



COMPLEMENTANDO A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA COM PjBL: A PROPOSTA DE UMA EDIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL

Hugo B. Valente – hugo.valente@engenharia.ufjf.br

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia Elétrica

Rua José Lourenço Kelmer, s/n – Campus Universitário

36036-900 – Juiz de Fora - MG

Yasmin M. Cyrillo – yasmin.cyrillo@engenharia.ufjf.br

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

Maria T. de Almeida – maria.teixeira@engenharia.ufjf.br

Gustavo F. Oliveira – gustavo.fernandes@engenharia.ufjf.br

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

***Resumo:** O atual perfil profissional de um engenheiro exige uma formação mais abrangente e multidisciplinar do que a formação essencialmente técnica de décadas atrás. O engenheiro exerce influência fundamental em âmbitos que estão em constante processo de transformação, como o social, o ambiental e o econômico e, como agentes dessas mudanças, devem desenvolver competências que prezem pela ética e pela sustentabilidade para lidar com tais mudanças de maneira sensata. O seguinte trabalho apresenta uma alternativa complementar à educação para que se trabalhe nas direções que a sociedade atual demanda. Aplicou-se a estratégia "Project Based Learning - PjBL", em um projeto de extensão envolvendo questões associadas à sustentabilidade. O projeto foi proposto pelo curso de Arquitetura da UFJF e tem como objetivo a construção do Laboratório Casa Sustentável - LCS, um espaço para aplicação integrada de atividades de ensino, pesquisa e extensão, transdisciplinares em arquitetura e engenharia, voltadas para a sustentabilidade da construção civil. Os alunos do curso de Engenharia Elétrica projetaram um sistema de geração de energia fotovoltaica, complementar à demanda do LCS, um sistema de monitoramento, em tempo real, de parâmetros associados ao conforto ambiental das edificações e um sistema de coleta e análise das impressões dos visitantes, sobre o conforto ambiental das edificações. Os sistemas citados são baseados na plataforma "Free Open Source Software – FOSS", compostos por ambientes computacionais desenvolvidos em linguagem JAVA® e PHP e pelas tecnologias de transmissão de dados Zigbee® e Wi-fi.*

***Palavras-chave:** Aprendizagem Ativa, PjBL, Sustentabilidade, Perfil Profissional*

1. INTRODUÇÃO

A engenharia, no sentido amplo da palavra, associa-se, historicamente, aos ciclos

Realização:

 **ABENGE**

Organização:



**O ENGENHEIRO
PROFESSOR É O
DESAFIO DE EDUCAR**



econômicos da humanidade e, de forma mais direta, aos processos produtivos e sistemas tecnológicos integrantes desses ciclos; de modo geral, a engenharia aplica os princípios da ciência e da matemática para desenvolver soluções econômicas para os problemas técnicos que se lhe apresenta, conectando as descobertas científicas às aplicações comerciais, respondendo às necessidades da sociedade (THE ENGINEER, 2011). Engenheiros desempenham papel fundamental no desenvolvimento tecnológico, pois estão associados aos processos de melhoria contínua dos produtos e da produção, à gestão do processo produtivo e às atividades de inovação, pesquisa e desenvolvimento - P&D das empresas. Interligados ao contexto social e econômico, os engenheiros não só exercem influência fundamental em sua transformação, mas recebem, de forma direta, as consequências destas alterações, quer como seres humanos, quer como profissionais. E aspecto de maior destaque, no momento, é que este contexto social e econômico, onde os engenheiros atuam, vem se alterando radicalmente desde a criação dos cursos destinados à sua formação, no final do século XVIII, com sua atuação acelerando e aprofundando estas mudanças, considerando-se os últimos decênios do século XX e início de século XXI (SILVEIRA, 2005).

Sob impacto direto dessas mudanças, os perfis profissionais atualmente vigentes demandam engenheiros com características distintas daqueles formados há algumas décadas. Não há como contestar que, nesse período (RUGARCIA et al., 2000), a educação em engenharia formava profissionais adequados, considerando-se os conhecimentos, valores e habilidades dos perfis profissionais praticados à época. Pode-se constatar que, há cerca de 40/50 anos, percentual majoritário dos professores de engenharia interagiu fortemente com o ambiente industrial através de projetos, consultorias ou experiência de trabalho; as demandas do mercado profissional não colidiam com as práticas e saberes adquiridos na academia. As tarefas desenvolvidas pela maioria dos engenheiros envolviam, principalmente, cálculos rotineiros e repetitivos que os estudantes desenvolviam e aperfeiçoavam através de exercícios em laboratórios e estudos de casos de situações industriais, bem como estágios e trabalhos em convênios com as indústrias. Os valores da prática da engenharia, à época, eram a funcionalidade e o lucro: um sistema bem projetado era o que executava o que se desejava, da forma mais lucrativa possível (RUGARCIA et al., 2000).

