

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica
ODS: 7 - Energia Acessível e Limp

IMPLEMENTAÇÃO DE UM CONTROLE PID DE TEMPERATURA PARA UMA PLATAFORMA DE MONITORAMENTO DE BATERIAS¹

IMPLEMENTATION OF A TEMPERATURE PID CONTROL FOR A BATTERY MONITORING PLATFORM

**Douglas Flores Copetti², Paulo Sérgio Sausen³, Gustavo Eckhardt⁴, Luiz Roberto Contri
Hanke⁵**

¹ Pesquisa Institucional desenvolvida no Departamento de Ciências Exatas e Engenharias e pelo Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC)

² Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UNIJUÍ, bolsista PROBIC/FAPERGS

³ Professor da Pós-graduação em Modelagem Matemática e da Ciência da Computação da UNIJUÍ, Orientador do Projeto

⁴ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UNIJUÍ, bolsista PIBITI/CNPq

⁵ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UNIJUÍ, bolsista de extensão

INTRODUÇÃO

A sociedade tem desfrutado de uma mudança muito positiva em vários sentidos, isso devido ao enorme avanço tecnológico das últimas décadas (KUSIAK, 2016). De modo que a qualidade de vida, em geral, tem aumentado bastante. Nesse contexto, está intrínseco todo tipo de dispositivos móveis, os quais possibilitam acesso à informação e comunicação. Todavia, esses dispositivos são condicionados à fonte de energia que os alimenta. Para essa finalidade são utilizadas baterias, entretanto, essas apresentam um tempo de vida, a partir do qual as reações eletroquímicas cessam e não se é mais capaz de extrair energia das mesmas (FRANSOZI, 2015). Devido a isso, é pertinente e proveitoso a existência de meios para prever esse importante parâmetro. Nesse ínterim, uma solução útil é a utilização de modelos matemáticos. Contudo, para validação do modelo existe a necessidade de levantar-se um grande volume de dados a partir de experimentos físicos reais, para comparação dos resultados provenientes dos modelos projetados.

Sendo assim, surge uma motivação para elaboração de uma plataforma de coleta de dados experimentais que torne o processo para validação o mais prático possível. Nesse sentido, tem-se desenvolvido por meio do Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC) uma plataforma que atenda essas necessidades. Nesse contexto, um parâmetro importante é o da temperatura, por exercer uma forte influência sobre a carga e descarga das baterias. Em consequência, projetou-se um controle de temperatura para plataforma. Tal projeto foi apresentado à comunidade acadêmica por meio do Salão do Conhecimento no ano de 2019 com o título de "Elaboração de um Protótipo de Controle de Temperatura Proporcional Relacionado à Plataforma de Monitoramento e Predição do Tempo de Vida de Baterias". Nesse sentido, o presente trabalho propõe-se a dar continuidade, implementando o projeto à plataforma e apresentando o resultado final. Além disso, a parte do cálculo de controle sofreu um refinamento, o qual será apresentado nos resultados e discussão. Além disso, desenvolveu-se uma interface gráfica relacionada a esse controle de temperatura, a qual torna mais simples o fluxo de dados com o controlador. De modo a proporcionar a elaboração de gráficos da resposta do circuito em tempo real.

Palavras-chave: Aquecimento; Resfriamento; Peltier.

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica
ODS: 7 - Energia Acessível e Limp

Keywords: Heating; Cooling; Peltier.

METODOLOGIA

Com base na pesquisa de literatura e principalmente do projeto do protótipo já elaborado, pôde-se partir para implementação na plataforma. Assim, iniciou-se pelo projeto da placa de circuito impresso, utilizando-se do *software* EagleCad devido à ampla biblioteca de componentes e funções apresentadas. Com a placa desenvolvida, pôde-se perceber a necessidade de alguns ajustes, os quais foram realizados com o auxílio do Proteus, um programa destinado a simulação de circuitos eletrônicos. Além desses, fez-se uso do Matlab, pelo qual pode-se desenvolver uma malha de controle e determinar tanto a função de transferência quanto os ganhos do sistema. Desse modo, adicionou-se tais parâmetros à rotina de cálculo elaborada por meio do ambiente de desenvolvimento da programação de microcontroladores Arduino IDE. Depois disso, realizou-se ainda uma interface gráfica para auxiliar no processo de coleta e envio de dados relacionadas ao sistema de controle de temperatura. Para tal, utilizou-se da linguagem C#, haja vista a disponibilidade de um conjunto de ferramentas úteis nessa tarefa. Sendo assim, optou-se pelo uso do Windows Forms, integrado na IDE do *software* Visual Studio, o qual permite esse desenvolvido em C# e conseqüentemente o uso das ferramentas supracitadas. Com todo o sistema finalizado, pôde-se realizar diversos ensaios, pelos quais levantou-se gráficos, com o propósito de demonstrar o comportamento do sistema.

