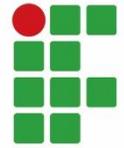


# I SIMECA - IFPR

SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE  
CONTROLE E AUTOMAÇÃO



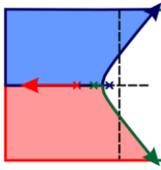
**INSTITUTO  
FEDERAL**  
Paraná

Campus  
Jacarezinho

## CADERNO DE RESUMOS

**I - SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO DO  
INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ (I SIMECA - IFPR)**

**21 A 25 DE SETEMBRO DE 2020**



I SIMECA - IFPR  
SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO



**INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS JACAREZINHO**

Diretor Geral: Rodolfo Fiorucci

Diretora de Ensino, Pesquisa e Extensão: Andreza Tangerino Mineto

Coordenador de Ensino: Héber Renato Fadel de Moraes

Coordenadora de Pesquisa e Extensão: Maria Fernanda Bianco Gução

Coordenador do Curso de Engenharia de Controle e Automação: Rodolfo Rodrigues Barrionuevo  
Silva

**Comissão Organizadora do I Simpósio de Engenharia de Controle e Automação**

**Membros Docentes**

João Paulo Lima Silva de Almeida (Presidente da Comissão)

André Luiz Salvat Moscato

Avyner Lorrain Victor

Felipe Augusto de Aguiar Possoli

Luiz Eduardo Pivovar

Luis Fabiano Barone Martins

Ricardo Breganon

Rodolfo Rodrigues Barrionuevo Silva

Uiliam Nelson Lenzion Tomaz Alves

**Membros Técnicos de Laboratórios**

Fernando Sabino Fontequê Ribeiro

Gustavo Vendrame Barbara

**Membro Discente**

Hugo Fernando Yamanaka

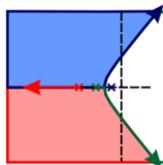
## **APRESENTAÇÃO**

A coordenação do curso de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal do Paraná (IFPR) - Campus Jacarezinho, juntamente com a Comissão de Organização, apresenta o I Simpósio de Engenharia de Controle e Automação. O evento tem o intuito de reunir estudantes, pesquisadores, profissionais da área e público em geral para participarem do ciclo de palestras, minicurso e apresentações de trabalhos acadêmicos da área.

As palestras proferidas por profissionais externos e internos da Instituição abordam diversos temas relacionados à área de Engenharia de Controle e Automação, suas tecnologias e inovações. O minicurso tem como público alvo os próprios estudantes do curso e objetiva apresentar os recursos tecnológicos computacionais básicos, necessários para a compreensão de seus diversos componentes curriculares. As apresentações dos trabalhos acadêmicos são primordiais para apresentar temas para debates e contribuem para a formação de profissionais críticos e responsáveis em sua atuação. Portanto, o evento se consolida por meio das diversas atividades mencionadas, enaltecendo a multidisciplinaridade desta formação.

Por fim, este documento apresenta uma síntese de todo o conteúdo apresentado no I SIMECA. Os resumos dos trabalhos submetidos, aprovados pela Comissão Organizadora e apresentados em dia próprio no evento, estão disponíveis para futuras consultas.

Prof. Dr. João Paulo Lima Silva de Almeida  
Presidente da Comissão Organizadora



## APRESENTAÇÃO DO INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ - JACAREZINHO

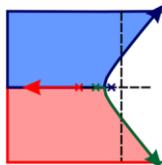


O Campus Jacarezinho iniciou suas atividades em maio de 2010, com os cursos subsequentes de alimentos, informática e eletromecânica. No ano seguinte, iniciou os Cursos Integrados e contava apenas com a infraestrutura do Bloco Didático 02. Atualmente, o Campus conta com um Bloco Administrativo, dois Blocos Didáticos e outro de Laboratórios.

Os seguintes cursos são ofertados:

- **Técnicos Integrados ao Ensino Médio:** Alimentos, Eletromecânica, Eletrotécnica, Informática e Mecânica.
- **Técnico Subsequente:** Teatro.
- **Graduações:** Engenharia de Controle e Automação, Licenciatura em Química e Tecnologia em Sistemas para Internet.

Através do Campus Jacarezinho, o IFPR reafirma a sua função social de oferta de vagas públicas, gratuitas e de qualidade.

