

Jonathan da Silva Braga

# **Monitoramento de energia de baixo custo de uso doméstico e customizável**

Natal – RN

Junho de 2018

Jonathan da Silva Braga

# **Monitoramento de energia de baixo custo de uso doméstico e customizável**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Mecatrônica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecatrônica

Orientador: Carlos Manuel Dias Viegas

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN  
Departamento de Engenharia de Computação e Automação – DCA  
Curso de Engenharia Mecatrônica

Natal – RN  
Junho de 2018

Jonathan da Silva Braga

## **Monitoramento de energia de baixo custo de uso doméstico e customizável**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Mecatrônica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecatrônica

Orientador: Carlos Manuel Dias Viegas

Trabalho aprovado. Natal – RN, 08 de Dezembro de 2017:

---

**Prof. Dr. Carlos Manuel Dias Viegas - Orientador**  
UFRN

---

**Prof. Dr. Cicrano da Silva - Coorientador**  
UFRN

---

**MSc. Alguém externo - Convidado**  
Empresa ou instituição

Natal – RN  
Junho 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:

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

Este trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema domiciliar de monitoramento de energia elétrica, em tempo real e totalmente customizável. 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 plataforma de prototipagem NodeMCU que possui o microcontrolador ESP8266 acoplado em seu circuito integrado, o circuito que é controlado pelo NodeMCU possui um sensor de corrente que afere o consumo em tempo real de um dispositivo e, através do envio desses dados a um servidor onde possui comunicação com um agente consumidor, é possível acompanhar todo o consumo de energia elétrica em tempo real. 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

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 prototyping platform that has the ESP8266 microcontroller coupled to its integrated circuit, the circuit that is controlled by the NodeMCU has a current sensor that measures the real time consumption of a device and, by sending this data to a server where you have communication with a consumer agent it is possible to monitor all the consumption of electricity in real time. 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 – Fontes de geração de energia elétrica (GWh) . . . . .	19
Figura 4 – Smart Grid, comunicação inteligente entre todos os usuários . . . . .	20
Figura 5 – Diagrama de conexão via websocket . . . . .	23
Figura 6 – MySQL . . . . .	24
Figura 7 – ESP8266 . . . . .	25
Figura 8 – NodeMCU . . . . .	25
Figura 9 – SCT-013-000 . . . . .	26
Figura 10 – Visão geral do ambiente . . . . .	27
Figura 11 – Tela inicial do sistema . . . . .	28
Figura 12 – Chamada de API . . . . .	29
Figura 13 – Esquema das tabelas do banco de dados . . . . .	30
Figura 14 – Cadastro de um cômodo . . . . .	31
Figura 15 – Lista dos cômodos cadastrados . . . . .	31
Figura 16 – Cadastro de um dispositivo . . . . .	32
Figura 17 – Listagem dos dispositivos cadastrados . . . . .	32
Figura 18 – Tela de configuração dos parâmetros do sistema . . . . .	33
Figura 19 – Demonstrativo do gasto de cada dispositivo . . . . .	34
Figura 20 – Consumo geral de todos os dispositivos por cômodo ao longo do ano . .	34
Figura 21 – Consumo geral de todos os dispositivos por cômodo ao longo do mês atual	35
Figura 22 – Consumo geral de todos os dispositivos por cômodo ao longo do mês anterior . . . . .	35
Figura 23 – Visão geral da gerência de um cômodo . . . . .	36
Figura 24 – Vincular dispositivo ao cômodo . . . . .	36
Figura 25 – Ações que podem ser realizadas no dispositivo vinculado . . . . .	37
Figura 26 – Alerta exibido quando o consumo supera os 50% do previsto . . . . .	37
Figura 27 – Alerta exibido quando o consumo supera os 80% do previsto . . . . .	37
Figura 28 – Simulador de gastos . . . . .	38
Figura 29 – Circuito demonstrativo para comunicação com o <i>power monitor</i> . . . .	40

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Evolução dos custos de energia elétrica em R\$/MWh . . . . .	15
Tabela 2	–	Capacidade instalada de geração elétrica no mundo, 2014 (GW) . . . .	16
Tabela 3	–	Capacidade instalada de geração hidrelétrica no mundo, 2014 (GW) . .	16
Tabela 4	–	Relação População x Consumo por Região x Geração Elétrica por Região	17
Tabela 5	–	Custos do dispositivo de demonstração . . . . .	41

# 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>

# LISTA DE SÍMBOLOS

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

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.0.1	<i>Setor Energético Brasileiro</i>	15
1.0.2	<i>Medição de Energia</i>	17
1.0.3	<i>Automação</i>	18
<b>1.1</b>	<b>Motivação</b>	<b>20</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b>	<b>21</b>
<b>1.3</b>	<b>Estrutura do Trabalho</b>	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>EMBASAMENTO TEÓRICO</b>	<b>22</b>
<b>2.1</b>	<b><i>Ferramentas e linguagens</i></b>	<b>22</b>
2.1.1	<i>Node.js</i>	22
2.1.2	<i>JavaScript</i>	22
2.1.3	<i>WebSocket</i>	23
2.1.4	<i>SQL</i>	23
2.1.5	<i>Fritzing</i>	24
<b>2.2</b>	<b><i>Componentes Físicos</i></b>	<b>24</b>
2.2.1	<i>ESP8266</i>	24
2.2.2	<i>Sensor de Corrente SCT 013-000</i>	25
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b><i>Visão Geral</i></b>	<b>27</b>
<b>3.2</b>	<b><i>Software</i></b>	<b>27</b>
<b>3.3</b>	<b><i>Hardware</i></b>	<b>38</b>
<b>3.4</b>	<b><i>Resultados</i></b>	<b>40</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>44</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A eletricidade se tornou um pilar central na atualidade, sendo uma das principais fontes de força, calor e luz utilizada no mundo. Entretanto 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.

Como a Figura 1 mostra, a maior parte da energia elétrica gerada no Brasil é por meio de hidroelétricas, 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. Entre 2015 e 2016 a crise hídrica no Brasil não interferiu apenas na conta de luz mas trouxe um aumento na inflação do país.

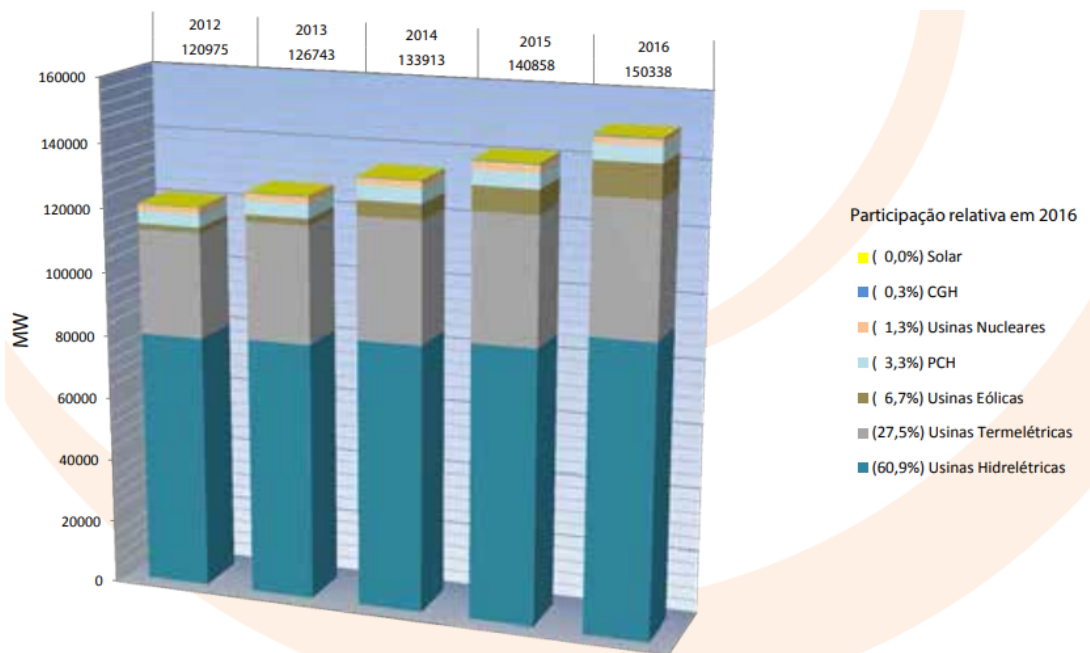


Figura 1 – Capacidade de instalação de geração elétrica no Brasil (MW)

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

está ou não em um bom ritmo e pode detectar se o comércio está em alta, devido aos bens e serviços que o povo adquiriu. 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, o brasileiro vem consumindo mais energia elétrica, nos últimos 35 anos teve um crescimento médio de 6,72% dessa demanda, 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 nos mostra bem o cenário de crise energética que o Brasil vinha passando ao longo dos anos, até 2008 o país consumia mais do que produzia.



