

**Ricardo de Oliveira Duarte**

UFMG

ricardoduarte@ufmg.br

**Pedro Francisco Donoso Garcia**

UFMG

pedro@cpdee.ufmg.br

## **METODOLOGIA DE ENSINO ORIENTADA PARA PROJETOS E CRIAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO: UM RELATO DE CASO DA DISCIPLINA SISTEMAS, PROCESSADORES E PERIFÉRICOS – LABORATÓRIO, DA ESCOLA DE ENGENHARIA DA UFMG**

### **PROJECT-ORIENTED TEACHING METHODOLOGY AND CREATION OF TEACHING MATERIALS: A CASE REPORT OF THE COURSE SYSTEMS, PROCESSORS AND PERIPHERALS - LABORATORY, SCHOOL OF ENGINEERING UFMG**

---

#### **RESUMO**

Este artigo descreve uma experiência no ensino de projeto de processadores e sistemas microprocessados em uma disciplina teórico-prática de Sistemas, Processadores e Periféricos, para os cursos de graduação em Engenharia Elétrica, Engenharia de Controle e Automação e Engenharia de Sistemas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Pretende-se mostrar como tem sido desenvolvida essa disciplina por meio da utilização das metodologias ativas de ensino (Orientada para Projetos) e a construção de material didático, norteada por essa metodologia. Considera-se uma abordagem de proposta de trabalhos práticos, motivando os alunos a adquirir conhecimentos sólidos por meio do material didático desenvolvido e apresentando suas próprias soluções de projeto, em vez da simples repetição de experimentos predeterminados. Os resultados observados são maior motivação e participação nas aulas, pesquisa dos conteúdos dos trabalhos em diversas fontes além dos livros didáticos e interação dos alunos da disciplina na procura de soluções adequadas aos trabalhos propostos.

**Palavras-Chave:** Ensino Orientado para Projetos. Projeto de Processadores. Aulas de Laboratório. Aprendizagem Baseada em Problemas. Videoaulas.

---

#### **ABSTRACT**

This article describes a teaching experience in processor design and microprocessor systems in a theoretical and practical course called Systems, Processors and Peripherals for the Undergraduate courses in Electrical Engineering, Control and Automation and Systems Engineering at UFMG. It is intended to show how this course has been developed through the use of active teaching methodologies (project-oriented) and building materials, guided by this methodology. It is considered a proposed approach to practical work, motivating students to acquire their own knowledge through teaching materials developed and presented their own design solutions, rather than the simple repetition of predetermined tasks. The results observed are increased motivation and participation in class, search the contents of the work in a variety of sources beyond the textbooks and students' interaction in the course of finding adequate solutions to the proposed work.

**Keywords:** Project-oriented Education. Processor design. Laboratory Classes. Problem-Based Learning. Video lessons.

Universidade Federal de Minas Gerais

Correspondência/Contato  
Av. Antônio Carlos, 6627  
Pampulha: 31270-901  
BELO HORIZONTE - MG  
revistadocenciadoensinosuperior@ufmg.br

Coordenação

Rede de desenvolvimento de práticas de Ensino Superior – Giz/Prograd

## 1. INTRODUÇÃO

Este artigo trata do relato de caso da aplicação da metodologia de Ensino Orientado ao Projeto e do desenvolvimento de material didático para uma disciplina prática de laboratório oferecida aos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia de Controle e Automação e Engenharia de Sistemas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

O material didático desenvolvido foi norteado pela metodologia de ensino (DONOSO-GARCIA; MARTINS; CORTIZO, 2008) que tem seus princípios inspirados na metodologia conhecida como *Problem Based Learning* - PBL (SAMFORD UNIVERSITY, 2011). O elemento-chave dessa metodologia de ensino é a forma como os alunos propõem a solução para um problema enunciado, por meio dos conhecimentos adquiridos e da integração com outros conhecimentos. A partir de um problema real, o conhecimento total do problema e a identificação dos requisitos mínimos determinados pelo projeto são propostos e realizados. Dessa forma inicia-se o fracionamento do projeto, que necessita de profundo entendimento de conceitos, análise e técnicas para a sua solução. O aluno é incentivado a construir seu próprio aprendizado estudando os conceitos em material didático e outros disponibilizados, para realização de sua própria solução da situação-problema proposta.

O aluno é orientado a definir, documentar, implementar seu próprio projeto e testá-lo em laboratório. O professor atua como orientador das atividades propostas e trabalha como ator facilitador da construção do conhecimento de cada estudante, esclarecendo dúvidas, sugerindo alternativas de projeto e referências para o desenvolvimento das soluções, além de avaliar o aprendizado e o envolvimento do aluno no projeto.

