

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DO USO DO PROTÓTIPO DIDÁTICO SERVOMOTOR CC COMO UMA FERRAMENTA DE ENSINO E APRENDIZAGEM NAS DISCIPLINAS DE SISTEMAS DE CONTROLE

Raphael D. C. S - raphael.comesenha@gmail.com

Carlos L. F. C - carlosleonardofc@gmail.com

Rosana P. O. S - rsoares@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Elétrica.

Rua Augusto Corrêa, 01

CEP: 66075-110 – Belém - PA.

Resumo: *Neste artigo são mostrados os primeiros resultados da tentativa de construção de uma metodologia para avaliar a viabilidade de implementação de uma planta real (Protótipo Didático Servomotor CC - PDS) como uma ferramenta de ensino e aprendizagem nas aulas teóricas e de laboratório das disciplinas de sistemas de controle. Para isso, foram realizados experimentos com o PDS envolvendo os assuntos de cada disciplina. As experiências foram demonstradas em seminários, nas aulas teóricas, e efetuadas a partir de roteiros experimentais, nas aulas de laboratório. Todas as aulas foram ministradas para os alunos de engenharia elétrica da Universidade Federal do Pará. A partir dessa metodologia, foi realizada a coleta de dados através da aplicação de questionários aos docentes e discentes, para validar a proposta.*

Palavras-chave: *Prática no Ensino, Sistemas de Controle, Servomotor, Planta Real.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, existe a necessidade de uma formação profissional que desenvolva indivíduos cada vez mais criativos, inovadores e capazes de raciocinar, resolver novos problemas e gerar alternativas. No mundo contemporâneo, dentro dos avanços científicos, tecnológicos e da concepção profissional, são valorizadas as habilidades e competências pessoais e não apenas a aquisição e armazenamento de informações no aspecto quantitativo. A formação, dessa maneira, deve ter como premissas a “necessidade de considerar a flexibilidade, a interdisciplinaridade, a contextualização, a unicidade da relação teoria-prática e o respeito aos valores éticos, estéticos e políticos” (BRASIL, 2003).

Além disso, um dos aspectos problemáticos do ensino superior está no âmbito metodológico. São críticas de participantes dos cursos: o emprego exclusivo da preleção ou aula expositiva, o número insuficiente de aulas práticas, a escassez e o uso inadequado de recursos audiovisuais, além de práticas de campo e laboratoriais mal planejadas com baixa participação dos alunos (BORDENAVE, 2004).

Dentro dessa perspectiva, o ensino e a aprendizagem estão extremamente influenciados pela relação do conhecer da teoria, do saber fazer da técnica e da decisão e realização individual de valores na imprevisibilidade da prática (RIEDEL, 1981).

De acordo com Riedel (1981), a teoria descreve o que se sabe de uma realidade e refere-se a um saber sistemático científico. Dentro da perspectiva cognitiva citada por Atkinson *et al.* (2002), o ponto crucial da aprendizagem dá-se na capacidade de representar mentalmente

de aspectos do mundo e depois operar sobre essas representações mentais, este processamento se relaciona diretamente com a teoria.

A técnica reside entre a teoria e a prática, referenciando o que se faz ou deve fazer para a produção de uma realidade, ou seja, é um saber que orienta o agir (RIEDEL, 1981).

De modo comum, nenhuma delas se refere ao agente e partem de um modelo ou plano. Suas conseqüências são “em grande parte controláveis”. Por causa de sua possibilidade de controle e sua independência do homem agente, a teoria e a técnica podem ser transmitidas, isto é, ensinadas e aprendidas.

Em contrapartida, a prática depende da atitude do agente, consiste na ação do indivíduo que age com responsabilidade própria. Outra característica fundamental da prática em relação à teoria e técnica, é a experiência ou vivência, devido a não existir possibilidade de controle por causa da constante mudança das circunstâncias e de fatos imprevisíveis, não é transmissível (RIEDEL, 1981).

É de conhecimento comum que as atividades práticas utilizam os sentidos humanos. Na edição especial número dez da revista Nova Escola (2006) os sentidos sensoriais são a porta de entrada para aprendizagem no corpo humano. Explorar técnicas que privilegiam o uso dos sentidos auxilia a captação dos mais diversos conteúdos.

Baseando-se nos conceitos acima, este artigo propõe a avaliação do Protótipo Didático Servomotor CC (PDS) como ferramenta de ensino e aprendizagem na inclusão da prática experimental, com plantas reais, em aulas teóricas e de laboratório das disciplinas de sistemas de controle.

2. DESCRIÇÃO DO PDS

2.1. Servomotor

O Protótipo Didático Servomotor CC, mostrado na figura 1, foi totalmente desenvolvido por alunos da graduação do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará para ser utilizado como ferramenta de pesquisa e ensino.



Figura 1 – Protótipo Didático Servomotor CC

Atualmente, o protótipo apresenta-se em duas versões. A diferença mais significativa é que uma versão foi construída com um motor CC de 6 V e a outra versão com um motor de 24 V. A comunicação do servo com o computador é feita através da porta serial (DB-9 / RS-232) e a alimentação é direta da rede elétrica. O protótipo se caracteriza como um sistema físico real, pois apresenta não linearidades presentes em plantas reais, o que torna o seu uso interessante como ferramenta didática. É basicamente constituído por:

- 1 - Caixa de redução;
- 2 - Motor CC de 6 V ou de 24 V;
- 3 - Motor controlado por tensão de armadura;
- 4 - Encoder com precisão de $0,5^\circ$ foi impresso, a *laser* ou por método serigráfico, em transparência.

