

# **PROPOSTA DE COMPLEMENTO À EDUCAÇÃO NA ENGENHARIA UTILIZANDO FERRAMENTA INTERATIVA, BASEADA EM FOSS: O TUTORIAL DO MOTOR DE PASSO**

**Francisco J. Gomes** – chico.gomes@ufjf.edu.br

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Engenharia Elétrica.

Rua José Lourenço Kelmer, s/n – Campus Universitário

36036-900 – Juiz de Fora, Minas Gerais.

**Igor L. de Paula** – igor.lima@engenharia.ufjf.br

**Láís A. Vitoi** – lais.vitoi@engenharia.ufjf.br

**Lucas R. Conceição** – lucas.conceicao@engenharia.ufjf.br

**Paulo C. R. Marciano** – paulo.ribeiro@engenharia.ufjf.br

**Resumo:** *Desenvolvido totalmente em FOSS (Free and Open Source Software), no caso a linguagem Java, a intenção do programa é que, ao lançar mão desta ferramenta, o usuário não somente aprenda toda base teórica, mas também adquira um conhecimento próximo ao que ele alcançaria se, de fato, tivesse contato prático com o motor. A sua interface atende diversos públicos, desde iniciantes, com explicações sobre o motor de passo, seus componentes e seus tipos, a mais experientes, demonstrando aplicações do motor de passo. O software também conta com um ambiente no qual o usuário pode interagir com um motor de passo real, além de apresentar ao aluno, através de ambientes simulados, situações reais nas quais o motor de passo é empregado. O trabalho proposto permite vislumbrar uma potencial ferramenta de aprendizagem na engenharia e áreas afins, como técnicas, industriais e empresariais, já que o ambiente apresenta facilidade de utilização e interface extremamente amigável propiciando facilidade de manuseio e despertando o interesse dos usuários.*

**Palavras-chave:** *Educação em engenharia, Motor de passo, Ambiente computacional, Plataforma educacional, Software Livre - FOSS*

## **1 INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento da engenharia nos últimos anos, está munido de um poderoso aliado, o computador. A magnificência deste recurso está ligada ao fato da engenharia ser uma ciência baseada na interação da matemática e de seus desdobramentos com o mundo físico, ao passo que o computador detém ampla capacidade de simulação e virtualização. Ele pode ser usado para compor, com relativa praticidade, imagens, vídeos e, inclusive, modelagens de sistemas físicos regidos pelas equações que determinam seu comportamento. Sem contar que o computador é um meio participativo capaz de proporcionar a “imersão” (MURRAY, 2003) - termo definido como o prazeroso poder de um ambiente simulado envolver toda nossa atenção e sistema sensorial.

De modo a acrescentar didática ao ensino em engenharia, o projeto a seguir apresentado realiza a experiência de aplicar essas propriedades para levar amplo conhecimento acerca de motores de passo aos alunos da UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora. A ferramenta principal deste trabalho é um ambiente desenvolvido em FOSS (Free and Open Source Software), particularmente em linguagem Java, por alunos desta universidade, o qual está

disponível no Blog Energia Inteligente, <http://peteletricaufjf.wordpress.com/> com textos e interface acessíveis a qualquer pessoa.

A escolha desta ferramenta baseia-se na necessidade de se atender as demandas criadas pela nova geração de estudantes, como constatado por (HAGER, 2006 & KRAUSS, 2007 & SIURANA, 2002): “Concomitantemente, a realidade, com suas novas demandas e mudanças contínuas, coloca novos desafios, novas situações e novos perfis profissionais necessários à empregabilidade e à formação integral dos estudantes obrigando a busca incessante de novas análises, novos meios e métodos que permitam aos educadores posturas mais adequadas aos processos necessários à educação. Há que se buscar novas posturas, utilizar novas ferramentas, empregar novos métodos e meios para se alcançar os resultados necessários e desejados.”

O tema motor de passo foi escolhido devido a sua aplicabilidade em posicionamento com precisão, o que o torna um dispositivo requisitado em diversos projetos, além de provocar interesse pela eletrônica nos usuários, uma vez que o tal motor é de fácil integração com o sistema digital e serve como atuador em uma vasta gama de sistemas que resolvam problemas cotidianos.