Figura 2 – Estrutura do Consumo de fontes primárias

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

O governo brasileiro tomou algumas medidas estratégicas para poder acompanhar a crescente demanda por energia elétrica, constituiu o planejamento da construção de mais de 80 usinas até 2020, hidroelétricas, termoeletricas e até usina nuclear. 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 quarta maior hidroelétrica do mundo, a maior do Brasil, com capacidade abastecer 40% das residências, foi orçada em R\$ 30 bilhões deveria ter seu início de operação no segundo semestre de 2015 mas até os dias atuais não entrou em funcionamento. 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.

Analizando a grande demanda energética que o brasileiro vem requerendo e levando em conta as consequências negativas do planejamento das 80 usinas, surgiu uma questão

bastante recorrente: - "O que fazer? Construir usinas mesmo sabendo dos impactos negativos que podem surgir, ou não construí-las e aumentar a tarifa pelo consumo de energia visando diminuir o uso? - A resposta para essas e outras questões que podem aparecer não são fáceis. Entretanto o governo brasileiro optou por deixar o consumo de energia elétrica mais caro, principalmente nos horários de pico. A evolução da tarifa, pode ser observada na Tabela 1

Ano	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre
2013	120,8	117,1	114,5	116,1
2014	121,1	127,6	134,4	141,9
2015	154,2	-	-	-

Tabela 1 – Evolução dos custos de energia elétrica em R\$/MWh

Fonte – (CNI, 2015, p. 1)

Uma medida totalmente cabível que ainda é desconhecida por alguns brasileiros é a chamada "*exposição da informação*", deixando sempre bem claro quanto o consumidor tem gastado ou consumindo ao longo do mês em sua residência, isso é possível graças a equipamentos que estão sempre monitorando a rede elétrica. Segundo uma pesquisa realizada pela Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia, em seis anos o Brasil desperdiçou o equivalente a 250GWh em energia o que equivale a R\$62 bilhões, desperdício que se deu justamente a tamanha falta de informação que o consumidor tem, se ao saber o quanto tem consumido ou gastado em tempo real o consumidor poderia se prevenir dos desperdícios.

### 1.0.1 Setor Energético Brasileiro

Ao passar dos anos o Brasil vem mostrando cada vez mais o seu potencial na produção de energia, o território brasileiro possibilita as várias formas de obtenção da eletricidade. Analisando os dados (EPE ANUÁRIO, 2015, p.29) e comparando com a Tabela 2 nota-se que o Brasil subiu duas posições no *Rank* de geração de energia elétrica, isso é reflexo do aumento da capacidade de produção de energia que chegou na marca de 8,39%.

A maior produção de energia do Brasil provem das hidroelétricas, o país é referência mundial quando o assunto é obtenção de energia através de usinas hidroelétricas - Tabela 3 - isso é possível devido a sua alta concentração de rios de grande porte e ao grande volume de chuva que alimenta e reforça o poderio hídrico do país. A energia que a usina hidroelétrica fornece é conseguida através da energia hidráulica que provém do aproveitamento da força potencial e cinética das correntes de água, rio, mar. A água ao passar por tubulações com muita força e velocidade movimenta-se as turbinas fazendo com que elas girem em um velocidade suficiente para que os geradores acoplados nas turbinas, transformem



	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Mundo</b>	<b>5080,6</b>	<b>5305,0</b>	<b>5514,6</b>	<b>5736,2</b>	<b>6038,7</b>
China	971,8	1069,5	1154,6	1267,7	1399,5
Estados Unidos	1039,1	1051,3	1063,0	1060,1	1074,6
Japão	284,9	287,3	293,3	300,8	313,4
Índia	213,1	246,0	260,3	283,0	310,8
Rússia	228,1	231,6	233,6	235,2	247,6
Alemanha	162,7	167,5	177,3	186,1	198,4
Canadá	132,3	132,9	130,7	133,3	136,8
Brasil	11,3	117,1	121,0	126,7	133,9

Tabela 2 – Capacidade instalada de geração elétrica no mundo, 2014 (GW)

Fonte – (EPE ANUÁRIO, 2017, p. 29)

energia mecânica em energia elétrica, lembrando que a eficiência energética de uma usina hidroelétrica é de 65,2%. Após esse longo processo a energia extraída é enviada para estações de tratamento e após essa etapa é enviada para a matriz energética que fará a distribuição da energia extraída.

	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Mundo</b>	<b>903,9</b>	<b>929,9</b>	<b>957,5</b>	<b>1000,4</b>	<b>1038,3</b>
China	199,5	214,6	229,1	258,9	283,0
Brasil	80,7	82,5	84,3	86,0	89,2
Estados Unidos	78,8	78,7	78,7	79,2	79,7
Canadá	74,9	75,4	75,4	75,4	75,4

Tabela 3 – Capacidade instalada de geração hidrelétrica no mundo, 2014 (GW)

Fonte – (EPE ANUÁRIO, 2017, p. 30)

É do conhecimento de qualquer brasileiro que possua uma noção básica de geografia que a região norte é a região que possui a maior quantidade de rios, essa noção pode levar uma conclusão errada - A região norte é a que mais produz energia - pois nem todo rio tem potencial para que uma hidroelétrica se instale. Por sua vez as regiões sul e sudeste são as que mais necessitam de energia, devido a densidade populacional e a quantidade de indústrias instaladas nas regiões. A Tabela 4 externa essa problemática de uma maneira bem visível. Percebe-se que por exemplo a região sudeste é a que produz mais energia, porém é a que mais gasta, sendo os gastos maiores do que os ganhos, já a região norte e nordeste são regiões que produzem mais do que gastam. Vendo esse total desequilíbrio de geração e consumo de energia, surgiu a necessidade da criação do Sistema Interligado Nacional (SIN). O SIN é constituído por todas as regiões brasileiras e é interconectado por meio de uma malha de transmissão que propicia a transferência de energia entre os subsistemas, permitindo a obtenção de ganhos sinérgicos e explora a diversidade entre os regimes hidrológicos e das bacias. A integração dos recursos de geração e transmissão

permite o atendimento ao mercado com segurança e economicidade.

Região	População	Consumo em GW	Capacidade Instalada de Geração Elétrica GW
Norte	17.707.783	12,197	25,484
Nordeste	56.915.936	12,109	29,803
Sudeste	86.356.952	74,584	44,810
Sul	29.439.773	19,173	31,681
Centro-Oeste	15.660.988	5,634	18,558

Tabela 4 – Relação População x Consumo por Região x Geração Elétrica por Região

Fonte – (IBGE<sup>1</sup> e EPE<sup>2</sup>)

### 1.0.2 Medição de Energia

Após entender todo o funcionamento da geração e distribuição de energia no Brasil, é conveniente entender o processo de leitura do consumo de energia elétrica.

Os primeiros medidores de eletricidade foram utilizados na operação de lâmpadas em série, um vez que a tensão era constante, a corrente exigida por cada lâmpada era conhecida e todas estavam ligadas no mesmo interruptor, os medidores foram suficientes apenas para medir o gasto das lâmpadas em um tempo determinado, surgindo o termo - lâmpada-hora. Em 1872 o pesquisador Samuel Gardiner trouxe a toda a primeira patente sobre um contator de energia, que era formado por uma lâmpada acoplada a um contador de energia DC controlado por um relógio e um eletroímã, ao passar do tempo várias outras patentes foram surgindo e tentando melhorar o projeto de Samuel Gardiner, mas foi apenas em 1892 que surgiu o primeiro medidor de watt-hora com precisão e confiabilidade suficiente para aplicação em medição de consumo de energia. Criado por Thomas Duncan, inicialmente seu objetivo era a medição de circuitos monofásicos, porém com o bom desempenho do aparelho modificações foram feitas para à medição de circuitos polifásicos de energia.

Atualmente a energia elétrica é quantificada através de um equipamento chamado medidor, que nos dias atuais a medição é feita em quilowatt-hora. Os medidores da atualidade são caracterizados por padrões da norma NBR 14519, o grupo de medidor mais utilizado pelas concessionárias nas residências é o grupo B.

- Grupo B

É caracterizado por unidades consumidoras de baixa tensão, com tensões inferiores a 2,3KV. As unidades consumidores podem ser classificadas mediante a necessidade

<sup>1</sup>(EPE BALANÇO FINAL, 2017)

<sup>2</sup><https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2009/estimativa.shtm>

da concessionária responsável, geralmente o tipo B1 é residencial, tipo B2 são as residências rurais e estabelecimentos comerciais ou industriais são classificados como o tipo B3.

Estima-se que 92% dos medidores em funcionamento são eletromecânicos, pois são de baixa custo e de boa qualidade, com o erro máximo de 2% de seu valor nominal de operação. Não ter um medidor em uma unidade consumidora pode gerar transtornos tanto para concessionário, pois não saberá o quanto deve cobrar ao consumidor, como para o dono do estabelecimento, pois não terá o aporte devido prestado pela concessionária de energia.

