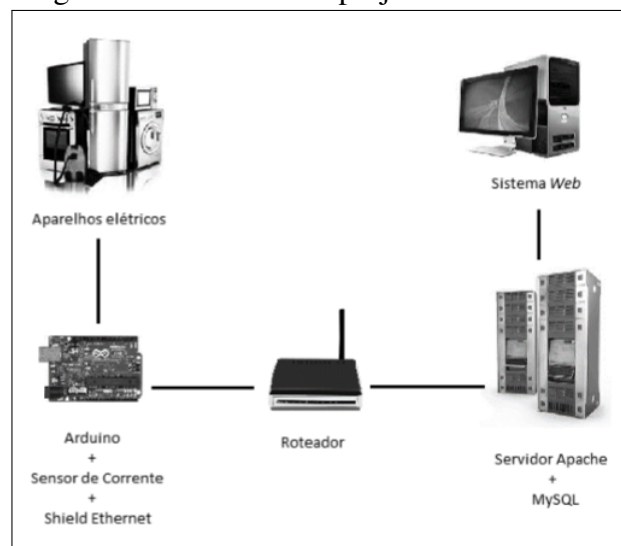
Nesta seção, serão apresentados os trabalhos que tem como foco a questão do monitoramento e controle de energia/água de ambientes caseiros.

2.4.1 Sistema de Monitoramento de Consumo de Energia Elétrica de Aparelhos Eletroeletrônicos Residenciais

Segundo Melo e Roque (2016), um aplicativo que possa trazer uma economia de energia é muito importante nos dias atuais. Melo e Roque (2016) apresenta no seu trabalho uma comparação entre medidores de energia elétrica Eletromecânicos e Eletrônicos. Os eletromecânicos são atualmente mais utilizados pelas empresas fornecedoras de energia, ele funciona através de um disco de metal com bobinas que geram campos magnéticos sobre o disco, sendo que, uma é utilizada para medir tensão e a outra a corrente. Já os medidores eletrônicos, conhecidos como *smart meters*, fornecem informações detalhadas. Eles permitem que a medição seja feita presencialmente ou remotamente, através de uma interface de comunicação.

Observa-se na Figura 2 a estrutura criada por Melo e Roque (2016) para o seu projeto. Este utiliza a plataforma Arduino juntamente com um sensor de corrente ligado ao aparelho elétrico para fazer a medição da corrente. As informações são enviadas através de rede *ethernet* para o roteador, que faz conexão com o servidor Apache para exibir os dados em um servidor Web para o usuário.

Figura 2 – Estrutura do projeto



Fonte: Melo e Roque (2016)

Para fazer os cálculos de consumo Melo e Roque (2016) utilizou a seguinte lógica: Primeiro ele recebe a corrente através do sensor que é medida em ampères, após isso é feito um cálculo de potência que é dado pela tensão multiplicada pela corrente $P = V \cdot i$. A potência agora é multiplicada pelo tempo (em horas) e dividido por 1000, assim no final ele terá o consumo em

quilowatt-hora do aparelho em questão.

Os testes feitos por Melo e Roque (2016) foram feitos em uma em um quarto de uma residência. Ele fez a leitura de 4 equipamentos, sendo esses os mais utilizados no ambiente. Os testes foram feitos respeitando as regras já citadas do cálculo do consumo de quilowatt-hora. Os resultados obtidos foram que o sistema proposto por Melo e Roque (2016) deixa em evidência valores que se sobressaem e quais seriam a causa de uma tarifa elevada. Dos 4 equipamentos analisados o que estava conectando "Computador + Modem + Telefone + Impressora" se destacava em questão de consumo, pois ficava ligado cerca de 420 horas no mês, e ficava claro que uma alternativa era diminuir o tempo de uso desses equipamentos para reduzir a tarifa.

No trabalho de Melo e Roque (2016) cita "... usando apenas formulas como a supracitada sugerida pela ANEEL e os dados dos fabricantes, podemos chegar a equívocos em relação ao consumo real.", mostrando que é necessário uma confiabilidade maior para obtenção de valores de consumo de energia.

O trabalho realizado por Melo e Roque (2016) se assemelha bastante ao trabalho proposto nesse documento, pois utiliza um sensor de corrente para analisar o consumo no local estudado. A diferença é que o trabalho proposto nesse documento tem que como foco analisar o consumo por tomada. Um outro ponto distinto entre os trabalhos é que será desenvolvido um aplicativo para que o usuário do sistema possa ter melhor interação com o sistema.

2.4.2 Desenvolvimento, Construção e Calibração de Uma Central de Monitoramento de Consumo de Energia Elétrica e de Água Utilizando o Microcontrolador Arduino.

O trabalho de Ramos e Andrade (2018) também evidencia a questão de desenvolver um ambiente com monitoramento de energia. Ramos e Andrade (2018) utilizou em seu projeto um microcontrolador Arduino, segundo ele o Arduino supera seus concorrentes *Raspberry Pi* e *Intel Galileo* pois, "é um hardware livre e com código fonte aberto, proporcionando uma facilidade de encontrar sensores que devidamente programados supram as necessidades do usuário."

Dois sensores foram escolhidos no trabalho de Ramos e Andrade (2018), um para medir a vazão e um segundo sensor para medir a corrente elétrica, o primeiro foi o sensor YF-21 e o segundo o modelo não invasivo SCT-013-000 respectivamente destinados as suas funções. Para os cálculos de consumo, foi feito o cálculo simples do produto da corrente (ampères) e a

tensão elétrica (volts).

Vale ressaltar que o autor fez os testes apenas em uma lâmpada incandescente com 60 watts de potência. Também para fazer comparações de testes foi utilizado um amperímetro digital acoplado a lâmpada para fazer a medição da corrente. Com isso o autor poderia verificar se o seu sensor estava fazendo as medições corretas comparando com o resultado do amperímetro.

Os resultados do trabalho foram satisfatórios ao objetivo, ambos os sensores conseguiram calcular de forma precisa, com uma faixa de erro de apenas 0,83% para o sensor de potência.