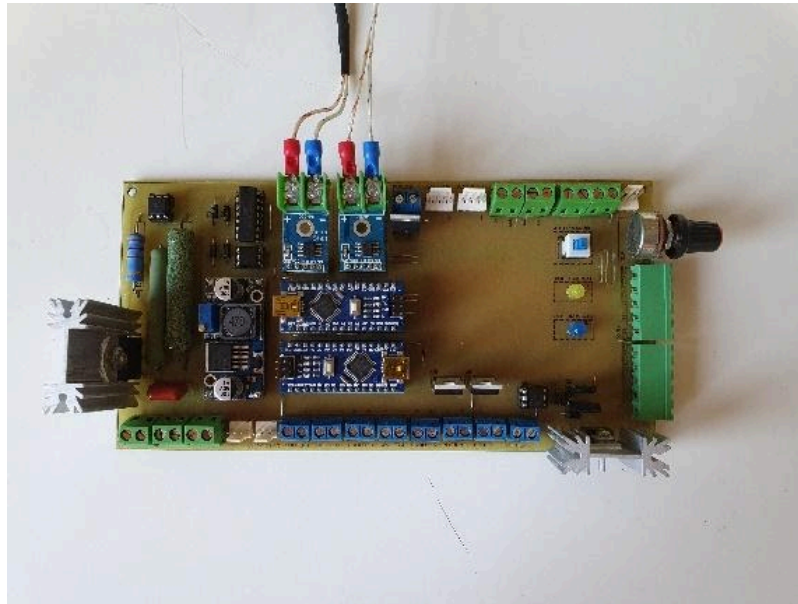
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como já supracitados, dando continuidade ao projeto do controle de temperatura da plataforma de monitoramento e predição do tempo de vida útil de baterias, haja vista a importância da termodinâmica nesse ínterim (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012,p. 184), desenvolveu-se uma placa de circuito impresso. Todavia, por meio dela foi possível perceber que os sensores LM35, utilizados para aferição da temperatura, estavam com medidas inconstantes. Todavia, constatou-se que isso era devido a distância que os sensores ficavam da placa, uma vez que os mesmos eram confinados dentro do ambiente interno enquanto a PCI era alocada de forma externa. Além dos ruídos provocados pela frequência de chaveamento advinda dos sistemas dos sistemas de resfriamento e de aquecimento. Por isso, alterou-se o sensor para um termopar tipo K em conjunto com um módulo Max6675, responsável por digitalizar o sinal. O que é extremamente interessante, se comparado com métodos analógicos, para leituras com uma certa distância da placa.

Além disso, existiu necessidade de fornecer maior potência para placa de controle de modo de carga e descarga das baterias. Em decorrência, projetou-se uma nova placa de circuito impresso, capaz de suprir melhor as demandas do projeto. Tal placa é demonstrada na Figura 1, na qual apresenta-se o sistema de controle de aquecimento à esquerda e o de resfriamento na parte inferior direita. Já o controle geral fica centralizado enquanto os bornes de potência ficam na parte inferior e os para comunicação na parte superior direita. Além desses, há 2 LEDs, 1 botão e 1 potenciômetro tanto para função de *status* quanto para DEBUG, facilitando algum reparo futuro.

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica
ODS: 7 - Energia Acessível e Limp

