

Aplicação de *Internet of Things* no desenvolvimento de um sistema de monitoramento e gerenciamento de energia elétrica

Caio Henrique Oliveira Cunha¹, Lêda Sandriny Correia Batista²

Resumo

A demanda por energia elétrica em todo o mundo aumentou e muito tem sido dito sobre a importância do uso da eletricidade de forma consciente. Devido à importância de economizar energia e gerar práticas conscientes, um protótipo de sistema é proposto, capaz de receber informações de energia de equipamentos elétricos monitorados, realizar cálculos para encontrar a energia consumida e repassá-la ao usuário, que pode monitorar seu consumo através de um aplicativo, avaliando se há algo anormal ou não. Além disso, o usuário tem a possibilidade de gerenciar o equipamento elétrico. Toda a implementação deste protótipo é baseada nas tecnologias da Internet das coisas, porque esta é uma concepção do que é possível desenvolver, sempre que possível, com qualquer equipamento elétrico conectado a uma rede.

Palavras-chave: Monitoramento, gerenciamento, internet of things, energia elétrica.

Abstract

The demand for electric energy worldwide has increased and much has been said about the importance of using electricity in a conscious way. Due to the importance of saving energy and generating conscious practices, a prototype of a system is proposed, capable of receiving power information from monitored electrical equipment, performing calculations to find the consumed energy and passing it on to the User, who can monitor its consumption through an application, evaluating whether there is something anomalous or not. In addition, the user has a possibility to manage the electrical equipment. The entire implementation of this prototype is based on the Internet technologies of things, because this is a conception of what it is possible to develop, where possible, to do with any electrical equipment connected to a network.

Keywords: Monitoring, management, internet of things, electricity.

¹Faculdade de Ciência e Tecnologia Montes Claros, Praça da Tecnologia, 77 - Alto São João , Email: caiocomputacao2014@gmail.com.

²Faculdade de Ciência e Tecnologia Montes Claros, Praça da Tecnologia, 77 - Alto São João , Email: ledasandriny@yahoo.com.br.

1 Introdução

A energia elétrica tem conquistado uma grande importância em nossa sociedade, pois está presente em muitas atividades dos seres humanos, seja nos equipamentos elétricos residenciais ou industriais, além de proporcionar o suprimento energético necessário ao crescimento econômico dos países. Conforme novas tecnologias vão surgindo e a população que utiliza dessas novas tecnologias aumenta, é notório perceber que o consumo energético aumenta significativamente. (MARCATO, 2010)

Um dos pontos, de maior importância, para estabelecer um desenvolvimento sustentável, é a utilização de energia com responsabilidade, sem desperdícios, promovendo o uso racional de energia. A economia de energia adquirida mediante seu uso racional e por meio de ações de conservação de energia contribui para a redução do consumo energético, e consequentemente, gera desenvolvimento econômico e a conservação ambiental. Em qualquer conjuntura, a utilização racional de energia elétrica é uma tarefa buscada diariamente. (GRIMONI et al., 2004)

A tecnologia pode ser uma forte aliada para auxiliar nessa redução do consumo energético. Por meio de novas tecnologias, como por exemplo, a internet of things (IOT) é possível desenvolver um sistema capaz de receber informações, processá-las, definir parâmetros de monitoramentos e efetuar gerenciamentos. De maneira geral o termo IOT, refere-se então à interconexão em rede de objetos. As tecnologias IOT ao aumentar a presença da internet nos objetos para a interação dos mesmos leva a sistemas distribuídos. Essas tecnologias estão proporcionando oportunidades para um grande número de aplicações inovadoras que oferecem uma melhor qualidade de vida para a sociedade. Por isso, IOT está em constante evolução e tem ganhado a atenção de pesquisadores e profissionais de todo o mundo. (XIA et al., 2012)

O conceito IOT surgiu com o avanço tecnológico de várias áreas, como microeletrônica, sistemas embarcados, comunicação e sensoriamento. A partir da conexão de diferentes tecnologias, os objetos passam a ter capacidade de comunicação e de processamentos aliados a sensores, assim transforma-se a utilidade desses objetos. Neste novo cenário, não só os computadores convencionais estão conectados à grande rede, como também uma grande quantidade de equipamentos tais como TVs, automóveis, motores, reatores, consoles de jogos, ar-condicionado, entre diversos outros. (SANTOS et al., 2016)

Sendo assim, é proposto desenvolver um protótipo de um sistema, no qual qualquer equipamento elétrico será conectado à Internet e monitorado instantaneamente. Por meio da tecnologia IOT, é possível desenvolver um sistema capaz de receber informações, no caso, medições de tensões e correntes, processá-las, definir o consumo energético de qualquer equipamento elétrico, além da possibilidade de efetuar gerenciamentos.