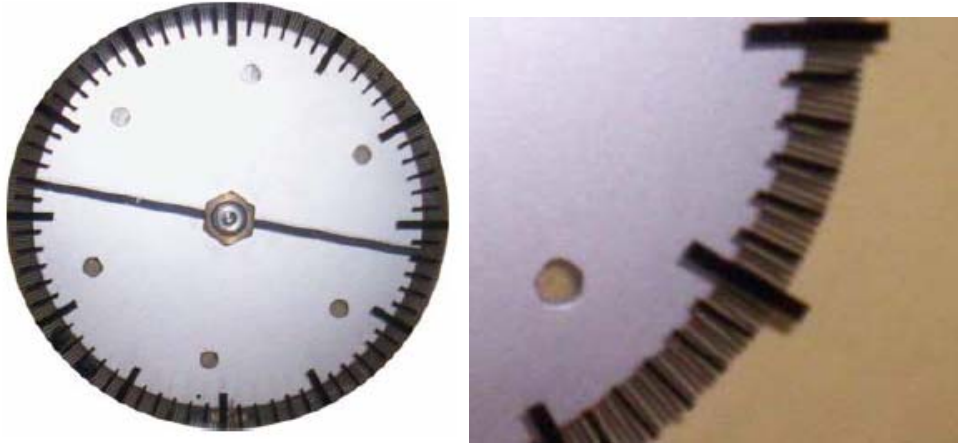


Figura 2 – Disco com *encoder* do Servomotor CC.

5 - Sensores de deslocamento (leitura da velocidade e sentido de rotação do eixo) e sensor de referência zero, que são sensores ópticos constituídos por pares optoeletrônicos (*LED* infravermelho mais fototransistores) excitados pelas ranhuras do *encoder*;

6 - *LED* indicador da referência zero que se apaga quando o disco encontra-se no marco zero;

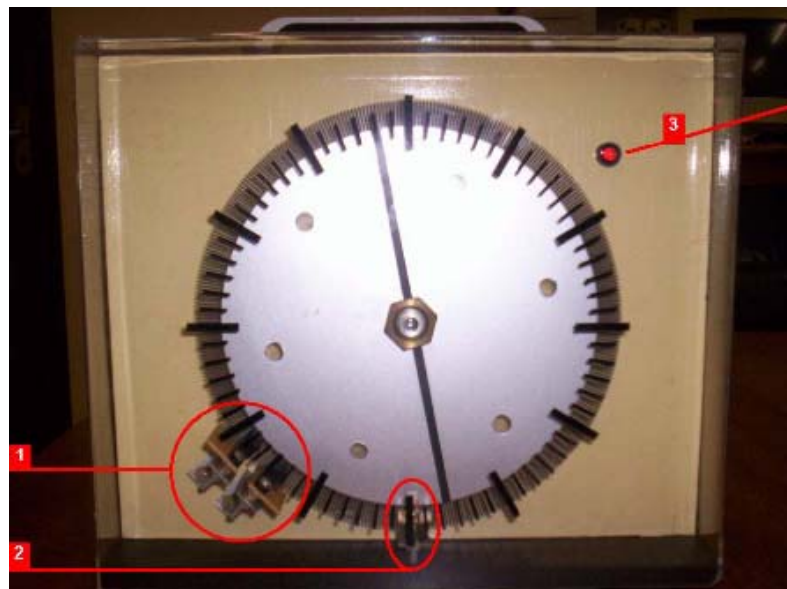


Figura 3 – (1) Sensores de deslocamento, (2) sensor de referência zero e (3) *LED* indicador da referência zero

7 - Botões de simulação de carga ou perturbações.

2.2. Interfaces

As interfaces são programas feitos em LABVIEW versão 7.1 e permitem que o aluno varie os parâmetros de estudo, como a amplitude da tensão de entrada, a frequência do sinal, ativação da filtragem, além de permitir que os dados de resposta do motor sejam salvos, escolher a forma do sinal de entrada (para algumas interfaces), a unidade do sinal de saída e selecionar os parâmetros de controle.

Existem quatro interfaces. Na figura 2 é mostrada a interface de seleção de qual tipo de experiência será realizada, nela é possível selecionar qualquer uma das interfaces para a realização do experimento desejado.



Figura 2 – Seletor de interfaces.

As outras são as interfaces para a realização de experiências como identificação do modelo matemático da planta, sintonia e projeto de controladores. Para a experiência de identificação é utilizada a interface Malha Aberta, apresentada na figura 3.

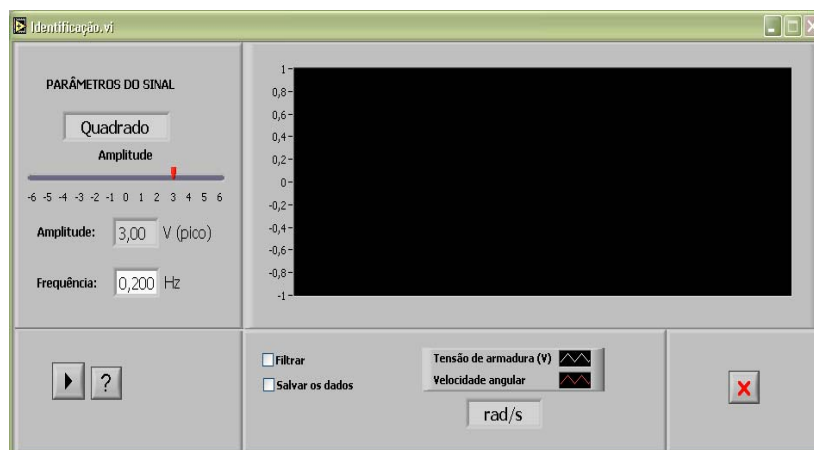


Figura 3 - Interface para a experiência de identificação.

