

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA

JONATHAN DA SILVA BRAGA

**PROPOSTA DE UMA FERRAMENTA DE BAIXO CUSTO PARA O
MONITORAMENTO DE ENERGIA RESIDENCIAL**

NATAL – RN
JULHO DE 2018

JONATHAN DA SILVA BRAGA

**PROPOSTA DE UMA FERRAMENTA DE BAIXO
CUSTO PARA O MONITORAMENTO DE
ENERGIA RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Mecatrônica da Uni-
versidade Federal do Rio Grande do Norte
como parte dos requisitos para a obtenção do
título de Engenheiro Mecatrônico, orientado
pelo Professor Carlos Manuel Dias Viegas.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA

NATAL – RN
JULHO DE 2018

JONATHAN DA SILVA BRAGA

PROPOSTA DE UMA FERRAMENTA DE BAIXO CUSTO PARA O MONITORAMENTO DE ENERGIA RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecatrônica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Mecatrônico, orientado pelo Professor Carlos Manuel Dias Viegas.

Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso

Prof. Dr. Carlos Manuel Dias Viegas - Orientador

Prof. Dr. Danilo Curvelo de Souza

Prof. M.Sc. Sérgio Natan Silva

NATAL – RN
JULHO DE 2018

Este trabalho é dedicado a Marta e Osmildo.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não poderia ser concluído sem a ajuda de diversas pessoas as quais presto minha homenagem:

A Deus, pois sem ele eu não existiria e não conseguiria chegar onde cheguei.

Ao meu orientador Professor Dr. Carlos Manuel Dias Viegas, pela paciência, confiança e ideias que tornaram possível a elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, Osmildo e Marta, que tanto me guiaram, me incentivaram e me apoiaram a crescer espiritualmente e profissionalmente, a minha irmã Catherine e ao meu cunhado Talis, que sempre foram um exemplo de perseverança e nunca deixaram de acreditar em mim.

À minha companheira Juliana por ter me incentivado e me apoiado em todos os momentos.

À toda a minha família e a todos os meus amigos, pois, sem eles, isso não seria possível.

*“Feliz o homem que encontrou a sabedoria e alcançou o entendimento,
porque a sabedoria vale mais do que a prata,
e dá mais lucro que o ouro.”
(Bíblia Sagrada, Provérbios 3, 13-14)*

RESUMO

Braga, J. S. **Proposta de uma ferramenta de baixo custo para o monitoramento de energia residencial.** 2018. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecatrônica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

Este trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema domiciliar de monitoramento de energia elétrica de baixo custo, em tempo real. Tem como proposta um dispositivo e um sistema que juntos somam a nova realidade de meios para a economia de energia. O equipamento tem como base a placa de desenvolvimento NodeMCU e um sensor de corrente que afere o consumo em tempo real de um dispositivo. Através dos dados coletados e dos cálculos realizados pelo sistema é possível acompanhar o consumo de energia elétrica de uma forma mais fácil. O intuito é que o constante monitoramento possa trazer uma conscientização da economia de energia.

Palavras-chaves: Economia de energia. Monitoramento. Eficiência Energética. IoT.

ABSTRACT

Braga, J. S. **Proposal of a low cost tool for residential energy monitoring.** 2018. 35 p. Conclusion work project (Graduate in Mechatronics Engineering) - Federal University of Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

This work consists of the development of a real-time home monitoring system for electricity, which is fully customizable. It proposes a device and a system that together add the new reality of means for energy saving. The equipment is based on the NodeMCU development board and a current sensor that measures the real time consumption of a device. Through the data collected and the calculations performed by the system, it is possible to monitor the electricity consumption in an easier way. The intention is that constant monitoring can bring an awareness of energy savings.

Keywords: Energy saving. Monitoring. Energy Efficiency. IoT

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Capacidade de instalada de geração elétrica no Brasil (MW) | 13 |
| Figura 2 – Estrutura do Consumo de fontes primárias | 14 |
| Figura 3 – Diagrama de conexão via websocket | 18 |
| Figura 4 – ESP8266 | 19 |
| Figura 5 – NodeMCU | 20 |
| Figura 6 – SCT-013-000 | 20 |
| Figura 7 – Esquema das tabelas do banco de dados | 21 |
| Figura 8 – Visão geral do ambiente | 22 |
| Figura 9 – Tela inicial do sistema | 23 |
| Figura 10 – Chamada de API | 23 |
| Figura 11 – Cadastro de um cômodo | 24 |
| Figura 12 – Lista dos cômodos cadastrados | 24 |
| Figura 13 – Cadastro de um dispositivo | 25 |
| Figura 14 – Listagem dos dispositivos cadastrados | 25 |
| Figura 15 – Tela de configuração dos parâmetros do sistema | 26 |
| Figura 16 – Demonstrativo do gasto de cada dispositivo | 27 |
| Figura 17 – Consumo geral de todos os dispositivos por cômodo ao longo do ano . . | 27 |
| Figura 18 – Consumo geral de todos os dispositivos por cômodo ao longo do mês atual | 28 |
| Figura 19 – Consumo geral de todos os dispositivos por cômodo ao longo do mês anterior | 28 |
| Figura 20 – Visão geral da gerência de um cômodo | 29 |
| Figura 21 – Vincular dispositivo ao cômodo | 29 |
| Figura 22 – Ações que podem ser realizadas no dispositivo vinculado | 30 |
| Figura 23 – Alerta exibido quando o consumo supera os 50% do previsto | 30 |
| Figura 24 – Alerta exibido quando o consumo supera os 80% do previsto | 30 |
| Figura 25 – Simulador de gastos | 31 |
| Figura 26 – Circuito demonstrativo para comunicação com o <i>power monitor</i> | 33 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Custos do dispositivo de demonstração | 34 |
|--|----|

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------|--|
| HTML | <i>HyperText Markup Language</i> |
| CSS | <i>Cascading Style Sheets</i> |
| API | <i>Application Programming Interface</i> |
| HTTP | <i>HyperText Transfer Protocol</i> |
| TCP | <i>Transmission Control Protocol</i> |
| SQL | <i>Structured Query Language</i> |
| SDK | <i>Software Development Kit</i> |
| IoT | <i>Internet of Things</i> |
| JSON | <i>JavaScript Object Notation</i> |
| SCT | <i>Split-Core Current Transformer</i> |
| REST | <i>Representational State Transfer</i> |
| EPE | <i>Empresa de Pesquisa Energética</i> |
| ANEEL | <i>Agência Nacional de Energia Elétrica</i> |
| CEMIG | <i>Companhia Energética de Minas Gerais</i> |
| SIN | <i>Sistema Interligado Nacional</i> |
| IBGE | <i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i> |
| SOC | <i>System on a Chip</i> |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|-------|--|
| GWh | Gigawatt-hora |
| KWh | Quilowatt-hora |
| $R\$$ | Moeda corrente oficial da República Federativa do Brasil |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 | Motivação | 15 |
| 1.2 | Objetivos | 15 |
| 1.3 | Metodologia | 15 |
| 1.4 | Levantamento bibliográfico | 16 |
| 1.5 | Estrutura do Trabalho | 16 |
| 2 | EMBASAMENTO TEÓRICO | 17 |
| 2.1 | <i>Ferramentas e linguagens</i> | 17 |
| 2.1.1 | <i>Node.js</i> | 17 |
| 2.1.2 | <i>JavaScript</i> | 17 |
| 2.1.3 | <i>WebSocket</i> | 18 |
| 2.1.4 | <i>SQL</i> | 18 |
| 2.1.5 | <i>Fritzing</i> | 19 |
| 2.2 | <i>Componentes Físicos</i> | 19 |
| 2.2.1 | <i>ESP8266</i> | 19 |
| 2.2.2 | <i>Sensor de Corrente SCT 013-000</i> | 20 |
| 3 | DESENVOLVIMENTO | 21 |
| 3.1 | <i>Visão Geral</i> | 22 |
| 3.2 | <i>Software</i> | 22 |
| 3.3 | <i>Hardware</i> | 31 |
| 3.4 | <i>Resultados</i> | 33 |
| 4 | CONCLUSÃO | 35 |
| | REFERÊNCIAS | 36 |

1 INTRODUÇÃO

Com o crescente consumo de energia elétrica nos últimos tempos, a demanda por produção da mesma teve um crescimento significativo, trazendo consigo impactos ambientais e econômicos. O Brasil por mais que possua em seu território grandes possibilidades para a construção de fontes de obtenção de energia, não está isento do problema da alta demanda por energia elétrica. Problema que se agravou em 2015 quando o país começou a passar por uma crise hídrica (MATTOS, 2015).

Como a Figura 1 mostra, a maior parte da energia elétrica gerada no Brasil é por meio de hidrelétricas, essa dependência energética junto com a crise hídrica que o país sofreu culminou em uma política de racionamento e aumento dos impostos - taxa inflacionária no consumo de energia elétrica - que impactou diretamente a vida de cada cidadão brasileiro, trouxe consequências, como o aumento do custo da energia elétrica.

