

Alternativa para Aferir Medidor de Energia Elétrica

Raphael Corrêa Vicentino¹, Daniela Eloise Flôr¹

¹ Instituto Federal do Paraná - (IFPR) - Campus Paranavaí
Rua José Felipe Tequinha 1400 - Jardim das Nações - Cep: 87703-536 - Paranavaí PR

raphaelcv1@hotmail.com, daniela.flor@ifpr.edu.br

Abstract. *The objective of this work is to present the development of a prototype of low cost equipment to be used as a tool for the measurement of electrical energy meters. Using as a basis for such the arduino prototyping platform.*

Resumo. *O presente trabalho tem como objetivo a apresentação do desenvolvimento de um protótipo de equipamento de baixo custo para ser utilizado como ferramenta para aferição de medidores de energia elétrica. Utilizando como base para tal a plataforma de prototipagem arduino.*

1. Introdução

Atualmente os gastos, tanto domésticos quanto empresariais, vêm sendo um dos pontos muito discutidos na sociedade, e entre eles um dos que mais se destacam, e que andou sofrendo variações nos últimos anos é o gasto com a energia elétrica [Copel 2017], e sendo algo que atualmente se tornou um item de necessidade básica e que influencia no desenvolvimento, não tem como passar despercebido.

Há muito tempo, a energia elétrica se tornou um gasto que vem tomando boa parte do orçamento, conforme se pode verificar em O Globo [Almeida and Paula 2017], e a partir deste quadro, várias ideias foram desenvolvidas com o intuito de minimizar essa despesa, tanto no desenvolvimento de aparelhos e equipamentos, divididos em categorias de consumo (classificação de eficiência energética), projetados para um melhor aproveitamento de suas funções, consumindo menor quantidade de energia elétrica [Sindemon 2017]; como também programas sociais que beneficiam algumas classes da população e/ou classe de consumo, com descontos no valor da energia elétrica [Aneel 2016].

Outras formas, não lícitas, também acabam sendo desenvolvidas, as chamadas fraudes ou procedimentos irregulares (PI). Interferências são feitas nos sistemas de medição de consumo de energia, nos quais os medidores de consumo deixam de registrar corretamente a quantidade de energia elétrica que fora realmente utilizada, reduzindo assim os valores cobrados. Vários são os tipos de PI, dentre eles destacam-se: captação de energia antes do ponto de medição; manipulação do equipamento de medição; e desvio no equipamento de medição [Oliveira 2017a].

Para a identificação dessas fraudes são realizados vários tipos de procedimentos, mas o que apresenta o melhor resultado, é a inspeção em campo, no qual uma equipe de funcionários habilitados se desloca até a unidade consumidora para realizar inspeção e aferição dos equipamentos de medição ali instalados. Na inspeção é verificado se a instalação está em acordo com as normas disponibilizadas pela concessionária, como por

exemplo: padrão construtivo; capacidade de materiais utilizados e instalação correta dos mesmos [Oliveira 2017b].

Na aferição, são feitos testes com os equipamentos de medição para verificar se estão funcionando corretamente, tais como: confirmação de relação de transformação; aferição de corrente e tensão; e teste de verificação de elementos danificados [Oliveira 2017b]. Para a realização desta aferição são utilizados alguns aparelhos como: voltímetro; amperímetro; carga teste resistiva. A partir das informações geradas por estes são feitos cálculos para certificar o funcionamento dos equipamentos.

Mas para realizar tais aferições e ter um nível aceitável de precisão é necessário, muitas vezes, ter que desligar o medidor, pois devido à oscilação do consumo durante o processo, e o fato dos equipamentos utilizados medirem apenas os valores instantâneos e não o valor durante o período de teste, o resultado da aferição acaba sendo comprometido. E como nem sempre é possível efetuar esse desligamento, pois viria a atrapalhar o desenvolvimento da execução dos trabalhos dos consumidores, existem equipamentos computadorizados que realizam esses testes de uma só vez, conhecidos como “medidor de aferição em campo”, este captura todas as informações e oscilações durante o período de teste, conseguindo assim realizar uma aferição com maior precisão.

Porém, devido este tipo de equipamento possuir um custo elevado, não fica viável a aquisição de um equipamento para cada equipe em campo, fazendo com que apenas algumas equipes específicas possuam este para o uso.