Em comparação com o trabalho proposto nesse documento, o trabalho de Ramos e Andrade (2018) não apresenta nenhuma interação com o usuário, uma outra diferença é a interação de sensores para facilitar na comunicação dos dados dos sensores.

2.4.3 Produto Mínimo Viável para Monitoramento Elétrico em Smart Homes

No trabalho de Severino *et al.* (2005) é apresentado uma proposta de sistema de controle e verificação de energia. A proposta principal do trabalho é um estudo de viabilidade de um sistema de monitoramento que possa realizar de forma não invasiva.

O sistema proposto por Severino *et al.* (2005) consiste em três módulos: (i) um módulo de *hardware*, responsável pela aquisição dos dados; (ii) um servidor *Web* em nuvem, responsável pela recepção de dados; (iii) uma aplicação móvel em *Android* no qual o usuário poderá monitorar o seu consumo energético.

Os testes feitos por Severino *et al.* (2005) foram elaborados monitorando o consumo energético de 3 equipamentos eletrônicos. O primeiro foi uma lâmpada, o segundo um ventilador e por último um ferro de passar roupa. Os resultados obtidos foram de apenas 3%, 2% e 6% respectivamente na variação de medida. Logo, o trabalho é um produto viável para implementação em residenciais para o monitoramento de consumo energético.

O trabalho se assemelha bastante ao trabalho proposto nesse documento, principalmente na parte do desenvolvimento de uma aplicação móvel acoplada com um servidor em nuvem, a *hardware* utilizado por Severino *et al.* (2005) tem um preço muito elevado em relação a outros dispositivos embarcados.

A tabela 2 apresenta as semelhanças e diferenças dos trabalhos citados neste capítulo com o trabalho proposto, em relação às suas principais características.

Tabela 2 – Comparação entre os trabalhos relacionados e o proposto

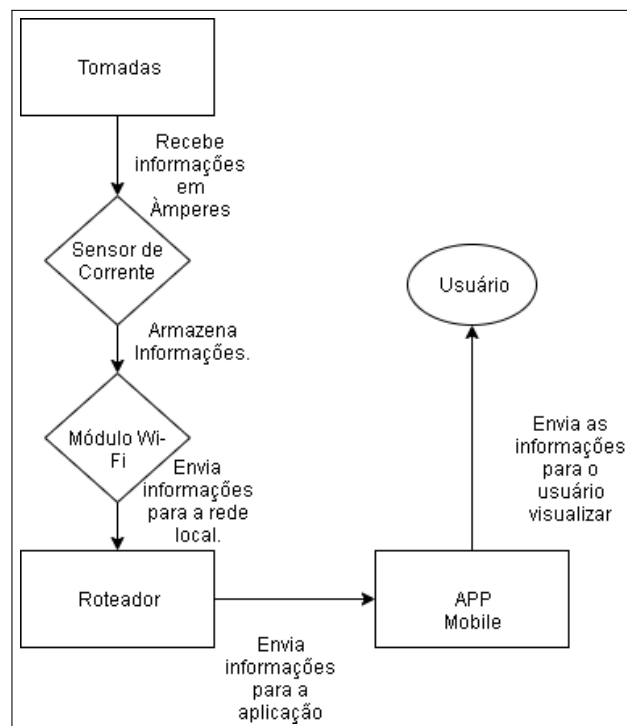
| <i>Funcionalidade</i> | <i>Trabalhos Citados</i> | | | |
|-----------------------------|--------------------------|------------|------------|-------------------|
| | Trabalho 1 | Trabalho 2 | Trabalho 3 | Trabalho proposto |
| Monitoramento do Consumo | Sim | Sim | Sim | Sim |
| Baixo Custo | Sim | Sim | Não | Sim |
| Trabalha com Redes Sensores | Não | Não | Sim | Sim |
| Aplicação Móvel/ <i>Web</i> | Sim | Não | Sim | Sim |

Fonte: Elaborado pelo autor.

3 METODOLOGIA

Este trabalho está organizado em três etapas. Para entendê-las, é preciso compreender como o trabalho funcionará como um todo. Observando a Figura 3, pode-se entender que o equipamento proposto funciona com sua instalação em tomadas que são distribuídas no ambiente através da rede elétrica da casa, os sensores de correntes instalados registram valores em ampères através das tomadas, e estes valores são armazenados e enviados a aplicação móvel. Para que isso aconteça é necessário a utilização de algum meio de comunicação sem fio, e o escolhido para esse projeto será a *Wi-Fi*. Será utilizado um módulo *Wi-Fi* para realizar essa função, assim os dados serão encaminhados através do módulo para um roteador local, do roteador é encaminhado para um aplicativo móvel que será desenvolvido em Android e com o aplicativo em mãos o usuário poderá enfim observar as informações de consumo e assim poderá tomar decisões sobre o consumo de sua residência, tendo mais precisão por cada tomada que está conectada na rede do projeto.

Figura 3 – Diagrama de representação do trabalho



Fonte: Elaborado pelo Autor

Para o intento, é necessário fazer uma seleção de sensores de corrente e de módulos Wi-Fi para serem utilizados no projeto. Além disso, uma breve apresentação das tecnologias para aplicativos móveis.

3.1 Sensores de corrente

Sensores de corrente serão o coração da aplicação desse trabalho, assim, é de extrema importância que a escolha do sensor seja feita de forma mais precisa e inteligente possível. Na tabela 3 podemos observar alguns sensores e alguns quesitos relevantes para a utilização do sensor no projeto.

