

## SISTEMA PÊNDULO HÉLICE COMO FERRAMENTA DIDÁTICA NO ENSINO DA TEORIA DE CONTROLE

José Carlos Silva Júnior-jcjunior20@msn.com  
Ítalo Resende Fonseca - italoresende@gmail.com  
Ronan Loschi R. Ferreira -ronan.loschi@gmail.com  
Ronaldo Asevedo Machado - ronaldoengseg@gmail.com

### RESUMO

Os alunos tendem a possuir dificuldades em assimilar teoria com prática em determinadas disciplinas da graduação. Muitas vezes a falta de uma visualização prévia de tal abordagem dificulta o processo de aprendizagem dos alunos. Tendo como base este problema, a pesquisa visa desenvolver uma bancada didática utilizando um sistema pêndulo hélice para facilitar a aprendizagem da Teoria de Controle, na área da engenharia de Controle e Automação. Por meio desta questão, serão exibidos os itens necessários para tal desenvolvimento incluindo a elaboração de um roteiro prático para sua utilização e demonstração de seu funcionamento. De natureza aplicada, abordagem quantitativa e fins exploratórios, a pesquisa possui procedimento experimental, onde cria um protótipo de módulo didático a partir de uma análise de levantamentos bibliográficos sobre o assunto. Para montagem do protótipo, foram utilizados Arduino Mega, potenciômetros, controlador ESC, motor *Brushless*, hélice e uma matriz de contato, além de cabos elétricos, tubos de PVC e chapas de madeira. Como resultado, o projeto apresenta a possibilidade de aprendizagem sobre Teoria de Sistemas de Controle além de sintonia de sistemas PID de forma intuitiva e prática.

**Palavras-Chave:** Protótipo. Controle. Bancada didática. Pêndulo Hélice.

### ABSTRACT

*Students tend to have difficulty assimilating theory with practice in certain undergraduate disciplines. Often the lack of a preview of such an approach hinders students' learning process. Based on this problem, the research aims to develop a didactic workbench using a pendulum helix system to facilitate the learning of Control Theory in the field of Control and Automation engineering. Through this question, the necessary items for such development will be displayed, including the elaboration of a practical roadmap for its use and demonstration of its operation. Of applied nature, quantitative approach and exploratory purposes, the research has experimental procedure, where it creates a prototype of didactic module from an analysis of bibliographical surveys on the subject. To assemble the prototype, Arduino Mega, potentiometers, ESC controller, Brushless motor, propeller and a contact matrix were used, as well as electric cables, PVC pipes and wood sheets. As a result, the project presents the possibility of learning about Control Systems Theory as well as intuitive and practical tuning of PID systems.*

**Keywords:** Prototype. Control. Didactic bench. Pendulum Propeller.

## **INTRODUÇÃO**

A didática é estudada a muitos anos para se discutir o quanto as técnicas educacionais são resultantes na melhoria da educação. Por isso, Barbosa e Freitas (2018) cita a presença de vários autores que relacionam a evolução da didática. Neste progresso, é importante frisar a importância e a diferenciação dos dois tipos de didática: a prática e a teórica. Para Melo e Urbanetz (2008) na evolução da didática prática, a prática docente busca alcançar resultados favoráveis em relação ao processo de aprendizagem. Para isso, é preciso que o professor desenvolva seu dinamismo no ato de atuar, entendendo os desafios e possibilidades para melhor ação educativa.

Através da necessidade de obtenção de meios que auxiliem no ensino de conceitos de modelagem e técnicas de controle, houve-se a possibilidade de desenvolver uma bancada didática utilizando um sistema pêndulo hélice. O problema do trabalho, dessa forma, volta-se para o seguinte questionamento: Como é possível desenvolver uma bancada didática utilizando um sistema de pêndulo hélice para facilitar a aprendizagem da Teoria de Controle?

### **A DIDÁTICA TEÓRICA E PRÁTICA**

A palavra didática origina-se do grego *techné didaktiké* e significa a arte de ensinar. Ela estuda o processo de construção do conhecimento e possibilita a melhoria da prática educativa (GIL, 2008; MELO; URBANETZ, 2008).

