

**Automatização dos procedimentos de aquisição de dados para sistema de
classificação inteligente de equipamentos elétricos**
*Automation of data acquisition procedures for system of intelligent classification
of electrical equipment*

Francisco Junior Soccol^{1*}, Wanderley Cardoso Celeste², Daniel José Custodio Coura², Helder Roberto de Oliveira Rocha³, Luis Otávio Rigo Júnior⁴, Aloísio Ramos da Paixão⁵

¹Graduando em Engenharia da Computação, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, campus São Mateus, ES

²Professor do Departamento de Engenharia Elétrica e do Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, ES

³Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, ES

⁴Professor do Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, campus São Mateus, ES

⁵Professor de Ensino Médio em Eletrônica, Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, campus São Mateus, ES

*Autor para correspondência, E-mail: franciscosoccol@gmail.com

Article history

Received: 16 November 2017

Accepted: 15 February 2018

Available online: 20 March 2018

Resumo: O conceito *Smart Grid*, em conjunto com as políticas tarifárias modernas empregadas no Brasil, tem possibilitado o desenvolvimento de diversos sistemas aplicados ao Gerenciamento pelo Lado da Demanda. Entretanto, os resultados encontrados na literatura apresentam condições controladas. Por exemplo, situações que envolvem cargas similares via Monitoramento Não Intrusivo, como apresentado em (Paixão, 2016), que se vale de procedimentos manuais para operar uma plataforma experimental de aquisição de dados, resultando em um banco de dados restrito devido ao tempo de laboratório dedicado à coleta de tais dados. Inserindo-se nesse contexto, como contribuição principal deste artigo, apresenta-se neste artigo o desenvolvimento de um sistema que automatiza os procedimentos experimentais realizados em (Paixão, 2016), proporcionando uma plataforma experimental capaz de gerar, sem a intervenção humana após iniciado o processo de aquisição, conjuntos de dados necessários para o desenvolvimento de sistemas de identificação inteligentes cada vez mais precisos e robustos.

Palavras chave: *Smart Grid*, Gerenciamento pelo Lado da Demanda, Monitoramento Não Intrusivo, Sistema de Identificação Inteligente.

Abstract: *The Smart Grid concept, together with the modern tariff policies employed in Brazil, has enabled the development of several systems applied to Demand Side Management. However, the results found in the literature show controlled conditions. For example, situations involving similar loads via Non-Intrusive Monitoring, as presented in (Paixão, 2016), which relies on manual procedures to operate an experimental data acquisition platform, resulting in a restricted database due to laboratory time dedicated to the collection of such data. In this context, as the main contribution of this article, we present in this article the development of a system that automates the experimental procedures performed in (Paixão, 2016), providing an experimental platform capable of generating, without human intervention after starting the acquisition process, data sets necessary for the development of increasingly accurate and robust intelligent identification systems.*

Keywords: *Smart Grid, Demand Side Management, Non-Intrusive Monitoring, Intelligent Identification System.*

1. Introdução

O conceito de Redes Elétricas Inteligentes, ou do inglês *Smart Grid*, tem permitido uma mudança de paradigma no uso de energia elétrica (Toledo, 2012), sendo o Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD) um exemplo concreto (Logenthiran *et al.*, 2012).

As mudanças na forma como o usuário de energia elétrica consome esse bem essencial tem sido motivadas pelas políticas recentemente implantadas pelos órgãos públicos reguladores, como é o caso, por exemplo, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o qual é o órgão regulador do setor

elétrico brasileiro que aprovou em novembro de 2011 a alteração da estrutura tarifária aplicada ao setor de distribuição de energia elétrica. Essa nova regulamentação prevê a aplicação de tarifas diferenciadas por horário de consumo, oferecendo preços mais baixos por kWh no período em que o sistema é menos utilizado pelos consumidores e mais altos nos chamados horários de ponta (período do dia de maior consumo de energia elétrica).

A união do conceito *Smart Grid* com as políticas tarifárias modernas empregadas no Brasil tem possibilitado o desenvolvimento de sistemas que venham a permitir o GLD, com o propósito de reduzir os gastos com energia elétrica, ao propiciar ao consumidor final um maior controle do seu consumo. O monitoramento das instalações elétricas, sejam elas residências, comerciais, industriais ou públicas, permite o conhecimento do consumo individual das cargas (os equipamentos movidos a energia elétrica), tornando possível a supervisão do fluxo de energia em tempo real da unidade consumidora.

Em sistemas tradicionais de monitoramento, sensores são instalados em cada equipamento da unidade consumidora para identificar cargas elétricas ativas (Fig. 1). A informação coletada de cada sensor é enviada a um dispositivo central de processamento responsável por calcular o consumo de energia elétrica individual de cada equipamento. Porém, tal abordagem requer a intrusão de sensores na instalação elétrica, de modo que o Monitoramento Intrusivo (*Intrusive Load Monitoring – ILM*) apresenta uma complexidade de hardware crescente (sensores e cabamentos necessários) e, por consequência, um custo financeiro também crescente, à medida que o número de equipamentos a serem monitorados aumenta. No entanto, o custo computacional para esta abordagem é relativamente baixo (Xu e Milanović, 2015), tendo em vista a simplicidade do processamento necessário para se extrair as informações requeridas como, por exemplo, quais equipamentos estão consumindo energia elétrica e qual é o consumo instantâneo e/ou médio de cada equipamento.