Uma motivação para levar a cabo o projeto foi a carência de materiais contendo informações precisas e bem organizadas sobre o assunto na Internet, fazendo seu controle parecer mais difícil do que é na realidade.

O trabalho está estruturado como segue: a seção 2 apresenta as características básicas do motor de passo, a seção 3 trata do desenvolvimento do software e hardware utilizados pelo tutorial e a seção 4 mostrará os resultados obtidos.

## 2 MOTOR DE PASSO

A necessidade de dispositivos que forneçam precisão, por conta da expansão da automação industrial e robótica, traz aos motores de passo um ganho de notoriedade, sobretudo pelo seu baixo custo, tamanho reduzido, estabilidade e adequação com controles digitais. Eles também são os mais indicados para aplicações de alto conjugado em baixas velocidades, e especialmente, quando as exigências dinâmicas não são tão rígidas. Qualquer equipamento que demande movimentos concisos emprega o motor em questão. Isto faz com que a procura por conhecimento a cerca do motor de passo, de seu funcionamento, de sua estrutura e suas utilidades cresça cada vez mais.

Podemos defini-lo como um motor elétrico, dispositivo que converte energia elétrica em energia mecânica disponível na forma de torque, que pode ser controlado por sinais digitais. Seu funcionamento é fundamentado no princípio básico da atração e repulsão magnética. Este permite o deslocamento em um pequeno ângulo chamado passo, o deslocamento é proporcional ao número de pulsos, e a velocidade de rotação proporcional à frequência dos pulsos.

Os três principais tipos de motores de passo são: de relutância variável, de imã permanente e híbrido. Eles se diferem na forma construtiva do rotor que pode utilizar imã permanente, material ferromagnético, ou ambos. Os enrolamentos do motor estão no estator, sendo que todo processo de comutação é feito externamente ao motor, através do conjunto controlador-conversor.

O controle ocorre por meio de emissões de sinais, os sinais elétricos de tensão são enviados por um controlador ao driver que liga o motor, trabalhando de forma a chavear uma fonte de alimentação. A aplicação das correntes nos enrolamentos de um motor de passo permite que este desenvolva um movimento contínuo ou um posicionamento ponto a ponto. Portanto, através de seu controle, pode-se definir a quantidade de passos a serem dados, o que o torna extremamente preciso, pois seus ângulos de passo podem chegar a 1,8 graus.

Devido ao grande desenvolvimento das áreas de informática, eletrônica e microeletrônica ocorrido nos últimos anos, a implementação de sistemas para o controle de motores de passo foi facilitada. O uso de microcontroladores e microprocessadores permite alterar uma variedade de parâmetros através de simples manipulações em programas computacionais, o que possibilita agregar maior número de pessoas à utilização deste dispositivo.

Visto este cenário de maior facilidade para a interação do usuário e o dispositivo, e de maior procura pelo uso do mesmo, o tutorial propõe orientar o usuário de forma simples e eficaz. Nos próximos tópicos serão detalhadas as estruturas do software e hardware construídos para tal.

### **3 DESENVOLVIMENTO**

O tutorial foi projetado em um ambiente gráfico interativo com o objetivo de facilitar o aprendizado por parte do usuário, tornando-o mais atrativo. Foi desenvolvido em Java, linguagem de programação orientada a objeto que engloba um programa para execução denominado máquina virtual ou “Java Virtual Machine”, totalmente livre, e para a compilação do código criado, utilizou-se um compilador NetBeans, também uma IDE de código aberto. O Java tem uma grande vantagem frente às outras plataformas de desenvolvimento, que é a possibilidade do mesmo software ser executado em diversos sistemas operacionais sob uma mesma compilação, não sendo necessário reescrever ou recompilá-lo para outros dispositivos.

Além da interface gráfica, desenvolveu-se uma placa que efetua a comunicação do computador com um motor de passo, através da porta serial, possibilitando apresentar na prática o motor de passo ao usuário que, utilizando a interface digital do tutorial, pode controlar um motor de passo real.