**CRONOGRAMA****Palestras**

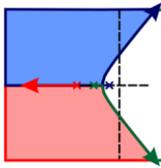
| <b>Data - horário</b>  | <b>Título</b>  | <b>Palestrante</b>  |
|------------------------|--|---|
| 21/09/2020<br>19h30min | Controle de Vibrações em Estruturas Mecânicas                                  | Prof. Dr. Edson Hideki Koroishi (UTFPR - Cornélio Procópio)<br>Currículo Lattes:<br><a href="http://lattes.cnpq.br/9465293262026260">http://lattes.cnpq.br/9465293262026260</a> |
| 22/09/2020<br>19h30min | 5G e 6G: Grandes Mudanças e Importantes Desafios                               | Prof. Me. Edno Gentilho Junior (IFPR - Paranavaí)<br>Currículo Lattes:<br><a href="http://lattes.cnpq.br/7124028921476238">http://lattes.cnpq.br/7124028921476238</a>           |
| 23/09/2020<br>19h30min | Controle Aplicado na Otimização da Eficiência Energética de Motores de Indução | Prof. Me. Clayton Luiz Graciola (IFPR - Telêmaco Borba)<br>Currículo Lattes:<br><a href="http://lattes.cnpq.br/5520462916852557">http://lattes.cnpq.br/5520462916852557</a>     |

**Minicurso**

| <b>Data - horário</b>  | <b>Título</b> | <b>Mediadores</b>  |
|------------------------|---------------|--|
| 24/09/2020<br>19h30min | Scilab Básico | Hugo Fernando Yamanaka<br>Lucas Carvalho de Camargo<br><b>Discentes do curso de Engenharia de Controle e Automação</b> |

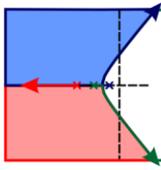
**Apresentação de Trabalhos**

| <b>Data - horário</b>  | <b>Título</b>   | <b>Apresentador</b>         |
|------------------------|---|-----------------------------|
| 25/09/2020<br>19h15min | Construção e Controle de um Robô de Auto-Equilíbrio                                   | Adelar Baccon de Araujo     |
| 25/09/2020<br>19h35min | Um Estudo Comparativo entre Estruturas de Controle PID Aplicadas em um Conversor Buck | Luis Fabiano Barone Martins |
| 25/09/2020<br>19h55min | Desenvolvimento de um Pêndulo de Dupla Hélice para o Estudo de Controle               | Luiz Filipe Absalão         |
| 25/09/2020<br>20h25min | Identificação e Controle de um Atuador Pneumático Linear                              | Luiz Filipe Absalão         |
| 25/09/2020<br>20h45min | Modelagem e Controle PI Aplicado a um Motor Brushless com Carga Inercial              | Hugo Fernando Yamanaka      |
| 25/09/2020<br>21h05min | Sistema de Levitação a Ar para Práticas de Estratégias de Controle                    | Lucas Carvalho de Camargo   |



## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| Construção e controle de um Robô de Auto-Equilíbrio.....   | 6  |
| Um Estudo Comparativo entre Estruturas de Controle PID Aplicadas em um Conversor <i>Buck</i> ..... | 7  |
| Desenvolvimento de um Pêndulo de Dupla Hélice para o Estudo de Controle.....                       | 8  |
| Identificação e Controle de um Atuador Pneumático Linear.....                                      | 9  |
| Modelagem e Controle PI Aplicado a um Motor <i>Brushless</i> com Carga Inercial .....              | 10 |
| Sistema de Levitação a Ar para Práticas de Estratégias de Controle .....                           | 11 |