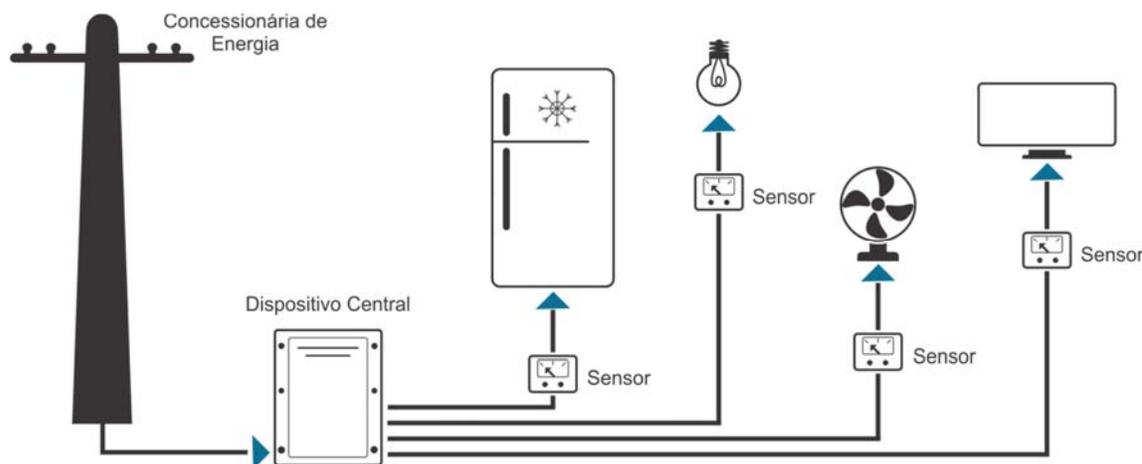


Figura 1. Representação do modelo de monitoramento intrusivo de cargas elétricas.

Uma alternativa ao sistema tradicional é o uso do Monitoramento Não Intrusivo (*Non-Intrusive Load Monitoring – NILM*), representado na Fig. 2, que tem como objetivo básico determinar o consumo individual de cada equipamento sem ter acesso físico a ele. Isso é feito instalando-se os sensores necessários apenas no dispositivo central de monitoramento. Tal abordagem permite um custo de infraestrutura extra de instalação e manutenção muito menos proibitivo quando comparado com a opção intrusiva. Em contrapartida, o Dispositivo Central deve ser capaz de realizar processamentos mais complexos, contando, inclusive, com técnicas baseadas em Inteligência Artificial, a fim de extrair as informações pertinentes sobre cada equipamento elétrico da instalação (Heart, 1992; Xu e Milanović, 2015).

Para determinar o consumo elétrico instantâneo de um equipamento, o Dispositivo Central da Fig. 2 deve, primeiramente, ser capaz de identificar quais equipamentos estão ligados a qualquer instante. Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos com esse intuito (Bouhouras, Milioudis e Labridis, 2014; Chang et al., 2012; Chang et al., 2013; Drenker e Kader, 1999; Dong et al., 2012; Figueiredo, Almeida e Ribeiro, 2012). Os resultados, em geral, têm sido bons, porém em condições controladas. Em casos práticos, situações que envolvem cargas similares, como, por exemplo, lâmpadas com características elétricas nominais idênticas, podem ser um grande impedimento para aplicar as soluções até então encontradas na literatura.

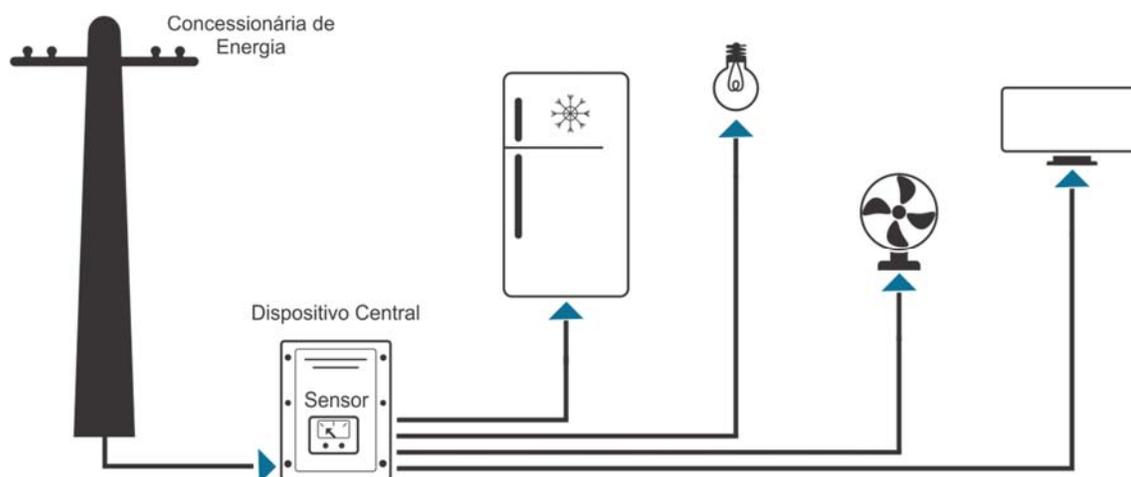


Figura 2. Representação do modelo de monitoramento não intrusivo de cargas elétricas.

A definição de carga similar e o problema de identificá-las usando a abordagem Não Intrusiva foram apresentados em (Paixão, 2016). Para tentar resolver o problema de identificação de cargas similares, o autor usou em sua metodologia a plataforma experimental da Fig. 3, a qual permite apenas procedimentos manuais para a obtenção das amostras que lhe possibilitou gerar um banco de dados com algumas características elétricas instantâneas de um conjunto de cargas similares funcionando em configurações que iam desde todas as quatro lâmpadas ligadas até todas elas desligadas, resultando, portanto, em 16 configurações possíveis.

