

HARDWARE DE MONITORAMENTO PARA CONDICIONADORES DE AR NO CAMPUS PALMAS

Lucas Kauan O. de Sousa¹, Marcus A. P. Oliveira², Maxwell M. Costa², Wendell E. M. Costa²

¹Graduando do Curso de Engenharia Elétrica - IFTO. e-mail: <kauanzx8@gmail.com>

²Professor - IFTO. e-mail: <marcusandre@ifto.edu.br>, <maxwell@ifto.edu.br>, <wendell@ifto.edu.br>

Resumo: Diante da necessidade de aperfeiçoar o uso das unidades de ar condicionado do IFTO – Campus Palmas, visando redução de custos com energia elétrica e manutenção corretiva, foi desenvolvido e instaladas diversas unidades de um sistema composto por *hardware* e *software* de baixo custo. Esta solução utiliza vários dos recentes avanços na área da eletrônica de instrumentação e comunicação de dados, coletando informações em tempo real através do sistema, servindo também como importante ferramenta administrativa para o planejamento racional do uso dos ambientes do Campus. Pelos resultados obtidos, será possível identificar pontos com maior índice de falhas técnicas e suas causas prováveis; análise da qualidade da energia em diferentes cenários de carga; comparação de tecnologias e equipamentos utilizados, justificando a troca de equipamentos com alto consumo energético.

Palavras-chave: eficiência energética, *hardware* de baixo custo, IoT (internet das coisas)

1 INTRODUÇÃO

Os altos valores gastos no IFTO Campus Palmas com faturas de energia elétrica, em grande parte com valores acima de R\$100.000,00 mensais, mostram a urgência em se realizar uma análise detalhada dos equipamentos utilizados, com os melhores recursos técnicos disponíveis. Os condicionadores de ar constituem as maiores cargas do sistema elétrico do Campus Palmas, e possuem como característica principal serem, em sua maioria, ineficientes energeticamente e cujo controle de operação fica a cargo dos usuários locais. Esta dinâmica de utilização gera grandes desperdícios, os quais precisam ser inicialmente identificados e posteriormente combatidos com a troca de equipamento e novas formas de controle de utilização.

Com esta visão, foram desenvolvidas diferentes versões para o *hardware* de uma plataforma IoT (*Internet of Things* ou Internet das Coisas) de monitoramento de unidades de ar condicionado para o IFTO - Campus Palmas, que serve como ferramenta de análise e gerenciamento de consumo de energia elétrica. Neste modelo, cada equipamento passa a ser um elemento ativo na Internet, fornecendo e/ou recebendo dados de usuários ou sistemas de controle remotamente. Além do que será exposto neste trabalho, a plataforma também possui *software* embarcado, banco de dados remoto e *software* WEB para visualização de resultados; funcionalidades adicionais estarão também disponíveis, como acionamento remoto dos equipamentos de forma programada ou por eventos [1].

A tabela 1 apresenta as 13 unidades de condicionadores de ar nas quais o sistema proposto encontra-se realizando monitoramento (quantitativo em expansão). Estas unidades vêm fornecendo dados relevantes para identificar pontos de alto consumo e equipamentos ineficientes, como será possível observar pelos resultados apresentados nas seções a seguir.

Tabela 1 – Modelos dos equipamento sob monitoramento

| Modelos | Potência de Refrigeração | Local de instalação | Tecnologia | Número de unidades monitoradas |
|------------------|--------------------------|------------------------|--------------|--------------------------------|
| Carrier Xpower | 22000 btuh | Bloco 9-A | Inverter | 1 |
| Midea MSE1 | 22000 btuh | Almoxarifado Coind (1) | Convencional | 2 |
| Coolix CLP-36CR | 36000 btuh | Bloco 9 | Convencional | 3 |
| Samsung ASV18PSB | 18000 btuh | Bloco 7 | Inverter | 3 |
| Carrier 38CCV | 36000 btuh | Bloco 7-A e 9 | Inverter | 4 |

Fonte: análise do autor.