Nas experiências de sintonia e projeto de controladores com ação proporcional integral e derivativa faz-se o uso da interface Controle Clássico (figura 4).

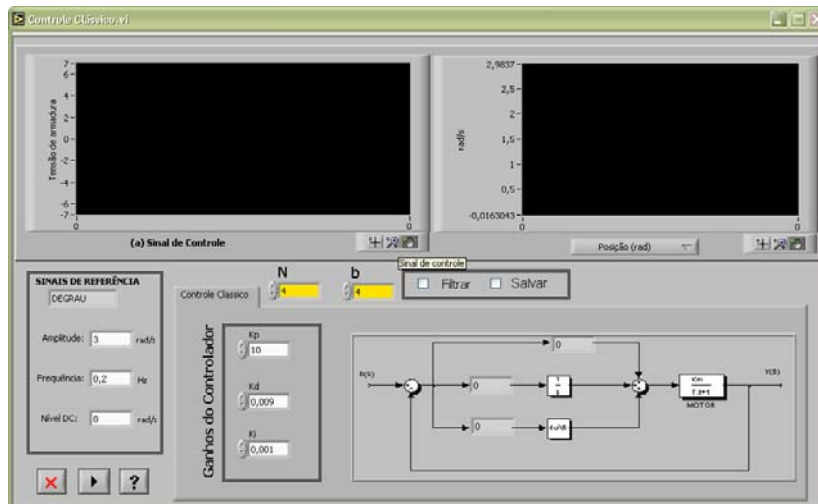


Figura 4 - Interface de controle PID.

Por fim, em experiências onde são empregadas técnicas modernas de controle com realimentação de estados, seleciona-se a interface Controle Moderno (figura 5).

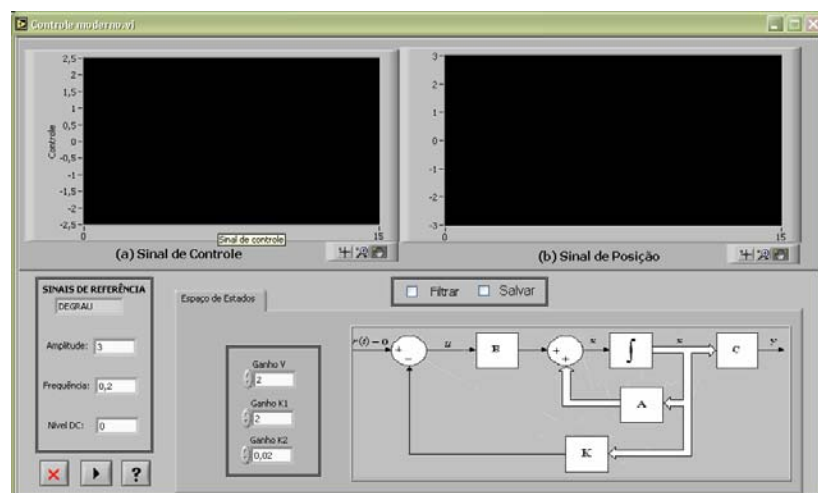


Figura 5 – Interface de controle com realimentação de estados

3. MÉTODO

A adaptação do PDS para o ensino e a construção de uma metodologia que possibilite o seu emprego nas aulas teóricas e de laboratório são objetivos indispensáveis à concretização do foco principal do trabalho e, a partir desta, espera-se verificar se os alunos conseguiram atribuir um significado real aos conceitos ensinados na teoria, se foram capazes, também, de visualizar esses conceitos na prática, antecipando, assim, um pouco da experiência prática inerente a sua profissão, antes de exercê-la.

Os alunos que avaliaram a proposta deste estudo cursam as disciplinas de Análise de Sistemas Lineares e Laboratório de Sistemas de Controle, ministradas na Faculdade de Engenharia Elétrica, pertencente ao Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, localizada no município de Belém.

3.1. Adaptação do PDS

O Protótipo Didático Servomotor CC apresentava uma estrutura adaptada para a utilização somente em projetos de pesquisa, pois das quatro unidades servomotoras apenas uma funcionava perfeitamente e as outras apresentavam problemas no *encoder*. As interfaces de identificação de sistemas, controle clássico e de controle moderno funcionavam adequadamente, mas se encontravam um tanto dispersas e como arquivos (VI's) do LABVIEW versão 7.1. Com isso, a utilização do PDS era dificultada, pela necessidade de ter aquele programa instalado no computador e por aumentar o tempo de realização dos experimentos.

Dessa forma, com o intuito de minimizar tais entraves e, deste modo, oferecer mais facilidade de operação ao protótipo, tanto para o aluno quanto para o professor, foram construídos novos *encoders* para as três unidades comprometidas, através do método de serigrafia; todas as interfaces foram agrupadas em um único programa executável, construído no LABVIEW versão 8.0 com a ferramenta *Aplicacion (EXE)* e *Instaler*, após a criação de um projeto em *New project*; e foi elaborado um manual de funcionamento do servomotor e suas interfaces, para padronizar os passos de execução das experiências.

3.2. Metodologia das aulas de laboratório

Partindo da premissa que os alunos já tinham tido contato apenas com a metodologia de simulações, a metodologia utilizada nas aulas de Laboratório de Sistemas de Controle com o sistema real foi construída em conjunto com os professores da disciplina e especificamente para esta aula, onde se tentou adaptar a experiência e o roteiro às necessidades da disciplina, do professor e dos alunos.

