

## Implementação de um módulo medidor para criação de Assinatura de cargas utilizando Internet das Coisas

Thiago C. Sousa<sup>1</sup>, Altamir J Gallas<sup>2</sup>, Davi L. de Oliveira<sup>1</sup>, Artur F. S. Veloso<sup>3</sup>,  
Antônio A. Rodrigues<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Piauí (UFPI), PI – Brasil

<sup>2</sup>Faculdade Maurício de Nassau, PI – Brasil

<sup>3</sup>Faculdade Estácio (CEUT), PI – Brasil

<sup>4</sup>Faculdade FAETE, PI – Brasil

{thiago.engee, tami.gallas, daviluis323, arturfdasveloso,  
junioraraujo03}@gmail.com

**Abstract.** *Signature of loads consists of a set of electrical characteristics unique to each device, such as: Current, voltage, active and apparent power, power factor and energy consumed. These characteristics can be measured and used to discriminate against them. In view of the difficulty of monitoring the consumption of electricity by the consumer in real time, this work proposes the development of a measurement system aiming at the acquisition of electrical parameters such as current (I) and voltage (V) through a metering module, Sending this data to cloud services. The analysis was performed by collecting the data stored in the cloud service. These collected data are plotted on graphs generated by MATLAB, installed in a computer, in which it was possible to observe some parameters that formed the signature for each appliance. After the formation of the signatures of the loads, it was possible to use them for discrimination between the two machines in operation at the same time.*

**Resumo.** *Assinatura de cargas consiste em um conjunto de características elétricas únicas para cada aparelho, como: Corrente, tensão, potências ativa e aparente, fator de potência e energia consumida. Essas características podem ser medidas e utilizadas para discriminação das mesmas. Diante da dificuldade de acompanhamento em tempo real do consumo de energia elétrica pelo consumidor, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de medição visando à aquisição de parâmetros elétricos, tais como corrente (I) e tensão (V) através de um módulo medidor, enviando esses dados para serviços na nuvem. A análise foi realizada por meio da coleta dos dados armazenados no serviço da nuvem. Esses dados coletados são plotados em gráficos gerados pelo MATLAB, instalado em um computador, nos quais foi possível observar alguns parâmetros que formaram a assinatura para cada eletrodoméstico. Após a formação das assinaturas das cargas, foi possível utilizá-las para discriminação entre os dois aparelhos em funcionamento ao mesmo tempo.*

## 1. Introdução

A expansão acentuada do consumo de energia elétrica apresenta aspectos negativos, como: a possibilidade do esgotamento dos recursos utilizados para a sua produção, o impacto ao meio ambiente e elevados investimentos exigidos tanto na pesquisa de novas fontes de produção de energia como na construção de novas usinas. Esta expansão pode ser verificada pelo consumo de energia elétrica no Brasil que totalizou 38.259 GWh em setembro de 2016, um avanço de 1,4% sobre igual mês de 2015 [Poyrazoglu and Oh 2016]. No Brasil, o Ministério de Minas e Energia (MME) criou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) para estimular, desde 1985, o uso eficiente de energia e, assim, conter essa expansão [Conde et al. 2013]. Uma melhor compreensão de onde (em quais aparelhos) e quando (em quais períodos do dia) a energia está sendo gasta leva tanto à redução quanto à mudança de consumo dos períodos de pico para períodos fora de pico [Bacurau 2014]. Uma solução comercial para o monitoramento do consumo de energia para unidades residenciais é o Open Energy Monitor (OEM), sistema que permite que o usuário acompanhe em tempo real o consumo, podendo gerar relatórios de seu consumo diário [OEM 2016].

