

A DISCIPLINA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: CARACTERÍSTICAS E METODOLOGIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Danilo Pereira Pinto^a
Henrique A. C. Braga^b
Janízaro P. da Silva Júnior^c

RESUMO

Este artigo descreve os processos de concepção, implantação e acompanhamento de resultados relacionados com a disciplina Eficiência Energética, regularmente oferecida no curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora. As bases metodológicas para o desenvolvimento da disciplina são descritas, ressaltando mais amplamente a importância de se incluírem nos currículos dos cursos de engenharia os conteúdos de eficiência energética e a questão do combate ao desperdício de energia. Tanto a vertente humana quanto a tecnológica são consideradas no escopo do artigo. É possível concluir que, após cursar a disciplina, o estudante desenvolve habilidades e competências para realizar uma variedade de projetos de combate ao desperdício de energia, sendo capaz de propor ações que conduzam à redução no consumo de energia e à adequação das instalações às normas técnicas vigentes. Tais ações, seguramente, contribuem para a modernização das instalações e processos, com base nas vantagens competitivas dos equipamentos tecnologicamente mais eficientes. Desta forma, o egresso torna-se capaz de atuar na sociedade como multiplicador para a disseminação de uma cultura muito oportuna: o combate ao desperdício de energia elétrica.

Palavras-chave: Eficiência energética. Educação em engenharia. Combate ao desperdício de energia. Metodologia de ensino-aprendizagem.

ABSTRACT

This paper describes major issues concerning the subject of Energy Efficiency, recently introduced in the Electrical Engineering curriculum at the Federal University of Juiz de Fora. The conception, the implementation and the results reported are well documented and detailed. The pedagogical bases for the development of the subject are also explained, stressing the importance of including energy saving contents and also an awareness about energy wastage in a generic engineering curriculum. Human and technological lines are both considered in the scope of this work. It is possible to conclude that, upon discipline completion, the students may develop competence and improve skills to accomplish a number of energy saving projects, being able to propose actions or modifications intended to reduce the energy consumption and to provide installation that comply with standards. These actions can certainly result in more efficient and modern processes, since they are based on the use of up-to-date equipment and competitive techniques. Thus, the new engineers can play an important role in our energy dependent world since they are able to disseminate a new and very opportune culture: the struggle against electrical energy wastage.

Keywords: Energy efficiency. Engineering curriculum. Energy waste. Teaching and learning methodology.

INTRODUÇÃO

Por muito tempo acreditava-se que os recursos energéticos de nosso planeta eram inexauríveis e que se teria, sem qualquer custo ou consequência, o necessário à execução dos planos de desenvolvimento das nações. Mais recentemente, porém, a sociedade tem buscado o “desenvolvimento sustentável”, que relaciona o desenvolvimento atrelado ao gerenciamento

dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente global, visando, ao mesmo tempo, resolver o problema da pobreza, aperfeiçoar a condição humana e preservar os sistemas biológicos, dos quais toda vida depende. Além disso, é necessário que haja disponibilidade de recursos naturais em níveis semelhantes aos atuais para as gerações futuras e, também, o acesso

^a Professor, Doutor, departamento de Circuitos Elétricos da UFJF. E-mail: danilo.pinto@ufjf.edu.br

^b Professor, Doutor, departamento de Engenharia Elétrica da UFJF. E-mail: henrique.braga@ufjf.edu.br

^c Engenheiro, Mestrado, Furnas Centrais Elétricas. E-mail: janizarojr@hotmail.com

igualitário entre os homens aos recursos naturais ou aos “bens” econômicos e sociais. Com essa visão, o combate ao desperdício (energia, água, alimentos etc.) justifica-se por si só.

Ao se tratar da energia elétrica, verifica-se que as fontes de energia na natureza estão cada vez mais escassas, encontrando-se restritas e cada vez mais distantes dos grandes centros consumidores. Assim, a tendência mundial é o combate ao desperdício. Também neste sentido, as limitações econômicas levam a se explorar ao máximo as capacidades disponíveis ao invés de se construírem novas unidades de geração e transmissão.

O combate ao desperdício de energia funciona como uma fonte virtual de produção de energia elétrica, o que quer dizer que a energia não desperdiçada por um consumidor pode ser utilizada por outro. Esta é a fonte de produção de energia mais econômica e mais limpa que existe, pois não agride o meio ambiente. Para a disseminação desta nova cultura, deve-se atuar em dois focos principais:

- *vertente humana*: trata da capacitação dos cidadãos comuns e formação dos profissionais da área tecnológica, induzindo-os à mudança de hábitos e atitudes, habilitando-os a atuar como disseminadores da cultura do combate ao desperdício;
- *vertente tecnológica*: trata de novas tecnologias (equipamentos e materiais) e suas aplicações na produção e manutenção. Tais inovações, apesar de desempenharem o mesmo papel nos processos, resultam num consumo menor de energia, sendo responsáveis pela redução dos custos de uma instalação, produzindo mudanças no processo produtivo, na arquitetura das edificações e nas relações concessionária-consumidor e podendo, até, abrir perspectivas de cogeração e geração própria.