No entanto, nas últimas décadas, a questão da educação para o desenvolvimento sustentável, juntamente com a necessidade de se desenvolver novas competências para o perfil profissional do engenheiro, começou a ganhar espaço, de forma crescente, nos mais importantes congressos internacionais sobre educação. Cite-se, como exemplo, o Relatório da "*National Science Foundation Advisory Committee on Environmental Research and Education*", de junho de 2002, que identificou "a educação tecnológica na engenharia (universidade virtual), o desenvolvimento sustentável e o impacto da globalização sobre a engenharia como as principais influências atuando sobre a educação em engenharia no futuro" (THOMPSON, 2002). As "*International Conferences on Engineering Education in Sustainable Development*", ocorridas em 2002 e 2004 enfatizaram que a educação de engenharia, especialmente do ensino superior para a formação de tomadores de decisão, pesquisadores e professores, devia ser orientada para o desenvolvimento sustentável e promover atitudes ambientalmente conscientes, habilidades e padrões de comportamento, bem como um senso de responsabilidade ética. A declaração da conferência de 2004 reafirmou que, "a Engenharia tem respondido às necessidades da sociedade e, sem dúvida, a sociedade de hoje exige um novo tipo de engenheiros". Declarou ainda que "as universidades devem redirecionar o processo ensino-aprendizagem, a fim de tornarem-se agentes de mudança reais, capazes de fazer contribuições significativas através da criação de um novo



modelo de sociedade. Responder à essas mudanças é uma parte fundamental do papel da universidade na sociedade" (DESHA et. al, 2007).

Seguindo essas diretrizes internacionais, pode-se constatar que, no Brasil, já existem esforços no sentido de se discutir e reestruturar a educação em engenharia. A CNE/CES 11/2002 (MEC/CNE/CES, 2002), estabeleceu as "Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia - DCN", com a clara intenção de mudar suas bases filosóficas, focando-o na competência e na busca de uma abordagem pedagógica "centrada no aluno, com ênfase na síntese e na multidisciplinaridade"; destacou ainda a "valorização do ser humano e preservação do meio ambiente, integração social e política do profissional, possibilidade de articulação direta com a pós-graduação e forte vinculação entre teoria e prática". Essas questões, embora presentes nas disposições que vêm norteando os cursos de engenharia nos últimos tempos, não estão sendo resolvidas satisfatoriamente (FELDER, 2005), pois as instituições de ensino de engenharia encontram, via de regra, resistências não só estruturais, mas também de muitos docentes, para alterar as velhas práticas de "ensinar". Há que se destacar, também, que o desenvolvimento de competências transversais dos graduados exige dos professores o emprego de novas metodologias de ensino-aprendizagem e de avaliação, nem sempre por eles compreendidas – mais por falhas na sua formação como educador do que pela disposição em inovar em suas atividades docentes. Ademais, utilizam-se ainda, majoritariamente, projetos pedagógicos tradicionais (FELDER, 2003), com pouca relação com o contexto atual e fraca integração entre os componentes curriculares ou disciplinas; praticamente, inexistem correlações entre teoria e prática, acarretando que o contato com o ambiente profissional ocorra de forma tardia.

Neste contexto, tentativas de se formar valores e atitudes nos graduandos, como o caso os associados à sustentabilidade e às suas responsabilidades sociais como agentes de mudanças, encontram não só dificuldades práticas na formação dos currículos, mas sofrem mesmo as consequências de políticas e visões equivocadas, que acabam resultando posturas mais deletérias que formadoras, ainda que eivadas de boas intenções. Não restam dúvidas, segundo Torres (TORRES, 1999) que tentativas de colocar conteúdos de ciências sociais e humanas nos currículos de engenharia, como disciplinas isoladas, acabam resultando em posturas de descaso e indiferença dos estudantes de engenharia, que acabam por considerar estes conteúdos como responsabilidade, e pertencendo à alçada, de outros profissionais, a quem caberia então a responsabilidade de "equacioná-las e resolvê-las", para além das responsabilidades da engenharia. Felder (FELDER, 1982), já desde a década de 80, colocava que "os problemas enfrentados por nossa sociedade necessitam de visões com amplas perspectivas sociais, bem como especialização tecnológica para sua solução [...] Recai sobre os educadores a responsabilidade de fornecer aos educandos uma perspectiva ampla, necessária. Essas mudanças não ocorrerão se continuarmos a estreitar o campo de visão de nossos graduados, como vimos fazendo há décadas" (FELDER, 1982).