2 Materiais e Métodos

2.1 Energia e Potência Elétrica

Potência e energia elétrica são importantes grandezas para análise de circuitos elétricos. Embora valores de corrente e tensão sejam úteis na análise e no projeto de sistemas energéticos, na maioria das vezes, o resultado útil é expresso em termos de potência e energia. Além disso, a maioria dos dispositivos práticos possuem uma limitação para a quantidade de potência que podem trabalhar, por isso no processo de projeto os cálculos de tensão e corrente não são suficientes. (NILSON; RIEDEL, 2008)

A potência é uma grandeza que mensura a quantidade de trabalho que pode ser realizado em um determinado intervalo de tempo. Assim, basicamente, potência elétrica mede a velocidade em que a energia elétrica pode ser transformada em outra forma de energia. Por

meio dos valores de corrente e tensão é possível determinar a potência consumida por um sistema ou dispositivo elétrico. (BOYLESTAD, 2004) A equação 1 representa o cálculo da potência.

$$P = V \cdot I [W] \quad (1)$$

Um sistema elétrico consome ou fornece energia, essa energia é determinada pela potência utilizada na conversão de energia e pelo tempo gasto nessa conversão, conforme a equação 2. (BOYLESTAD, 2004) Portanto, a energia elétrica consumida pelos sistemas é calculada conforme a equação 2.

$$E = P \cdot t [W \cdot s] \quad (2)$$

Assim, para determinar a potência consumida e consumo energético dos equipamentos elétricos, as equações 1 e 2 foram utilizadas.

2.2 Arquitetura do sistema

A arquitetura do protótipo desenvolvido é ilustrado em um cenário (ambiente). Conforme apresentado na Figura 1.

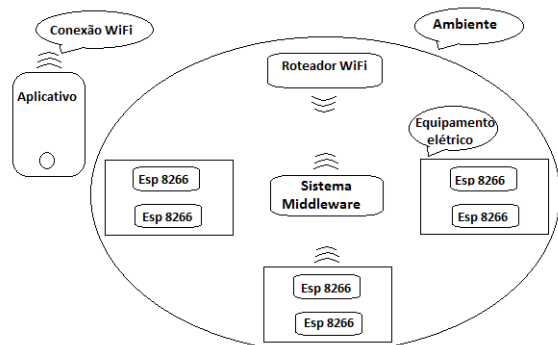


Figura 1: Arquitetura do Sistema

Os dois microcontroladores ESP8266 NodeMCU integrados com os sensores têm como funcionalidade realizar a leitura da corrente (A) e da tensão (V), respectivamente, de cada equipamento elétrico. Essas leituras são realizadas em intervalos de 500 ms, simultaneamente, e transmitidas para o sistema middleware (via wireless padrão IEEE 802.11). A medida que os dados chegam no sistema middleware, esse realiza alguns tratamentos, como: Identificação das medições dos respectivos sensores, cálculo da potência elétrica e

armazenamento da potência no campo do banco de dados referente a cada equipamento elétrico. Além das leituras dos sensores, um dos microcontroladores de cada equipamento elétrico possui um componente eletrônico de acionamento integrado, para a realização de seu gerenciamento.

Após os tratamentos, o aplicativo estabelece uma conexão com o sistema middleware, onde o usuário tem a possibilidade de realizar pesquisas de consumo e efetuar gerenciamentos dos equipamentos elétricos, como por exemplo, ligá-lo ou desligá-lo.

2.3 Sistema middleware

Para intermediar a comunicação entre o aplicativo e os dados gerados pelos equipamentos elétricos monitorados, foi implementado um sistema middleware, tipo de aplicação que faz intermédio entre outras aplicações ou sistemas operacionais, possibilitando um acesso transparente às informações (TANENBAUM; STEEN, 2007). Essa implementação é hospedada em um minicomputador *Raspberry Py*. A escolha dessa plataforma se deve a seu baixo consumo de energia e tamanho reduzido (RASPBERRY, 2016). Caso necessário, esse dispositivo pode ser alimentado por pequenas baterias e alocado em pouco espaço, possibilitando desta forma uma economia de recursos.