### 1.0.3 Automação

Mesmo com a grande evolução que os medidores eletromecânicos sofreram ao longo do tempo, os dispositivos ainda apresentam pontos frágeis, dando uma grande margem ao erro. A grande quantidade de peças mecânicas presente no medidor, faz com que o mesmo possua algumas limitações: interferência na operação na presença de corrente contínua que causam deformações no fluxo magnético do leitor; diminuição da precisão quando são tratados de valores muito baixos. Hoje em dia existe uma forte tendência a substituição desses medidores eletromecânicos por medidores eletrônicos. A troca irá possibilitar além de uma melhor precisão, uma maior e melhor medição e até possibilitando uma leitura remota. Hoje no Brasil existe um projeto de lei (PL 2932/20015) que prevê a substituição de medidores de consumo de energia eletromecânicos por medidores eletromecânicos inteligentes em até 15 anos após a aprovação da lei.

A necessidade de contornar os desafios da crescente demanda energética incentiva a busca por fontes alternativas e limpas de energia. O Brasil possui 42,30% de fontes renováveis da sua matriz energética e esse número deve aumentar até 2021 onde alcançará a marca de 85,00% (as hidroelétricas estão inclusas nesse meio), segundo o Ministério de Minas e Energia. No Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), o governo brasileiro assume que a sustentabilidade é a chave mestra para a expansão de atividades de geração de energia elétrica. A Figura 3 mostra que o Brasil vem investindo ao passar dos anos em fontes limpas de energias. Analisando os dados da imagem é possível notar na imagem que não basta apenas ter fontes limpas e renováveis de energia, é necessário buscar melhorias como as Smart Grids.

Fonte	2015	2016	$\Delta$ 16/15
Hidrelétrica	359.743	380.911	5,9%
Gás Natural	79.490	56.485	-28,9%
Biomassa <sup>1</sup>	47.394	49.236	3,9%
Derivados do Petróleo <sup>2</sup>	25.657	12.103	-52,8%
Nuclear	14.734	15.864	7,7%
Carvão Vapor	18.856	17.001	-9,8%
Eólica	21.626	33.489	54,9%
Solar Fotovoltaica	59	85	44,7%
Outras <sup>4</sup>	13.669	13.723	0,4%
<b>Geração Total</b>	<b>581.228</b>	<b>578.898</b>	<b>-0,4%</b>

<sup>1</sup> Inclui geração distribuída

<sup>2</sup> Inclui lenha, bagaço de cana e lixo

<sup>3</sup> Inclui óleo diesel e óleo combustível

<sup>4</sup> Inclui outras fontes primárias, gás de coqueria e outras secundárias

Figura 3 – Fontes de geração de energia elétrica (GWh)

Fonte – (EPE BALANÇO, 2017, p. 35).

As chamadas redes inteligentes de transmissão e distribuição de energia, smart grid, tem como objetivo conectar unidades descentralizadas de geração grande e pequena com o consumidor final. Assim nessa ideia o fluxo de energia se comunica de uma maneira bidirecional, a energia que é tradicionalmente gerada e distribuída pelas concessionárias poderá ser gerada e integrada as redes elétricas a partir de unidades consumidoras. O grande pilar dessa tecnologia são os sensores instalados ao longo da rede elétrica que constantemente estão enviando informações referente ao consumo a concessionária, possibilitando um planejamento mais eficiente da rede. Aliado aos sensores na rede elétrica o consumidor recebe um medidor inteligente que também é integrado com a concessionária em tempo real.

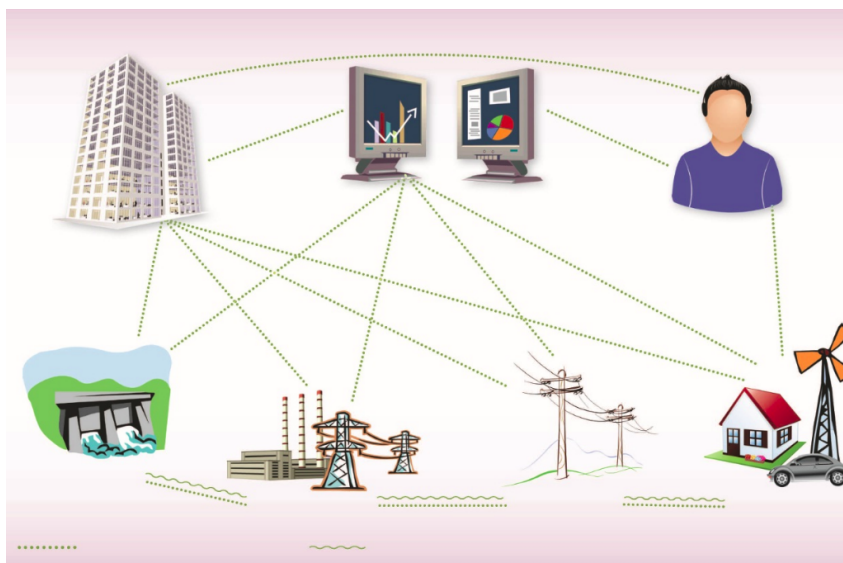


Figura 4 – Smart Grid, comunicação inteligente entre todos os usuários

Fonte – (CEMIG, 2017).

O trabalho apresentará uma forma barata e eficiente de monitorar a energia elétrica de uma residência em tempo real, possibilitando ao usuário possuir informações valiosas a todo momento. O trabalho fará um paralelo com algumas possibilidades de medição de consumo e monitoramento de energia, provando através da prática que é possível conscientizar o usuário do mau uso da energia elétrica. Então a partir desse dispositivo será possível entender como e onde a energia está sendo gasta. O sistema também disponibiliza de ferramentas para que caso o utente 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 conjuntura do cenário energético atual do Brasil, junto com a crise em vários setores e principalmente no setor energético do país e a falta de transparência na informação levada ao usuário foi o que motivou este trabalho. Hoje se vive em uma realidade onde ter informação em tempo real do consumo de energia em um estabelecimento é muito difícil, pois os equipamentos que proporcionam esse tipo de informação não são acessíveis a todos os brasileiros, apenas companhias de energia ou pessoas com alto grau de estudo conseguem manusear ou entender o dados fornecidos por esse tipo de equipamento. Toda essa privação da informação traz consequências, uma delas é o descaso do brasileiro em relação ao racionamento de energia elétrica, como já foi citado no trabalho o Brasil em seis

anos desperdiçou o equivalente a R\$ 62 bilhões, motivo que se dá a falta de conscientização do consumidor. Trazer uma forma com que consumo de energia elétrica, conta de luz, fique mais fácil e simples de se entender e acompanhar é o que o sistema *power monitor* fará.

## 1.2 Objetivos

A objetivo existente neste trabalho é da conscientização do consumidor em relação aos gastos energéticos presentes em sua residência. Percebendo o atual cenário brasileiro de total falta de informação em relação ao consumo em tempo real de energia, junto com o período em que o país passou de crise hídrica e energética, este trabalho propõe uma alternativa simples e barata onde qualquer brasileiro independente do grau de escolaridade ou classe social poderá acompanhar o consumo de energia elétrica de sua residência de uma maneira mais fácil e direta. O *power monitor* é composto por elementos de *software* e *hardware* que gerenciam automaticamente todos os dispositivos cadastrados presentes em uma residência, esse gerenciamento se deve ao conjunto formado pelo servidor *web* que é responsável por enviar e receber informações ao *hardware* e a interface *web*, juntamente com o banco de dados que é responsável por guardar todas as informações coletadas pelo *hardware* e a interface *web* tem o papel de agente consumidor de todos os dados e tratará as informações da melhor forma possível.

## 1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho foi desenvolvido no intuito de apresentar um sistema para o monitoramento de energia e conscientização do usuário em relação aos gastos energéticos presentes em sua residência. 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 que é usada atualmente, o *software* propõe mensurar o gasto energético em reais (R\$), trazendo a realidade do consumo mensal para mais próximo de cada brasileiro.

Esse capítulo trará os conceitos essenciais para o entendimento do trabalho, descrevendo todas as tecnologias utilizadas no desenvolvimento do *software* como do *hardware*.

### 2.1 *Ferramentas e linguagens*

No decorrer do desenvolvimento do *software* fez-se uso de algumas tecnologias e linguagens de programação que serão descrita no decorrer dessa seção.

#### 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*.

#### 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. 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.

### 2.1.3 WebSocket

A ideia da tecnologia surgiu da problemática onde as comunicações entre servidor e aplicação era baseada na sobrecarga do HTTP, que não é indicado para aplicativos com baixa latência. O WebSocket pode ser definido como uma API que estabelece a conexão de soquete 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 qualquer momento. A forma como a conexão acontece é bem simples, o cliente e o servidor antes de tudo devem negociar o *handshake* - processo pelo qual os dois lados, geralmente cliente e servidor, passam para reconhecimento de ambos os lados e concretizar a comunicação - de atualização do HTTP e depois disso aplicar as regras assíncronas do websocket, como mostra a Figura 5.