A vertente humana engloba todo o processo de formação dos cidadãos para o combate ao desperdício de energia, da pré-escola até a formação dos profissionais técnicos e de nível superior. No entanto, a maioria dos cursos de graduação ainda não incorporou efetivamente o conteúdo de eficiência energética em seus currículos. Um claro exemplo é a formação dos engenheiros civis e arquitetos com pouca ou nenhuma atenção dada aos estudos de efeitos térmicos em edificações, o que resulta em construções que exigem um desnecessário consumo de energia para condicionamento de ar, por exemplo (KRÜGER, 1999). Apenas ações pontuais têm sido observadas em algumas instituições de ensino superior (IES) brasileiras no sentido de minimizar esta carência (e.g. Unifei, UFPe, UFU, USP, entre outras). Nestas instituições verificam-se alterações no perfil dos egressos, sem, no entanto, haver uma modificação significativa de comportamento de todos os profissionais. Outro exemplo clássico é o mau

aproveitamento da iluminação natural nas edificações, estimulando-se a possibilidade de redução de 75% no consumo de energia elétrica na iluminação apenas com melhor aproveitamento da iluminação natural (KOZLOWSKI, 2006; TO et al., 2002).

Durante o seminário Procel nas Instituições de Ensino Superior, promovido pelo Procel/Eletróbrás em Itajubá - MG, em outubro/2000, verificou-se que diversas ações isoladas de formação, desenvolvimento e transferência de tecnologia na área de eficiência energética vinham sendo implementadas e identificou-se um potencial de trabalho com essas instituições. Assim, foi proposta a criação da disciplina de Eficiência Energética para os cursos de engenharia nas IES participantes e a implementação de laboratórios de eficiência energética. A preocupação com a modernização da metodologia de ensino-aprendizagem e dos currículos dos cursos de engenharia, aliás, tem sido um tema de suma importância na área, como demonstram muitas publicações (ROMAN, 2004; FELDER et al., 2000; KASSIM et al., 2002). A necessidade de valorizar o trabalho em laboratório, atividades *hands-on* e a aprendizagem-cooperativa também é considerada frequentemente (FEISEL e ROSA, 2005; LIGHTNER et al., 2000).

A Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), seguindo as diretrizes delineadas no seminário Procel 2000 e com o objetivo de modernização do currículo do curso de Engenharia Elétrica, implantou a disciplina Eficiência Energética, de caráter optativo, no sétimo período do curso. Para atender às demandas identificadas e geradas a partir do desenvolvimento desta atividade acadêmica, criou-se o Laboratório de Eficiência Energética (Leener), que tem por objetivos apoiar as ações de formação, transferência de tecnologia e pesquisa e desenvolvimento na área, bem como criar um ambiente capacitado para a realização de palestras e interação com a comunidade, podendo, assim, disseminar a cultura do combate ao desperdício de energia elétrica (Figura 1).

A necessidade de incorporar temas referentes à eficiência energética nos currículos dos cursos de graduação justifica-se por (PINTO et al., 2001):

- *mercado de trabalho*: o ambiente competitivo impõe aos consumidores industriais a redução de custos com energia elétrica, o que requer análises profundas da planta (diagnóstico energético) tanto na fase de implantação do projeto como na fase de operação da instalação. Verifica-se um grande aumento do número de empresas de serviços de conservação de energia (ESCOs). Normalmente os lucros destas empresas provêm dos ganhos financeiros obtidos com a redução de desperdícios proporcionados ao cliente;

- *criação de uma cultura de combate ao desperdício dos energéticos*: esta linha de atuação consiste em intensificar ações educativas no sentido de mudar a cultura do desperdício ora vigente. Ressalta-se que os alunos dos cursos de engenharia e arquitetura atuarão diretamente nos projetos e operação de sistemas elétricos e poderão difundir a cultura do combate ao desperdício de energia;
- *formação dos profissionais integrados no contexto socioeconômico*: além da mudança de hábitos, estes graduandos estarão capacitados a atuar na sociedade, transformando-a. Com o conhecimento do contexto, eles estarão mais preparados a enfrentar o mundo do trabalho e suas modificações;
- *formação de multiplicadores*: os egressos, agindo na sua comunidade, irão atuar como multiplicadores, provocando alterações na cultura do desperdício.

Este artigo descreve o processo de concepção e implementação da disciplina Eficiência Energética do curso de Engenharia Elétrica da UFJF e os principais resultados obtidos até o momento.