2 METODOLOGIA

O desenvolvimento de um *hardware* integrado a uma plataforma de visualização de dados envolve um trabalho constante de análise comportamental e aprimoramento de protótipos, com as seguintes etapas:

- Análise e pesquisa de componentes adequados, considerando custo, eficiência e disponibilidade;
- Simulação utilizando o *software Proteus 8 Professional*;
- Confeção de protótipo na máquina CNC de prototipagem *LPKF[®] S63*;
- Montagem de protótipo em bancada e ensaio preliminar;
- Instalação e coleta de dados para análise;
- Manutenção corretiva e reprogramação das unidades de coleta de dados, quando necessário.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas figuras 1 a 6 são apresentados os principais protótipos desenvolvidos e amostras dos dados colhidos.

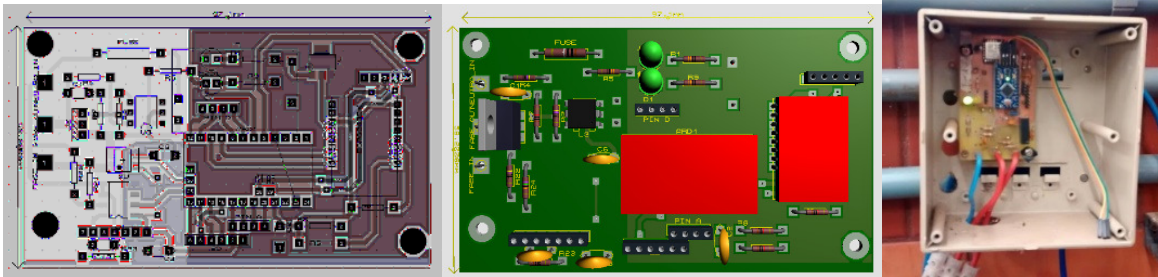


Figura 1 - Primeiro protótipo: layout, pré-visualização e montagem final.

O primeiro protótipo, apresentado na figura 1, era baseado no microcontrolador de 8 bits ATmega328p [2], programado na IDE Arduino, além de módulo de comunicação ESP-12E [4]. Embora já funcional, possuía limitações na quantidade de memória RAM (2 KB), qualidade do ADC (10 bits) e de velocidade de processamento (8MHz) da CPU. Deste modo, a forma de onda coletada não apresentava a qualidade necessária para análise harmônica dos sinais. Além de medir tensões de até 240 V_{AC}, era possível com esta placa medir correntes CC ou CA de 5A, 20A ou 30A utilizando sensores de efeito Hall SMD da série ACS712x [3].

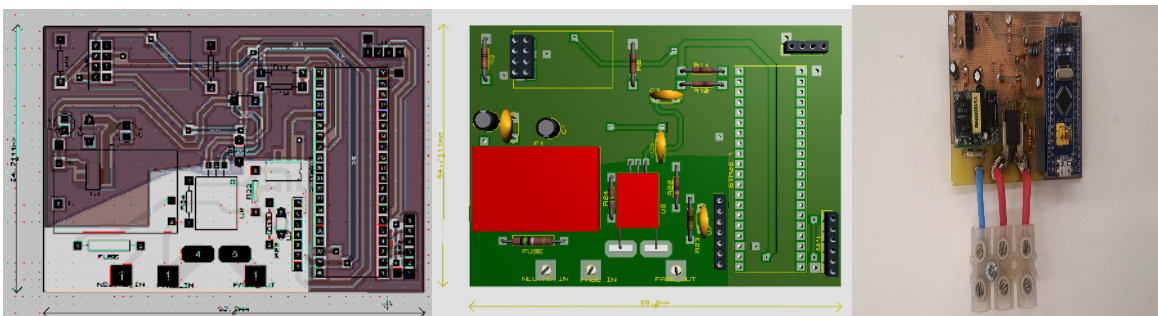


Figura 2 - Segundo protótipo: layout, pré-visualização e montagem final.

Na segunda versão, apresentado na figura 2, passou-se a utilizar o microcontrolador STM32f103C8T6 [5]. Este processador de 32 bits possui *clock* de 72 MHz, 32 KB RAM, ADC 12 bits e operações em ponto flutuante via *hardware*, além de outros recursos. O módulo ESP-12E foi substituído pelo ESP-01 para simplificar a montagem, mantendo as mesmas características de transmissão. Apesar do uso dos novos componentes, manteve-se aproximadamente o mesmo custo do circuito. Esta placa possuiu adicionalmente uma opção de medir correntes CA de 50A, 100A, 150A ou 200A com sensores da série ACS758x.