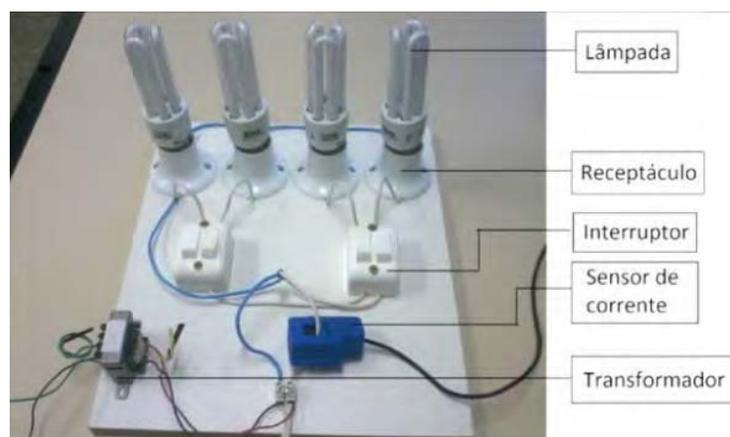


Figura 3. Plataforma experimental não automatizável. Fonte: Paixão, (2016).

Embora o autor tenha alcançado resultados inéditos na literatura, ficou claro que o banco de dados restrito foi um fator limitante naquele trabalho, isto é, um maior número de amostras das configurações consideradas naquele trabalho poderia ter dado mais representatividade às características observadas. Tal restrição no tamanho do banco de amostras se deveu ao fato de que os procedimentos adotados em (Paixão, 2016) eram, como já destacado, manuais, tornando tal processo lento.

Assim, o objetivo deste artigo é desenvolver um sistema de automatização dos procedimentos experimentais realizados em (Paixão, 2016), a fim de eliminar as limitações citadas previamente e, assim, proporcionar uma plataforma experimental capaz de gerar, sem a intervenção humana, o conjunto de dados necessários para o desenvolvimento de sistemas de identificação inteligentes cada vez mais precisos.

Neste sentido, o presente artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a metodologia desenvolvida através do sistema automatizado, bem como a plataforma experimental automatizável e o algoritmo de aquisição automática de dados. Na Seção 3 são apresentados os resultados obtidos e na Seção 4 apresenta-se uma conclusão deste trabalho.

2. Sistema automatizado

2.1 Plataforma experimental automatizável

O processo de automatização dos procedimentos da plataforma experimental apresentada na Fig. 3 busca melhorar a eficiência na obtenção dos resultados, possibilitando uma maior agilidade nos procedimentos experimentais necessários.

Em comparação com a Fig. 4, diversos equipamentos foram modificados e outros introduzidos para que a plataforma se tornasse autônoma. Com isso, os pontos de carga (lâmpadas) foram mantidos, de modo a possibilitar as 16 configurações testadas em (Paixão, 2016). Os interruptores foram substituídos por circuitos atuadores compostos por relés de estado sólido modelo SSR-25 da fabricante FOTEK e os respectivos circuitos de acionamento. A solução adotada oferece alta velocidade de acionamento (tempo de chaveamento inferior a 10ms, de acordo com o fabricante), além de não possuir nenhum elemento que venha a sofrer desgaste mecânico, permitindo, deste modo, um aumento da vida útil do equipamento. O sensor de corrente modelo SCT-013-000 usado em (Paixão, 2016) foi substituído pelo sensor LA-55p da LEM, a fim de proporcionar maior precisão, maior robustez às interferências externas e maior largura de banda de frequência, conforme pode ser visto na Tabela 1. O transformador abaixador usado em (Paixão, 2016) para permitir a aquisição da tensão elétrica fornecida ao circuito foi substituído por um sensor de tensão LV-25p fabricado pela LEM, oferecendo excelente precisão, alta largura de banda e alta imunidade à interferência externa, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Características principais dos sensores de tensão e corrente.

Característica	Sensor utilizado na plataforma manual	Sensores utilizados na plataforma automatizada	
	SCT-013-000	LA-55p	LV-25p
Corrente nominal primária	100A	50A	10mA
Corrente nominal secundária	33mA	50mA	25mA
Erro de linearidade	$\pm 3\%$	$\pm 0,15\%$	$< 0,2\%$
Precisão	$\pm 1\%$	$\pm 0,90\%$	$\pm 0,80\%$
Largura de banda	50hz – 1kHz	DC – 200kHz	DC – 10kHz
Temperatura de funcionamento	-25°C ~ +70°C	-40°C ~ +85°C	-40°C ~ +85°C

Foi introduzido um sistema de processamento baseado no kit microcontrolador Arduino DUE para a realização da lógica que automatiza os procedimentos de aquisição (Seção 2.2), garantindo um grande poder de processamento e todos os periféricos necessários já embutidos no próprio kit como, por exemplo, conversor A/D de 12 bits, temporizadores, comunicação serial SPI, entre outros.

A plataforma experimental automatizável implementada é apresentada na Fig. 4, enquanto que na Fig. 5 é mostrado o seu diagrama esquemático, onde se observa que as cargas L1 a L4 podem ser ligadas ou desligadas individualmente pelos circuitos atuadores 1 a 4 com suas respectivas chaves Ch1 a Ch4, de forma autônoma via microcontrolador embarcado.