## Construção e Controle de um Robô de Auto-Equilíbrio

Adelar Baccon de Araujo<sup>1</sup>

Ricardo Breganon<sup>2</sup>

Luiz Eduardo Pivovar<sup>3</sup>

Uiliam Nelson Lenzion Tomaz Alves<sup>4</sup>

João Paulo Lima Silva de Almeida<sup>5</sup>

O avanço das pesquisas na área de robótica tem proporcionado o desenvolvimento de sistemas cada vez mais complexos, inteligentes e de mobilidade ágil. Por exemplo, pode-se citar o robô de auto-equilíbrio, que se trata de um robô móvel que se mantém equilibrado em ângulo de 90° sobre duas rodas, mesmo quando em movimento, o qual tem sua premissa de equilíbrio inspirada em robôs humanoides. Tal categoria de robôs é caracterizada por sua instabilidade natural, pois, sua estrutura deve se equilibrar em apenas duas rodas, o que implica diretamente na complexidade de se projetar um controle de movimentos eficiente. Mecanismos como este têm tomado diversos ambientes da sociedade, pois, podem ser adaptados para realizar diversos tipos de trabalho, desde aplicações de limpeza de ambientes até exploração de ambientes que são inacessíveis e até hostil para humanos, motivando a pesquisa de tais dispositivos robóticos. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo o estudo e desenvolvimento de um protótipo de robô de auto-equilíbrio, por meio de modelos simulado e real (em escala laboratorial). Para tal objetivo, iniciaram-se as estruturas mecânica e eletrônica do protótipo, nas quais são considerados dispositivos de baixo custo e de fácil prototipação, desde que disponível uma impressora 3D, que utilizam técnicas de manufatura aditiva. Os passos seguintes deste trabalho compreendem: (i) levantamento do modelo dinâmico do robô; (ii) simulação do robô em um ambiente virtual, de forma a facilitar o desenvolvimento e aperfeiçoamento do algoritmo de controle; (iii) estudo e implementação de algoritmos de controle; (iv) implementação do algoritmo de controle do protótipo real confeccionado. Em especial, nos passos (iii) e (iv) e, de acordo com os trabalhos correlatos pesquisados, os controladores *Fuzzy* e LQR demonstram resultados promissores nesse sistema. Portanto, neste trabalho, pretende-se seguir tais metodologias de controle, mas ainda é necessário estudo para qualificar qual obtém melhor resposta de desempenho e estabilidade ao sistema. A simulação também tem o objetivo de testar de maneira segura o dispositivo sem correr riscos de comprometer sua estrutura e componentes. Com o protótipo concluído, pretende-se comparar os controladores simulados e implementados, de modo a obter a correção de possíveis erros e o aperfeiçoamento do projeto.

**Palavras-chave:** Sistemas de controle. Robô de auto-equilíbrio. Modelagem.

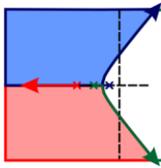
<sup>1</sup>Discente do Curso de Engenharia de Controle e Automação, Instituto Federal do Paraná – Jacarezinho. E-mail: adejr2013@gmail.com.

<sup>2</sup>Doutor em Engenharia Mecânica, Instituto Federal do Paraná – Jacarezinho. E-mail: ricardo.breganon@ifpr.edu.br.

<sup>3</sup>Engenheiro Mecânico, Instituto Federal do Paraná – Jacarezinho. E-mail: luiz.pivovar@ifpr.edu.br.

<sup>4</sup>Doutor em Engenharia Elétrica, Instituto Federal do Paraná – Jacarezinho. E-mail: uiliam.alves@ifpr.edu.br.

<sup>5</sup>Doutor em Eng. Elétrica e Inf. Industrial, Instituto Federal do Paraná – Jacarezinho. E-mail: joao.almeida@ifpr.edu.br.