Figura 5 – Diagrama de conexão via websocket

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

### 2.1.4 SQL

A linguagem teve seu início dentro de um projeto chamado *System R* que pertencia a IBM em meados dos anos 70. Structured Query Language, ou comumente conhecida como SQL é uma linguagem padrão de banco de dados, se tornou bastante conhecida e usada devido a sua simplicidade e facilidade de uso. 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.

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.



Figura 6 – MySql

Fonte – <https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2011/01/mysql.jpg>

### 2.1.5 *Fritzing*

O *Fritzing* é uma iniciativa *open source* que inicialmente foi designada a desenvolvedores amadores que gostasse de tirar a sua ideia do papel. 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 protoboar. O *software* vai além e permite com que os desenvolvedores tenha uma visão tanto da protoboar, 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 microcontrolador 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, essa placa permite que microcontroladores se conectem a uma rede sem fio fazendo conexões TCP/IP, tendo a capacidade de ser servidor ou cliente.

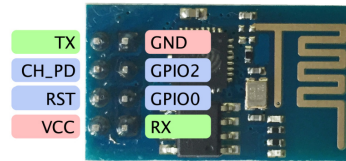


Figura 7 – ESP8266

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

O NodeMcu é uma plataforma *IoT* totalmente *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 logo conquistou o seu espaço, pois trazia um conjunto de circuitos já previamente embutido que o ESP8266 por si só não proporcionava.

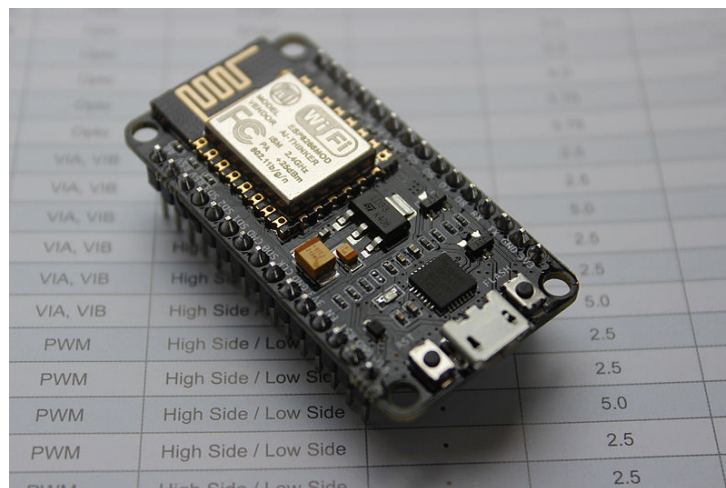


Figura 8 – NodeMCU

Fonte – [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7e/NodeMCU\\_DEVKIT\\_1.0.jpg](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 ótimo transformador de corrente para leituras não invasivas, possuindo um funcionamento bem 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 é um sensor do tipo Transformador de Corrente, que resumidamente nada mais é que um conjunto de espiras que são colocadas ao redor do condutor ao qual se quer medir a corrente



Figura 9 – SCT-013-000

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

## 3 DESENVOLVIMENTO

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. O sistema traz uma forma mais fácil e próxima do consumidor final de quantificar a energia elétrica consumida em um estabelecimento. No lugar do Quilowatt-hora, medida que é usada atualmente, o *software* propõe mensurar o gasto energético em reais (R\$), trazendo a realidade do consumo mensal para mais próximo de cada brasileiro.

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 10. 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 direta via *websocket* com o servidor *web*.

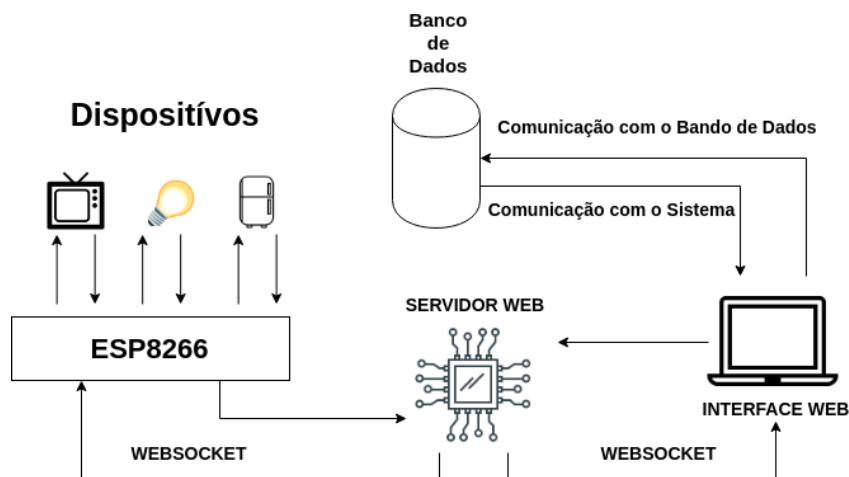


Figura 10 – Visão geral do ambiente

### 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 comunica-

ção 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 qualquer dispositivo que tenha 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, ao acessar o sistema o usuário se depara com um visual bem agradável e fácil de se usar. Logo ao entrar no sistema o utente se depara com a tela principal, Figura 11, nela encontra-se as principais informações que o usuário irá precisar, como também irá mostrar as opções de cadastrar um novo dispositivo, listar os dispositivos, cadastrar um novo cômodo, listar um novo cômodo etc.

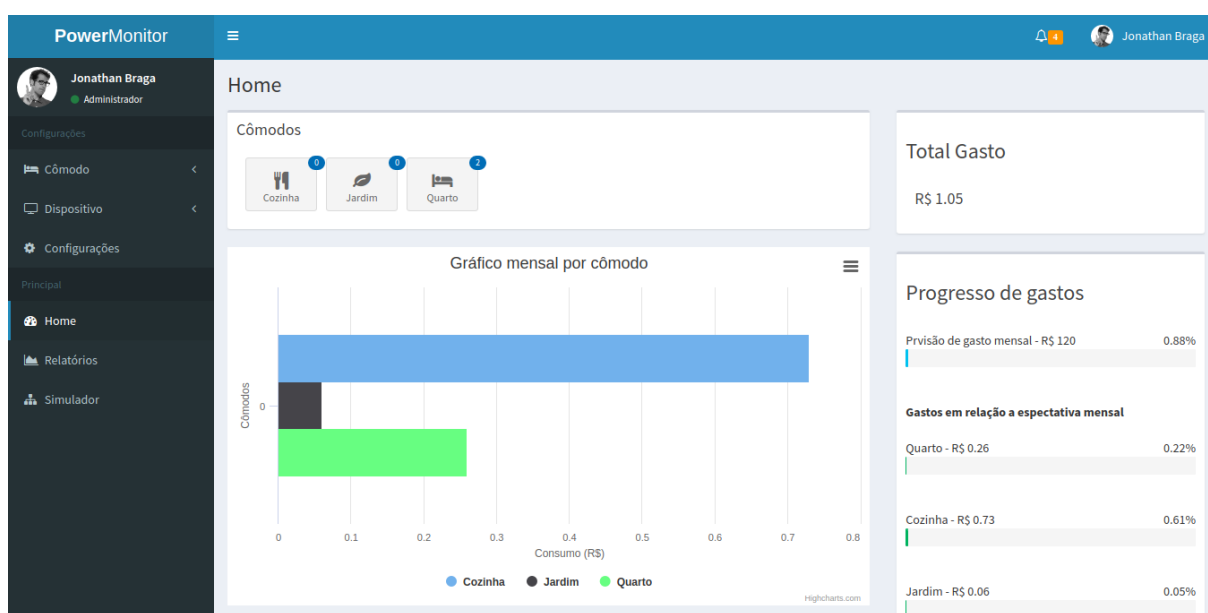


Figura 11 – Tela inicial do sistema

Todas as informações colhidas pelo servidor *web* em *node.js* (subseção 2.1.1), são recebidas e tratadas pelo interface *web*. Os dados são importantíssimos, pois mediante eles é que se torna possível a construção dos gráficos e das previsões fornecidas pelo 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 12 retrata bem esse cenário, pode-se perceber que o *end-point* (expressão utilizada para se referenciar a uma extremidade de um canal de comunicação.) **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 motivo da comunicação entre servidor *web* e interface *web* ser feita via chamada de API é bem simples, pois qualquer sistema seja *web*, *desktop* ou qualquer outro tipo, pois basicamente precisa ter uma comunicação com uma rede *Wi-Fi* para utilizar o *power monitor*. O *software* não precisa obrigatoriamente de internet para poder funcionar, pois a comunicação entre servidor e sistema é baseada

em uma rede local, justamente para que o *software* não dependa de terceiros. Para uma perfeita comunicação o ambiente só precisa está configurado na mesma rede *Wi-Fi*.