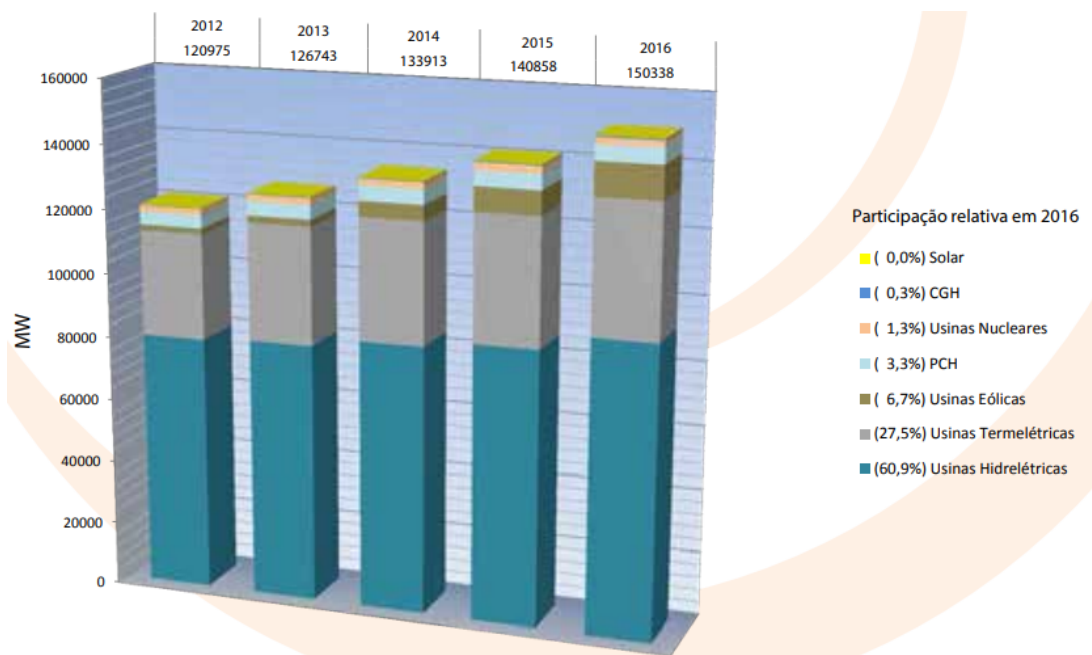


Figura 1 – Capacidade de instalada de geração elétrica no Brasil (MW)

Fonte – (EPE ANUÁRIO, 2017, p. 57).

O consumo de energia elétrica é um dos principais indicadores de desenvolvimento e de qualidade de vida de um país. Esse índice é tão importante que reflete diretamente no ritmo de vida de uma população, pois mostra se as atividades industriais de uma nação estão ou não em um bom ritmo e pode detectar se o comércio está em alta, devido aos bens e serviços que o povo adquiriu (GOLDEMBERG, 1998). Porém um crescimento desordenado na população e um crescimento exponencial no consumo de energia pode

acarretar em problemas para um determinado país. Analisando os dados (EPE BALANÇO FINAL, 2017), o consumo de energia elétrica no Brasil vem crescendo ao longo dos anos. Segundo (CLAUDIO, 2005), nos últimos 35 anos houve um crescimento médio de 6,72%, após a crise que o Brasil sofreu entre os anos 2002 e 2005 houve um crescimento de 4,91% na demanda energética do país. A Figura 2 retrata o cenário de crise energética que o Brasil vinha passando ao longo dos anos, até 2008 o Brasil consumia mais energia elétrica do que produzia.

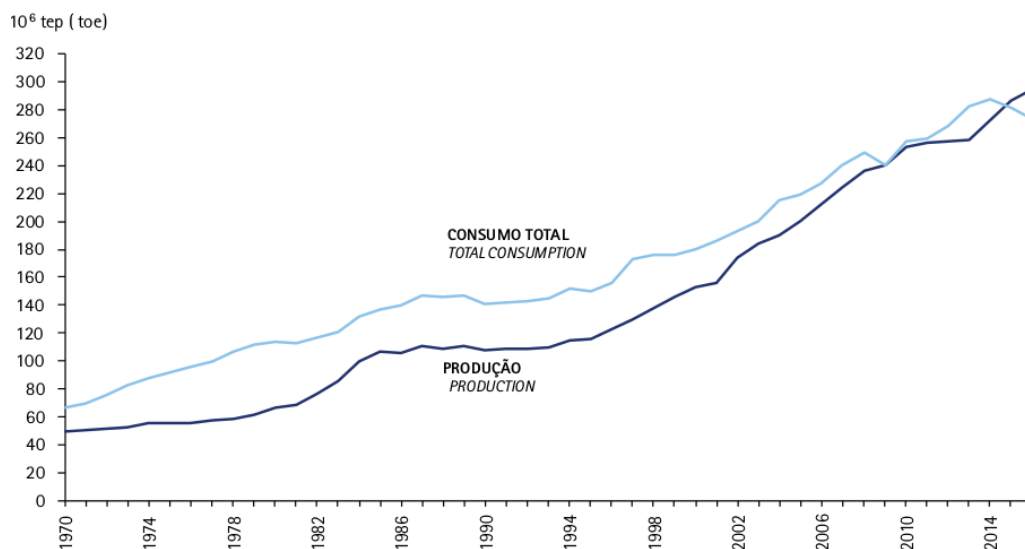


Figura 2 – Estrutura do Consumo de fontes primárias

Fonte – (EPE BALANÇO FINAL, 2017, p. 43).

Para poder acompanhar a crescente demanda por energia elétrica, o governo brasileiro autorizou a construção de 24 hidrelétricas (ANDRADE, 2011). Um grande problema desse planejamento que o governo fez são os inúmeros impactos ambientais e econômicos, um exemplo prático é a usina de Belo Monte - Rio Xingu, Pará. Obra que foi planejada para ser a maior hidrelétrica do Brasil, com capacidade de abastecer 40% das residências (GOVERNO, 2011). Deveria ter sido finalizada completamente e ter seu total funcionamento no segundo semestre de 2015, mas até os dias atuais não opera em 100%. Vale salientar que a construção trouxe o desmatamento de áreas indígenas, alagamentos permanentes, comprometimento da fauna e flora e aumento da dificuldade dos transportes fluviais de comunidades ribeirinhas (G1, 2016).

Diante da problemática do alto consumo de energia elétrica, surge uma indagação: "Construir usinas mesmo sabendo dos impactos negativos que podem surgir, ou não construí-las e aumentar a tarifação pelo consumo de energia visando um uso mais consciente?". A resposta para essas e outras questões que podem aparecer não são fáceis. Entretanto o governo brasileiro optou pela construção de novas usinas e pelo aumento da tarifação no consumo de energia elétrica. Uma solução para essa problemática, seria a chamada

"*exposição da informação*". Ao deixar claro o quanto o consumidor tem gasto de energia elétrica ao longo do mês, isso acarretaria numa conscientização do consumo de energia elétrica.

O trabalho apresentará uma forma barata e eficiente de monitorar a energia elétrica de uma residência em tempo real, disponibilizando informações valiosas ao usuário. O sistema é construído de tal forma que caso o usuário possua o conhecimento necessário o mesmo venha a modificar ou aprimorar o gerenciamento de energia. O sistema nomeado de *Power Monitor* traz consigo uma nova forma de enxergar o consumo dos aparelhos presentes em uma residência, trocando o quilowatt-hora pela moeda de circulação no país, o real, tal mudança é o principal fator de conscientização, pois aproxima o consumidor dos gastos energéticos.

1.1 Motivação

A motivação deste trabalho partiu da análise da atual conjuntura do cenário energético brasileiro que é baseado na falta de transparência da informação levada ao usuário (SETOR ENERGÉTICO, 2000). Notando-se a dificuldade de entender o consumo de energia elétrica dos dispositivos presentes em uma residência, fez-se necessário o desenvolvimento de um sistema de monitoramento para uso consciente da energia elétrica.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é propor um sistema de monitoramento de energia elétrica, de baixo custo, para o uso consciente da mesma. O sistema faz uso de medições e cálculos para uma melhor visualização do consumo de energia, onde o seu principal diferencial é a troca da unidade de medida referente ao consumo elétrico de um aparelho pela moeda de circulação no país.

1.3 Metodologia

O Power Monitor foi implementado utilizando a linguagem de programação JavaScript que por sua vez se comunica com uma placa de desenvolvimento NodeMCU. O Power Monitor possui um servidor web que é responsável por gravar todos os dados coletados em um banco de dados e fazer a comunicação entre software e hardware. A interface web consome todos os dados gravados e após tratá-los e realizar alguns cálculos o resultado é apresentado em forma de gráficos e alertas.

1.4 Levantamento bibliográfico

Trabalhos relacionados ao monitoramento de energia residencial têm sido mais comuns nos últimos anos. Como o monitoramento pode ser feito utilizando eletrônicos e comunicação sem fio, os diversos trabalhos tem se direcionado a desenvolver sistemas utilizando microcontroladores e sensores.

(BRITO, 2016) foi desenvolvido com base na implementação de um sistema particular de monitoramento de consumo de energia elétrica, em tempo real e não invasivo. Com o auxílio da plataforma de prototipagem Arduino e dos sensores de corrente e tensão é possível monitorar em tempo real o consumo de uma residência. O intuito principal desse trabalho é a conscientização pela economia de energia.

O (COSTA, 2016) é um protótipo desenvolvido para ser um sistema de medição de consumo de energia elétrica no setor residencial, onde os valores de medição apresentados para o usuário são convertidos para valores monetários.

O trabalho (CARVALHO, 2013) visa o monitoramento de energia elétrica, desenvolvido para se comunicar com um sistema *web* e com um aplicativo de celular. Com o objetivo de usar as informações coletadas pelo dispositivo *Powersave* e disponibilizar ao usuário, para que assim possa conscientizar o consumo de energia elétrica.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho foi estruturado para que se possa mostrar nos próximos capítulos os seguintes conteúdos:

- Capítulo 2: Embasamento Teórico - Descrição das tecnologias utilizadas neste trabalho;
- Capítulo 3: Desenvolvimento - Será descrita as etapas de implementação do projeto, desde uma visão geral do funcionamento a comunicação entre *hardware* e servidor *web*;
- Capítulo 4: Conclusão - Conclusão e trabalhos futuros;

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

O *Power Monitor* surgiu da necessidade da conscientização do gasto energético e da melhor compreensão da conta de luz. Baseado nesse conceito, foi desenvolvido um *software* que permite uma fácil comunicação com qualquer equipamento construído que tenha a finalidade de monitorar a energia elétrica e um *hardware* para demonstração da comunicação entre ambos. O sistema traz uma forma mais fácil e próxima do consumidor final de se quantificar a energia elétrica consumida em um estabelecimento. No lugar do quilowatt-hora, medida usada atualmente, o *software* propõe mensurar o gasto energético em reais (R\$), trazendo a realidade do consumo mensal.

Este capítulo trará os conceitos essenciais para o entendimento do trabalho, descrevendo todas as tecnologias utilizadas no desenvolvimento do *Power Monitor*.

2.1 *Ferramentas e linguagens*

No decorrer do desenvolvimento do *software* fez-se uso de algumas tecnologias e linguagens de programação que serão descritas a seguir.