Tabela 3 – Modelos de sensor de corrente

| Sensor | Faixa de Corrente | Invasivo |
|------------|-------------------|----------|
| ACS71230 | -30 à 30 ADC | Sim |
| ACS71220 | -20 à 20 ADC | Sim |
| AC-SCT 013 | 0 à 100 AAC | Não |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dois primeiros sensores são da mesma família ACS712, as suas diferenças estão na faixa de corrente em que o sensor trabalha, o primeiro trabalha de $-30A$ até $30A$, enquanto o segundo tem uma faixa mais curta, $-20A$ à $20A$, esses sensores também são sensores de preço acessível e bastante utilizado no mercado, porém eles acabam sendo invasivos ao sistema, ou seja, ele precisa estar em série com o circuito elétrico para poder receber valores de corrente. O terceiro sensor, AC-SCT013, é um sensor bastante utilizado no mercado, ele trabalha em uma faixa de corrente de $0A$ a $100A$ e ele contém uma vantagem em relação aos outros dois concorrentes, ele não é invasivo ao sistema, o sensor é acoplado apenas "abraçando" um dos fios ligado ao equipamento a ser monitorado. Devido a suas vantagens, o sensor AC-SCT013 será priorizado para a utilização no projeto, a Figura 4 apresenta uma ideia do sensor.

Figura 4 – Sensor de Corrente SCT013



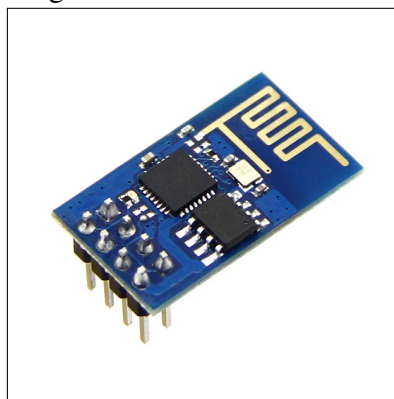
Fonte: Imagem retirada da internet

3.2 Módulo Wi-Fi

Um módulo Wi-Fi é um SOC (*System on Chip*) que consegue dar a qualquer micro-controlador acesso a sua rede Wi-Fi, com isso, pode-se enviar as informações obtidas pelo sensor de corrente através do módulo Wi-Fi. O módulo Wi-Fi mais popular no mercado é o módulo ESP8266, ele é uma ótima alternativa para projetos de IoT, pelo seu tamanho e praticidade.

Há diversos modelos do ESP8266, porém o que será utilizado nesse projeto é a versão ESP-01, que pode ser visto na Figura 5, pois esse modelo é mais compacto com dimensões (24,8x14,3mm) e possui recurso suficiente para sanar o problema de envio de dados do sensor de corrente.

Figura 5 – ESP-01



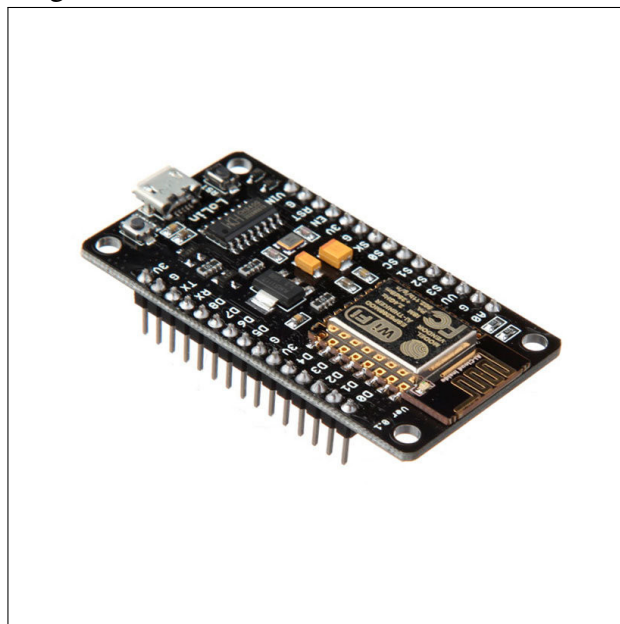
Fonte: Imagem retirada da internet

3.3 Microcontrolador

Um microcontrolador é, em última análise, um computador em um único chip. Esse chip contém um processador (Unidade Lógica e Aritmética – ULA), memória, periféricos de entrada e de saída, temporizadores, dispositivos de comunicação serial, dentre outros. Os microcontroladores surgiram como uma evolução natural dos circuitos digitais devido ao aumento da complexidade dos mesmos. Chega um ponto em que é mais simples, mais barato e mais compacto, substituir a lógica das portas digitais por um conjunto de processador e software (TRINDADE, 2013).

Para esse projeto será utilizado o microcontrolador ESP8266, pois a mesma contém todos os recursos necessários para atender aos requisitos do projeto, um ponto chave para a escolha desse microcontrolador foi o módulo Wi-Fi ESP-01 que ele tem embutido ao seu hardware. A placa utilizada pode ser vista na Figura 6.

Figura 6 – NodeMCU ESP8266



Fonte: Imagem retirada da internet

3.4 Android

Desenvolvido pelo Google, Android é uma plataforma de desenvolvimento de aplicações móveis que possui o sistema operacional baseado no kernel 2.6 do Linux, responsável por gerenciar toda a memória, processos, threads, segurança de arquivos, pastas, além de gerenciamento de redes e drivers (LECHETA, 2016).

A aplicação proposta desenvolvida nesse trabalho será desenvolvida para essa plataforma, usando as funcionalidades providas pelo mesmo.

3.5 Requisitos do Sistema

De acordo com o autor Machado (2018) os requisitos expressam características e restrições do produto de software do ponto de vista de satisfação das necessidades do usuário. O levantamento de requisitos é importante para saber detalhadamente qual as funcionalidades do sistema e como elas devem reagir a diversidades. Os requisitos são divididos em requisitos funcionais e não funcionais. Os requisitos funcionais definem as funcionalidades e o comportamento do sistema, mediante a cada entrada, ou seja, é aquilo que descreve o que o sistema tem que fazer a cada ação de um usuário ou outro sistema(BEZERRA, 2007). Já um requisito não funcional é definido como um atributo de qualidade, de desempenho, de segurança ou como uma restrição geral em um sistema. Frequentemente, os envolvidos têm dificuldade de articulá-los(PRESSMAN; MAXIM, 2016).