Segundo [OEM 2016], o hardware do seu sistema é composto por um emonPi, que é uma unidade de monitoramento baseada em um Raspberry Pi, para uma instalação simples em um local que esteja disponível Wifi ou Ethernet para processamento, registro e visualização da energia de forma remota através do seu sistema Emoncms (aplicativo web de código aberto). Entretanto, o Raspberry Pi ainda é uma tecnologia muito cara. Dentre as plataformas de microcontroladores e microprocessadores o Arduino e o ESP8266 se destacam por serem de baixo custo, fácil implementação e possuir hardware e software livre, tornando mais acessível sua utilização, juntamente com alguns sensores e módulos, para criação da Assinatura de cargas dos eletrodomésticos.

Assinatura de cargas consiste em um conjunto de características elétricas únicas para cada aparelho, que podem ser medidas e usadas para discriminação de cargas. Os parâmetros elétricos mais usados para essa discriminação são: tensão e corrente, potências ativa, reativa e aparente, fator de potência e harmônicas do sinal de corrente. Segundo [Bacurau 2014], é necessário o uso de algoritmos para discriminação de cargas, processo de parâmetros elétricos medidos e, identificação de aparelhos que estão em uso constante. Diante da dificuldade de acompanhamento em tempo real do consumo de energia elétrica pelo consumidor [Priyanka and Vasisht 2015], e conseqüentemente melhorar o gerenciamento, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de medição utilizando o Arduino e o ESP8266 acompanhados por sensores de corrente e tensão para gerar de forma confiável o consumo instantâneo de energia elétrica, discriminando-o para cada eletrodoméstico residencial, monitorando assim sua assinatura de carga através da internet [Zanella et al. 2014].

Este trabalho está organizado na seguinte forma, na Seção 2 será feito um estudo de caso onde será implementado o módulo medidor para monitorar os eletrodomésticos através de sua Assinatura de carga, apresentando alguns dados no aplicativo em tempo real. Na Seção 3, serão expostos os resultados obtidos pelo estudo de caso. Adicionalmente, serão feitas discussões e apresentações de trabalhos futuros na Seção 4. Finalmente, será feita a conclusão do trabalho na Seção 5.

## 2. Estudo de caso: Implementação do Open Energy Monitor para monitorar a Assinatura de cargas de eletrodomésticos residenciais

Para o estudo de caso, será implementado um módulo medidor, capaz de medir a corrente e tensão de cada eletrodoméstico de uma casa, apresentar os dados no gráfico do aplicativo Blynk instalado em um Smartphone e na LCD do módulo. Seu desenvolvimento é dividido nas seguintes etapas: 2.1 Medir a corrente e a tensão da residencia; 2.2 Calcular o consumo acumulado, potências ativa e aparente, e o fator de potência; 2.3 Enviar os dados para o Aplicativo Blynk, através da internet; 2.4 Apresentar os dados em um gráfico do aplicativo em tempo real; 2.5 Exibir os dados no display LCD; 2.6 Gerar a Assinatura de carga de cada eletrodoméstico utilizado neste estudo.



Figure 1. Arquitetura da automação realizada

Na Figura 1, é apresentada a estrutura da rede elétrica desde sua geração até o consumo final. Em cada residencia, será composta por um Smart Meter (Medidor Inteligente), ele quem fará a função de ler a corrente e tenção da casa, e fazer o gerenciamento das cargas. Entretanto, o foco deste trabalho será apenas fazer um módulo medidor, que funcionará dentro do SM, gerando uma Assinatura de carga para cada eletrodoméstico e fornecendo alguns dados para serviços na nuvem, possibilitando seu monitoramento em dispositivos conectados a internet.

### 2.1. Medição da corrente e tensão

Dos sensores de correntes existentes no mercado atual, o escolhido para ser utilizado no projeto foi o sensor SCT-013-000, devido à possibilidade de se medir correntes de até 100 A e por ser não invasivo. Este sensor apresenta em sua saída uma variação de corrente, sendo necessário um circuito para condicionar o sinal a fim de que possa ser conectado ao Arduino. A tensão da rede é muito alta para ser medida diretamente pela entrada analógica do Arduino fazendo-se necessária sua transformação em um nível de tensão seguro. Para isso é utilizado um transformador 220/9V e um circuito para se realizar o condicionamento do sinal proveniente da saída do transformador, de forma que o sinal resultante tenha um pico positivo menor que 5 V e um pico negativo maior que 0 V.