Figura 1 - Detalhes do Laboratório de Eficiência Energética

A DISCIPLINA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A partir da realização de um projeto de melhoria da eficiência das instalações do prédio da reitoria da UFJF, realizado por meio de um convênio com o Procel, das diretrizes delineadas no seminário “Procel nas IES” e com o objetivo de modernização do currículo do curso de Engenharia Elétrica

da UFJF, foi proposta à Coordenação do curso de Engenharia Elétrica, aprovada nos órgãos competentes, a criação da disciplina eletiva Eficiência Energética, com carga horária de 60 horas/aula. A disciplina está sendo oferecida desde o primeiro semestre de 2001 para alunos a partir do sétimo período.

Esta atividade acadêmica foi e está sendo desenvolvida visando atender à Lei de Diretrizes e Bases da Educação (lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996) e às Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação em Engenharia (resolução CNE/CES 11/2002), pelo desenvolvimento de atividades integralizadoras de conhecimento. Com isso, pretende-se adequar e modernizar o currículo do curso de Engenharia Elétrica da UFJF.

Espera-se que, ao término da disciplina, os alunos tenham desenvolvido habilidades e competências para realizar projetos de combate ao desperdício de energia, propondo ações que conduzam ao funcionamento eficiente das instalações, à redução no consumo de energia e à adequação às normas técnicas, modernizando as instalações e processos, de modo a tirar vantagens competitivas dos equipamentos tecnologicamente mais eficientes e serem capazes de atuar na sociedade como multiplicadores, para a disseminação de uma cultura de combate ao desperdício de energia elétrica.

Os conteúdos abordados na disciplina são:

- panorama energético brasileiro;
- fontes alternativas de energia;
- combate ao desperdício de energia – tendências;
- programas institucionais;
- otimização energética, metodologia de diagnóstico e auditoria energética;
- avaliação econômica de investimentos;
- análise tarifária;
- arquitetura eficiente;
- sistemas eficientes de iluminação;
- geração na ponta e co-geração;
- potencial de conservação em diversos usos finais;
- eficiência em sistemas motrizes;
- outros: tópicos que abordam o estado da arte e outros de acordo com o interesse dos alunos.

Verifica-se grande inter-relação entre o conteúdo dessa atividade acadêmica com várias disciplinas do currículo do curso de Engenharia Elétrica da UFJF (e de outras IES), a saber: Introdução à Engenharia Elétrica, Laboratório de Eletrotécnica, Instalações Elétricas, Eletrotécnica Industrial, Medidas Elétricas, Eletrônica de Potência, Máquinas Elétricas, Materiais Elétricos etc. Dessa forma, trabalha-se com a característica de transdisciplinaridade. Há também uma evidente inter-relação com disciplinas ligadas à área de eletricidade dos cursos de Engenharia Civil e Produção e da área de conforto ambiental e projetos de arquitetura do curso de Arquitetura e Urbanismo.

METODOLOGIA DE ENSINO- APRENDIZADO

CONCEPÇÃO

A metodologia de ensino-aprendizagem que norteia as atividades da disciplina Eficiência Energética baseia-se no “Método Tutorial” (HIGHET, 1962), dentro da perspectiva sócio-histórica (PINTO, 2002; FELDER, 2000). Nesta visão, o aluno produz um ensaio partindo do conhecimento que tem acerca de um determinado assunto, ou por meio de pesquisa realizada, e o tutor questiona-o devolvendo-lhe o material para que possa ser refeito. Assim, o aluno passa a aprofundar os conceitos e questionar sempre o que está sendo apresentado; além disso, tem de apresentar a sua visão sobre o assunto, sua síntese sobre o conteúdo que está sendo estudado, que não pode ser cópia ou trechos de outros trabalhos. Desse modo, o aluno está produzindo seu conhecimento.

A prática educacional implementada no Leener segue a orientação da “Carta de Juiz de Fora” (VIII EEE, 2002). Os professores orientadores têm como princípio promover o desenvolvimento da criatividade, da iniciativa e das demais habilidades e competências, para que se transformem nas atitudes definidas pelas Diretrizes Curriculares para os cursos de engenharia. “Procuramos contribuir para, passo a passo, ir reforçando esta linha que tenta libertar os estudantes da diretriz que os vinha ‘reduzindo a tecnólogos’ sem respeitar seu direito ao ‘engenho e arte’ da profissão” (PORTELA, 2002).

Procura-se apoiar a formação de engenheiros-cidadãos, “como profissionais do crescimento e das mudanças das bases produtivas do país”, com a visão de que o “engenheiro é o protagonista estratégico para que um país possa existir” (LESSA, 2002), com a capacidade de sonhar com este novo país a se construir; com a visão de uma comunidade economicamente desenvolvida, socialmente igualitária e com consciência ecológica.

O processo de avaliação tem como objetivo identificar o pensamento crítico do aluno, como ele está se apropriando dos novos conhecimentos e como está trabalhando para o desenvolvimento intelectual. Além disso, procura-se avaliar os mecanismos intelectuais que utiliza para vencer as dificuldades e resolver os problemas. As avaliações são negociadas, obedecendo às regras da instituição.