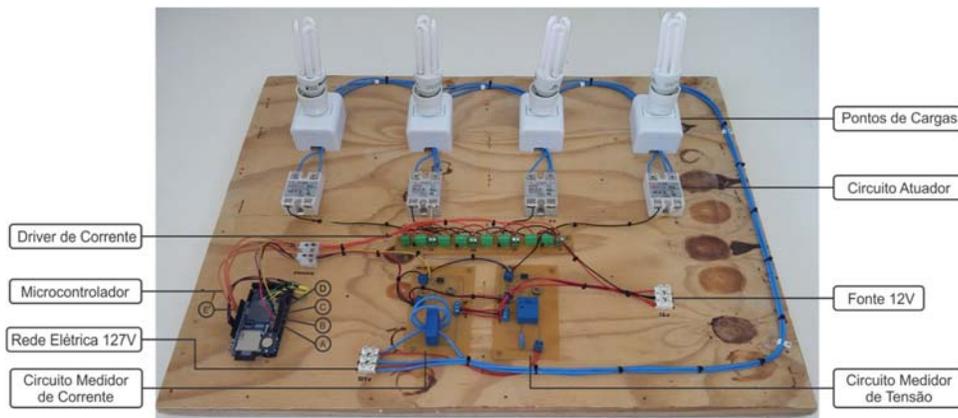


Figura 4. Plataforma experimental automatizável.

A Fig. 4 destaca os 4 pontos de carga com as respectivas lâmpadas fluorescentes usadas como cargas. Destaca ainda os 4 elementos de atuação (circuito atuador), isto é, os relés de estado sólido SSR-25 com os respectivos *drivers* de corrente (Fig. 6), o circuito medidor de tensão contendo o sensor de tensão LV-25p e a eletrônica necessária para o seu funcionamento (Fig. 7), o circuito medidor de corrente contendo o sensor de corrente LA-55p e a eletrônica necessária para o seu funcionamento (Fig. 8). Por fim, observa-se ainda na Fig. 4 o kit microcontrolador Arduino DUE com o *shield datalogger* acoplado para armazenamento das amostras de dados adquiridos.

O kit Arduino DUE foi utilizado neste projeto por permitir a obtenção de um hardware de processamento embarcado suficientemente eficiente em um tempo relativamente rápido. O kit é constituído por um microcontrolador ATMEL SAM3X8E com arquitetura Cortex-M3, composto de registradores de 32bits, com uma velocidade de *clock* de 84MHz e uma tensão de operação de 3,3V. Este kit em especial apresenta um conversor A/D de 12 bits (o de maior resolução dentre os kits Arduino), garantindo uma resolução adequada para os dados a serem adquiridos. Além disso, foi acoplado ao kit um *shield datalogger* capaz de permitir o armazenamento de uma grande massa de dados em cartões SD. O *shield datalogger* conta ainda com um relógio que permite associar os dados armazenados com o instante de aquisição.

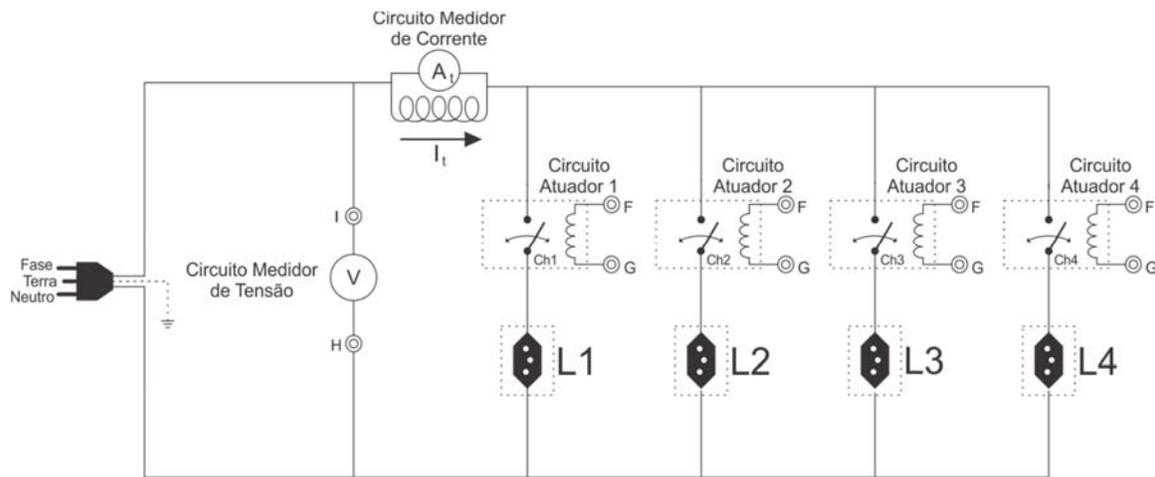


Figura 5. Diagrama esquemático da plataforma experimental automatizável.

A Fig. 6 apresenta o diagrama esquemático do *driver* de corrente, cuja placa de circuito impresso é mostrada na Fig. 4 e cujos pontos B e E (Saída Arduino) são a conexão elétrica existente entre o *driver* e o microcontrolador através das portas GND e PWM, respectivamente. Como são quatro *drivers* de corrente para acionar quatro relés individualmente, utilizam-se as portas PWM 5, PWM 6, PWM 7 e PWM 8 do microcontrolador. Os pontos G e F mostrados na Fig. 6 (Saída Circuito Atuador) conectam-se com os pontos G e F da Fig. 5. Observa-se, mais uma vez, que são necessários quatro *drivers* de corrente, os quais são alimentados por uma fonte de 12V CC capaz de fornecer pelo menos 1A. Cabe destacar que a Fig. 4 mostra também o *borner* de conexão da fonte de 12V.

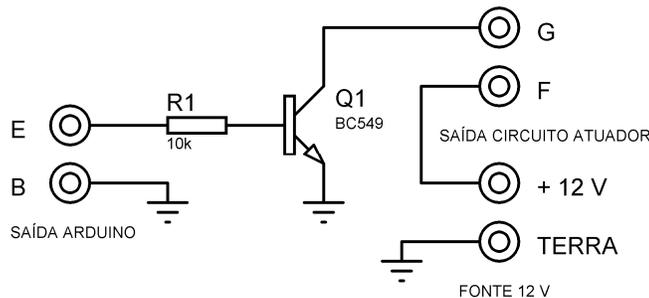


Figura 6. Diagrama esquemático do *driver* de corrente.

