



A IMPORTÂNCIA DA INICIAÇÃO CIENTÍFICA NO INÍCIO DO CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO PARA A FORMAÇÃO DE FUTUROS ENGENHEIROS

Márcio Luiz Marques Assunção – marcioluizassuncao@gmail.com

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha,
31270-901 - Belo Horizonte - MG

Lúcio Passos – lpassos@deq.ufmg.br

Departamento de Engenharia Química
Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha,
31270-901 - Belo Horizonte - MG

Mateus Talouis Braga – mtb1997@gmail.com

Laboratório de Operações Unitárias – Departamento de Engenharia Química
Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha,
31270-901 - Belo Horizonte - MG

Matheus Bonavite dos Reis Cardoso – matheusbonavite@gmail.com

Laboratório de Operações Unitárias - Departamento de Engenharia Química
Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha,
31270-901 - Belo Horizonte - MG

Resumo: *O trabalho apresentado tem como objetivo ressaltar a importância da realização de uma iniciação científica no início do curso de graduação em Engenharia de Controle e Automação, com foco na elaboração de atividades em um grupo de pesquisa formado por estudantes matriculados regularmente no segundo e terceiro períodos. Os impactos provocados pela atividade complementar em questão serão vistos e analisados por: documentos preparados pelos orientadores e estudantes, atividades elaboradas abordando microcontroladores (PIC18F4550, MSP430), uso de softwares matemáticos e de programação para consolidação prática de conceitos vistos em sala de aula (SciLab, Code::Blocks). Ao final são apresentados os recursos didáticos, técnicas e materiais utilizados para atingir os objetivos e as conclusões observadas pela equipe.*

Palavras-chave: *iniciação científica, atividade complementar, grupo de pesquisa, grade curricular.*



1 INTRODUÇÃO

Os primeiros períodos de um curso de graduação de engenharia são desenvolvidos com o objetivo de fornecer ao aluno ferramentas básicas referentes as Ciências da Natureza. Nessa etapa, os estudantes trabalham com conceitos de cálculo, de probabilidade e estatística, de programação, de física e de química, por exemplo. Apesar da importância desses períodos iniciais, percebe-se uma grande quantidade de estudantes que não notam a aplicação desses conceitos na realidade prática dos profissionais de engenharia. Ressalta-se que situações semelhantes à relatada são recorrentes, também, no curso de Engenharia de Controle e Automação (ECA).

Dessa forma, o artigo busca apresentar uma alternativa para tornar os quatro primeiros períodos do curso de Engenharia de Controle e Automação mais palpáveis aos estudantes iniciantes. Diante disso, criou-se um grupo de pesquisa, envolvendo alunos matriculados regularmente no 2º e no 3º período do curso de ECA da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O estudo desenvolvido foi elaborado para a implementação de projetos visando à automação de plantas didáticas, como o trocador de calor e o sedimentador contínuo, ambas no Laboratório de Operações Unitárias, integrante do Departamento de Engenharia Química da UFMG.

As atividades têm seu núcleo de desenvolvimento baseado no estudo de microcontroladores de Li e Yao (2014), Barr e Massa (2006) e Axelson (2005). A razão para a escolha deve-se ao emprego desses dispositivos diretamente para automatização de plantas e, assim, introduzir conceitos que são úteis no ciclo profissional do curso de engenharia desde o início da graduação seguindo tendência como proposto em *The Engineer of 2020* (2004). Dessa forma, conteúdos vistos em períodos mais avançados são apresentados precocemente aos alunos visando à aplicação prática. Esses conceitos são, por exemplo: integração numérica; derivadas numéricas; filtros analógicos e digitais; Modulação por Largura de Pulso (*Pulse Width Modulation* – PWM); dinâmica de sensores e conversores Analógico Digital.