## 2.2. Cálculo do consumo acumulado, potências ativa e aparente, e fator de potência

Foram utilizados 2 eletrodomésticos residenciais, sendo eles: Um micro-ondas e uma geladeira. Inicialmente cada aparelho foi ligado e medido individualmente para que o módulo medidor pudesse gerar a sua assinatura de carga. A assinatura, foi criada através dos diversos parâmetros elétricos medidos pelo Arduino. Para efetuar os cálculos, foi utilizada a biblioteca "EmonLib.h", da própria Arduino IDE. Na qual, tem como parâmetros de entrada os dados coletados pelos sensores de corrente e tensão. A biblioteca possui uma função denominada "Emon.calcVI (20, 2000);", que retorna os valores de corrente, tensão, fator de potência, potências ativa e aparente.

## 2.3. Envio dos dados para o Aplicativo Blynk

O módulo medidor trabalha em conjunto com o ESP8266 tipo 01. Este microprocessador é capaz de se conectar a internet por meio do WI-FI. A troca de dados é possível através da utilização do protocolo MQTT [Thatmann et al. 2015], que é um serviço na nuvem fácil de se utilizar e possui uma comunicação em tempo real. A grande contribuição da sua utilização é, a troca de dados através da internet, que permite seu monitoramento de qualquer lugar em tempo real. O aplicativo Blynk, trabalha como um cliente MQTT, que recebe os dados enviados pelo módulo implementado. O acesso do aplicativo também é feito através da internet.

## 2.4. Apresentação dos dados em um gráfico do aplicativo em tempo real

O aplicativo apresenta os dados coletados em um gráfico, e faz a plotagem do dados obtidos pelo sensor, em tempo real. Na Figura 2 é apresentado o print da tela do aplicativo no momento da leitura dos eletrodomésticos, e a estrutura do módulo medidor na instalação elétrica da residência.



Figure 2. Módulo medidor e o print da leitura feita no aplicativo em tempo real

## 2.5. Exibição dos dados no display LCD

No módulo, foi utilizando um LCD 16x2 para apresentar os valores utilizados para a formação da assinatura de carga. Seu objetivo é apresentar os dados localmente sem a necessidade da internet e de um aplicativo.

## 2.6. Geração da Assinatura de carga de cada eletrodoméstico utilizado neste estudo

Após apresentação dos dados no aplicativo, foram armazenados os valores coletados dos sensores em um arquivo de texto. Com o módulo medidor construído, realizaram-se testes com diversos eletrodomésticos de uma residência. Cada teste teve duração de 1 hora, com medidas sendo realizadas a cada segundo, totalizando 3600 amostras para cada aparelho. A seguir são apresentadas as curvas obtidas através do software MATLAB [MATLAB 2017]. São analisados os parâmetros para cada aparelho, observando-se principalmente as potências ativa e aparente, além do fator de potência. Estes parâmetros são necessários para o reconhecimento de cargas através de suas assinaturas.

### 2.6.1. Geladeira

A Figura 3 exibe os gráficos dos diversos parâmetros elétricos para uma geladeira frost free da marca Consul utilizada como uma das cargas no presente trabalho.