Com base nesse método, os ensaios aplicados em laboratório abordaram os assuntos requeridos pela ementa da disciplina; os roteiros foram elaborados de forma que atendessem as expectativas dos professores em relação a sua vivência em laboratório e ao conteúdo programático; foi disponibilizado aos alunos um manual de funcionamento do servomotor CC e suas interfaces e o roteiro da experiência; e todas as aulas tinham a presença do professor e de monitores, onde estes últimos auxiliavam nas dúvidas de procedimento e operação do protótipo didático.

As experiências desenvolvidas com o Protótipo Didático Servomotor CC, nessas aulas, consistiam na identificação de um modelo representativo para esta planta e na sintonia de um controlador de velocidade pelo método da curva de razão de *Ziegler-Nichols*. Esses ensaios possuem três etapas: *Aquisição de Dados*, onde é possível coletar os dados de saída do servomotor; *Análise dos Dados* (obtenção de Parâmetros), na qual os dados coletados são tratados e processados a fim de se adquirir resultados para análise, e a *Fase de Validação*, através da qual se compara os resultados reais do modelo adquirido com resultados de simulação (ideais).

As aulas de identificação foram iniciadas primeiramente com uma abordagem teórica do conteúdo da experiência e depois com uma breve explicação das três etapas do experimento. Após isso, os alunos ligaram o servomotor, aplicaram o sinal de entrada à planta e salvaram os dados de saída no computador, através da interface de identificação do protótipo. Isso foi realizado para vários níveis diferentes de tensão de armadura do motor. Em seguida, eles plotaram estes dados, identificaram os parâmetro de ganho e constante de tempo do motor, analisando tais gráficos, e calcularam o valor médio desses parâmetros, identificando, assim, um modelo representativo médio para esse sistema real.

Com o modelo da planta real foram simuladas as respostas ideais do sistema, com os mesmos valores das entradas aplicadas ao sistema real, e estes resultados foram plotados e comparados ao comportamento do sistema real, para validar o uso do modelo.

Do mesmo modo, procederam as aulas de sintonia do controlador de velocidade. Após a coleta de dados a partir de uma entrada degrau qualquer, os alunos salvaram estes dados por meio da interface de controle PID do PDS. Posteriormente, os dados foram tratados de modo a fornecerem os parâmetros desejados para realização da sintonia do controlador. O controlador obtido foi testado no servomotor, analisando-o a cerca de um sistema real e comparando-o com um controlador ideal para validação.

Os procedimentos experimentais da análise dos dados, aquisição de parâmetros e validação do modelo foram efetuados pelos alunos com o auxílio do programa MATLAB versão 7 e seu aplicativo Simulink. Os arquivos M-file e os arquivos de simulação necessários à experiência foram disponibilizados aos alunos, com o intuito de minimizar o tempo das experiências.

Após a prática laboratorial, os discentes tiveram de entregar um relatório que continha as premissas, objetivos e questionamentos propostos no roteiro experimental, buscando sempre uma análise mais profunda mediante a comparação dos testes simulados e dos realizados no sistema real além de observar a percepção do aluno em relação a pontos suplementares ao roteiro, porém adjacentes ao conteúdo abordado.

Para a produção do relatório experimental o aluno, de posse dos dados coletados em sala de aula, poderá examinar novamente seus resultados em casa em qualquer outra ferramenta que suporte e processe arquivos do formato “.txt”.

Serão avaliados aspectos analíticos do experimento: conhecimento teórico desenvolvido; se os objetivos e questionamentos propostos no roteiro foram alcançados; a apresentação de dados e resultados; complexidade ou aprofundamento da análise.

3.3. Metodologia das aulas teóricas

O método para a aula da disciplina Análise de Sistemas Lineares possui características diferentes do método desenvolvido para a aula de laboratório, no que diz respeito à utilização do protótipo, já que esses alunos não o manusearam. No entanto, isso não exclui a possibilidade de realizar esse contato nas aulas teóricas, quando houver necessidade.

Essa diferença entre as características dos dois métodos ocorreu devido à dificuldade da realização do experimento em sala de aula com todos os alunos. Com isso, optou-se pela realização de seminários ministrados pelos monitores, a qual demonstrou a prática de uma experiência com o PDS, cujo conteúdo envolvido foi o de identificação do modelo representativo da planta, ministrado na teoria.

O seminário é composto por duas partes, uma para a revisão dos conceitos teóricos necessários ao assunto desenvolvido na experiência, e a outra é a realização desta, a qual detalha os procedimentos de operação do servomotor, das suas interfaces e dos programas MATLAB 7 e Simulink para alcançar os resultados esperados.

A aula iniciou com uma visão geral de seus objetivos e do que seria ministrado nela. Após isso, foi feita a exposição do seminário e, então, aberto um espaço para os questionamentos dos alunos.

Como se trata somente de uma aula teórica, os alunos apenas visualizaram a execução do ensaio, não desempenhando nenhuma etapa do experimento.

3.4. Roteiros experimentais

Os roteiros das experiências apresentam uma breve revisão teórica, as fórmulas para o experimento, a descrição detalhada dos procedimentos experimentais com a programação comentada para o MATLAB 7, diagramas de blocos da simulação do Simulink e referências bibliográficas para auxiliar o aluno. Os roteiros são enviados aos alunos antes das aulas, junto

com o manual de funcionamento do servomotor e suas interfaces, para possibilitar o conhecimento prévio a respeito da planta e dos procedimentos.

Na experiência de identificação, o objetivo principal é identificar e modelar os parâmetros de um sistema real. O aluno deve perceber que o sistema responde de forma diferente para diferentes pontos de operação, onde não vale o princípio da superposição, obtendo assim um modelo médio calculado a partir ganhos e constantes de tempo extraídos de vários ensaios com entradas de diferentes amplitudes. No fim simula-se o modelo representativo médio para as mesmas entradas e faz-se a comparação.

