

Sistema de baixo custo para aquisição da corrente elétrica de um motor trifásico

Tiago Vieira da Cunha¹
William Vinícius de Oliveira²
Gabriel Henrique Wondracek³
Carlos Mauricio Sacchelli⁴

¹Professor Doutor da Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil (t.cunha@ufsc.br)

²Graduando da Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil (williamvoliveira770@gmail.com)

³Graduando da Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil (gabihw.2005@gmail.com)

⁴Professor Doutor da Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil (carlos.sacchelli@gmail.com)

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo mostrar o desenvolvimento de um sistema de baixo custo para a aquisição da corrente de um motor trifásico utilizando Arduino e o sensor SCT-013, e posteriormente o desenvolvimento de um novo sistema capaz de transmitir os dados via wireless, assim por fim, realizando uma comparação dos dados obtidos para a validação deste novo sistema.

Palavras-chave: Arduino; SCT-013; Corrente elétrica; Baixo custo.

INTRODUÇÃO

Com a tecnologia cada vez mais presente em ambientes industriais, sendo um de suas aplicabilidades as chamadas manutenções preditivas, uma metodologia que diferente da manutenção preventiva, realiza um monitoramento constante do equipamento, para que assim possa identificar anomalias, entretanto esta metodologia acompanha geralmente um problema, o alto custo de sensores e sistemas, entre alguns sistemas existentes estão o sistema complexo da Tractian que trabalham com mensalidades e o Sensor IOT WEGSCAN 100-1-MFM que gira em torno de 1500 reais e inclui um plano de assistência de apenas um ano. Com isto abre-se a oportunidade de criar placas alternativas de baixo custo.

“A manutenção preditiva vem sendo cada vez mais utilizada principalmente na indústria 4.0, já que a oportunidade de monitorar o desempenho da máquina em tempo real se torna possível, e assim a identificação de defeitos se torna quase que imediata.”

No ambiente acadêmico, na realização de pesquisas e experimentos voltados a equipamentos, também se faz uso desta metodologia de manutenção preditiva, entretanto como o já mencionado alto custo destes sistemas, acaba sendo um empecilho no cumprimento destes objetivos, e novamente alternativas de baixo custo tanto disponíveis no mercado como a criação própria destes sistemas acabam sendo mais “atraentes”.

Habitualmente, estes sistemas que realizam a aquisição de dados de um equipamento utilizam IOT (internet of things), para uma melhor visualização destes dados.

Sistemas usando internet das coisas (IOT - internet of things), segundo o estudo da Bsquare (2017), 86 % das organizações industriais já haviam adotado soluções IIoT, mostrando assim que se tornam cada vez mais presentes em fábricas que tem por seu objetivo, o de monitorar em tempo real o desempenho de uma máquina, assim tornando possível a manutenção preditiva da mesma através dos dados coletados.

Compreendido a necessidade tanto do mercado como do ambiente acadêmico para pesquisas, introduzimos a primeira placa que foi construída, a qual tinha a função de realizar a aquisição das correntes de um motor trifásico de uma prensa hidráulica, esta placa “comunicava-se” com o notebook através de um cabo (via serial), entretanto como já dito, a importância do uso de IOT nestes sistemas de monitoramento, foi desenvolvida uma segunda placa, a qual pode comunicar-se por WI-FI, serial ou salvar em um cartão de memória micro SD.

Afim de validação da comunicação por WI-FI, foi realizado um teste, com as placas ligadas em simultâneo, realizando a aquisição da corrente ao mesmo tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

As placas funcionam de maneiras semelhantes, diferenciando-se apenas a forma como o arduino se comunica com o notebook, para realizar as leituras das correntes do motor trifásico é posto em cada uma das fases um sensor SCT-013, este que é um sensor de corrente do Tipo Transformador de Corrente com núcleo Bi-partido. “Estes transformadores são projetados para fornecer uma corrente secundária proporcional à corrente primária com alta precisão, dentro de uma faixa específica de corrente e em condições normais de operação. Eles são amplamente utilizados em medidores de energia, sistemas de monitoramento de qualidade de energia e aplicações de medição em geral”. (TREVISAN, 2024, p. 2)

Foram utilizados três sensores, um para cada Fase, o sensor envia sinal para a placa, que após um tratamento e condicionamento, envia estes dados para um arquivo, o arduino se comunica via serial com o notebook na antiga placa, e na nova pode-se comunicar por serial, wifi e gravar os dados em um cartão SD. No notebook, executa-se um programa que salva os dados em uma planilha .XLSX, sendo a primeira coluna do tempo e as três em seguida correspondendo a cada uma das fases (Figura 1).

