

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES

FLÁVIA DE ANDRADE NOBREGA
RENATA BIANCA DE SANTI
VITÓRIA GARCIA MOREIRA

TOMADA PORTÁTIL PARA MEDIÇÃO DE CONSUMO ELÉTRICO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2016

FLÁVIA DE ANDRADE NOBREGA
RENATA BIANCA DE SANTI
VITÓRIA GARCIA MOREIRA

TOMADA PORTÁTIL PARA MEDIÇÃO DE CONSUMO ELÉTRICO

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, do Departamento Acadêmico de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. M. Sc. Juliano Mourão Vieira.

CURITIBA
2016

TERMO DE APROVAÇÃO

FLÁVIA DE ANDRADE NOBREGA
RENATA BIANCA DE SANTI
VITÓRIA GARCIA MOREIRA

TOMADA PORTÁTIL PARA MEDIÇÃO DE CONSUMO ELÉTRICO

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 20 de maio de 2016, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. As alunas foram arguidas pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

Prof. M.Sc. Sérgio Moribe
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Lincoln Hebert Teixeira
UTFPR

Prof. M.Sc. Nelson Garcia de Paula
UTFPR

Prof. M. Sc. Sérgio L. Bazan de Paula
UTFPR

Prof. M. Sc. Juliano Mourão Vieira
Orientador - UTFPR

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

Dedicamos este trabalho a todas as pessoas que nos apoiaram e incentivaram desde o início desta jornada acadêmica.

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradecemos a Deus pelo dom da vida e por nos ter concedido paciência, saúde e sabedoria para enfrentar os obstáculos. Agradecemos também a todos os familiares e amigos próximos que nos apoiaram, incentivaram e sempre acreditaram em nosso potencial. E também agradecemos a esta instituição de ensino e a todos os professores pelo conhecimento adquirido no decorrer deste curso, em destaque, ao professor orientador deste trabalho, Juliano Mourão Vieira.

“Os que são loucos o suficiente para pensarem em mudar o mundo são os que o fazem.”

Steve Jobs

RESUMO

ANDRADE, Flávia; SANTI, Renata; MOREIRA, Vitória. **Tomada portátil para medição de consumo elétrico**. 2016. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

No trabalho proposto, é apresentado o desenvolvimento de uma tomada portátil para medição do consumo elétrico de eletroeletrônicos. Para tal, foi utilizado um circuito microcontrolador que recebe dados de um sensor de corrente sobre o consumo. Os resultados são enviados para um *display* de cristal líquido para a visualização local e também para um módulo Wi-Fi. Esse módulo transmite a medição para um servidor que a exibe em uma página *html*. O objetivo desse projeto foi fornecer um equipamento que pudesse ajudar as pessoas a controlarem seus gastos com energia. A participação ativa no controle do consumo de energia elétrica é parte fundamental para redução dos impactos ambientais. A tomada também exibe a medição do consumo em reais para que seja possível ter uma noção, em tempo real, do impacto financeiro dos eletroeletrônicos utilizados.

Palavras chave: Arduino. Consumo elétrico. Microcontrolador. Sensor de corrente.

ABSTRACT

ANDRADE, Flávia; SANTI, Renata; MOREIRA, Vitória. **Wall socket for measuring electric consumption**. 2016. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

In this work, it is presented the development of a portable electronic wall socket for measurement of electric energy consumption. To this end, a microcontroller circuit receives data from a current sensor that measures the power consumption. The results are made available on a local LCD (on the socket) and they are sent through Wi-Fi module to a web server. The motivation for this project was the need for a device that could help people control their energy costs; also active participation in the control of energy consumption plays a key part in reducing environmental impacts. The outlet displays the consumption in real time so that users can estimate, in real time, of the financial impact of the electrical devices they used.

Keywords: Arduino. Electrical consumption. Microcontroller. Current sensor.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama em Blocos (<i>hardware</i>).....	17
Figura 2 – Diagrama em Bloco (<i>software</i>).....	17
Figura 3 – Estrutura de Distribuição de Energia Elétrica no Brasil.....	18
Figura 4 – Arduino Nano.....	25
Figura 5 – ESP8266 Modelo ESP-01.....	27
Figura 6 – Sensor de Corrente ACS712ELC.....	27
Figura 7 – LM3940.....	29
Figura 8 – <i>Display</i> Nokia 5110 LCD.....	30
Figura 9 – Diagrama em blocos do funcionamento da tomada.....	32
Figura 10 – Exibição do IP no <i>display</i> da tomada.....	34
Figura 11 – Página <i>web</i> acessada pelo IP visualizado no <i>display</i> da tomada.....	34
Figura 12 – Esquema Elétrico.....	35
Figura 13 – Logo da FRV Tomadas.....	36
Figura 14 – Montagem do protótipo na <i>protoboard</i>	37
Figura 15 – Verificação do funcionamento.....	38
Figura 16 – Monitor serial do <i>software</i> IDE Arduino.....	39
Figura 17 – Versão preliminar da página HTML.....	39
Figura 18 – Imagem real da caixa utilizada e dimensões.....	40
Figura 19 – Protótipo finalizado.....	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Valor de Tarifa Vigente (2016)	20
Quadro 2 – Número de pontos de rede sem fio por operadora no Brasil	22
Quadro 3 – Orçamento.....	42
Quadro 4 – Pesquisa de Mercado.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

AC	- <i>Alternating Current</i>
AIEE	- Instituto Americano de Engenheiros Eletricistas
AP	- <i>Access Point</i>
DC	- <i>Direct Current</i>
FTDI	- <i>Future Technology Devices International</i>
GND	- <i>Graduated Neutral Density</i>
HTML	- <i>HyperText Markup Language</i>
IDE	- <i>Integrated Development Environment</i>
IEEE	- Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
IoT	- <i>Internet of Things</i>
IRE	- Instituto de Engenheiros de Rádio
kWh	- QuiloWatt-Hora
LCD	- <i>Display de Cristal Líquido</i>
RMS	- <i>Root Mean Square</i>
STA	- <i>Station</i>
TCP	- <i>Transmission Control Protocol</i>
TTL	- <i>Time to Live</i>
UART	- <i>Universal Asynchronous Receiver/Transmitter</i>
UDP	- <i>User Datagram Protocol</i>
USB	- <i>Universal Serial Bus</i>
VCC	- <i>Constant Current Voltage</i> – Tensão Corrente Contínua

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	PROBLEMA.....	13
1.2	JUSTIFICATIVA.....	14
1.3	OBJETIVOS	15
1.3.1	Objetivo geral	15
1.3.2	Objetivos específicos.....	15
2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1	ESTRUTURA DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	18
3.1.1	Rede de distribuição.....	19
3.2	TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA	20
3.2.1	Cálculo da tarifa de energia elétrica	20
3.3	COMUNICAÇÃO SEM FIO (<i>WIRELESS</i>).....	21
4	CONJUNTOS INTEGRADOS AO PROTÓTIPO DA TOMADA	24
4.1	PLATAFORMA ARDUINO.....	24
4.1.1	Vantagens do Arduino	24
4.1.2	Arduino Nano.....	25
4.2	MÓDULO <i>WIRELESS</i>	26
4.2.1	Características do Módulo <i>Wireless</i> ESP8266:	26
4.3	SENSOR DE CORRENTE	27
4.4	LM3940.....	29
4.5	<i>DISPLAY</i> LCD NOKIA 5110	29
5	FUNCIONALIDADE DA TOMADA	31
5.1	COMPONENTES DO PROTÓTIPO E FUNCIONAMENTO	31
5.2	ESQUEMA ELÉTRICO	35
5.3	MARCA FRV	36
6	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	37
6.1	DIFICULDADES ENCONTRADAS	41
7	ORÇAMENTO	42
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
	REFERÊNCIAS.....	45
	APÊNDICE A – ANÁLISE DE MERCADO	48

1 INTRODUÇÃO

O consumo responsável de energia elétrica é um assunto significativo para estudos referentes à sustentabilidade, já que no Brasil parte da energia gerada provém de fontes não renováveis. Nas duas últimas décadas, o consumo de energia se tornou um problema para a população brasileira. Segundo Loureiro (2013) o aumento das tarifas, riscos de falha de abastecimento e aumento do consumo de energia devido à expansão do acesso à tecnologia foram alguns dos fatores que agravaram a situação no país.

Em 2001, o país sofreu com a crise hídrica e o risco iminente de corte de energia elétrica em todo seu território, o qual ficou conhecido como “apagão”. A crise energética estava ligada principalmente à falta de planejamento no setor e à ausência de investimentos em distribuição e geração de energia. Segundo Pinto (2015), outro fator que contribuiu para agravar a situação foi o fato de que mais de 90% da energia elétrica do Brasil era produzida por usinas hidrelétricas que necessitam de chuva para manter o nível adequado de seus reservatórios para a geração de energia. Entretanto, naquele ano houve uma escassez de chuva e o nível de água dos reservatórios das hidrelétricas estava baixo. Segundo cálculo do Tribunal de Contas da União, o prejuízo causado pelo apagão foi de R\$ 54,2 bilhões.

Devido à ineficiência do governo em analisar as causas que levaram ao primeiro apagão e adoção de medidas preventivas tais como expansão dos projetos de geração de energia elétrica e modernização da matriz energética, o Brasil está novamente sob a ameaça do apagão. Em 2015 o baixo nível de chuvas e o aumento de consumo elétrico ocasionaram a necessidade de haver racionamento no serviço de fornecimento de energia.