Na opinião de Comênio (1966), o pai da Didática, a educação deve ser universal e inclusiva. O autor elabora uma proposta educativa que vem desde a infância, pois, para o autor, a educação é uma forma de humanizar o homem. Para ele, o homem deve se habituar a deixar-se guiar por ele mesmo, através da penetração das informações e a partir delas obter os conhecimentos, para utilizá-los em prol do bem próprio e da comunidade.

Sobre a obra de Comênio, Narodowski (2001) enfatiza a preocupação do autor sobre o método de ensino, reforçando assim a ideia de que a Didática de Comênio é uma das mais marcantes obras relacionadas à pedagogia.

Barbosa e Freitas (2018) explicam que a didática é estudada a muitos anos por diversos autores que buscam discutir as técnicas educacionais que resultam na melhoria da educação. Assim, através de Damis (1988), estes autores relatam a evolução do tema. A educação escolar percorreu uma longa jornada do ponto de vista teórico e prático. A pedagogia organizou o processo de ensinar, através da relação entre professor e aluno, sistematizando um conteúdo e uma forma de ensinar (DAMIS, 1988, p.13, APUD BARBOSA; FREITAS, 2018, p. 3).

Anastasiou e Pimenta (2008) explicam o termo didática como a definição da ação de ensinar, seja em contexto familiar ou público. Para Toniazzi (2018), a didática é uma prática pedagógica que utiliza técnicas de ensino capazes de contribuir na formação do cidadão desde a educação básica até o ensino superior. É um laço relacional entre aluno e professor.

Toniazzi (2018) ainda cita Pura (1989) na diferenciação entre dois tipos de didática: a prática e a teórica. A didática teórica como aquela que é desenvolvida nos programas disciplinares, sendo pressupostos abstratos que se acumulam sobre o processo de ensino. Já a didática prática é aquela considerada vivenciada nas escolas através de trabalho prático dentro da organização escolar.

Na evolução da didática prática, a prática docente busca alcançar resultados favoráveis em relação ao processo de aprendizagem. Para isso, é preciso que o professor desenvolva seu dinamismo no ato de atuar, entendendo os desafios e possibilidades para melhor ação educativa (MELO; URBANETZ, 2008).

Uma maneira de buscar esses resultados é a utilização de recursos didáticos que, para Batista et al (2018), é uma transformação tecnológica na sociedade capaz de permitir ao aluno o acesso à informação de maneira mais prática e atrativa.

O uso de novas tecnologias é capaz de gerar grande impacto na formação escolar, mas é considerado um desafio tanto para a escola quanto para o professor inserir esse novo recurso didático (BATISTA et al, 2018, p. 6).

## **A DIDÁTICA NO ENSINO SUPERIOR**

Devido às transformações ocorridas nas estruturas política, econômica, tecnológica e cultural, houve um maior desenvolvimento global do ensino superior (PURCINO, 2006, p.13).

Barros (2015) explica que o aumento no número de Instituições de Ensino Superior (IES) ocasionou uma evolução no número de matrículas na educação superior. Em dez anos, de 2001 a 2010, o número de matrículas foi de 3.036.113 para 6.379.299. Crescimento este que precisou evoluir o modelo da didática.

A ação do professor, para Almeida (2015) precisa estar embasada nos fins pedagógicos, pois é de fundamental importância utilizar técnicas voltadas a realidade em que o aprendiz está inserido, para que o mesmo não seja limitado.

Na visão de Ramos (2012) o professor através das vivências pedagógicas proporciona o desenvolvimento cognitivo através do uso adequado de metodologias e materiais. Enquanto isso, Ferreira (2010) ainda completa que para atingir um desempenho positivo, o professor e a universidade precisam priorizar uma metodologia de ensino que atenda os propósitos educacionais. Neste item, Silva e Borba (2018) explicam que “à medida que a ênfase é colocada na aprendizagem, o papel predominante do professor deixa de ser o de ensinar, e passa a ser o de ajudar o aluno a aprender”.

Para Rodrigues et al (2003), as bancadas didáticas são instrumentos de grande importância para a compreensão da teoria. É uma ferramenta didática que auxilia a realização de experimentos, possibilitando ao aluno a montagem de diversos sistemas, a fim de familiarizá-lo com os componentes e verificar a teoria na prática.