Uma possível tentativa para se trabalhar nessas direções sugeridas é apresentada no presente trabalho, que trata da adoção de metodologias ativas de aprendizagem, no caso a estratégia PjBL, aplicadas a um projeto de extensão lidando com questões associadas à sustentabilidade. O projeto em questão é o "Laboratório Casa Sustentável - LCS" (ZAMBRANO, 2012) e elaborado pelo Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFJF. O LCS é uma edificação, com características educacionais, de cunho amplo, que permite demonstrar os aspectos associados às edificações sustentáveis, consistindo em uma casa ecológica, que será localizada dentro do campus do Jardim Botânico de Juiz de Fora, em construção pela UFJF. O projeto tem por objetivo conscientizar a sociedade a respeito da necessidade de se adotar



práticas de construções civis sustentáveis e ambientalmente confortáveis. Para isto, foi projetado um espaço composto por cinco edificações, além de uma recepção, que retratam ambientes típicos de uma casa: quartos, sala, escritório, cozinha e banheiro. Cada ambiente irá explorar técnicas específicas de arquitetura bioclimática, conforto ambiental, eficiência energética e materiais sustentáveis buscando obter os efeitos resultantes da exposição dos usuários às diferentes formas de aplicação de tais técnicas (ZAMBRANO, 2012).

O envolvimento dos alunos do curso de Engenharia Elétrica no projeto propiciou uma oportunidade diferenciada para, utilizando metodologias ativas de aprendizagem, mais especificamente a estratégia "*Project Based Learning - PjBL*", trabalhar os valores e atitudes necessárias ao perfil profissional do engenheiro, além da capacitação técnica exigida pelo projeto. As atividades previstas para esses alunos abarcaram duas frentes, trabalhadas de forma simultânea: inicialmente, buscou-se suprir as necessidades energéticas do LCS, projetando e implementando a geração elétrica fotovoltaica, que funcionará de maneira complementar à demanda energética da casa - suprida por uma concessionária de energia - e um sistema de monitoramento, em tempo real, de parâmetros associados ao conforto ambiental como temperatura, umidade e iluminância das edificações, possibilitando a coleta e análise das impressões dos visitantes, estudantes e sociedade, sobre o conforto ambiental das edificações. Este foi totalmente desenvolvido em "Free Open Source Software" - FOSS, utilizando Java (JAVA) e PHP (PHP) que permitirão não somente a aquisição e análise das impressões dos usuários, mas também disponibilizarão, em painéis próprios, informações gerais e centralizadas de todo o LCS, mostrando a aplicabilidade e operacionalidade das técnicas e módulos utilizados, tais como dados da geração de energia fotovoltaica, dados de componentes eletrônicos desenvolvidos, dados de conforto de cada edificação do LCS e estatísticas sobre o conforto ambiental dos visitantes.

O trabalho está estruturado como se segue: a seção 2 apresenta a metodologia adotada, a seção 3 trata do desenvolvimento dos softwares e hardwares utilizados pelo projeto e a seção 4 mostrará os resultados e conclusões obtidos.

2. METODOLOGIA

O projeto buscou se embasar, na medida do possível, nas estratégias das metodologias ativas, mais especificamente dentro das estratégias baseadas em uma postura PjBL, que possibilita o aprendizado da interação necessária ao trabalho em equipe, tanto entre seus membros como com o ambiente onde estão inseridos, o fortalecimento das habilidades, a aquisição dos conhecimentos técnicos, o desenvolvimento de atitudes e comportamentos que lhes permitam lidar com os ambientes de trabalho, após a conclusão dos estudos (NOORDIN *et al.*, 2011). O papel do professor, nesta estratégia, é o de facilitador da aprendizagem, fornecendo a estrutura adequada do processo através de perguntas de sondagem, fornecimento dos recursos apropriados, condução das discussões em classe, bem como planejando a sistemática de avaliação (McDONALD, 2010). Trabalhando em grupos, os alunos identificam o que já sabem, o que eles precisam saber, como e onde acessar novas informações que possam levar à solução do problema colocado. As atividades a serem desenvolvidas foram colocadas na forma de projeto, com a supervisão do professor tutor, com distribuição das tarefas, reuniões semanais e avaliações formativas e somativas, ao longo do procedimento.

Há que se destacar, contudo, que as características do projeto desenvolvido apresentam especificidades, quando se considera a formulação clássica de uma atividade desenvolvida em PjBL. Sua característica diferencial, conforme adotada ao longo deste projeto, advém do fato



de seus participantes não estarem envolvidos com disciplinas ou conteúdos técnicos específicos do curso de Engenharia Elétrica da UFJF, que seria a base para o desenvolvimento do projeto, mas estarem desenvolvendo e reforçando as competências transversais, integrantes do perfil profissional do engenheiro, bem como trabalhando uma postura de reforço dos valores, integrantes do perfil profissional do engenheiro, e uma visão holística da realidade (BOSS&KRAUS, 2007).

Um dos objetivos colocados para o LCS foi proporcionar aos visitantes e usuários, como os alunos, um ambiente com aplicações sustentáveis, como o sistema de geração fotovoltaico, que estimula a prática e destaca sua importância na atualidade. (MACHADO, 2010), “É evidente o papel das Engenharias na construção de uma sociedade cada vez mais sustentável. E se os futuros engenheiros não saírem da universidade com essa ideia cristalizada em suas mentes, é improvável que darão a ela a importância devida, e que chegarão um dia a aplicá-la de forma consistente no exercício de sua profissão.”