PRÁXIS ATUAL

Em virtude do extenso conteúdo a ser estudado, ainda não se conseguiu desenvolver plenamente todas as atividades com a metodologia de ensi-

no-aprendizagem mencionada no item anterior. Assim, atualmente, a disciplina Eficiência Energética divide-se em dois momentos – exposição e discussão dos conteúdos essenciais e desenvolvimento de atividades práticas –, tendo, aproximadamente, 30 horas-aula de exposição e discussão do conteúdo e, aproximadamente, 30 horas de atividades e orientação dos trabalhos práticos.

Na etapa de discussão dos conteúdos utilizam-se palestras e aulas expositivas, cuidando, sempre, que motivem a participação de todos. Como a disciplina é integralizadora de conhecimentos, a participação dos alunos é fundamental e incentivada em todos os momentos. A apresentação e discussão de casos práticos são constantes, bem como a valorização da criatividade do aluno na solução de problemas de diagnóstico, uma vez que “não há receita de bolo”, ou seja, cada caso é um caso a ser analisado e diferentes soluções de engenharia são requeridas. Trabalho de pesquisa na internet, busca de conhecimentos do senso comum e utilização de *softwares* de simulação são propostos.

Na fase de atividades práticas procura-se, por meio de experimentos simples e idealizados pelos próprios alunos, comprovar os conhecimentos adquiridos. Não há experimentos pré-focados: o aluno identifica um problema e procura as soluções. Tanto a fase de discussão dos conteúdos quanto a de orientação dos trabalhos práticos ficam sob a responsabilidade de professores dos cursos de Engenharia Elétrica e Arquitetura e Urbanismo. Além destes, conta-se com colaboradores, que são alunos de mestrado envolvidos em projetos ligados à área, e monitores, que auxiliam no desenvolvimento de protótipos.

Outra atividade realizada é uma visita técnica a uma instalação industrial, da qual, em geral, todos os alunos participam, porque é muito motivadora. Neste momento, pode-se exercitar o conhecimento que foi apropriado. Após a visita, os alunos devem apresentar um relatório técnico contendo os principais potenciais de economia de energia e soluções alternativas para os problemas identificados.

Para atender ao desenvolvimento de trabalhos de investigação científica, o Leener dispõe de equipamentos¹ para realizar diagnósticos energéticos de consumidores residenciais, comerciais, públicos e industriais de pequeno e médio porte; infra-estrutura laboratorial para o desenvolvimento de pesquisas e estrutura de apoio didático para formação e capacitação na área e um conjunto de equipamentos eficientes (sala eficiente²).

Em resumo, nesta atividade busca-se que o aluno seja o centro do processo ensino-aprendizagem, não lhe apresentando soluções prontas e deixando que produza coletivamente o conhecimento.

Além da análise de tecnologias atualizadas que visam à economia de energia, tem sido dada muita importância à mudança de hábitos de consumo da energia elétrica. Na disciplina, os alunos são constantemente questionados em relação aos hábitos de consumo e às ações que têm sido tomadas para proceder à mudança de atitudes, além de serem estimulados a idealizar campanhas educativas.

Os alunos também são motivados a realizar pesquisas bibliográficas sobre o setor elétrico brasileiro, inovações tecnológicas, novos materiais, conhecimentos de senso comum e alternativas tecnológicas de baixo custo. Realizam trabalhos utilizando *softwares* de iluminação (Relux³, Lumisoft⁴), de análise tarifária (Anatar⁵) e seleção de motores elétricos (BD-Motor⁶); participam de visitas técnicas a empresas da região e desenvolvem um trabalho final, no qual devem aprofundar seus conhecimentos sobre um tema livre na área de eficiência energética.

O objetivo dos trabalhos práticos desenvolvidos na disciplina é mostrar que, por meio de experimentos simples e com a utilização de materiais de baixo custo, é possível desenvolver tecnologia. Além disso, procura-se transformar o conhecimento do senso comum em produtos que possam, pela agregação de conhecimento tecnológico, beneficiar a sociedade, principalmente as pessoas de menor poder aquisitivo, e, ainda, mostrar que o que diferencia o valor dos produtos é o conhecimento e o desenvolvimento tecnológico que está embutido no produto final.

DISCUSSÃO

A disciplina Eficiência Energética do curso de Engenharia Elétrica da UFJF abriu um vasto campo de desenvolvimento de atividades acadêmicas que levam o futuro engenheiro a experimentar os conhecimentos técnicos, aplicando-os no campo social. Dessa forma, certamente estão se formando engenheiros mais completos e absolutamente conscientes da necessidade de modificar a sociedade, o que é inadiável.