#### **3.1 Ambiente Digital**

Ao criar uma ferramenta interativa de aprendizagem, o Tutorial possibilita que o usuário não somente aprenda toda base teórica, mas também adquira um conhecimento próximo ao que ele alcançaria se, de fato, tivesse contato prático com o motor. A sua interface atende diversos públicos, desde iniciantes, com explicações sobre o motor de passo, seus componentes, seu funcionamento e seus tipos, a mais experientes, demonstrando aplicações do motor de passo. Seu conteúdo baseia-se em estudos e observações, realizadas em laboratório, do comportamento de motores de passo operando sob as mais distintas circunstâncias, até mesmo as não recomendadas pelo fabricante, situação esta que permite verificar os limites de operação do componente, bem como sua dinâmica em situações não previstas na operação normal.

O conteúdo do tutorial foi dividido em páginas; para acessá-las o ambiente disponibiliza uma página principal, na qual o usuário pode conferir uma prévia dos conteúdos abordados no tutorial, como pode ser visto na Figura 1. Ao longo das páginas o usuário encontrará ambientes inteligentes, ilustrados e animados, cujo propósito é facilitar a utilização da ferramenta e deixá-la mais atrativa, o que funciona como um elemento motivador para os estudos. A teoria é exposta de forma dinâmica, pois o usuário navega pelos menus e os ambientes vão se modificando de acordo com suas escolhas. Além disso, o ambiente ainda conta com uma barra de menu na qual encontram-se atalhos para as demais páginas, e respostas para algumas das dúvidas mais frequentes sobre motores de passo.

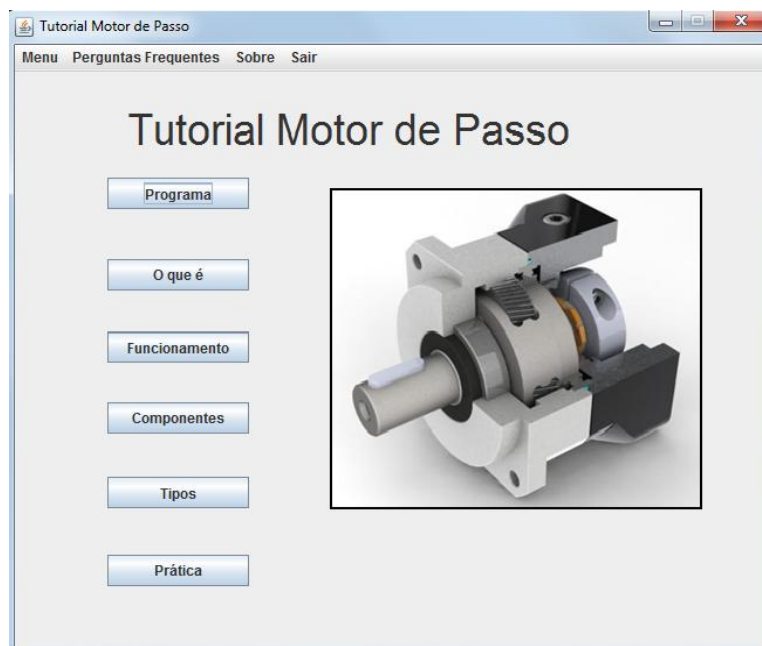


Figura 1 – Página Principal do programa

O ambiente ainda apresenta ao usuário situações reais nas quais o motor de passo é empregado. A metodologia de aprendizado adotada é baseada em questionamentos: propõe-se ao usuário um problema que deve ser solucionado e, ao final, o ambiente simula o resultado, através de animação, e apresenta comentários avaliando as escolhas feitas. Com isso espera-se criar uma ferramenta que os auxilie na implementação de projetos reais envolvendo motores de passo, além de testar os conhecimentos adquiridos através do tutorial.