A proposta e o desenvolvimento da atividade, englobando a postura baseada em projetos, tiveram como objetivo principal permitir que os estudantes do curso de engenharia elétrica, participantes do projeto, trabalhassem e desenvolvessem as competências profissionais de caráter transversal, especialmente aquelas associadas ao trabalho em equipe, buscassem uma visão mais holística do trabalho do engenheiro e, adicionalmente, reforçassem o conteúdo técnico exigido pelo projeto. Foram elencados, desta forma, os impactos esperados na formação do perfil profissional dos estudantes, ao término da realização do projeto, e que abrangeram, de forma geral, os seguintes itens: aquisição de novos conhecimentos técnicos ligados à formação em engenharia; visão sobre o trabalho do engenheiro e sua responsabilidade social; percepção sobre o trabalho em equipe (incluindo as equipes externas); aspectos deficientes detectados em sua formação como engenheiro; importância das competências transversais (liderança, comunicação, trabalho em equipe, solução de conflitos, gestão de projetos, conhecimento multidisciplinar).

Esses impactos foram discutidos com os alunos participantes do projeto, o que permitiu um procedimento de auto-avaliação e uma reflexão mais estruturada sobre o projeto, seus impactos esperados e os resultados obtidos.

3. DESENVOLVIMENTO TÉCNICO DO PROJETO

O projeto foi subdividido em quatro módulos, onde foram desenvolvidos: um sistema de sensoriamento remoto das edificações do LCS através da rede sem fio *Zigbee*; um supervisor em linguagem Java, que monitora os parâmetros provenientes do sensoriamento remoto; uma interface de aquisição de dados sobre conforto de usuários, feita em PHP e transmitida por uma rede Wi-Fi e, finalmente, uma análise dos recursos naturais e implementação do sistema fotovoltaico complementar à demanda energética da casa. São descritos a seguir os desenvolvimentos associados às partes citadas.

3.1. Sensoriamento Remoto

Para a realização das medições, optou-se pela confecção de placas de circuito eletrônico que pudessem ser realocadas. Por tal motivo, escolheu-se o transceptor *wireless* Digi XBee - PRO ZB (S2B), produto baseado na pilha de protocolos Zigbee (IEEE 802.15.4). O padrão Zigbee foi selecionado para utilização no projeto por seu baixo consumo de energia, baixo custo e alta confiabilidade. Criado para operar em redes sem fios é a mais moderna e promissora dentre as Redes WPAN ("*Wireless Personal Area Network*"), cujas principais



finalidades são sensoriamento remoto e a automação. O sistema oferece excelente imunidade a interferências, sendo capaz de hospedar mais de 65.000 dispositivos distintos, em um raio de até 3.2km numa mesma rede, o que possibilita expansão do projeto, se necessário.

As placas de circuito eletrônico possuem um transceptor Digi XBee, uma bateria e sensores de temperatura, umidade e iluminância. O uso de baterias é viável, haja vista que os módulos Xbee são capazes de entrar em modo de dormência ("*Sleep*") quando não estão transmitindo ou recebendo dados possibilitando, para as baterias, uma vida média de meses, ou mesmo anos. Foi utilizado como sensor de iluminância, o LDR (*Light Dependent Resistor*), e como sensor de temperatura o módulo LM35, ambos analógicos.

Para melhor atender às necessidades do LCS, estudou-se a melhor maneira de distribuir a rede de módulos sensoriais, sendo o resultado apresentado de forma ilustrativa na Figura 1.

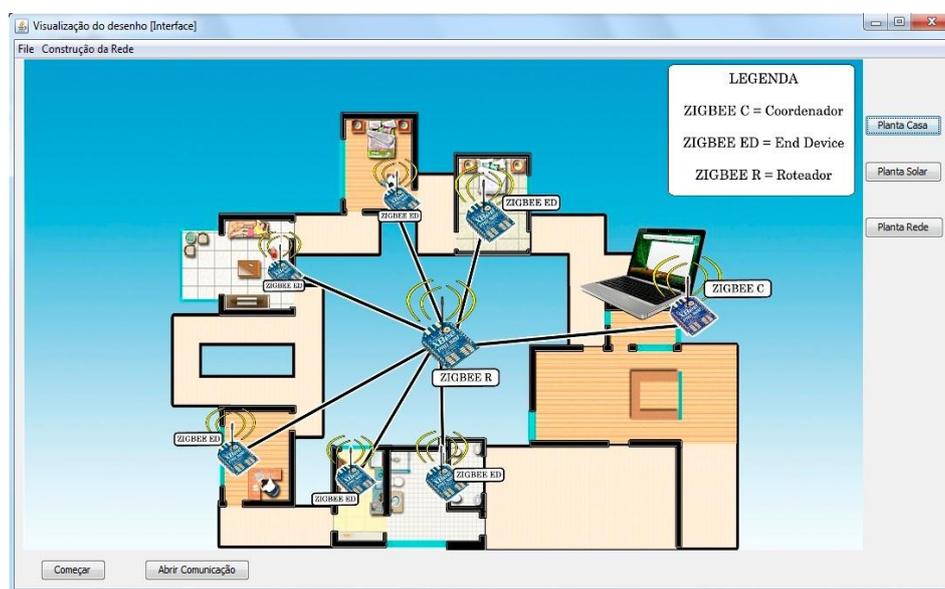


Figura 1- Modelo da rede de dispositivos Xbees no LCS.