Essa metodologia de ensino vem sendo empregada em algumas disciplinas do curso de Engenharia Elétrica e de Engenharia de Controle e Automação, mais especificamente nas disciplinas de laboratório de Eletrônica I, Eletrônica de Potência e Controle I na UFMG desde 2006. Conforme observa Donoso-Garcia, professor da disciplina de laboratório de Eletrônica I, "tal abordagem no âmbito da Engenharia se aproxima muito do *modus operandis*, encontrado em diversas indústrias no desenvolvimento de novos produtos tecnológicos" (DONOSO-GARCIA; TORRES, 2007, p. 1). A partir de uma especificação de uma situação-problema real, o aluno é convidado a envolver-se ativamente com o processo de criação da sua própria solução para o problema e desenvolvê-lo segundo orientações gerais passadas pelo professor da disciplina, dentro

dos objetivos da mesma, fazendo com que o seu aprendizado se torne mais agradável, estimulante e próximo da realidade enfrentada na vida profissional de um engenheiro. Para que isso se torne realidade, um conjunto de objetos multimidiáticos, enfatizando os conceitos e a base teórica necessária ao desenvolvimento da situação-problema, deve ser cuidadosamente desenvolvido e apresentado ao aluno no início das atividades do curso. O enfoque desse trabalho concentra-se no relato de um caso de desenvolvimento do material didático produzido para esse fim e na experiência da aplicação dessa metodologia nas aulas práticas da disciplina Sistemas, Processadores e Periféricos - SSP.

A abordagem de ensino orientada a projetos possibilita a valorização das competências individuais de cada aluno e também estimula o trabalho em grupo, pois implica a constante troca de experiências dos atores envolvidos no processo. Essa abordagem também estimula o professor que ministra a disciplina a cada semestre a vivenciar diferentes soluções e situações práticas diante de diversas formas de pensar e das ideias advindas do envolvimento do estudante com a situação-problema proposta. Para cada semestre letivo, o professor pode e deve elaborar uma nova situação-problema, ou seja, um único documento de forma que os alunos se sintam motivados e desafiados a desenvolver um trabalho inédito.

A teoria tem uma importância substancial e não é menosprezada, mas prioritariamente se enfatiza que esta serve como subsídio para a realização de trabalhos práticos, e não apenas uma simples memorização de conceitos teóricos, sem relacionamento com a prática. Os alunos têm sido incentivados a ser participantes do ensino, e não apenas receptores de informações prontas. Por outro lado, o professor torna-se um gestor de ensino, auxiliando e provendo suporte para o aprendizado dos alunos, e não apenas repetindo conteúdo teórico extraído de livros.

Nas aulas de laboratório, onde são utilizados os guias ou roteiros contendo descrição de experimentos, estes se mostram repetitivos e muitas vezes desconexos com a evolução inerente de certos temas abordados em disciplinas de uma área tecnológica. Desta forma, o aluno desenvolve menos sua criatividade.

O artigo está organizado da seguinte forma. Na seção Contextualização, apresenta-se o contexto no qual a disciplina era ministrada até então e as justificativas observadas para o desenvolvimento de um novo material didático e a mudança da metodologia de ensino proposta. Na seção Estruturação do material da disciplina apresenta-se a estruturação do projeto de construção do material didático. Na seção Materiais e

métodos, apresenta-se uma síntese dos materiais e métodos desenvolvidos para a aplicação da metodologia de ensino, empregada na disciplina. O modo *método de avaliação* utilizado também é relatado nessa mesma seção. Na seção seguinte, discorre-se sobre a forma de como é aplicado e utilizado o material produzido. Finalmente, na seção Resultados, apresenta-se uma descrição dos resultados alcançados, em que são mostrados os cuidados que devem ser tomados na aplicação desta metodologia de ensino e o uso do material didático para se obter sucesso. Conclusões e trabalhos futuros compõem a última seção.

## 2. CONTEXTUALIZAÇÃO

Nesta seção, descreve-se uma experiência de ensino na disciplina de Sistemas, Processadores e Periféricos, denominada SPP, para os cursos de graduação em Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle e Automação e Engenharia de sistemas da UFMG. Essa disciplina é regularmente ofertada pelos professores da área de Eletrônica Digital do DELT-UFMG, que é composta de uma carga horária semestral total de 75 horas (45 horas de aulas teóricas e 30 horas de aulas práticas ou em laboratório). Todas as aulas teóricas acontecem concomitantemente com as aulas práticas. A disciplina é obrigatória para o curso de Engenharia Elétrica (diurno), Engenharia de Controle e Automação (diurno e noturno) e Engenharia de Sistemas (noturno), totalizando aproximadamente 150 alunos matriculados a cada semestre. A disciplina SPP é de caráter formativo do aluno na área de Sistemas Digitais dos cursos supracitados e tem como pré-requisitos as disciplinas de Sistemas Digitais e Laboratório de Sistemas Digitais, em que o enfoque de projetos de sistemas digitais modernos baseados em linguagens de descrição de *hardware* deve ser ensinado e praticado em aulas de laboratório.