	A	B	C	D	E
1	Tempo(s)	Corrente	Corrente	Corrente 3	
2	0,1	6	6,1	5,1	
3	0,2	5,6	6,1	5,8	
4	0,3	5,6	5,6	4,9	
5	0,4	6	6,1	5	
6	0,5	6	5,6	4,4	
7	0,6	6	5,2	4,6	
8	0,7	5,5	5,6	5,8	
9	0,8	6	5,7	5,4	
10	0,9	5,1	6,1	5,3	
11	1	5,5	5,2	5,8	
12	1,1	6	5,6	5,8	
13	1,2	5,2	5,6	5,4	
14	1,3	6	5,7	4,9	
15	1,4	6	5,6	5,4	
16	1,5	5,9	6,1	5	

Figura 1. Dados salvos na planilha .XLSX.

As placas foram desenvolvidas seguindo o diagrama abaixo:

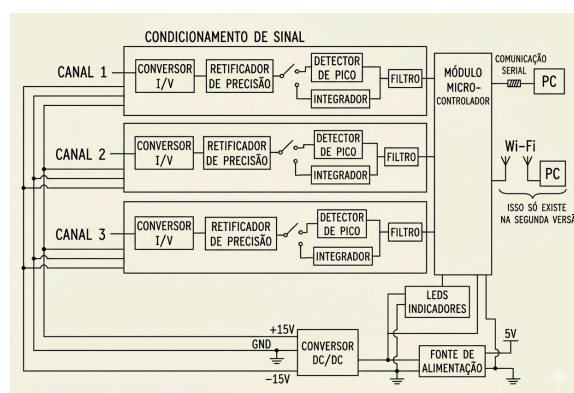


Figura 2. Diagrama do sistema das placas de aquisição de corrente

As placas foram desenvolvidas sobre uma base de fenolite, e depois colocada em uma caixa de suporte impressa em PLA.

O microcontrolador utilizado foi um arduino UNO, e utilizou a comunicação Serial, Lembrando que na segunda versão foi implementado a comunicação WI-FI e também a opção de salvar os dados em um arquivo no cartão SD.

Foram utilizados amplificadores operacionais para amplificar e isolar os sinais de cada fase, e usados Trimpots para realizar a calibração de precisão.

Os capacitores estão presentes nos filtros de ruído, e diodos para proteção contra picos de tensão.

Na parte de interface com o usuário, há o LED vermelho, indicando que a placa está energizada, e um botão de reset.

Resumo do Fluxo de Dados:

- **Captura:** Os TCs (Transformadores de corrente) com núcleo bi-partido, captam o campo magnético dos cabos elétricos e enviam um sinal via conector P2.
- **Tratamento:** O circuito analógico central (Amplificadores Operacionais e Trimpots) ajusta esse sinal para uma faixa de 0 a 5V DC.
- **Conversão:** O Arduino lê esse valor nas suas portas analógicas.

- Saída na primeira Versão da Placa: O código no Arduino calcula a Corrente e envia o valor via cabo USB azul diretamente para o computador,
- Saída na segunda versão da placa: O código no Arduino calcula a Corrente e envia o valor via cabo USB-C diretamente para o computador via Serial, ou por Wi-fi, ou registra num arquivo no cartão SD que está na própria placa.



Figura 3. Sensores SCT-013, acoplados em cada fase de alimentação da máquina.



Figura 4. Placa de aquisição de corrente..

Explicado a parte de hardware do sistema, iremos seguir para o software:

O sistema desenvolvido, denominado Sistema de Aquisição de Corrente (SA3C), tem como objetivo realizar a medição, aquisição, visualização e armazenamento de sinais de corrente elétrica em tempo real. A arquitetura do sistema é composta por dois módulos principais: (i) um sistema embarcado baseado em microcontrolador responsável pela aquisição dos sinais e (ii) uma aplicação computacional desenvolvida em ambiente desktop para interface com o usuário, processamento e armazenamento dos dados.