Agora que temos definido o que são requisitos funcionais e não funcionais do sistema, a o quadro 1 demonstra os requisitos do trabalho proposto.

Quadro 1 – Requisitos do sistema

| | |
|---------------------------|---|
| Requisitos não funcionais | Baixo custo |
| | Baixo consumo do microcontrolador |
| Requisitos Funcionais | A aplicação móvel deve ser capaz de listar todas as tomadas que estão sendo monitoradas. |
| | A aplicação móvel deve ser capaz de se comunicar com um novo sensor instalado em uma tomada e adicionar essa tomada a uma lista de tomadas já existentes. |
| | A aplicação móvel deve ser capaz de mostrar o consumo das tomadas através de um gráfico de pizza e de linha. |

Fonte: Elaborado pelo Autor.

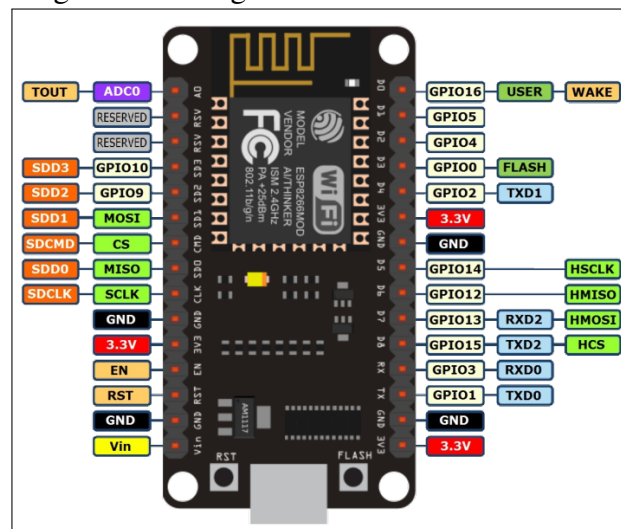
4 DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA EMBARCADO ACOPLADO A TOMADAS PARA MONITORAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA VIA APLICAÇÃO MÓVEL

Esse capítulo descreverá como foi desenvolvido o sistema, desde a aplicação embarcada até a aplicação móvel e também como ambas foram conectadas através da rede Wi-Fi.

4.1 Aplicação Embarcada

Para o desenvolvimento da aplicação embarcada foi utilizado o chip ESP8266 NodeMCU juntamente com o sensor de corrente SCT013-100A, resistores diversos e capacitores. Como pode-se observar na Figura 7 a ESP8266 possui diversas entradas GPIO e outras funcionalidades. No projeto foi utilizado apenas o pino GPIO10 para fazer a alimentação do sensor de corrente SCT013-100A. Também é necessário calcular o valor do resistor de carga pois, o sensor 100A retorna um valor de corrente na sua saída e precisamos transformar essa saída em tensão, logo geramos uma variação de tensão que precisamos para efetuar a leitura na ESP8266.

Figura 7 – Pinagem NodeMCU



Fonte: Imagem retirada da internet

Para realizar os cálculos para esse resistor deve-se determinar a corrente máxima que o sensor suporta, que no caso é 100A. Após isso deve-se mudar a corrente máxima para corrente de pico, multiplicando esse valor por $\sqrt{2}$, então teremos:

$$100 \times \sqrt{2} = 141.4A \quad (4.1)$$

O próximo cálculo é dividir a corrente de pico pelo número de voltas da bobina, de acordo com o *datasheet* do sensor o número de voltas é 2000, logo:

$$\frac{141.4}{2000} = 0.0707A \quad (4.2)$$

A última etapa desses cálculos é melhorar a resolução da medição, a voltagem através do resistor de carga no pico de corrente deve ser igual a metade da tensão de referência da ESP8266 que é 5 volts. Logo, temos:

$$\frac{2.5}{0.0707} = 35.4 \quad (4.3)$$

O valor do resistor de carga deve ser o mais próximo possível de 35.4Ω.

4.1.1 Circuito

Essa seção aborda a montagem do circuito para a utilização do sensor de corrente. Os materiais eletrônicos para a montagem do circuito está listado abaixo:

- Sensor de Corrente SCT013-100;
- 2 resistores de 10kΩ;
- 1 resistor de 33Ω;
- 1 capacitor 10uF;
- 1 *plug* Jack P2 fêmea.

Os 2 resistores de 10kΩ são utilizados para fazer um divisor de tensão, pois precisamos de uma tensão de referência de metade da tensão de alimentação que é 5 Volt. O capacitor é utilizado para realizar a filtragem da tensão. Já o resistor de 33Ω é utilizado para transformar o valor de saída do sensor de corrente em uma variação de tensão. O *plug* Jack P2 fêmea que pode ser visto na Figura 8 foi utilizado pois o cabo de saída do sensor de corrente é do tipo P2 e a ESP8266 não contém nenhuma entrada para esse tipo de saída, logo o adaptador é necessário.

A Figura 9 apresenta como ficou feito o circuito, a Figura foi feita utilizando o software Tinkercad⁴, na Figura também podemos ver a utilização do Arduino UNO, pois na versão gratuita do software não existia a opção para a utilização da ESP8266, porém como foi utilizado apenas entradas analógicas do Arduino o circuito funcionará de forma análoga na ESP8266, alterando apenas as entradas do sensor para o microcontrolador.