Na rede, cada dispositivo é configurado para assumir uma função de ponto final, roteador ou coordenador. Nas placas com sensores, o Xbee tem a função de ponto final (*End device – ED*). Os ED's estão presentes em cada edificação do LCS e são responsáveis por adquirir as informações oriundas dos sensores e repassá-las ao Xbee coordenador; já o dispositivo definido como roteador tem a função de repassar dados, aumentando o alcance da rede. O coordenador comanda a rede e fica conectado ao servidor através de um adaptador USB, sendo que é através dele que os dados são repassados ao servidor. A transmissão de dados pode ser feita diretamente de um ED para o coordenador, ou por intermédio de um roteador.

Todas as informações advindas dos sensores são transmitidas para o servidor, que dispõe também de um supervisor, permitindo aos usuários o acompanhamento do monitoramento e automação do sistema em tempo real.

3.2. Supervisor em Java

Com a intenção de facilitar a visualização do processo de sensoriamento e o aprendizado por parte do usuário, criou-se um ambiente gráfico, formatado como um supervisor simples e didático, 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 o 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. A finalidade do ambiente criado é monitorar os parâmetros das edificações do LCS e das placas de circuitos interconectadas e alertar o usuário caso ocorra algum problema.

O supervisório foi desenvolvido com três ambientes: o primeiro monitora a temperatura, a luminosidade e a umidade das edificações e expõe graficamente esses dados ao usuário, (Figura 2); o segundo monitora o sistema de geração de energia através das placas fotovoltaicas (Figura 3) e o terceiro mostra a disposição dos dispositivos transceptores na rede Xbee (Figura 1), contendo seus principais parâmetros, como temperatura e o estado da bateria de cada elemento. O sistema supervisório possui ainda funções de segurança e monitoramento, avisando caso algum parâmetro esteja fora da faixa de valores padrão.

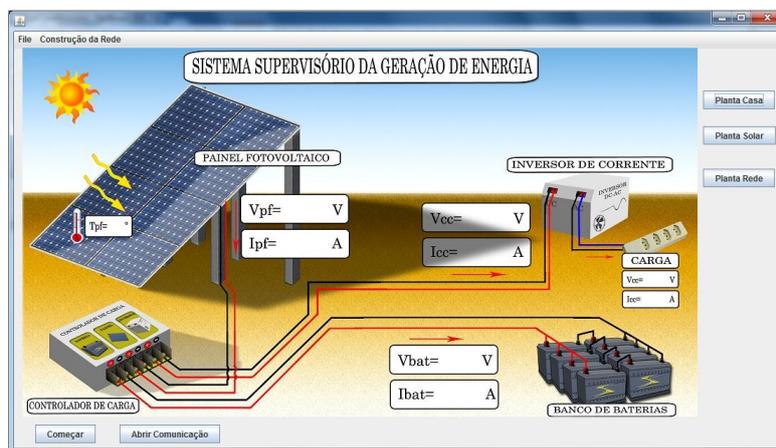


Figura 2 – Sistema supervisório de geração de energia



Figura 3 – Sistema supervisório de geração de energia



3.3. PHP

O PHP ("*Hypertext Preprocessor*") é uma linguagem de programação de código aberto, criada especialmente para aplicações em rede. É interpretada em um servidor Web, possibilitando a manipulação da linguagem que compõem os websites, o HTML.

A linguagem possui algoritmos simples, oferece muitos recursos ao programador e é vantajosa haja vista que qualquer dispositivo que possua um navegador de Internet pode usufruir de seu conteúdo. Uma de suas maiores vantagens é o fato de ser também uma linguagem de código aberto, o que garante uma infinidade de fontes de pesquisas na Web e facilita a manutenção do sistema, ampliando as possibilidades para alterações. Essa decisão teve o objetivo de manter os atuais projetos e motivar a criação de novos, fortalecendo o espaço de pesquisa, educação e extensão multidisciplinar.

A interface em PHP foi desenvolvida para usuários distintos: o administrador e o usuário comum. A versão para o usuário comum consiste em um questionário, disponibilizado em *Tablets*, permitindo que os visitantes opinem sobre o conforto do ambiente, considerando os fatores umidade, temperatura e luminosidade. O objetivo é corroborar a eficiência ou ineficiência de algumas técnicas arquitetônicas através da opinião do usuário. As respostas são armazenadas num banco de dados do servidor e serão utilizadas em estudos futuros.