O ambiente também permite a interação do usuário com um motor de passo real: presenciar seu funcionamento e, ao mesmo tempo, acompanhar a simulação do que ocorre em seu interior - Figura 2. Nessa situação, o usuário controla o motor, determinando o sentido, a velocidade e a quantidade de passos que deseja; o programa corrige o usuário caso algum parâmetro seja inviável, com alertas na tela. Esta funcionalidade do ambiente exigiu o uso da API RXTX, que possibilita a implementação da comunicação serial, necessária para a realização do controle do motor de passo pelo ambiente.

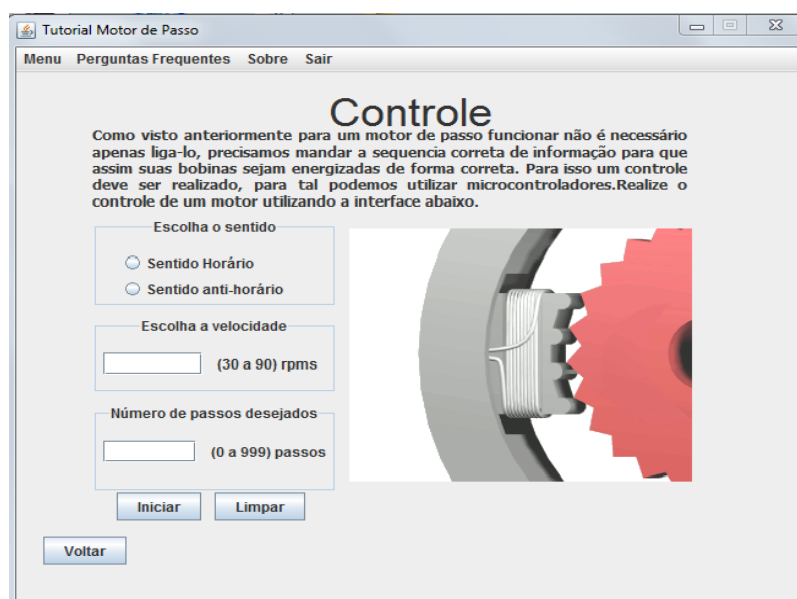


Figura 2 – Interface para o controle do motor de passo

## 3.2 Hardware

Para que o usuário possa controlar o motor de passo foi necessário efetuar o desenvolvimento de uma placa de comunicação que desempenhasse o papel de driver entre o ambiente computacional e o módulo físico utilizado. A comunicação da placa com o computador é através da porta serial RS-232 que é um padrão para troca serial de dados binários. Para isto, foi utilizada a placa *Arduino Single- Sided Serial Board*, um *open hardware* e software; todas as informações necessárias para sua confecção e utilização podem ser encontradas no site <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardSerialSingleSided3>, além do CI ULN2803 como é mostrado no diagrama de circuito da figura 3.

