

SADAM - Sistema de Aquisição de Dados e Monitoramento do Consumo de Energia Elétrica Residencial

Abstract. *The increase in the consumption of electric energy has brought to light the importance of solutions that contribute to the optimization of energy efficiency in the electric sector. In view of this problem, the objective of this study is present the methodology used to develop a system to monitor the energy consumption of electrical equipment, so that it is possible to read data that reveals the energy consumption of such equipment, as well as real-time exposure of your information through an android application. For that, an Arduino-based electronic system and a network interface were developed. The results showed that the proposal submitted can contribute to Home Energy Efficiency by allowing reports with precious details on the use of electric energy in homes.*

Resumo. *O aumento do consumo de energia elétrica vêm trazendo à tona a importância de soluções que contribuam para a otimização da eficiência energética no setor elétrico. Com vista nessa problemática, o presente trabalho tem por objetivo expor a metodologia utilizada para desenvolvimento de um sistema de monitoramento do consumo de energia de equipamentos elétricos, de forma que seja possível a leitura de dados que revelem o consumo de energia desses equipamentos, bem como a exposição em tempo real de suas informações por meio de uma aplicação android. Para isso desenvolveu-se um sistema eletrônico baseado em Arduino e uma interface de rede. Os resultados mostraram que a proposta apresentada pode contribuir com a Eficiência Energética Domiciliar por permitir relatórios com detalhes preciosos sobre o uso de energia elétrica em residências.*

1. Introdução

O setor elétrico brasileiro passa por uma série de alterações expressivas, devido o grande crescimento do consumo de energia elétrica. Fato este, que deverá proporcionar uma revolução neste setor, principalmente pelas novas exigências ambientais que buscam a sustentabilidade, além da qualidade dos serviços, segurança e flexibilidade, fatores agravados com o crescimento da demanda e do consumo das matrizes energéticas.

Segundo o Banco de Informações de Geração da ANEEL que apresenta a capacidade de geração de energia elétrica do país, a potência instalada no Brasil, até o quarto bimestre de 2017, chegaram aproximado a 156,5 mil megawatts de potência instalada, provenientes de 4.884 empreendimentos em operação, sendo estes: Hidrelétricas, Termelétricas, Eólicas, Termonucleares, Centrais Geradoras Undi-elétricas e Solar Fotovoltaica [Big 2017].

A estimativa é que, em 2028, o Brasil vai precisar quase dobrar a capacidade de suas fontes de geração de energia elétrica, aumentando para 230 mil megawatts de potência. Essa capacidade, que será distribuída pelas usinas brasileiras, foi projetada para atender à crescente demanda de energia elétrica [Itaipu Binacional 2013].

Pesquisas realizadas pelo EPE e IBGE, apontam que em menos de 20 anos, nosso consumo médio residencial subiu quase 50%, com o aumento do número de residências atendidas com energia elétrica [Dea 2014]. Essa expansão da demanda acarreta também no aumento dos índices de perda e desperdício de eletricidade. Segundo o Ministério do Meio

Ambiente, com a atual potência, as perdas chegam a 40 milhões de kW, ou a 2,8 bilhões de dólares por ano. Os consumidores indústrias, residências e comércio desperdiçam 22 milhões de kW, as concessionárias de energia, por sua vez, com perdas técnicas e problemas na distribuição, são responsáveis pelos 18 milhões de kW restantes [Cdeic 2015].

Dado o contexto, se faz necessário à prática de novas políticas que estimulem o combate ao desperdício e o uso racional de energia, por meio de instrumentos de regulação que possam proporcionar um eficiente consumo energético. As distribuidoras, por sua vez, devem buscar um novo padrão de desempenho, além da necessidade de incorporar, em um futuro próximo, novos mecanismos capazes de atender às exigências sobre economia de energia, que, integrados a tecnologia da informação, resultem em uma maior eficiência técnica, econômica, social e ambiental.