Segundo Martello (2015), “a energia elétrica teve um reajuste de 43,4% em 2015”. Essa informação foi obtida por meio do relatório de inflação do segundo trimestre deste ano divulgado pelo Banco Central.

Em relação à tarifa média de energia elétrica industrial, o Brasil se enquadra na 6ª posição das tarifas mais caras do mundo. (FUENTES, 2015). Conseqüentemente, a cada crise nesse setor, o consumidor deve reservar uma maior porcentagem do orçamento mensal para as despesas com energia.

Pensando na conscientização do consumo da energia elétrica, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de uma tomada para medição do consumo elétrico. A informação é mostrada em tempo real através de um visor em kWh para demonstrar quanto cada eletroeletrônico gasta durante sua utilização/energização. O objetivo é que o produto possa ser utilizado por qualquer pessoa que tenha interesse em controlar melhor seus gastos e seu consumo residencial, tornando mais fácil a gerência do consumo de energia elétrica.

1.1 PROBLEMA

Conforme a população aumenta, a demanda pela energia elétrica, também aumenta. A energia elétrica é fundamental para a geração de riquezas e melhorias sociais de uma população e possui grande importância por ser um insumo básico para toda a sociedade (LOUREIRO, 2009).

De acordo com o último balanço energético nacional, o consumo residencial total no país teve um aumento de 5,1% entre os anos de 2008 e 2012. Ainda com os dados do balanço, a tarifa média de energia elétrica no Brasil teve um aumento de 7,8% no mesmo intervalo (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013).

Segundo o PROCEL, o Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica, aproximadamente 25% da energia produzida no país é gasta em residências, sendo o chuveiro um dos maiores responsáveis pelo valor alto da conta da energia elétrica no final do mês.

Em contrapartida, a matriz energética disponível não acompanhou esse crescimento, tornando-se cada vez mais importante o controle do consumo. O medidor de energia atua nesse quadro, em que a demanda e o custo pela energia aumentaram de forma acentuada.

No contexto acima apresentado, a pergunta que se pretende responder por meio deste estudo é: *Como contribuir com o consumo consciente de energia elétrica?*

A premissa norteadora do estudo é o emprego de uma ferramenta capaz de permitir ao usuário final identificar o consumo instantâneo de seus equipamentos eletroeletrônicos residenciais.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os constantes aumentos nas tarifas de energia elétrica repassadas ao consumidor pelas concessionárias responsáveis e a grande importância que a energia elétrica representa em nossas vidas fazem com que seja desejado que o consumidor final tenha acesso instantâneo à evolução do valor de sua respectiva conta/fatura ao longo do mês. Tendo o conhecimento de como é seu perfil de consumo e sabendo o quanto esse gasto representa, o consumidor poderá iniciar um plano de racionamento se assim achar conveniente.

Como os medidores de energia utilizados pelas concessionárias medem o consumo de forma acumulativa, ou seja, a cada *quillowatt* utilizado pelo cliente, o mostrador do equipamento de medição incrementa (aumenta o registro a cada 1000 *watt*), não é possível analisar qual aparelho ou qual período originou este consumo. Na conta enviada pela concessionária para o pagamento da energia consumida, pode-se verificar o período e a quantidade consumida. Porém como esta conta é mensal, não é possível conhecer em que período o consumo é maior, nem ao menos qual aparelho consome mais energia.

Portanto, o sistema de gerenciamento pessoal de energia proposto irá ajudar ativamente a realizar esse controle, informando o consumo em tempo real e de maneira simplificada, tornando possível a identificação tanto de horários de pico quanto de desperdícios e facilitando o planejamento, ou seja, fornecendo todas as ferramentas que o consumidor precisa para ter um consumo consciente, sustentável e planejado.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver uma tomada portátil capaz de efetuar a medição de consumo elétrico do equipamento eletroeletrônico conectado a ela, instantaneamente, e de enviar esta informação via *wireless* para outros equipamentos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estudar o comportamento de uma tomada elétrica residencial;
- Efetuar a medição de corrente elétrica que passa na tomada residencial;
- Identificar as variáveis que compõem um ambiente de medição de energia e conversão de consumo (de *quilowatt* para real);
- Adquirir *hardware* para estabelecer a medição e as informações a serem visualizadas pelo usuário (Arduino, *Display*, Sensor de Corrente e Módulo de Comunicação);
- Enviar informações coletadas via *wireless* para uma página *web*;
- Identificar equipamentos eletroeletrônicos que consomem mais energia em uma residência.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento do protótipo da Tomada para Medição de Consumo Elétrico, primeiramente, realizou-se uma pesquisa de mercado a respeito deste segmento, avaliando o preço de venda de produtos semelhantes já existentes, assim como as características técnicas predominantes. Com o resultado desta pesquisa, no Apêndice A, verificou-se a viabilidade de desenvolvimento deste produto.

Efetou-se uma pesquisa exploratória com o objetivo de aprimorar a conhecimento a respeito de uma tomada portátil. Esta tomada é capaz de efetuar a medição do consumo elétrico de um equipamento eletroeletrônico, em tempo real, conectado a ela.

Para tal efeito, a coleta e estudo dos dados a respeito do desenvolvimento deste produto se deram por meio de pesquisa bibliográfica a fim de compreender o comportamento do processo de medição elétrica e do envio das informações coletadas. Esta técnica de pesquisa contemplou a fórmula de cálculo do consumo elétrico (*Watts* convertido em reais), o comportamento e funcionamento de cada equipamento a ser utilizado no protótipo (micro controlador *Arduino*, *display*, sensor de corrente e módulo de comunicação *wireless*) e a integração entre *hardware* e *software*, e, principalmente, o método para se estabelecer a comunicação *wireless* e o envio de informações, ou seja, das medições.

A partir do embasamento teórico foi projetado o protótipo da tomada para medição de consumo elétrico, que abrangeu o desenho elétrico (ou esquema elétrico), fluxo de integração de *hardware* e de integração de *software*, seguindo para a montagem do protótipo em si.

A elaboração do protótipo ocorreu nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. A pesquisa bibliográfica aconteceu em ambiente virtual (artigos eletrônicos) e bibliotecas.

Na Figura 1 e na Figura 2 estão exibidos os diagramas em blocos para exemplificar o que foi executado no que diz respeito a *hardware* e *software*, respectivamente.