2.1.1 *Node.js*

Node.js é um *framework*, interpretador do código JavaScript (subseção 2.1.2), com o foco do uso da linguagem do lado do cliente para servidores. Com um objetivo simples que é ajudar desenvolvedores na criação de aplicações de alta escalabilidade, com códigos capazes de administrar e manipular várias conexões simultaneamente em um único servidor. O *Node.js* é baseado na *runtime V8 JavaScript Engine*. Foi desenvolvido por Ryan Danhl em 2009, e o seu desenvolvimento é mantido pela fundação *Node.js* e *Linux Foundation* (PATEL, 2018).

2.1.2 *JavaScript*

JavaScript é uma linguagem de programação interpretada de alto nível, juntamente com HTML e CSS é uma das linguagens mais utilizadas no mundo *web*. Após o uso da linguagem as páginas *web* começaram a ter uma maior interatividade com o usuário. A grande maioria dos *browsers* tem um mecanismo de compilação dedicado para o JavaScript (LONGEN, 2018). Por ser uma linguagem multi-paradigma o JavaScript suporta paradigmas funcionais, orientados a eventos e até mesmo paradigmas de orientação a objeto. Inicialmente era usada apenas no lado do cliente em *web browsers*, mas atualmente está

presente em vários outros tipos de *softwares* incluindo servidores - como já foi discutido na subseção 2.1.1 - *databases* e até sistemas *desktop* como os leitores de PDF, programas de música e recentemente vem ganhando espaço no desenvolvimento de aplicativos para celular (BLINI, 2016).

2.1.3 WebSocket

A ideia da tecnologia surgiu da problemática onde as comunicações entre servidor e aplicação eram baseadas na sobrecarga do HTTP, que não é indicado para aplicações de baixa latência. O WebSocket pode ser definido como uma API que estabelece a conexão entre aplicação e servidor. Resumidamente é uma conexão, baseada no protocolo TCP, persistente entre servidor e cliente onde ambas as partes podem enviar ou receber informações. A forma como a conexão acontece é simples: o cliente e o servidor antes de tudo devem negociar o *handshake*, que segundo (DAVID, 2011) é o processo pelo qual duas máquinas afirmam uma a outra que a reconheceu e está pronta para iniciar a comunicação. No momento em que a negociação é confirmada a conexão é estabelecida, criando um canal de comunicação bidirecional. A Figura 3 retrata o cenário descrito.

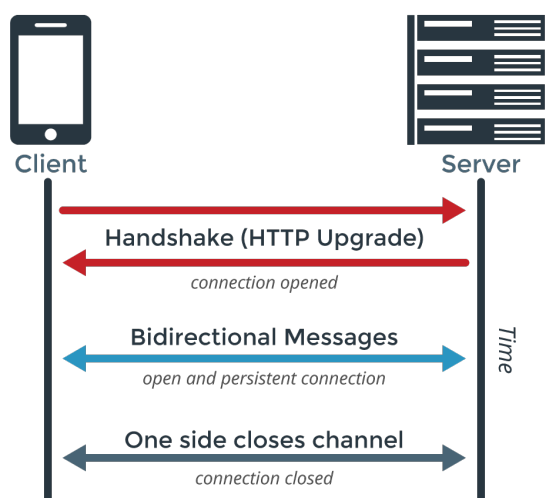


Figura 3 – Diagrama de conexão via websocket

Fonte – <https://www.pubnub.com/learn/glossary/what-is-websocket/>

2.1.4 SQL

Structured Query Language, ou comumente conhecida como SQL é uma linguagem padrão de banco de dados. Diferentemente das outras linguagens de banco de dados a consulta em SQL especifica a forma do resultado e não o caminho para chegar nele. Uma outra grande diferença é que a linguagem SQL é declarativa diferindo mais uma vez das outras linguagens que por sua vez são procedurais (REZENDE, 2013).

O MySQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados que utiliza a linguagem SQL. Atualmente é o sistema mais popular em gerenciamento de banco de dados. Sua rápida popularização deve-se a fácil comunicação entre servidor e aplicação.

2.1.5 Fritzing

O *Fritzing* é uma iniciativa *open source* que inicialmente foi designada a desenvolvedores amadores. Em poucas palavras a plataforma auxilia os desenvolvedores por meio de uma interface gráfica nas primeiras montagens com Arduino ou outro microcontrolador, sua intuitiva interface proporciona ao usuário uma rápida montagem do circuito em protoboard. O *software* vai além e permite com que os desenvolvedores tenha uma visão tanto da protoboard, como do esquemático elétrico.

2.2 Componentes Físicos

No decorrer do desenvolvimento do *hardware* fez-se uso de alguns componentes eletrônicos e microcontrolador que serão descritos nessa seção.

2.2.1 ESP8266

É um SOC que é produzido por um fabricante chinês - Espressif - que tem como principal vantagem a comunicação *Wi-Fi* já integrada em seu circuito. O chip teve seu auge em 2014 quando "estourou" na cultura *maker* com o ESP-01 (Figura 4), essa placa permite que microcontroladores se conectem a uma rede sem fio fazendo conexões TCP/IP, tendo a capacidade de ser servidor ou cliente (ROBOCORE, 2014).

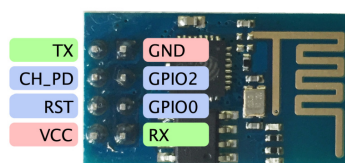


Figura 4 – ESP8266

Fonte – <http://fabacademy.org/archives/2015/doc/images/esp-01.jpg>

O NodeMcu, Figura 5, é uma plataforma de desenvolvimento *open source*. Tem como principal linguagem de script Lua, foi construído sobre o SDK ESP8266. A plataforma surgiu pouco tempo após o lançamento do ESP8266 (subseção 2.2.1). A plataforma ganhou visibilidade, pois trazia um conjunto de circuitos já previamente embutido que o ESP8266 por si só não proporcionava.

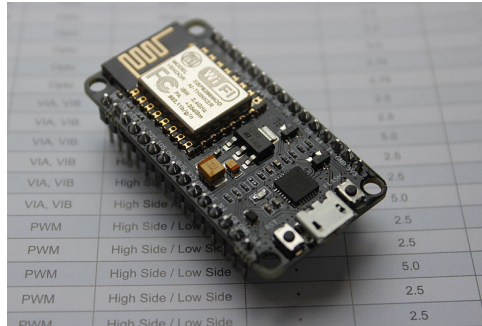


Figura 5 – NodeMCU

Fonte – https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7e/NodeMCU_DEVKIT_1.0.jpg

2.2.2 Sensor de Corrente SCT 013-000

O Sensor é um transformador de corrente para leituras não invasivas, possuindo um funcionamento similar a de um alicate amperímetro. Com a seguinte especificação técnica:

- 100A no primário;
- Saída de 50mA no secundário;
- Temperatura máxima 70°C;
- Temperatura mínima -25°C.

Para realizar a leitura da corrente sem a necessidade de contato elétrico, o sensor de corrente alternada utiliza as propriedades magnéticas da corrente elétrica. O SCT, Figura 6, é um sensor do tipo Transformador de Corrente, que resumidamente é um conjunto de espiras que são colocadas ao redor do condutor ao qual se quer medir a corrente.



Figura 6 – SCT-013-000

Fonte – <https://uploads.filipeflop.com/2017/07/1-34.jpg>

3 DESENVOLVIMENTO

O *software* pode ser dividido em duas partes, servidor *web* e interface *web*. O servidor foi desenvolvido usando a linguagem *javascript* e para auxílio foi utilizado o *framework node.js*, a comunicação entre servidor e banco de dados é feita pelo *MySQL Server*. A interface *web* é o agente consumidor de todos esses serviços. Com uma comunicação via *webscoket* o servidor é capaz de receber e enviar dados a todo instante. A combinação desses três serviços - servidor *web*, servidor do banco de dados e interface *web* - resultou em uma aplicação intuitiva e amigável, desenvolvida para dar suporte às análises dos dados enviados pelo *hardware*. A Figura 7 representa o esquema das tabelas do banco de dados que foi utilizado no *power monitor*.