A partir dessa problemática, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um sistema de monitoramento que possibilite a leitura e interpretação dos dados do consumo de energia elétrica de equipamentos eletroeletrônicos, permitindo aos usuários controlar de forma eficiente o consumo a partir dos dados apresentados pelo sistema.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Eficiência energética

O tema “eficiência energética” vem sendo cada vez mais empregado no setor elétrico nos últimos anos, isto devido ao pouco aproveitamento das fontes de geração de energia elétrica em contraste com a expansão dos diversos tipos de consumidores (industriais, comerciais, residenciais). Segundo [Eficiency 2015], a eficiência energética consiste na relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

2.2 Smart Grids – Redes Elétricas Inteligentes (REI)

Smart Grids é um conceito bastante extenso, pois envolve o conjunto de problemas a serem superados com o aperfeiçoamento de todos os setores de energia elétrica, podendo ser o caminho mais adequado para a redução das falhas/perdas do atual sistema.

A [Agency 2014], define *Smart Grids* como uma rede de eletricidade que usa tecnologia digital para monitorar e gerenciar o transporte de energia elétrica a partir de todas as fontes de geração, a fim de atender a uma variedade de demandas e usuários. Defende ainda que, a implantação generalizada de redes inteligentes é crucial para alcançar um futuro energético mais seguro e sustentável, pois além de abordar problemas como o envelhecimento da infraestrutura existente e o aumento da demanda de pico, as redes inteligentes oferecem elementos importantes para a expansão do uso de uma série de tecnologias de baixa emissão de carbono, incluindo veículos elétricos e energias renováveis de variadas fontes (energia eólica, PV solar, das marés, e geração de ondas).

2.3 Data Logger

O *Data Logger* ou simplesmente coletor de dados, nada mais é do que um instrumento eletrônico que realiza o registro de medições de grandezas em intervalos pré-definidos ao longo de um período de tempo. Um coletor de dados funciona basicamente com sensores para converter os fenômenos físicos e estímulos em sinais elétricos, tais como tensão ou corrente.

Estes sinais elétricos são então convertidos ou digitalizados em dados binários. Os dados binários são analisados por um *software* e armazenados em um disco rígido do PC ou em outros meios de armazenamento, como cartões de memória, CDs entre outros meios [Instruments 2012].

2.4. Trabalhos Relacionados

No contexto das *Smarts Grids*, existem diversas pesquisas que auxiliam na evolução desse termo trazendo novas ferramentas com o avanço da tecnologia, que torne a realidade de Redes de Energia Inteligentes presentes no cotidiano de empresas e usuário final.

[Eggea 2014] desenvolveu em seu trabalho uma aplicação para dispositivos móveis para o gerenciamento de energia de redes elétricas inteligentes, com foco na geração de energia renovável (solar) e seu armazenamento. As informações obtidas pelo aplicativo são armazenadas em um servidor Web com banco de dados MySQL. Para a troca de informações entre ambos, o sistema utiliza uma arquitetura de cliente-servidor, sendo que o servidor web é responsável pelas requisições ao banco de dados de *Smart Grids*, pelo processamento e integralização das medições e pelo envio das informações ao dispositivo móvel quando solicitado.

Já [Cesário Júnior 2014] desenvolveu um sistema de medição de energia elétrica complementar ao sistema de medição convencional que utiliza como ferramenta principal para monitoramento um servidor da web chamado de “Servidor Xively”. Este sistema pode ser usado em instalações monofásicas, com tensão fase e neutro de 127 V e capacidade de medição de correntes de até 4A. O sistema conta com uma plataforma concentradora (*Data Logger*) que faz a coleta dos dados de tensão e corrente e exibe estes valores, em tempo real, em um display LCD instalado no mesmo. Os dados obtidos pelo protótipo são empacotados no formato JSON (*Javascript Object Notation*), e enviados através do protocolo HTTP para o servidor Xively para serem processados. A página criada no serviço Xively para a consulta dos dados.

3. Materiais e Métodos

O sistema proposto é composto basicamente por um conjunto que envolve um *hardware* (*Data Logger*), para medição da carga consumida por um eletrodoméstico, e um *software* (aplicativo para dispositivos móveis – Android), responsável pela recepção dos dados de monitoramento do consumo para exibição em forma de gráfico. Para isso, utiliza-se a comunicação sem fio entre *hardware* e *software* através do padrão de comunicação sem fio Bluetooth.