E para tentar solucionar esse problema foram realizadas pesquisas com relação a produtos similares, que possuam as mesmas características e funcionalidades, mas nenhum outro tipo de protótipo ou projeto de código aberto foi encontrado, apenas equipamentos profissionais.

Alguns projetos encontrados, como o de [Paula 2013], propõe um medidor de demanda de energia elétrica residencial, com o propósito de auxiliar no combate ao desperdício no consumo de energia, utilizando de medições locais e também acesso remoto via web.

Já [Nepomuceno and Cozendey 2013], propõe um equipamento de monitoramento de consumo de energia elétrica, que apresente em um software supervisor os parâmetros de energia: tensão, corrente, frequência, potência ativa, reativa e fator de potência para um controle de consumo e uso eficiente da energia.

[Costa et al. 2016] apresentam uma visão mais voltada para o cliente final, desenvolvendo um sistema para medição de consumo de energia elétrica residencial, que apresenta os resultados em valores monetários, um aparelho de interface amigável e de baixo custo que fará medições em partes isoladas da residência através do quadro de energia da residência e apresentará em um aplicativo móvel.

O presente trabalho propõe o desenvolvimento de um “medidor de aferição em campo” de baixo custo, que traga as informações necessárias para que se possa verificar, com base na captura de valores de consumo de energia, se o medidor de energia está funcionando corretamente.

2. Metodologia

Para o desenvolvimento deste projeto foram realizadas várias pesquisas e leituras de diferentes projetos disponíveis na internet, artigos científicos, trabalhos de conclusão de cursos, teses de doutorados dentre outros trabalhos referentes ao tema abordado neste.

Devido ao caráter da pesquisa, optou-se por empregar o método de processo de desenvolvimento de produto (PDP), apresentado na sequência.

2.1. Processo de desenvolvimento de produto

Para [Rozenfeld et al. 2006] o PDP compreende um conjunto de atividades pelas quais pode-se determinar as especificações de um produto e seu processo produtivo, para que se seja capaz de manufaturá-lo, considerando as necessidades de mercado, possibilidades de limitações tecnológicas e estratégias competitivas, tanto de produto quanto da empresa.

Ele propõe uma metodologia no qual o processo é dividido em três grandes fases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e o pós-desenvolvimento.

No pré-desenvolvimento realiza-se toda a base da pesquisa e planejamento estratégico, é analisado condições atuais de tecnologia, mercado e do portfólio atual da empresa. O desenvolvimento engloba a definição das metas através do projeto informacional, a modelagem e definição de layout e estilo do produto com o projeto conceitual, detalhamento e documentação do projeto, produção e lançamento do produto. Após o desenvolvimento e lançamento do produto, no pós-desenvolvimento, é realizado um acompanhamento, tanto da satisfação e aceitação do cliente, quanto de seu desempenho, chegando até a descontinuação do produto e seu fim no mercado.

Já [Pinto et al. 2011], utilizando o trabalho de [Faria et al. 2006] apresenta uma metodologia baseada em 5 etapas:

- 1ª Etapa: Geração de conceitos e definições: (1.1) Geração de ideias; (1.2) Análise da viabilidade; (1.3) Especificação de oportunidades;
- 2ª Etapa: Projeto Preliminar;
- 3ª Etapa: Projeto detalhado e protótipo;
- 4ª Etapa: Definição do custo e do processo de produção: (1.1) Custo do produto; (1.2) Processo de produção;
- 5ª Etapa: Transformando ideia em negócio: (1.1) Oportunidades; (1.2) Negócio; (1.3) Competitividade.

Estas etapas acompanham passo-a-passo o desenrolar do processo de produção do produto proposto por [Pinto et al. 2011], pelo fato de se tratar do desenvolvimento de um produto de baixa complexidade e o trabalho ter foco na metodologia de processo de desenvolvimento, estas são etapas menos complexas e não se aprofundam muito em seus temas.

Para este projeto, pelo fato de se caracterizar como um pequeno protótipo de desenvolvimento acadêmico, a metodologia de [Rozenfeld et al. 2006] se torna muito extensa e detalhada, assim o modelo de [Pinto et al. 2011] se enquadra melhor para o desenvolvimento. Sendo decidido uma adaptação para o processo acadêmico utilizar-se-á as etapas 1, 2 e 3 desta metodologia.