Por outro lado, ressalta-se que o sistema middleware desenvolvido pode ser, facilmente, transferido para outros computadores (*Notebooks, Desktops, OrangePy*).

O sistema middleware é encarregado de tratar, armazenar e disponibilizar para visualização, de forma rápida e segura, os dados das leituras dos sensores. Esse sistema é constituído por um banco de dados, uma aplicação para a recolhimento dos dados a partir das leituras dos sensores, um servidor web e uma aplicação para a disponibilização das informações ao aplicativo.

Para a realização do tratamento dos dados gerados, primeiramente, o sistema recebe as leituras dos sensores. Para isso, é desenvolvido uma aplicação em Python, linguagem de programação interpretada de fácil aprendizado, que viabiliza o estabelecimento de um socket, uma interface de software que permite o envio e recebimento de mensagens pela rede. O socket é estabelecido entre a aplicação cliente, presente nos microcontroladores, e servidor, disponibilizado pelo middleware, para o recebimento das leituras e armazenamento dessas em um banco de dados. Além disso, a aplicação diferencia os diferentes sensores de corrente e tensão através de um protocolo criado em Python intercalado na aplicação (SARAIVA, 2017) (KUROSE; ROSS, 2013).

Para o armazenamento dos dados um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) é hospedado no sistema middleware. O banco de dados desenvolvido armazena-se as leituras, o horário das leituras e dados dos usuários do aplicativo.

Para que o aplicativo do usuário receba os dados armazenados no banco de dados do sistema middleware, foi desenvolvido uma aplicação com um web service, acessado via o protocolo HTTP (COSTA, 2008). Além disso, a aplicação tem como objetivo principal portar as informações em um formato compatível com os recursos disponíveis nos dispositivos móveis. Esse web service desenvolvido em PHP, linguagem de script de propósito geral destinada para o desenvolvimento de aplicações web (ALVES, 2017), permite que as leituras armazenadas no banco de dados, sejam acessadas através de requisições HTTP realizadas pelo cliente (aplicativo), por intermédio do servidor web Apache. Entre as funcionalidades providas pelo web service, está a realização de pesquisas por intervalo de dias, meses, horas, e outras possibilidades que poderão ser implementadas em trabalhos futuros.

2.4 Microcontroladores

Um Microcontrolador é um pequeno computador (SoC *System-on-a-Chip*) em um único circuito integrado, o qual contém um núcleo de processador, memória e periféricos programáveis de entrada e saída. Os microcontroladores têm um papel importante nas aplicações da IOT, pois possui as funções de efetuar leituras, tomar decisões, controlar os atuadores, entre outras. Suas aplicações voltadas para a indústria, começaram a se propagar nas diversas áreas de atividade humana. (OLIVEIRA, 2017)

Muitos microcontroladores são facilmente encontrados no mercado, no entanto funcionando de diferentes maneiras. Na coleta dos dados dos equipamentos elétricos são utilizados os microcontroladores, que permitem o envio das leituras dos sensores para o servidor middleware, utilizando como meio de comunicação rede wireless padrão IEEE 802.11, a qual é amplamente disponibilizada em domicílios, comércio e indústria (VARMA, 2015). Em outros

Uma das principais diferenças encontradas, no contexto de transmissão de dados, nos diversos tipos de microcontroladores é o padrão de transmissão de dados wireless. Por exemplo, os microcontroladores da linha ESP8266 trabalham com o padrão IEEE 802.11 (Wi-Fi), já os da linha Xbees utilizam o padrão IEEE 802.15.4 (ZigBee). Portanto, torna-se importante salientar as diferenças entre os padrões de transmissão de dados encontrados nos microcontroladores, uma vez que há diferentes cenários de aplicações. Esses cenários podem requerer: velocidade de transmissão maior, maior distância do AP (roteador), entre outros. Os autores Jin-Shyan Lee, Yu-Wei Su e Chung-Chou Shen fazem um comparativo entre padrões de transmissão (LEE; SU; SHEN, 2007) conforme mostrado na tabela 1.

Tabela 1: Exemplo de tabela.

Classificação	Wi-Fi	ZigBee
Padrão Utilizado	IEEE 802.11a/b/g	IEEE 802.15.4
Alcance	100 metros	De 10-100m
Taxa de sinal	54 Mb/s	250Kbs

Com os dados da tabela 1, é possível perceber que os microcontroladores que utilizam o padrão IEEE 802.11 apresentam uma velocidade de transmissão de dados maior e alcance nominal, normalmente, mais vasto (em torno de 100 metros), que o IEEE 802.15.4.