A bancada didática é um dispositivo fundamental para colaborar com o desempenho do aluno. Sua aplicação mescla a teoria e prática, proporcionando maior conhecimento e habilidade ao estudante. Essa oportunidade provoca no discente uma carga maior de conhecimento, tornando-o um profissional com formação diferenciada (BERNUY; SOUZA, 2007).

Os objetivos da bancada didática se voltam para a ideia de “auxiliar no processo de treinamento e desenvolvimento de pessoas ligadas a centros de formação profissional, escolas técnicas, faculdades e centros de treinamento industrial das diversas áreas” (WEG, 2018, p.2).

## INTRODUÇÃO À TEORIA DE CONTROLE

Controlar um sistema é esperar uma saída a partir de uma entrada específica. As especificações mais notórias a serem obtidas são a resposta transitória, o erro em regime permanente e a estabilidade. A resposta de um regime transitório corresponde ao modo como o sistema se comporta desde quando a entrada é aplicada até o instante em que o sistema entra em regime permanente, que ao ser atingida, a resposta estacionária pode divergir em relação a um valor esperado. Esta divergência corresponde ao erro em regime estacionário, que é a diferença entre a entrada e a saída quando o tempo tende ao infinito, Figura 1 (NISE, 2009).

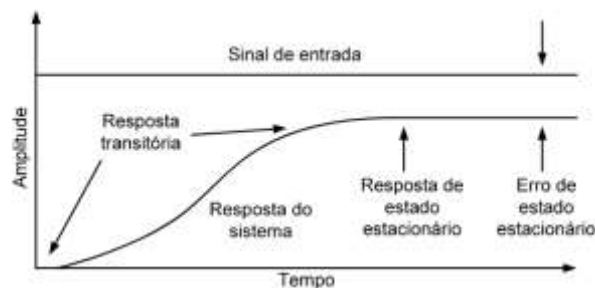


Figura 1 - Respostas transitória e estacionária

Os controles de malha aberta e fechada são aqueles que relacionam a saídas aos sinais de entrada, buscando correção dos erros (NISE, 2009).

O sistema de malha aberta utiliza dispositivo de atuação para controlar de forma direta o processo, sem o uso de retroalimentação. Possui, assim, como característica a sensibilidade as perturbações e a incapacidade de corrigir seus efeitos. Em outras palavras, em um Sistema de Controle a Malha Aberta (SCMA) a saída não é medida nem realimentada para comparação com a entrada, Figura 2 (NISE, 2009; DOMINGUES, 2007).



Figura 2 - Malha Aberta

No Sistema de Controle a malha Fechada (SCMF) a diferença entre o sinal de entrada e o intermediário é retroalimentado no controlador para reduzir o erro e proporcionar um valor desejado de saída do sistema (DOMINGUES, 2007). A Figura 3 apresenta um modelo de malha fechada.

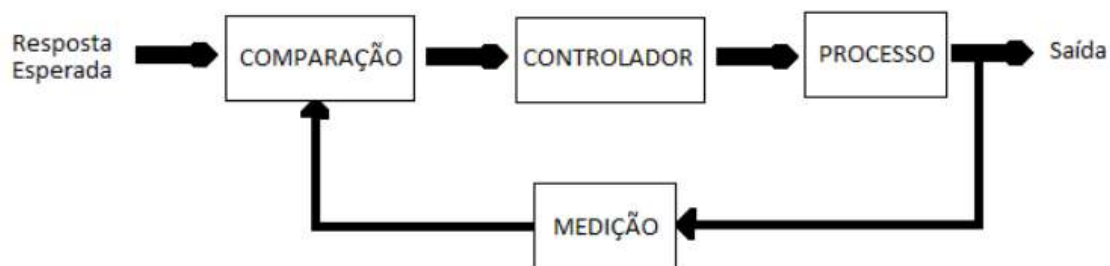


Figura 3 - Malha Fechada

## CONTROLE PID

O controlador tipo PID (Proporcional Integral Derivativo), para os autores Trierweiler e Posser (2002) é o algoritmo de controle mais comum, sendo implementado em muitas formas diferentes. “O ajuste de controladores tipo PID faz parte da vida diária de milhares de engenheiros de instrumentação e controle” (TRIERWEILER; POSSER, 2002, p.1).

