



DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA OPEN HARDWARE PARA ESTUDO DE UM CARREGADOR SOLAR

Laís Abrantes Vitoi – lais.vitoi@engenharia.ufjf.br
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Faculdade de Engenharia
Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Campus Universitário
36036-900 – Juiz de Fora – MG

Diego Albuquerque Carvalho – diego.carvalho@engenharia.ufjf.br
Mirele Luise Kollarz – mirele.kollarz@engenharia.ufjf.br
Yasmin Monteiro Cyrillo – yasmin.cyrillo@engenharia.ufjf.br
Francisco José Gomes – chico.gomes@ufjf.edu.br

***Resumo:** Os hardwares abertos atualmente estão em vertiginoso crescimento devido a características como colaboração entre os desenvolvedores, rápido crescimento tecnológico e baixo custo. Apoiando-se nisto, o artigo propõe o projeto de um carregador de celular alimentado por energia solar, onde todo o conhecimento e técnica necessária para sua implementação será disponibilizada a todos, ou seja, um open hardware. O artigo apresenta todo o estudo do carregador, desde a escolha da placa solar e bateria, até o circuito necessário para a conexão com o celular. Além de ser um open hardware, o que implica que qualquer pessoa pode aprender sozinho como implementá-lo, propõe-se utilizar o projeto como parte de uma disciplina da grade de engenharia elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora, onde os alunos deverão construir um carregador e, assim, além de adquirir habilidades técnicas, desenvolverão habilidades transversais como capacidade de trabalhar em grupo e executar projetos sob demanda.*

***Palavras-chave:** Educação em engenharia, Hardware aberto, Carregador solar, PjBL,*

1. INTRODUÇÃO

Pode-se afirmar, sem sombra de dúvida, que a informação constitui um dos aspectos mais destacados da atual sociedade, não só por sua importância econômica vital na valoração de produtos e processos, mas também pela vasta disponibilidade e facilidade de acesso - literalmente, na ponta de nossos dedos. A ampla disponibilidade de artefatos eletrônicos, que possibilitam o acesso às redes sociais, sites, blogs, bancos de dados, portais diferenciados e compartilhamento da informação possibilita que, de forma imediata, qualquer pessoa busque por dados e conhecimentos acumulados que possibilitam não só resolver problemas e tarefas complexas, mas proporcionam também entretenimento, inspiração e mesmo, em muitos casos, confusão. A Web consolidou-se - e fortalece-se continuamente - como um espaço de



acumulação do conhecimento humano, abundante e livre, de forma nunca anteriormente imaginada na história humana.

Esta situação impacta, de forma direta, as concepções tradicionais praticadas na educação, envolvendo as visões sobre a relação ensino-aprendizagem, posturas metodológicas e procedimentos pedagógicos. As posturas e visões utilizadas em cursos *on-line*, seguramente, devem apresentar aspectos e estruturas distintas dos mesmos cursos, se ministrados de forma presencial (ARBAUGH, 2001). Os conteúdos disponibilizados para cursos e aprendizagem *online*, nos mais diversos formatos, estão se expandindo de forma explosiva, contemplando praticamente todas as áreas do conhecimento. Esta simples disponibilização de conteúdos, contudo, não é suficiente para caracterizar um curso ou mesmo um processo educacional; se, por um lado, pode-se afirmar, com segurança, que o simples acesso à informação não resulta em construção do conhecimento, há que se reconhecer, por outro, que esta nova situação coloca questionamentos na forma tradicional de educação e desafios de como incorporá-la aos métodos educacionais atuais. Adicionalmente, podem ser listadas oportunidades colocadas por esta nova situação de utilização dos conteúdos *online* para o processo educacional (WATWOOD, 2009):

- Os materiais disponibilizados na Web estão criando oportunidades de aprendizagem sem precedentes, em escala global;
- As ferramentas e recursos para suporte à exploração *online* de uma variedade extensa de conteúdos e recursos encontram-se totalmente disponíveis;
- Oportunidades informais de aprendizagem na Web, organizadas como "cursos", tornam-se cada vez mais abundantes;
- A disponibilidade de conteúdos na Web não exclui, em nenhuma hipótese, a necessidade de procedimentos de qualidade do ensino.

Neste contexto de conteúdos de aprendizagem abertos, acessíveis e abundantes na Web, torna-se claro que o ensino *online* não contempla somente os projetos de conteúdos de curso e a busca de uma aprendizagem de alta qualidade, mas envolve, cada vez mais, um novo cenário de construção do conhecimento, com procedimentos que facilitem a aprendizagem, a interação e o envolvimento dos alunos (WATWOOD, 2009).