## Um Estudo Comparativo entre Estruturas de Controle PID Aplicadas em um Conversor *Buck*

Luis Fabiano Barone Martins<sup>1</sup>

Ricardo Breganon<sup>2</sup>

Uiliam Nelson Lenzion Tomaz Alves<sup>3</sup>

João Paulo Lima Silva de Almeida<sup>4</sup>

A eletrônica de potência é a ciência que estuda o funcionamento dos conversores estáticos utilizados para o processamento de energia elétrica. Os conversores estáticos operam por meio do chaveamento de dispositivos semicondutores e podem ser classificados como: CA-CC, CA-CA, CC-CA e CC-CC. Os conversores CC-CC, ou *Choppers*, possuem aplicações muito vastas, indo das fontes chaveadas que alimentam equipamentos eletrônicos a usinas de geração fotovoltaica. Por meio da modulação por largura de pulso (PWM) do chaveamento da tensão de entrada, estes conversores podem elevar ou rebaixar o nível da tensão de saída de maneira análoga a um transformador em CA, trazendo como diferencial a possibilidade de regulação da tensão de saída. Dentre as topologias de conversores CC-CC não isolados existentes, as mais básicas são a *Buck*, a *Boost* e a *Buck-Boost*. Construir um modelo completo do sistema, que inclua características não ideais dos seus componentes é a primeira etapa do projeto de um controlador eficiente para os *Choppers*. Uma das alternativas para a sua representação envolve a obtenção de um modelo linear à pequenos sinais através da obtenção do modelo médio em espaço de estados sobre um ponto de operação apropriado. As técnicas de controle utilizadas para regulação da tensão e/ou corrente de saída dos conversores estáticos ajustam a modulação do chaveamento dos dispositivos semicondutores maximizando a eficiência na transferência de potência e o bom rastreamento da tensão de saída em relação a referência adotada. Soluções de controle que oferecem bons desempenhos sob quaisquer condições de operação são sempre procuradas e, em grande parte das aplicações, são baseadas em teorias de controle clássico ou moderno, em especial, será abordada a estrutura Proporcional-Integral-Derivativo (PID). Para o ajuste dos ganhos do controlador PID um dos métodos mais populares é o proposto por Ziegler e Nichols (ZN) que propõe uma regra simples com um desempenho satisfatório para sistemas com comportamento aproximado aos de primeira ordem. Neste trabalho, é analisado o comportamento do conversor *Buck* no modo tensão, representado pelo modelo médio em espaço de estados, quando submetido a pequenas perturbações em seu ponto de operação. Para o controle da tensão de saída são utilizadas duas estruturas de controladores do tipo PID, uma ideal e outra modificada para minimizar os efeitos dos ruídos em alta frequência na ação derivativa do controlador. As equações do controlador PID modificado são incluídas ao modelo em espaço de estados do conversor CC-CC e a partir deste modelo expandido são obtidas as funções de transferência do sistema controlado pelas estruturas PID ideal e modificada. A sintonia dos controladores é realizada utilizando o método de ZN e seus desempenhos são comparados. As validações dos modelos são realizadas através de simulações utilizando os *softwares* PSIM® e MATLAB®.

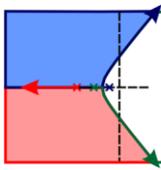
**Palavras-chave:** Conversor *Buck*. Controlador PID. Eletrônica de Potência.

<sup>1</sup>Doutor em Engenharia Elétrica, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: luis.martins@ifpr.edu.br

<sup>2</sup>Doutor em Engenharia Mecânica, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: ricardo.breganon@ifpr.edu.br

<sup>3</sup>Doutor em Engenharia Elétrica, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: uiliam.alves@ifpr.edu.br

<sup>4</sup>Doutor em Eng. Elétrica e Inf. Industrial, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: joao.almeida@ifpr.edu.br



## Desenvolvimento de um Pêndulo de Dupla Hélice para o Estudo de Controle

Luiz Filipe Absalão<sup>1</sup>

Ricardo Breganon<sup>2</sup>

Fernando Sabino Fontequê Ribeiro<sup>3</sup>

João Paulo Lima Silva de Almeida<sup>4</sup>

Uiliam Nelson Lenzion Tomaz Alves<sup>5</sup>

O pêndulo invertido, em sua estrutura geral, é uma representação de problemas clássicos da área de sistemas dinâmicos, cujas aplicações vem se tornando de grande interesse em áreas importantes, tais como a aeroespacial, a robótica humanoide, entre outras. Um dos principais desafios de controle que englobam estes sistemas consiste no equilíbrio de uma haste (representativa de uma estrutura das áreas citadas) em torno de uma posição requerida pelo projeto, visto que representa um ponto de equilíbrio instável da planta. Na maioria dos casos, o controlador projetado para um pêndulo invertido deve movimentar e equilibrar a haste até a posição vertical. Nesse trabalho, o objetivo inicial é construir um protótipo de um pêndulo de dupla hélice (acionamentos independentes), rotacionado por motores *brushless* (sem escova) com acionamento via driver *electronic speed control* (ESC), e cuja posição angular de sua haste é dada por um *encoder* incremental com 600 pulsos por revolução. Do ponto de vista de controle, o pêndulo projetado representa um sistema de duas entradas (empuxos proporcionados pelo acionamento dos motores) e uma saída (leitura da posição pelos dados do *encoder*), ou seja, um sistema “*Multiple Inputs – Single Output*” (MISO). Dada a construção do protótipo, objetiva-se também implementar uma estratégia de controle que atenda os pré-requisitos de equilíbrio apresentados. Para isso, pretende-se utilizar um modelo matemático linear baseado na 2ª Lei de Newton, e para sua implementação será utilizado o recurso de *Real Time Windows Target* (RTWT) do software *Matlab/Simulink*®, por meio de uma placa de aquisição de dados da fabricante *National Instruments*, modelo NI-PCI-6602. Por fim, a avaliação passará por testes com controle em malha fechada. Espera-se que o protótipo desenvolvido permita o estudo de forma multidisciplinar entre as áreas de mecânica, teorias de controle, eletrônica e programação, sendo também de grande valia para área acadêmica, no âmbito de produções científicas, no curso de Engenharia de Controle e Automação, do Instituto Federal do Paraná – Campus Jacarezinho.