O microcontrolador escolhido para a aplicação é o ESP8266 NodeMCU, visto que este dispositivo atende aos requisitos para o desenvolvimento da aplicação, como: poder de processamento suficiente, conexão com wireless padrão IEEE 802.11, baixo consumo de energia, I/O's digitais, I/O analógico, possibilidade em programar em C (mesma linguagem da plataforma Arduino) e tamanho e custo reduzido. (OLIVEIRA, 2017)

Para que os microcontroladores realizem as medições das grandezas físicas, corrente e tensão, um código em linguagem C utilizando as API's do Arduino efetua as leituras dos sensores. Com as leituras sendo realizadas, uma função socket é adicionada ao código para realização da transmissão das leituras para o sistema middleware. Outra função socket é adicionada para aguardar requisições do aplicativo, no qual o aplicativo envia um caractere representando a ação de gerenciamento a ser efetuada, sendo possível executar a função de acionamento solicitada.

Como a corrente e a tensão são grandezas analógicas, torna-se necessário utilizar dois microcontroladores para cada equipamento monitorado, visto que o modelo escolhido contém apenas uma porta de I/O analógico.

Assim, foram desenvolvidos dois códigos em linguagem C distintos, uma para a leitura da corrente e outra para a leitura da tensão. As funções de estabelecimento de sockets são compartilhadas entre os dois códigos e as funções de acionamentos são únicas para cada equipamento elétrico.

Para realização do gerenciamento dos equipamentos elétricos foi desenvolvido um hardware e algumas funções de acionamento. Dependendo do equipamento elétrico é necessário algum componente de acionamento elétrico (relê, LED infravermelho, etc). No protótipo desenvolvido, um ar-condicionado é gerenciado. Para isso, o hardware desenvolvido é composto pela conexão de um dos microcontroladores do equipamento monitorado a um LED infravermelho, tecnologia difundida no mercado e encontrado em aplicações de sistemas de segurança, controle remoto, sistema de controles industriais, etc. (MALVINO, 2016) Para a criação das funções de acionamento, o controle remoto do equipamento (no caso, ar-condicionado) foi decodificado e através de funções da biblioteca *IrRemoteEsp8266* foi possível emitir os hexadecimais do controle. O gerenciamento é realizado da seguinte forma: quando o microcontrolador receber um carácter representado uma ação, via socket, o mesmo emitirá (via Infravermelho) o hexadecimal referente a ação de gerenciamento definida no aplicativo.

2.5 Sensores de Corrente e Tensão

Os sensores utilizados para a obtenção das grandezas físicas, corrente e tensão, foram escolhidos a partir de alguns critérios, como: precisão, custo e integração com os equipamentos elétricos. Os sensores de corrente da linha SCT013 apresentaram boa precisão, fácil integração ao equipamento elétrico e custo médio (em torno de R\$ 30,00). Os sensores de tensão da linha AC-GBK robotics apresentaram boa precisão, razoável integração (necessário abrir o circuito do equipamento), e custo baixo (em

torno de R\$ 10,00). Após a obtenção desses sensores, alguns testes foram realizados, e as leituras dos sensores de corrente e tensão medidos pelos sensores de uma Televisão foram próximas aos valores de um multímetro e voltímetro, respectivamente. A Tabela 2 demonstra alguns testes realizados.

Tabela 2: Comparação de Precisão

	Multímetro	Sensor SCT013	Voltímetro	Sensor AC-GBK
00:00:00:00	0.815 A	0.812 A	110 V	110 V
00:00:00:50	0.816 A	0.814 A	109 V	110 V
00:00:01:00	0.815 A	0.814 A	110 V	111 V
00:00:01:50	0.815 A	0.816 A	110 V	111 V

A tabela 2, demonstra os valores de corrente e tensão encontrados em um mesmo instante de tempo. Por exemplo, no instante '00:00:01:00' o valor encontrado no sensor de corrente (0.815 A) é próximo ao valor medido no multímetro (0.814 A). Portanto, os valores medidos em equipamentos profissionais encontram-se próximos aos valores medidos pelos sensores adquiridos.