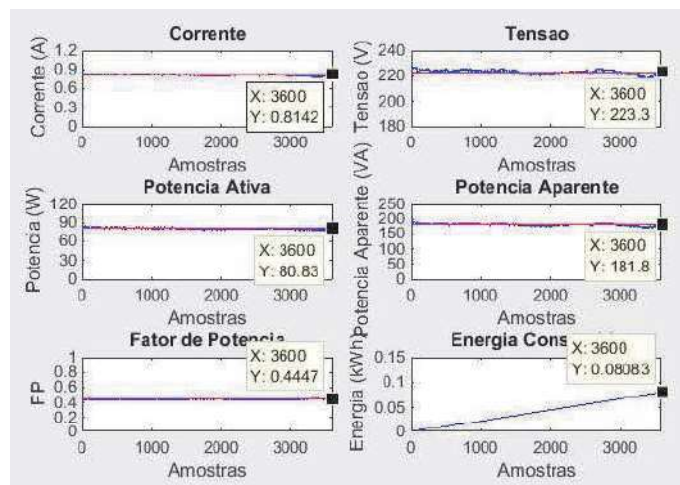


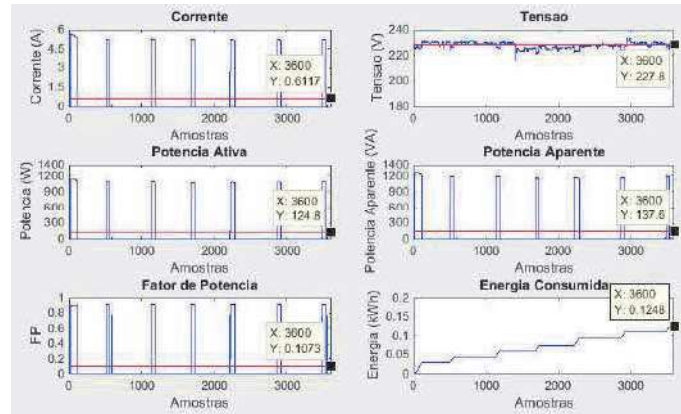
Figure 3. Leitura dos parâmetros da Geladeira

Através da Figura 3 é formada a assinatura de consumo para este eletrodoméstico, identificando-se corrente média igual a 0,825 A, potência ativa média igual a 89,89 W e aparente igual a 182,6 VA, com fator de potência igual a 0,49. Esses parâmetros facilitam a identificação deste aparelho quando em funcionamento.

### 2.6.2. Micro-ondas

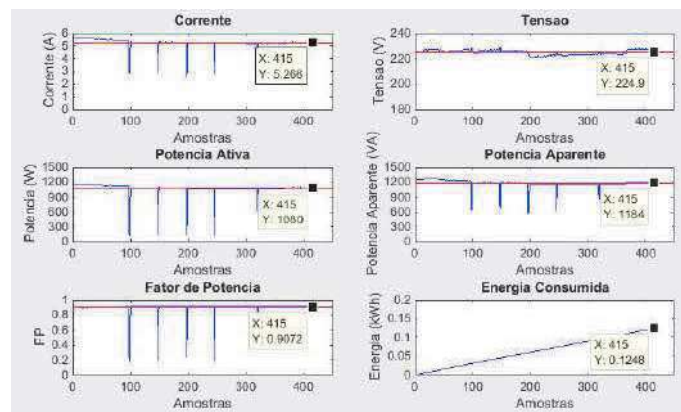
Para o teste com o micro-ondas foi utilizado um aparelho da marca Panasonic de 15 litros. Com este eletrodoméstico não foi possível medir em funcionamento durante uma hora seguida, como feita com a geladeira. Então foi realizado o seguinte procedimento: o medidor ficou ligado durante uma hora realizando as leituras e gravando os dados e em diversos momentos o micro-ondas foi ligado com duração de 1 a 2 minutos em intervalos de 10 minutos, aproximadamente, entre cada acionamento. A Figura 4 exibe as curvas observando-se os ciclos de funcionamento do aparelho em cada pico de corrente ou potência. Para levantamento das características deste eletrodoméstico, tais como potência

média, corrente média e fator de potência, foram eliminadas todas as leituras iguais à zero, deixando somente os dados gravados em que o micro-ondas esteve em funcionamento 5.