De forma geral, os objetivos da disciplina SPP são:

- a) Capacitar o aluno para o entendimento do funcionamento e o projeto de um processador, suas partes, como estas se integram e se comunicam para realizar funções para as quais foram projetadas.
- b) Capacitar o aluno a identificar e caracterizar um periférico, sua forma de comunicação com processadores e seus modos de operação.

Antes do desenvolvimento do material didático aqui apresentado, as aulas de laboratório dessa disciplina eram baseadas em roteiros com experiências bem definidas, mas repetitivas, onde o aluno executava tarefas predeterminadas, devendo apresentar pré-relatórios no início de cada aula de laboratório ao professor da disciplina. Desta forma, os relatórios permitiam identificar se o aluno havia estudado o assunto

previamente e se preparado para as atividades presenciais da aula prática da semana. Os roteiros de laboratório da aula prática estavam sempre atrelados ao assunto dado na aula teórica da semana.

Para alcançar o primeiro objetivo geral da disciplina, o professor apresentava em sala de aula o desenvolvimento de um processador definido para fins didáticos, conhecido por MIC-1 (TANEMBAUM, 2006). O projeto desse processador era dividido em oito etapas ou aulas práticas na forma de roteiros de atividades. O aluno era convidado a projetar o processador MIC-1 na linguagem de descrição de *hardware* VHDL e validá-lo através de um simulador de códigos de descrição de *hardware* produzidos da mesma linguagem. O segundo objetivo dessa disciplina era alcançado com o estudo de periféricos e sua programação na linguagem *Assembly* da arquitetura da família de processadores da *Intel*<sup>TM</sup>. O desenvolvimento de códigos para programação de periféricos de um computador, tais como alto-falantes, interface de comunicação serial UART, teclado, entre outros, era abordado. Esse objetivo era alcançado em sete aulas práticas, sendo cada uma com o seu próprio roteiro de atividades.

Houve relatos dos alunos da pouca motivação pelas aulas práticas devido à constante repetição e constatação de resultados descritos nos roteiros. De forma geral, os alunos desconheciam o objetivo final pelos estudos fracionados, realizados e constatados nas aulas práticas. Os alunos relatavam sobre as aulas, que por se tratarem de atividades repetitivas já vivenciadas e desenvolvidas por alunos de turmas anteriores, não se sentiam motivados a preparar os pré-relatórios, tornando essa atividade um mero cumprimento de tarefas decorrentes da metodologia de ensino empregada na disciplina. Os professores percebiam o baixo interesse e a pouca motivação dos alunos. Sabiam da existência de grupos de alunos que copiavam os pré-relatórios e trabalhos das turmas anteriores, sinais que apontavam para a necessidade de mudança na estratégia de ensino.

### 3. ESTRUTURAÇÃO DO MATERIAL DA DISCIPLINA

A metodologia de ensino proposta para essa disciplina é centrada no Ensino Orientado ao Projeto, a qual se baseia em aliar a teoria e a prática, apresentando conceitos teóricos fundamentais, mas procurando exemplificar aos alunos como aliá-los à prática (DONOSO-GARCIA; MARTINS; CORTIZO, 2008). A teoria usada como fundamento do desenvolvimento dos objetos de ensino utilizados na disciplina SPP foi baseada em livros-texto contemporâneos, referência das áreas, de Sistemas Digitais (VAHID, 2008),

Organização de Computadores (PATTERSON; HENNESSY, 2005) e Projetos com Microcontroladores (OLIVEIRA; ANDRADE, 2006).

A fim de alcançar o primeiro objetivo da disciplina e com base nos livros-texto citados, foi desenvolvido o material didático contendo teoria e aspectos práticos do projeto de processadores. Um sequenciamento completo do projeto de um processador foi elaborado e dividido em etapas. Um exemplo completo de projeto de um processador foi apresentado, desde a especificação de requisitos, seguindo cada uma das etapas do seqüenciamento de projeto citado. Desta forma, os alunos são orientados ao estudo e ao desenvolvimento e também à documentação dos procedimentos realizados para seus projetos. Paralelamente, para cada etapa do sequenciamento de projeto, documentos-modelo foram elaborados, no intuito de manter um padrão de documentação de projeto e facilitar a correção dos trabalhos. Alcançando-se o primeiro objetivo da disciplina, na oitava aula, é realizado um *workshop*, no qual os alunos testam por completo seus projetos em um kit de desenvolvimento de projetos baseado em dispositivo lógico programável (FPGA – *Field Programmable Gate Arrays*) e apresentam seus trabalhos ao professor e demais colegas de turma. Nesse evento é incentivada a discussão dos trabalhos, com aportes de novas ideias baseadas na experiência adquirida pelos alunos.