A versão para o administrador será utilizada para cadastrar os visitantes do LCS e manipular o banco de dados. Pode-se ainda acessar os gráficos que representam as estatísticas relativas às respostas recolhidas dos visitantes (Figura 4).

Figura 4 – Sistema de coleta de dados dos visitantes do LCS

3.4. Estudo da implementação do sistema fotovoltaico

O estudo para a implementação de um sistema de geração de energia a partir de fontes renováveis no LCS foi iniciado com a análise de dados meteorológicos da região provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Na avaliação dos recursos solares, obteve-se o índice de radiação solar médio por dia na região, o que permitiu calcular o valor acumulado de energia solar ao longo de um dia, através do número de horas de Sol Pleno (SP). Os resultados desse cálculo mostraram que, com o uso dos equipamentos corretos, é viável a



utilização de painéis fotovoltaicos apenas para complementar o fornecimento de energia elétrica para o LCS.

Será dimensionado o sistema de geração de energia solar de acordo com o avanço do projeto elétrico, que será instalado como protótipo, e disponibilizado aos visitantes do LCS para que os estudantes da área de Engenharia possam entrar em contato com a prática dos conceitos aprendidos em sala de aula.

4. RESULTADOS

Inicialmente, há que se destacar o excelente trabalho técnico desenvolvido pela equipe, haja vista o sistema desenvolvido, ainda em versão experimental - o LCS ainda está em fase de projeto executivo - operando plenamente, com todos os módulos integrados, de acordo com a concepção desejada e conforme planejado (VALENTE et al., 2012). Quando analisado sob a ótica qualitativa, especialmente os impactos esperados sobre os estudantes de graduação da Engenharia Elétrica, avaliados no tocante aos impactos esperados em sua formação - competências transversais, visão holística, conhecimentos técnicos - os resultados mostram-se ainda mais interessantes. A avaliação do impacto ocorreu na forma de questionários de auto avaliação e processos de reflexão em grupo, de forma conjunta com o professor tutor, onde os estudantes julgaram os ganhos conseguidos com a execução do projeto, de acordo com os impactos selecionados, e com eles discutidos, constantes da seção "2. Metodologia". Sabe-se que questionários e procedimentos de auto avaliação nem sempre podem ser considerados resultados definitivos, pois os avaliados podem, por vezes, julgar "o que acham que aprenderam" e não realmente o resultado real obtido. Apesar deste aspecto, os questionários de auto avaliação podem dar uma visão geral dos ganhos ocorridos no processo, na falta de outros procedimentos disponíveis para utilização.

Com respeito ao item "Aquisição de novos conhecimentos técnicos ligados à formação em engenharia", os alunos colocaram que foi necessário "pesquisar tecnologias que suprissem os [...] objetivos, agregaram maior conhecimento tecnológico, definiram o que seria usado no projeto e conheceram a fundo a tecnologia com a qual decidiram trabalhar"; que foi possível o "contato com o que existe de mais moderno na área de automação residencial" e que o projeto "proporcionou grande aquisição de conhecimentos técnicos por ser bastante prático", sendo "necessário buscar ferramentas com as quais seria possível atingir os objetivos, o que proporcionou o aprendizado de novas técnicas e o contato com novas tecnologias". No item "Visão sobre o trabalho do engenheiro e sua responsabilidade social" foi colocado, pelos alunos, que "o professor deve entender que o mundo não é o mesmo de sua época de faculdade e deve lembrar que já não basta apenas o conhecimento técnico aos alunos; como especialista técnico ou na área empresarial, deve ser consciente de que conciliar economia com bem estar social e ambiental é uma forma de garantir que seus filhos e netos tenham condições de sobrevivência nesse planeta; todos esses aspectos foram muito bem trabalhados no projeto"; destacaram que, "por ser um projeto que terá grande contato com o público, foi possível solucionar problemas ímpares, como o acesso dos cadeirantes"; foi ainda colocado que o projeto "representa uma implementação concreta deste conceito [de sustentabilidade]."

Já no quesito "Percepção sobre o trabalho em equipe (incluindo as equipes externas)", os alunos destacaram possibilidade real de trabalhar com "divisão de tarefas, o entendimento e a compreensão de que o trabalho que não está em suas mãos pode não ser feito dentro do prazo [...] mas, em equipe, pode-se resolver o problema e esse é o ponto mais importante: superar as dificuldades; como ponto positivo do trabalho com as equipes, tem-se o aprendizado de áreas



diferentes (arquitetura, engenharia civil) e a interação entre elas"; colocaram ainda que o "aprendizado se torna mútuo, mais atraente" e que "tanto no grupo da Elétrica quanto junto aos outros grupos, o trabalho em equipe foi necessário para solucionar os problemas", destacaram, adicionalmente, os "pontos a serem levados em conta para bom trabalho em equipe: comunicação, responsabilidade e dedicação".