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

//Recebe Dispositivos ligados
con.query("SELECT id,estado,id_dispositivo,id_comodo FROM status_dispositivo WHERE estado = 1", function (err, result, fields){
  if(err) throw err;
  io.emit("get-dispositivos-on",result);
});

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

Figura 12 – Chamada de API

O *software* pode ser dividido em duas partes, servidor *web* e interface *web*. O servidor foi desenvolvido usando a linguagem *javascript* (subseção 2.1.2) e para auxílio foi utilizado o *framework node.js* (subseção 2.1.1), a comunicação entre servidor e banco de dados é feita pelo *MySQL Server* (subseção 2.1.4). A interface *web* é o agente consumidor de todos esses serviços, com uma comunicação via *webscoket* (subseção 2.1.3) com 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 o total suporte às análises dos dados enviados pelo *hardware*. A Figura 13 representa o esquema das tabelas do banco de dados que foi utilizado no *power monitor*.

Como já foi apresentada a Figura 11 representa a tela inicial da interface *web*, vê-se que é possível visualizar o total gasto no mês atual, o progresso dos gastos por cômodo que por sua vez é baseado na expectativa de gasto mensal (Figura 18), a lista de todos os cômodos cadastrados e um gráfico mostrando o consumo por cômodo referente ao mês atual.

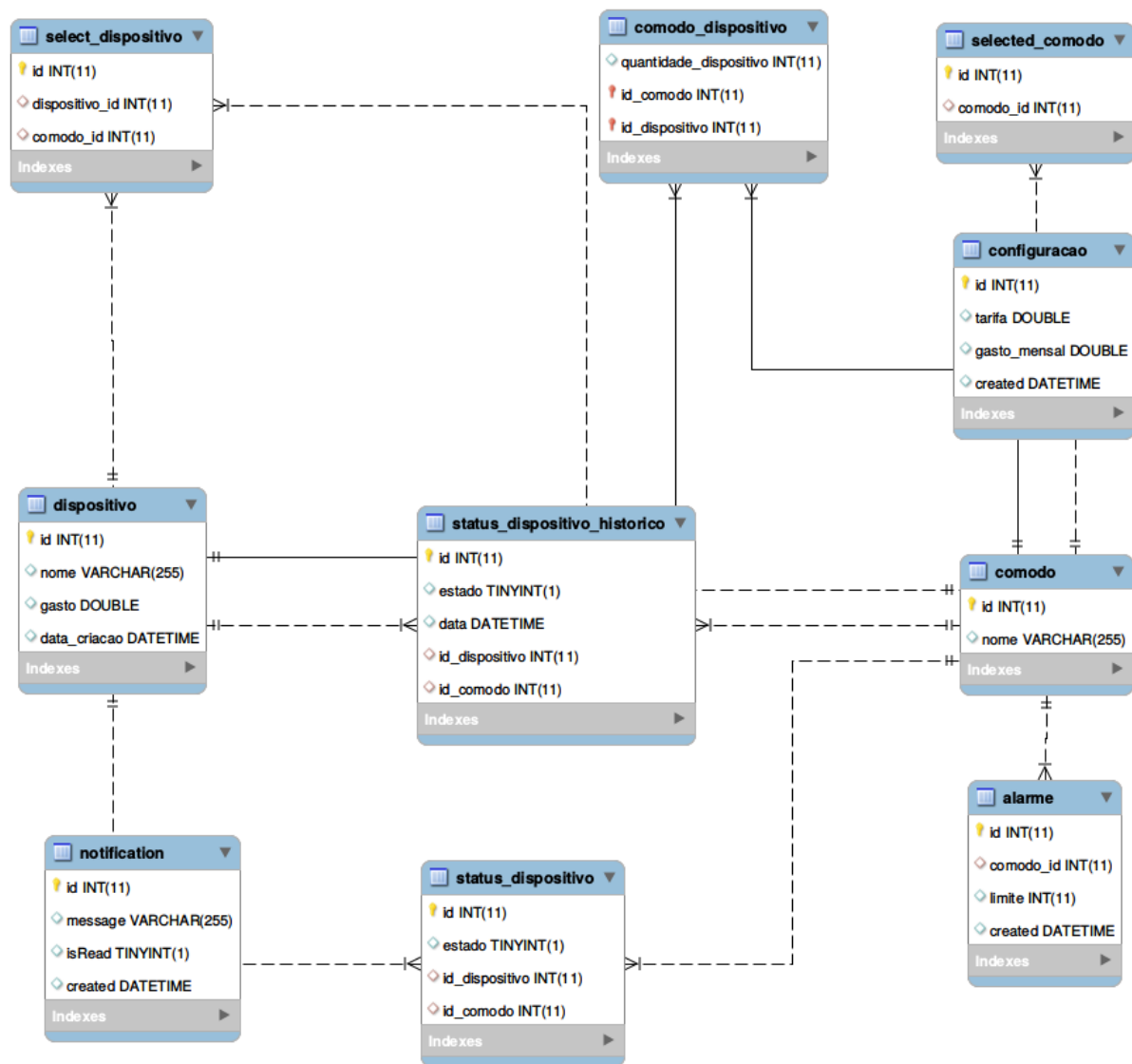


Figura 13 – Esquema das tabelas do banco de dados

As figuras: 14, 15, 16, 17 e 18, 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, que se torna possível nas telas de listagem, para os cômodos e dispositivos, já os parâmetros do sistema na própria tela de configuração se faz a edição dos dados.

PowerMonitor

Jonathan Braga  
Administrador

Configurações

Cômodo

Adicionar

Listar

Dispositivo

Configurações

Principal

Home

Relatórios

Simulador

### Novo Cômodo

Formulário

Nome

Nome

Confirmar

Copyright © 2017 Jonathan Braga. All rights reserved.

Power Monitor

Figura 14 – Cadastro de um cômodo

PowerMonitor

Jonathan Braga  
Administrador

Configurações

Cômodo

Adicionar

Listar

Dispositivo

Configurações

Principal

Home

Relatórios

Simulador

### Lista de Cômodos

Cômodos

#	Nome	
	Cozinha	Excluir
	Jardim	Excluir
	Quarto	Excluir

Copyright © 2017 Jonathan Braga. All rights reserved.

Power Monitor

Figura 15 – 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 16 – 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
<a href="#">Excluir</a>	Ar	123 kw/h	2018-04-11T05:10:45.000Z
<a href="#">Excluir</a>	Geladeira	57 kw/h	2018-05-07T20:50:42.000Z
<a href="#">Excluir</a>	Televisão	23 kw/h	2018-04-11T02:50:12.000Z

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

Figura 17 – Listagem dos dispositivos cadastrados

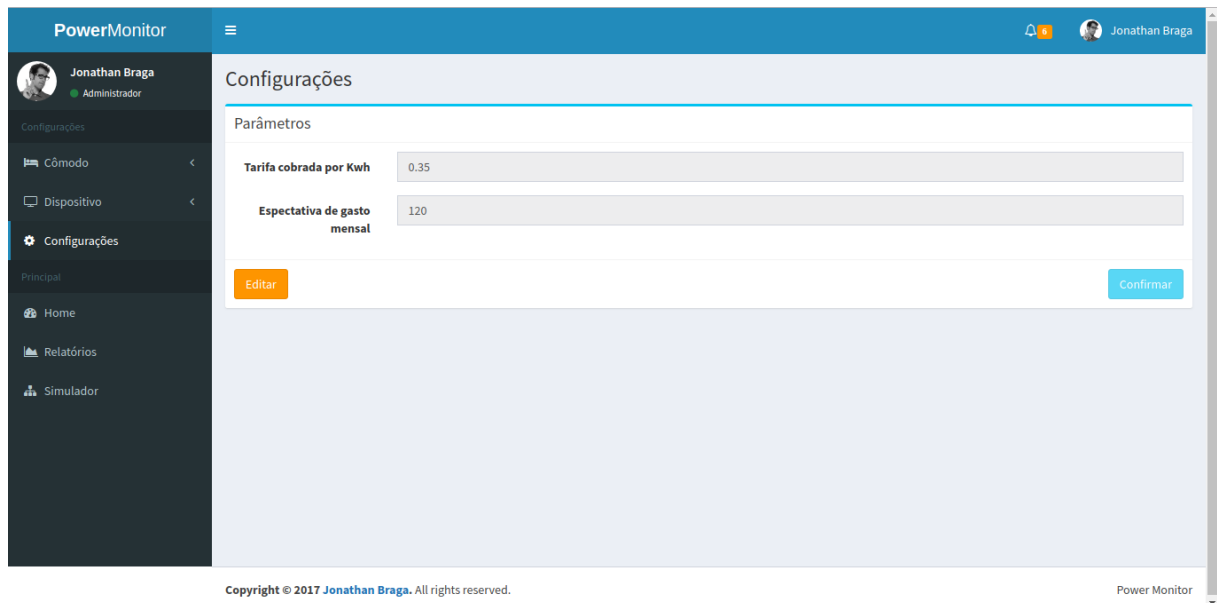


Figura 18 – Tela de configuração dos parâmetros do sistema

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 19 é possível visualizar uma espécie de extrato do consumo de todos os dispositivos, podendo perceber quando foram ligados, quando foram desligados e assim resultando no total gasto. Já as figuras: 20, 21 e 22 referem-se aos gráficos que são construídos baseados nas informações coletadas pelo sistema.