**Palavras-chave:** Pêndulo invertido. Sistema dupla hélice. Sistemas de controle.

---

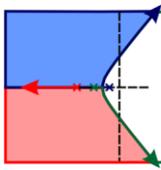
<sup>1</sup> Engenheiro de Telecomunicações e discente do curso de Engenharia de Controle e Automação, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: lf.absalao@gmail.com

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Mecânica, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: ricardo.breganon@ifpr.edu.br

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia Mecânica, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: fernando.ribeiro@ifpr.edu.br

<sup>4</sup> Doutor em Eng. Elétrica e Inf. Industrial, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: joao.almeida@ifpr.edu.br

<sup>5</sup> Doutor em Engenharia Elétrica, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: uiliam.alves@ifpr.edu.br



## Identificação e Controle de um Atuador Pneumático Linear

Luiz Filipe Absalão<sup>1</sup>

Uiliam Nelson Lendzion Tomaz Alves<sup>2</sup>

João Paulo Lima Silva de Almeida<sup>3</sup>

Luis Fabiano Barone Martins<sup>4</sup>

Ricardo Breganon<sup>5</sup>

Sistemas pneumáticos possuem grande utilidade nas indústrias alimentícias, de embalagens, automotivas, farmacêuticas, e muitos outros segmentos, principalmente por utilizarem o ar comprimido (energia limpa) para a realização de trabalho, através da movimentação de cilindros (atuadores). As principais vantagens da utilização do ar comprimido na indústria são: não poluir o ambiente em eventuais vazamentos; não haver riscos de explosão e incêndio; proporcionar altas velocidades de trabalho; repetibilidade e confiabilidade; por apresentar quantidade ilimitada, entre outros. Porém, apesar de apresentar diversas vantagens, os sistemas pneumáticos possuem características desafiadoras ao projeto de sistemas de controle, devido a compressibilidade do ar, que implica em imprecisões na velocidade dos atuadores. Com base nas características apresentadas, o estudo e desenvolvimento de novos controladores é de grande interesse para a comunidade acadêmica e profissionais da área de automação pneumática. Portanto, neste trabalho, é descrita a fase inicial do projeto de controle de um cilindro pneumático para o controle de posição de sua haste, através da variação da abertura e fechamento de uma válvula proporcional 5/3 vias, tensão elétrica de 24V e corrente contínua (DC), realimentado por um potenciômetro analógico linear com tensão de saída de 0 a 10V DC, que corresponderá a posição da haste em seu curso. Todos os dispositivos mencionados são da fabricante Festo®. O dispositivo pneumático estudado será instrumentado em uma placa de aquisição de dados NI-PCI 6221, da fabricante *National Instruments*® e o algoritmo de controle será desenvolvido e executado via *Simulink/MatLab*®. Após a instrumentação do sistema, a identificação da sua função de transferência será realizada com base na resposta do sistema ao degrau unitário. Com a identificação matemática do sistema, diversas leis de controle serão aplicadas para verificar a eficiência e robustez dos controladores projetados, verificando o tempo de estabilização e o erro final de posição da haste. A partir da avaliação dos resultados, será possível verificar qual das leis de controle estudadas estará mais adequada para o dispositivo proposto.