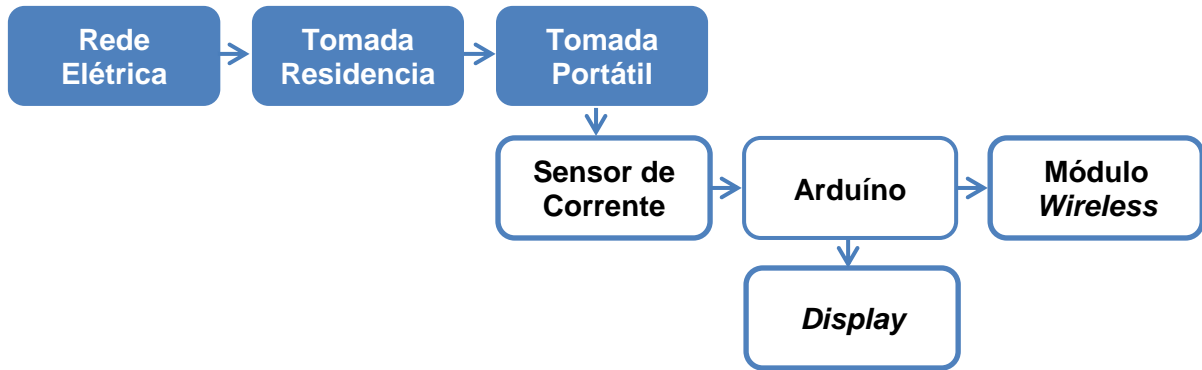


Figura 1 – Diagrama em Blocos (*hardware*)
Fonte: Autoria Própria

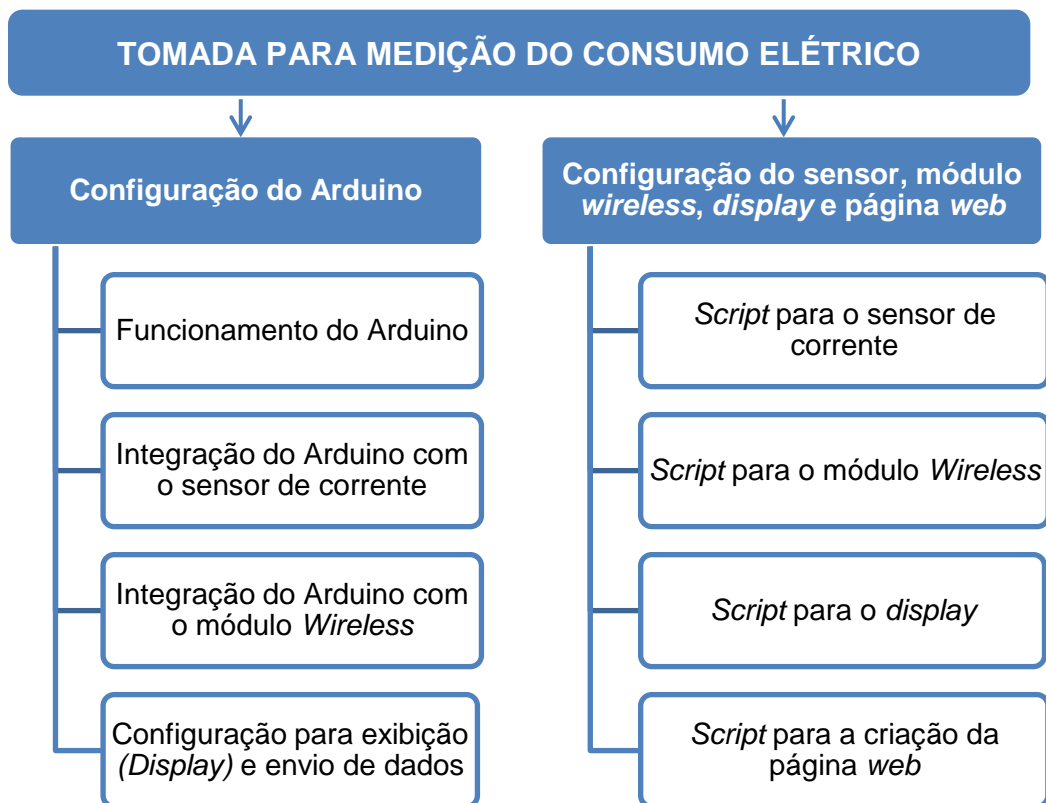


Figura 2 – Diagrama em Bloco (*software*)
Fonte: Autoria Própria

A análise das informações colhidas no caso de estudo será baseada nos métodos e conceitos apresentados e discutidos na fundamentação teórica.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ESTRUTURA DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

O setor de energia elétrica no Brasil é constituído por três segmentos: Geração, Transmissão e Distribuição (Figura 3).

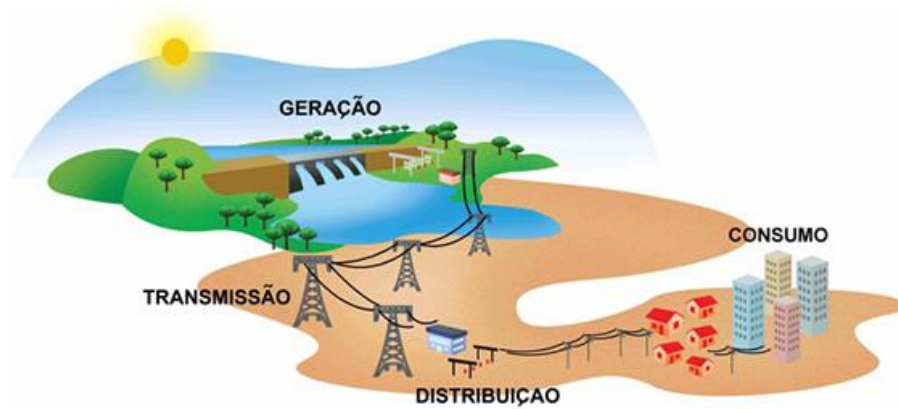


Figura 3 – Estrutura de Distribuição de Energia Elétrica no Brasil

Fonte: ABRADEE, 2015

- a) **Geração:** é o segmento responsável pela produção da energia elétrica e o repasse para os sistemas de transmissão e distribuição, a fim de que chegue aos consumidores finais. Segundo a Abradee (Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica), há 4.048 empreendimentos de geração do Brasil, e praticamente 70% da capacidade instalada no país, e 74% da energia gerada, são de origem hidrelétrica e limpa (ABRADEE, 2015).
- b) **Transmissão:** é o segmento que transporta a energia gerada das usinas para as distribuidoras (concessionárias). Este transporte é realizado em alta tensão, ou seja, normalmente é executado em tensões acima de 230 mil Volts (ABRADEE, 2015).
- c) **Distribuição:** este segmento é o mais conhecido da população em geral, pois recebe a energia transportada das usinas geradoras, em alta tensão, e é responsável pela distribuição para clientes de pequeno

e médio porte. Este segmento é onde atuam as concessionárias de energia, que têm a responsabilidade de entregar a energia nas residências, comércios e indústrias (ABRADE, 2015).

Segundo a Aneel (2015), “sistema de distribuição pode ser considerado como o conjunto de instalações e equipamentos elétricos que operam, geralmente, em tensões inferiores a 230 kV, incluindo os sistemas de baixa tensão”.

3.1.1 Rede de distribuição

Atualmente existem três tipos de fornecimentos possíveis na rede de distribuição das concessionárias de energia elétrica: as ligações monofásicas, bifásicas e trifásicas (ENERPEIXE, 2015).

- a) **Monofásica:** Comumente utilizada em residências e pequenos comércios, tem como padrão a alimentação da energia, do poste até a residência, realizada por dois fios, sendo um deles o neutro (sem tensão) e o outro a fase de 110V. Para casas em que o padrão de tensão é de 220V utiliza-se dois fios de 110V cada (ENERPEIXE, 2015).
- b) **Bifásica:** Utilizada em residências, comércios e pequenas indústrias, tem como padrão a alimentação da energia vinda por três fios do poste da rua até o comércio, sendo um destes fios o neutro e os outros dois as fases de 110V (ENERPEIXE, 2015).
- c) **Trifásica:** Frequentemente utilizada em comércios e médias indústrias. Tem padrão de ligação a quatro fios sendo um neutro e os outros três as fases de 110V (ENERPEIXE, 2015).

3.2 TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA

A tarifa utilizada, pelas concessionárias de energia é determinada pela Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica) e corresponde a um valor unitário em reais por quilowatt-hora (R\$/kWh). Esse valor, multiplicado pelo kWh consumido em um determinado tempo (em sua maioria o período é mensal), representa o valor a ser cobrado dos consumidores finais pela utilização da energia elétrica.

De acordo com a resolução da Aneel n^o 1.897 (de 16/06/2015), a tarifa residencial vigente para a Concessionária Copel Distribuição S/A, concessionária que atende o estado do Paraná, é de R\$ 0,76683 por kWh utilizado, conforme o Quadro 1. Esta tarifa é atualmente a 18^a mais cara do Brasil (ANEEL, 2015).

CONVENCIONAL	Resolução ANEEL N ^o 1.897, de 16 de junho de 2015	
Tarifa em R\$/kWh	Resolução ANEEL	com Impostos: ICMS e PIS/COFINS
B1 - Residencial	0,49231	0,76683
Vigência em 24/06/2015		

Quadro 1 – Valor de Tarifa Vigente (2016)
Fonte: COPEL, 2016.

3.2.1 Cálculo da tarifa de energia elétrica

Segundo a Aneel (2015), para que a concessionária de energia possa efetuar a medição do consumo de seus clientes, a mesma necessita fazer um cálculo utilizando a seguinte expressão:

$$\text{Consumo} = P \cdot \Delta t,$$

sendo P= potência utilizada [watt] e Δt = intervalo de tempo [horas].

- a) **Potência** é a quantidade de força que os equipamentos utilizam para seu funcionamento. Sua unidade de medida é expressa em *Watt* [W] e, quanto maior a força, ou seja, a potência do equipamento, maior será a energia consumida (ANEEL, 2015). A potência também pode ser calculada como o resultado da multiplicação da tensão “V” (Volt) pela corrente “I” (Ampère), sendo $P = V \cdot I$. Analisando esta expressão, pode-se afirmar que quanto maior for a potência utilizada, maior será a corrente necessária e maior será o seu consumo (ENERPEIXE, 2015).
- b) **Intervalo de tempo** é a quantidade, expressa em horas, em que o equipamento está em funcionamento (ENERPEIXE, 2015).

Com estes conceitos, pode-se calcular o consumo de energia elétrica utilizado por determinado aparelho elétrico ou, até mesmo, o consumo gasto em um determinado tempo. Este consumo tem como unidade de medida o Watt/hora [Wh].

Segundo a empresa EDP - Energias do Brasil S.A. (2015), as concessionárias de energia fazem a medição do consumo de seus clientes através de medidores de energia elétrica; estes equipamentos registram a energia utilizada em quilowatts/hora [kWh].

3.3 COMUNICAÇÃO SEM FIO (*WIRELESS*)

O termo *wireless*, em tradução livre da Língua Inglesa, significa “sem fio”. Ou seja, nada mais é que do que qualquer tipo de conexão para transmissão de informações sem o uso de fios ou cabos. O princípio de funcionamento dessa tecnologia se baseia na transmissão de dados utilizando a propagação das ondas eletromagnéticas. Existem equipamentos de comunicação de dados *wireless* que utilizam também luz infravermelha ou laser, apesar das ondas eletromagnéticas serem o meio mais comum (PROENÇA, 2002).

Segundo Tanenbaum (1997), comunicações sem fio são baseadas no seguinte princípio: quando os elétrons se movem, criam ondas eletromagnéticas que podem se propagar através do espaço livre. A frequência é o número de oscilações por segundo de uma onda eletromagnética e é medida em *Hertz* (símbolo Hz).

Segundo Alecrim (2013), Wi-Fi é um conjunto de especificações para redes locais sem fio (WLAN - *Wireless Local Area Network*) que segue o padrão IEEE 802.11, o qual estabelece normas para a criação e para o uso de redes sem fio. A transmissão deste tipo de rede é feita por sinais de radiofrequência, que se propagam pelo ar. Este padrão define os tipos de protocolos necessários para que haja uma interoperabilidade entre equipamentos para rede sem fio de fabricantes diferentes. Como existem inúmeros serviços que podem utilizar sinais de rádio, é necessário que cada um opere de acordo com as exigências estabelecidas pelo governo de cada país. Esta é uma maneira de evitar problemas, especialmente interferências.

O Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) é uma organização profissional sem fins lucrativos, fundada nos Estados Unidos. Formado em 1963 pela fusão do Instituto de Engenheiros de Rádio (IRE) com o Instituto Americano de Engenheiros Eletricistas (AIEE), e é hoje a maior organização profissional do mundo em número de sócios. Sua meta é promover conhecimento no campo da engenharia elétrica, eletrônica e computação.

A utilização da rede sem fio já conquistou seu espaço não só nos ambientes domésticos, mas também em locais públicos (*shopping*, livrarias, restaurantes, aeroportos, etc). De acordo com a Teleco (2016), hoje se tem disponíveis as informações de empresas que são responsáveis por 90% do total de pontos de acesso Wi-Fi distribuídos pelo Brasil, conforme o Quadro 2:

Operadora	2013	2014	2015	1T16	Abr/16
Oi	152.577	1.014.456	1.018.466*	1.018.466*	1.018.466*
Net	3.503	3.503	3.503	3.503	3.503
LINKTEL	2.056	2.056	-	-	5.647
TIM	507	799	799	799	799
Vivo	175	175	175	175	175
Sercomtel	132	138	138	138	138
Algar Telecom	19	19	19	19	19
IDINET	1	1	1	1	1
Rede Nets	1	1	1	1	1
VB Telecom	1	1	1	1	1
Total Brasil	158.972	1.021.149	1.023.103	1.023.103	1.028.750

Nota: Oi WiFi inclui rede Fon. * Valores referentes a Janeiro de 2015. A partir de 28/08/2014 a Oi passou a divulgar os dados sobre Wi-Fi. Demais operadoras fonte ANATEL.

Quadro 2 – Número de pontos de rede sem fio por operadora no Brasil
Fonte: Teleco, 2016.

O protótipo da tomada utiliza a rede *wireless* para enviar as informações para um servidor *web* onde os dados são apresentados em tempo real.

4 CONJUNTOS INTEGRADOS AO PROTÓTIPO DA TOMADA

Este capítulo se refere aos componentes eletrônicos utilizados e/ou integrados no protótipo referente à tomada portátil para medição do consumo elétrico.

4.1 PLATAFORMA ARDUINO

Segundo o site Arduino (2015), “Arduino é uma plataforma de prototipagem de código aberto baseada em *hardware* e *software* de fácil utilização.” São placas capazes de receber e interagir com informações externas (sensores, botões, e-mail, mensagens, etc.) e transformar estas entradas em ações (acionamento de motores, controlar o acionamento de um LED, enviar um alerta, etc.) (ARDUINO, 2015).

4.1.1 Vantagens do Arduino

No mercado é possível encontrar inúmeras outras plataformas de microcontroladores, porém a escolha da utilização do Arduino para muitos projetos ocorre devido às suas vantagens (ARDUINO, 2015):

- a) **Custo baixo:** as placas Arduino são relativamente mais baratas em comparação a outras plataformas de microcontroladores.
- b) **Multi-plataforma:** o *software* (IDE) é executado em vários sistemas operacionais como *Windows*, *Macintosh* OSX e *Linux*.
- c) **Ambiente de programação simples:** o *software* do Arduino é de fácil utilização para os usuários novatos e também é aplicável para usuários mais avançados.

- d) **Software open source e extensível:** como é publicado como um *software* livre, o *software* do Arduino pode ser expandido por programadores avançados.
- e) **Hardware open source e extensível:** assim como o *software*, o *hardware* também pode ser reconstruído pelos seus usuários.

4.1.2 Arduino Nano

Para este projeto, o módulo Arduino escolhido foi o Nano, por ser pequeno e completo (Figura 4). Produzido pela Gravitech, o Nano possui o microcontrolador ATmega328, tem como tensão de entrada 7-12V e é alimentado por um cabo USB Mini-B. Possui 14 pinos digitais de I/O (podem ser utilizados como entrada ou saída) e 8 analógicos, o que permite a interação com uma gama de sensores. Com 18mm de largura, 45mm de comprimento e 5g de peso, é uma boa solução para produtos e soluções pequenas e portáteis (Figura 4).



Figura 4 – Arduino Nano
Fonte: ARDUINO, 2015

O Nano é de fácil comunicação com computadores, com outros tipos de plataforma Arduino e outros microcontroladores.

O ATmega328 fornece uma comunicação serial UART TTL (5V) disponível nos pinos digitais 0 e 1. É uma placa FTDI com chip FT232RL, que funciona como um conversor USB para serial TTL; com isto, fornece uma porta COM virtual para o *software* no computador. O *software* possui um monitor serial que permite o envio e o recebimento de informações na forma de texto simples e permite controlar e programar o Arduino pelo teclado do computador (ARDUINO, s.d.).

4.2 MÓDULO WIRELESS

Entre vários módulos que recentemente surgiram para explorar a Internet das Coisas (*IoT*), o ESP8266 da empresa Espressif, é uma boa opção (custo-benefício) para integrar a comunicação *wireless* ao Arduino.

Segundo Curvello (2015) esta plataforma, com uma forma simples de comunicação, utiliza a interface serial para comunicação com o microcontrolador e permite a conexão do Arduino a rede *wireless* 802.11 B/G/N, enviando e recebendo dados nos modos AP (*Access Point*/Ponto de acesso) e STA (*Station*).

4.2.1 Características do Módulo *Wireless* ESP8266:

De acordo com Thomsen (2015) as características do módulo são:

- a) Conexão a redes padrão 802.11 B/G/N;
- b) Alcance aproximado de 91 metros;
- c) Tensão de operação de 3.3 VDC;
- d) Comunicação serial com pinos TX e RX;
- e) Modos de operação: Cliente, *Access Point*, Cliente+*Access Point*;
- f) Modos de segurança *wireless*:
OPEN/WEP/WPA_PSK/WPA2_PSK/WPA_WPA2_PSK;
- g) Suporta comunicação TCP e UDP, com até 5 conexões simultâneas.

Este módulo possui uma antena embutida e um conector de 8 pinos, além dos leds indicadores de funcionamento (vermelho) e comunicação (azul), conforme a Figura 5.

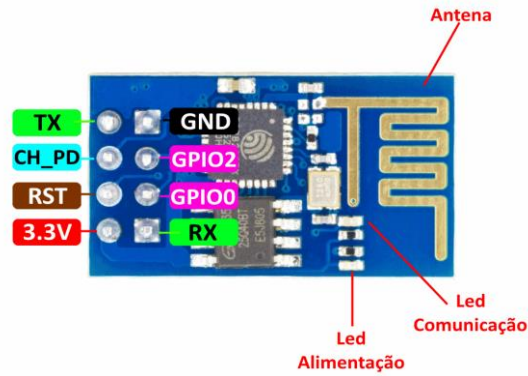


Figura 5 – ESP8266 Modelo ESP-01
 Fonte: Arduino e Cia, 2015.

As maiores vantagens deste módulo ESP8266 são seu tamanho reduzido, seu baixo custo e a facilidade de integração com outras plataformas com a utilização de uma comunicação serial UART (THOMSEN, 2015).

4.3 SENSOR DE CORRENTE

Para este projeto, o principal coletor de informações é o sensor de corrente ACS712ELC (Figura 6). Ele é o responsável por medir a corrente que está sendo consumida pelos aparelhos elétricos do cliente. Esta medição é o fundamento para fazer o cálculo do valor de consumo.



Figura 6 – Sensor de Corrente ACS712ELC
 Fonte: ZARELLI, Gabriel. Help Dev, 2014.

O sensor ACS712ELC, segundo Zarelli (2014), é um monitor de corrente linear que fornece medições precisas para sinais AC (corrente alternada) e DC (corrente contínua).

Existem três variações deste sensor no mercado:

- a)** ACS712ELCTR-05B: corrente máxima 5A;
- b)** ACS712ELCTR-20A: corrente máxima 20A;
- c)** ACS712ELCTR-30A: corrente máxima 30A.

De acordo com Dutra (2013), este módulo é de fácil interação com a plataforma Arduino, pois possui apenas três pinos, sendo dois pinos de alimentação (5V e Gnd) e uma saída *OUT*. Esta saída é analógica varia linearmente de acordo com a corrente medida; através dela são transmitidas as informações (leituras) do sensor para o microprocessador.

Uma característica importante deste sensor é que sua leitura é realizada por efeito *Hall*, não havendo ligação elétrica entre o borne de leitura e a saída analógica. A medida se dá pelo sensoriamento eletromagnético em torno de um condutor por onde circula a corrente a ser medida (DUTRA, 2013).

Segundo o Instituto Newton C. Braga (s.d), os sensores de Efeito *Hall* são semicondutores capazes de fazer o sensoriamento magnético como se fosse uma bobina, ou seja, possuem características magnéticas (são capazes de identificar campos magnéticos) para efetuar a medição de corrente sem utilizar uma bobina em sua composição (INSTITUTO NEWTON C. BRAGA, s.d).