2.6 Banco de Dados

O sistema de gerenciamento do banco de dados, instalado no sistema middleware, permite o armazenamento dos dados gerados pelos sensores, bem como o momento em que ocorrem, além da validação dos usuários ao acesso do aplicativo.

Para o desenvolvimento do banco de dados, o sistema de gerenciamento do banco de dados escolhido foi o MySQL. Percebe-se que a documentação disponível para a integração entre os recursos envolvidos é de fácil implementação e abrangente, além de permitir que os usuários busquem e atualizem esses dados quando necessário. (DATE, 2003)

O banco de dados desenvolvido no MYSQL contém duas tabelas, uma para armazenar a potência dos equipamentos elétricos, a data e o momento (HH:MM:SS) das leituras. A

outra, para armazenar dados dos usuários do aplicativo (ID, nome, e-mail e senha), para que haja segurança ao acesso dos dados do sistema middleware.

2.7 Aplicativo

Os aplicativos móveis têm-se tornado, gradualmente, o meio de interação principal para a realização de muitas tarefas. Nas aplicações da IOT, os aplicativos são utilizados, principalmente, para monitorar e controlar implementações dos sistemas (JAVED, 2016). Para que os usuários possam monitorar gastos energéticos e gerenciar os equipamentos elétricos foi desenvolvido um aplicativo, no qual esse foi desenvolvido em um ambiente de programação Android Studio, ambiente de desenvolvimento integrado desenvolvido pelo Google e projetado para o desenvolvimento de aplicativos *Android*. A escolha deste ambiente se deve ao fato desta plataforma oferecer várias ferramentas importantes para o aplicativo, como um sistema de compilação flexível baseado no *Gradle*, emulador rápido com inúmeros recursos, um ambiente unificado para desenvolver todos os dispositivos Android (ANDROID STUDIO, 2018), além de que, há muito material disponível para pesquisa.

Inicialmente, uma classe é criada para o estabelecimento da conexão do aplicativo com o web service do sistema middleware. Com essa classe, através de requisições HTTP, o web service fornece os dados de potência dos equipamentos em formato compatível quando o usuário solicitar pelo aplicativo. Outras classes foram desenvolvidas, no qual são vinculadas as interfaces desenvolvidas do aplicativo: cadastro do usuário para login, realização do login, interfaces de monitoramento, interfaces de gerenciamento e gráficos. Com as interfaces preenchidas pelos usuários do aplicativo, suas respectivas classes realizam requisições HTTP com os dados inseridos pelo usuário e, através do método POST, recebem o resultado da pesquisa solicitada.

3 Resultados e Discussões

Por intermédio das tecnologias da IOT, tornou-se possível desenvolver um aplicativo, no qual os usuários do sistema têm a possibilidade de monitorar o consumo dos equipamentos elétricos, visualizar gastos energéticos e efetuar gerenciamentos dos mesmos. Para o desenvolvimento e testes desse sistema escolheu-se televisão, ar-condicionado e lâmpada.

3.1 Monitoramento

A proposta do monitoramento dos equipamentos elétricos consiste na possibilidade do usuário visualizar o consumo energético e, de acordo com a concessionária de energia da região, determinar os valores (R\$) cobrados por equipamento elétrico.

Para realização do monitoramento, primeiramente são feitas as leituras (medições) dos sensores e, então, o cálculo da potência, por meio da equação 1. O sistema preenche o banco de dados com as potências calculadas e com o horário em que ocorrem as medições, conforme mostrado na Figura 2.

2018-01-11	55801.000025	88.2	632.28	30.45
2018-01-11	55801.500215	88.1	632.79	30.78
2018-01-11	55802.000102	88.4	633.02	30.41
2018-01-11	55802.500037	88.79	633.21	30.49
2018-01-11	55803.000201	88.52	633.58	31.01
2018-01-11	55803.500009	88.57	633.87	30.89
2018-01-11	55804.000079	88.51	633.19	30.19
2018-01-11	55804.500211	88.14	633.09	30.55

Figura 2: Banco de dados

Os campos desse banco de dados são, respectivamente: data da leitura (formato americano), horário da leitura (as horas são transformadas em milissegundos), potência do equipamento televisão, potência do equipamento ar-condicionado e potência de uma lâmpada.