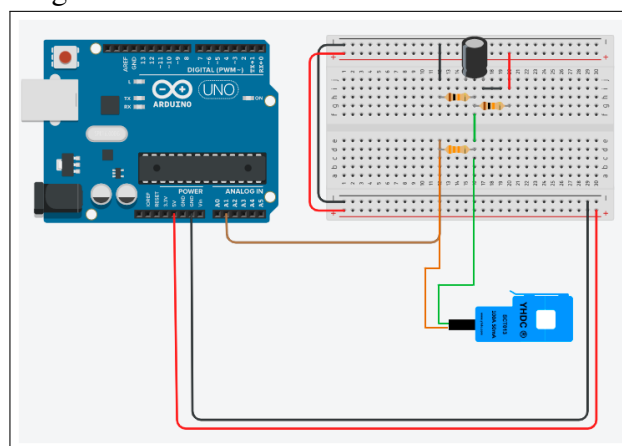
⁴ Obtido em: <https://www.tinkercad.com/>

Figura 8 – Plug Jack P2 fêmea



Fonte: Imagem retirada da internet

Figura 9 – Circuito sensor corrente



Fonte: Elaborado pelo Autor

4.1.2 Software Embarcado

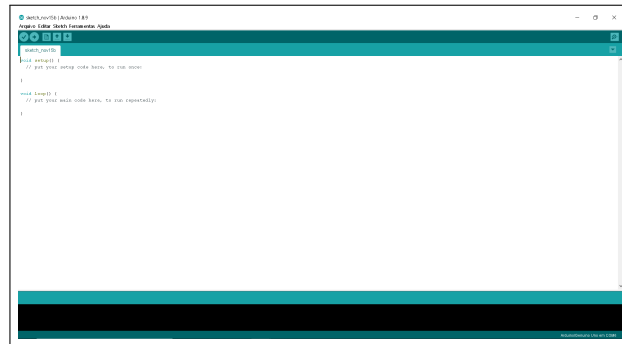
Com todo o circuito montado e devidamente funcionando, agora é necessário a utilização de códigos para que o programa funcione da forma esperada para esse trabalho. O IDE (*Integrated Development Environment*) é o ambiente de desenvolvimento integrado, ou seja, é o programa que integra as várias ferramentas necessárias para o desenvolvimento de softwares ajudando todo o processo ficar mais fácil. Para desenvolver software para o Arduino foi utilizado nesse projeto a sua própria IDE em sua versão 1.8.9⁵.

O visual da IDE do Arduino pode ser visto na Figura 10, ela contém uma parte em

⁵ Disponível para download em: <https://www.arduino.cc/en/main/software>

branco destinada para o desenvolvimento do código onde primariamente existem duas funções, a *setup* que tem o objetivo de inicializar pinos e iniciar modos da placa por exemplo, e a função *loop* que é a função que rodará o código em laços, fazendo com que a aplicação embarcada rode até que seja interrompida por algum motivo, seja intencional ou não intencional. A parte de baixo da IDE vista em preto é a saída da compilação, no caso é possível ver se a compilação funcionou de forma correta ou ocorreu algum erro durante ela. Também é possível utilizar um monitor serial para ver saídas escritas no código, essa função é de grande ajuda para fazer testes e verificações.

Figura 10 – Arduino IDE



Fonte: Elaborado pelo Autor

Antes de iniciar o desenvolvimento do software embarcado da aplicação foi necessário fazer a instalação dos arquivos necessários para utilizar a ESP8266 na IDE do Arduino, nas preferências da IDE deve-se adicionar uma URL⁶ que torna disponível os arquivos necessários para a utilização da placa. Também foi necessário a instalação de uma biblioteca chamada EmonLib⁷, essa biblioteca fornece funções que nos ajudarão a obter a corrente corretamente. No código deveremos incluir a biblioteca EmonLib e criar uma variável do tipo EnergyMonitor que é objeto definido dentro da biblioteca EmonLib para a utilização da função de obtenção de corrente.

```

1 #include "EmonLib" \\inclui biblioteca
2
3 EnergyMonitor emon1; \\cria objeto para o sensor de
   corrente

```

⁶ http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json

⁷ Disponível para download em: <https://github.com/openenergymonitor/EmonLib>

Para finalizar o código, dentro da função loop foi necessário criar uma nova variável que recebesse o valor em ampères da corrente que o sensor irá retornar.

```

1 double Irms = emon1.calcIrms(1480); \\utiliza da funcao
   calcIrms da biblioteca EmonLib.
2
3 Serial.println(Irms); \\imprime o valor da corrente que
   esta sendo armazenado dentro da variavel Irms.

```

Feito isso é obtido então o valor da tensão e é apresentado no display da IDE do Arduino. É importante lembrar que esse valor será enviado através da rede *Wi-Fi* para a aplicação móvel, onde esse valor será tratado para a obtenção do consumo em potência.

4.1.3 Transmissão Wi-Fi

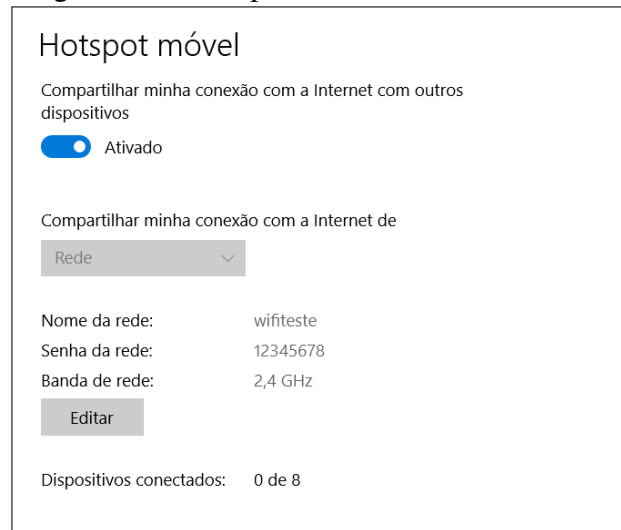
Para realizar a transmissão de dados pela rede Wi-Fi é necessário primeiro conectar-se a uma rede que tenha acesso a internet disponível, nesse trabalho foi utilizado a rede de internet do próprio autor.

O código⁸ para a conexão na rede é focado em apenas se conectar em uma rede e testar a sua estabilidade.