A Fig. 7 é o diagrama esquemático do circuito medidor de tensão, cuja placa de circuito impresso é mostrada na Fig. 4 e representada na Fig. 5 pelo símbolo V. Os pontos D e B do circuito (Entrada

Arduino) conectam-se com o microcontrolador (vide Fig. 4) através das portas A1 (entrada analógica) e GND, respectivamente. Os pontos A e B (Fonte de 3,3V) garantem os limites de operação do microcontrolador, isto é, de 0 a 3,3V CC. Os pontos H e I (Rede Elétrica) do circuito medidor de tensão conectam-se no circuito da Fig. 5, sendo, portanto, o ponto de medição da tensão elétrica aplicada ao conjunto de cargas. Por fim, a placa do circuito medidor de tensão necessita de uma alimentação simétrica de +12V e -12V para funcionar, como pode ser observado nos respectivos pontos de conexão (Fonte de 12V).

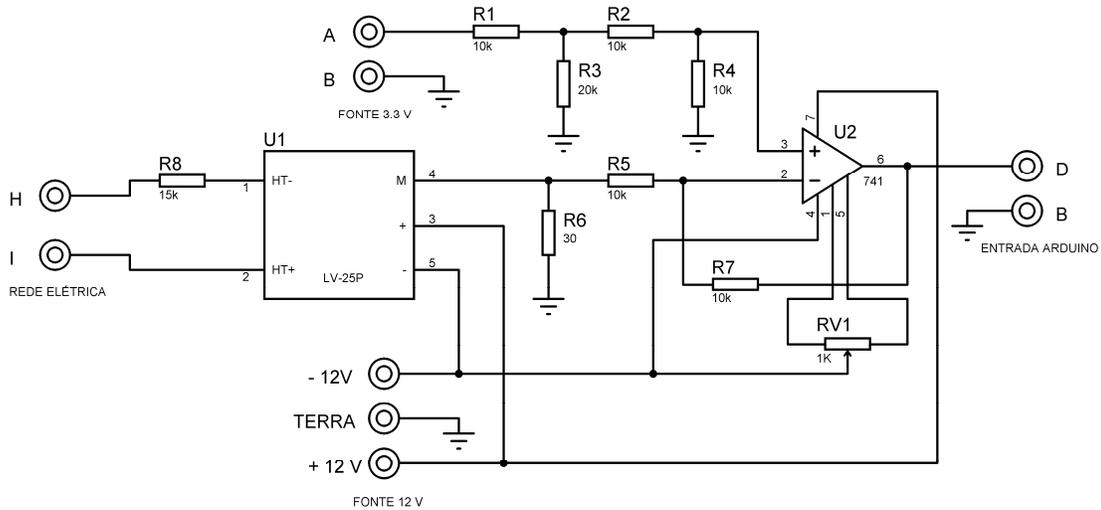


Figura 7. Diagrama esquemático do circuito medidor de tensão.

A Fig. 8 mostra o diagrama esquemático do circuito medidor de corrente, cuja placa de circuito impresso é destacada na Fig. 4 e cujos pontos C e B (Entrada Arduino) conectam-se com o microcontrolador (vide Fig. 4) através das portas A0 (entrada analógica) e GND, respectivamente. Os pontos A e B (Fonte de 3,3V) garantem os limites de operação do microcontrolador, isto é, de 0 a 3,3V CC. A placa do circuito medidor de corrente necessita de uma alimentação simétrica de +12V e -12V para funcionar, como pode ser observado nos respectivos pontos de conexão (Fonte de 12V). Por fim, cabe destacar que o sensor de corrente LA-55p, indicado pelo símbolo U1 na Fig. 8, é baseia-se no efeito *hall*, possibilitando a medição da corrente elétrica fornecida ao conjunto de cargas da Fig. 4 sem a necessidade de uma conexão elétrica com o referido circuito (acoplamento eletromagnético).

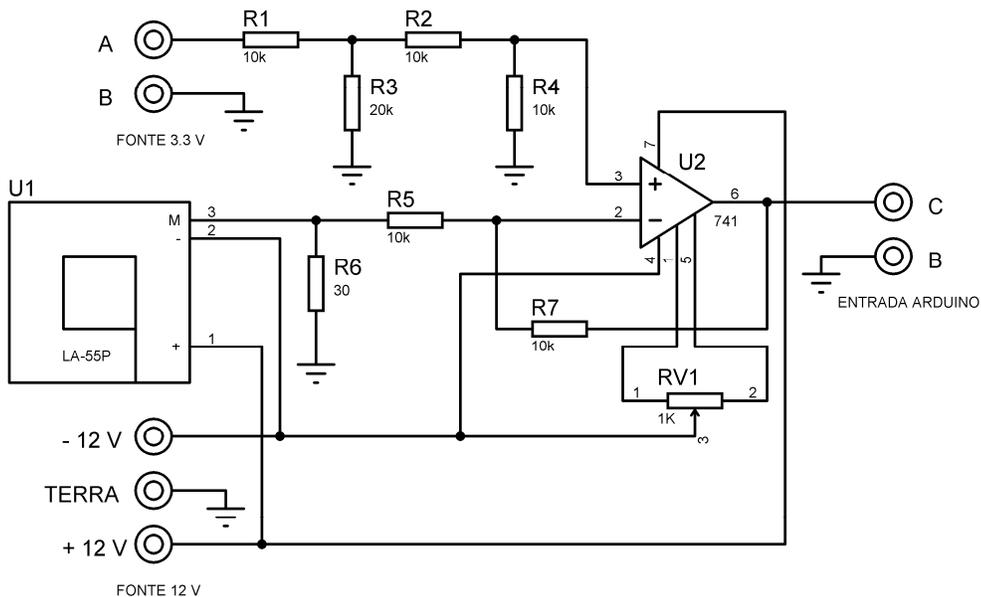


Figura 8. Diagrama esquemático do circuito medidor de corrente.