**Figure 4. Leitura dos parâmetros do Micro-ondas**

Através da 4 observa-se que o equipamento apresentou altos níveis de corrente e potência, o que pode facilitar sua identificação por se diferenciar bastante dos níveis de consumo dos outros eletrodomésticos. Um detalhe importante comparando-se o valor da tensão média nas Figuras 4 e 5 é que o uso do micro-ondas leva a uma significativa queda de tensão. Nos dados gravados observou-se uma queda de tensão de aproximadamente 3 V no momento em que o micro-ondas era ligado.

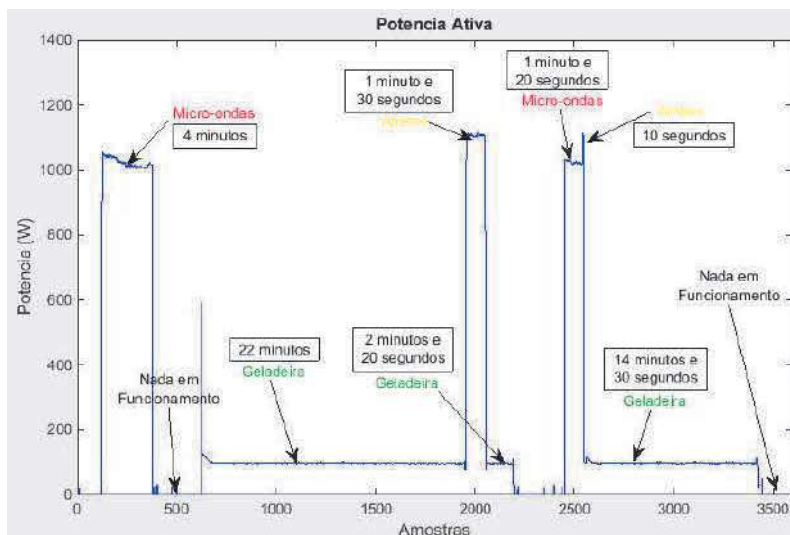


**Figure 5. Leitura dos parâmetros do Micro-ondas**

Através das Figuras 4 e 5 é realizada a formação da assinatura de carga para o micro-ondas. Tem-se que a corrente média foi igual a 5,26 A, potência ativa média de 1080 W e aparente de 1184 VA. O fator de potência médio para este equipamento fica em torno de 0,91. Esses parâmetros, além da forma de onda das curvas, assim diferencia-se quando comparado com equipamentos de potência ativa próxima, como o ferro de passar roupas por exemplo. A energia consumida observada foi de 0,12 kWh, totalizando um custo de R\$0,077 em aproximadamente 7 minutos de uso do equipamento. O que pode mostrar ao consumidor que o micro-ondas apresenta alto custo quando muito utilizado.

### 3. Resultados

Após formação das assinaturas das cargas utilizadas no presente trabalho é possível utilizá-las para identificar as mesmas quando medidas simultaneamente. A Figura 6 exemplifica esta situação, sendo apresentada a curva de potência ativa. Como os dois equipamentos analisados apresentam valores de potência ativa bem distintos é possível discriminá-los através deste parâmetro. Analisando-se a Figura 6 verifica-se que inicialmente nenhuma das cargas está em funcionamento. Em seguida percebe-se que o forno micro-ondas foi ligado, pois a curva de potência é similar à apresentada anteriormente na Figura 4. Depois de um momento ele torna a ser desligado e a potência medida igual a zero. Na amostra de número 620, aproximadamente, nota-se um pico de potência ativa devido ao acionamento do compressor da geladeira e em seguida a curva representado o funcionamento da mesma durante 22 minutos até o momento em que o micro-ondas também é acionado. Observa-se que a potência medida equivale à soma dos valores dos dois dispositivos em análise, durante 1 minuto e 30 segundos, confirmando-se a identificação das cargas através da análise dos parâmetros elétricos medidos.