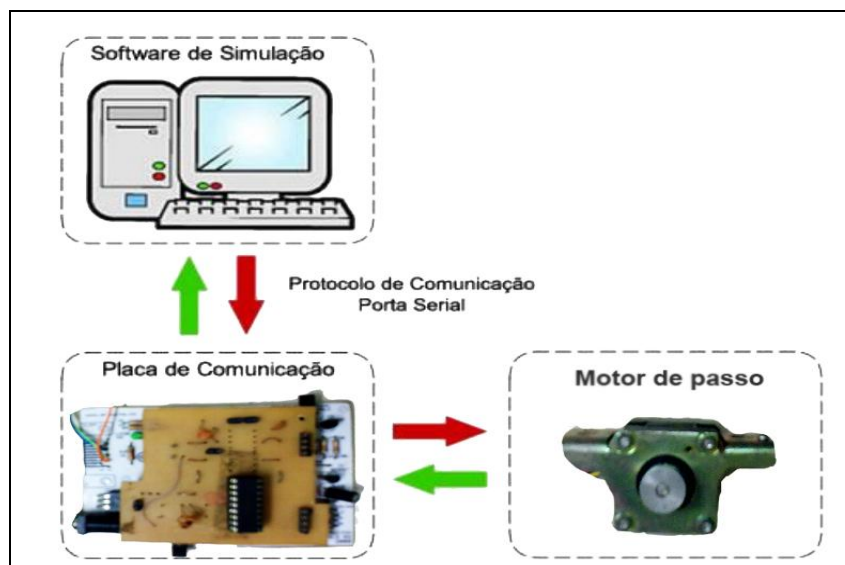


Figura 3 – Estrutura do circuito

A placa *Arduino Single- Sided Serial Board* utiliza como base o microcontrolador Atmega-8, desenvolvido pela Atmel. O circuito recebe as informações vindas do computador, referentes ao número de passos e a velocidade que o motor deve efetuar, analisa-as e faz a tradução para comandar o motor. Também é responsável por fazer a conversão dos sinais vindos da porta serial do computador, que variam entre -12V e +12V, para sinais compatíveis com o padrão TTL de 5V do microcontrolador.

A outra parte da placa de comunicação é referente ao CI ULN2803, que atua como um regulador de corrente recebendo os sinais vindos do Arduino, amplificando-os a níveis apropriados para serem utilizados pelo motor. Os esquemas elétricos da placa Arduino e do regulador de corrente são mostrados na figura 4.

Foi utilizado um motor simples, bipolar com cinco fios do modelo 15PM-K014-20 produzido pela MINEBEA CO, aproveitado de driver de disquete antigo. Na figura 5 encontra-se a montagem do módulo.