Uma nova postura que pode ser destacada, neste contexto, são os projetos abertos, de software ou hardware, que se desenvolvem de maneira rápida, associada à existência de organizações que incentivam essa disseminação do conhecimento. As iniciativas associadas ao FOSS ("*Free and Open Source Software*") são bem conhecidas, datando do início da década de 80. A expressão refere-se a um software que é duplamente livre e de código aberto, sendo livremente licenciado para conceder a usuários o direito de uso, cópia, estudo, mudança e melhoria em seu design através da disponibilidade de seu código fonte. Esta abordagem tem ganhado espaço e aceitação, haja vista que sistemas como Linux e Java são sistemas FOSS, com benefícios potenciais crescentemente reconhecidos por indivíduos e corporações.



"Apoiamo-nos nos ombros uns dos outros, em vez de pisar no pé". Esta citação foi feita por Dennis Allison, fundador do movimento do software baseado em padrão aberto, no *release* do Tiny BASIC em 1975. A ideia do software aberto ou livre é uma das maiores histórias de sucesso, segundo IBM, 2010. Hoje em dia é o hardware aberto que está ganhando espaço; são diversas iniciativas que apresentaram resultados até mais que satisfatórios.

"Quando o software for grátis ou tão barato que é mais fácil pagar do que duplicar, ele não será roubado". Esta citação de Jim Warren, editor chefe do Dr. Dobb's Journal, de 1976, se refere ao software, mas rege também o comportamento do mercado para hardware livre, que atualmente passa pelas mesmas dificuldades enfrentadas pelo anterior. Diversas empresas já têm como negócio o hardware aberto: Seeed Studio, Bug Labs, CircuitCo, Sparkfun, enquanto outras usam tal conceito para crescer ainda mais, como a IBM e o Facebook.

Limor Fried, fundadora da Adafruit, discorreu sobre a experiência de abrir uma empresa de design de hardware aberto na primeira cúpula do *Open Source Hardware*, em 2010. Ela identificou três fortes razões para a abertura do hardware: participar de uma comunidade de pessoas com ideias semelhantes, tanto pares quanto pessoas a quem podemos ambicionar; criar algo que seja significativo, e não efêmero: "aquilo que fazemos durará mais do que nós"; e talvez o mais importante: ser um engenheiro melhor. (IBM, 2010)

Em abril de 2011, o Facebook iniciou o *Open Compute Project*, cujo objetivo é fomentar o crescimento de uma comunidade mundial de engenheiros para projetar e viabilizar hardwares para servidores mais eficientes. O *Open Compute Project Foundation* disponibiliza uma estrutura na qual indivíduos e organizações podem compartilhar conhecimento em projetos do tipo *Open Compute*. (OPEN COMPUTE PROJECT, 2014) Iniciativas desse tipo permitiram ao Facebook economizar mais de 3 bilhões de dólares nos últimos 3 anos, além de enorme economia de energia. (ESTADÃO, 2014)

Vale destacar também a *Open Source Hardware Association* (OSHW), organização que zela pelas boas práticas de desenvolvedores de hardwares abertos, reconhecidas mundialmente e gerenciadas pela organização não governamental *Creative Commons*. A OSHWA busca garantir a acessibilidade ao conhecimento tecnológico e encorajar o desenvolvimento colaborativo da tecnologia, a serviço da educação, além de um ambiente sustentável e do bem estar social (OSHWA, 2014).

Mesmo no Brasil já é possível encontrar projetos nesta linha. Em São Paulo, em agosto de 2010, foi inaugurado o projeto Garoa Hacker Clube, espaço comunitário, aberto e colaborativo, que disponibiliza infraestrutura para eventos e projetos em diversas áreas, como eletrônica, software, robótica, segurança, espaço-modelismo, biologia, culinária, audiovisual e artes - ou o que a criatividade permitir - fomentando troca de conhecimentos e compartilhamento de idéias. O Garoa é gratuito, independente de empresas e governos, sendo mantido pelos associados e frequentadores. (GAROA HACKER CLUBE, 2014)