Antes de fazer de fato a conexão da aplicação embarcada com a aplicação móvel foi desenvolvido um teste para verificar se a função Wi-Fi da ESP8266 estava funcionando de forma correta. Para isso foi utilizado um arquivo de exemplo que contém o código para teste de *Wi-Fi*. Para ter uma verificação de conexão foi criado um Hotspot Móvel através de um Notebook que fornecia a rede Wi-Fi como pode ser visto na Figura 11

⁸ Código disponível no artigo do site: <https://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/nodemcu/nodemcu-como-criar-um-web-server-e-conectar-a-uma-rede-wifi/>

Figura 11 – Hotspot móvel antes da conexão



Fonte: Elaborado pelo Autor

Após a rede ter sido criada, é solicitado o nome da rede no qual a placa vai se conectar e a senha da mesma rede, ambas essas informações estão na Figura 11.

```

1 const char* ssid = "wifiteste" \\nome da rede
2
3 const char* password = "12345678" \\senha da rede
4
5 WiFi.begin(ssid, password); \\Criando a conexao da rede,
   através do ID e da senha.

```

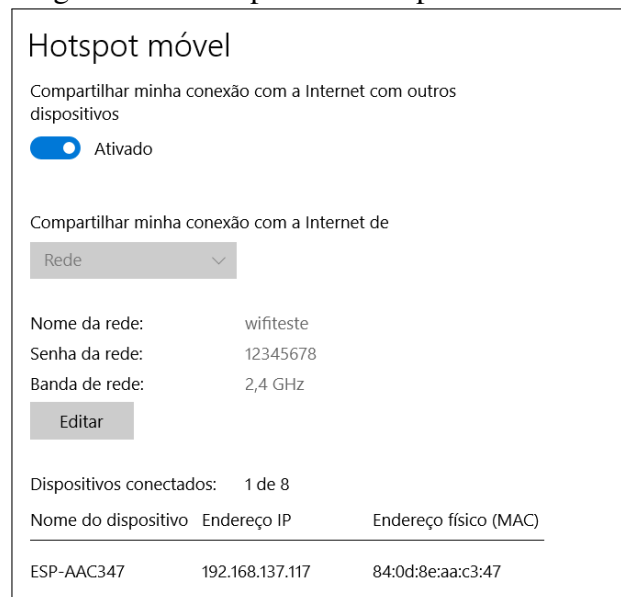
Após a execução do código acima, os dados do *hotspot* pode ser observado na Figura 12 confirmando a conexão do cliente que pode ser visto pelo nome do dispositivo ESP-AAC347.

Vale ressaltar que o endereço IP(Internet Protocol) obtido pela ESP8266 não era fixo, ou seja, sempre que a placa fosse desligada e ligada novamente um IP diferente era cedido do roteador para a placa. Algumas linhas de códigos tiveram que ser inseridas no código da aplicação embarcada para fixar um IP para a placa. Para que o IP se torne fixo na placa devemos informar quatro informações, são elas:

1. O endereço IP, no caso o IP que queremos que seja fixo;
2. O gateway da rede, obtido através das configurações de rede;
3. A máscara de subrede, obtida através das configurações de rede;
4. O DNS, obtido através das configurações de rede.

Com os dados em mãos, deve ser feito a fixagem do IP da placa como pode ser visto

Figura 12 – Hotspot móvel depois da conexão



Fonte: Elaborado pelo Autor

no código abaixo:

```

1 IPAddress ip(192, 168, 137, 117); \\IP que sera fixo da
   placa
2 IPAddress gateway(192, 168, 137, 1); \\gateway da rede
3 IPAddress subnet(255, 255, 255, 0); \\mascara de subrede
4 IPAddress dns(192, 168, 137, 1); \\ip dns
5
6 WiFi.config(ip, dns, gateway, subnet); \\ essa linha tem de
   estar logo antes do comando WiFi.begin

```

4.2 Aplicação Móvel

Essa seção aborda como foi desenvolvido a aplicação móvel, que tem como objetivo apresentar de uma forma simples os dados de consumo da tomada. Toda a aplicação móvel foi feita utilizando a IDE Android Studio, aqui será apresentado como foi feito a conexão de rede da aplicação embarcada junto com a comunicação móvel, como foi feito o envio dos dados obtidos pelo sensor de corrente e como será tratado e apresentado para o usuário os valores de consumo.

4.2.1 Conexão com a aplicação embarcada

Para realizar a conexão com a aplicação embarcada foi necessário a implementação de uma biblioteca pré-definida para essa finalidade, a biblioteca utilizada foi a *okhttp*⁹. Para instalar a biblioteca é necessário adicionar uma linha de código no arquivo *build.gradle* à nível de aplicação do seu projeto Android que pode ser visto no código abaixo:

```
1 implementation("com.squareup.okhttp3:okhttp:4.2.1")
```

Após a implementação da biblioteca é possível utilizar todos os seus recursos para criar uma conexão com a aplicação embarcada.

No projeto Android, foi desenvolvido uma classe para realizar essa conexão, nela existe um método que irá receber uma url no qual a conexão será estabelecida com a chamada do método *getDados*, a classe pode ser vista no código abaixo.

```
1 public class Conexao {
2     public static String getDados(String urlUsuario){
3         OkHttpClient client = new OkHttpClient();
4         Request request = new Request.Builder().url(
5             urlUsuario).build();
6         try {
7             Response response = client.newCall(request).
8                 execute();
9             return response.body().string();
10        }
11        catch (IOException erro){
12            return null;
13        }
14    }
15 }
```

Com isso, é possível realizar a conexão e troca de dados entre a aplicação embarcada e a aplicação móvel. A aplicação embarcada agora deverá enviar os valores de corrente em miliampères para a aplicação móvel.