Os gráficos por sua vez são construídos mediante aos 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 (KWh) é pré definido pelo usuário (Figura 16), 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

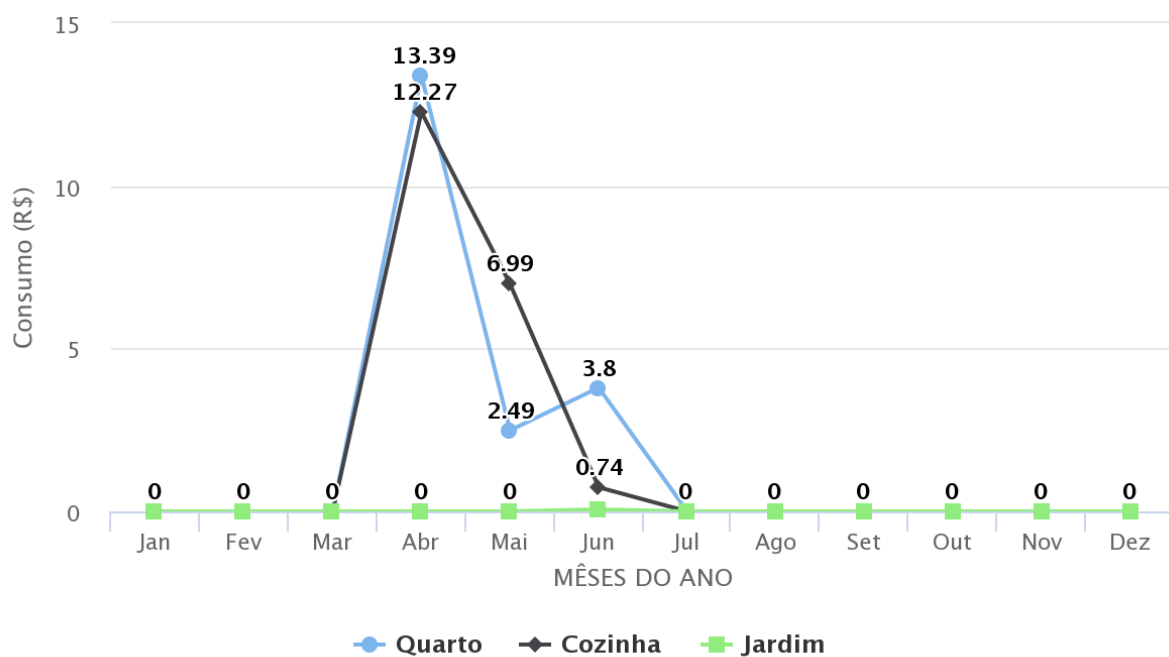
**Relatórios**

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 19 – Demonstrativo do gasto de cada dispositivo



Highcharts.com

Figura 20 – Consumo geral de todos os dispositivos por cômodo ao longo do ano

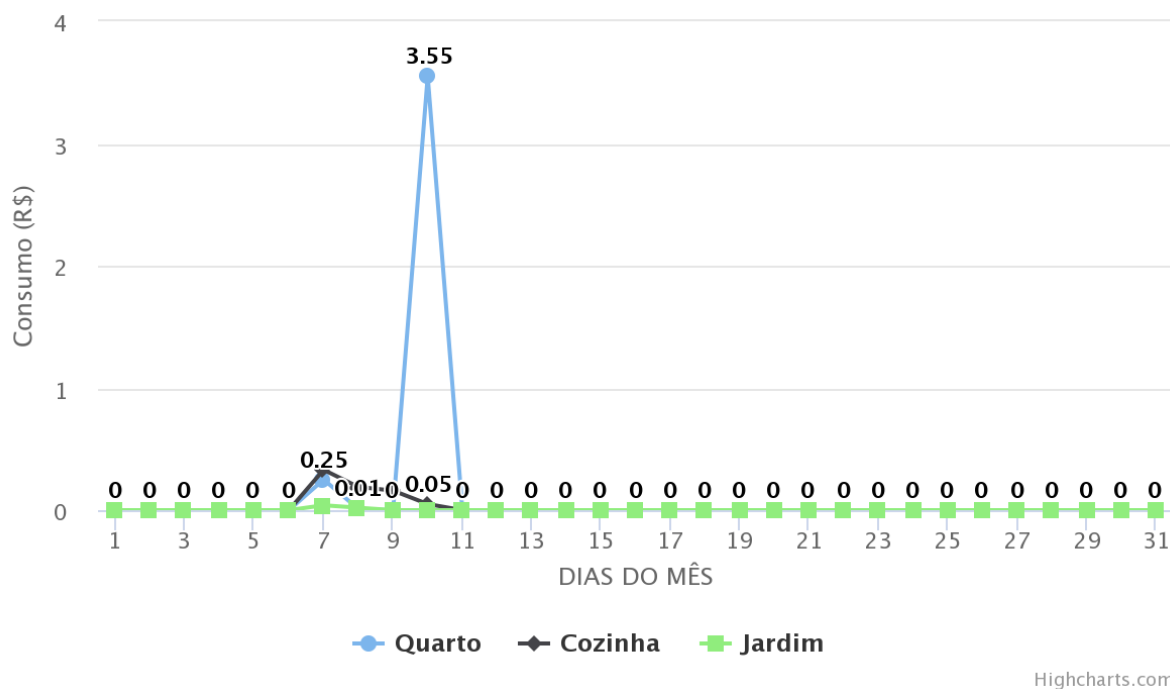


Figura 21 – Consumo geral de todos os dispositivos por cômodo ao longo do mês atual

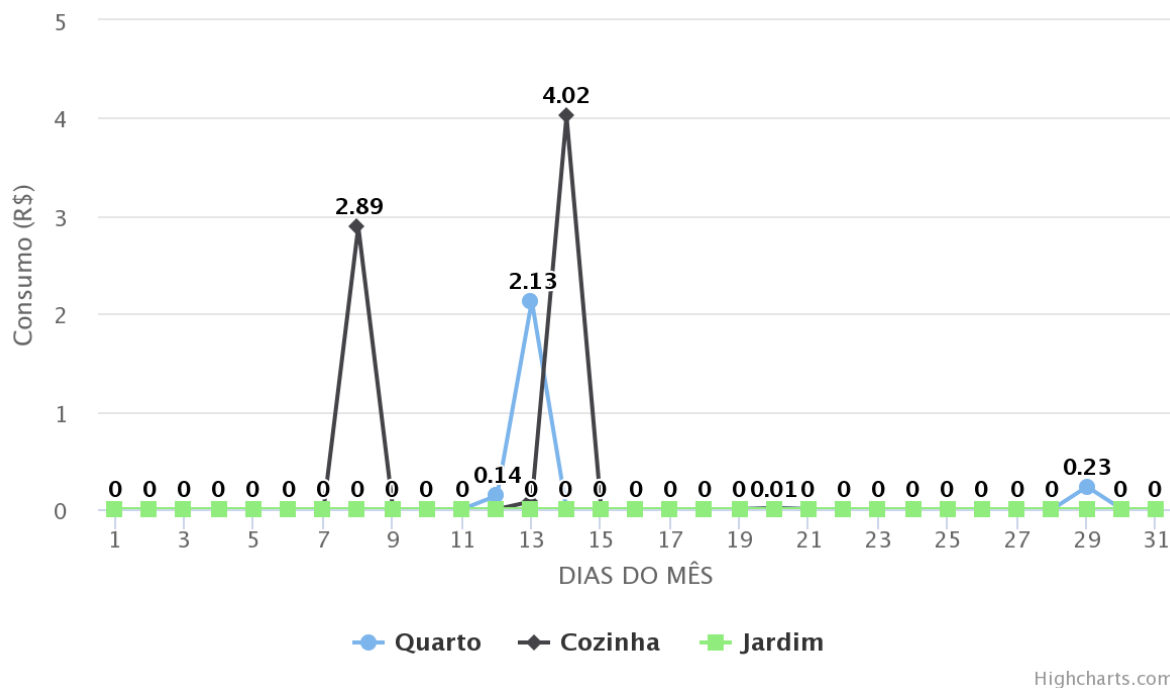


Figura 22 – Consumo geral de todos os dispositivos por cômodo ao longo do mês anterior

O *software* também 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: 23, 24 e 25 retratam o cenário descrito.