Considerando esta nova situação, o artigo apresenta uma proposta de um projeto de hardware aberto, com objetivos educacionais, cujo elemento central é a construção de um



carregador portátil para baterias dos novos *smartphones* utilizando energia fotovoltaica. O projeto foi idealizado buscando estabelecer novos procedimentos para a construção do conhecimento, utilizando os recursos da Web, em um processo de aprendizagem colaborativa, aberta e realizado com o objetivo de ter todo seu processo produtivo documentado e disponibilizado publicamente, como um hardware aberto. A proposta foi desenvolvida por estudantes de Engenharia Elétrica, membros do Programa de Educação Tutorial (PET-Elétrica), da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

A proposta consiste no desenvolvimento de um protótipo preliminar, adotando determinadas diretrizes de projeto e cálculo, que serão disponibilizadas na Web, com funcionalidades que permitam aos demais alunos o acesso, análise e modificação do modelo desenvolvido. O projeto apresenta um problema com características motivadoras para os estudantes, envolvendo questões técnicas com soluções abertas, o que permite introdução de re-projeto, alterações e/ou melhorias, dependendo do enfoque adotado pelos interessados.

Tecnicamente, o carregador foi idealizado para prover carga para baterias dos novos *smartphones*, que agregam às características de um celular comum - fazer e receber ligações-, funções como receber e-mails, organizar compromissos, editar documentos via aplicativos, entre outros. O excesso de funções penaliza a bateria, que, na média, tem curta duração se comparada aos antigos celulares. Atualmente, ao sair de casa, o carregador do *smartphone* é um item tão importante quanto o próprio *smartphone* ou a carteira. O grande problema ocorre quando sua reserva de bateria se esgota em local que não possui acesso à rede elétrica, sugerindo a necessidade de um carregador independente, baseado em outra fonte energética.

A realização do projeto envolve conceitos técnicos como a conversão fotovoltaica, conversores CC/CC, utilizado para controle de fluxo de potência, e baterias para armazenamento energético. O projeto, sendo um hardware aberto, tem por objetivo disseminar conteúdos importantes para estudantes de áreas afins e motivá-los a participar do empreendimento. Como abordado anteriormente, o carregador reúne conhecimentos nas áreas de energia alternativa, com o uso de módulo fotovoltaico; eletrônica de potência, com aplicação de conversores CC/CC, e estudo sobre baterias. Por suas características, permitirá que os participantes não só aprimorem estes conteúdos técnicos de sua formação, mas também desenvolvam e/ou reforcem competências integrantes do perfil profissional tais como criatividade, solução de problemas, pensamento crítico, aprendizado interdependente e capacidade de avaliação. O projeto tem como proposta ser utilizado na disciplina de Sistemas Fotovoltaicos, do curso de Engenharia Elétrica da UFJF.

Motivados pelas ideias expostas, decidiu-se tornar o objeto deste artigo um hardware aberto. Para alcançar tal objetivo, primeiro será desenvolvido um site que proverá todo o material necessário para se replicar um carregador solar. Serão disponibilizados esquemáticos dos circuitos utilizados, tutoriais, resumo de toda a teoria necessária para a construção deste carregador e um vídeo da equipe que desenvolveu este projeto, montando o carregador. O material será disponibilizado on-line, como uma forma de atingir a maior gama de

interessados possível. O projeto incentiva o compartilhamento de conhecimento e será aberto para sugestões e melhorias através deste site, o que ajudará aos interessados em montar o próprio carregador e fará o projeto crescer e se desenvolver.

O artigo será estruturado da seguinte forma: a seção 2 explica o funcionamento do módulo, discorrendo sobre todos os componentes presentes; a seção 3 apresenta as possíveis aplicações para este projeto, ressaltando suas principais vantagens e desvantagens; e, por fim, na seção 4 está presente a conclusão.

2. O PROJETO

2.1. Visão geral

Sua ideia básica é utilizar uma placa solar como fonte energética para carregamento da bateria de um *smartphone*. O primeiro aspecto interessante a ser observado é que não é possível realizar esta ligação diretamente, sendo necessário o desenvolvimento de um circuito de acoplamento (Figura 1).



Figura 1 - Esquemático do projeto

É necessário a utilização de uma bateria auxiliar para armazenar a energia proveniente do painel solar, pois este, apesar de fornecer corrente praticamente constante, tem grandes variações em sua tensão. O nível de tensão e o fluxo de potência fornecidos pela bateria auxiliar, contudo, não são compatíveis com a bateria do celular, o que exige o desenvolvimento de um conversor CC/CC que possibilite a interface apropriada, além de isolar eletricamente o circuito. Para a conexão será utilizado o padrão USB que constitui, atualmente, o padrão de conexão para alimentar qualquer *smartphone*.