2.2 Algoritmo de aquisição automática de dados

A Fig. 9 apresenta o fluxograma de representação do algoritmo de aquisição automática de dados. De acordo com o fluxograma, o sistema deve, ao ser iniciado, entrar em estado de *setup*, onde o usuário deve ajustar alguns parâmetros de funcionamento, sendo esta a única etapa de funcionamento do sistema que prevê alguma intervenção humana. Os parâmetros a serem ajustados são a frequência de amostragem (f_s), a quantidade de janelas (N_w) a serem amostradas em cada uma das 16 configurações, a duração de cada janela (T_w), o intervalo entre janelas adquiridas (ΔT_w) e a indicação do transiente caso deseje-se inserir amostras do regime transiente de cada configuração.

Na inicialização, alguns parâmetros são configurados de forma padrão pelo algoritmo. São eles, a configuração inicial, o tempo de aquisição para cada configuração e o contador de janelas de amostragem. Na sequência, o sistema entra em modo automático de aquisição de dados, seguindo todas as 16 configurações possíveis de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Configurações possíveis para o arranjo de cargas.

Decimal	Binário	Conf
0	0000	L0
1	0001	L1
2	0010	L2
3	0011	L3
4	0100	L4
5	0101	L5
6	0110	L6
7	0111	L7
8	1000	L8
9	1001	L9
10	1010	L10
11	1011	L11
12	1100	L12
13	1101	L13
14	1110	L14
15	1111	L15

De acordo com o fluxograma da Fig. 9, após a inicialização, verifica-se se as amostras do regime transiente de cada configuração devem ou não fazer parte do banco de dados a ser adquirido. Caso o usuário tenha optado por não adquirir amostras do regime transiente, o sistema aguarda o tempo necessário para que a configuração de cargas entre em regime permanente. Assume-se aqui que tal tempo é o período ajustado para a aquisição de uma janela (T_w).

Após o tempo T_w (caso não seja necessário adquirir amostras do transiente) ou imediatamente após a inicialização do sistema (caso seja necessário adquirir amostras do transiente), o sistema entra em modo de aquisição, onde são adquiridas amostras de tensão e de corrente fornecidas ao arranjo de cargas em uma frequência de amostragem, f_s , ajustada na etapa de *setup*. Ao final do tempo de amostragem de uma janela, T_w , são obtidas N_s amostras, cujo valor é dado por

$$N_s = f_s T_w \quad (1)$$

Ao final da aquisição das N_s amostras, o sistema entra em um período de possível ociosidade, o qual é dado por

$$T_{bs} = \Delta T_w - T_w \quad (2)$$

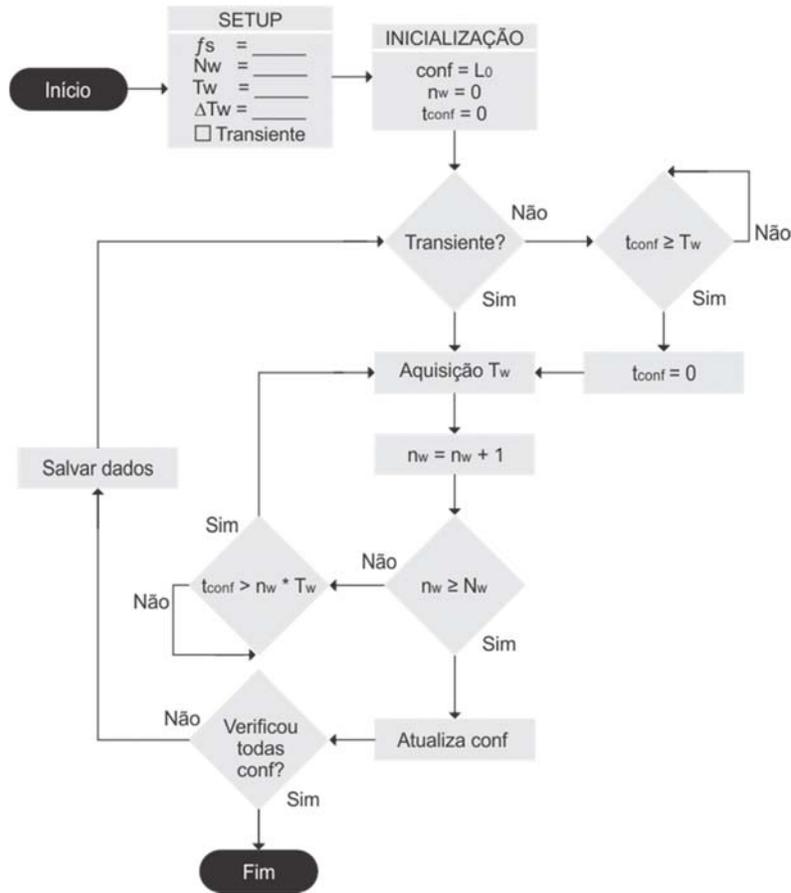


Figura 9. Fluxograma de representação do algoritmo de aquisição automática de dados.

Em tal período, o microcontrolador fica disponível para realizar outras atividades de menor prioridade como, por exemplo, mover os dados armazenados temporariamente em uma memória interna (*buffer*) para uma memória externa (no caso, um cartão SD).