Após o experimento de sintonia do controlador de velocidade pelo método de *Ziegler-Nichols* o que deve ser observado está acerca da relação sinal-ruído e aspectos de não-linearidade do controlador como a saturação. Os alunos obterão a curva de reação do sistema e, ao analisá-la, os parâmetros para cálculo dos ganhos, então testarão o controlador na planta e o simularão em *software* para fins comparativos.

Após a realização de cada experiência espera-se que os alunos possam visualizar também outras características inerentes a sistemas não-lineares de forma analítica.

3.5. Questionário

Para a coleta de dados foi empregado o método de utilização de questionários, que teve como objetivo fornecer informações sobre as percepções, sentimentos e motivações dos alunos e professores envolvidos na metodologia, tanto da aula de laboratório como da aula teórica.

Neste trabalho foram elaborados questionários para os alunos e para os professores, ambos com um campo para dados pessoais de identificação do inquirido, outro com quatro perguntas para a coleta dos dados e outro para sugestões, visando o aperfeiçoamento da proposta.

As quatro perguntas formuladas no segundo campo dividem-se, cada uma, em duas partes, a primeira classifica-se como pergunta fechada com opções de Sim ou Não, as quais segundo Goode (1972) são questões que exigem respostas limitadas á alternativas pré-determinadas; e a segunda parte é definida como pergunta aberta, que permite respostas livres e apresenta um questionamento sem qualquer sugestão de estrutura para a resposta (GOODE, 1972).

A divisão dessas perguntas surgiu da necessidade de diferentes informações a respeito da metodologia e da ferramenta empregada nas aulas teóricas e práticas. Tais informações foram analisadas a partir dos dados coletados nas respostas fornecidas a cada tipo de pergunta. Através das perguntas fechadas foi possível a quantificação dos dados e por meio das perguntas abertas obteve-se a justificativa deles (análise qualitativa).

Ao submetermos o aluno a um questionário aspirou-se adquirir informações sobre a experiência do manuseio direto da ferramenta (Protótipo Didático Servomotor CC), para isso as perguntas elaboradas foram direcionadas à facilidade de operação do servomotor, tanto da parte física como das interfaces, à melhoria do entendimento dos conteúdos da disciplina através da metodologia utilizada e se a ferramenta facilitou o aprendizado.

Com relação aos professores, o questionário desejou contrair informações a respeito da percepção com relação às dificuldades dos alunos ao operar a ferramenta, a concordância entre a metodologia empregada e os objetivos da disciplina e à percepção com relação ao aprendizado dos alunos.

Na aula teórica os questionários foram aplicados ao final do seminário e os alunos e o professor responderam somente as perguntas relacionadas à metodologia da aula e a facilitação do aprendizado. Já na aula de laboratório os questionários foram respondidos, na íntegra, no término da experiência executada.

As perguntas presentes no questionário direcionado aos professores são:

1ª) Foi percebida alguma dificuldade em operar as interfaces do Protótipo Didático Servomotor CC, por parte dos alunos? Justifique.

2ª) Foi percebida alguma dificuldade em operar O servo do Protótipo Didático Servomotor CC, por parte dos alunos? Justifique.

3ª) A metodologia empregada na aula, utilizando o Protótipo Didático Servomotor CC, alcançou os objetivos propostos pela disciplina? Justifique.

4ª) Foi percebido que a utilização do Protótipo Didático Servomotor CC na aula facilitou o aprendizado dos alunos em relação ao conteúdo da disciplina? Justifique comparando com as aulas de simulação.

Os questionamentos dirigidos aos alunos estão enumerados abaixo:

1ª) Houve alguma dificuldade em operar as interfaces do Protótipo Didático Servomotor CC? Justifique.

2ª) Houve alguma dificuldade em operar o servo do Protótipo Didático Servomotor CC? Justifique.

3ª) A metodologia empregada na aula, utilizando o Protótipo Didático Servomotor CC, foi suficiente para melhorar o entendimento do conteúdo de controle de sistemas ensinado na teoria? Justifique.

4ª) A utilização do Protótipo Didático Servomotor CC na aula facilitou o aprendizado em relação ao conteúdo da disciplina? Justifique comparando com as aulas de simulação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das respostas dos questionários obteve-se que dos oito alunos que participaram da aula de Análise de sistemas lineares 87,5% aprovaram a metodologia, sendo que 71,42% destes alunos justificaram, de maneira geral, que, através do emprego dos conceitos teóricos na prática, a metodologia foi considerada de fácil compreensão e melhorou o entendimento do conteúdo, tornando o aprendizado mais interessante. 12,5% dos alunos reprovaram a metodologia alegando explicação insuficiente em relação aos dados adquiridos na experiência, esses dados estão ilustrados na figura 6. O professor da disciplina aprovou a metodologia.

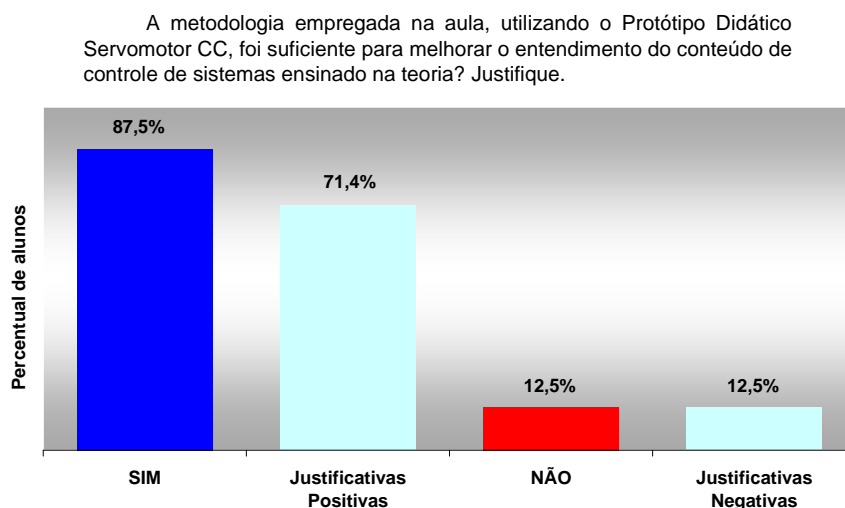


Figura 6 – Percentual de alunos da disciplina teórica que responderam a questão 3.