Durante muitos anos ignorou-se – e muitos ainda ignoram – a necessidade de disseminação dos conhecimentos e de transferência de tecnologia. A universidade tem uma responsabilidade social que não pode ser simplesmente esquecida. A pesquisa pura (da fronteira do conhecimento) é importante para o desenvolvimento, mas num país com tantos contrastes a responsabilidade social é imperativa. Isso tem levado diversos pesquisadores a desenvolverem trabalhos em comunidades e a realizarem pesquisas com materiais de baixo custo, que podem proporcionar melhoria da qualidade de vida da população mais carente. O projeto desta disciplina insere-se também nesse contexto.

A implementação de uma nova metodologia de ensino-aprendizagem num curso tradicional como o

de Engenharia Elétrica é uma tarefa muitas vezes árdua. Os alunos estão habituados à metodologia de aulas expositivas e experimentos prontos, comportando-se como um receptáculo de informações já processadas e repetindo mecanicamente as experiências já realizadas por outros, visto que o foco principal são os resultados a serem obtidos; o processo de construção do conhecimento é secundário (FELDER, 2004). Também os professores mais tradicionalistas vêm com restrições essas inovações, julgando que a metodologia está muito distante dos métodos convencionais, ou não dando credibilidade ao processo. Contudo, é interessante observar que a maioria dos alunos que se submetem a esta nova proposta metodológica passa a ter uma visão diferenciada do processo de ensino-aprendizagem, com o que se sentem verdadeiramente engenheiros. Por sua vez, os professores que trabalham neste novo paradigma da educação sentem-se motivados, apesar do imenso trabalho adicional que a metodologia requer.

Com o objetivo de incentivar a participação dos alunos da disciplina de Eficiência Energética e outras disciplinas do curso de Engenharia Elétrica, sem provocar um choque drástico, podem-se propor alguns experimentos a serem desenvolvidos pelos alunos, sem, no entanto, perder o foco metodológico ao longo do processo. Para isso, estão sendo desenvolvidas algumas atividades simples, nas quais o aluno, inicialmente, reproduz algo já realizado, com o objetivo de desenvolver habilidades de manuseio de alguns equipamentos de medição e materiais; no desenvolvimento desta etapa, o acadêmico será estimulado a avançar no processo de aprendizagem, analisando, questionando, sintetizando, propondo novos experimentos e realizando-os pessoalmente ou em equipe.

RESULTADOS

A experiência da Faculdade de Engenharia da UFJF na área acadêmica de combate ao desperdício de energia é fruto de um projeto de melhoria da eficiência energética realizado em convênio com o Procel/Eletrobrás (1999 a 2001).

No âmbito deste projeto foi realizado um curso de Diagnóstico Energético, com duração de 20 horas. Por se tratar de um curso piloto, a carga horária foi concentrada, sendo as vagas disponibilizadas para alunos da UFJF e membros da comunidade. Tal iniciativa superou as expectativas, o que comprovou o grande interesse pelo tema e representou um indicativo de que a disciplina objeto deste artigo seria bem aceita pela comunidade acadêmica.

A Tabela 1 apresenta o número de alunos que cursaram a disciplina e o número de trabalhos finais desenvolvidos ao longo do curso nos últimos sete anos, incluindo o primeiro curso em nível de extensão universitária.

Tabela 1 - Número de alunos participantes das atividades acadêmicas na área de combate ao desperdício de energia

Ano - Período letivo	Tipo de Curso	Carga horária (horas-aula)	Nº de alunos	Nº de Trabalhos
2000	EXT	20	43	-
2001	EXT	20	42	-
2001	EXT	20	55	-
2001-1	DR	60	29	8
2001-3	DR	60	24	6
2002-1	DR	60	6	4
2003-1	DR	60	13	8
2003-3	DR	60	7	-
2004-1	DR	60	20	8
2004-3	DR	60	24	8
2004	MC	4	10	-
2004	TE 1	45	1	
2004	TE 2	45	1	
2004	ED	45	1	
2005	JXXIII	24	16	
2005-1	DR	60	17	4
2005-2	DR	60	21	5
2006 - 1	DR	60	15	3
2006 - 1	DRP	60	9	
2006 - 3	DRP	60	15	

EXT: Curso de Extensão; DR: Disciplina Regular do Curso de Eng. Elétrica; TE: Tópicos Especiais em Eficiência Energética (Mestrado em Eng. Elétrica); JXXIII: Módulo de Eficiência Energética em disciplina de ensino médio do Colégio João XXIII; ED: Estágio de Docência; DRP: Disciplina Regular do Curso de Engenharia de Produção

Dentre os trabalhos realizados pelos alunos destacam-se (Figura 2):

- campanhas educativas, onde se verificou uma aguçada criatividade no desenvolvimento de *slogans*, proposição de jogos, *design* de adesivos, cartazes e camisas;