⁹ Obtida em: <https://square.github.io/okhttp/recipes/>

4.2.2 *Gráficos de Consumo*

Com a realização da troca de mensagens entre as aplicações, agora deve-se apresentar para o usuário o consumo de uma forma visual mais simples, logo foi inserido na aplicação móvel uma tela que mostra o consumo em kilowatts de todas as tomadas que foram conectadas, na tela contém um gráfico em formata de pizza que apresenta em kilowatts o consumo de cada tomada, assim o usuário pode observar a diferença entre cada tomada e se achar necessário, tomar alguma providência para economizar o consumo, como por exemplo, trocar os equipamentos antigos por mais novos. A equação 4.4 apresenta como será feito o cálculo para a obtenção da potência dissipada, onde V é a tensão, e i a corrente que é obtida através da leitura da aplicação embarcada.

$$P = V \cdot i. \tag{4.4}$$

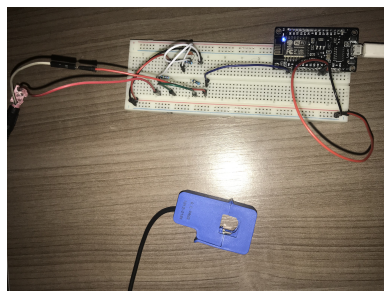
5 RESULTADOS

Neste capítulo será apresentado o processo dos resultados encontrados a partir do desenvolvimento deste trabalho. Os testes para os resultados do trabalho foram feitos em uma tomada comum e com a conexão do roteador local. O produto foi testado com um equipamento, que foi um ventilador comum. O dispositivo móvel utilizado para a realização dos testes foi um LeEco Le S3¹⁰.

5.1 Aplicação Embarcada

A aplicação embarcada foi instalada pela parte exterior da tomada, e o sensor de corrente ficou "abraçando" o fio do equipamento que foi testado para gerar corrente na aplicação. A Figura 13 mostra como ficou montado a aplicação embarcada para a realização dos testes.

Figura 13 – Circuito em execução



(a) Circuito montado



(b) Sensor conectado ao ventilador

Fonte: Elaborado pelo Autor

Na Figura 14 podemos observar os valores obtidos pelo sensor de corrente que é apresentado no monitor serial da IDE do Arduino, esses valores são apresentados em miliamperes. Os valores devem ser mantidos e foram enviados para a aplicação móvel.

A Tabela 4 apresenta os valores dos componentes que foram utilizados para a realização do circuito. Todos os valores dos equipamentos foram retirados do site filipeflop¹¹.

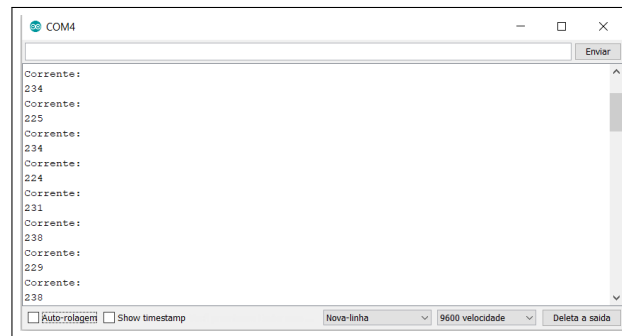
5.2 Aplicação móvel

A aplicação móvel foi modelada para ser a mais simples possível, com funcionalidades voltadas principalmente para a apresentação dos gráficos de consumo que o usuário possa

¹⁰ <https://www.tudocelular.com/LeEco/fichas-tecnicas/n4772/LeEco-Le-S3.html>

¹¹ <http://www.filipeflop.com>

Figura 14 – Monitor serial apresentando valores de corrente



Fonte: Elaborado pelo Autor

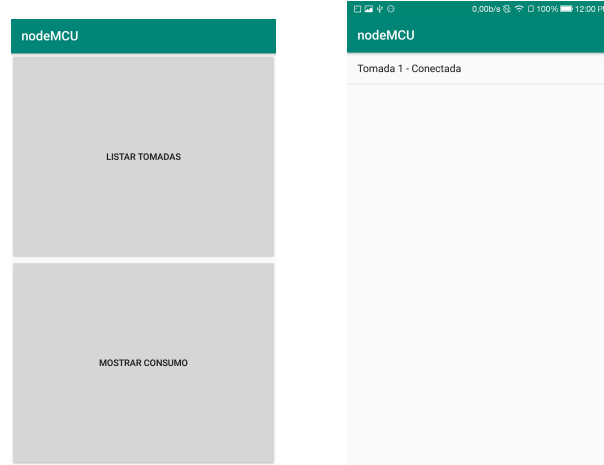
Tabela 4 – Valor do projeto

| Produto | Quantidade | Total |
|-------------------------------|------------|----------|
| Sensor de Corrente SCT013-100 | 1 | R\$52,90 |
| Resistor de 10k Ω | 2 | R\$0,30 |
| Resistor de 33 Ω | 1 | R\$0,15 |
| Capacitor 10 uF | 1 | R\$0,10 |
| Plug Jack P2 fêmea | 1 | R,40 |
| Total | 1 | R\$57,85 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

ver. Na Figura 15 podemos ver a tela inicial da aplicação móvel, que contém apenas dois botões sendo o primeiro botão que leva para as tomadas que estão conectadas na aplicação. Já o segundo botão leva para a tela que mostra o consumo da tomada em watts. Na mesma Figura observamos como ficou a tela de tomadas conectadas, que é apenas uma lista de todas as tomadas conectadas através da rede *Wireless*.

Figura 15 – Tela inicial e de tomadas conectadas



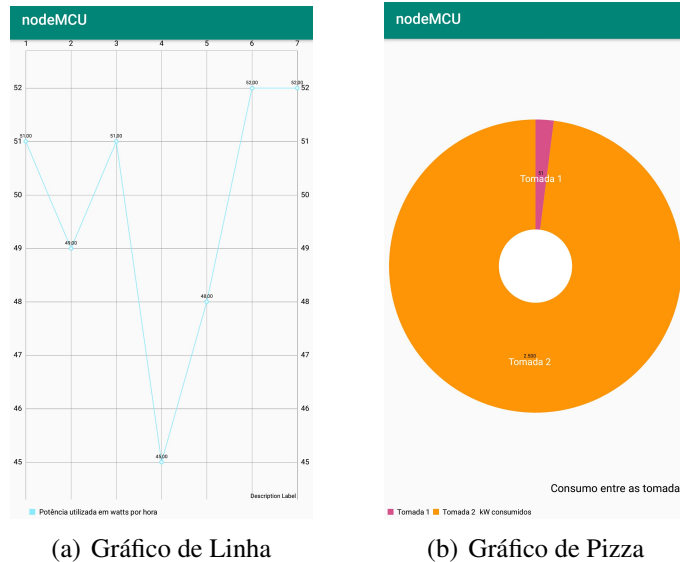
(a) Tela Inicial

(b) Tela de tomadas conectadas

Fonte: Elaborado pelo Autor

Como podemos observar na Figura 16 temos um gráfico que mostra o consumo em watts por hora do aparelho conectado, podemos ver também uma variação, essa variação está associada a variação da corrente obtida pelo sensor na aplicação embarcada.