A partir dos dados das medições das potências, referentes ao ar-condicionado da

marca *Gree*, pode-se notar que a potência encontrada pelo protótipo (~633 W) é próximo ao valor da potência descrito no manual do aparelho (~639 W). (GARDEN GREE, 2016)

Com as potências medidas armazenadas no banco de dados, torna-se possível para o sistema consultá-las e, assim, determinar com eficácia o consumo elétrico dos aparelhos. A consulta será baseada no intervalo de tempo desejado pelo usuário, para que assim o sistema possa somar as potências nesse intervalo. Como as potências são salvas em intervalos de 500 ms, por meio da equação 3 o valor da energia consumida é calculado. Com o somatório da potência multiplicado pelo equivalente a meio segundo (intervalo salvo no banco de dados) de uma hora e dividido por 1000 (equivalente a kilo) é possível determinar a energia consumida em kilowatt-hora naquele intervalo.

$$E = \frac{P*0.5}{1000[k]*3600} \quad (3)$$

Com o cálculo do consumo energético, é possível determinar o valor em reais (R\$), o gasto dos aparelhos, de acordo com os métodos de cobrança encontrados no site da concessionária de energia da região (CEMIG). Tais métodos são transformados em funções no código do aplicativo para a geração do resultado. Esses métodos de cobranças encontrados foram: bandeira tarifária, taxa de iluminação pública e impostos.

Portanto, para o usuário visualizar os gastos energéticos no aplicativo, primeiramente, deve solicitar o cadastramento de acesso, por meio do e-mail, esse será validado e liberado para execução do *login*. Após a realização do *login*, uma interface é aberta, conforme ilustrada na Figura 3, para o usuário definir entre as opções do sistema.

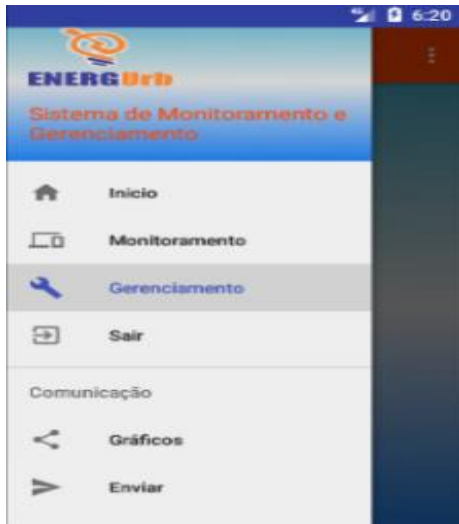


Figura 3: Interface principal aplicativo

Caso o usuário selecione a opção de monitoramento, outra interface é aberta, na qual o usuário define o método de pesquisa, seja por data, intervalo de datas ou intervalo de horas. Se, por exemplo, a pesquisa for por data, a interface subsequente é aberta, conforme mostrada na Figura 4.

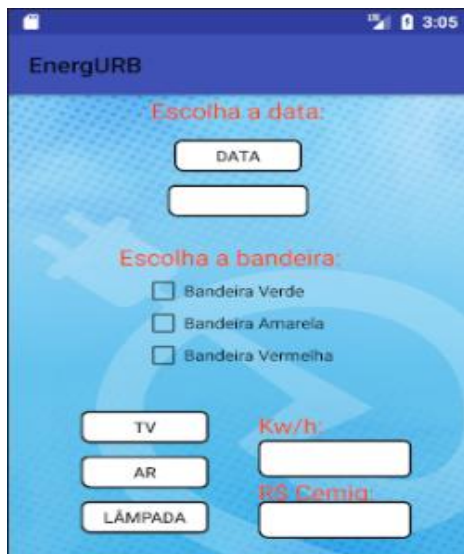


Figura 4: Interface de monitoramento por data do aplicativo.

Nessa interface, o usuário define a data da pesquisa, a bandeira tarifária e o equipamento elétrico desejado. Com esses dados o sistema gera a energia consumida em kilowatt-hora e o valor gasto em reais (R\$).

Dessa forma, os microcontroladores da IOT, ao possibilitarem a comunicação e o sensoriamento dos aparelhos elétricos,

permitiram o desenvolvimento desse monitoramento. A proposta principal do sistema é propiciar que, a partir de um momento, caso o equipamento monitorado apresente valores anormais de consumo energético, o usuário possa tomar certas medidas, como, por exemplo, solicitar a manutenção do equipamento.

3.2 Gerenciamento

Para a realização do gerenciamento, o usuário, primeiramente, escolhe a opção de gerenciamento na interface ilustrada na Figura 2. Assim, a interface de gerenciamento é aberta e o usuário define o aparelho a ser gerenciado, após a escolha, a interface ilustrada na Figura 5 é aberta.