Uma apostila focando o segundo objetivo da disciplina, que é o de identificar e caracterizar um periférico, também foi desenvolvida (OLIVEIRA JUNIOR; DUARTE, 2011). Essa apostila contém o material teórico mínimo e aplicação da teoria nas atividades práticas relacionada ao estudo de periféricos de um microcontrolador, sua programação e o desenvolvimento de pequenos sistemas, utilizando-se os periféricos estudados. Exemplos de programação e uso de cada periférico são apresentados em cada seção da apostila. Complementando o material disponibilizado para os alunos, foram selecionados manuais, tutoriais e folhas de dados de processadores e microcontroladores comerciais. Foram também selecionados materiais divulgados na *internet* e material de apoio (*softwares* e tutoriais), que auxiliam o aluno no uso das ferramentas empregadas no laboratório e na realização dos trabalhos propostos.

O material didático desenvolvido foi estruturado de forma a permitir seu crescimento e atualização com outras técnicas de projeto de processadores que venham ser agregadas, sem ser necessário efetuar modificações nos objetos de aprendizagem já produzidos.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

As condições mínimas de utilização de equipamentos e material didático existente em laboratório para realização das atividades práticas devem estar disponíveis desde o primeiro dia de aula. O material didático é constituído de kits de dispositivos lógicos programáveis para cada grupo de alunos, capazes de ser reconfigurados por *software* fornecido com os *kits* (ALTERA, 2006, 2010). Os *kits* de dispositivos lógicos programáveis trabalham por meio de um microcomputador com todo o *software* necessário ao desenvolvimento do projeto, fornecidos para cada grupo de alunos.

A caracterização da forma semipresencial da disciplina, onde o estudo e o desenvolvimento das etapas de projeto do processador e da programação de pequenos sistemas com o uso de periféricos, bem como o envio dessas atividades semanalmente ao professor demandam o apoio de uma plataforma de ensino a distância. A plataforma Moodle – Minha UFMG é utilizada intensamente. Professores, monitores-bolsistas e alunos a usam como meio para consulta ao material didático, esclarecimento de dúvidas, troca de informação via fóruns e comunicação por ferramenta de e-mail interno para realização das atividades propostas. Semanalmente, todos os grupos de alunos devem submeter tarefas ou etapas de projeto para apreciação e comentários do professor dentro de um prazo estabelecido por ele.

As atividades presenciais semanais consistem na realização de testes por parte dos alunos das atividades a distância desempenhadas na semana. Esses testes são realizados utilizando-se os *kits* de desenvolvimento de projetos existentes no laboratório. Esclarecimentos de dúvidas remanescentes com o professor da disciplina são também tratadas presencialmente. Ainda dentro do tempo de aula, o professor avalia a participação individual e o conhecimento de cada aluno sobre os assuntos tratados na etapa.

O recurso didático essencial desenvolvido para a aplicação dessa metodologia de ensino é a videoaula. As videoaulas foram construídas a partir de narrações de animações produzidas respectivamente com os *softwares* Camtasia Studio© e Microsoft PowerPoint©. As videoaulas apresentam de forma concisa e objetiva a teoria e o sequenciamento de projeto, mostrando as etapas para o desenvolvimento de um processador. Desta forma, um exemplo do projeto de um processador completo é apresentado nas videoaulas, sugerindo ao aluno como aliar a teoria à prática. Adicionalmente foram elaboradas dez guias de aula que orientam os alunos no desenvolvimento e documentação de suas soluções.

Em síntese, o material didático produzido para a disciplina é composto pelos seguintes artefatos:

- a) Um plano de aulas sugestivo para a parte teórica da disciplina, contendo o assunto que deverá ser tratado em cada aula, material de referência e a conexão com as atividades-fim, tratadas em laboratório.
- b) Um plano de atividades em laboratório, contendo o objetivo de cada atividade presencial, material que deverá ser produzido pelo aluno na etapa e material de referência disponível ao aluno para a execução da etapa.
- c) Nove vídeos com animações explicando a base teórica necessária para o aluno projetar, documentar e desenvolver sua própria solução para a situação-problema proposta.
- d) Um documento contendo as especificações de requisitos mínimos da situação-problema proposta.
- e) Dez guias de laboratório. Essas guias orientam os alunos nas atividades em laboratório para criar, documentar, implementar e validar suas soluções nos encontros presenciais semanais de cada módulo.
- f) Material para referência no desenvolvimento dos projetos. Esse material fica disponível no ambiente Moodle – Minha UFMG para acesso dos alunos e também no repositório de objetos de aprendizagem GIZ-UFMG (GIZ, 2011) e está organizado em sumários, aula a aula (vide Figura 1). Estão disponíveis materiais para aprendizado e consulta sobre aspectos relacionados à Linguagem de Descrição de *Hardware*; Material de referência e usuário do *kit* de desenvolvimento e do ambiente de programação que o aluno deverá usar para testar o funcionamento de sua solução.
- g) Um modelo para elaboração de cada etapa de projeto do processador, que cada grupo de alunos deverá submeter à apreciação do professor pelo ambiente Moodle dentro de prazo preestabelecido e divulgado aos alunos no primeiro dia de aula.
- h) Um exemplo completo do projeto de um processador, seguindo as etapas propostas e acompanhado de toda documentação, códigos e simulações utilizados no projeto, conforme sugerido pelo professor.
- i) Um roteiro sugestivo de avaliação de trabalhos dos *workshops* para o professor.
- j) Um documento informativo para o aluno contendo os critérios que são utilizados na avaliação dos *workshops*.
- k) Uma apostila com a teoria mínima necessária ao projeto de microcontroladores e seus periféricos para o desenvolvimento e programação de pequenos sistemas.

Na Figura 1, pode-se observar dois sumários do curso organizados no ambiente Moodle. Cada sumário está associado a uma aula. Todas as aulas possuem os mesmos itens apresentados na Figura 1. Tais itens são: objetivo da aula; material que o grupo deverá produzir; material para estudo e atividades propostas, separadas em do-

cumentos, videoaulas e *softwares*. Cada aula também apresenta um *link* para que o grupo de alunos submeta suas tarefas da etapa de projeto para avaliação e comentários do professor.

Na Figura 2, pode-se observar um *slide* de uma das nove videoaulas, assistido com o auxílio de um navegador popular de Internet. Observa-se à esquerda dessa imagem um recurso utilizado na criação dos vídeos, de grande utilidade para o aluno e a navegação por *slides* utilizados na produção da aula. Esse recurso possibilita ao aluno interromper e voltar a assistir ao vídeo de onde parou sem se preocupar em tomar nota do tempo em que parou de vê-lo.

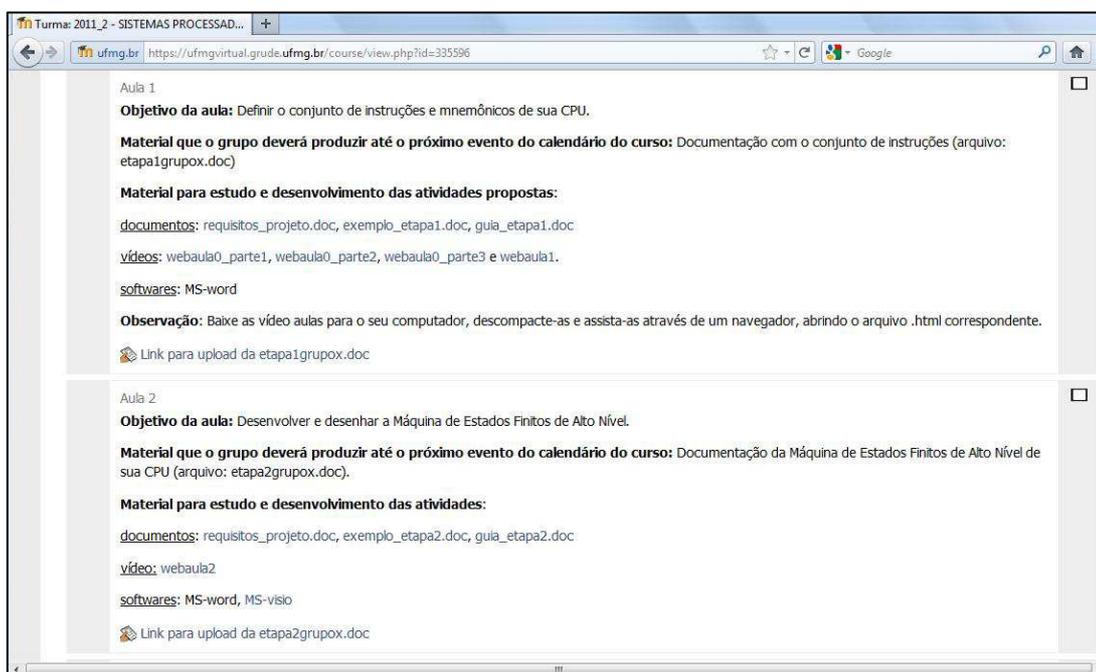


Figura 1 – Organização da disciplina no ambiente Moodle

Ainda na Figura 2, observa-se um dos *slides* contendo as etapas de projeto completo, desenvolvido para o processador com base nos livros-texto citados (VAHID, 2008; PATTERSON; HENNESSY, 2005).