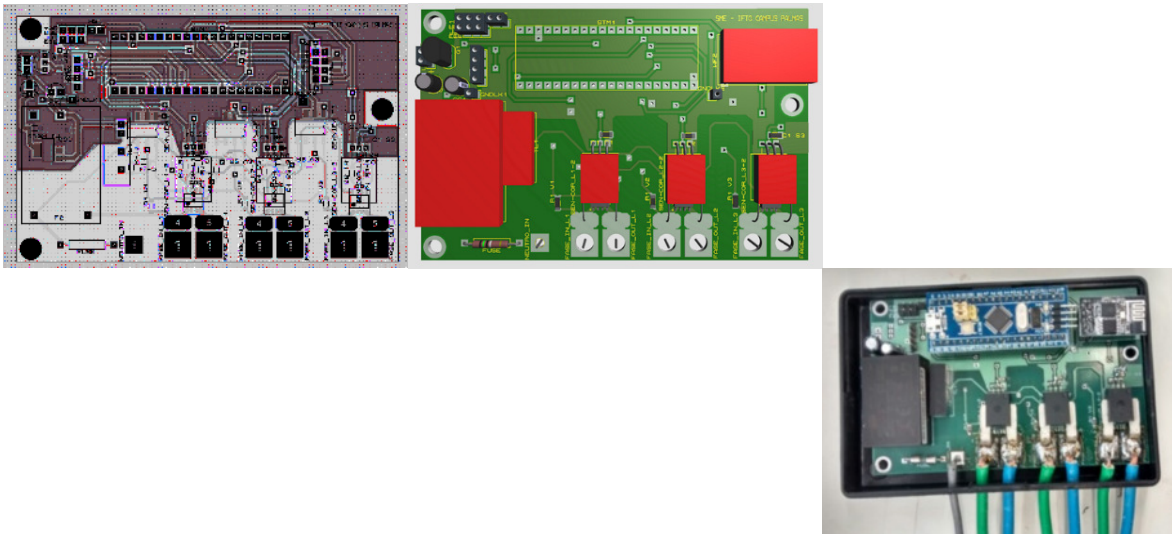


Figura 3 - Terceiro protótipo: layout, pré-visualização e montagem final.

Para permitir a medição de equipamentos condicionadores de ar trifásicos ou 3 unidades monofásicas, o terceiro protótipo (mostrado na figura 3) teve *layout* redesenhado e confecção utilizando processo industrial em empresa terceirizada. Outro aperfeiçoamento no projeto foi a possibilidade da placa ser montada com dois modelos de sensores de corrente diferentes, o que permitiu uma enorme versatilidade para a instalação do sistema, onde um só tipo de placa atendia a todas as necessidades.