Seguindo a ideia de não ser um projeto voltado para o mercado e sim de cunho acadêmico, as três primeiras etapas da metodologia atendem o proposto, sendo que as etapas 4 e 5 levariam o trabalho para um outro nível de maturidade, a produção em série e análise mercadológica, o que não é a finalidade desejada a princípio.

2.2. Validação do projeto

Para validação do projeto será utilizado como norteador as normas e valores estipulados nos padrões [ABNT NBR 14520. 2011], que de termina os métodos de ensaio de mediadores de energia elétrica e na portaria 602 [Inmetro 2012] que trata da regulação técnica metrológica.

3. Desenvolvimento

No desenvolvimento é apresentado ideias e detalhes do equipamento, assim como materiais utilizados no desenvolvimento do mesmo.

3.1. Geração de Ideias

Na tabela 1 é exposto a motivação para o qual a ideia principal do projeto foi desenvolvida.

Tabela 1. Geração de Idéias

Clientes	Empresas prestadoras de serviços elétricos, eletricitistas autônomos, concessionarias de energia elétrica.
Potenciais concorrentes	Empresas desenvolvedoras de produtos semelhantes profissionais (devido <i>know-how</i>). A princípio não foi encontrado nenhum outro concorrente que desenvolva algum produto com as mesmas funções.
Caráter inovação	Baixo custo e funções que nenhum outro equipamento, que não seja desenvolvido por empresa profissional, possua.

3.2. Análise de viabilidade

Através de pesquisas realizadas, constatou-se que existem componentes que possibilitam o desenvolvimento e construção do equipamento proposto. Na tabela 2 é exposto a lista de componentes levantados que serão utilizados na construção do equipamento.

Dentre estes, os principais componentes que farão toda a coleta de dados e processamento são:

- Placa Arduino Mega ADK (figura 1).
Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto para prototipagem, baseada em hardware e software [Arduino 2017].

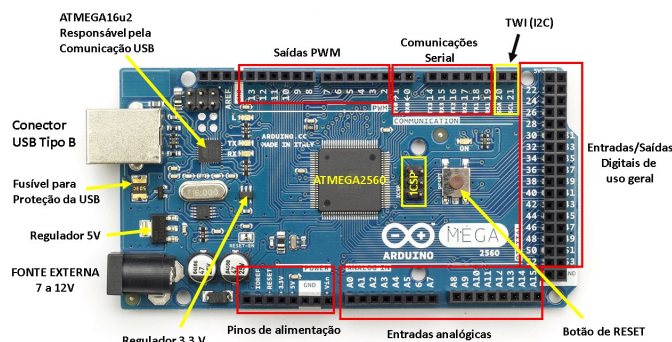


Figura 1. Placa Arduino Mega 2560

- Sensor de tensão GBK (figura 2).
Modulo capaz de detectar tensões AC 127V/220V [Robotics 2017].
- Sensor de corrente SCT-013-000 (figura 3).
Modulo sensor de corrente não invasivo.

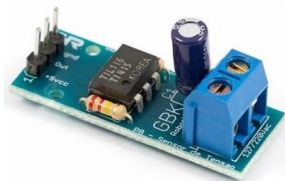


Figura 2. Sensor de tensão P8 GBK



Figura 3. Sensor de corrente SCT-013-000 100A

Tabela 2: Componentes para montagem do protótipo

Item	Preço unitário	Quantidade	Subtotal	Porcentagem do custo total
Botão	R\$ 5,00	1	R\$ 5,00	1,44%
Caixa para montagem	R\$ 32,00	1	R\$ 32,00	9,21%
Capacitores	R\$ 0,50	6	R\$ 3,00	0,86%
Diodo	R\$ 0,40	4	R\$ 1,60	0,46%
Display	R\$ 18,00	1	R\$ 18,00	5,18%
Fio 1,5 mm / metro	R\$ 0,80	4,5	R\$ 3,60	1,04%
Fio para conexões na placa (jumper)	R\$ 0,40	20	R\$ 8,00	2,30%
Fonte 9v	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00	2,88%
Garra jacaré	R\$ 2,50	4	R\$ 10,00	2,88%
Jack P2	R\$ 2,70	8	R\$ 21,60	6,22%
Placa Arduino Mega ADK	R\$ 45,00	1	R\$ 45,00	12,96%
Placa perfurada	R\$ 6,50	2	R\$ 13,00	3,74%
Plug P2	R\$ 1,30	5	R\$ 6,50	1,87%