Outras características do sensor ACS712ELC (ZARELLI, 2014):

- a)** sinal com baixo ruído;
- b)** tempo de resposta de 5 μ s;
- c)** erro de saída de 1,5% a 25°C;
- d)** faixa de leitura de -30A a +30A;
- e)** tensão de saída estável;
- f)** saída proporcional à tensão de alimentação.

4.4 LM3940

Neste projeto foi utilizado o regulador de tensão LM3940 (Figura 7). Esse componente é um conversor DC-DC de 5V para 3.3V, com capacidade de processar uma corrente de 1 Ampére (PAULINO, 2011).

Foi necessária a utilização deste componente como um ajuste para a utilização (energização) do módulo ESP8266.

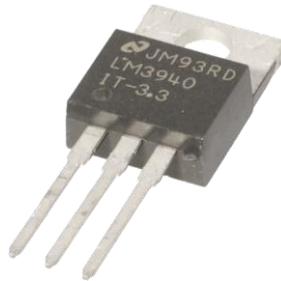


Figura 7 – LM3940
Fonte: Tandy, 2016.

Outras características do LM3940 (PAULINO, 2011):

- a) Regulação de carga;
- b) 1,0 A na corrente de saída;
- c) Regulação de tensão com apenas um componente externo;
- d) Proteção contra excesso de temperatura.

4.5 DISPLAY LCD NOKIA 5110

De acordo com o FilipeFlop (s.d.), o *display* LCD Nokia 5110 trata-se de um “*display* gráfico monocromático com resolução de 84x48 *pixels*”. Este componente apresenta uma boa relação custo-benefício sendo possível utilizá-lo para a exibição de gráficos e textos em sua tela (Figura 8).



Figura 8 – Display Nokia 5110 LCD
Fonte: Lima, 2015.

A seguir serão apresentadas as especificações deste *display*, segundo FilipeFlop (s.d):

- a)** Modelo: LCD Nokia 5110;
- b)** Tensão de Alimentação: 3.3V;
- c)** Tensão de operação (pinos de sinal): 3.3 - 5V;
- d)** Backlight: Azul;
- e)** Dimensões: 43,5 x 43 x 5mm.

5 FUNCIONALIDADE DA TOMADA

Neste capítulo, será abordado como o protótipo da tomada foi elaborado e também como é o comportamento/funcionamento da mesma.

5.1 COMPONENTES DO PROTÓTIPO E FUNCIONAMENTO

Como mencionado no capítulo anterior, para a elaboração do protótipo da tomada para medição do consumo elétrico utilizou-se os seguintes componentes: 01 microcontrolador Arduino Nano (ATmega), 01 sensor de corrente ACS712ELC, 01 módulo de comunicação sem fio (Wi-Fi) ESP8266 e 01 *display* LCD sendo estes os recursos principais contendo as seguintes funções:

1. **Arduino:** responsável pelo processamento dos dados, incluindo armazenamento do *script* (programação) e dados referente à medição e envio para a página *web*.
2. **Sensor de corrente (ACS712ELC):** componente invasivo que efetua a leitura da corrente respectiva ao circuito da tomada.
3. **Módulo de comunicação (ESP8266):** responsável pela interface de comunicação entre os dados processados pelo Arduino e o envio dos mesmos para uma página HTML.
4. **Display LCD:** componente responsável pela exibição em tempo real do consumo identificado pela tomada.

Como complemento para o funcionamento da tomada utilizou-se 01 fonte de alimentação DC de 5V e 01 regulador de tensão LM3940 com saída 3,3V. A utilização destes dois componentes foi necessária devido ao consumo de corrente do módulo *wireless* ESP8266; este necessita de aproximadamente 300mA para seu funcionamento e o limite de fornecimento do Arduino é de 50mA. Utilizou-se também o LM3940 para garantir a alimentação do ESP em 3,3V: acima desta tensão pode ocorrer a queima do módulo.

O princípio de funcionamento da tomada para medição do consumo elétrico baseia-se na medição da corrente consumida por um determinado equipamento elétrico e na apresentação do valor que um determinado equipamento consome de energia (potência) e o quanto este consumo reflete em custo (R\$: reais).

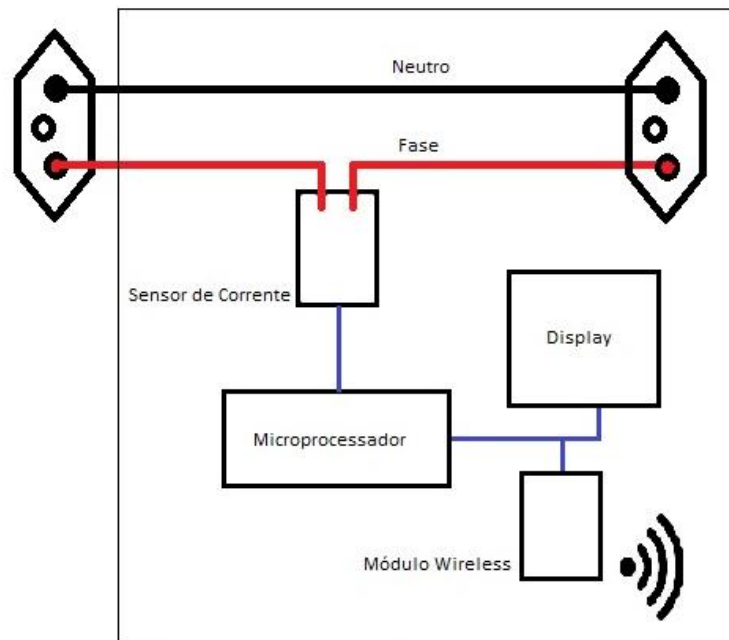


Figura 9 – Diagrama em blocos do funcionamento da tomada
Fonte: Autoria Própria

Conforme ilustrado na Figura 9, o início da leitura da corrente consumida se dá através do sensor de corrente. Para a elaboração deste protótipo utilizou-se o modelo invasivo, portanto o sensor foi ligado em série com o circuito da tomada residencial. Este sensor recebe a alimentação do próprio Arduino (GND e 5V no pino VCC) e envia através de seu pino analógico (OUT) uma tensão de saída de até $VCC/2$ ao Arduino que, por sua vez, recebe os dados no pino A0.

Como este sensor é bidirecional, quando a corrente de leitura é igual à zero, no pino OUT a tensão de saída é igual a $2,5V$ ($VCC/2$), sendo que, a cada ampère positivo ou negativo detectado pelo sensor, $66mV$ são aumentados ou diminuídos na tensão de saída, respectivamente.

O Arduino realiza um *loop* com 1000 leituras por segundo e calcula a média quadrática (RMS) dos valores de corrente lido. Com a obtenção do valor da corrente

RMS, são calculados a potência (W), o consumo (KWh) e o custo (R\$) com as seguintes fórmulas:

- a) **Potência (P):** $P[\text{Wh}] = V \cdot I_{\text{RMS}}$, sendo $V = 127\text{V}$ e I_{RMS} = corrente lida;
- b) **Consumo (C):** $C[\text{KWh}] = P/1000 \cdot \Delta t$, sendo $\Delta t = 1/3600$;
- c) **Custo (R\$):** $\text{Custo} = C \cdot T$, sendo T = valor da tarifa vigente;

Após o cálculo dos valores, o Arduino envia os dados através das portas digitais para o *display* e, utilizando a interface serial, para o módulo ESP (Wi-Fi).

O *display* exibe o endereço IP do módulo e os valores em tempo real de: potência, consumo e o custo em reais. Já o módulo ESP efetua a conexão na rede *wireless* 802.11 B/G/N e envia os dados de corrente, potência, consumo e custo para uma página HTML.

O módulo utiliza comandos AT (comandos *Hayes*) para conexão do Arduino na rede, sendo eles:

- a) AT+RST: procura as redes disponíveis;
- b) AT+CWJAP: conecta a rede *wireless*;
- c) AT+CWMODE: configura o modo de operação;
- d) AT+CIFSR: mostra o endereço IP;
- e) AT+CIPMUX: configura para múltiplas conexões;
- f) AT+CIPSERVER: inicia o *web server* na porta 80.

Através do comando AT+CIFSR o IP é apresentado no display da tomada (conforme Figura 10), permitindo que o usuário final tome nota do mesmo para inseri-lo no *browser* (navegador) e desta forma obtenha os dados da medição em uma página da *web* (Figura 11).



Figura 10 – Exibição do IP no display da tomada
Fonte: Autoria Própria

A screenshot of a web browser window. The address bar shows '192.168.137.17'. The page content includes the text 'Acompanhe seu consumo' in purple and green, a logo for 'FRV Tomadas' featuring a stylized plug and a circular arrow, and a list of energy metrics: 'Corrente: 0.56 A', 'Potencia: 70.55 W', 'Consumo: 0.00008 kWh', and 'RS 0.00006'. The browser's taskbar at the bottom shows the Windows logo, search bar, and various application icons, with the system tray displaying the time '19:19' and date '27/04/2016'.

**Acompanhe
seu consumo**



FRV Tomadas

Corrente: 0.56 A
Potencia: 70.55 W
Consumo: 0.00008 kWh
RS 0.00006

Figura 11 – Página web acessada pelo IP visualizado no display da tomada
Fonte: Autoria Própria

Na página web é possível identificar as medidas de corrente, potência e consumo (em kWh e reais). O objetivo desta página é não restringir a consulta do consumo ao aparelho apenas no display da tomada. Em determinadas ocasiões e

dependendo da localização do eletro eletrônico que se deseja efetuar a medição, acaba não sendo possível visualizar o *display* a todo instante que se deseje. Desta forma, o usuário tem a opção de conectar-se à página *web* para visualizar a medição.