É interessante observar que os alunos puderam já sentir as deficiências e lacunas em sua formação como engenheiros; ao comentar sobre os "Aspectos deficientes detectados em sua formação", colocaram que "pontos importantes não são aprendidos em sala de aula, como o conhecimento técnico e sua aplicação prática, pois os estudantes têm pouco contato com a parte prática de sua profissão". Chama a atenção o fato da percepção, pelos estudantes, da necessidade de se adotar uma postura indutiva para o processo de aprendizagem, em oposição ao dedutivo, que é a postura padrão empregada nos cursos de formação. Essa percepção fica evidente em observações como "[...] primeiro tínhamos o problema, depois procuramos a teoria que auxiliaria em sua resolução. Essa forma se aproxima melhor da vida real: numa empresa, ou numa pesquisa, inicialmente temos um problema, após, buscamos uma solução. Na sala de aula nos é apresentado a teoria primeiro e, depois, sua aplicação", que o aprendizado deve ocorrer "de acordo com a necessidade do projeto" e que a participação no projeto fez surgir "situações, como a construção de relatórios de atividades, as quais exigiram habilidades que não são vistas dentro de sala de aula, mas que são de extrema importância para um profissional da área".

Há que se registrar, finalmente, a compreensão conseguida da importância das competências transversais no perfil do engenheiro (liderança, comunicação, trabalho em equipe, solução de conflitos, gestão de projetos, conhecimento multidisciplinar). Nas avaliações efetuadas, os alunos colocaram que "foi possível aprender a lidar com isso, exercer o senso de liderança e de submissão, quando necessário; aprender a expressar suas idéias, opinar sobre o trabalho de outras pessoas e apresentar seu próprio trabalho, foram atitudes que trabalharam nossa capacidade de comunicação"; destacaram ainda que as competências "são aspectos necessários em todos os profissionais com papel de liderança [...] Nesse projeto, tivemos que exercitar essas competências, principalmente pela grande equipe e pela divisão de tarefas", sendo ainda "necessário aprender a lidar com as diferentes visões sobre o projeto e saber conciliá-las"; "ser flexível e compreensivo são características extremamente imprescindíveis para trabalhar em grupo".

Essas avaliações, efetuadas pelos alunos, ao final do projeto, evidenciam que é possível buscar alternativas para construção de um perfil profissional diferenciado, ainda que de forma alternativa aos procedimentos curriculares convencionais. A visão adquirida pelos alunos da importância de se trabalhar outros aspectos na formação, adicionalmente ao conteúdo técnico, enfatizando uma visão social ampla, deixa claro que os próprios alunos já vivenciam esta realidade e se mostram dispostos a buscar uma formação diferenciada, mais adequada às demandas sociais da atualidade.

Agradecimentos

Ao Programa de Educação Tutorial - PET/MEC da Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, que possibilitou a execução do projeto, à Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais - Fapemig, ao Grupo de Estudos de Edificações Sustentáveis – GEES, ao Laboratório de Pesquisa em Conforto Ambiental e Sustentabilidade – ECOS, do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFJF.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOSS, S; KRAUS, J. Reinventing Project-Based Learning: Your Field Guide do Real-world Projects in the Digital Age. International Society for Technology in Education. ISTE. Washington. 2007.
- DESHA, C. J. K; HARGROVES, K. C.; SMITH, M. H.; STASINOPOULOS, P. The Importance of Sustainability in Engineering Education: a Toolkit of Information and Teaching Material, **Engineering Training & Learning Conference**, 12-13 September, 2007
- DORMIDO, S. B. Control Learning: Present and Future. 15th Triennial IFAC World Congress. Barcelona, Spain - 2002.
- FELDER, R. M. Does Engineering Education Have Anything to Do with Either One? Toward a Systems Approach to Training Engineers THE R. J. REYNOLDS INDUSTRIES, INC. AWARD DISTINGUISHED LECTURE SERIES, North Carolina State University, October, 1982
- FELDER, R. M.; BRENT, R. Designing and Teaching Courses do Satisfy the ABET Engineering Criteria, **Journal of Engineering Education**, 92(1), pag. 7-25, 2003
- FELDER, R. M. Engineering Education in 2015 (or Sooner) **Proceedings of the 2005 Regional Conference on Engineering Education**, December 12-13, Johor, Malaysia, 2005.
- MACHADO, F. M. C; PEREIRA, D. M. V; BAZZO, W. A; PEREIRA, L. T. V. Sustentabilidade: o que as engenharias têm a ver com isso? COBENGE, 2010, Fortaleza - CE.
- MCDONALD, B. Improving Teaching and Learning Through Assessment: a Problem-Based Learning Approach. Common Ground Publishing, Sidney, 2010.
- MEC/CNE/CES, Resolução CNE/CES 11. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **DOU**, Brasília, 9 de abril de 2002, seção 1, p. 32.
- MURRAY, Janet H. Hamlet no Holodeck. São Paulo: Editora UNESP, 2003. N. P. Kuri , G. N. P. Kuri , G. G. MANZATO, and A. N. R. SILVA, “Aprendizado baseado em problemas em uma plataforma de ensino a distância: uma aplicação do COL na EESC-USP,” Revista Minerva, vol.4, pp27-39, 2007.
- NOORDIN, M. K.; NASIR, A. N.; ALI, D. F.; NORDIN, M. S. Problem-Based Learning (PBL) and Project-Based Learning (PjBL) in engineering education: a comparison. **Proceedings of the IETEC’11 Conference**, Kuala Lumpur, Malaysia, 2011.
- HMELO-SILVER, C.E. (2004). Problem-Based Learning: What and how do students learn?. *Educational Psychology Review*, 16.
- G. MANZATO, and A. N. R. SILVA, “Aprendizado baseado em problemas em uma plataforma de ensino a distância: uma aplicação do COL na EESC-USP,”
- HAGER, P. Revista Minerva, vol.4, pp27-39, 2007.
- HOLLAND S. Graduate Attributes, Learning and Employability. Springer, Dordrecht, 2006.
- IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee. <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>.
- IEEE – Institute of Electrical and Eletronics Engineers. <http://www.ieee.org/index.html>.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. <http://www.inmet.gov.br/>.
- JAVA – Java. Disponível em:
< http://www.java.com/pt_BR/ > Acesso em: 12 set. 2011.
- LETÍCIA ZAMBRANO. 2012, Sustainable HomeLab: Exhibition space and experimental lab for education and research on sustainable living environments. LCS, (Laboratório Casa Sustentável, in Portuguese).São Paulo, SASBE2012.
- PHP - Hypertext Preprocessor. Disponível em:
<<http://www.php.net>> Acesso em: 12 out. 2011.