### *Aplicação do material produzido*

Na primeira aula da disciplina de Laboratório de Sistemas, Processadores e Periféricos, o professor deverá apresentar a proposta da disciplina. Assim, apresentam-se os objetivos, a metodologia de trabalho e o material que o aluno terá a disposição para desenvolver sua solução, bem como as formas nas quais será avaliado. Os alunos devem ser agrupados em duplas ou trios, para realizarem as atividades propostas. Cada grupo terá seu próprio projeto e solução. Incentiva-se a discussão entre os membros de um grupo para definir as possíveis decisões sobre as etapas de projeto do processador.

A disciplina de SPP tem dois objetivos claros e distintos, citados na seção Contextualização deste artigo. Cada objetivo é tratado em um módulo composto por sete aulas de 2h/aula. No início do primeiro módulo, mais especificamente na primeira aula, é apresentada ao aluno uma situação-problema do módulo, ou seja, o documento com as especificações de requisitos mínimos para o projeto do processador. Os instrumentos que ele terá a sua disposição para desenvolver a sua própria solução também são apresentados. Nas seis aulas subsequentes do módulo, cada dupla deverá criar, desenvolver, testar e documentar sua solução com o acompanhamento e a orientação presencial do professor responsável pela turma. No último encontro (aula) do módulo, cada grupo deverá apresentar sua solução para a turma em horário de aula. Esse último encontro do módulo, também presencial, funciona como um *workshop*. As últimas sete aulas compõem o segundo módulo, no qual pretende-se alcançar o segundo grande objetivo da disciplina. O objeto de aprendizado principal desse segundo módulo é a apostila, que apresenta sete situações-problema, que induzem o grupo de alunos a criar sua própria solução.

### *Procedimentos de avaliação*

O procedimento de avaliação da disciplina de laboratório de SPP consiste em: avaliações parciais semanais e avaliações ao final de um módulo.

- **Avaliações parciais semanais.** A avaliação parcial é realizada por conceitos, como sugerida pelo ambiente Moodle (Excelente, Satisfatório e Não satisfatório). É atribuído um conceito para o grupo e um conceito individual a cada membro do grupo por arguição nos encontros presenciais. Desta forma, o grupo é avaliado como um todo através do documento descritivo da etapa da semana e submetido através do ambiente Moodle ao professor dentro do prazo estabelecido. Os documentos enviados ao professor, resultantes da etapa realizada, dependendo da semana, podem consistir de códigos, de simulações e/ou a documentação do projeto. Modelos de todo o material a ser entregue

pelos alunos são disponibilizados aos mesmos, a fim de que possam produzir um padrão de documentação. Desta forma, facilita-se o processo de correção por parte do professor, uma vez que há uma grande diversidade de soluções e um grande número de grupos a serem avaliados. O instrumento de avaliação parcial terá como objetivo identificar se o grupo de alunos assimilou os conceitos necessários ao cumprimento da referida etapa de solução da situação-problema. Nos dias da semana dos encontros presenciais da disciplina no laboratório, o professor deverá questionar a turma para identificar possíveis dúvidas remanescentes comuns a todos da turma e em seguida esclarecê-las. No caso de haver dúvidas particulares de grupos, serão esclarecidas individualmente ou diante da turma, podendo alternativamente sugerir que grupos que tenham superado esse tipo de problema ou que tenham proposto soluções distintas se pronunciem ao grupo que apresentou a dúvida. O professor deverá arguir os alunos individualmente de forma a conceituar seu aprendizado e envolvimento com as atividades propostas na semana, principalmente em situações em que os alunos não manifestem dúvidas e/ou não se mostrem envolvidos com a atividade. Procura-se dar ênfase ao estímulo do raciocínio e à argumentação crítica do aluno diante da etapa de projeto realizada. Os conceitos teóricos são cobrados de forma implícita. Os alunos precisam conhecê-los e entendê-los em profundidade para realizarem suas argumentações e aplicá-los no desenvolvimento de seus projetos.

- Avaliação ao final do módulo. Essa avaliação é realizada na forma de um *workshop*, no qual cada grupo de alunos apresentará e explicará aos demais colegas de turma e ao professor o trabalho que desenvolveu ao longo do módulo da disciplina. Os objetos produzidos e utilizados para execução dessa avaliação são um roteiro sugestivo para o professor organizar sua forma de avaliação e um documento para o aluno ser informado sobre o processo e os elementos de avaliação.