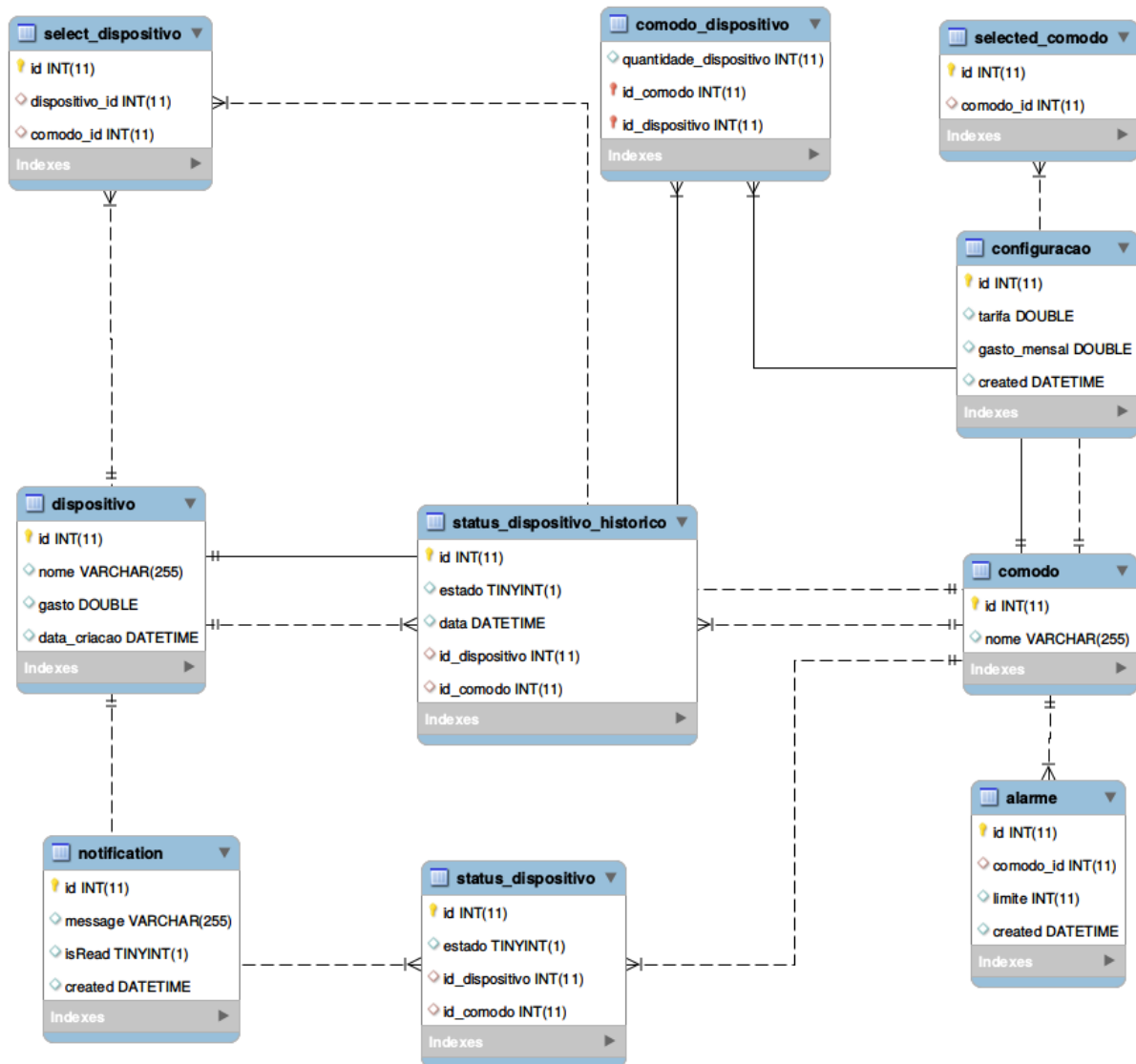


Figura 7 – Esquema das tabelas do banco de dados

Nesse capítulo será mostrado todo o passo a passo para o desenvolvimento do *software* e *hardware*, juntamente com a comunicação entre ambos.

3.1 Visão Geral

Em resumo pode-se ter uma visão geral de como o ambiente - *software* e *hardware* - funciona observando a Figura 8. O sistema *web* é responsável por fazer a comunicação entre o banco de dados e os dispositivos, já os eletrodomésticos são gerenciados pelo NodeMCU que possui uma comunicação via *websocket* com o servidor *web*.

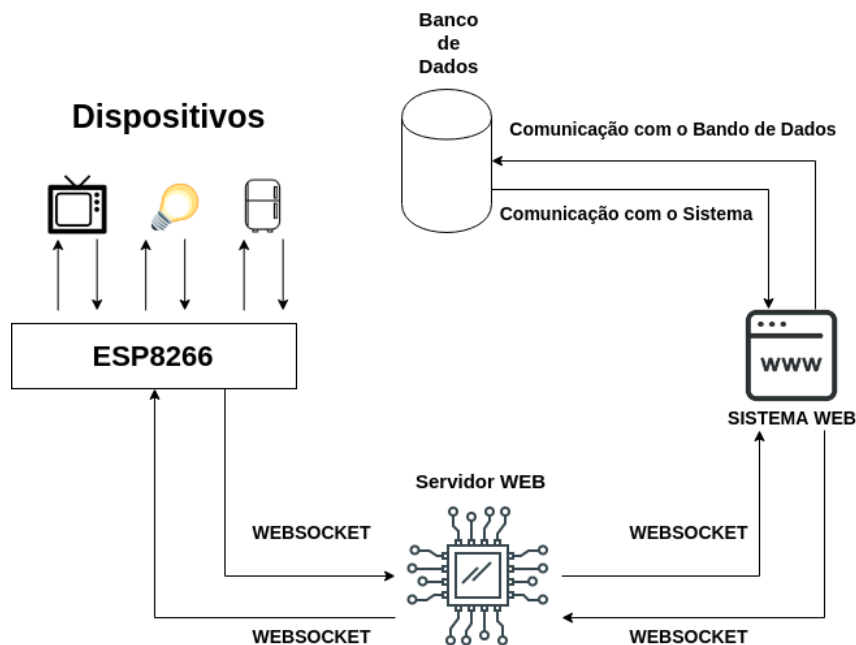


Figura 8 – Visão geral do ambiente

3.2 Software

O controle dos dispositivos de um cômodo, que estão interligados com o *NodeMCU* são controlados pelo *software*. Dessa forma todos os dispositivos que possuem comunicação com a plataforma de prototipagem e que estão cadastrados nos sistema podem ser controlados (Ligar/Desligar) e também é possível ter um acompanhamento dos gastos.

O sistema possui uma interface *web* que pode ser acessada por meio de qualquer dispositivo com acesso a internet e possua um *browser*, como por exemplo: celulares, computadores, *smart tv* etc. O *software* possui uma interface de apenas um único usuário. Logo ao entrar no sistema o usuário se depara com a tela principal, conforme a Figura 9, nela encontram-se as principais informações que o usuário irá precisar, como também as opções de cadastrar um novo dispositivo, listar os dispositivos, cadastrar um novo cômodo, listar um novo cômodo etc.

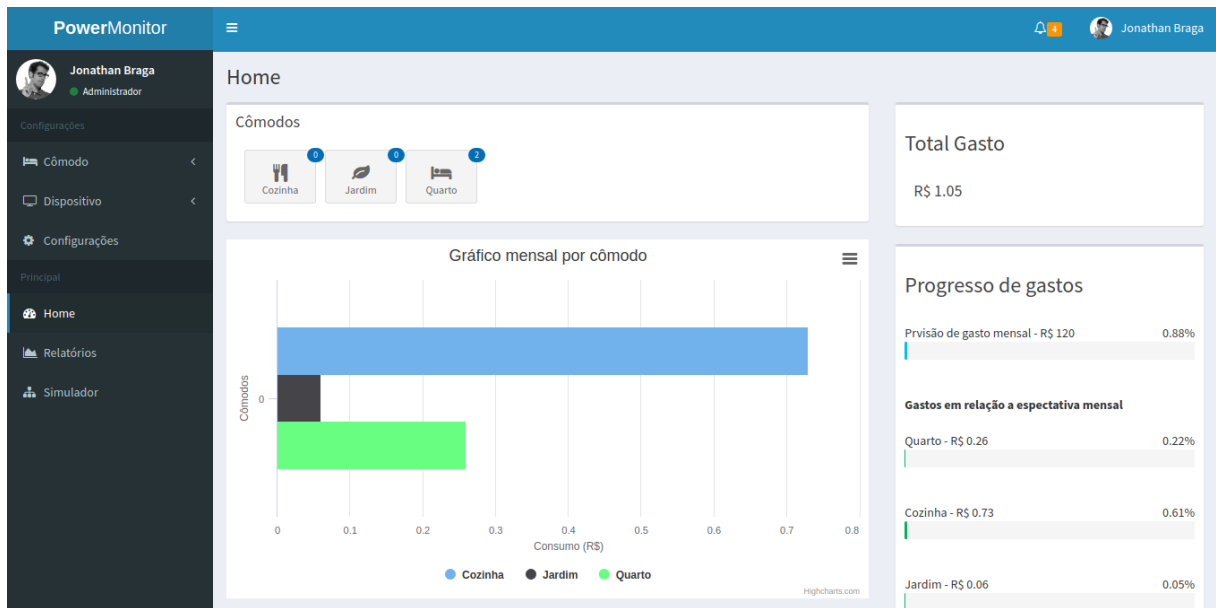


Figura 9 – Tela inicial do sistema

Todas as informações coletadas pelo servidor *web* em *node.js*, são recebidas e tratadas pela interface *web*. Os dados são importantes para a construção dos gráficos e das previsões do sistema. No *power monitor* a forma de comunicação com o banco de dados é feita mediante as chamadas de API. Existe uma chamada para cada ação prevista no sistema, a Figura 10 retrata o código fonte de duas chamadas de API. Pode-se perceber que o *end-point*¹ **get-comodos** é destinado a obtenção de todos os cômodos cadastrados, já o *end-point* **get-dispositivos** é destinado a obtenção de todos os dispositivos cadastrados. O *software* não precisa obrigatoriamente de internet para operar, pois a comunicação entre servidor e sistema é baseada em uma rede de *Wi-Fi* local.

```
//Busca os dispositivos
con.query("SELECT DISTINCT * FROM dispositivo ORDER BY nome",
    function (err, result, fields) {
        if (err) throw err;
        io.emit("get-dispositivos", result)
    });

//Busca os Comodos
con.query("SELECT DISTINCT* FROM comodo ORDER BY nome;",
    function (err, result, fields) {
        if (err) throw err;
        io.emit("get-comodos", result)
    });
```

Figura 10 – Chamada de API

¹Expressão utilizada para se referenciar a uma extremidade de um canal de comunicação.

As Figuras: 11, 12, 13, 14 e 15, são relacionadas as telas de cadastro, listagem e de configuração da interface *web*. Nelas é possível cadastrar e listar cômodos e dispositivos assim como configurar alguns parâmetros do sistema como o preço da tarifa cobrada por quilowatt-hora pela empresa responsável e a expectativa de gasto mensal.

Uma vez que os cômodos, dispositivos e parâmetros são cadastrados no sistema é possível gerencia-los através da edição ou exclusão dos dados.

The screenshot displays the 'Novo Cômodo' (New Room) page in the PowerMonitor application. The interface features a dark blue sidebar on the left with the user's profile (Jonathan Braga, Administrator) and a menu with options like 'Configurações', 'Cômodo', 'Adicionar', 'Listar', 'Dispositivo', 'Configurações', 'Principal', 'Home', 'Relatórios', and 'Simulador'. The main content area is titled 'Novo Cômodo' and contains a 'Formulário' (Form) with a single text input field labeled 'Nome' (Name). A blue 'Confirmar' (Confirm) button is located at the bottom right of the form. The footer includes the copyright notice 'Copyright © 2017 Jonathan Braga. All rights reserved.' and the text 'Power Monitor'.

Figura 11 – Cadastro de um cômodo

The screenshot displays the 'Lista de Cômodos' (List of Rooms) page in the PowerMonitor application. The interface is similar to the previous one, with the same sidebar. The main content area is titled 'Lista de Cômodos' and contains a table with the following data:

| # | Nome |
|-------------------------|---------|
| Excluir | Cozinha |
| Excluir | Jardim |
| Excluir | Quarto |

The footer includes the copyright notice 'Copyright © 2017 Jonathan Braga. All rights reserved.' and the text 'Power Monitor'.