5.2 ESQUEMA ELÉTRICO

Na Figura 12 segue a visão em esquemático com as ligações dos componentes utilizados. O sensor ACS712ELC é responsável por realizar a medição da corrente AC/DC que o eletroeletrônico está consumindo. Ele envia a informação para o Arduino Nano. O Arduino recebe, processa as informações do sensor e as envia para o ESP8266. O ESP8266, por sua vez utiliza a interface serial para comunicação com o microcontrolador e envia os dados através da rede *wireless* para um servidor. O *Display* LCD gráfico recebe e exibe as informações de corrente, consumo e valores recebidas do Arduino.

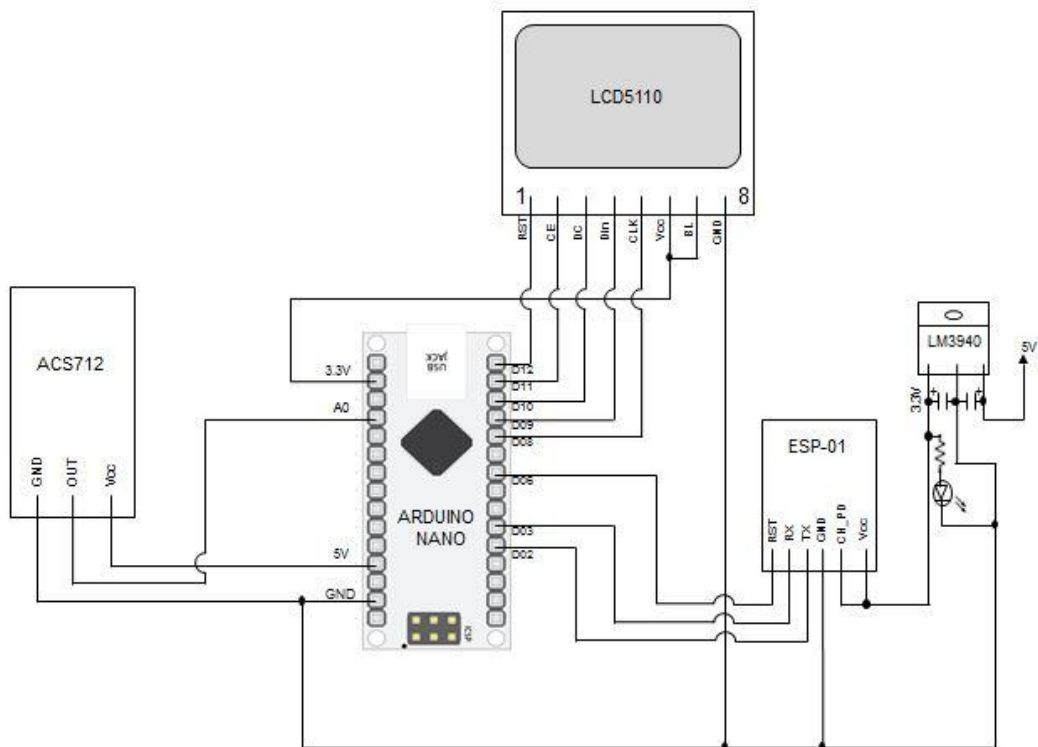


Figura 12 – Esquema Elétrico
Fonte: Autoria Própria

5.3 MARCA FRV

Para apresentação dos dados no navegador foi criado um logo e uma empresa para que a visualização fosse mais agradável. O nome da empresa foi “FRV Tomadas” fazendo menção à letra inicial dos nomes das fundadoras. As cores escolhidas foram roxo e verde, as quais remetem à concentração e comunicação, e à natureza e desenvolvimento, respectivamente. O símbolo da empresa é uma tomada com o ícone do Wi-Fi fazendo referência ao principal produto e a forma de envio dos dados (Figura 13).



Figura 13 – Logo da FRV Tomadas
Fonte: Autoria própria

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Inicialmente, o protótipo da tomada para medição do consumo elétrico foi montado em uma *protoboard* para verificar o seu funcionamento e efetuar os testes necessários para garantir medição da corrente mais próximo do real.

Primeiramente, ligou-se o microcontrolador, o sensor de corrente e o *display*, e realizou-se testes com alguns eletroportáteis (secador de cabelo, ventilador, etc.). Verificou-se que os valores de potência medidos eram bem próximos quando comparados aos valores informados pelos fabricantes dos equipamentos.

Na Figura 14 pode ser identificado o protótipo montado na *protoboard*.

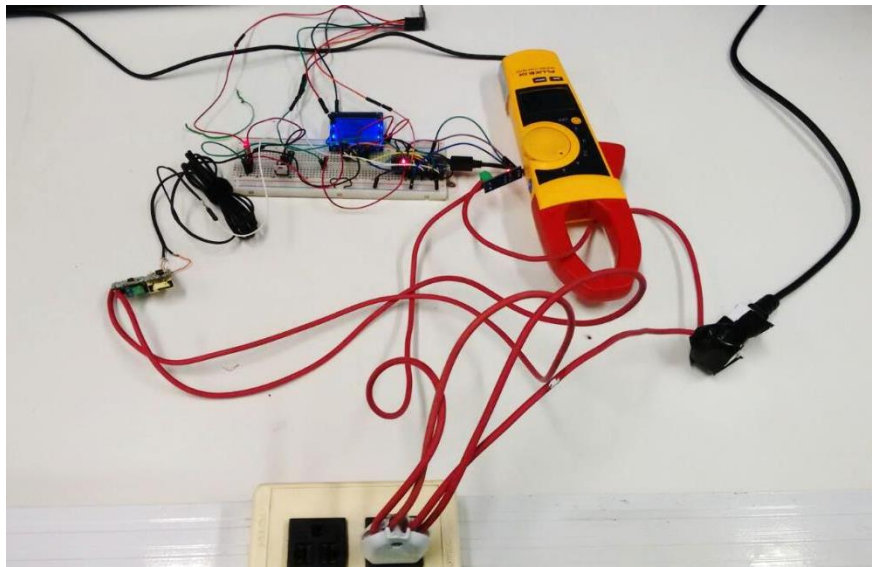


Figura 14 – Montagem do protótipo na *protoboard*
Fonte: Autoria Própria

Para garantir e comprovar que o sensor de corrente estava efetuando a leitura da corrente consumida corretamente foi utilizado um multímetro não invasivo (do tipo alicate) para medir a corrente passante no cabo de alimentação do equipamento que estava conectado no protótipo.

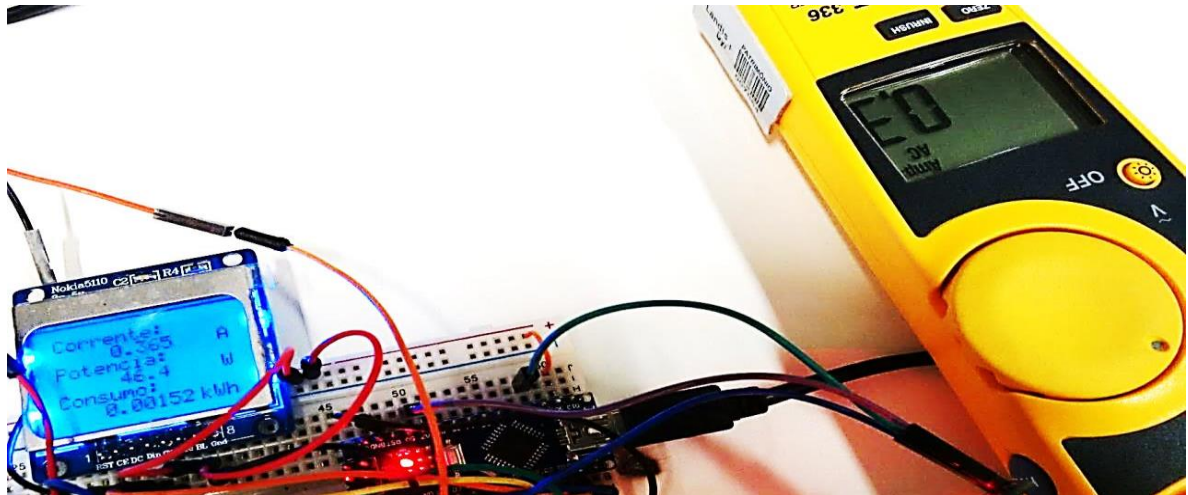


Figura 15 – Verificação do funcionamento
Fonte: Autoria própria.

Conforme a Figura 15, no instante do ensaio o sensor de corrente exibiu no *display* a corrente consumida em 0,365A enquanto que o multímetro apresentou 0,3 A. Com este resultado pode-se concluir que o protótipo efetua a medição bem próxima do real consumo.

Com a garantia da medição bem próxima do real referente, juntou-se o módulo ESP ao protótipo para efetuar os testes de envio dos dados via *wireless*. A verificação da comunicação do Arduino com o módulo tornou-se possível com a utilização dos comandos AT, com a visualização do envio e resposta destes comandos através do monitor serial do *software* IDE Arduino (Figura 16).