100% dos alunos concordaram que o PDS facilitou o aprendizado da disciplina, onde 75% justificaram, de modo geral, que o uso do protótipo, de fato, melhorou a visualização e entendimento dos significados e dos conceitos teóricos na prática, e que isto demonstra ser um

avanço na metodologia de ensino, elucidando os fenômenos que não são possíveis de serem observados apenas na teoria, (dados mostrados na figura 7); e o professor alegou que o emprego do PDS nas aulas de Análise de Sistemas Lineares serviu como uma ferramenta adequada para o ensino e aprendizagem.

As sugestões fornecidas pelos alunos foram de melhorias técnicas; para que a idéia do trabalho desenvolvido com o PDS seja estendida para todos os alunos de graduação e para todas as outras disciplinas além das de controle; e tentar desenvolver uma metodologia a para a utilização do PDS simultaneamente com a explicação da teoria. E o professor sugeriu a adição da metodologia dirigida na aula prática.

A utilização do Protótipo Didático Servomotor CC na aula facilitou o aprendizado em relação ao conteúdo da disciplina? Justifique comparando com as aulas de simulação.

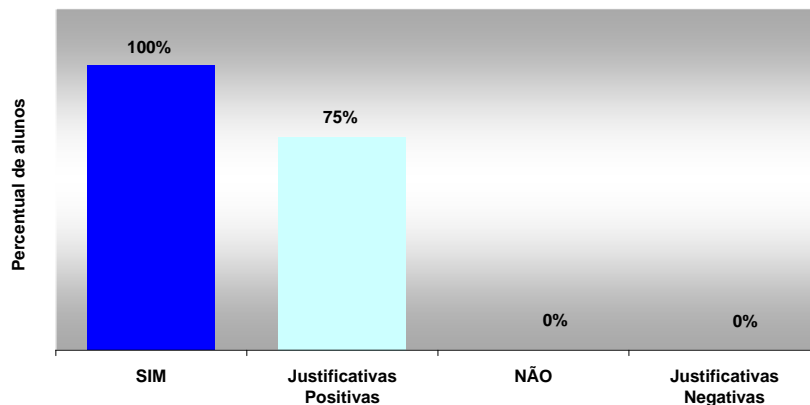


Figura 7 – Percentual de alunos da disciplina teórica que responderam a questão 4.

Na aula de Laboratório de Sistemas de Controle lecionada no mês Junho, dos nove alunos que participaram de experiência, 100% responderam que não encontraram dificuldades em operar as interfaces e o servomotor do PDS. As justificativas dadas por 77,77% desses alunos foram, em geral, que a operação do servomotor e da interface de identificação apresentou-se como um procedimento didaticamente simples, em que pode ser executado com conhecimentos básicos de informática, da ferramenta MATLAB e conceitos das disciplinas de controle (informação exibida na figura 8 e figura 9).

Houve alguma dificuldade em operar as interfaces do Protótipo Didático Servomotor CC? Justifique.

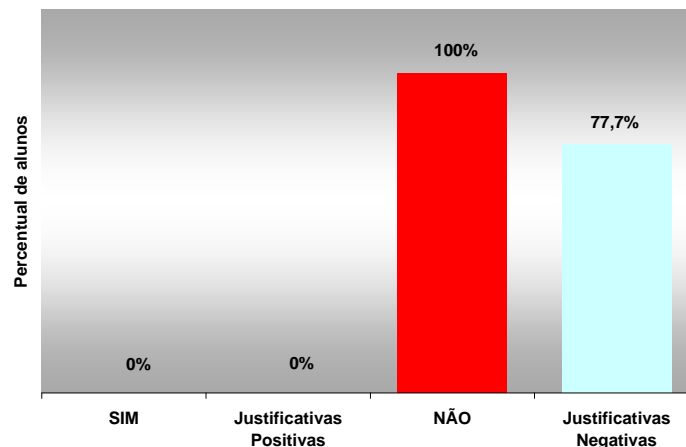


Figura 8 – Percentual de aluno da disciplina de laboratório que responderam a questão 1.

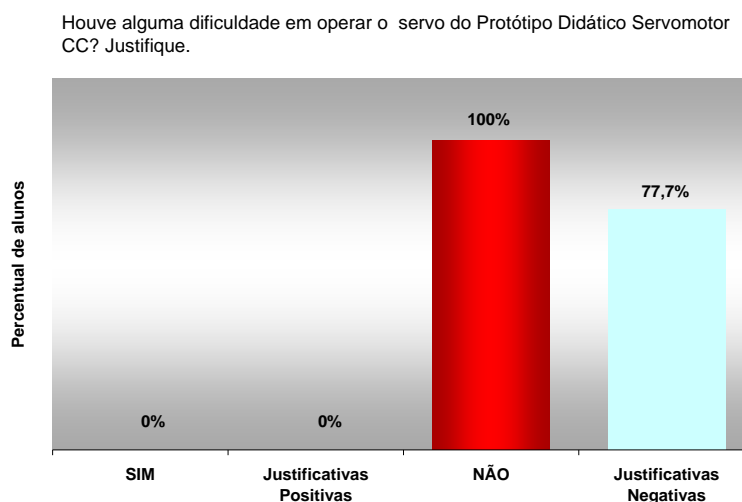


Figura 9 – Percentual de alunos da disciplina de laboratório que responderam a questão 2.