Figura 5: Interface de gerenciamento do aplicativo.

Nessa interface, primeiramente, o usuário verifica o status (estado) do equipamento escolhido. Quando o usuário solicitar a verificação do status de determinado aparelho, o sistema obtém a potência consumida pelo mesmo, a partir da data e a hora atual, e por meio de um limiar é possível determinar seu estado. Portanto, dependendo de seu estado, por meio dos botões, o usuário pode efetuar gerenciamento, como por exemplo, desligar ou ligar um ar-condicionado.

Para a realização das ações, como ligar e desligar, dependerá do modo de acionamento de cada equipamento elétrico. No desenvolvimento do protótipo, o ar-condicionado foi gerenciado, para isso o controle foi decodificado e um LED infravermelho foi integrado ao microcontrolador responsável pela leitura da corrente.

Sendo assim, a proposta de gerenciamento dos equipamentos elétricos é que, se a partir de um momento, é certificado que algum equipamento elétrico esteja em funcionamento, sem que ninguém esteja utilizando, qualquer pessoa, com acesso ao aplicativo, poderá desligá-lo remotamente, reduzindo gastos desnecessários.

3.3 Tecnologias para monitoramento de energia elétrica.

Em alguns trabalhos relacionados, em especial, o trabalho de conclusão de curso intitulado como: Sistema para monitoramento de consumo de energia elétrica particular, em tempo real e não invasivo utilizando a tecnologia Arduino (BRITO, 2016) é possível realizar um comparativo entre tecnologias utilizadas com o trabalho desenvolvido neste artigo. No trabalho citado, o autor utilizou a plataforma Arduino para a coleta das informações dos aparelhos. Essas informações precisam ser transmitidas para uma central e como no Arduino não há um módulo para a conexão com uma rede, o autor utiliza-se uma Shield Ethernet integrado ao Arduino para realizar essa conexão. Portanto, o custo em média para implementação do hardware básico (leitura de sensores) está em torno de R\$ 110,00. Comparando-se com o sistema desenvolvido nesse artigo o custo do hardware básico está em torno de R\$ 60,00. Além disso, o microcontrolador ESP8266 NodeMCU, utilizado nesse trabalho, apresenta um poder de processamento maior

do que o Arduino, bem como a quantidade de memória.

Em outro trabalho relacionado, intitulado como: *Cloudpowersave* – Sistema de monitoramento remoto de energia elétrica baseado nas tecnologias cloud e mobile (CARVALHO, 2013) o autor utiliza um medidor da marca Powersave, capaz de medir e armazenar diversas informações de aparelhos eletrônicos que estejam conectados a ele. Esse medidor custa em torno de R\$ 150,00 e apesar de uma boa eficiência seu encapsulamento restringe a alteração desse medidor, fazendo com que ele funcione apenas da forma que foi projetado, impossibilitando alterações. Comparando-se com o sistema desenvolvido nesse artigo, o hardware básico é cerca de 50% mais barato, além de que o mesmo pode ser alterado para novas funcionalidades.

Conclusão

O desenvolvimento da pesquisa apresentou bons resultados, pois foi possível, através de tecnologias da IOT, monitorar e gerenciar o consumo energético de alguns equipamentos elétricos. Para os equipamentos testados, o sistema desenvolvido apresentou valores de consumo próximos aos valores de equipamentos precisos de medição de consumo.

Para cada equipamento elétrico foi desenvolvido circuitos de prototipagem com microcontroladores, capazes de realizar medições de corrente e tensão, realização de acionamentos e transmissão de dados. Com os recursos oferecidos pelo microcontrolador escolhido, foi possível enviar as medições dos sensores, via rede Wi-Fi, para o banco de dados do sistema middleware. Com o banco de dados sendo preenchido, o usuário, através de pesquisas no aplicativo tem a possibilidade de visualizar os gastos energéticos. Além disso, por meio de uma pesquisa instantânea realizada no banco de

dados, com o aplicativo, é possível verificar o estado dos equipamentos elétricos e realizar desligamentos e acionamentos dos mesmos.

Dessa maneira, o resultado final deste projeto cumpre com o objetivo da pesquisa, e estará apto para implementações futuras, como redução de um microcontrolador por equipamento elétrico e aumento de precisão no valor da potência consumida.