Figura 16 – Telas de consumo



Fonte: Elaborado pelo Autor

Para fazer a comparação de consumo entre as tomadas é utilizado a tela de gráficos em pizza, porém como nesse trabalho só existia um sensor de corrente, não era possível realizar os testes de forma a conectar duas tomadas simultaneamente. Assim para testar o gráfico de pizza foi feito uma simulação de um equipamento eletrônico, os valores de consumo foi retirado de um aparelho secador de cabelo¹². O resultado do gráfico pode ser observado na Figura 16

Podemos observar também na Figura 16 uma grande disparidade de consumo entre um secador de cabelo (cor laranja) e um ventilador comum (cor rosa), essa imagem pode apresentar para o consumidor qual tomada está consumindo mais, fazendo assim com que ele tome atitudes para reduzir esse consumo, como por exemplo, substituir os aparelhos eletrônicos por mais novos ou passar menos tempo com o aparelho ligado.

¹² <https://www.submarino.com.br/busca/secador-de-cabelo-2600-watts>

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Esse trabalho apresentou um modelo de sistema embarcado para monitoramento de energia elétrica. Por meio dessa solução, os usuários podem fazer uma certa análise sobre os equipamentos eletrônicos que utilizam em sua residência.

Foi apresentado a implementação de um sistema embarcado conectado com uma aplicação móvel de análise de corrente em tomadas buscando apresentar para os clientes o consumo de seus equipamentos eletrônicos. Durante o desenvolvimento do trabalho foi proposto que o sistema embarcado fosse instalado internamente as tomadas dos ambientes, porém foi visto que o espaço interno não era apropriado para a instalação.

Os resultados foram obtidos através de testes utilizando um equipamento eletrônico, onde a aplicação embarcada funcionou de forma esperada. A aplicação móvel também funcionou de forma esperada, ambos os gráficos de linha e de pizza apresentaram para um possível cliente o consumo da tomada analisada.

Como trabalhos futuros, pretende-se realizar um adaptador, que irá conter internamente toda a estrutura da aplicação embarcada, esse adaptador será então ligado a tomada, resolvendo assim o problema da instalação da aplicação na forma interna da tomada. Para trabalho futuro também pretende realizar novas funções para a aplicação móvel, como por exemplo, desativar uma tomada caso o usuário pretenda.

REFERÊNCIAS

- BAJAY, S.; JANNUZZI, G. M.; HEIDEIER, R. B.; VILELA, I. R.; PACCOLA, J. A.; GOMES, R. **Geração distribuída e eficiência energética: reflexões para o setor elétrico de hoje e do futuro.** [S.l.]: International Energy Initiative – IEI Brasil, 2018. 332 p.
- BEZERRA, E. **Princípios de análise e projeto de sistemas com UML.** [S.l.]: Elsevier Rio de Janeiro, 2007. v. 2.
- FERREIRA, V. Z. G. **A domótica como instrumento para a melhoria da qualidade de vida dos portadores de deficiência.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Paraíba, 2010.
- GRIZINSKY, J. L. Sistema para monitoramento de consumo de energia elétrica particular, em tempo real e não invasivo utilizando a tecnologia arduino. **Rev. Eletr. Enf.**, v. 1, n. 1, p. 23–24, 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Energia limpa e acessível.** [S.l.]: IBGE, 2015. Disponível em: <https://indicadoresods.ibge.gov.br/objetivo7/indicador711>. Acesso em: 29 mar. 2019.
- LECHETA, R. R. **Android essencial: edição resumida do livro google android.** São Paulo: Novatec Editora LTDA, 2016.
- MACHADO, F. N. R. **Análise e gestão de requisitos de software: onde nascem os sistemas.** [S.l.]: Editora Saraiva, 2018.
- MELO, G. d. S.; ROQUE, W. Sistema de Monitoramento de Consumo de Energia Elétrica de Aparelhos Eletroeletrônicos Residenciais. **Reverte - Revista de Estudos e Reflexões Tecnológicas da Faculdade de Indaiatuba**, Open Journal Systems, v. 0, n. 14, 2016. Disponível em: <http://fatecid.com.br/reverte/index.php/revista/article/view/187/149>. Acesso em: 12 maio. 2019.
- PRESSMAN, R.; MAXIM, B. **Engenharia de software.** [S.l.]: McGraw Hill Brasil, 2016. v. 8.
- RAMOS, M. C.; ANDRADE, V. S. Desenvolvimento, Construção e Calibração de Uma Central de Monitoramento de Consumo de Energia Elétrica e de Água Utilizando o Microcontrolador Arduino. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 2, n. 1, p. 39–50, 2018.
- SEVERINO, V. S.; VASCONCELOS, D. R.; MILFONT, R. T. P.; ANDRADE, R. M. C.; SANTOS, I. S.; ANDRADE, C. T. C.; FILHO, J. E. V. **Produto mínimo viável para monitoramento elétrico em smart homes.** Fortaleza, 2005.
- TIWARI, P.; SAXENA, V. P.; MISHRA, R. G.; BHAVSAR, D. Wireless sensor networks: Introduction, advantages, applications and research challenges introduction to wireless networks. **Open International Journal of Technology Innovations and Research**, 2015. Disponível em: <http://encurtador.com.br/sxCEW>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- TRINDADE, R. S. **Microcontroladores.** [S.l.: s.n.], 2013. ISBN 9788586473128.