Como já mencionado, um dos parâmetros ajustados pelo usuário na etapa de *setup* do sistema é o número de janelas (N_w) a serem adquiridas para cada configuração considerada. Logo, cada janela de dados conterá um conjunto N_s de amostras representando o funcionamento do sistema em diferentes momentos, proporcionando uma maior robustez do conjunto de dados para cada configuração, uma vez que certos efeitos dinâmicos podem ser contemplados dessa forma tais como, por exemplo, a influência do efeito Joule,

O número de amostras para cada configuração é dado por

$$N_{sconf} = N_w N_s \quad (3)$$

Após a aquisição de cada N_{sconf} amostras, o sistema garante que tais amostras sejam adequadamente armazenadas (Salvar dados) e é automaticamente ajustada uma nova configuração dentre as apresentadas na Tabela 2, realizando-se todo o procedimento descrito para cada uma daquelas 16 configurações, de modo que, ao final do funcionamento autônomo do sistema de aquisição, é disponibilizado um banco de dados com

$$N = 16 N_{sconf} \quad (4)$$

amostras de tensão e corrente elétricas fornecidas aos arranjos de carga.

Portanto, o banco de dados adquirido para o estudo dos resultados da plataforma experimental automatizável encontra-se disponível no GitHub armazenado em um repositório público e pode ser acessado através do *link*: <www.github.com/socolfrancisco/aquisicaoDeDados>

3. Resultados

Para validação do trabalho, foram utilizadas cargas elétricas semelhantes àquelas usadas em (PAIXÃO, 2016), isto é, 4 lâmpadas fluorescentes compactas com as mesmas especificações técnicas e de mesmo fabricante.

De acordo com o fabricante do microcontrolador Arduino DUE, a frequência de funcionamento do conversor AD é dada por

$$ADClock = \frac{MCK}{(prescal + 1)2} \quad (5)$$

onde MCK é o *clock* do microcontrolador, neste caso 84 MHz, e $0 \leq prescal \leq 255$ é o fator de escala que relaciona a frequência do conversor AD com o relógio do microcontrolador.

Destaca-se aqui que a largura de banda do sensor de corrente LA-55p é de 200 kHz (vide Tabela 1), o que significa dizer que possíveis componentes harmônicas no sinal de corrente são filtradas a partir de 200 kHz pelo próprio sensor. O circuito medidor de corrente, cujo esquemático pode ser visto na Fig. 8, possui um estágio de amplificação baseado no Amplificador Operacional da série UA741CN, o qual funciona como um filtro passa-baixas com frequência de corte.

$$W_{3dB} = \frac{A_0 W_b}{1 + \frac{R_2}{R_1}} \quad (6)$$

onde A_0 é o ganho em CC do amplificador operacional, W_b é a frequência em -3 dB abaixo do ganho em CC, R_1 e R_2 definem a relação de ganho de sinais com frequências até o W_{3dB} .

A Tabela 3 apresenta os valores das variáveis empregadas no estágio de amplificação do sinal de corrente, de modo que, da Eq. (6), conclui-se que $W_{3dB} = 31,4$ MHz.

Como W_{3dB} é muito superior à largura de banda do sensor LA-55p, pode-se concluir que o hardware de aquisição de corrente é limitado em frequência pelo referido sensor, de modo que, pelo teorema de *Nyquist*, a frequência de amostragem f_s tem que ser no mínimo igual a 400 kHz, isto é $f_s \geq 2 * 200kHz$, para que não haja sobreposição de espectro.

Tabela 3. Valores das variáveis envolvidas no estágio de amplificação dos sinais de corrente

Variável	Valor
A_0	10^5
W_b	$2\pi 100$
R_1	10.000
R_2	10.000

Com base no exposto, ajustou-se o conversor AD para um *prescal* igual a 64, o que corresponde a um *ADClock* de 646 kHz, o que permitiu uma taxa de amostragem de 35,02 kamostras/segundo. Para efeito de comparação, o sistema de aquisição apresentado em (Paixão, 2016) possuía uma taxa de amostragem máxima de 25 kamostras/segundo. Logo, o sistema de aquisição autônomo apresentado neste artigo alcança uma taxa de amostragem 40% superior à alcançada no sistema manual, o que é um resultado de grande relevância, tendo em vista que, quanto maior a taxa de amostragem maior é a resolução do sistema, isto é, mais informações podem ser extraídas do sinal adquirido.

A Fig. 10 apresenta um exemplo de sinais adquiridos com o sistema manual usado em (Paixão, 2016). Já a Fig. 11 apresenta um exemplo de sinais adquiridos usando o sistema automatizado na frequência de amostragem de 35,02 kamostras/segundo. Observa-se que os sinais obtidos com o sistema automático, desenvolvido neste trabalho, são coerentes com os obtidos em (Paixão, 2016).

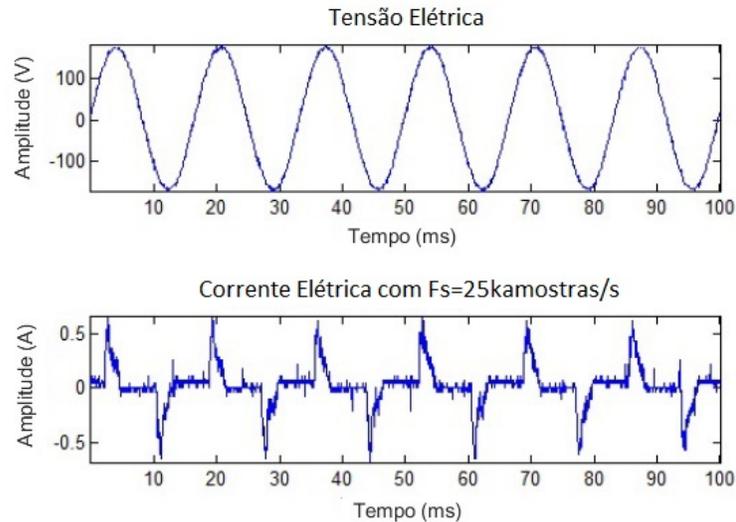


Figura 10. Sinais elétricos de lâmpada fluorescente compacta adquiridos com sistema de aquisição manual. Fonte: Paixão, (2016).