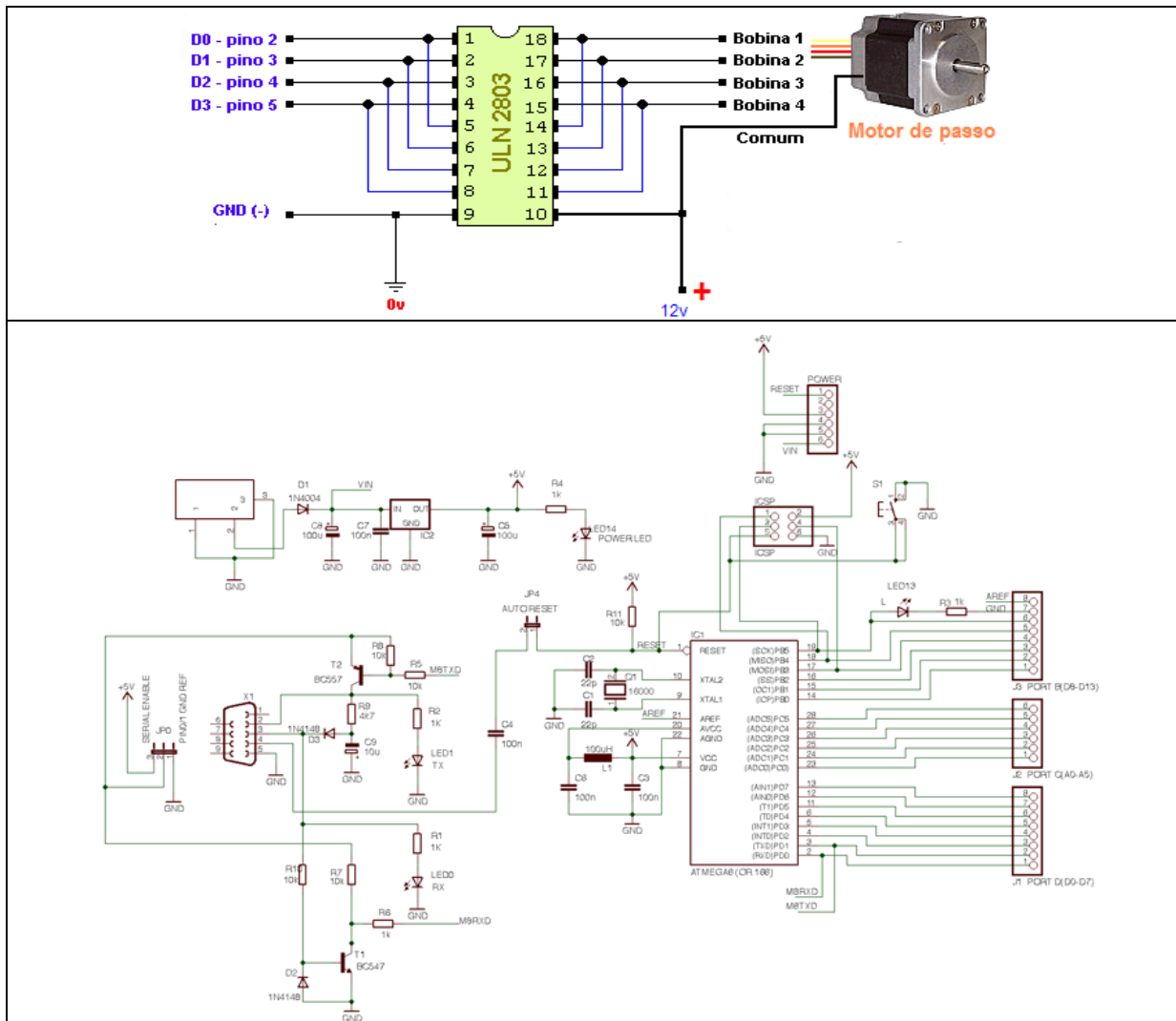


Figura 4 – Esquema elétrico UNL2803 (acima) e Arduino Single- Sided Serial Board (abaixo)

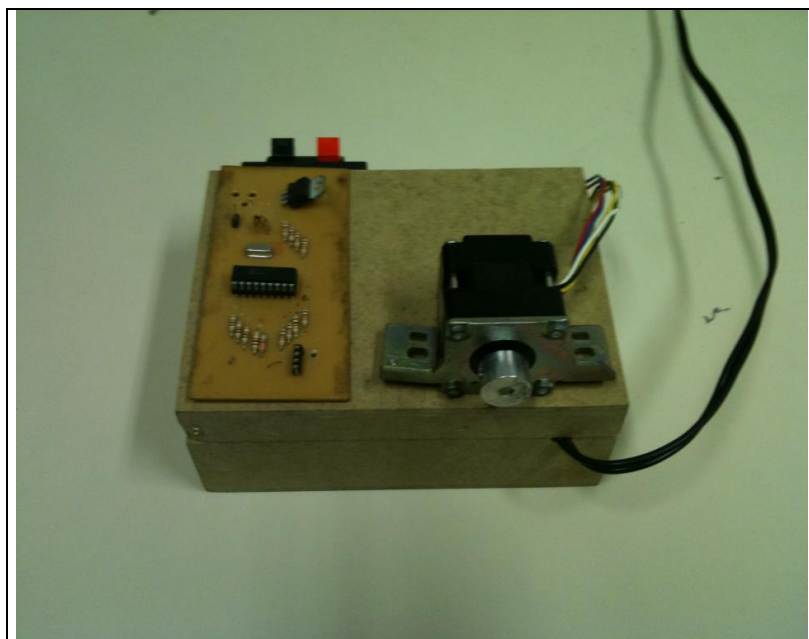


Figura 5 – Montagem do Módulo

## 4 RESULTADOS

"Os cursos em uma educação convencional são oferecidos de acordo com cronogramas determinados: um estudante tem que estar no local determinado, na hora determinada para ter o acesso à informação e trabalhar sua educação, o que se denomina *"knowledge by chance"*: existe normalmente um instrutor para um grupo grande de estudantes, o que conduz a falta de atenção individual, gerando ouvintes passivos e desinteresse ao longo do curso" (DORMIDO, 2002). O programa apresentado mostrou-se uma boa alternativa para esta falha na educação convencional, já que foi nítido o interesse dos alunos e a motivação em pesquisar ainda mais sobre o assunto, o qual foi abordado de uma forma interativa e menos maçante.

No intuito de colocar a eficiência do Tutorial à prova, realizou-se um minicurso sobre motor de passo com doze graduandos em Engenharia Elétrica da UFJF, participantes do Programa de Educação Tutorial (PET). O material básico utilizado foi o programa apresentado neste artigo. Pôde-se perceber um grande envolvimento por parte dos alunos ao utilizar o material apresentado, demonstrando o grande interesse deles frente às novas formas de ensino na engenharia.