**Palavras-chave:** Automação pneumática. Controle de sistemas pneumáticos. Instrumentação. Identificação.

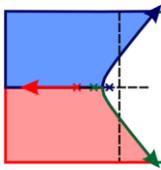
<sup>1</sup>Engenheiro de Telecomunicações e discente do curso de Engenharia de Controle e Automação, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: lf.absalao@gmail.com

<sup>2</sup>Doutor em Engenharia Elétrica, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: uiliam.alves@ifpr.edu.br

<sup>3</sup>Doutor em Eng. Elétrica e Inf. Industrial, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: joao.almeida@ifpr.edu.br

<sup>4</sup>Doutor em Engenharia Elétrica, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: luis.martins@ifpr.edu.br

<sup>5</sup>Doutor em Engenharia Mecânica, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: ricardo.breganon@ifpr.edu.br



## Modelagem e Controle PI Aplicado a um Motor *Brushless* com Carga Inercial

Hugo Fernando Yamanaka<sup>1</sup>

João Paulo Lima Silva de Almeida<sup>2</sup>

Gustavo Vendrame Barbara<sup>3</sup>

Ricardo Breganon<sup>4</sup>

Uiliam Nelson Lenzion Tomaz Alves<sup>5</sup>

Motores de corrente contínua são largamente utilizados no acionamento de sistemas eletromecânicos. Um dos motivos para essa utilização é a possibilidade do controle preciso da movimentação de seu eixo e, por consequente, do acionamento que este realiza. Visto esta importância, este resumo relata o estudo sobre o controle de um motor de corrente contínua utilizando a técnica de controle Proporcional e Integral (PI) e englobou: (i) modelagem do motor de corrente contínua; (ii) testes laboratoriais para a obtenção dos parâmetros do sistema; (iii) obtenção da equação diferencial que representa a dinâmica do sistema e de sua respectiva função de transferência; (iv) discretização da função de transferência; (v) projeto do controlador PI para o sistema; (vi) realização de simulação do sistema em malha fechada; (vii) implementação do controlador e testes práticos; (viii) análise dos resultados. O motor utilizado para os testes foi um motor Maxon® tipo *brushless* de 12 V, integrado a um *encoder* de 500 pulsos por revolução. Uma haste é acoplada ao eixo a fim de representar uma carga inercial. A instrumentação do sistema foi realizada por meio de uma placa de aquisição de dados, da fabricante *National Instruments*, modelo NI-PCI-6602. Os dados obtidos desta placa foram processados no *software* MatLab/Simulink®, programa no qual as simulações e projetos foram realizados com base nos seguintes parâmetros de ganho para o controlador PI:  $K_p=0,165$ ;  $K_i=0,115$ . Dado que o controle do sistema foi realizado por computador, com período de amostragem fixo de 20 ms, o modelo matemático foi discretizado considerando um mantenedor de ordem zero, do inglês *Zero Order Holder* (ZOH), para a melhora do desempenho do sistema em malha fechada, uma vez que o controlador foi projetado com base nessa discretização. Os resultados obtidos em simulação e em experimentos com o motor real mostram que a estratégia utilizada é adequada para a aplicação estudada, abrindo espaço para o estudo de outras técnicas de controle nesta aplicação e comparação destes futuros resultados com os obtidos neste trabalho.

**Palavras-chave:** Motor *brushless*. Controle PI. Discretização por ZOH.

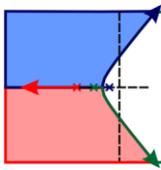
<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia de Controle e Automação, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: hugofernandoyamanaka@gmail.com

<sup>2</sup> Doutor em Eng. Elétrica e Inf. Industrial, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: joao.almeida@ifpr.edu.br

<sup>3</sup> Engenheiro Eletricista, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: gustavo.barbara@ifpr.edu.br

<sup>4</sup> Doutor em Engenharia Mecânica, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: ricardo.breganon@ifpr.edu.br

<sup>5</sup> Doutor em Engenharia Elétrica, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: uiliam.alves@ifpr.edu.br