Figura 1 - Placa de controle de temperatura



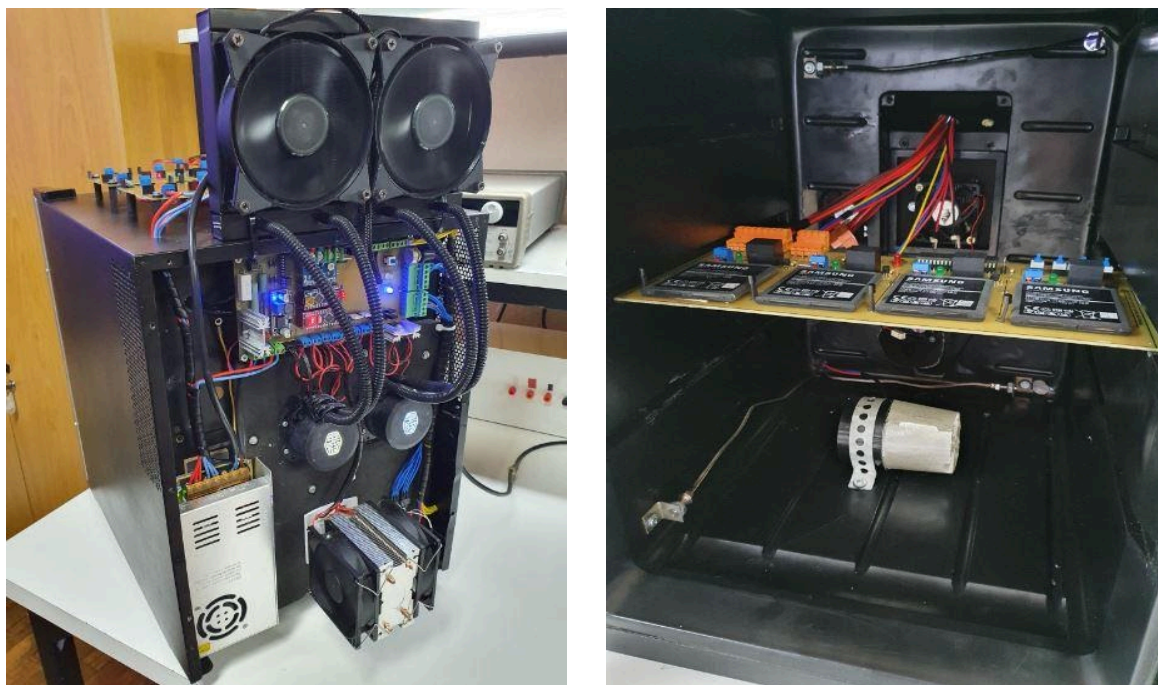
Fonte: Autores

Outra alteração feita no projeto original, foi no sistema de aquecimento, todavia, no sentido de sofisticação do mesmo. Passando a fazer o chaveamento não com um relé, mas com um TRIAC, de modo a adicionar maior precisão ao controle, permitindo um ajuste mais fino da potência dissipada. Além disso, optou-se por somar à resistência um soprador, de modo a distribuir o calor de forma mais homogênea dentro do ambiente. Esses dois componentes foram aproveitados do desmonte de um secador de cabelo, retirando-os do mesmo e conectando ambos ao sistema de aquecimento da plataforma.

Depois disso, passou-se para fixação de todo o sistema à plataforma. Na Figura 2 demonstra-se a instalação externa e interna. À esquerda pôde-se ver a placa acoplada à plataforma, isso por meio de parafusos. Também é exibido os dissipadores associados a refrigeração, além da fonte de alimentação do sistema no canto inferior esquerdo. Enquanto à direita é possível visualizar, no ambiente interno, tanto os sensores de temperatura fixos à plataforma como o conjunto para aquecimento no centro inferior do ambiente, enquanto à cima dele há uma placa, onde é posicionado as baterias. Ao passo que ao fundo, localiza-se os *coolers* de ventilação, os quais são associados ao sistema de resfriamento.

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica
ODS: 7 - Energia Acessível e Limpa

Figura 2 - Instalação externa e interna



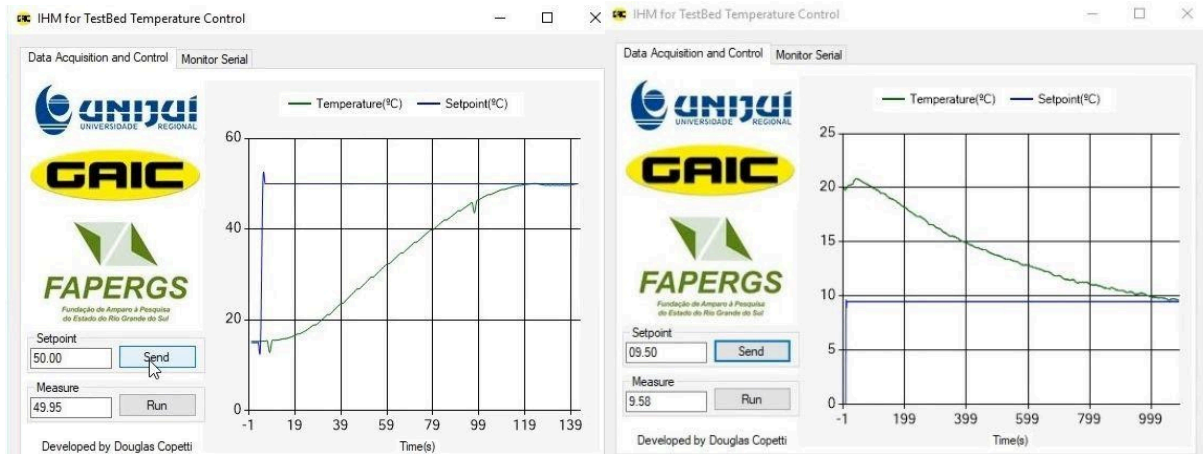
Fonte: Autores

Uma vez concluída a instalação e com o funcionamento dos circuitos, optou-se por sofisticar o controle presente, aplicando um controle proporcional integral derivativo. Para tal, levantou-se os dados do sistema e aplicou-os à ferramenta de identificação de sistema do *software* Matlab, resultando na função transferência do mesmo. Com essa, pôde-se simular a malha de controle fechado do sistema de forma computacional. Assim, e por meio da opção Tune do bloco PID é possível realizar a sintonia dos ganhos. De forma que adicionando os valores encontrados a rotina de cálculo padrão realizada em microcontroladores, para esse tipo de aplicação, chega-se ao controle completo do ambiente.