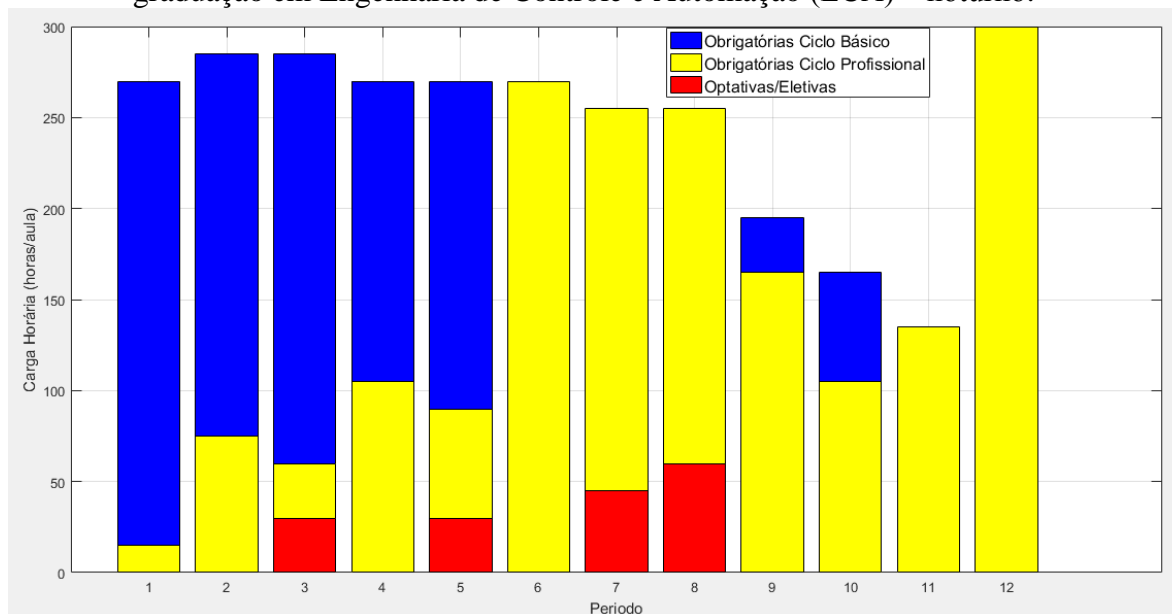
Portanto, ao familiarizar universitários do ciclo básico de engenharia com conceitos essenciais e que serão aprofundados em períodos posteriores, acredita-se que o choque promovido pela transição entre os primeiros semestres do ciclo básico e as matérias cursadas no ciclo profissional seja reduzido. Ademais, pretende-se instruir o estudante a praticar os diversos conceitos que estão sendo estudados nos anos em que se cursa o ciclo básico da graduação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Através da análise do currículo do curso de Engenharia de Controle e Automação (ECA), disponível em (COLGRAD, 2011), nota-se que as disciplinas do ciclo básico estão dispostas nos quatro primeiros semestres e as disciplinas do ciclo profissional figuram majoritariamente depois do 5º período, como pode ser visto na Figura 1. A estrutura curricular sob análise colabora diretamente para que os alunos fiquem desconectados do curso, questionem os conteúdos do ciclo básico e, logo, percam o interesse na assimilação desses conteúdos. A principal queixa dos alunos é a falta de relação entre os conteúdos do curso, mesmo sabendo que eles serão necessários em períodos posteriores. Outro problema também preocupante é que os alunos chegam no ciclo profissional e não lembram dos conteúdos já integralizados.



Figura 1 – Distribuição da carga horária por semestre na grade curricular do curso de graduação em Engenharia de Controle e Automação (ECA) – noturno.



FONTE: elaboração própria.

Embora essa desarticulação dos conteúdos no início do curso já seja discutida por colegas dos cursos de graduação em engenharia, inclusive do próprio curso, no momento não há muito o que ser feito, pois exigiria alterações em toda a organização curricular do curso e até demandar um esforço das unidades que ofertam as disciplinas do ciclo básico. Acredita-se que, futuramente, haverá necessidade de reorganizar essa estrutura curricular e amenizar tais dificuldades como é previsto em (MEC, 2002).

A partir dessa análise seria indicado trabalhar com opções para atenuar a dispersão dos alunos nesses períodos iniciais. Uma delas são atividades extra curriculares, como empresas juniores, equipes de desenvolvimento, como Baja, robótica, atividades voluntárias, atividades culturais, bolsas de extensão e iniciação científica. Todas essas atividades já são elaboradas na Escola de Engenharia e na Universidade. E apresentam resultados excelentes no envolvimento dos alunos quanto e na formação. Esforços dessa natureza fazem da universidade um lugar mais produtivo e dinâmico para pesquisa, ensino e extensão (COLGRAD, 2015).