4 Agradecimentos

Agradecemos aos professores da Faculdade de Ciência e Tecnologia de Montes Claros, pelos conhecimentos e competências que facilitaram a pesquisa e pelo suporte no laboratório. A FAPEMIG pela bolsa de estudos aos autores.

Referências

ALVES, W. P. Construindo uma aplicação web completa com PHP e MYSQL. 158 p. chapter 9. ISBN 978-85-7522-536-3. 2017.

Android Studio. Meet Android Studio. Disponível em: <<https://developer.android.com/studio/intro/index.html>>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2018.

BOYLESTAD, R.L. Introdução à análise de circuitos. 10 ed. 77 p. chapter 3. ISBN 85-87918-18-4. 2004.

BRITO, J, L. G. Sistema para monitoramento de consumo de energia elétrica particular, em tempo real e não invasivo utilizando a tecnologia Arduino. Trabalho de conclusão de curso – UEL. Londrina, 2016.

CARVALHO, R, P. Cloudpowersave - Sistema de monitoramento remoto de energia elétrica baseado nas tecnologias cloud e mobile. Trabalho de conclusão de curso – UFRJ. Rio de Janeiro, 2013.

COSTA, D. G. Java em rede: recursos avançados em programação. 115 p. chapter 4. ISBN 978-85-7452-369-9. 2008.

DATE, C. J. Introdução a sistemas de gerenciamento de banco de dados. 8 ed. 37 p. chapter 1. ISBN 85-352-1273-6. 2003.

GARDEN GREE. Ficha Técnica do ar-condicionado. Disponível em: http://www.gree.com.br/gree_sistema/images_site/area_tecnica/2016/11/abc902a6321fcc4108295601ae8357aa.pdf. Acesso em: 12 de Janeiro de 2018.

GRIMONI, J. et al. Iniciação a conceitos de sistemas energéticos para desenvolvimento limpo. vol 58, pp. 250-255. 2004.

JAVED, A. Criando projetos com arduino para internet das coisas. 41 p. chapter 8. ISSB 978-85-7522-544-8. 2016

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. Redes de computadores e à internet: uma abordagem Top-Down. 6 ed. 65 p. chapter 2. ISBN 978-85-8143-677-7. 2013

LEE, J. S.; SU, Y. W.; SHEN, C. C. A comparative study of wireless protocols: Bluetooth, Uwb, ZigBee, and Wi-Fi. Disponível em: http://eee.guc.edu.eg/Announcements/Comparative_Wireless_Standards.pdf. Acesso em: 22 de Novembro de 2017.

MALVINO, A.; Bates, D. Eletrônica. Vol 1, 8 ed. 163 p. 2016

MARCATO, A. M. Os apagões e o futuro da eletricidade no Brasil. *Engenho Editora Técnica Ltda.* Disponível em: http://www.brasilengenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao597/Art_Eletrica.pdf. 2010.

NILSON, J. W.; RIEDEL, S. A. Circuitos elétricos. 8 ed. 9 p. chapter 1. ISBN 978-85-7605-159-6. 2008.

OLIVEIRA, S. Internet das Coisas com ESP8266, arduino e Raspberry Py. 17 p. chapter 1. ISBN 978-85-7522-581-3. 2017

Raspberry. Datasheet: Raspberry Pi Compute Module (CM1), Raspberry Pi Compute Module 3 (CM3), Raspberry Pi Compute

Module 3 Lite (CM3L). Copyright Raspberry PI Ltda, 2016

SANTOS B. P, SILVA. L. A. M, CELES. C. S. F. et al. Internet das Coisas: da Teoria à Prática. Capítulo 1. Minicurso SBRC. Disponível em: <http://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internetdascoisas.pdf>. Acesso em 20 de Janeiro de 2018.

SARAIVA, O. Introdução à orientação a objetos com C++ e Python: Uma abordagem prática. 1 ed. 28 p. chapter 1. ISBN 978-85-7522-548-6. 2017

TANENBAUM, A. S.; STEEN, M. V. Sistemas distribuídos: Princípios e paradigmas.. 2 ed. 2 p. chapter 1. ISBN 978-85-7605-142-8. 2007

VARMA, V. K. Wireless Fidelity – WIFI. Disponível em: <https://www.ieee.org/about/technologies/emerging/wifi.pdf>. Acesso em: 15 de Janeiro de 2018

XIA, F. C. et al. Internet of things. 10.1002/dac.2417. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/dac.2417>. Acesso em 22 de Janeiro de 2018.