- projetos de melhoria da eficiência energética em ambientes diversos: Faculdade de Engenharia da UFJF, Critt/UFJF, Imbel, igreja, hospital, gráfica, indústria de torrefação e moagem de café, posto de gasolina, marcenaria, marmoraria, padaria, escola, escritório de advocacia, salão de beleza, mercearia, revenda de automóveis entre outros;
- utilização e comparação de *softwares* de iluminação em diversos ambientes: projeto de iluminação de campo de futebol e projeto luminotécnico de uma capela;
- desenvolvimento de protótipos: fogão solar, aquecedor solar de baixo curso, aproveitamento da iluminação natural em interiores sem janelas ou clarabóias utilizando fibra ótica, utilização de garrafas *pet* para aproveitamento da luz natural em ambientes, transformador de corrente para equipamentos, *brise* solar regulado pela intensidade luminosa, entre outros;
- estudos de vários temas ligados à área, tais como sistema de iluminação pública, materiais de construção que proporcionam conforto térmico, reaproveitamento de material reciclável para isolamento térmico e biodigestor.

Pode-se acrescentar que em 2003/3 os alunos foram avaliados também por meio de testes convencionais (provas), com os quais se verificou que se sentem mais motivados ao desenvolverem trabalhos experimentais.

Em 2002 e 2003 pôde-se verificar uma redução significativa do número de alunos, o que pode ser justificado pelos problemas decorrentes da paralisação dos servidores e professores das instituições federais de ensino superior (IFES), das alterações no calendário acadêmico (que acabaram interferindo no cronograma das atividades), da falta de pré-requisitos, da reestruturação da disciplina e do Leener, dentre outros.

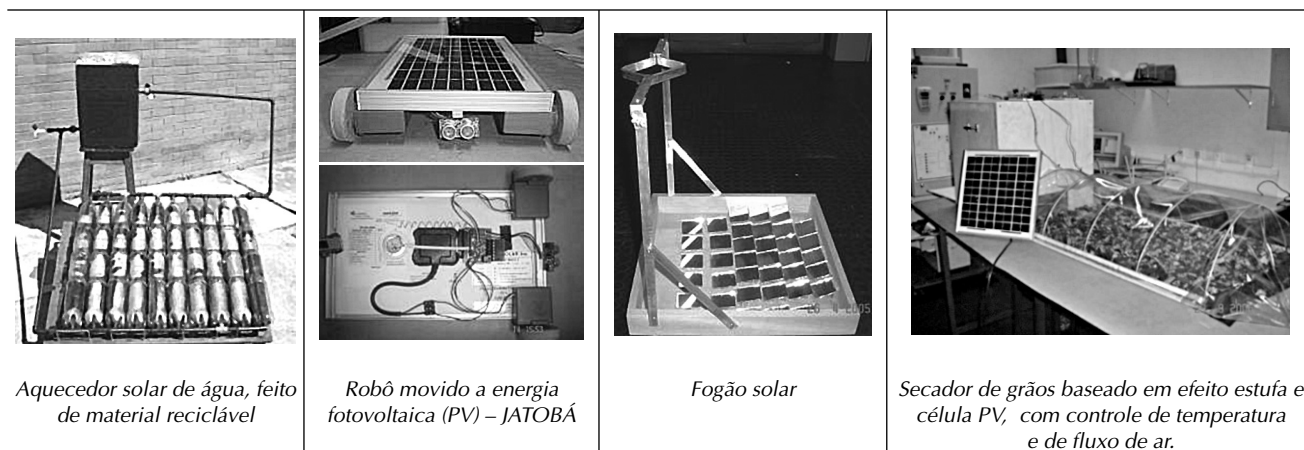


Figura 2 - Fotografias de protótipos desenvolvidos

A partir de 2004/3 introduziu-se na disciplina a realização de seminários, abordando as principais cargas acionadas por motores elétricos na indústria (bombas, ventiladores, compressores, correias transportadoras e acionamentos eletrônicos). Trabalhou-se a conceituação dessas cargas, seu princípio de funcionamento, detalhes de manutenção, consumo de energia, potencial estimado de combate ao desperdício de energia e principais medições.

Como subproduto dos trabalhos desenvolvidos, verificaram-se a motivação dos alunos no curso e a interdisciplinaridade dos conteúdos abordados. Além disso, tem-se observado uma significativa evolução dos trabalhos. Bons exemplos desta evolução são o secador de grãos e o aquecedor solar de água (Figura 2), que vêm sendo aperfeiçoados a cada período. Um grupo construiu um secador; outro propôs desenvolver o controle da temperatura; outro aperfeiçoou este controle e outro, ainda, melhorou o protótipo. Em relação ao aquecedor solar de água, um grupo fez o primeiro protótipo; outro desenvolveu uma alternativa mostrando diferentes tecnologias; outro comparou os dois protótipos e, por fim, um quarto grupo comparou-os com aquecedores comercializados no mercado.