A iniciação científica é apresentada como elemento capaz de integrar esse grupo de alunos às atividades que estão bem próximas daquelas a serem executadas por profissionais formados em Engenharia de Controle e Automação (ECA). E também traz a oportunidade para introduzir conceitos mais simples que remetem aos conteúdos do ciclo profissional, fazendo uso dos conteúdos já abordados no ciclo básico. Na realidade o modelo de iniciação voluntária está muito concentrado para que os alunos resolvam os problemas propostos usando os conhecimentos por eles adquiridos.

Na iniciação científica os conceitos necessários são apresentados de forma prática para torná-los tácitos aos alunos. Uma vez que esses conteúdos são assimilados, o desenvolvimento teórico mais aprofundado é exposto. Então, as atividades da iniciação científica servem como ponto de articulação para o conhecimento que antes estava disperso para o estudante.

Esse trabalho de orientação exige domínio de conteúdo, experiência prática na condução das atividades didáticas. Essa forma de organizar a iniciação científica, embora difícil para o



orientador, é similar as metodologias de ensino de linguagem (em línguas estrangeiras, por exemplo) que tratam inicialmente de apresentar o código e seu emprego para mais tarde introduzir as regras gramaticais.

Outra metodologia usada no desenvolvimento das atividades é o uso do “parafuso” (espiral) didático para sedimentar os conhecimentos necessários. Conceito desenvolvido a partir de estudos de Lima (2017). A cada atividade os conceitos são revistos com um grau de complexidade maior. E ao fazer isso deve-se tomar cuidado para não tornar a exposição complexa demais ou muito repetitiva. Sempre que retomar o conteúdo deve-se preparar os alunos com antecedência e certificar-se de que eles estão prontos para avançar no tratamento do problema de posse dos novos conceitos.

3 METODOLOGIA DE TRABALHO

Para a realização das tarefas de Iniciação Científica Voluntária, descritas nesse trabalho, o grupo de pesquisa (formado por um professor orientador, um mestrando e dois alunos de graduação) adotou encontros semanais.

Para cada reunião, os alunos são estimulados a realizar discussões baseadas em pesquisas prévias sobre microcontroladores, periféricos internos e externos, componentes eletrônicos e o fundamentos teóricos pertinentes ao funcionamento de dispositivos eletrônicos e processos químicos. Contudo, as reuniões não devem perder o foco na abordagem do tema previamente escolhido.

A orientação para a pesquisa bibliográfica é feita pelo orientador ou pelo mestrando em encontros que antecedem as reuniões de equipe. O foco das investigações bibliográficas é a aplicação direta de conhecimento nas atividades práticas. Caso o foco seja teórico, é prioridade atender uma demanda para finalidades experimentais. Exemplificando: pode ser solicitada a solução de um problema que ocorreu durante uma atividade prática, ou a busca de conteúdos que expliquem uma dúvida sobre um processo. Ainda, pode haver a necessidade de compreender o modo de funcionamento de equipamentos e instrumentos do laboratório.

Aos professores (orientador e mestrando) cabem as explicações com tratamento didático já conhecidos e na forma de “parafuso” ou espiral (LIMA, 2017). Essa técnica de intervenção didática é baseada na partida de um conhecimento consolidado, estado inicial, buscando um estado posterior, que tenha um nível de aprofundamento maior ou rigor teórico em relação ao estado inicial (ou apresente uma generalização do tema visto). Para isso, deve-se agregar ao tema original conteúdos que ajudarão os discentes a realizar a trajetória didática até a abordagem desejada (com nível de abstração superior ou com maior rigor teórico).

Essa introdução de conteúdo diferenciado pode ser feita a cada discussão sobre o desenvolvimento do projeto tanto com o objetivo de incrementar implementações práticas quanto para esclarecer dúvidas dos alunos oriundas da etapa de aprofundamento do conhecimento. O uso dessa técnica, aqui denominada “parafuso” (ou espiral) didático, deve ser bem trabalhada para não implicar em desgastes da relação professor-aluno ou comprometer a interação entre eles e o conhecimento. Portanto, o seu emprego implica em muito planejamento e conhecimento teórico e da prática didática.