Figura 12 – Lista dos cômodos cadastrados

PowerMonitor

Jonathan Braga
Administrador

Configurações

Cômodo

Dispositivo

Adicionar

Listar

Configurações

Principal

Home

Relatórios

Simulador

Novo Dispositivo

Formulário

Nome

Gasto em KW/h

[Confirmar](#)

*Todo dispositivo ao ser criado tem como padrão o status de desligado.

Copyright © 2017 Jonathan Braga. All rights reserved. Power Monitor

Figura 13 – Cadastro de um dispositivo

PowerMonitor

Jonathan Braga
Administrador

Configurações

Cômodo

Dispositivo

Adicionar

Listar

Configurações

Principal

Home

Relatórios

Simulador

Lista de Dispositivos

Cômodos

| # | Nome | Gasto | Data de Criação |
|-------------------------|-----------|----------|--------------------------|
| Excluir | Air | 123 kw/h | 2018-04-11T05:10:45.000Z |
| Excluir | Geladeira | 57 kw/h | 2018-05-07T20:50:42.000Z |
| Excluir | Televisão | 23 kw/h | 2018-04-11T02:50:12.000Z |

Copyright © 2017 Jonathan Braga. All rights reserved. Power Monitor

Figura 14 – Listagem dos dispositivos cadastrados

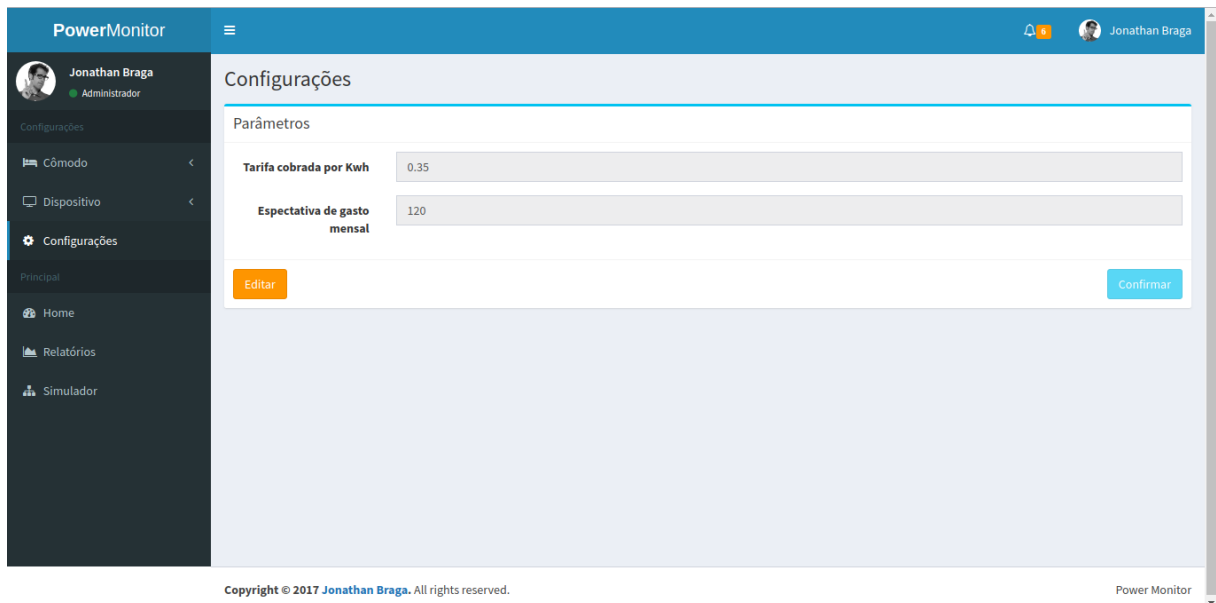


Figura 15 – Tela de configuração dos parâmetros do sistema

Uma vez que todos os cômodos, dispositivos e parâmetros já se encontram cadastrados e já exista a comunicação estabelecida com o hardware, a interface *web* disponibiliza um série de formas para visualização das informações coletadas e tratadas. Na Figura 16 é possível visualizar uma espécie de extrato do consumo de todos os dispositivos, podendo perceber quando foram ligados, desligados e assim resultando no total gasto. Já as Figuras: 17, 18 e 19 referem-se aos gráficos que são construídos baseados nas informações coletadas pelo sistema.

Os gráficos por sua vez são construídos mediante cálculos que o sistema faz usando como base a Equação 3.1. O resultado dessa conta fornece ao sistema o consumo em reais (R\$) do dispositivo em um dado intervalo de tempo conhecido. Vale salientar que o resultado é o esperado já que o consumo do dispositivo (em KWh) é pré-definido pelo usuário (Figura 13). Para o cálculo real do consumo usa-se a Equação 3.2 que leva em conta a corrente real que passa pelo dispositivo ao longo do tempo que ele permanece ligado. Com esses dados é que se torna viável a construção dos gráficos e extrato presentes no sistema.

$$\frac{\text{consumo do dispositivo} \times \text{tempo de uso}}{\text{número de dias no mês}} \times \text{tarifa} \quad (3.1)$$

$$\frac{(\text{tensão} \times \text{corrente}) \times \text{horas de uso por dia} \times \text{número de dias no mês}}{1000} \quad (3.2)$$

PowerMonitor

Jonathan Braga
Administrador

Relatórios

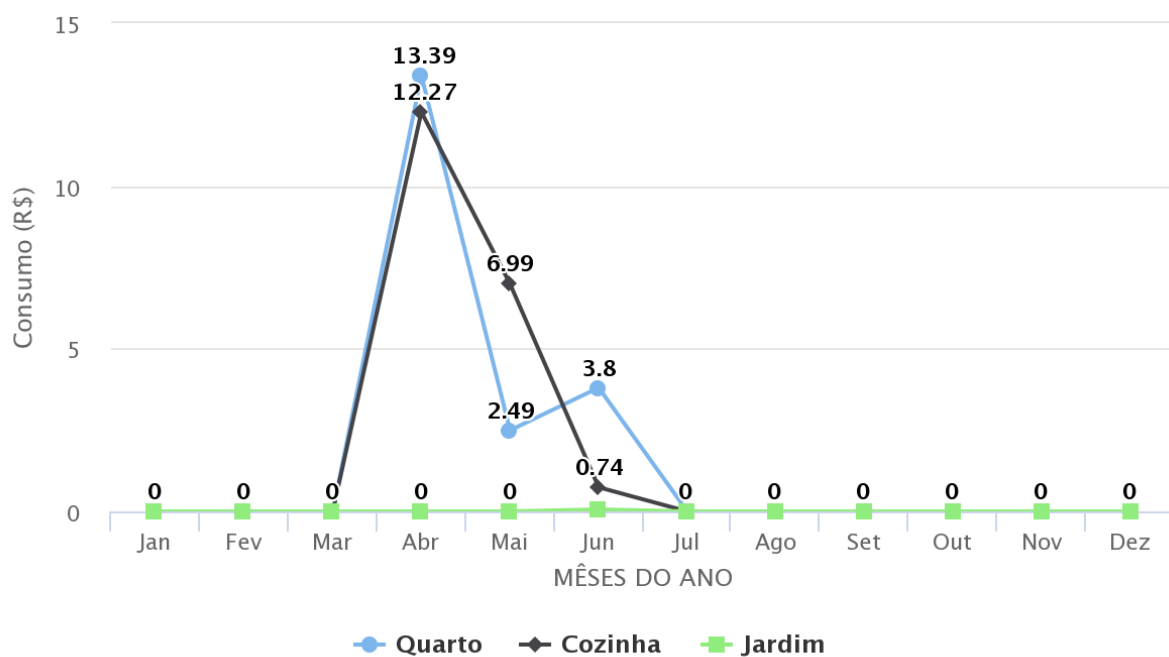
Extrato Geral

Show 10 entries

Search:

| Comodo | Dispositivo | Data ao ligar | Data ao desligar | Tempo de consumo | Consumo |
|---------|-------------|---------------------|---------------------|------------------|------------|
| Cozinha | Geladeira | 2018-05-13 20:37:07 | 2018-05-19 21:41:49 | 6 days | R\$ 4,020 |
| Cozinha | Geladeira | 2018-06-07 04:03:02 | 2018-06-07 11:00:06 | 6 hours | R\$ 0,193 |
| Cozinha | Geladeira | 2018-05-12 13:18:33 | 2018-05-12 13:24:59 | 6 minutes | R\$ 0,003 |
| Cozinha | Geladeira | 2018-05-12 13:11:19 | 2018-05-12 13:11:25 | 6 seconds | R\$ 0,000 |
| Cozinha | Ar | 2018-06-06 16:43:54 | 2018-06-06 16:44:00 | 6 seconds | R\$ 0,000 |
| Cozinha | Ar | 2018-06-06 17:47:21 | 2018-06-06 17:47:27 | 6 seconds | R\$ 0,000 |
| Quarto | Televisão | 2018-05-12 14:22:52 | 2018-05-19 21:21:47 | 7 days | R\$ 1,956 |
| Quarto | Ar | 2018-04-28 20:52:09 | 2018-04-28 20:59:55 | 7 minutes | R\$ 0,008 |
| Cozinha | Ar | 2018-06-07 03:32:51 | 2018-06-07 03:32:58 | 7 seconds | R\$ 0,000 |
| Cozinha | Ar | 2018-04-29 00:00:13 | 2018-05-07 13:02:38 | 8 days | R\$ 12,260 |