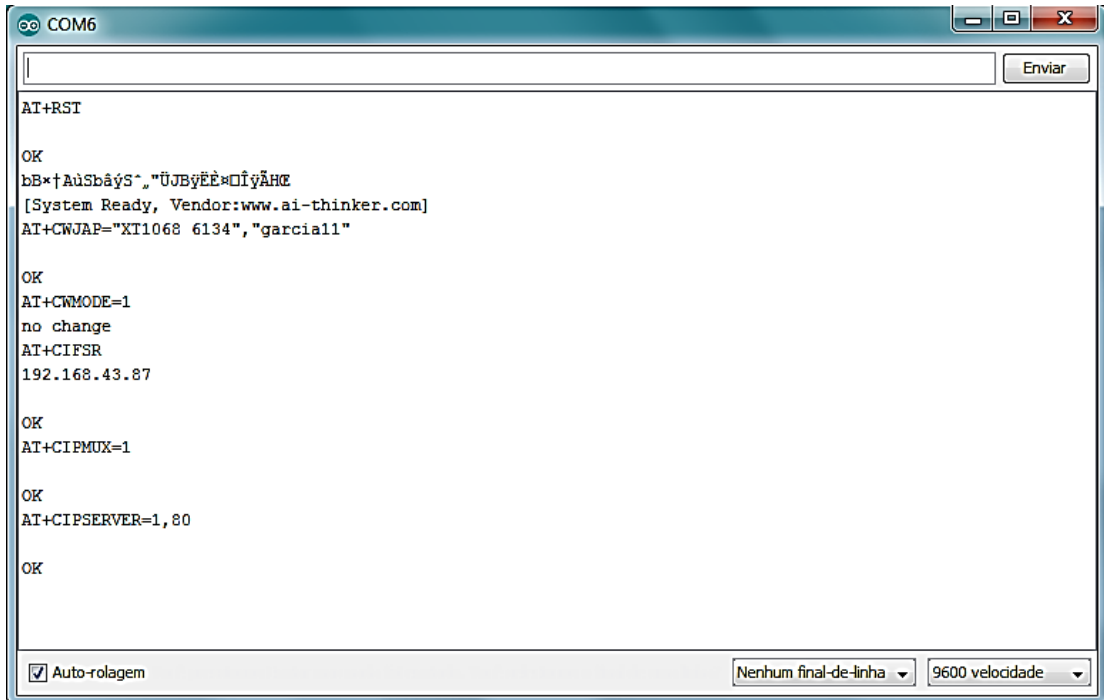


Figura 16 – Monitor serial do software IDE Arduino
Fonte: Autoria própria

Assim como o monitor serial apresenta as respostas da conexão da rede, foi possível confirmar a conexão do módulo ESP com a rede *wireless* 802.11 B/G/N através dos dados exibidos em tempo real na página HTML (Figura 17).

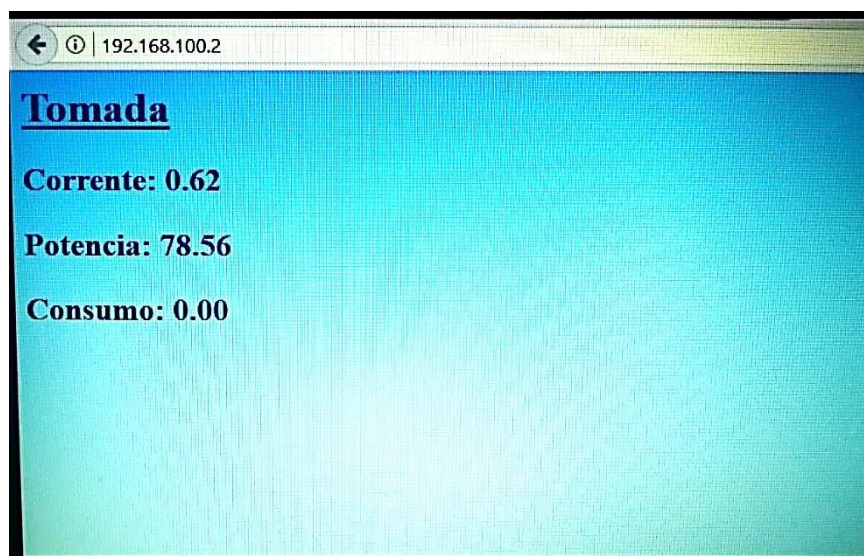


Figura 17 – Versão preliminar da página HTML
Fonte: Autoria Própria

Tendo feito os testes na *protoboard* como já mencionado, efetuou-se a montagem do protótipo em uma caixa específica, cujas especificações de medida encontram-se na Figura 18:



Figura 18 – Imagem real da caixa utilizada e dimensões
Fonte: Leroy Merlin, 2016

E como resultado final, o protótipo da tomada para medição do consumo elétrico é apresentado na Figura 19.



Figura 19 – Protótipo finalizado
Fonte: Autoria Própria

6.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS

No desenvolvimento da tomada para medição do consumo elétrico, algumas dificuldades foram enfrentadas. A principal delas se deu com relação à integração entre o módulo *wireless* ESP8266 e o Arduino.

O módulo ESP requer a conexão de seu Tx e Rx (Transmissor e Receptor, respectivamente) diretamente nas portas digitais do Arduino. No entanto, antes de iniciar a programação do módulo ESP, é preciso realizar uma atualização de *firmware* no processador deste módulo.

No que diz respeito à programação do ESP, exige-se o conhecimento dos comandos AT adequados à necessidade do projeto.

Ainda com relação ao módulo ESP, não se recomenda a conexão por meio do roteamento de internet móvel (internet celular) desde que esta seja de boa qualidade. Para um funcionamento adequado deste componente e, conseqüentemente, um desempenho melhor da página *web* criada como complemento à tomada para medição do consumo elétrico, exige-se uma conexão com maior estabilidade e livre de interferências. Portanto, a conexão apresenta-se com maior desempenho quando conectada a uma rede Wi-Fi de uma banda larga fixa. Cabe ressaltar que para acessar a página *web* é preciso que o computador esteja conectado na mesma rede que o módulo ESP.

Outra dificuldade encontrada foi com relação à alimentação do Arduino (microcontrolador) e do módulo ESP8266. O módulo exige uma alimentação de até 300mA e o limite máximo de corrente do Arduino é de 50mA. Por este motivo foi necessária à utilização de uma fonte externa para alimentação do ESP8266.

7 ORÇAMENTO

Itens	Quantidade	Custo Unitário	Custo do Item
Arduino NANO	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Sensor de Corrente ACS712ELC	1	R\$ 14,00	R\$ 14,00
Módulo Wireless ESP8266	1	R\$ 26,00	R\$ 26,00
<i>Display</i> Nokia	1	R\$ 12,00	R\$ 12,00
Patola	1	R\$ 15,60	R\$ 15,60
Capacitor	1	R\$ 0,10	R\$ 0,20
Resistor	2	R\$ 0,10	R\$ 0,10
Mão de obra da equipe	3h	R\$ 15,00	R\$ 45,00
Custo Total			R\$ 127,90

Quadro 3 – Orçamento
Fonte: Autoria Própria

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em meio ao incessante avanço tecnológico, cada vez mais se faz presente o aumento de utilização de equipamentos eletroeletrônicos no dia a dia das pessoas. Este cenário vai desde a utilização de *smartphones* com baterias recarregáveis até a utilização de fornos e fogões elétricos para se cozinhar. Ou seja, à medida que esta prática aumenta, maior será o consumo de energia elétrica. Em destaque, no Brasil se tem a preocupação quanto à sustentabilidade com relação à geração de energia elétrica tendo em vista que algumas de suas fontes não são renováveis.

Neste sentido, o desenvolvimento da tomada portátil para medição do consumo elétrico permite que o consumidor final tome conhecimento do consumo individual de seus eletroeletrônicos e, com isso, possibilita que o mesmo se adeque para um consumo consciente de energia.

Para o desenvolvimento deste projeto foram coletadas algumas informações de equipamentos similares com suas respectivas particularidades e deficiências. De acordo com o que foi proposto efetuou-se pesquisas a fim de decidir a melhor forma de elaborar o protótipo da tomada (custo-benefício com relação aos componentes da mesma).

Os resultados obtidos com os testes foram satisfatórios. Como apresentado anteriormente no capítulo 6, foi possível comprovar que a proposta atende às expectativas deste trabalho de conclusão: ao efetuar a leitura bem próxima do real valor da corrente consumida pelos equipamentos conectados à tomada e, ainda, sendo capaz de estabelecer a comunicação pelo módulo *wireless*.

Cabe ressaltar que este projeto apresenta flexibilidade para que, no decorrer do tempo, possa receber melhorias futuras como, por exemplo: com relação à página *web* com as medições realizadas pela tomada, seria possível acrescentar um comando para envio dos dados para uma planilha eletrônica ou para algum endereço de *e-mail*. Desta forma, seria permitida uma análise mais aprimorada com relação ao consumo residencial, sendo possível a construção de gráficos, tabelas, etc. Além da melhoria da página, também seria viável a criação e adequação de um aplicativo móvel capaz de receber as informações sobre as medições realizadas pela tomada portátil. Com isso, seria possível também aprimorar análises de consumo e seria uma alternativa para armazenar os dados.

Finalmente, este trabalho de conclusão de curso torna possível que a simples ação de tomar consciência do consumo de energia elétrica seja uma prática adotada diariamente e de forma simplificada.