Ao final do curso foi distribuído um questionário avaliando a nova forma de ensino e a funcionalidade do programa, em uma escala de 0 a 10, a média da avaliação foi de sete, resultado que se mostra muito satisfatório. Os participantes foram também questionados sobre o que acharam do programa e o que gostariam de modificar. O resultado superou as expectativas, "O programa é bem didático e intuitivo, isto fez com que conseguisse me manter concentrado e aumentou ainda mais meu interesse sobre o assunto." e "O programa me mostrou a teoria de uma forma diferente daquela que estamos acostumados a ver em sala de aula, eu particularmente adorei poder acompanhar simulações gráficas que mostram o que esta de fato acontecendo" foram algumas das respostas fornecidas pelos alunos.

## 5 CONCLUSÃO

Baseando nas intenções preliminares do projeto e nos resultados obtidos, é nítido seu benefício a graduandos em engenharia e quem mais utilizá-lo. Certamente, o diferencial dessa maneira de transmitir conhecimento é que ela se adequa a hora em que o estudante está mais interessado em aprender o assunto e consegue prender sua atenção muito mais do que um livro. Outra vantagem sobre o referido suporte textual é que o entendimento é potencializado por animações e até mesmo práticas amparadas pelo próprio software em detrimento de poder contar somente com textos descritivos e figuras.

Na UFJF, está sendo tratado com professores de duas disciplinas relacionadas a eletrônica digital a apresentação do ambiente aos alunos. Pretende-se que a partir dos semestres seguintes, ele seja utilizado por todas as turmas, complementando o conteúdo destes cursos.

A ideia de se criar este tutorial veio após seus autores realizarem uma série de experiências e observações com motores reais, além de pesquisas em livros avançados visando sua utilização em um projeto anterior. Logo, o ambiente foi entendido como um meio eficaz de documentar os estudos, podendo ser resgatados posteriormente e até aproveitados por outros alunos. Seguindo esta mesma linha, almeja-se fazer outros programas similares, concentrando toda informação prática necessária para o uso de certo dispositivo de forma bem didática. Especula-se que o próximo objeto de estudo seja o microcontrolador Arduino, abrangendo toda a sua programação e inserção no circuito.

### *Agradecimentos*

Agradecemos ao Programa de Educação Tutorial do SESu – MEC pelo suporte oferecido ao desenvolvimento deste trabalho.

## 6 REFERÊNCIAS

AVOLIO, Edwin. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, Faculdade de Engenharia. **Uma contribuição ao estudo e desenvolvimento de sistemas de movimento utilizando motores de passo**, 2004. Tese

DORMIDO, S. B. Control Learning: Present and Future. **15th Triennial IFAC World Congress**, Barcelona, Spain, 2002.

HAGER, P.; HOLLAND S. **Graduate Attributes, Learning and Employability**. Springer, Dordrecht, 2006.

KRAUSS, J.; BOSS S. **Reinventing Project-Based Learning: Your Field Guide to Real-World Projects in the Digital Age**, ISTE Editions, Washington, 2007.

MURRAY, Janet H. **Hamlet no Holodeck**. São Paulo: Editora UNESP, 2003.

SIURANA, Ma. C. S. **Los Programas de Ingeniería ante el Espacio Europeu de Educación Superior**, Universidad Politécnica de Valencia, 2002.

## **PROPOSAL TO COMPLEMENT THE EDUCATION IN ENGINEERING USING INTERACTIVE TOOL BASED ON FOSS: THE STEPPER MOTOR TUTORIAL**

**Abstract:** *The aim of this study was to evaluate the efficiency of using computers in order to help the education in engineering. It was held in the Federal University of Juiz de Fora, where graduating engineering students were proposed learning about stepper motors by means of a software specially created for the activity. Developed entirely in FOSS (Free and Open Source Software), the intention of the program is that the user not only learn the whole theoretical basis, but also acquire a knowledge near to the one he would achieve if they had a practical contact with the device itself. The major achievement of the presented method is believed to be on the raise of interest of the students in the subject providing more profound changes on them.*

**Key-words:** *Engineering education, Stepper motor, Computing environment, Educational platform, FOSS*