A partir da obtenção destes valores apresentados na Figura 1, pode-se estimar o consumo do eletroeletrônico auferido pelo *Data Logger*. Inicialmente, os dados processados são apresentados no display instalado no próprio *Data Logger*. Os valores da Potência atual e da Acumulada, assim como seus respectivos custos, são recebidos via *Bluetooth* pelo aplicativo do dispositivo móvel e exibidos através de um gráfico.

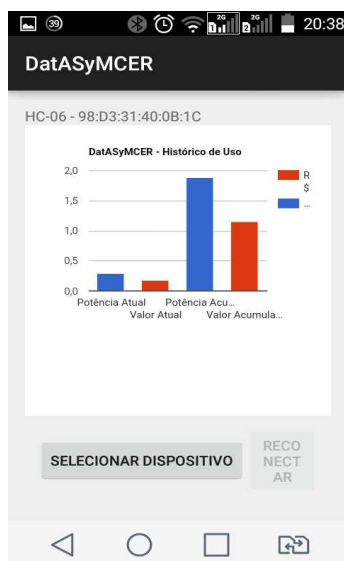


Figura 1. Exibição de consumo no aplicativo

4. Análise e Resultados

De forma metódica, para validação do trabalho, o SADAM foi submetido a etapas de testes. Nelas foram analisados os dados de consumo de três diferentes eletroeletrônicos, são eles: Refrigerador, Computador de mesa e Ventilador.

Os dados apresentados pelo protótipo em cada fase de teste, foram comparados, simultaneamente, ao consumo de corrente medido com um alicate amperímetro, conectado em uma das fases de alimentação do eletroeletrônico. Foi conectado ainda, um multímetro no modo voltímetro em paralelo com a carga para o monitoramento da tensão, comparando em relação ao valor coletado pelo sensor, tendo em vista que esta influenciará diretamente nos resultados do consumo apresentados pelo *Data Logger*. Além desta análise minuciosa, os dados observados foram confrontados com o consumo especificado pelos fabricantes de cada eletroeletrônico submetido aos testes, de acordo a Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da primeira etapa de testes

Eletrodoméstico	Dados Amperímetro / Multímetro			Dados <i>Data Logger</i>			Margem de erro
	Tensão	Corrente	Pot.	Tensão	Corrente	Pot.	
Refrigerador	216 V	0,68 A	147 W	214 V	0,74 A	158 W	7,8 %
Computador	216 V	0,34 A	73 W	214 V	0,40 A	86 W	16,5 %
Ventilador	216 V	0,19 A	41 W	214 V	0,25 A	54 W	30,0 %

A segunda etapa de teste foi procedida utilizando a mesma ordem e os mesmos métodos da etapa anterior. Com o monitoramento dos eletroeletrônicos utilizados nessa etapa de teste, foram obtidos os seguintes resultados conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Resultados da primeira etapa de testes

Eletrodoméstico	Dados Amperímetro / Multímetro			Dados Data Logger			Margem de erro
	Tensão	Corrente	Pot.	Tensão	Corrente	Pot.	
Refrigerador	215 V	0,68 A	146 W	214 V	0,68 A	145 W	0,46 %
Computador	215 V	0,33 A	71 W	214 V	0,33 A	70 W	0,46 %
Ventilador	215 V	0,19 A	41 W	214 V	0,19 A	40 W	0,46 %

Observando resultados da Tabela 3, é notória a validação da acurácia do sistema proposto, quando comparado ao percentual de erro relativo especificado para os sensores de tensão e corrente, que pode variar entre 0 e 2%.

Para validação das medições registradas no *Data Logger* e no aplicativo do dispositivo móvel, foram observados os dados armazenados em ambos durante um período de 2 horas de monitoramento para cada eletroeletrônico testado.