Resistores	R\$ 0,20	16	R\$ 3,20	0,92%
Sensor de corrente SCT-013-000	R\$ 40,00	3	R\$ 120,00	34,55%
Sensor de tensão GBK	R\$ 12,93	3	R\$ 38,79	11,17%
Teclado matricial 4x4	R\$ 8,00	1	R\$ 8,00	2,30%
Total			R\$ 347,29	100,00%

3.3. Projeto Preliminar

Para o projeto preliminar foram definidas, baseando-se no produto profissional, poucas funções, somente as que farão a captura dos dados principais: análise de tensão, análise de corrente, cálculo de consumo, medição de consumo e cálculo comparativo entre consumo medido e calculado.

Na figura 4 é apresentado um ideia inicial de como será a modelagem do equipamento proposto.

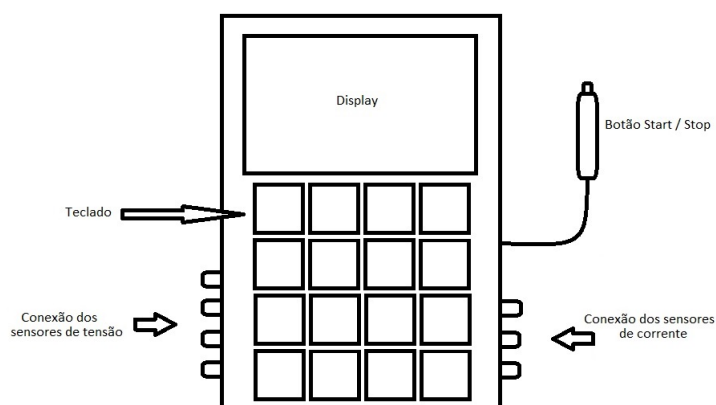


Figura 4. Projeto Preliminar

Este equipamento terá uma tela para apresentação das informações obtidas e calculadas, um teclado com os caracteres numéricos de 0 à 10 e outras teclas que acionarão as funções previstas em seu funcionamento. Em suas laterais terá os locais de conexão dos sensores de tensão, corrente e o botão que iniciará e terminará o teste.

3.4. Projeto Detalhado

Para a montagem será utilizado uma caixa plástica com as dimensões aproximadas de 4x8x15 (Altura x Largura x Comprimento). Na conexão dos sensores com o equipamento será utilizado conectores *jack* p2 (usados em fones de ouvido). O teclado possui 16 teclas, no qual será utilizado os numerais e agregado funções específicas às demais.

As informações serão apresentadas em um display LCD modelo Nokia 5110 de 1,6 polegadas com resolução 84x84 pixels, que possibilitará a visualização das informações em uma mesma tela. Um botão *start/stop* será responsável pelo início e término do processamento do teste.

Com relação à ligação, o teclado, o botão *start/stop* e o display serão conectados nas portas digitais da placa arduino e os sensores de tensão e corrente nas portas analógicas, como é apresentado na figura 5. (portas indicadas na figura 1).

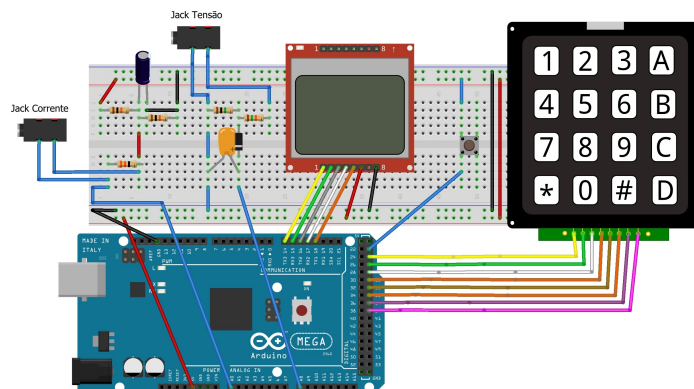


Figura 5. Esquema de Montagem

4. Resultados

O sensor de tensão foi acoplado na placa arduino e até o momento apresentou um funcionamento aparentemente satisfatório ao objetivo do projeto. Os Resultados obtidos com ele ficaram dentro dos padrões estipulados nas normas citadas no item 2.2, que seriam de até 2% de variação na medição de tenção. O valor retornado pelo sensor é de 123,58 volts enquanto o volt-amperímetro apresentou 122,6 volts, o que dá uma porcentagem de erro de 0,79%.