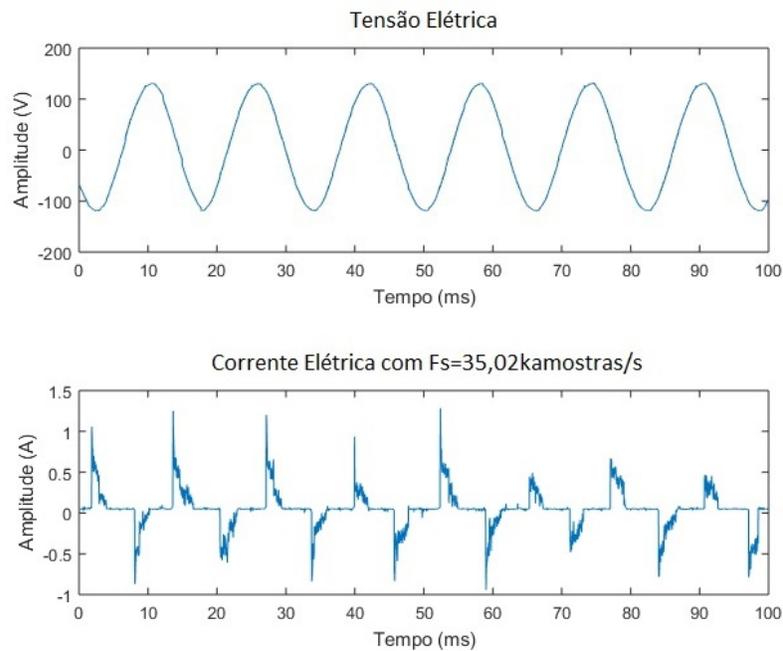


Figura 11. Sinais elétricos de lâmpada fluorescente compacta adquiridos com sistema de aquisição automático.

4. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo apresentar uma solução ao problema de aquisição de dados via Monitoramento Não Intrusivo de equipamentos elétricos. Para isso, usaram-se como base os procedimentos experimentais apresentados em (Paixão, 2016), os quais foram realizados de forma manual, consistindo, portanto, em uma importante limitação, tendo em vista que o procedimento manual é lento e trabalhoso. Logo, o sistema aqui apresentado permitiu a automatização dos procedimentos, agregando eficiência no processo de composição de bancos de dados que sejam mais ricos em informação do que os gerados em (Paixão, 2016) e com muito menos esforço humano.

Além disso, o sistema aqui apresentado foi capaz de adquirir dados a uma taxa de amostragem 40% superior àquela usada em (Paixão, 2016), o que é uma contribuição de grande relevância, tendo em vista que, quanto maior tal parâmetro, melhores serão as chances, por exemplo, de obter sucesso ao aplicar técnicas de identificação de equipamentos em uma rede elétrica inteligente (*smart grid*).

Agradecimentos

Os autores deste artigo agradecem o apoio do CNPq, Proc. 443384/2014-2 e da FAPES/ES, Proc. 67651259/14.

Referências bibliográficas

- Bouhouras, A. S; Milioudis, A. N.; Labridis, D. P. *Development of distinct load signatures for higher efficiency of nilm algorithms*. Electric Power Systems Research, 1(117):163–171, 2014.
- Chang, H.-H.; Chen, K.-L.; Tsai, Y.-P.; Lee, W.-J. *A new measurement method for power signatures of nonintrusive demand monitoring and load identification*. IEEE Trans. Ind. Appl., 48(2):764–771, 2012.
- Chang, H.-H.; Lin, L. S.; Chen, N.; Lee, W.-J. *Particle-swarm optimization-based nonintrusive demand monitoring and load identification in smart meters*. IEEE Trans. Ind. Appl., 49(5):2229–2236, 2013.
- Drenker, S.; Kader, A. *Nonintrusive monitoring of electric loads*. IEEE Comput. Appl. Power, 12(4):47–51, 1999.
- Dong, M.; Meira, P. C.; Xu, W.; Freitas, W. *An event window based load monitoring technique for smart meters*. IEEE Transactions on Smart Grid, 3(2):787–796, 2012.
- Figueiredo, M.; Almeida, A.; Ribeiro, B. *Home electrical signal disaggregation for non-intrusive load monitoring (nilm) systems*. Neurocomputing, 96:66–73, 2012.
- Heart, G. W. *Non intrusive appliance load monitoring*. Proceedings of the IEEE, v. 80, n. 12, p. 1870-1891, 1992.
- Logenthiran, T.; Srinivasan, D.; Shun, T. Z. *Demand side management in smart grid using heuristic optimization*. IEEE transactions on smart grid, v. 3, n. 3, p. 1244-1252, 2012.
- Paixão, A. R. *Classificação Inteligente Aplicada ao Problema de Identificação de Cargas Elétricas “Idênticas”*, Dissertação de Mestrado, 2016.
- Toledo, F. *Desvendando as Redes Elétricas Inteligentes: Smart Grid Handbook*. Brasport, 2012.
- Xu, Y.; Milanović, J. V. *Artificial-intelligence-based methodology for load disaggregation at bulk supply point*. IEEE Transactions on Power Systems, v. 30, n. 2, p. 795-803, 2015.