REFERÊNCIAS

ALECRIM, Emerson. **O que é Wi-Fi (IEEE 802.11)?** Disponível em: <<http://www.infowester.com/wifi.php>>. Acesso em: 30 abr. 2016.

ANEEL. **Informações Técnicas.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/areaPerfil.cfm?idPerfil=2>>. Acesso em: 11 out. 2015.

ARDUINO. **Introdução ao Arduino.** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 16 out.2015.

ARDUINO. **Conecte um Arduino na Rede Wireless com o ESP8266.** 2015. Disponível em: <<http://www.arduinoocia.com.br/2015/03/arduino-modulo-wireless-esp8266.html>>. Acesso em: 11 out. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. **Visão Geral do Setor Elétrico.** Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor>>. Acesso em: 15 out. 2015.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Tarifa Convencional.** Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2Fe3a5cb971ca23bf503257488005939ba>>. Acesso em: 12 out.2015.

CURVELLO, André. **Apresentando o módulo ESP8266.** Os Embarcados, abr. 2015. Disponível em: <<http://www.embarcados.com.br/modulo-esp8266/>>. Acesso em: 31 out. 2015.

DUTRA, Leonardo. **Sensor de corrente ACS712 30A.** Blog Leo Dutra, 2013. Disponível em: <<https://dutrleo.wordpress.com/2013/01/29/sensor-de-corrente-acs712-30a/>>. Acesso em: 01 nov. 2015.

ENERPEIXE S.A. **Energia Elétrica:** conceitos sobre energia elétrica. Disponível em: <<http://www.edp.com.br/geracao-renovaveis/geracao/tocantins/enerpeixe/pesquisadores-e>>.

estudantes/energia_eletrica/conceitos_sobre_energia_eletrica/Paginas/default.aspx>
Acesso em: 04 out. 2015.

EQUIPE FILIPEFLOP. **Como medir corrente com Arduino?** Blog FILIPEFLOP, out. 2014. Disponível em:
<<http://blog.filipeflop.com/sensores/efeito-hall-ac714-corrente-com-arduino.html>>.
Acesso em: 01 nov. 2015.

FILIPEFLOP. **Display LCD Nokia 5110.** S.D. Disponível em:
<<http://www.filipeflop.com/pd-137999-display-lcd-nokia-5110.html>>. Acesso em: 02 mar. 2016.

FUENTES, André. **Impávido Colosso.** Disponível em:
<<http://veja.abril.com.br/blog/impavido-colosso/brasil-piora-em-ranking-e-passa-a-ser-o-6-com-a-energia-mais-cara-do-mundo/>> Acesso em 29 mai. 2016.

INSTITUTO NEWTON C. BRAGA. **Efeito Hall.** Disponível em:
<<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/6640-como-funcionam-os-sensores-de-efeito-hall-art1050>>. Acesso em: 01 nov. 2015.

LIMA, William. **Display LCD Nokia 5110** – Aprenda como utilizá-lo com seu Arduino. 2015. Disponível em: <<http://blog.vidadesilicio.com.br/arduino/display-lcd-nokia-5110/>>. Acesso em: 02 mar. 2016.

LOUREIRO, Paulo G. **Custo marginal do déficit de energia elétrica:** histórico, avaliação e proposta de uma nova metodologia. 2009. 7f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Estratégico, Departamento de Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Cap. 1.

MARTELLO, Alexandre. **Energia elétrica deve subir 43,4% em 2015**, estima Banco Central. 2015. Disponível em:
<<http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/06/energia-eletrica-deve-subir-434-em-2015-estima-banco-central.html>>. Acesso em: 03 out. 2015.

PAULINO, Elizeu. **Aplicações com o LM3940.** Eletrônica Epaulino. 2011. Disponível em: <<http://eletronicaepaulino.blogspot.com.br/2011/10/aplicacoes-com-o-lm3940.html>>. Acesso em: 25 mai. 2016.

PINTO, Tales Dos Santos. **"O apagão energético de 2001"**. Brasil Escola. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/historiab/apagao.htm>>. Acesso em: 07 out. 2015.

PORTAL AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/17-05_materia1_3.pdf>. Acesso em: 09 out. 2015.

PROCEL EDIFICA - ELETROBRAS. **Eficiência Energética nas Edificações**. Disponível em: <<http://www.eletobras.com/elb/main.asp?ViewID={f9a71e97-d6d-a-4eb4-84df-1097e8ec081d}>> Acesso 28 out. 2015.

PROENÇA Jr, M. L. WIRELESS, 2002. **Especialização em Redes**. Disponível em: <<http://proenca.uel.br/curso-redes-especializacao/>>. Acesso em: 01 mai 2016.

TANDY. LM3940 3.3 **Voltage Regulator**. Disponível em: <<http://www.tandyonline.co.uk/lm3940-3-3v-voltage-regulator.html>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

TANEMBAUM, A. S. **Redes de Computadores**. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1997.

TELECO. Banda Larga. **Wifi no Brasil** – Anatel. 2016. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/wifi.asp>>. Acesso em: 29 abr. 2016.

THOMSEN, Adilson. **Tutorial Módulo Wireless ESP8266 com Arduino**. 2015. Disponível em: <<http://blog.filipeflop.com/wireless/esp8266-arduino-tutorial.html>>. Acesso em: 13 fev. 2016.

ZARELLI, Guilherme. **Help Dev. Sensor de Corrente ACS712 em AD e AC**. 2014. Disponível em: <<http://helpdev.com.br/2014/01/01/arduino-sensor-de-corrente-acs712-em-ac-e-dc-monitoring-current-with-arduino-and-acs712/>>. Acesso em: 09 out. 2015.

APÊNDICE A – ANÁLISE DE MERCADO

Para a viabilidade deste trabalho, primeiramente, efetuou-se uma pesquisa de mercado com o objetivo de levantar os produtos já existentes referentes à tomada para medição do consumo elétrico, com seus respectivos preços e características técnicas. Deste modo, a pesquisa foi realizada em sites de comercialização de produtos nacionais e internacionais e apresentou os resultados vistos no quadro 3:

Produto	Nome	Características Técnicas	Fabricante	Preço	Fonte	Problemas encontrados
Tomada Portátil	Wattímetro	Exibe: o consumo instantâneo (em Watts), o consumo de energia (em kWh), a tensão (em V), o tempo ligado (em horas), o valor em reais e o valor do kWh configurável.	Importado	R\$ 139,90	Mercado Livre: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-683439304-wattimetro-mididor-de-consumo-bivolt-3000w-pronta-entrega-_JM	- Manual em Inglês; - Não envia informações.
Fixo no Quadro de Distribuição	Medidor Digital De Consumo Monofásico	Instalado no interior das residências, em caixa de disjuntores ou numa caixa para o medidor que é exterior impermeabilizada (ou no Quadro de Distribuição).	Nacional	R\$ 159,96	Mercado Livre: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-686264200-medidor-digital-de-consumo-monofasico-compacto-127220v-60hz-_JM	- Consumo geral e não por equipamento; - Não envia informações.
Tomada Portátil	Wattímetro Medidor Consumo Residencial Bivolt	Exibe: Energia elétrica consumida no período em Kwh; Potência ativa em Watt e potência reativa em Va; Tensão instantânea em Volt; Corrente elétrica instantânea (Ampere) e Frequência (Hz); Custo da energia consumida no período em reais (R\$).	Importado	R\$ 159,99	Mercado Livre: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-688290167-wattimetro-mididor-consumo-residencial-bivolt-tomada-_JM	- Não envia informações.
Tomada Portátil	Monitor de Consumo Energético EFERGY Socket	Exibe: Potência de pico do aparelho ligado; Potência instantânea e corrente absorvida; Energia acumulada desde que o aparelho foi conectado; Rede de tensão e frequência;	Importado	R\$ 103,30	Monsolar: http://www.monsolar.com/monitor-consumo-energetico-efergy-socket-para-enchufe.html	- Não exibe o consumo em R\$; - Não envia informações.
Tomada Portátil	Medidor De Energia / Consumo - Wattímetro	Medições em Watts / kWh / Volts / Hz; Medições de Tempo Custo e Consumo (kWh/h);	Importado	R\$ 165,00	Mercado Livre: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-679436667-medidor-de-energia-consumo-wattimetro-110w-_JM	- Não envia informações.
Tomada Portátil	Medidor de Consumo Tomada Ecoplug	Exibe: Tensão elétrica e Corrente elétrica; Potência absorvida e frequência da rede; Valores de sobrecarga da rede. Permite ajustar a tarifa elétrica e verificar os custos reais.	Importado	R\$ 100,80	Insania: http://www.insania.com/produto/Utilidades_Casa,categoria,Medidor_de_Consumo_Tomada_Ecoplug,nome,068-439:04064,fid	- Não envia informações.
Tomada Portátil	Saipwell GM86	Monitoramento do valor atual da potência ativa; Monitoramento da Corrente / Tensão/ Frequência; Grava o tempo total/consumo de energia elétrica. <i>Plug</i> padrão: EUA, Reino Unido, Europa padrão.	Importado	R\$ 81,00	Aliexpress: http://pt.aliexpress.com/item/Intelligent-Power-Meter-Big-LCD-Monitor-Measure-Consumption-AC-Active-CO2-Emissions-Used-in-Home-Rental/32270421593.html	- Não envia informações; - <i>Plug</i> fora do padrão brasileiro.

Quadro 4 - Pesquisa de Mercado
Fonte: Autoria Própria