Os trabalhos finais apresentaram excelente nível técnico, sendo avaliados pela equipe de professores. A disciplina Eficiência Energética também é avaliada pelos discentes, o que é feito por meio de um questionário aplicado ao final de cada período. Nesse processo, verifica-se que a disciplina tem atingido seus objetivos, obtendo conceito global entre bom e ótimo. A atividade acadêmica supera as expectativas dos alunos, visto que possui grande relação com a sua área de interesse e é articulada com as demais disciplinas do curso. A carga horária tem sido considerada adequada; o conteúdo programático, bom, e o critério de avaliação, adequado. O relacionamento professor-aluno e os recursos didáticos utilizados são considerados ótimos. Além disso, o estímulo do professor ao desenvolvimento do pensamento crítico do aluno tem sido considerado de bom e ótimo. Como comentário adicional, os alunos relatam que se sentem empolgados em resolver problemas de engenharia, já que estimulam a criatividade, aumentam o interesse pelo desenvolvimento tecnológico, contextualizam e ampliam os conhecimentos adquiridos no curso.

CONCLUSÕES

Este trabalho descreveu o processo de gênese, implementação e avaliação das atividades desenvolvidas na disciplina Eficiência Energética do curso de Engenharia Elétrica da UFJF.

A disciplina é uma atividade acadêmica transdisciplinar, integrada no contexto do curso, com metodologia de ensino-aprendizagem baseada na

perspectiva sócio-histórica. Foi concebida tendo como base os novos paradigmas do ensino de engenharia, definidos pelas Diretrizes Curriculares e pela LDB. Em resumo, nesta atividade busca-se que o aluno seja o centro do processo ensino-aprendizagem, evitando a apresentação de soluções prontas e deixando que os discentes produzam coletivamente o conhecimento. O processo de avaliação tem como objetivo identificar o pensamento crítico do aluno, o modo como ele está se apropriando dos novos conhecimentos e como está trabalhando para o desenvolvimento intelectual.

Além disso, nesta atividade acadêmica procura-se trabalhar as relações humanas, buscando o desenvolvimento do aluno como cidadão; o desenvolvimento social, por meio de pesquisas para incorporar no conhecimento do senso comum novas tecnologias utilizando materiais de baixo custo, e as questões das relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Os resultados apresentados demonstram o grande interesse dos alunos pelo tema e a motivação para desenvolvimento de projetos que os levem a se sentirem verdadeiramente engenheiros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, que, por meio do projeto Novas Concepções de Geração, Distribuição e Conservação de Energia, processo 552371/2001-7, auxiliou o desenvolvimento do trabalho com bolsas de iniciação científica; ao Procel/Eletrobrás, pelo apoio às atividades de pesquisa e desenvolvimento e pelo estabelecimento do convênio ECV 933/2003, que viabilizou a modernização do Leener; à UFJF, pelo apoio ao desenvolvimento de trabalhos nesta área.

REFERÊNCIAS

- FEISEL, L. D.; ROSA, A. J. The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, p. 121-130, Jan. 2005.
- FELDER, R. et al. The future of engineering education I. A vision for a new century. *Chemical Engineering Education*, v. 34, n. 1, p. 16-25, 2000.
- FELDER, R. Teaching engineering at a research university: problems and possibilities. *Educación Química*, v. 15, n. 1, p. 40-42, 2004.
- HIGHET, G. *A arte de ensinar*. São Paulo: Melhoramentos, 1962.
- KASSIM, A. A.; WANG, C.-M. Engineering curriculum reforms to meet modern challenges. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION, August 18- 21, 2002 Manchester, U. K. *Proceedings*, p. 1-6.
- KOZLOWSKI, D. Daylight for energy savings. *Building Operating Management*, Apr. 2006.

KRÜGER, E. Eficiência energética em edificações. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 18, n. 1, p. 9-12, 1999.

LESSA, C. T. R. M. Engenharia, universidade e nação. In: ENCONTRO DE EDUCAÇÃO PARA ENGENHARIA, VIII. *Anais..* Petrópolis – Juiz de Fora, 2002.

LIGHTNER, M. R. et al. A living laboratory. *Proceedings of the IEEE*, v. 88, n. 1, p. 31-40, Jan. 2000.

PINTO, D. P. et al. *Educação para engenharia: metodologia*. São Paulo: Mackenzie, 2002.

PINTO, D. P.; OLIVEIRA, E. J.; BRAGA, H. A. C. A disciplina de eficiência energética do curso de Engenharia Elétrica da UFJF. In: COBENGE - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, XXIX. *Anais...*, 19 a 22 de setembro de 2001, Porto Alegre - RS.

PORTELA, J. C. S.; PINTO, D. P.; SILVEIRA, M. H. Currículo e projeto pedagógico. In: ENCONTRO DE EDUCAÇÃO PARA ENGENHARIA, VIII. *Anais...* Novembro de 2002, Petrópolis e Juiz de Fora.