Tabela 3. Registros de consumo obtidos pelo Data Logger e pelo aplicativo

Eletrodoméstico	Dados Data Logger					Dados Aplicativo			
	Horas de uso	Pot. Atual	Custo Atual	Pot. Total	Custo Total	Pot. Atual	Custo Atual	Pot. Total	Custo Total
Refrigerador	2 horas	0,14 KW/h	0,10 R\$/h	0,19 KW/h	0,13 R\$	0,14 KW/h	0,10 R\$/h	0,19 KW/h	0,13 R\$
Computador	2 horas	0,07 KW/h	0,05 R\$/h	0,14 KW/h	0,10 R\$	0,07 KW/h	0,05 R\$/h	0,14 KW/h	0,10 R\$
Ventilador	2 horas	0,04 KW/h	0,03 R\$/h	0,09 KW/h	0,06 R\$	0,04 KW/h	0,03 R\$/h	0,09 KW/h	0,06 R\$

A utilização destas ferramentas mostrou-se uma alternativa muito útil eficaz em todas as etapas de monitoramento, permitindo que o usuário possa acompanhar os gastos com energia elétrica dos seus eletrodomésticos e assim, traçar as melhores metas para tornar seu consumo eficiente.

5. Conclusão

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de consumo de energia elétrica em eletroeletrônicos, capaz de apresentar ao usuário, a potência e os custos do consumo instantâneo e do acumulado. Essas grandezas são calculadas a partir das medições da tensão e corrente consumida pelos utensílios, e transmitidas via *Bluetooth* para um aplicativo, onde são ilustradas através de gráficos ou ainda, podendo ser consultadas, simultaneamente, em um *display* instalado no próprio instrumento de medição.

Desta forma, pôde-se constatar a viabilidade do uso do sistema de monitoramento atuando diretamente no controle para uma gestão energética eficiente, assim como em uma *Smart Grids*. Permitindo o acompanhamento do consumo de energia dos eletroeletrônicos,

propiciando que o mesmo possa intervir diretamente sobre o controle do consumo, seja alterando hábitos ou reduzindo o consumo das cargas mais afetantes.

Como proposta para trabalhos futuros, sugere-se o aprimoramento deste sistema no sentido de ampliar suas funcionalidades como, desenvolvimento de um sistema web, que amplie os serviços, além da sua utilização como medidor de consumo elétrico, terá a possibilidade de administrar diversos equipamentos em tempo real de qualquer local e mostrando sugestões de consumo eficiente com o uso de inteligência artificial. Neste sentido, deve-se investir também na utilização de outras tecnologias de comunicação como wireless, utilizando o nodeMCU para a comunicação entre o sistema e equipamento, e o armazenamento feito em banco de dados que poderá ser acessado a qualquer momento na internet.

Referências

- Agency, International Energy. About Smart Grids. <http://www.iea.org/topics/electricity/subtopics/smartgrid/>. Acesso em. 02 mar. 2018.
- Big. Banco de Informações de Geração: Capacidade de Geração do Brasil (2017). http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidade_brasil.cfm. Acesso em. 04 de abr. 2018.
- Cdeic. Comissão de desenvolvimento econômico, indústria e comércio - Parecer CDEIC (2015).
- Cesário Júnior, J. M. Um medidor de energia elétrica integrado em redes de comunicações. 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado) Curso de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2014.
- Dea. EPE: Estudos da eficiência energética Nota técnica DEA 10/14 Consumo de Energia no Brasil. Rio de Janeiro (2014).
- Eficienergy. Eficiência Energética: É a atividade melhorar o uso das fontes de energia. 2015. <http://eficienergy.com.br/eficienciaenergetica/>. Acesso em. 17 abr. 2018.
- Eggea, R. F. Gerenciamento de energia incluindo painel fotovoltaico e armazenamento de energia para redes elétricas inteligentes via aplicativo de celular. 2014. 105 f. Dissertação (Mestrado) Curso de Desenvolvimento de Tecnologia, Instituto de Tecnologia Para O Desenvolvimento, Curitiba, 2014.
- Energy, U. S. Department Of. Smart Grids. <http://energy.gov/oe/services/technologydevelopment/smartgrid>. Acesso em. 02 abr. 2018.
- Instruments, D. Model ELUSBACT Data Logger. 2015. <http://www.dataq.com/products/lascar/elusb/elusbactdatalogger.html>. Acesso em. 17 fev. 2018.
- Itaipu Binacional. Brasil precisa acrescentar a energia de "oito Itaipus" em 15 anos. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. <https://www.itaipu.gov.br/saladeimprensa/noticia/brasilprecisaacrescentarenergiadeoitoitaipusem15anos>. Acesso em 28 de abr. 2018.