O módulo embarcado é responsável pela leitura contínua de três canais de corrente elétrica, provenientes de sensores conectados às entradas analógicas do microcontrolador. O firmware implementado executa um ciclo de aquisição baseado em amostragem periódica, no qual os valores lidos são convertidos para grandezas físicas (corrente, em amperes) conforme a calibração dos sensores utilizados.

Após a aquisição, os dados são organizados em uma estrutura contendo quatro elementos: tempo de amostragem e os três valores de corrente medidos. Esses dados são então serializados em formato textual estruturado, delimitados por caracteres de início e fim (por exemplo, < >) e separados por vírgulas. Essa estratégia facilita a validação e o parsing dos dados no sistema receptor.

A transmissão dos dados é realizada via comunicação serial (UART), tipicamente configurada com taxa de 9600 bps. O envio contínuo dos dados permite a construção de uma base temporal adequada para análise em tempo real.

A aplicação desktop foi desenvolvida em Python, utilizando a biblioteca Tkinter para a construção da interface gráfica, Matplotlib para visualização dos dados em tempo real e OpenPyXL para armazenamento em arquivos do tipo Excel (.xlsx). O funcionamento do software inicia-se com a configuração dos parâmetros de aquisição pelo usuário, incluindo a seleção da porta serial e a definição do arquivo de saída. Após a inicialização, o sistema estabelece a comunicação com o dispositivo embarcado e inicia uma thread dedicada para leitura contínua dos dados recebidos. Os dados recebidos pela porta serial são inicialmente avaliados por meio da verificação dos delimitadores e do formato esperado. Em seguida, são convertidos para valores numéricos e armazenados em estruturas de dados internas. Paralelamente, esses dados são registrados em uma planilha eletrônica, permitindo posterior análise offline.

Uma das principais características do sistema é a visualização gráfica em tempo real das três correntes medidas. O gráfico é atualizado dinamicamente a cada nova amostra recebida, proporcionando ao usuário uma visão contínua do comportamento dos sinais.

- O sistema permite ainda o ajuste dinâmico das escalas dos eixos:
- O eixo horizontal (tempo) pode ser configurado para exibir uma janela deslizante de duração definida pelo usuário;

- O eixo vertical (corrente) pode ter seu limite máximo ajustado conforme a faixa de interesse. Além da visualização gráfica, os valores instantâneos das correntes são exibidos numericamente na interface, com atualização em tempo real.

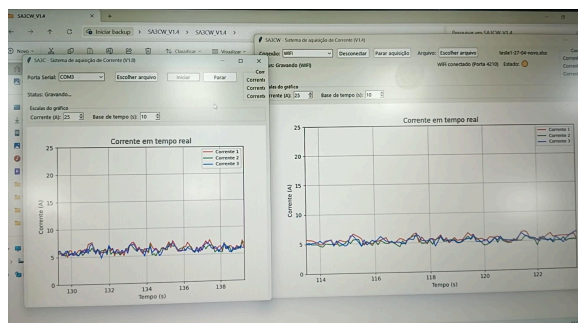


Figura 5. Foto dos gráficos sendo plotados em tempo real das duas placas.

Os dados adquiridos são armazenados em um arquivo no formato Excel (.xlsx), contendo colunas para o tempo e os três canais de corrente. Essa abordagem facilita a integração com ferramentas de análise de dados e permite a geração de relatórios, gráficos adicionais e processamento estatístico. O salvamento do arquivo é realizado automaticamente ao término da aquisição, garantindo a integridade dos dados coletados.

O sistema implementa mecanismos básicos de controle e robustez, tais como:

- Validação da porta serial antes do início da aquisição;
- Tratamento de exceções durante a leitura dos dados;
- Encerramento seguro da comunicação serial;
- Uso de threads para evitar bloqueio da interface gráfica durante a aquisição.

Essas características tornam o sistema adequado para aplicações experimentais e laboratoriais, onde a confiabilidade e a continuidade da aquisição são fatores importantes.