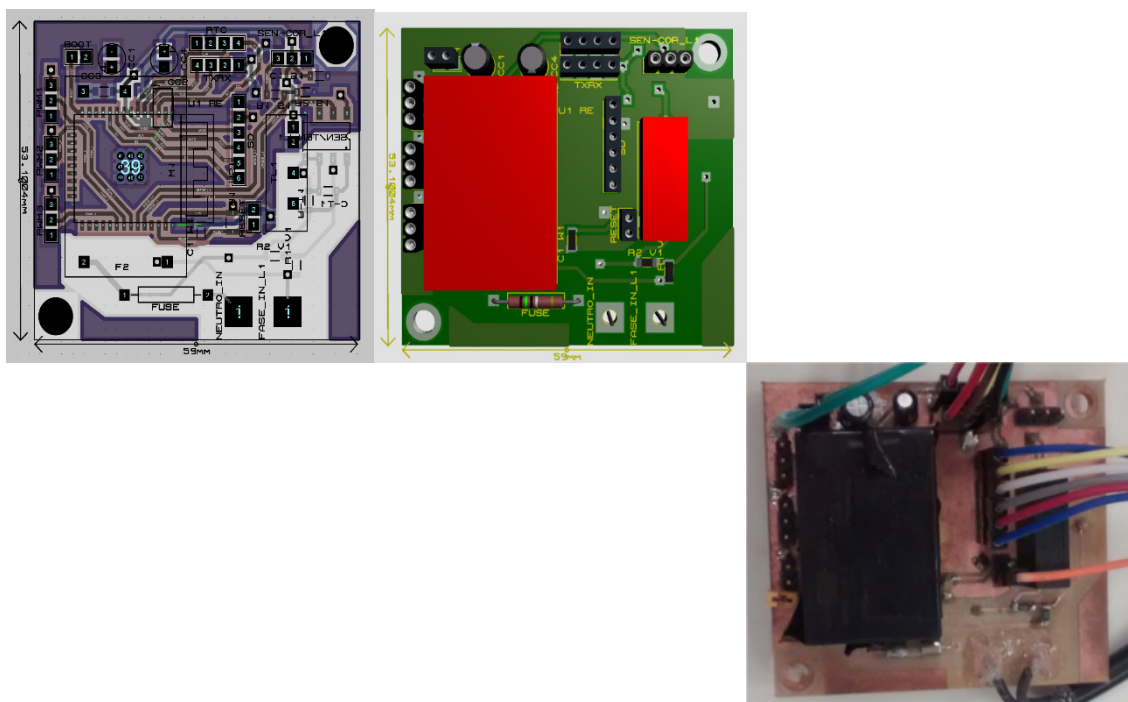


Figura 4 - Quarto protótipo: layout, pré-visualização e montagem final.

No atual momento da pesquisa, está sendo desenvolvido o quarto protótipo mostrado na figura 4. O grande diferencial é a substituição de ambos os componentes STM32f103C8T6 e ESP-01 pelo recém-lançado ESP-32S [6], com desempenho ligeiramente superior e economia de espaço, tornando a placa mais compacta. Outra modificação relevante é a troca dos sensores de corrente por unidades não-invasivas como os da série WCS1600 [7], simplificando a instalação da unidade junto ao ar condicionado ou outro equipamento sob monitoramento.

Alguns resultados coletados a partir das leituras realizadas pelo *hardware* desenvolvido são apresentados nas figuras 5 e 6.

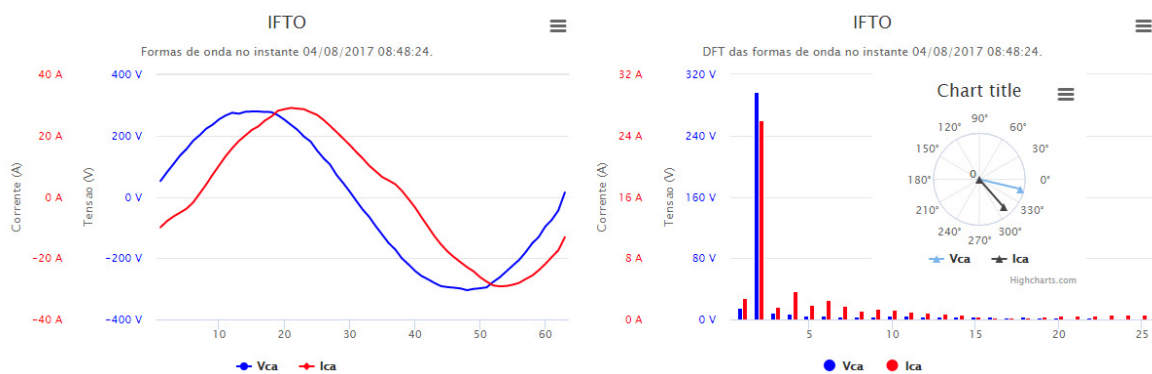


Figura 5 - Formas de onda e espectro harmônico obtidas através do sistema de monitoramento.