O sensor de corrente foi testado com a utilização de um amperímetro e também integrado a placa arduino, apresentou resultados positivos às necessidades do trabalho. Nas normas citadas no item 2.2, uma medição aceitável de corrente pode ter uma variação de até 10%. No caso do valor encontrado com as medições feitas pelo equipamento desenvolvido, foi obtido 4,49 amperes, enquanto o amperímetro apresentou 4,41 amperes, o que dá uma variação de 1,78%.

Os valores obtidos se enquadram dentro do exigido nas normas, mas ainda existem interferências enquanto os sensores estão ligados simultaneamente, onde os valores lidos por um acaba interferindo no resultado dos outros.

5. Próximos Passos

Para os próximos passos é planejado a realização de pesquisas com o intuito de buscar módulos e componentes que possuam melhor acurácia de medição e também componentes que possam filtrar interferências que possam vir pela rede elétrica.

Referências

- ABNT NBR 14520. (2011). *Medidores eletrônicos energia elétrica - Método de ensaio*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- Almeida, C. and Paula, N. d. (2017). Energia elétrica vai pesar 50% a mais no orçamento das famílias. <http://oglobo.globo.com/economia/energia->

- eletrica - vai - pesar - 50 - mais - no - orcamento - das - familias - 12311543. Acesso em: 17 abril 2017.
- Aneel (2016). Tarifa social de energia elétrica - tsee. <http://www.aneel.gov.br/tarifa-social-baixa-renda>. Acesso em: 17 abril 2017.
- Arduino (2017). What is arduino? <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 17 junho 2017.
- Copel (2017). Alterações tarifárias. <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F04afb43850ca33c503257488005939b7>. Acesso em: 30 maio 2017.
- Costa, A. P. d., Sermann, F. C., and Silva, G. G. d. (2016). Desenvolvimento de um protótipo para medição de energia elétrica.
- Faria, A. F. d., Uniminas, D. R. d. S., and Uniminas, K. R. S. (2006). Gestão por processos aplicada em estrutura de contact center.
- Inmetro, P. (2012). 602. *Regulamento Técnico Metrológico que estabelece as condições mínimas que deverão ser observadas na verificação periódica de medidores de energia elétrica ativa, baseados no princípio de indução e eletrônicos de energia ativa e/ou reativa, monofásicos e polifásicos.*
- Nepomuceno, A. L. S. and Cozendey, G. C. (2013). Desenvolvimento de um módulo de medição de energia wireless com transmissor em tempo real de parâmetros para cargas de até 10 kw.
- Oliveira, P. B. A. d. (2017a). Fraudes mais comuns na medição de energia elétrica. <https://sites.google.com/site/punarobley/fraudes-mais-comuns-na-medicao-de-energia-eletrica>. Acesso em: 17 abril 2017.
- Oliveira, P. B. A. d. (2017b). Teste dos dispositivos de medição. <https://sites.google.com/site/punarobley/teste-dos-dispositivos-de-medicao>. Acesso em: 6 agosto 2017.
- Paula, G. J. d. (2013). Medidor de demanda de energia elétrica residencial com acesso remoto.
- Pinto, R. S., Júnior, R. A. R., Pinto, A. B., de Sousa Câmara, R. A. D., and Fontenelle, M. A. M. (2011). Usando uma metodologia de desenvolvimento de produto para o projeto do porta esmalte.
- Robotics, G. (2017). P8 – sensor de tensão ac. <http://gbkrobotics.com.br/index.php/2016/05/31/p8/>. Acesso em: 17 junho 2017.
- Rozenfeld, H., Forcellini, F. A., Amaral, D. C., Toledo, J. C., da Silva, S. L., Alliprandini, D. H., and Scalice, R. K. (2006). *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*. Editora Saraiva.
- Sindemon (2017). Medidas podem ajudar a indústria a economizar até 25% na tarifa de energia elétrica. <http://www.fiepr.org.br/boletimsindical/sindemon/News16905content256444.shtml>. Acesso em: 17 abril 2017.