4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Atividades realizadas

Para a realização das tarefas de Iniciação Científica Voluntária o grupo de pesquisa adotou encontros semanais com professores e orientadores da Escola de Engenharia da UFMG e os alunos envolvidos.

Ao longo do projeto de iniciação científica foram-se realizadas as seguintes tarefas:

- i) Pesquisa acerca de microcontroladores e seus componentes, os alunos escolheram qual *kit* (de desenvolvimento) iriam usar e para isso pesquisaram desde o significado de um microcontrolador até as especificações técnicas dos *kits* disponíveis no mercado e seus preços.
- ii) Elaborar esquemas das plantas didáticas nas quais os alunos iriam trabalhar para realizar a automação, com a finalidade de verificar as condições de trabalho.
- iii) Desenvolver modelagem matemática e lógica do problema utilizando máquinas de estado para prever o funcionamento do equipamento em malha aberta. Utilizando o software MPLAB, licenciado para a instituição, os estudantes conseguiram implementar e rodar diversos códigos que mais tarde seriam utilizados para a automação das plantas, como a planta de sedimentação contínua.

Os documentos, vídeos, esquemas e demais produções do grupo de pesquisa referentes a esse artigo estão disponíveis para download no *GitHub* do projeto¹ (diretório no portal de compartilhamento de conteúdos).

4.2 Avaliação das atividades

Com o intuito de avaliar o andamento das atividades, foi adotado um cronograma no qual os requisitos de projeto de automação da planta são referência de pesquisa. Todas as atividades semanais visam tratar de uma atividade prática, uma pesquisa teórica realizada pelos alunos, seguida de uma explicação teórica por parte dos orientadores. Todavia, em caso de dúvidas sobre algum tema, os orientadores procuram saná-las imediatamente com uma breve explicação ou exemplo prático que ilustre a explanação. É imprescindível que não haja dúvidas de etapas anteriores

4.3 Atividades em progresso

Durante as reuniões o grupo delimitou tarefas a serem feitas acerca de assuntos necessários para desenvolver os projetos futuros, a saber: **i)** Estudo de métodos numéricos, como integração numérica, média móvel, derivadas numéricas, Mínimos Quadrados e outros métodos para ajuste de curvas. Para, posteriormente, tratar com a aquisição de dados por meio das plantas. **ii)** Estudo de *timers* e outros periféricos presentes nos microcontroladores PIC® da Microchip®, para tornar as plantas mais responsivas.

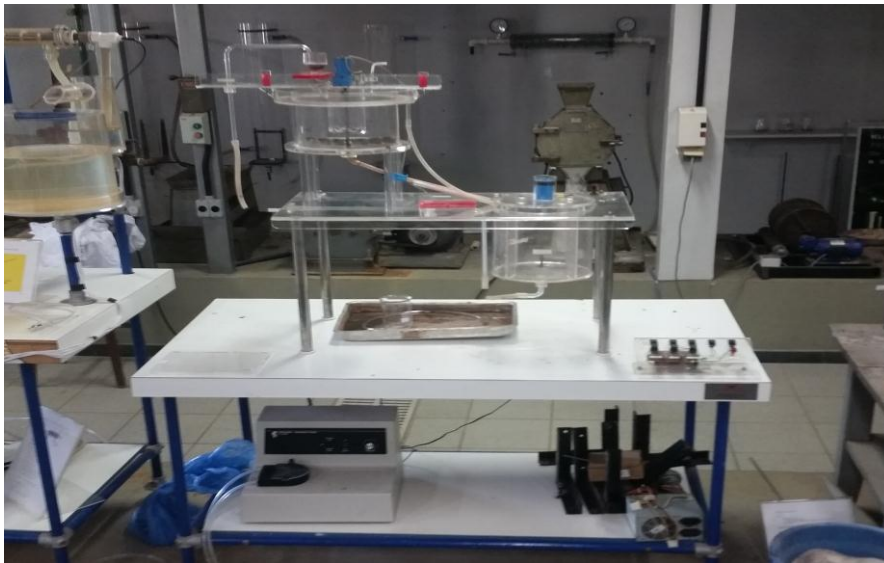
¹ Conteúdo disponível em <https://github.com/marcioluizassuncao/Publico>



5 RESULTADOS

A implementação prática do projeto visa à automação da planta de sedimentação contínua. A escolha dessa planta foi motivada por dois motivos: dentre as demais plantas presentes no Laboratório de Operações Unitárias da UFMG essa é a mais simples; a disponibilidade da mesma no primeiro semestre de 2017 para que fosse introduzida essa nova experiência com alunos da iniciação científica. A Figura 2 mostra a planta didática utilizada.