O SA3C apresenta uma solução integrada e de baixo custo para aquisição de múltiplos sinais de corrente, com capacidade de visualização em tempo real e armazenamento estruturado dos dados. A modularidade do sistema permite sua fácil adaptação para diferentes tipos de sensores, taxas de amostragem e aplicações, como monitoramento de consumo elétrico, análise de cargas e estudos experimentais em eletrônica e sistemas embarcados.

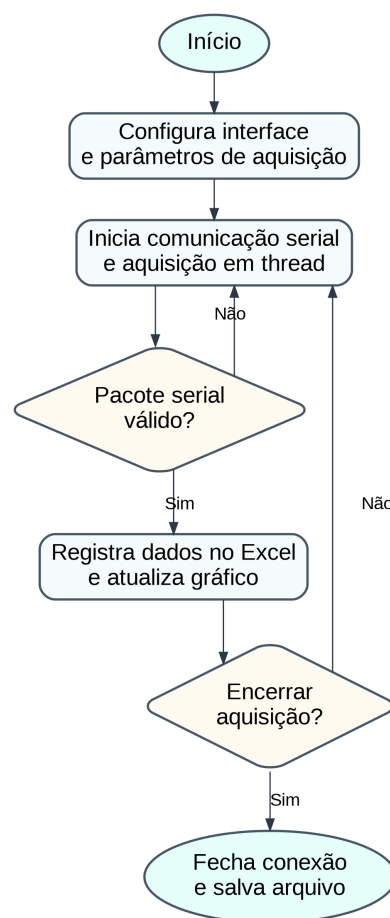


Figura 6 – Fluxograma simplificado do código Python.

Após a parte do software, seguimos para o teste que realizamos, cujo objetivo é buscar a validação das placas, de forma que as duas apresentem a mesma leitura, para isso as duas foram postas ligadas de maneira simultânea a cada uma das fases do motor, de forma que ambas coletarem o sinal ao mesmo tempo, com isso no motor foram realizados 3 regimes, o primeiro sendo de grande esforço seguido de médio e pequeno esforço, a fim de analisar a variação das correntes nestes regimes.

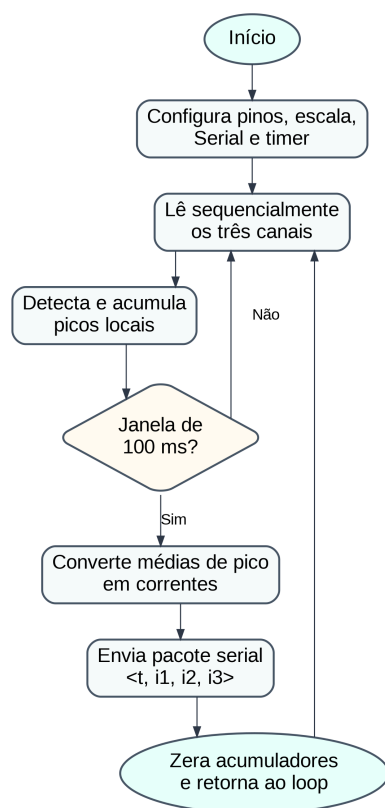


Figura 7 – Fluxograma simplificado do código embarcado no microcontrolador.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizado o teste a fim de comparação temos os seguintes gráficos:

Correntes pelo tempo placa nova

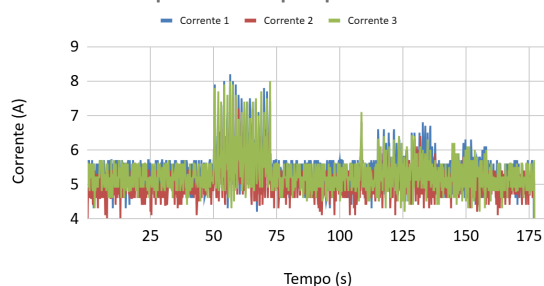


Figura 8. Gráfico das correntes pelo tempo da nova placa.