## 5. RESULTADOS

Os objetos de aprendizado desenvolvidos segundo a metodologia do Ensino Orientado a Projetos se encontram disponíveis à comunidade da UFMG no repositório de objetos de aprendizado do GIZ – Rede de Desenvolvimento de Práticas de Ensino Superior, vinculado à Pró-Reitoria de Graduação da UFMG (GIZ, 2011). O presente projeto de desenvolvimento de objetos de aprendizado e metodologia de ensino orientada a projetos para a disciplina Sistemas, Processadores e Periféricos teve suporte financeiro da Pró-Reitoria de Graduação por meio do edital Prograd 02/2009. Essa metodologia de ensino com todos os objetos de aprendizagem desenvolvidos vem sendo aplicada há dois semestres na disciplina Sistemas, Processadores e Periféricos para os cursos de graduação em Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle e Automação da UFMG. Aproximadamente 160 alunos já cursaram a disciplina utilizando o método de ensino apresentado. Os alunos que cursaram a disciplina se mostraram mais motivados diante

do desafio de projetar um processador a partir de uma especificação de requisitos inicial. Ressaltam ainda que as videoaulas propiciam uma base importante para o desenvolvimento do projeto. Por fim, os documentos que acompanham o material didático e o desenvolvimento de um exemplo de projeto de um processador são objetos de aprendizagem essenciais. Desta forma, os alunos também aprendem a preparar a documentação resultante da experiência de projetar um processador. De forma geral, observou-se nessas turmas que, para se obter bons resultados com a aplicação dessa estratégia de ensino, algumas condições essenciais devem ser observadas:

- a) O professor e os alunos devem dispor de um ambiente de ensino a distância de fácil uso, confiável, com alta disponibilidade para uso e funcionamento;
- b) O professor deve dar, semanalmente, um retorno por escrito a todos os grupos de alunos, sobre as etapas de projeto postadas, comentando interpretações equivocadas e sugerindo modificações ou questionamentos sobre a tomada de decisões de projeto;
- c) O retorno do professor deve ser dado previamente e em tempo hábil, sempre antes do próximo encontro presencial com a turma em laboratório, pois o aluno deverá ler os comentários e sugestões do professor e proceder às modificações e demandas necessárias em seu projeto, além de dispor de tempo para formular dúvidas sobre o retorno dado pelo professor para o dia do encontro presencial.
- d) O professor deve ter domínio completo e ter vivenciado a prática sobre o assunto que está sendo ministrado. A metodologia orientada para projetos propõe ao professor um desafio constante, diante de uma grande variedade de questionamentos e tomadas de decisão. Só aquele professor que possuir conhecimento sólido do tema e que tenha vivenciado experiência em projetos semelhantes conseguirá dirimir as dúvidas e, com isso, transmitir confiança e proporcionar orientação adequada aos alunos.
- e) O professor deverá, na primeira aula do curso, apresentar, como de praxe: os objetivos, ementa, programação aula a aula e principalmente explicar sobre a metodologia de ensino que será adotada, ressaltando que o sucesso para a assimilação dos conteúdos dependerá muito da participação e envolvimento dos estudantes na entrega dos documentos solicitados sobre as atividades não presenciais;
- f) É desejável que haja horários de monitoria disponíveis para que os alunos possam esclarecer suas dúvidas de forma presencial, fora dos dias das atividades presenciais com o professor. Consequentemente, é desejável que tais monitores tenham vivenciado essa mesma experiência em semestres anteriores;
- g) O professor e/ou assistentes deverão responder as questões apresentadas nos fóruns do ambiente a distância com regularidade e frequência, de forma a incentivar os alunos com o uso desse recurso e manter a credibilidade e a razão do seu uso;

- h) O tempo das videoaulas deve ser, preferencialmente, menor que 15 minutos e abordar no máximo dois objetivos principais;
- i) As videoaulas devem apresentar áudio e vídeo de qualidade aceitável, ou seja, com poucos ruídos, informação relevante e sucinta em linguagem simples; animações, figuras, desenhos, relevantes, simples e visíveis; tabelas e textos curtos em fonte de tamanho legível;
- j) O professor deve disponibilizar um projeto de um processador modelo completo, correto e devidamente documentado, como exemplo para o aluno aprender o que e como deverá produzir nas etapas de projeto.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

A metodologia de ensino orientada a projetos aplicada na disciplina de Sistemas, Processadores e Periféricos pode ser adaptada para outras disciplinas de Engenharia e certos cursos de Ciências Exatas que abordem projetos de sistemas, em que esses possam ser estruturados de forma abstrata em uma sequência de etapas, como apresentado no sequenciamento de etapas de projeto desenvolvido neste trabalho. As vantagens da adoção dessa metodologia de ensino são muitas. O aluno se sente mais motivado em realizar um projeto-desafio, encontrar soluções para resolvê-lo e analisar o impacto das decisões tomadas. Cabe-lhe desenvolver uma postura ativa perante o processo de aprendizagem e reconhecer que o professor não é mais o único a decidir sobre os caminhos a serem seguidos. Para o professor, essa metodologia de ensino-aprendizagem proporciona uma dinâmica constante a cada semestre, em que uma nova situação-problema é elaborada e proposta aos alunos. O professor é o condutor da formação da experiência prática do aluno, mostrando os possíveis rumos a serem tomados e corrigindo erros conceituais que possam surgir.