Novus (2018) conceitua o controle PID como uma técnica que calcula um valor de atuação sobre o processo a partir de das informações: o valor desejado e o valor atual da variável do processo. Assim, o autor explica que PID é a composição de três ações quase intuitivas, conforme quadro 2:

<b>P</b>	CORREÇÃO PROPORCIONAL AO ERRO	A correção a ser aplicada ao processo deve crescer na proporção que cresce o erro entre o valor real e o desejado.
<b>I</b>	CORREÇÃO PROPORCIONAL AO PRODUTO ERRO x TEMPO	Erros pequenos mas que existem há muito tempo requerem correção mais intensa.
<b>D</b>	CORREÇÃO PROPORCIONAL À TAXA DE VARIAÇÃO DO ERRO	Se o erro está variando muito rápido, esta taxa de variação deve ser reduzida para evitar oscilações.

Quadro 2 – Descrições das ações do controle PID

O controlador de malha fechada PID é o mais utilizado na indústria, podendo ser descrito através da equação 1 (FREITAS, 2014):

$$MV = K_p \cdot E + K_I \int_0^t E \cdot dt + K_p K_d \frac{dE}{dt} S_o \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

- $MV$ : Variável manipulada.
- $K_p$ : Ganho proporcional.
- $K_I$ : Ganho integral.
- $K_d$ : Ganho derivativo.
- $E$ : Erro ou desvio.
- $S_o$ : Saída inicial do controlador.

Freitas (2014) explica que cada ação do PID desenvolve uma ação:

**Ação proporcional:** elimina as oscilações da variável, tornando o sistema estável. Não garante, porém, que esteja no valor desejado (*setpoint*). “A ação proporcional trabalha corrigindo o erro do sistema, multiplicando o ganho proporcional pelo erro” (FREITAS, 2014).

**Ação integral:** elimina o desvio (*off-set*), tornando a variável próxima ao valor desejado. Essa ação realiza a integração do erro no tempo (FREITAS, 2014).

**Ação derivativa:** fornece resposta de valor proporcional à taxa de variação da variável do processo, aumentando a velocidade de resposta do sistema. (FREITAS, 2014)

## SISTEMA PÊNDULO HÉLICE

Um pêndulo costuma ser objeto de experimentos e feiras de ciências. Normalmente o pêndulo amortecido é utilizado para “explicar aspectos como modelagem, análise e técnicas de projeto de controle. As características dinâmicas não-lineares e visuais deste sistema mecatrônico motivam o emprego no estudo do controle da posição com controle por realimentação” (Bucher e Balemi, 2008).

Lemes et al (2010) explicam o físico de um pêndulo amortecido como uma barra vertical que no ponto pivô existe um potenciômetro que possui a finalidade de medir a posição angular. No ponto externo da barra há um motor Corrente Contínua (DC) e uma hélice. “Quando uma voltagem é aplicada ao propulsor, a posição angular da barra é modificada. O objetivo é posicionar a barra para um ângulo especificado com uma dinâmica desejada” (LEMES et al, 2010, p. 3036). A Figura 4 apresenta um pêndulo amortecido.

Os autores Lourenço e Backes (2009) diferenciam dois tipos de pêndulo: o simples e o invertido. Para eles, o pêndulo simples é um sistema capaz de realizar movimentos em períodos aceitáveis de tempo, sendo a movimentação harmônica ou periódica. O pêndulo invertido, porém, é instável e não linear em malha aberta, movimentando-se de maneira estrita para cima, necessitando de uma força de controle para permanecer nesta posição.

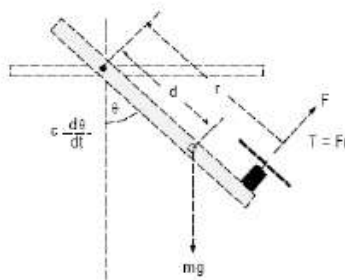


Figura 4 - Processo pêndulo amortecido

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para montagem do protótipo, foram utilizados os seguintes materiais: um Arduino Mega (placa eletrônica de prototipagem), dois potenciômetros, controlador eletrônico de velocidade (ESC) e um motor *Brushless*. A união destes dispositivos resultou em um esquema de ligação exemplificado pela Figura 5.