Correntes pelo tempo placa antiga

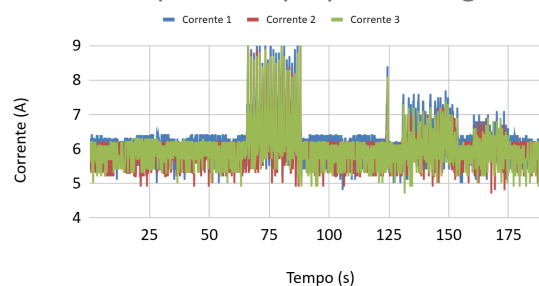


Figura 9. Gráfico das correntes pelo tempo da antiga placa.

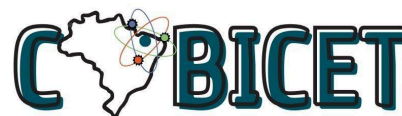
Realizando uma breve análise dos gráficos, fica evidente a discrepância nos valores, onde a placa antiga apresenta constantemente valores de corrente maiores, entretanto isso se deve a calibração dos próprios sensores, pois foi analisado as duas placas simultaneamente, logo foram usados três sensores de corrente para a primeira placa e outros três sensores de corrente para a segunda placa, pode-se evidenciar que os valores da nova placa foram levemente menores em igual proporção durante todo o período, portanto com uma calibração é possível corrigir isso.

CONCLUSÃO

Em suma temos que o teste validou a forma de conexão WI-FI da segunda placa, apesar da variação da corrente, como dito antes, isso se deve a calibração, a qual pode ser ajustada, o que reforça a importância e necessidade de calibrar corretamente o sensor, razão qual não se restringe a este sistema específico.

O desenvolvimento de ambas as placas demonstra a possibilidade de construção de sistemas de monitoramento de baixo custo e de certa forma o nível de complexidade que há neles, reforçando a atenção neste mercado que atualmente carece de opções e alternativas, além de evidenciar o “tamanho” do mesmo, podendo haver sistemas para monitorar outras grandezas, como por exemplo vibração, temperatura, carga aplicada e umidade.

Para o futuro, pensa-se em atualizar parâmetros da placa e programação, como aumentar a taxa de aquisição para se ter uma média de valores mais confiável e conseguir capturar melhor oscilações e mudanças na corrente, além de testar outros métodos de comunicação sem fio para a progressão de sistemas IOT, aumentando sua distância de envio de leituras por exemplo.



REFERÊNCIAS

BLAGOJEVIC, Marjan et al. *Autonomous electrical current monitoring system for aircraft*. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, v. 59, n. 3, p. 3345–3357, jun. 2023. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9964405>. Acesso em: 27 abr. 2026.

BSQUARE. Bsquare 2017 **Industrial Internet of Things Adoption Survey**. Seattle, WA: Bsquare Corporation, 2017. Disponível em: https://iotbusinessnews.com/download/infographics/Bsquare_IoTMaturitySurvey_Infographic.pdf?utm_source.com. Acesso em: 12 jun. 2025.

TREVISAN, Fábio Roberto; MOREIRA, Frederico Silva. **Sensores comerciais para medição de corrente elétrica**. In: ANAIS DO V CONGRESSO BRASILEIRO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA (COBICET), 5., 2024, Online. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/cobicet2024/862288-sensores-comerciais-para-medicao-de-corrente-eletrica/>. Acesso em: 27/04/2026

VARELA-ALDÁS, José; SILVA, Steven; PALACIOS-NAVARRO, Guillermo. **IoT-Based Alternating Current Electrical Parameters Monitoring System**. Energies, v. 15, n. 18, 6637, p. 1-18, set. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en15186637>. Acesso em: 27/04/2026

WONDRACEK, Gabriel Henrique; OLIVEIRA, William Vinícius de; PRESSI, Erikson Athos Portugal; SACCHELLI, Carlos Maurício. *Estudo sobre a redução de custos para o monitoramento de vibrações em indústrias e ambientes de pesquisa*. In: CONGRESSO BRASILEIRO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA (COBICET), 6., 2025, evento online. Anais [...]. 2025. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/congresso-brasileiro-interdisciplinar-ciencia-tecnologia/1198502-estudo-sobre-a-reducao-de-custos-para-o-monitoramento-de-vibracoes-em-industrias-e-ambientes-de-pesquisa>. Acesso em: 27/04/2026