- RUGARCIA, A.; FELDER, R. M.; WOODS, D. R., STICE, J. E. The Future Of Engineering Education I. A Vision For A New Century. **Chem. Engr. Education**, 34(1), 16–25, 2000.
- SILVEIRA, M. A. A. Formação do Engenheiro Inovador: uma visão internacional. Sistema Maxwell, PUC, Rio de Janeiro, 2005.
- THE ENGINEER OF 2020: Visions of Engineering in the New Century National Academy of Engineering. National Academies Press, 2004. Disponível em <http://www.nap.edu/catalog/10999.html>. Acesso em 22 jan. 2011.
- THOMPSON, G. "Status and Prospects of Sustainable Engineering Education in Some American Universities Engineering Education in Sustainable Development", Delft University of Technology, Netherlands, October 2002
- TORRES, A. R. Los Valores y las Valoraciones en la Educación. Editorial Trillas, México, D.F. 199
- VALENTE ,H.B.; GOMES, F.J.; OLIVEIRA, G.F.; CONCEICAO, L.R.; TEIXEIRA, M.; CYRILLO, Y.M; 2012, *Sustainable homelab: automation, data monitoring, alternative energy and education on efficient sustainable living environments*. São Paulo, SASBE 2012.
- WIFI ALLIANCE. Wifi Alliance. Disponível em:
<<http://www.wi-fi.org>> Acesso em: 13 nov. 2011.
- XBEE. Digi – Your M2M Solutions Expert. Disponível em:
< <http://www.digi.com/xbee/>> Acesso em: 1 nov. 2011.

COMPLEMENTING ENGINEERING EDUCATION WITH PjBL: A PROPOSAL FOR A SUSTAINABLE BUILDING

Abstract: *The current profile of a professional engineer requires a more comprehensive and multidisciplinary training than the essentially technical training decades ago. The engineer has a fundamental influence in areas that are in constant process of transformation, as the social, environmental and economic and, as agents of these changes, they must develop skills with bases on ethics and sustainability to cope with these changes wisely. The following paper presents an alternative supplementary education for people to work in directions that modern society demands. We applied the "Project Based Learning - PjBL" strategy in an extension project involving issues related to sustainability. The project was proposed by the course of Architecture of UFJF and aims to build the Sustainable Laboratory House - LCS, an integrated applicable space for teaching, research and extension, trans-disciplinary architecture and engineering, focused on the sustainability of construction. The students of Electrical Engineering designed a system of photovoltaic power generation for complementary demand of LCS, a monitoring system, in real-time, of parameters associated with the thermal comfort of buildings and a system of collect and analysis of impressions of visitors about the thermal comfort of buildings. The systems mentioned are based on the "Free Open Source Software - FOSS" platform, compound by computational environments developed in JAVA and PHP ® and the technologies of data transmission Zigbee ® and Wi-Fi.*

Key-words: *Active Learning, PjBL, Sustainability, Professional Profile*