Figura 16 – Demonstrativo do gasto de cada dispositivo



Highcharts.com

Figura 17 – Consumo geral de todos os dispositivos por cômodo ao longo do ano

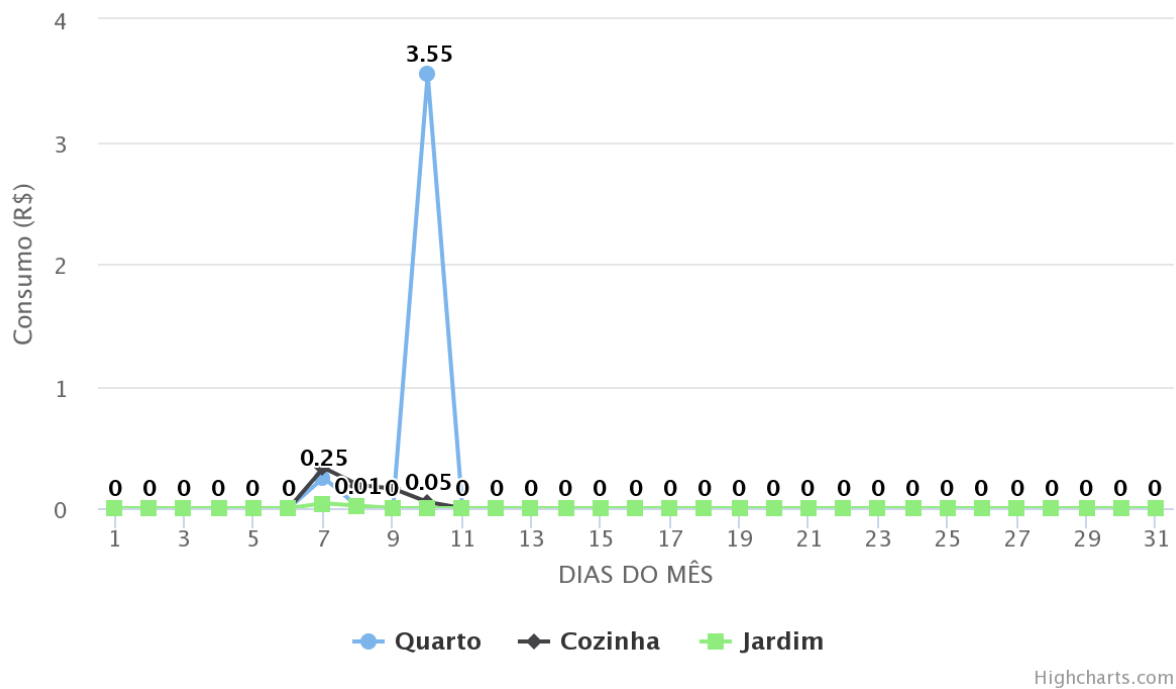


Figura 18 – Consumo geral de todos os dispositivos por cômodo ao longo do mês atual

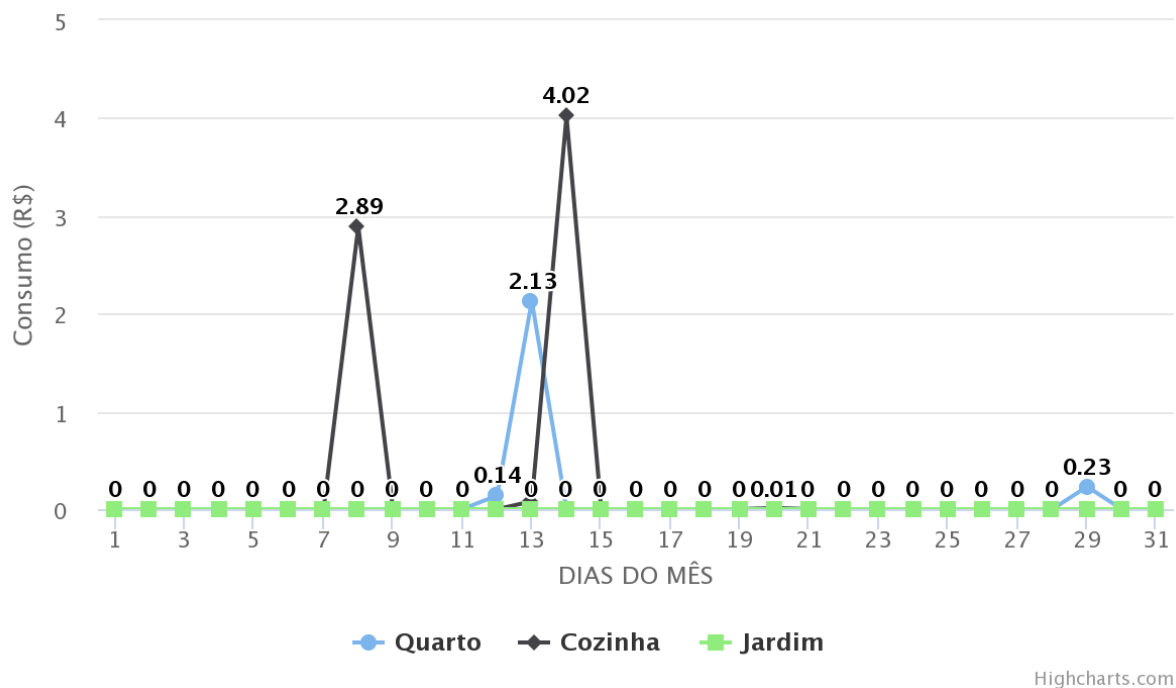


Figura 19 – Consumo geral de todos os dispositivos por cômodo ao longo do mês anterior

O *software* possui um local específico para a gerência dos cômodos, um espaço destinado para a vinculação de dispositivos ao cômodo, visualização do total gasto em relação ao mês atual em forma de gráfico e a opção de ligar, desligar ou excluir o dispositivo do cômodo. As Figuras: 20, 21 e 22 retratam o cenário descrito.