Com relação à metodologia empregada, 100% dos alunos concordaram que ela foi suficiente para melhorar o entendimento do conteúdo de controle de sistemas ensinado na teoria, em que 88,88% explicaram que, apesar de necessitar de alguns ajustes, a metodologia foi bem elaborada, otimizando a aula e foi empregada de forma inclusiva (ver figura 10).

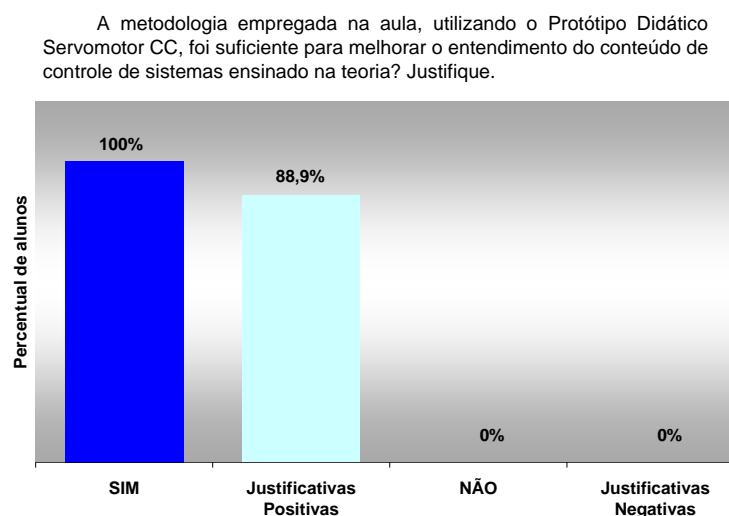


Figura 10 – Percentual de alunos da disciplina de laboratório que responderam a questão 3.

Igualmente, 100% dos alunos concluíram que a utilização do servomotor foi uma ferramenta apropriada para facilitar a aprendizagem, justificando que o uso do PDS em aulas de laboratório proporcionou um aprendizado melhor; que a fixação do conteúdo envolvido na experiência foi exercida de uma maneira mais sólida e que a partir disso, foi possível adquirir uma visão diferente daquela fornecida somente com a simulação. Então, concluíram afirmando que esta iniciativa veio contribuir para o ensino e a aprendizagem (ver figura 11).

A utilização do Protótipo Didático Servomotor CC na aula facilitou o aprendizado em relação ao conteúdo da disciplina? Justifique comparando com as aulas de simulação.

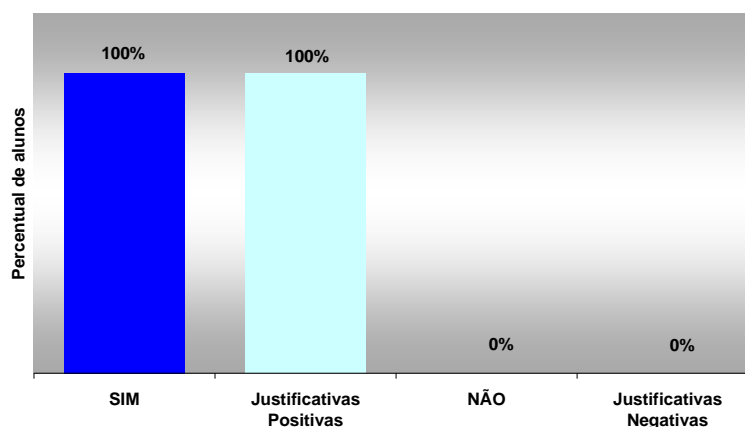


Figura 11 – Percentual de alunos da disciplina de laboratório que responderam a questão 4.

As sugestões dadas foram para melhorar o algoritmo do roteiro; proporcionar uma base a respeito das ferramentas utilizadas no ensaio, aos alunos que irão realizá-lo; e implantar de forma permanente o PDS nas aulas de Laboratório de Sistemas de Controle.

O professor da disciplina optou por responder o questionário somente após a realização de todas as experiências programadas para este semestre.

100% dos alunos que participaram da aula de Laboratório de Sistemas de controle entregaram os relatórios referentes às duas experiências realizadas nessas aulas, sendo que 44,44% deles alcançaram o conceito excelente (notas entre 9 e 10) e 55,55% alcançaram o conceito bom (notas entre 7 e 8,9). Esses dados podem ser melhor visualizados na figura 12.

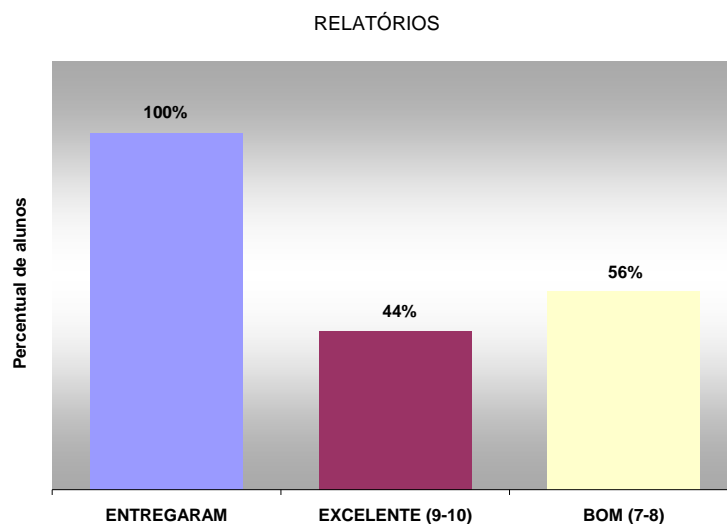


Figura 12 – Percentual de Relatórios da disciplina de laboratório.