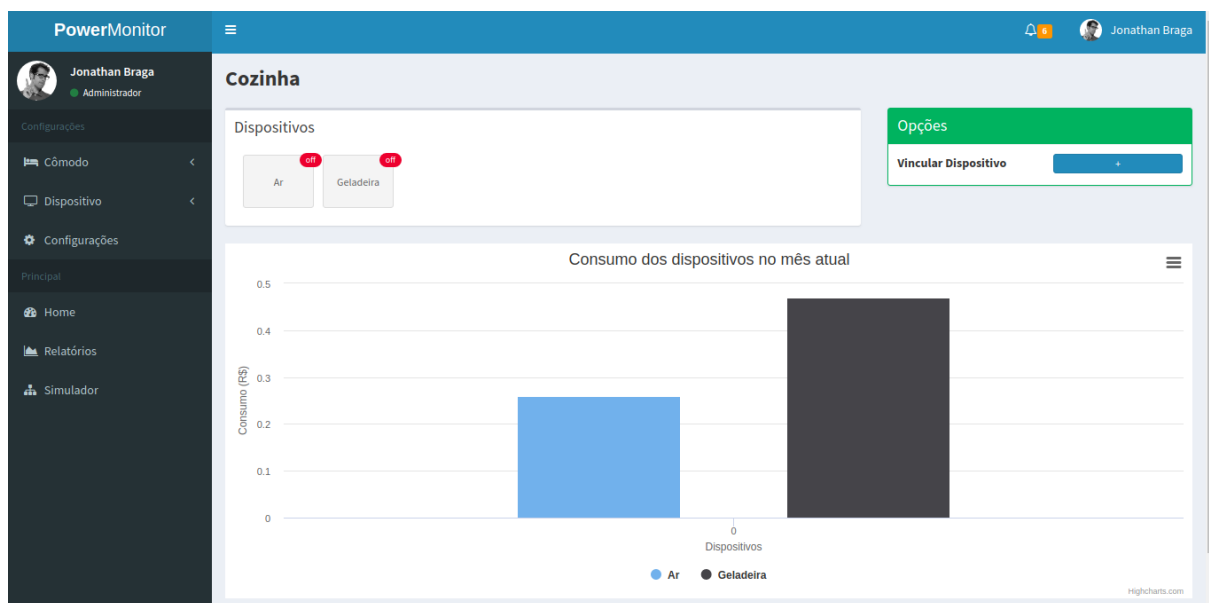


Figura 23 – Visão geral da gerência de um cômodo

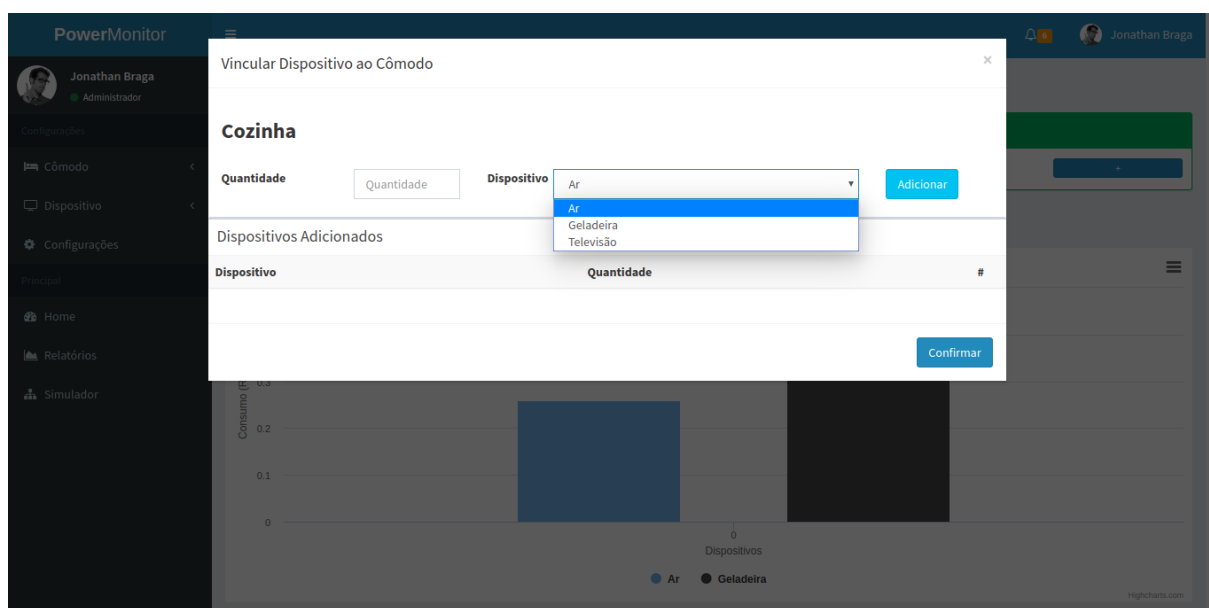


Figura 24 – Vincular dispositivo ao cômodo

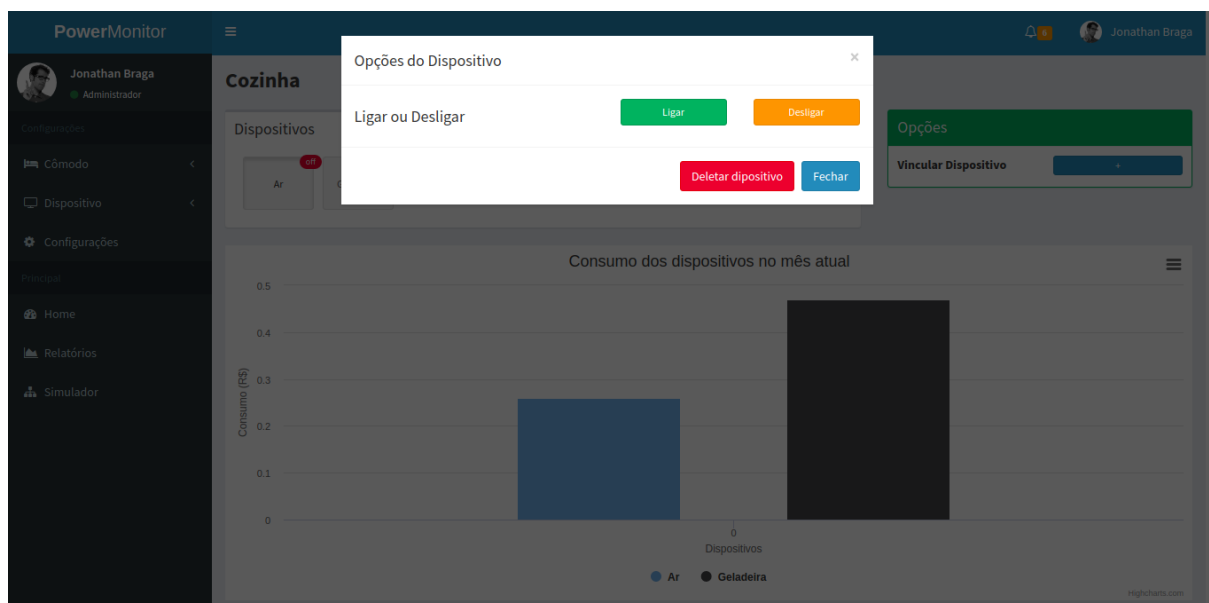


Figura 25 – Ações que podem ser realizadas no dispositivo vinculado

Outras duas funcionalidades presentes no sistema são os alarmes gerados quando o usuário passa dos 50% e dos 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 26, 27 e 28 retratam o descrito.