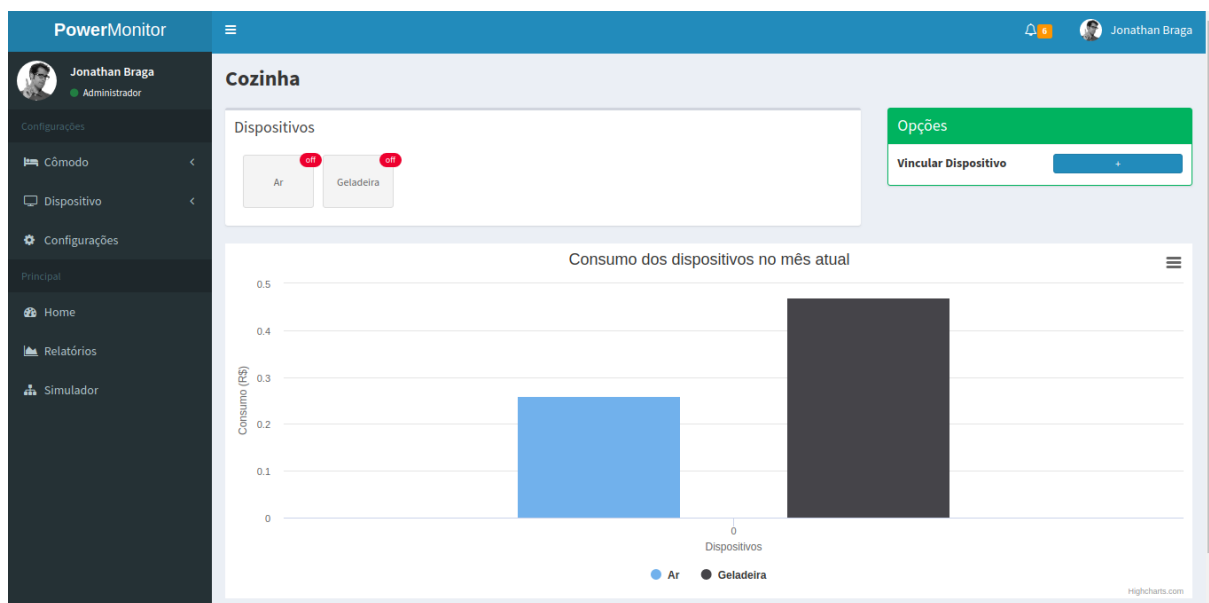


Figura 20 – Visão geral da gerência de um cômodo

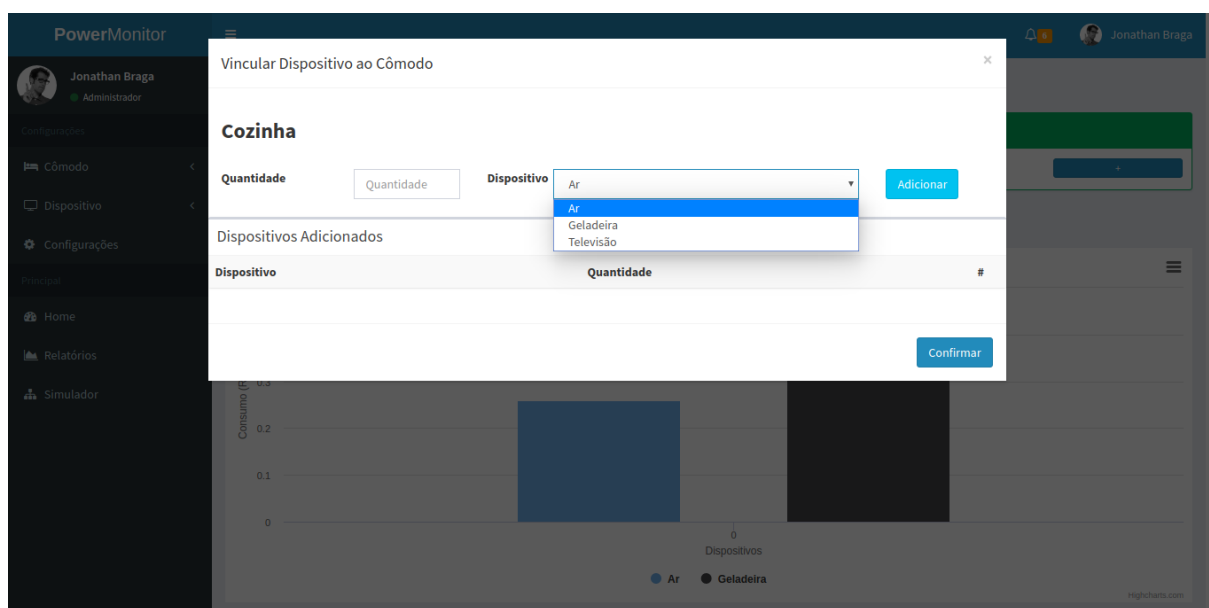


Figura 21 – Vincular dispositivo ao cômodo

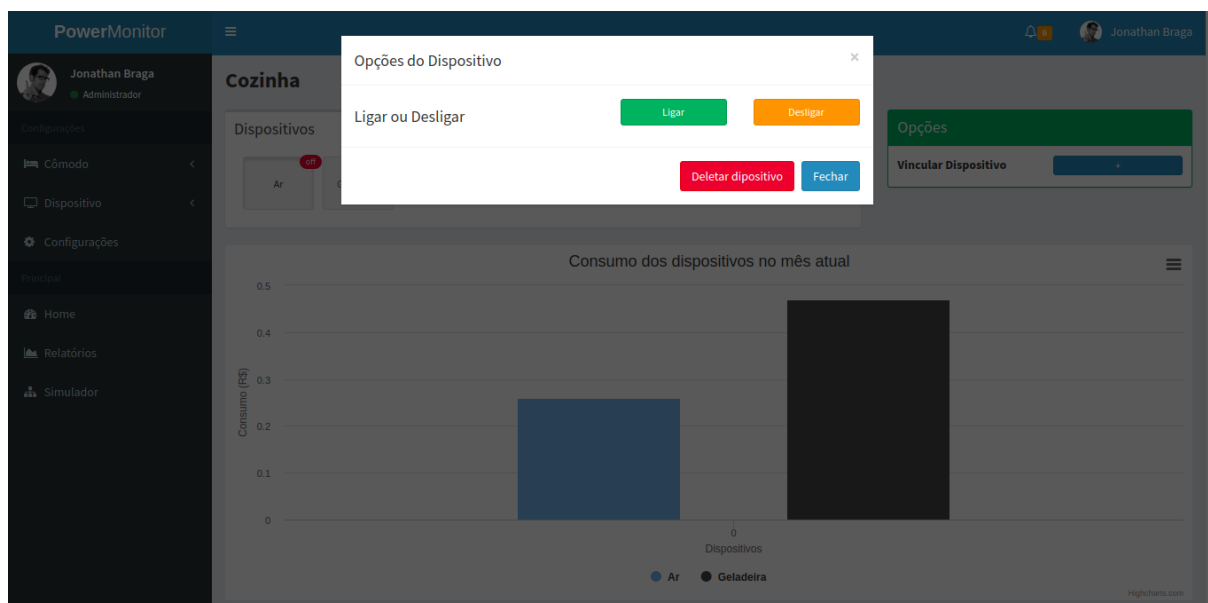


Figura 22 – Ações que podem ser realizadas no dispositivo vinculado

Outras funcionalidades presentes no sistema são os alarmes gerados quando o usuário passa dos 50% e 80% do consumo esperado, cadastrado previamente pelo mesmo. Também existe um simulador de gastos, onde é possível calcular o gasto mensal e diário que um dispositivo irá trazer para uma residência. As Figuras 23, 24 e 25 retratam o descrito.

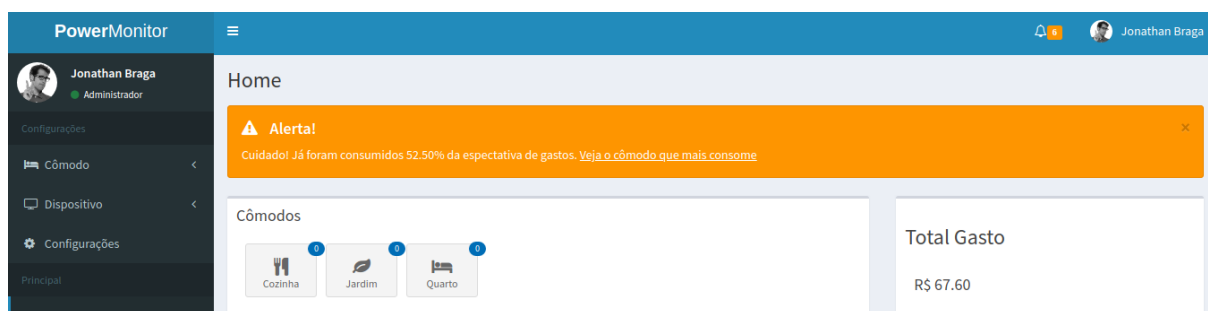


Figura 23 – Alerta exibido quando o consumo supera os 50% do previsto

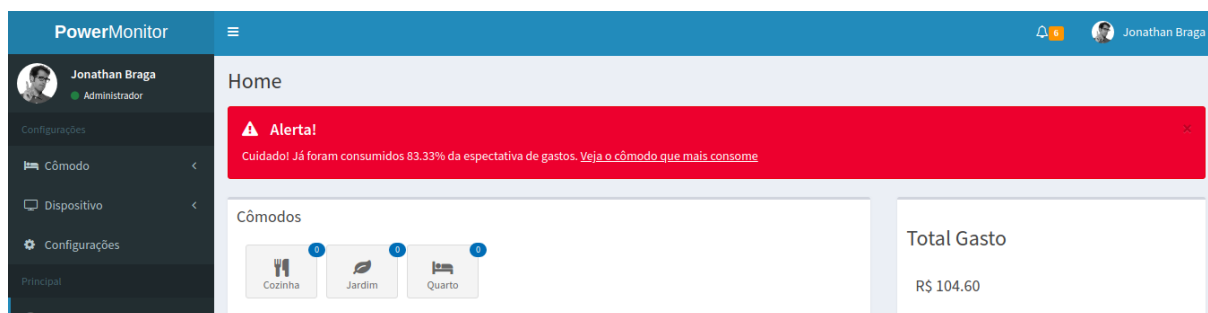


Figura 24 – Alerta exibido quando o consumo supera os 80% do previsto

The screenshot displays the 'PowerMonitor' web application interface. On the left is a dark sidebar with a user profile for 'Jonathan Braga' (Administrador) and a menu with options: 'Configurações', 'Cômodo', 'Dispositivo', 'Configurações', 'Principal', 'Home', 'Relatórios', and 'Simulador'. The main content area is titled 'Simulador de Gastos' and contains a 'Parâmetros' section with four input fields: 'Consumo do aparelho (Kwh)' (Exemplo: 57), 'Espectativa de uso em horas ao longo do dia' (Exemplo: 12), 'Espectativa de uso em dias ao longo do mês' (Exemplo: 20), and 'Tarifa cobrada pela concessionária' (Exemplo: 0.35). A blue 'Calcular' button is located at the bottom right of the form. Below the form, a note states: '*No lugar da vírgula usar o ponto.' The footer of the page includes the copyright notice 'Copyright © 2017 Jonathan Braga. All rights reserved.' and the text 'Power Monitor'.

Figura 25 – Simulador de gastos

3.3 Hardware

O desenvolvimento do *hardware* para demonstração da comunicação com o *power monitor* envolve sensores e componentes eletrônicos. A plataforma de desenvolvimento utilizada para a construção desse *hardware*, foi o NodeMCU. O principal sensor utilizado foi o SCT 013-000, que tem a função de aferir dados da corrente que passa pelos dispositivos ao longo do tempo que o mesmo se encontra ligado, também vale destacar o uso do relé que é responsável por toda a lógica de liga e desliga do dispositivo. O NodeMCU faz o intermédio da comunicação entre *hardware* e servidor *web*, fazendo toda a comunicação eletrônica entre o sensor e o circuito montado (Figura 26), e enviando os dados recebidos pelo sensor de corrente para o servidor *web* que por sua vez, salva as medições aferidas no banco de dados. Com relação aos dados enviados para o banco, foi feito um algoritmo que ao identificar um dispositivo ligado, afere a corrente elétrica presente no dispositivo e quando o mesmo é desligado é aferido novamente a corrente elétrica. O resultado é multiplicado pelo valor da tensão e assim é obtido o consumo do dispositivo (em KWh). Após esse processo a informação é enviada via *websocket* para o servidor *web* que salva tudo no banco de dados, e por fim a informação é consumida pela interface *web*.

É válido lembrar que, para a comunicação *websocket* é necessário o *hardware* e o *software* estarem conectados na mesma rede *Wi-Fi*. O grande motivo para a escolha do NodeMCU como plataforma de prototipagem foi a sua fácil comunicação com uma rede *Wi-Fi*. O código a seguir é um exemplo de como estabelecer a comunicação com uma rede sem fio.


```
#include <NodeMCUWiFi.h>
const char* ssid = NOME DA REDE;
const char* password = SENHA;
```

```
WiFi.begin(ssid, password);
```

Após estabelecer a conexão o próximo passo será interligar o servidor *web* com o *hardware* através da comunicação por *websocket*, que será facilitada por meio da biblioteca *SocketIOClient*, fornece alguns métodos como: ***emit***², ***on***³e ***connect***⁴que ajudam no momento de concretizar a comunicação total do *hardware*. A seguir terá um exemplo de como usar os métodos citados em conjunto com o código anterior.

```
#include <SocketIOClient.h>
SocketIOClient socket;
const char* ssid = NOME DA REDE;
const char* password = SENHA;
String host = IP DO SERVIDOR WEB;
int port = PORTA QUE FOI FORNECIDA AO SERVIDOR WEB;

void led(String state) {
  Serial.println("[led] " + state);
  if (state == "\"state\":true") {
    socket.emit("post-informacao", "{ \"data\": \"1\" }");
  }
  else {
    socket.emit("post-informacao", "{ \"data\": \"0\" }");
  }
}

void setup() {
  WiFi.begin(ssid, password);
  socket.on("ligar", ligar);
  socket.connect(host, port);
}

void loop() {
  socket.monitor();
}
```

²Função responsável por emitir os dados para o servidor *web*

³Função responsável por receber os dados do servidor *web*

⁴Função responsável por estabelecer conexão com servidor *web*

A Figura 26 mostra o circuito utilizado neste trabalho para exemplificar a comunicação com o *power monitor*. O esquema representa uma forma simples de se usar o sensor de corrente, o SCT 013-000 é ativado quando o usuário liga a lâmpada no interruptor (representado por um botão) ou pelo sistema *web* (Figura 22), fazendo com que o relé ative e permita com que o dispositivo mude o estado para ligado. Após esse processo o sistema irá medir corrente que passa pelo dispositivo, e ao ser desligado o resultado do consumo do dispositivo irá ser transmitido via *websocket* para o servidor *web* e se juntará com o resultado do tempo em que o dispositivo permaneceu ligado, para que por fim possa se obter o consumo e o gasto do equipamento.