Figura 2 - Foto da planta de sedimentação contínua.

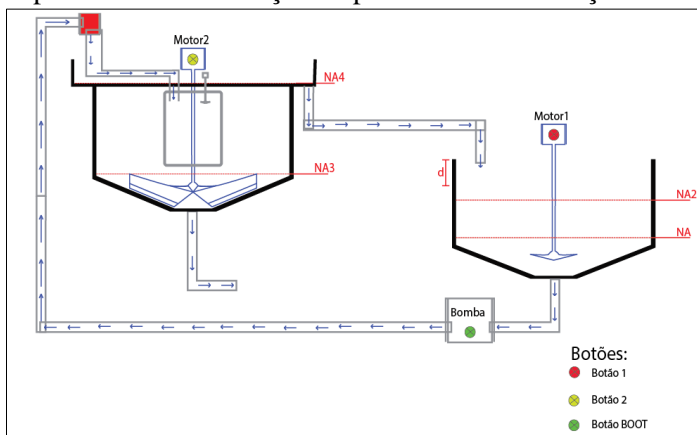


FONTE: elaboração própria.

Após escolher a planta que seria o objeto de trabalho, o grupo elaborou um esquema de corte transversal da planta apontando os elementos mais importantes da mesma e quais seriam automatizados (Figura 3). Essa etapa tem como foco a operação da planta em malha aberta. No caso a planta de sedimentação contínua foi a escolhida para ser objeto de pesquisa do processo e desenvolvimento da automação (atividades da iniciação).



Figura 3 – Esquema de corte transversal para determinar parâmetros importantes na automação da planta de sedimentação contínua.

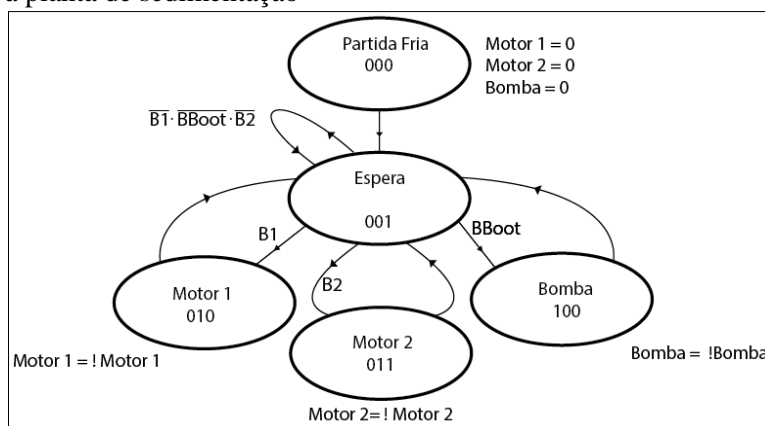


FONTE: elaboração própria.

Depois de definir os requisitos da planta e seus parâmetros de relevância, os estudantes deveriam escolher qual microcontrolador seria o mais adequado para desempenhar o papel de unidade de processamento do controle. Foram pesquisados pelos alunos microcontroladores da família MSP 430 (*Texas Instruments*®) e PIC18(*Microchip*®). O microcontrolador escolhido foi o PIC18F4550 por apresentar um sólido desempenho (estabilidade), um número de entradas I/O razoável para o problema, espaço de memória *Flash* e RAM adequado, além de uma própria IDE (*Integrated Development Environment - Ambiente de Desenvolvimento Integrado*).