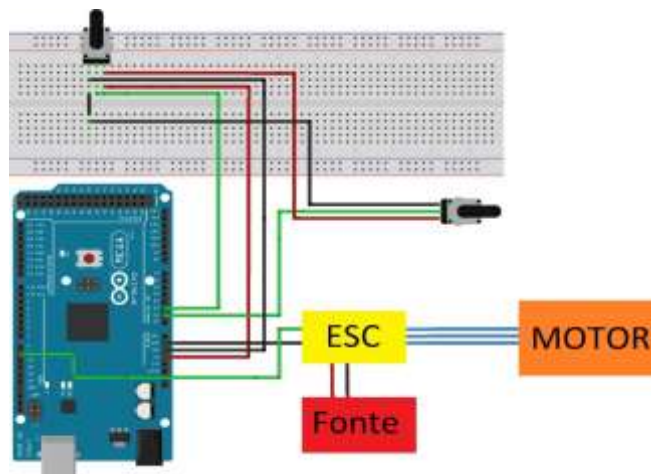


Figura 5 – Esquema montado

Foram também utilizados uma hélice, uma matriz de contatos, cabos elétricos, tubos em PVC e chapas de madeira.

A montagem do protótipo se iniciou fixando tubos de PVC em uma base de madeira, a fim de montar uma estrutura que conseguisse receber em seu centro, um pêndulo. O cabeamento elétrico foi introduzido aos tubos de PVC que possibilitou a ligação elétrica dos componentes presentes no protótipo. Na ponta do tubo que faz a função do pêndulo, foram fixados três componentes, a hélice e o motor *Brushless* na parte frontal e o ESC na parte traseira. Na base de madeira, foram fixados dois componentes, a matriz de contatos e o Arduino. Na matriz de contatos, foi realizada a ligação de um potenciômetro, para controle manual de velocidade. Na ponta do tubo que faz a função da barra de sustentação, foi fixado outro potenciômetro, este por sua vez, tem como função, realizar a medida da posição angular da haste (sensor). O protótipo está apresentado na Figura 6.



Figura 6 – Protótipo

O Arduino é responsável por realizar o controle do sistema, sendo definido o controle PID. O ESC tem a função de controlar a velocidade do motor *Brushless* de acordo com o sinal elétrico emitido pelo Arduino. A Matriz de contatos, é responsável por expandir as opções para ligações de terra (GND) e 5 Voltas (tensão de operação do controle eletrônico). O motor *Brushless* proporciona o giro da hélice, que por sua vez dá o empuxo necessário para realizar o controle desejado. Um dos potenciômetros, realiza o controle manual do sistema, já o segundo potenciômetro, fica no alto da estrutura, e realiza a medição da posição angular da haste do pêndulo.

Para uma utilização mais intuitiva com o protótipo por parte dos usuários, foi desenvolvido um sistema de supervisão e controle do protótipo no software Eclipse E3 Studio.

Após programar e testar cada função separadamente, foi realizada a interconexões dos sistemas, sendo possível obter a funcionalidade desejada para o protótipo de bancada didática. A interface elaborada no Eclipse E3 possibilita ao usuário configurar ganho proporcional, integral e derivativo e o *Setpoint* desejado. Após as definições de operação, o usuário pode acionar o botão AUTO para iniciar o controle automático da posição angular do pêndulo.

Nesse processo, é exibido ao usuário um gráfico de tendência que apresenta a curva do valor de *setpoint* e *valor medido*. O erro é calculado e exibido ao usuário para que o mesmo possa usar como parâmetro de desempenho do controlador proposto nos ajustes iniciais. O botão MANUAL habilita o controle manual da hélice por meio do potenciômetro montado na base do módulo.

A Figura 7 apresenta a tela do sistema de interface com o usuário com o módulo em operação e pêndulo na posição desejada (*setpoint*) de  $45^\circ$ , valor medido de  $47^\circ$  e erro calculado de  $-2^\circ$ .