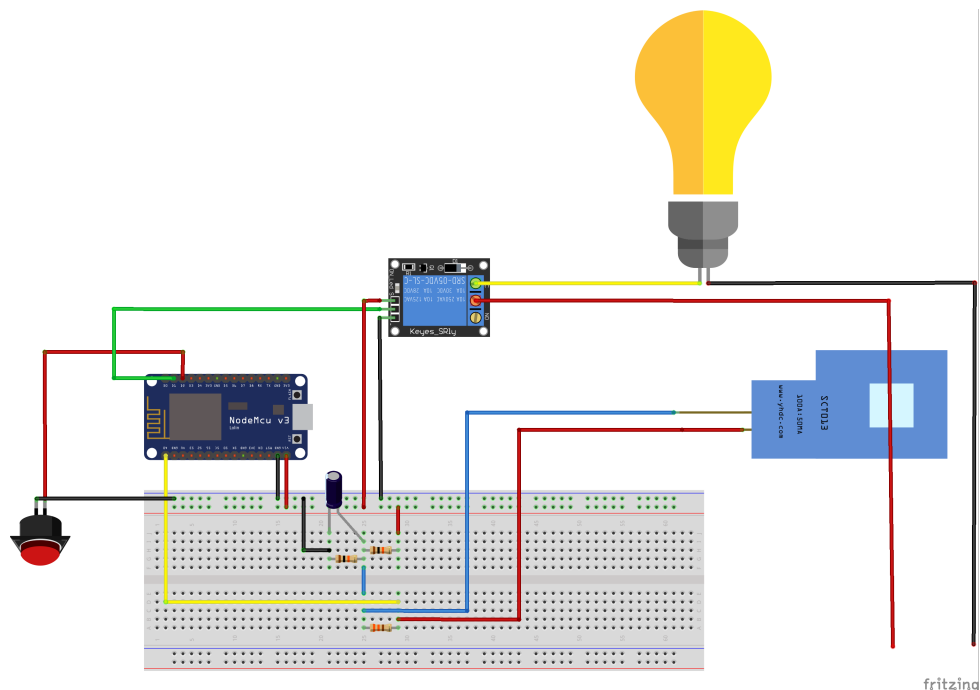


Figura 26 – Circuito demonstrativo para comunicação com o *power monitor*

3.4 Resultados

Depois de todo o estudo realizado, possibilidades discutidas e desenvolvimento detalhado, chegou-se ao funcionamento da primeira versão do *software power monitor*. O sistema disponibiliza meios para uma fácil comunicação com qualquer *hardware* de monitoramento de energia e uma interface que leva o usuário a ter um novo entendimento sobre o gasto energético. Trazendo uma forma menos complicada de mensurar a quantidade de energia elétrica utilizada em uma residência, possibilitando também a leitura de quanto tem se gastado.

O *power monitor* foi pensado para ser uma solução simples e barata, onde qualquer pessoa que tenha os devidos conhecimentos possa instalar, comunicar com *hardwares* personalizados ou até mesmo modificar o código fonte. Como o *software* foi desenvolvido

para que todos possam usar e modificar, todo o código fonte está disponível na plataforma de hospedagem de código fonte *GitHub* no seguinte endereço: <https://github.com/jonathanbraga/power-monitor>. A Tabela 1 mostra os custos do dispositivo para a demonstração da comunicação com o *power monitor*.

| Quantidade | Dispositivo | Preço (R\$) |
|--------------|------------------------------|---------------|
| 2 | Resistor 10k Ω | 0,99 |
| 1 | Resistor 330 Ω | 0,99 |
| 1 | Módulo Relé 5v | 9,00 |
| 1 | NodeMCU | 59,76 |
| 1 | SCT 013-000 | 58,80 |
| 1 | Capacitor eletrolítico 100uF | 2,47 |
| 1 | Conjunto de 40 Jumpers | 9,00 |
| 1 | Protoboard | 20,00 |
| 1 | Chave gangorra 2 terminais | 3,00 |
| TOTAL | | 165,00 |

Tabela 1 – Custos do dispositivo de demonstração

4 CONCLUSÃO

Do início ao fim deste trabalho de conclusão de curso, alguns conceitos foram apresentados e demonstrados a respeito do consumo de energia elétrica, visando criar um cenário comparativo a respeito da situação energética do país.

Por meio do estudo realizado neste trabalho constatou-se que a leitura do consumo energético feita em tempo real e disponibilizada para o usuário desperta a curiosidade e consequentemente a conscientização do mesmo. Apenas mostrar os resultados coletados não seria suficiente para a conscientização, a forma com que os resultados são relatados para o consumidor tem um grande impacto, pois no momento em que a unidade de medida do consumo de energia elétrica é "trocada" do quilowatt-hora para reais (R\$), faz com que todos entendam o quanto tem se consumido e desperdiçado em sua residência.

Este trabalho traz uma solução eficiente no monitoramento de energia elétrica, tanto no âmbito do *software* como na comunicação com *hardware*. O sistema foi pensado de tal maneira que mesmo em que não exista a presença de um *hardware* para controlar os dispositivos físicos o usuário possa monitorar os seus gastos por meio das simulações que levam em conta o consumo esperado do dispositivo. A facilidade de estabelecer a comunicação entre servidor *web* e outros dispositivos físicos, traz a possibilidade do usuário poder expandir e melhorar as formas de monitoramento de energia em sua residência.

A troca do quilowatt-hora pela moeda real, faz com que o consumidor entenda a verdadeira situação da sua conta de energia, possibilitando um melhor planejamento financeiro e o incentivo ao uso consciente. Apesar do sistema atingir os resultados esperados, existem algumas melhorias que podem ser consideradas para trabalhos futuros. A primeira seria criar um *hardware* mais robusto, onde adicionaria um Arduino Uno que contribuiria com mais entradas analógicas e digitais. À adição do Arduino Uno influenciaria na quantidade de eletrodomésticos adicionados ao *power monitor*. A segunda melhoria seria em relação ao monitoramento da tensão em um dispositivo ligado, a inclusão de um sensor de tensão seria a melhor opção para poder se obter o real consumo de energia elétrica. A última mudança a ser destacada é na parte do *software*, melhorias em relação ao servidor *web* como por exemplo: maior segurança nos dados armazenados, cadastro de mais usuário e segurança nas transações de informação com o *hardware*. Na interface *web* seria necessário um aumento nos *end-points* que acarretaria em uma maior disponibilidade de dados.

Em conclusão o sistema proposto por este trabalho, supre as necessidades de gerenciamento dos equipamentos eletrônicos presente em uma residência e de um melhor entendimento em relação aos gastos e desperdícios de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. *Governo prevê até 2020 mais 24 hidrelétricas*. 2011. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,governo-preve-ate-2020-mais-24-hidreletricas-imp-,727860>>. 14
- BIBLIOTECA DIGITAL. *A conjuntura atual do setor elétrico brasileiro*. Rio de Janeiro, 2000. 58 p. 15
- BLINI, F. *Desenvolvimento de Aplicativos Móveis com Javascript: Ionic, React Native e NativeScript. Qual escolher?* 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/h5ei9F>>. 18
- BRITO, J. L. G. de. *Sistema para monitoramento de consumo de energia elétrica particular, em tempo real e não invasivo utilizando a tecnologia Arduino*. 2016. Disponível em: <http://www.uel.br/ctu/deel/TCC/TCC2016_JoaoLuisGrizinskyBrito.pdf>. 16
- CARVALHO, R. P. *CLOUDPOWERSAVE - SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE ENERGIA ELETRICA BASEADO NAS TECNOLOGIAS CLOUD E MOBILE*. 2013. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias-/monopoli10008859.pdf>>. 16
- CLAUDIO, J. *Reduzindo a conta de energia elétrica*. 2005. Disponível em: <http://www.joseclaudio.eng.br/geradores/consumo_na_ponta>. 14
- COSTA, A. P. da. *DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA*. 2016. Disponível em: <https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc-/engenharia/doc-equipe/2015_1_06/2015_1_06_final.pdf>. 16
- DAVID, W. *Handshake ou aperto de mão*. 2011. Disponível em: <<http://wdredes.blogspot.com/2011/05/handshake-ou-aperto-de-mao.html>>. 18
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 ano base 2016*. Brasília, 2017. 232 p. 13
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balanço Energético no Brasil Relatório Final*. Rio de Janeiro, 2017. 294 p. 14
- G1. *Usina de Belo Monte causa impactos ambientais e sociais em Altamira (PA)*. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/profissao-reporter/noticia/2016/07-/usina-de-belo-monte-causa-impactos-ambientais-e-sociais-em-altamira-pa.html>>. 14
- GOLDEMBERG, J. *Energia e desenvolvimento*. 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141998000200002>. 13
- GOVERNO. *Energia para abastecer 40% do consumo residencial do País*. 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/editoria/infraestrutura/2011/12/energia-para-abastecer-40-do-consumo-residencial-do-pais>>. 14

LONGEN, A. *O que é JavaScript? Conheça essa linguagem de programação*. 2018. Disponível em: <<https://www.weblink.com.br/blog/programacao/o-que-e-javascript/>>. 17

MATTOS, L. *Crise Hídrica de 2015 pode ser a mais grave dos últimos anos*. 2015. Disponível em: <<https://www.otempo.com.br/capa/brasil/crise-h%C3%ADdrica-de-2015-pode-ser-a-mais-grave-dos-%C3%BAltimos-anos-1.1042347>>. 13

PATEL, P. *What exactly is Node.js?* 2018. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/editoria/infraestrutura/2011/12/energia-para-abastecer-40-do-consumo-residencial-do-pais>>. 17

REZENDE, R. *Desvendando a SQL*. 2013. Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/desvendando-a-sql-parte-1/28328>>. 18

ROBOCORE. *Módulo WiFi - ESP8266*. 2014. Disponível em: <<https://www.robocore.net/loja/produtos/modulo-wifi-esp8266.html>>. 19