A partir dos resultados adquiridos pelas ferramentas utilizadas para análise, pode-se inferir que a adaptação do PDS foi satisfatória mediante o retorno positivo dado por docentes e discentes que participaram das aulas de laboratório com o servomotor CC. Os alunos não sentiram dificuldades na utilização do PDS pela simplicidade e praticidade do manuseio do servomotor e de suas interfaces e esta facilidade foi constatada pelas observações do professor da disciplina.

A cerca da metodologia aplicada a cada tipo de aula pode-se afirmar que os objetivos das disciplinas nas aulas foram atingidos, mesmo sendo necessárias algumas adaptações e melhorias peculiares às necessidades de cada aula. Segundo alunos, a metodologia satisfaz com clareza o processo de transmissão das informações, aproveitou bem o tempo de aula e foi de fácil entendimento.

Baseando-se na análise das considerações fornecidas pelos alunos e professores, extraídas dos questionários, podemos avaliar a utilização do Protótipo Didático Servomotor CC como proveitosa, ao incrementar o aprendizado dos alunos a partir do momento em que, na prática, possibilita-se a observação e análise de fenômenos reais difíceis de serem identificados apenas na teoria de forma ideal. Também foi verificado um bom desempenho dos alunos nos relatórios, onde foram apresentadas análises qualitativas na identificação e entendimento dos conceitos em sistemas reais, como, por exemplo, constante de tempo, ganho e controlador. Isso reforça a idéia da viabilidade no que diz respeito ao emprego do PDS para a melhoria do ensino e aprendizado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As primeiras aulas realizadas no primeiro semestre de 2008 com a utilização do PDS foram experimentais, ou seja, serviram para observar a receptividade de discentes e docentes para com a ferramenta e verificar possíveis adaptações que se façam necessárias. Inicialmente, os resultados adquiridos neste artigo têm pouca expressão quantitativa para uma análise definitiva sobre o uso do PDS como ferramenta didática, pois foram realizadas poucas experiências com o protótipo em aula, já que este trabalho consiste em um Trabalho de Conclusão de Curso ainda em andamento.

No decorrer do período letivo do segundo semestre de 2008 serão efetuados novos ensaios com o PDS em disciplinas teóricas, como Controle I e Controle II, e aulas de laboratório dos cursos de Engenharia Elétrica e da Computação com o objetivo de que mais graduandos conheçam a ferramenta e de coletar um maior número de dados para a avaliação da proposta de implantação do protótipo nas aulas.

Para as próximas aulas, pretende-se fazer o uso das mesmas metodologias utilizadas anteriormente, porém, alterações que possam ser feitas para adequação à disciplina, abordagem do assunto ou a alguma pretensão do professor serão analisadas e possivelmente adotadas.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio oferecido pelo professor Orlando Fonseca da Silva, pelos alunos que contribuíram para os resultados desse trabalho e pelo Engenheiro Cleison Daniel Silva. Agradecemos principalmente a professora Rosana Soares por ter dado uma contribuição essencial à construção do trabalho como um todo.

6. REFERÊNCIAS

AGUIERE, Luis Antonio. **Introdução a identificação de sistemas**: técnicas lineares e não-lineares aplicadas a sistemas reais. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2004.

ATKINSON, Rita L. et al. **Introdução à Psicologia de Hilgard**. Tradução de Daniel Bueno. 13. ed. Porto Alegre, 2002. Tradução do original: *Hilgard's Introduction to Psychology*.

BORDENAVE, Juan Días; PEREIRA, Adair Martins. **Estratégias de Ensino-Aprendizagem**. 25. ed. Petrópolis: Vozes, 2004.

Ministério da Saúde. Relatório geral: Construindo uma Política Pública de Formação Profissional em Saúde. In: Forum Nacional do Profae. Brasília, 2003. 145-71 p.

RIEDEL, Harald. **Didática e Prática de Ensino:** Aspectos ideológicos, científicos e técnicos. Tradução de Edwino Aloysius Royer. São Paulo: EPU, 1981. Tradução do original: *Allgemeine Didaktik und unterrichtliche Praxis*.

SILVA, C. D.I; SILVEIRA, A. S. **Ferramenta computacional em LabView para uso do protótipo didático:** Servomotor CC. 2005. 152f. Dissertação (Trabalho de conclusão de Curso em Engenharia Elétrica)-Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará. Belém, PA, 2005.

EXPERIMENT OF THE SERVO MOTOR DC DIDACTIC PROTOTYPE USE VALIDATION AS A TEACHING AND LEARNING TOOL IN CONTROL SYSTEMS SUBJECTS

Abstract: *The present paper is concerned to show the initial results of methodological building tentative to experiment the implementation of a real system (the Servomotor DC Didactic Prototype - SDP) as a teaching and learning tool in theory and laboratory classes of control systems subjects. Hence experiments with SDP was performed involving the topic of each subject matter. The experiments was showed across seminary methods, in theory classes, and affected with logbook experiments, in laboratory classes. All classes were provided to electrical engineering students of the Federal University of Pará. Across that methodology, was made the data collect from questionnaire applications to the professor and students, intending to confirm the work proposal.*

Key-words: *Practice in Teaching, Control Systems, Slavemotor, Real plant.*