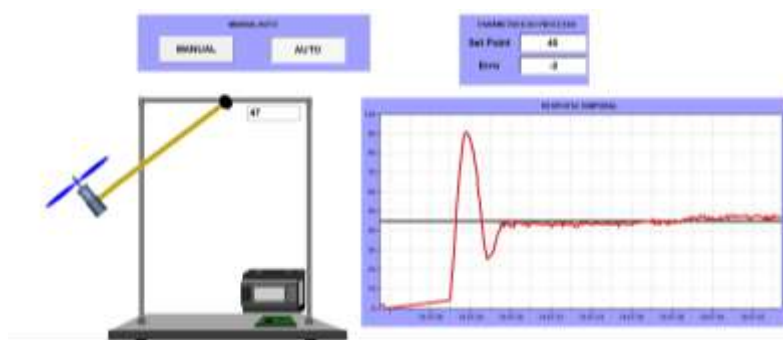


Figura 7 – Tela do usuário com o módulo em funcionamento (ângulo de  $45^\circ$ )

Após a conclusão do protótipo de módulo, o mesmo ficou disponível no laboratório da instituição de ensino e foi apresentado para alunos do ensino superior em Engenharia Elétrica na disciplina de Teoria de Controle I, como introdução e exemplificação de um sistema de controle.

Com a bancada foi possível demonstrar que o controle PID pode ser aplicado em quadricópteros, além de vários dispositivos que controlam de forma dinâmica uma variável analógica. Foi possível demonstrar também a importância da sintonia do controlador PID para obter uma resposta otimizada do sistema.

A bancada permitiu aos alunos aplicar técnicas de otimização na área de Sistemas de Controle de forma a alinhar teoria e prática. Foi proposto ainda um roteiro de aula prática para melhor aproveitamentos das diversas oportunidades que o módulo prático oferece.

Os alunos da instituição de ensino se mostraram bastante interessados quanto ao assunto após apresentação do funcionamento e operação do módulo.

Foram feitos questionamentos, sanadas dúvidas e demonstrados os benefícios da bancada didática para aperfeiçoamento da aprendizagem da Teoria de Controle.

## **CONCLUSÃO**

Esta pesquisa teve como objetivo principal o desenvolvimento de uma bancada didática utilizando um sistema de pêndulo hélice para facilitar a aprendizagem da disciplina de Teoria de Controle. Desta maneira, foi mostrada a importância do projeto para a aprendizagem dos alunos através de um referencial teórico contendo assuntos relacionados à didática e os materiais necessários para a confecção do protótipo.

Sobre os objetivos específicos do trabalho, pode-se afirmar que os mesmos foram atendidos. A exploração da Teoria de controle foi exposta no referencial teórico, elaborado a partir de livros, artigos, monografias, sites e outras fontes de pesquisa. O roteiro prático e a descrição da elaboração do protótipo também foram abordados de forma a orientar futuros trabalhos com objetivos similares.

Tratando-se da pergunta-problema do trabalho, a pesquisa envolveu o seguinte questionamento: Como é possível desenvolver uma bancada didática utilizando um sistema de pêndulo hélice para facilitar a aprendizagem da teoria de Controle? O questionamento foi respondido através dos itens relacionados nos resultados, tais como o esquema de interconexão dos sensores e atuadores com o controlador Arduino e apresentação da interface de supervisão e operação, realizada no software Elipse E3.

Com o uso do módulo, notou-se que as aulas de Teoria de Controle podem ser muito mais imersivas e envolventes e que se combinadas com um método ativo de ensino, pode-se desenvolver nos discentes as competências de desenvolvimento de modelos matemáticos e posterior experimentação, análise e síntese da operação do sistema, avaliação e adequação dos controladores de processo e definição de parâmetros operacionais.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALMEIDA, H. M. de. **A didática no ensino superior: práticas e desafios.** Estação Científica, Juiz de Fora, n. 14, 2015.

ANASTASIOU, L. das G.; PIMENTA, S. G. **Docência no Ensino Superior**. 3ª Ed. São Paulo: Cortez, 2008.

BARBOSA, F. A dos S.; FREITAS, F. J. C de. **A didática e sua contribuição no processo de formação do professor**. Disponível em: <<https://fapb.edu.br/wp-content/uploads/sites/13/2018/02/especial/3.pdf>>. Acesso em: 09 de abril. 2019.

BARROS, A. da S. X. **Expansão da educação superior no Brasil: limites e possibilidades**. Educação e Sociedade, Campinas, vol.36, p.361-390, 2015.