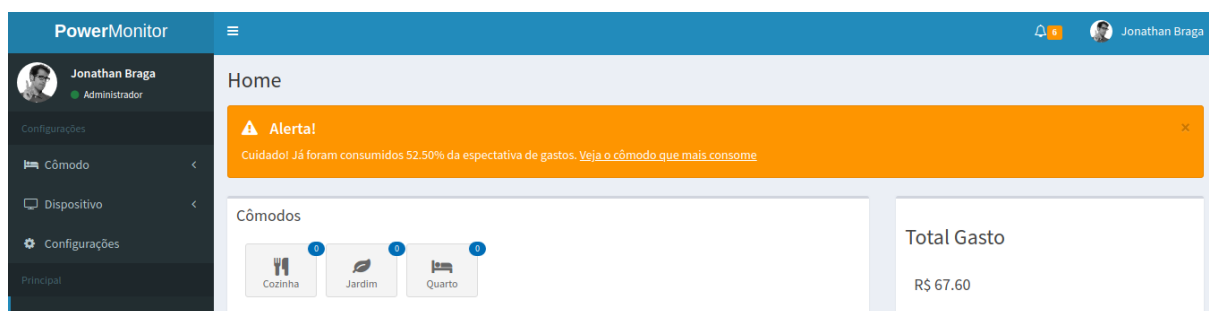


Figura 26 – Alerta exibido quando o consumo supera os 50% do previsto

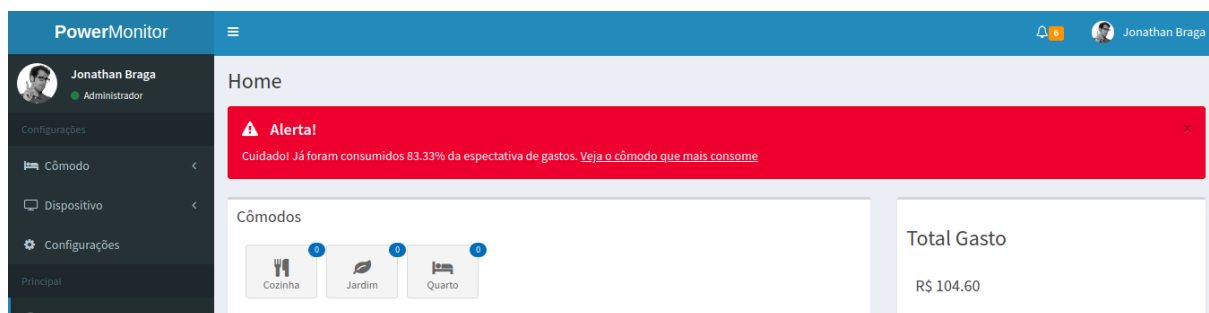


Figura 27 – Alerta exibido quando o consumo supera os 80% do previsto

PowerMonitor

Jonathan Braga  
Administrador

Configurações

Cômulo

Dispositivo

Configurações

Principal

Home

Relatórios

Simulador

### Simulador de Gastos

Parâmetros

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

Tarifa cobrada pela concessionária Exemplo: 0.35

Calcular

\*No lugar da vírgula usar o ponto.

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

Figura 28 – Simulador de gastos

### 3.3 Hardware

O desenvolvimento do *hardware* para demonstração da comunicação com o *power monitor* envolve uma série de sensores e componentes eletrônicos. A plataforma de prototipagem eletrônica utilizada para a construção desse *hardware*, foi o NodeMCU(subseção 2.2.1). O principal sensor utilizado foi o SCT 013-000 (subseção 2.2.2), que tem o papel 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 29), 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 que o dispositivo está ligado verificando a corrente elétrica no presente momento e quando o mesmo é desligado é aferido novamente a corrente elétrica, esse resultado é multiplicado pelo valor da tensão e assim é obtido o consumo do dispositivo (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*, ela fornece alguns métodos como: ***emit***<sup>1</sup>, ***on***<sup>2</sup>e ***connect***<sup>3</sup>que 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();
}
```

---

<sup>1</sup>Função responsável por emitir os dados para o servidor *web*

<sup>2</sup>Função responsável por receber os dados do servidor *web*

<sup>3</sup>Função responsável por estabelecer conexão com servidor *web*



A Figura 29 mostra bem o circuito demonstrativo utilizado neste trabalho para exemplificar a comunicação com o *power monitor*. O esquema representa uma forma prática e 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 25), 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 se possa se ter o consumo e o gasto deferido pelo equipamento.

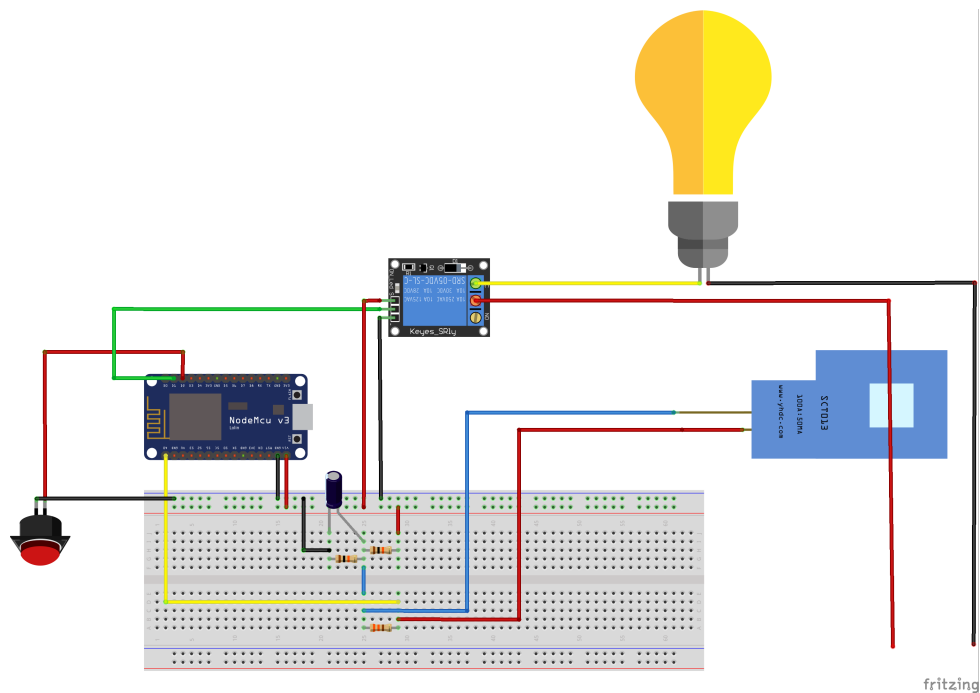


Figura 29 – Circuito demonstrativo para comunicação com o *power monitor*

### 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 e uma nova conscientização sobre o gasto energético. Trazendo uma forma menos complicada de mensurar a quantidade de energia elétrica utilizada em uma residência, possibilitando também uma boa e simples 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 chamada *GitHub* no seguinte endereço: <https://github.com/jonathanbraga/power-monitor>. A Tabela 5 mostra bem os custos do dispositivo que foram utilizados para a demonstração da comunicação com o *power monitor*.

Quantidade	Dispositivo	Preço (R\$)
2	Resistor 10k $\Omega$	0,99
1	Resistor 330 $\Omega$	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
<b>TOTAL</b>		<b>165,00</b>

Tabela 5 – 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. Ao longo dos anos o povo brasileiro ouviu sobre propostas na melhoria do meio ambiente, propostas sustentáveis e até melhoria na infraestrutura urbana. Porém na maioria das vezes nunca passou de apenas propostas.

Por meio do estudo realizado neste trabalho constatou-se que a leitura do consumo energético feita em tempo real e disponibilizada para o usuário de uma maneira entendível e direta, desperta a curiosidade e consequentemente a conscientização do mesmo. Apenas mostrar os resultados coletados não seria suficiente para a conscientização do cidadão brasileiro, 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 a moeda em circulação no país, o real, faz com que todos os brasileiros independente da classe social ou do grau de escolaridade entenda 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 utente possa, ainda sim, monitorar os seus gatos 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 sempre expandir e melhorar as formas de monitoramento de energia em sua residência. Além disso o trabalho implementa um novo padrão para se mensurar o consumo da energia elétrica nas residências, no lugar do complexo quilowatt-hora, medida que atualmente é utilizada para quantificação do consumo energético, o *power monitor* explora uma abordagem mais simples e mais perto do dia a dia de todo brasileiro, mensura todo o consumo de energia elétrica da residência em reais, moeda em circulação no país.

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 financeiros e o incentivo a consumir apenas o que é necessário. Apesar do sistema atingir os resultados esperados, existem algumas melhorias que podem ser consideradas para trabalhos futuros. A primeira seria criar um *hardware* mas robusto, onde adicionaria um Arduino Uno que contribuiria com mais entradas analógicas e digitais, isso influenciaria em uma maior acoplação de relés que por sua vez influencia na quantidade de eletrodomésticos

adicionados ao *power monitor*, o arduino por sua vez se comunicaria via conexão serial com o NodeMCU. 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 a potencial real que o dispositivo consome. 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, possibilidade para criação de mais usuários, segurança nas transações de informação com o *hardware* e com a interface *web* e um aumento nos *end-points* que acarretaria em uma maior disponibilidade de dados. Na parte da interface *web* as melhorias seriam direcionadas a correção de *bugs* existentes na primeira versão e uma melhor estruturação para que se possibilite uma customização do usuário em relação aos dados em que ele deseja visualizar.

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

CEMIG. *O que são as redes inteligentes de energia*. 2017. Disponível em: <[http://www.cemig.com.br/pt-br/A\\_Cemig\\_e\\_o\\_Futuro/sustentabilidade/nossos\\_programas/Redes\\_Inteligentes/Paginas/as\\_redes\\_inteligentes.aspx](http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/Redes_Inteligentes/Paginas/as_redes_inteligentes.aspx)>. 20

CNI. *Evolução dos custos com energia*. 2015. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/agenciacni/noticias/2015/06/precos-de-insumos-importados-e-da-energia-puxam-a-alta-de-08-nos-custos-da-industria/>>. 15

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015 ano base 2014*. Brasília, 2015. 232 p. 15

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 ano base 2016*. Brasília, 2017. 232 p. 13, 16

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balanço Energético no Brasil*. Rio de Janeiro, 2017. 61 p. 19

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balanço Energético no Brasil Relatório Final*. Rio de Janeiro, 2017. 294 p. 14, 17