**Figure 6. Assinaturas de carga da geladeira e do micro-ondas sendo apresentadas simultaneamente**

Os dados foram apresentados e armazenados em tempo real através da internet, na nuvem. Isto possibilitou um melhor monitoramento permitindo o acesso a estes valores em qualquer lugar e a qualquer momento. A utilização das tecnologias IoT foram de grande importância para o monitoramento do consumo de energia elétrica e armazenamento de dados para formação das assinaturas, o que torna mais fácil sua adoção por usuários que buscam tecnologias mais flexíveis e fáceis de utilizar.

### 4. Conclusões, discussões e propostas de trabalhos futuras

Observa-se nos resultados obtidos que, para todas as medições apresentadas neste trabalho, o consumo total de energia elétrica foi de 0,39297 kWh aproximadamente. Lembrando que o micro-ondas foi acionado somente por 7 minutos durante o teste sozinho e mais 7 minutos quando funcionando juntamente com a geladeira. Entretanto, a criação das assinaturas de carga, foi realizada manualmente. Onde, os dados armazenados no

serviço da nuvem são coletados e plotados em um gráfico do MATLAB. O Arduino e o ESP8266 demonstraram ser eficazes na construção do módulo medidor de energia elétrica, por seu baixo custo e facilidade de aquisição, programação livre e comunicação com diversos sensores disponíveis no mercado. A sua troca de dados em tempo real com serviços na nuvem, possibilita a adoção dessa tecnologia, apresentando uma solução que amplia a conectividade com dispositivos usados no dia-a-dia, como Smartphones. Através do sensor de corrente e um transformador de tensão 220/9 V possibilitou-se a construção do medidor, a fim de se obter diversos parâmetros elétricos. Com esses dados, permitiu-se a geração de gráficos pelo software MATLAB. Foi possível também, conhecer e analisar as diversas características de consumo dos eletrodomésticos. Essa análise tem o intuito de determinar suas assinaturas, de forma a possibilitar a identificação das cargas quando estiverem em funcionamento juntas. Conclui-se que, este trabalho utiliza tecnologias IoT para a facilitar a criação da assinatura de cargas. Com estas assinaturas, será possível a implementação de um Smart Meter capaz de fornecer o monitoramento de cargas de maneira independente. Ou seja, fornecer a energia consumida por equipamento ou até mesmo, identificar qual equipamento está em funcionamento, permitindo o controle de cargas através da internet. Como trabalhos futuros, pretende-se implementar uma Inteligência Artificial para a identificação de cargas. A melhoria do módulo medidor também será realizada, adicionando um aplicativo que possa fornecer todos estes dados de forma simplificada e completa aos usuários e concessionárias de energia elétrica.

## References

- Bacurau, R. M. (2014). Medidor de energia inteligente para discriminação de consumo por aparelho através de assinatura de cargas. In *Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual de Campinas*, pages 1–94.
- Conde, G. A. B., dos Santos, F. C., de Santana, A. L., Silva, R. D., Frances, C. R. L., and de Lima Tostes, M. E. (2013). New methodology for grouping electric power consuming units to meet continuity indicators targets established by the brazilian regulatory agency. In *IET Generation, Transmission Distribution*, pages 414–419. IEEE.
- MATLAB (2017). MATLAB - The Language of Technical Computing. [Online; acesso 15-Julho-2017].
- OEM (2016). Open Energy Monitor. [www.openenergymonitor.org](http://www.openenergymonitor.org). [Online; acesso 25-Julho-2017].
- Poyrazoglu, G. and Oh, H. (2016). The impacts of electric power market simulation on engineering education. In *IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D)*, pages 1–5. IEEE.
- Priyanka, N. and Vasisht, A. (2015). Smart cities. In *International Journal of Engineering Science Invention*, pages 43–49. IJESI, 4th edition.
- Thatmann, D., Zickau, S., Forster, A., and Kupper, A. (2015). Applying attribute-based encryption on publish subscribe messaging patterns for the internet of things. In *IEEE International Conference on Data Science and Data Intensive Systems*, pages 556–563. IEEE.
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., and Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. In *IEEE Internet of things journal*, pages 6–15. IEEE.