BATISTA, R. G.; NASCIMENTO, R. do; VILAR, M. J.; ALEXANDRE, E. **A importância do uso dos novos recursos didáticos nas aulas de geografia**. Disponível em: <[http://www.editorarealize.com.br/revistas/eniduepb/trabalhos/Modalidade\\_4dat\\_ahora\\_28\\_09\\_2013\\_21\\_18\\_38\\_idinscrito\\_813\\_3fea6ff9e45d479d26a56f4edbe7562d.pdf](http://www.editorarealize.com.br/revistas/eniduepb/trabalhos/Modalidade_4dat_ahora_28_09_2013_21_18_38_idinscrito_813_3fea6ff9e45d479d26a56f4edbe7562d.pdf)>. Acesso em: 10 de abril. 2019.

BERNUY, M. A. C.; SOUZA, J. de. **Uma experiência de educação continuada em automação industrial – bancada didática com CLP**. XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 35, 2007, Curitiba, PR: UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2007.14p

BUCHER, R.; BALEMI, S. (2008). **Scilab/Scicos and Linux RTAI - A Unified Approach**. IEEE Conference on Control Applications, Toronto, Canadá, pp. 1121-1126.

COMÊNIO, J. A. **Didática Magna – Tratado da arte universal de ensinar tudo a todos**. Lisboa: fundação Calouste Gulbenkian, 1966.

FREITAS, C. M. **Controle PID em sistemas embarcados**. 2014. Disponível em:< <https://www.embarcados.com.br/controle-pid-em-sistemas-embarcados/>>. Acesso em: 14 de maio. 2018.

GIL, A. C. **Didática do ensino superior**. São Paulo: Atlas, 2008.

LOURENÇO, M.; BACKES, W. **Sistema de Controle de Equilíbrio de um Pêndulo Invertido utilizando Controle PID através do PIC**. 2009. 81f. Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Positivo. Curitiba, 2009.

MELO, de A; URBANETZ, T. S. **Fundamentos da didática**. Curitiba: IBPEX, 2008.

NARODOWSKI, M. **Infância e poder: conformação da pedagogia moderna**. Bragança Paulista: Editora Universidade São Francisco. 2001.

NISE, N. S. **Engenharia de Sistemas de Controle**. Tradução de Fernando Ribeiro da Silva. 5ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 625 p. ISBN 978852161704-4.

NOVUS. **Controle PID Básico**. Disponível em:< <https://www.novus.com.br/artigosnoticias/arquivos/ArtigoPIDBasicoNovus.pdf> >. Acesso em: 14 de maio. 2019.

PURCINO, J. **Estratégias competitivas das instituições de ensino superior privado da grande Florianópolis.** 78f. 2006. Monografia (Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

RAMOS, M. G. da S. **A importância dos recursos didáticos para o ensino da geografia no ensino fundamental nas séries finais.** 2012. 45f. Monografia (Licenciatura em geografia) – Universidade de Brasília. Brasília, 2012.

RODRIGUES, M. J.; JURACH, P. J.; GIORDANI, R. E. **Bancada Didática de Pneumática.** CEFET-RS: 2003.

SILVA, R. N. da; BORBA, E. O. **A importância da didática no ensino superior.** Disponível em: <<http://www.ice.edu.br/TNX/storage/webdisco/2011/11/10/outros/75a110bfebd8a88954e5f511ca9bdf8c.pdf>>. Acesso em: 11 de abril. 2019.

SOUZA, A. E. B. de; BATISTA, F. R.; LIMA JUNIOR, M. S. P. dos S. **Desenvolvimento de um sistema supervisor e de controle para planta piloto de escoamento multifásico.** 2011. 17f. Monografia (Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, PR: 2011.

TONIAZZO, N. de A. **Didática: a teoria e a prática na educação.** Disponível em: <[http://www.famper.com.br/download/pdf/neoremi\\_06.pdf](http://www.famper.com.br/download/pdf/neoremi_06.pdf)>. Acesso em: 10 de abril. 2018.

TRIERWEILER, J. O.; POSSER, M. S. **PID – Toolbox: Uma ferramenta para o ensino e ajustes de controladores PID.** Apostila, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre (2002).

WEG. **Bancada didática WEG.** Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h22/hdb/WEG-bancada-didatica-BDMW-50023199-catalogo-pt.pdf>>. Acesso em: 22 de maio. 2019.