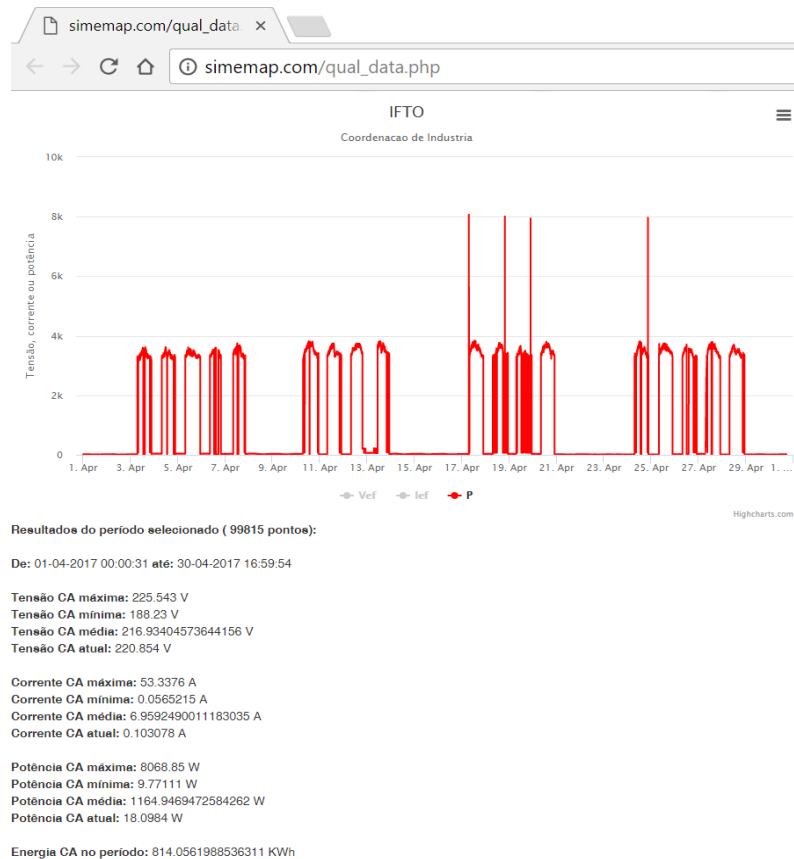


Figura 6 - Gráfico da potência obtido através do sistema de monitoramento.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *hardware* apresentado é parte essencial da plataforma IoT de monitoramento em desenvolvimento. A evolução natural dos componentes e métodos causou as mudanças percebidas nas diferentes placas projetadas, e novas alterações estão sendo estudadas para versões futuras. Os resultados já obtidos são bastante satisfatórios e há planos para expandir aplicações e recursos utilizando este mesmo circuito, permitindo medição de vazão de líquidos, temperatura, luminosidade ou outras grandezas físicas apenas efetuando a adequação de sensores.

REFERÊNCIAS

- [1] OLIVEIRA, Marcus A. P., SOUSA, Lucas K. O. **Plataforma de monitoramento de condicionadores de ar no Campus Palmas**. In: I Encontro de Integração Científica – 2017, Palmas-TO, 2017.

[2] ATMEL CORPORATION. **Manual do componente: ATmega328P.** Disponível em: <http://www.atmel.com/Images/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf> Acesso em: 07/08/2017.

[3] ALLEGRO MICROSYSTEMS. **Manual do componente: ACS712ELCTR-20A.** Disponível em: <<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/168328/ALLEGRO/ACS712ELCTR-20A-T.html>> Acesso em: 07/08/2017.

[4] ESPRESSIF SYSTEMS. **Manual do componente: ESP-12E e ESP-01.** Disponível em: <http://espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf> Acesso em: 07/08/2017.

[5] STMICROELECTRONICS. **Manual do componente: STM32f103c8t6.** Disponível em: <<http://www.st.com/en/microcontrollers/stm32f103c8.html>> Acesso em: 07/08/2017.

[6] ESPRESSIF SYSTEMS. **Manual do componente: ESP-32S.** Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf> Acesso em: 07/08/2017.

[7] WINSON SEMICONDUCTOR CORPORATION. **Manual do componente: WCS1600.** Disponível em: <<http://www.winson.com.tw/Data%20Sheet/WCS1600.pdf>> Acesso em: 07/08/2017.

i O *Proteus Design Suite* é um *Electronic Design Automation* (EDA), um *software* que combina a facilidade de uso com recursos poderosos para testar e projetar PCBs profissionais. Com captura esquemática, simulação, módulos de *layout* PCB e visualização em 3D. É desenvolvido na Inglaterra por *Labcenter Electronics Ltd.*

ii *LPKF Laser & Electronics AG*, tem sede global em Garbsen, na Alemanha. A empresa atua nas áreas de eletrônica, movimento e controle, soldagem de plásticos a laser e fotovoltaica, soluções de prototipagem e micromecanização para operadoras de circuitos, ela também possui sistemas de ponta para unidades de precisão, juntas de plásticos, tecnologia de células solares e soluções de medição.