## Sistema de Levitação a Ar para Práticas de Estratégias de Controle

Lucas Carvalho de Camargo<sup>1</sup>

Ricardo Breganon<sup>2</sup>

Luiz Eduardo Pivovar<sup>3</sup>

Héber Renato Fadel de Moraes<sup>4</sup>

João Paulo Lima Silva de Almeida<sup>5</sup>

O estudo do controle e automação de sistemas foi fundamental para o desenvolvimento da sociedade moderna, principalmente para os setores industriais. Porém, a compreensão destes conteúdos em cursos de engenharia, que envolvem conceitos de modelagem matemática, simulação e testes com equipamentos reais, tornam-se complexos na ausência de ferramentas didáticas de experimentação prática que, geralmente, objetivam a representação de um sistema real de forma sistemática e em sua devida escala laboratorial. Neste sentido, diversos *kits* de experimentos em controle de processos estão disponíveis para aquisição, porém, muitas vezes, apresentam tecnologias (*softwares* e *hardwares*) fechadas, ou seja, compatíveis apenas com dispositivos periféricos e virtuais fornecidos pelo próprio fabricante, o que impossibilita a expansão do processo experimental devido ao alto custo para sua aquisição ou pela ausência do dispositivo no mercado brasileiro. Ante ao exposto, este resumo apresenta etapas de um trabalho de pesquisa que objetiva desenvolver um sistema de levitação a ar para práticas com estratégias de controle, o qual se propõe na configuração de um *kit* didático de tecnologia aberta, tanto em *software* quanto em dispositivos de *hardware*, de forma a mitigar as limitações envolvidas nos produtos citados anteriormente. O modelo de *kit* proposto é composto por um tubo de acrílico transparente fixado em uma base, na qual há um motor de corrente contínua com um sistema de hélice em seu eixo. A rotação da hélice é capaz de gerar um fluxo de ar no interior do tubo, no sentido vertical. O principal objetivo desse protótipo será proporcionar aos estudantes e pesquisadores a possibilidade de implementar estratégias de controle de posição (variável controlada) de um objeto dentro do tubo de acrílico, por meio de variações na rotação do motor/hélice (acionamento *Pulse Width Modulation* - PWM - como variável manipulada). Para a construção do protótipo, planejou-se três frentes de execução: (i) estruturação mecânica (peças em impressões 3D) e instrumentação eletrônica; (ii) criação de um sistema supervisor que possibilite experimentos local e remoto (em desenvolvimento); e (iii) idealização e implementação de um controlador para demonstração de técnicas de controle (desenvolvimento futuro). A principal motivação para a etapa (ii), no âmbito dos experimentos remotos, se dá pela atual situação de pandemia pelo novo coronavírus, que limita o acesso presencial de estudantes em ambientes acadêmicos/laboratoriais. Espera-se que o *kit* didático sirva de apoio às práticas de sistemas de controle em cursos de engenharia.

**Palavras-chave:** Sistema de controle. Levitação a ar. Sistema supervisor.

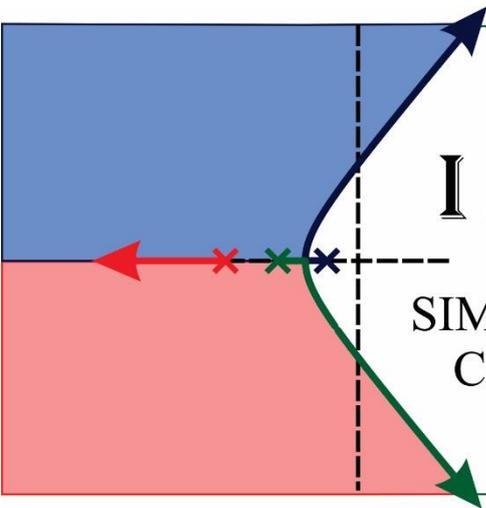
<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia de Controle e Automação. Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho E-mail: lucas.camargo67@etec.sp.gov.br.

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Mecânica. Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: ricardo.breganon@ifpr.edu.br

<sup>3</sup> Engenheiro Mecânico. Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: luiz.pivovar@ifpr.edu.br

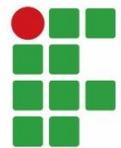
<sup>4</sup> Especialista em Tecnologia Java. Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: heber.morais@ifpr.edu.br

<sup>5</sup> Doutor em Eng. Elétrica e Inf. Industrial, Instituto Federal do Paraná - Jacarezinho. E-mail: joao.almeida@ifpr.edu.br



# I SIMECA - IFPR

SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE  
CONTROLE E AUTOMAÇÃO



**INSTITUTO  
FEDERAL**  
Paraná

---

Campus  
Jacarezinho