Após a seleção dos critérios de projeto da automação da planta didática, o grupo optou por iniciar uma modelagem matemática acerca do funcionamento da planta em malha aberta. Conforme mostra a Figura 4, uma Máquina de Estados Finitos (*Finite State Machine – FSM*) foi elaborada para tomar decisões baseadas em comandos da planta como: iniciar a planta, ligar e desligar o motor do rastelo, ligar e desligar a bomba, ligar e desligar o motor do misturador e desligar a planta (Figura 3).

Figura 4 – Máquina de Estados Finitos para direcionar comandos à planta de sedimentação



FONTE: elaboração própria.



Em seguida foi elaborado um código em Linguagem C, específico para o microcontrolador, que descreve o comportamento da FSM descrita na Figura 4. A implementação foi elaborada segundo as técnicas descritas por Vahid (2009). A Figura 5 mostra o algoritmo usado para elaborar o código do *firmware*. O código fonte correspondente ao algoritmo se encontra no diretório do projeto hospedado no portal *GitHub*.

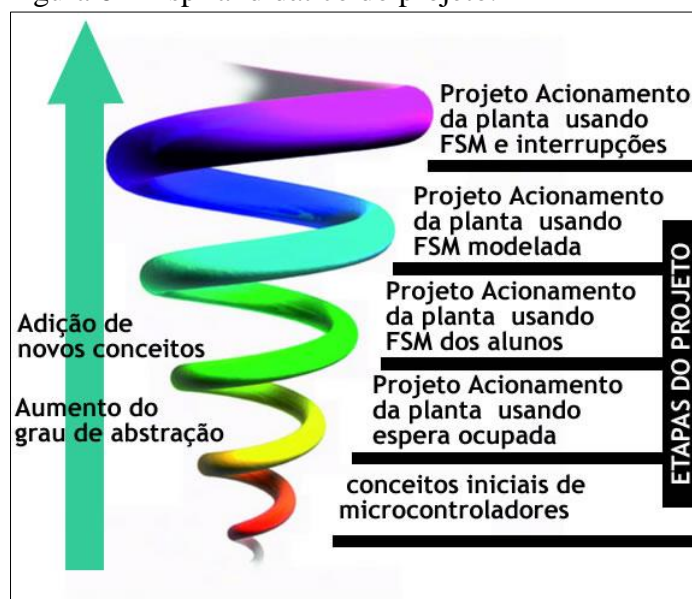
Figura 5 – Algoritmo da FSM implementada no projeto.

```
Entrada: Botão Selecionado
Resultado: Realiza as funções da máquina de estados descrita abaixo
1 Chame a função PartidaFria;
2 Enquanto 1;
3     Se B1 == 1;
4         Motor1 = !Motor1;
5         Break;
6     Fim Se;
7     Se B2 == 1;
8         Motor2 = !Motor2;
9         Break;
10    Fim Se;
11    Se BBoot == 1;
12        Bomba = !Bomba;
13        Break;
14    Fim Se;
15    Se B1 == 0 && B2 == 0 && BBoot == 0 ;
16        Chame a função Espera;
17    Fim Se;
18 Fim Enquanto;
```

FONTE: elaboração própria.

As etapas do andamento do projeto podem ser representadas usando o diagrama em espiral ou parafuso mostrando a dinâmica da didática utilizada (Figura 6).

Figura 6 - Espiral didático do projeto.



FONTE: elaboração própria.



6 CONCLUSÃO

O sucesso no cumprimento das atividades e do engajamento dos alunos nas mesmas se devem, principalmente, ao protagonismo dado a eles na execução das tarefas. Nesse projeto o orientador não é a figura principal, mas sim o mediador de conhecimentos e desempenha atividades auxiliando os alunos na execução das mesmas.

Pode ser constatado que o uso de microcontroladores é um instrumento muito útil para realizar as atividades, pois suscita a curiosidade e o interesse dos estudantes. E além disso, esses dispositivos facilitam o emprego de novos conhecimentos de forma rápida. Basta ter um *kit* de desenvolvimento, ou até mesmo um dispositivo microcontrolado (como o Arduino®) para criar sistemas de automação simples e funcionais.