ROMAN, H. T. Reengineering education. A change is needed in U.S. engineering education. *IEEE Power&Energy Magazine*, p. 88, 85-86. May/June 2004.

TO, D. W. T. et al. Potential energy saving for a side-lit room using daylight-linked fluorescent lamp installations. *Lighting Research Technology*, v. 34, n. 2, p. 121-133, June 2002,

VIII EEE. Carta de Juiz de Fora. Documento elaborado por professores participantes do VIII Encontro de Educação para Engenharia. *Anais...* Petrópolis – Juiz de Fora, 2002.

NOTAS

¹ Diversos equipamentos e materiais foram adquiridos através do convênio ECV 933-2003 UFJF-Eletróbrás e outros materiais foram obtidos por doação dos fabricantes.

² Sala eficiente – equipamentos cedidos pela Cemig – Centrais Elétricas de Minas Gerais.

³ O Relux é um dos mais completos *softwares* de iluminação existentes. É de fabricação alemã da empresa Informatik AG.

⁴ Lumisoft® – desenvolvido pela Lumicenter, empresa que fabrica luminárias.

⁵ Anatar – *software* de análise tarifária, desenvolvido por alunos do Leener no âmbito do convênio da UFJF/Eletróbrás.

⁶ BDMOTORES – Banco de Dados para Motores de Indução Trifásicos. Viabiliza a economia de energia em motores elétricos de indução trifásico. Cepel/Eletróbrás.

DADOS DOS AUTORES



Danilo Pereira Pinto

Engenheiro eletricista pela Universidade Santa Úrsula (1984), especialista em Otimização Energética em Sistemas Industriais com Ênfase em Sistemas Motrizes pela Federação da Indústria de Minas Gerais (2004); mestre (1988) e Doutor (1995) em Engenharia Elétrica pela Coppe/UFRJ. Professor do departamento de Energia da Faculdade de Engenharia Elétrica da UFJF desde 1987 e consultor do Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira desde 2004. Foi coordenador do curso de Engenharia Elétrica (1996-1997), vice-diretor do Sistema de Bibliotecas da UFJF (1997-1998), membro da Comissão de Implantação (1997-1998) e do Colegiado do curso de mestrado em Engenharia Elétrica da UFJF (1998-2000); membro da Comissão de Racionalização de Energia e Avaliação dos Impactos da Crise Energética da UFJF (2001); assessor da Pró-Reitoria de Graduação em Projetos de Implantação e Consolidação de Ações de Modernização e Aperfeiçoamento das Atividades Acadêmicas Relativas ao Ensino de Graduação, Educação Básica e Profissional (2001, 2002); membro da comissão organizadora dos encontros de educação para engenharia promovidos pela UFJF, UFF e UFRJ. Coordena, desde 2003, os convênios da UFJF com o Procel/Eletróbrás e, no período de 2004-2006, coordenou um programa de P&D com o Sistema Cataguases Leopoldina.

Atualmente é o coordenador do Laboratório de Eficiência Energética da UFJF. Suas áreas de interesse são educação para engenharia e eficiência energética.

**Henrique A. C. Braga**

Graduou-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (1982), onde é professor desde 1985. Mestre em Engenharia Elétrica, subárea Eletrônica de Potência, pela Coppe/UFRJ (1988). Em 1996 concluiu o curso de doutoramento na mesma área do mestrado, pela Universidade Federal de Santa Catarina. Atualmente é professor nos cursos de graduação e pós-graduação (mestrado) em Engenharia Elétrica da UFJF, lecionando disciplinas na área de Eletrônica Básica e Eletrônica de Potência. É sócio da SBA, Sobraep, ABENGE e *senior member* do IEEE. Entre 2005 e 2006, participou de uma estância de pós-doutoramento na Universidade de Oviedo, na cidade espanhola de Gijón, Astúrias.

Suas áreas de interesse estão relacionadas com a eletrônica de potência: iluminação eficiente, radiação e interferência eletromagnética, paralelismo de UPS e conversores aplicados a fontes renováveis de energia, entre outras.

**Janízaro Pereira da Silva Júnior**

Engenheiro eletricista (2001) e mestre em Engenharia Elétrica (2005) pela Universidade Federal de Juiz de Fora; especialista em Otimização Energética em Sistemas Industriais com Ênfase em Sistemas Motrizes pela Federação da Indústria de Minas Gerais (2004).

Atuou como colaborador no Laboratório de Eficiência Energética da UFJF (2001-2002 e 2002-2005), trabalhando na elaboração de projetos, orientando trabalhos de fim de curso e ministrando aulas em cursos de eficiência energética.

Atualmente é engenheiro de Furnas Centrais Elétricas, trabalhando no departamento de Comercialização e Planejamento Energético da Operação. Suas áreas de interesse são: educação para engenharia, eficiência energética, comercialização de energia e planejamento energético.