Contudo, para facilitar a troca de dados entre o usuário e o microcontrolador se elaborou, por meio do programa Visual Studio, uma interface gráfica capaz de receber os dados e realizar a elaboração de gráficos em tempo real, além de enviar a referência de temperatura desejada e receber a temperatura atual do ambiente interno da plataforma. Na Figura 3, é ilustrado a interface gráfica e as curvas de resposta de aquecimento e resfriamento do sistema. Por meio dessas, nota-se que ao informar uma temperatura de referência o controlador atua para que a temperatura lida seja equivalente ao valor desejado. As curvas em azul representam essa referência, enquanto as curvas em verde representam a aferição da temperatura interna da plataforma. Assim, torna-se evidente a eficácia do projeto.

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica
ODS: 7 - Energia Acessível e Limpa

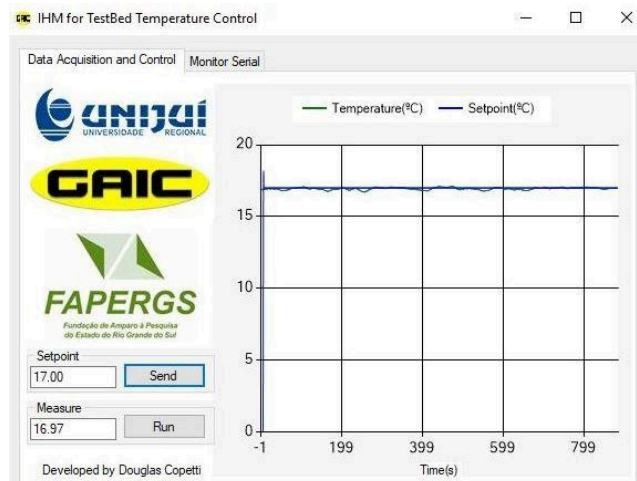
Figura 3 - Curva de aquecimento e resfriamento da plataforma controlada



Fonte: Autores

Nesse contexto, a Figura 4 demonstra o comportamento do sistema em regime permanente. Por meio dela é possível ver a estabilidade em torno de uma referência. Uma vez que as curvas estão praticamente sobrepostas, ocorrendo um mínimo *ripple* de cerca de $0,2^{\circ}\text{C}$. Mais uma vez evidenciando o correto funcionamento do projeto.

Figura 4 - Resposta em regime permanente



Fonte: Autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É válido citar que a curva de aquecimento é bem rápida, enquanto a curva de resfriamento é um pouco mais lenta. Todavia, isso já era esperado, haja vista que aquecimento é a resposta natural de sistemas. Entretanto, para essa aplicação não é importante o tempo de acomodação, e sim a



Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica

ODS: 7 - Energia Acessível e Limpa

estabilidade em regime permanente. Haja vista que o sistema só começa os ensaios nas baterias após o regime transitório. além disso, a faixa de operação de 10°C a 50°C é muito satisfatória para a aplicação, todavia, outros projetos que venham a se inspirar nesse, dependendo da aplicação, podem expandir esse *range* adicionando mais pastilhas peltier, para esse resultado utilizou-se 3. Com isso posto, e após analisar as respostas do sistema, torna-se claro que o projeto sepre as demandas para qual foi desenvolvido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COPETTI, D; SAUSEN, P; VIEIRA, L. **Elaboração de um Protótipo de Controle de Temperatura Proporcional Relacionado a Plataforma de Monitoramento e Predição do Tempo de Vida de Baterias.** XXVII Seminário de Iniciação Científica, Salão do Conhecimento. Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande so Sul, Ijuí, 2019.

FRANSOZI, Luana; SAUZEN, Airam; SAUZEN, Paulo S. **Desenvolvimento de um Modelo Híbrido de Baterias.** In: CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, 3., 2015. Anais.... Natal: Páginas & Letras, p. 1-2.

HALLIDAY,D; RESNICK, R; WALKER, J. **FUNDAMENTOS DA FÍSICA.** 9°. ed. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, Rio de Jneiro, v.2, 2012.

KUSIAK, Rita Salete. **Modelagem Matemática do Tempo de Vida de Baterias de Lítion Íon Polímero a partir de Modelos Híbridos considerando Correntes de Descarga Variáveis.** 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Modelagem Matemática, Departamento das Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste so Rio Grande do Sul, Ijuí, 2016. Cap. 1.