O projeto apresentado não tem por finalidade somente munir as plantas didáticas com instrumentação eletrônica, com atuadores e com sistema de controle dedicado, mas também capacitar os próprios alunos que irão desenvolver tais projetos. Pode ser visto na documentação e nos resultados que o projeto apresentado no estudo tem desenvolvimento bem dinâmico, pois a cada etapa um novo conceito é introduzido e os alunos já manifestam o desejo de implementá-lo. Por exemplo, o uso de PWM para controlar a velocidade do motor D.C. (corrente contínua) é uma solução que foi implementada imediatamente pelos alunos assim que o conceito da modulação lhes foi apresentado.

Por fim, a iniciação descrita no artigo tem como finalidade amenizar o problema da dispersão e desinteresse de alunos no início do curso de Engenharia de Controle e Automação (ECA). Porém, esse trabalho não tem objetivo de esgotar o tema e se apresentar como solução absoluta para tratar a dificuldade enfrentada por professores, alunos e coordenadores do curso. Deve-se esclarecer que a equipe de pesquisa acredita que iniciativas como essa e similares são meios de agregar à formação profissional e não desqualificam a atual estrutura curricular do curso resultante do trabalho de muitos docentes e profissionais em educação.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos coordenadores do Laboratório de Operações Unitárias e do Laboratório de Processos Industriais pelo acesso às plantas didáticas e pela disponibilidade dos recursos necessários para realizar os experimentos; ao Departamento de Engenharia Química pelo apoio institucional e ao bolsista Matheus Pires de Mattos Fiuza pelo auxílio na operação e montagem da planta de sedimentação contínua. Os autores também agradecem às agências de fomento à pesquisa CNPq e CAPES o apoio financeiro.

Organização



Promoção





7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AXELSON, Jan. Complete: Everything You Need to Develop USB Peripherals, Third Edition. (2005). Lakeview Research LLC, Wisconsin.

BARR, Michael, MASSA, Anthony. Programming Embedded Systems: With C and GNU Development Tools. (2006). O'Reilly Media, Inc. California.

COLGRAD. Grade horária do curso de graduação em engenharia de controle e automação (noturno). (2015). Colegiado do Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação (ECA)–UFMG. Dez, 2015. Disponível em: <<http://www.controle.eng.ufmg.br/>> Acesso em: 24 de maio de 2017.

COLGRAD. Projeto Pedagógico do Curso de engenharia de controle e automação, (2011) Disponível em: <<http://www.controle.eng.ufmg.br/>> Acesso em: 24 de maio de 2017

LI, Qing; YAO, Carolyn. (2014). Real-Time Concepts for Embedded Systems. CMP Books, Elsevier, India, 2014.

LIMA, Valéria Vernaschi. Espiral construtivista: uma metodologia ativa de ensino-aprendizagem. Interface (Botucatu), Botucatu, v. 21, n. 61, p. 421-434, jun. 2017. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-32832017000200421&lng=pt&nrm=iso>. Acessos em 30 jun. 2017.

MEC/CNE/CES, Resolução CNE/CES 11. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. DOU, Brasília, 9 de abril de 2002, seção 1, p.

THE ENGINEER OF 2020: Visions of Engineering in the New Century National Academy of Engineering. National Academies Press, 2004. Disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/10999.html>>. Acesso em: 17 de maio de 2017.

VAHID, F. Sistemas Digitais – Projetos, Otimização e HDLs. Bookman Editora, 1 de jan de 2009 - 557 pg., 2009.

THE IMPORTANCE OF PRIMARY SCIENTIFIC AT BEGINNING OF ENGINEERING CONTROL UNDERGRADUATE COURSE FOR PREPARING FUTURE ENGINEERS

Abstract: *This work has the aim to highlight the importance of a primary scientific accomplishment at the beginning of control engineering undergraduate spotting on execution of scientific group tasks formed by regular undergraduate students enrolled at second and third semester. The impacts provoked by complementary tasks in question will be seen and analyzed by: documents drafted by the mentors and the students, tasks drafted addressing microcontrollers (Microchip PIC18F4550 and Texas MSP430), usage of math softwares and IDE programming for practice consolidation of concepts acquired at the classroom (SciLab, Code::Blocks). At last it is presented didactic tools, technics and supplies applied to achieve the targets and the conclusions drawn by the team.*

Keywords: *Primary scientific, Complementary task, Research group, Curriculum frameworks.*

Organização



Promoção