Vários tipos de objetos de aprendizagem podem ser desenvolvidos segundo essa metodologia, desde que o princípio que a norteia seja obedecido, ou seja, aliar a teoria à prática para o desenvolvimento da situação-problema, conduzindo o aluno a suas próprias escolhas e decisões de projeto. A videoaula é um dos tipos de objeto de aprendizado principais desenvolvido nesse trabalho. Em breve, outras videoaulas e guias de aulas com modelos serão desenvolvidas, abordando-se outras técnicas de projeto de implementação de processadores e sistemas microprocessados. Entre essas técnicas estão previstas a implementação de caminhos de dados como *pipeline* e soluções em *hardware* para resolução de conflitos no *pipeline*, além de implementação de controle e gerência de memórias *cache* e implementação de sistema de tratamento de interrupções.

Os objetos de aprendizagem gerados neste trabalho estão disponíveis sob a licença Creative Commons e estão hospedados e disponíveis para cópia e uso da comunidade acadêmica da Universidade no Repositório de Objetos de Aprendizados do GIZ-Prograd da UFMG.

## AGRADECIMENTOS:

- Ao GIZ – Rede de Desenvolvimento de Práticas de Ensino Superior, vinculado à Pró-Reitoria de Graduação da UFMG, que apoiou técnica e financeiramente a execução deste projeto.
- Ao bolsista Capes-Reuni de mestrado do PPGEE-UFMG Marconi de Oliveira Júnior, que, entre suas atribuições de atividades em cursos de graduação do Reuni se empenhou com afinco na atividade de desenvolvimento da apostila Introdução ao Projeto com Microcontroladores e Programação de Periféricos, citada neste artigo.

## REFERÊNCIAS

ALTERA CORPORATION. DE2 Development and Education Board User Manual – Version 1.3, 2006.

ALTERA CORPORATION. Introduction to Quartus II Software - Version 10.0, 2011. Disponível em: <[http://www.altera.com/literature/manual/archives/intro\\_to\\_quartus2.pdf](http://www.altera.com/literature/manual/archives/intro_to_quartus2.pdf)>. Acesso em: 24 de agosto de 2011.

DONOSO-GARCIA, P. F.; TORRES, Leonardo. Ensino Orientado ao projeto desafio: uma experiência para o ensino de controle, instrumentação e eletrônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – COBENGE, 35., 2007, Curitiba. Anais... Curitiba: UNICENP, 2007. v. 1.

DONOSO-GARCIA, P. F.; MARTINS, L. F.; CORTIZO, P. C. Ensino orientado ao projeto: uma experiência para o ensino de Eletrônica nas disciplinas de laboratório de Eletrônica e Eletrônica de Potência. *Eletrônica de Potência (Florianópolis)*, v. 13, p. 109-116, 2008.

GIZ. Repositório de Objetos de Aprendizado do GIZ – Rede de Desenvolvimento de Práticas de Ensino Superior, Pró-Reitoria de Graduação da UFMG. Disponível por acesso restrito à comunidade da UFMG em: <<https://dspaceprod01.grude.ufmg.br/dspace/handle/OAUFMG/545/browse?type=title>>. Acesso em: 24 de agosto de 2011.

OLIVEIRA JUNIOR, M; DUARTE, R. de O. Apostila sobre Introdução ao Projeto com Microcontroladores e Programação de Periféricos. Departamento de Engenharia Eletrônica – Escola de Engenharia – Universidade Federal de Minas Gerais, 2011. Disponível por acesso restrito a comunidade da UFMG em: <<https://dspaceprod01.grude.ufmg.br/dspace/handle/OAUFMG/545/browse?type=title>>. Acesso em: 24 de agosto de 2011.

---

PATTERSON, D. A.; HENNESSY, J. L. Organização e projeto de computadores: a interface hardware/ softwares. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2005.

SAMFORD UNIVERSITY. Center for Teaching, Learning and Scholarship homepage. Disponível em: <<http://www.samford.edu/ctls/archives.aspx?id=2147484113>>. Acesso em: 24 de agosto de 2011.

OLIVEIRA, A. S. de; ANDRADE, F. S. de. Sistemas embarcados - hardware e firmware na prática. São Paulo: Érica, 2006.

TANEMBAUM, A. S. Organização estruturada de computadores. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2006.

VAHID, F. Sistemas digitais: projeto, otimização e HDLs. Porto Alegre: Bookman, 2008.