Será apresentado, a seguir, cada parte do circuito de forma mais detalhada, explicando o porquê da escolha de cada elemento, as complexidades tecnológicas associadas, que possibilitam sua caracterização como problema aberto, e suas vantagens e desvantagens.

2.2. Painel Solar

Um painel solar é uma composição de células solares, constituídas por material semicondutor, geralmente cristal de silício dopado, sendo uma parte do tipo P, com característica de carga positiva, e outra do tipo N, com carga negativa.

A junção dos dois materiais forma uma barreira potencial (junção PN) que produz uma tensão de cerca de 0,5V no monocristal de Silício, com saída em corrente contínua. Essa



corrente de saída é diretamente proporcional à quantidade de luz incidente e à área da célula e inversamente proporcional ao aumento de temperatura da placa. (HINRICHS, KLEINBACH e REIS, 2011).

Parte da luz incidente sobre uma célula solar é perdida antes que possa ser convertida em energia elétrica. Enquanto eficiências de conversão podem chegar a 30%, as eficiências típicas de células solares variam de 10% a 15%, dependendo do material da célula. (HINRICHS, KLEINBACH e REIS, 2011). Um painel fotovoltaico é composto por células solares associadas em série e/ou em paralelo, com o objetivo de aumentar a capacidade de tensão ou de corrente, respectivamente.

O painel será conectado diretamente a uma bateria, portanto, recomenda-se o uso de um diodo de bloqueio conectado em série com o terminal positivo do painel, para impedir a entrada de correntes reversas no módulo.

2.3. Bateria

A concepção do projeto prevê o uso de duas baterias no circuito: a primeira é conectada diretamente ao painel solar e, por isso, deve ter características compatíveis com o processo de carga fornecido pelo painel; a segunda é a bateria *do smartphone*, cujo processo de carregamento deve ser claramente compreendido para que possa ser efetuado de forma eficiente e sem comprometimento da bateria. Para isto, tornou-se necessário realizar uma análise das baterias de Níquel (Ni) e Lítio (Li), com suas vantagens e desvantagens.

2.3.1. As baterias de Níquel

No campo dos *smartphones*, este tipo de bateria perdeu espaço para as baterias com base de Lítio. As baterias de Níquel, no entanto, possuem características importantes que podem auxiliar na escolha da primeira bateria do circuito, como será mostrado a seguir.

Baterias de Níquel têm a possibilidade de serem carregadas com tensões pulsantes, o que, além de benéfico para sua própria estrutura química, é uma característica relevante para a bateria acoplada ao painel solar, uma vez que este possui variações significativas na tensão de acordo com a mudança contínua da insolação durante o dia (BUCHMANN). Esse tipo de bateria apresenta carga controlada pela corrente, mas a tensão pode flutuar livremente. Tal método funciona de forma eficiente na finalização de cargas curtas (cargas de pequena duração), porém exige algumas proteções como, por exemplo, o controle da temperatura para que ela fique em níveis seguros. (BATTERY UNIVERSITY)

De acordo com o apresentado, a bateria de Níquel é a mais indicada para a aplicação com painéis solares.

2.3.2. As baterias de Lítio

As baterias de Lítio possuem controle de carga baseado em controle de tensão e, diferentemente da bateria anterior, não permite carregamento com flutuações, razão pela qual não pode ser acoplada diretamente ao painel solar. A bateria de Lítio, no entanto, é comumente utilizada em *smartphones*, principalmente por suas características de carregamento mais rápido, manutenção da carga por mais tempo, vida útil longa e operarem em tensões mais altas.

2.4. Conversor CC/CC

Reguladores lineares são transistores controlados por corrente que transformam o excesso de tensão em calor de forma a produzir uma saída estável. Este regulador é facilmente projetado e construído, além de apresentar baixo custo, mas sua principal desvantagem é que 50% a 65% de sua energia é desperdiçada em forma de calor (MARTY BROWN, 1990).

Uma fonte chaveada obedece a um princípio diferente: ocorre o chaveamento da fonte de alimentação entre os estados ligado e desligado, de forma contínua e rápida. Através do controle deste chaveamento é possível controlar o valor da saída, seja tensão ou corrente. Teoricamente, nenhuma energia é desperdiçada, porém, na prática, a eficiência é de aproximadamente 80% a 90%. Sua principal desvantagem comparada com os reguladores lineares é sua maior complexidade. (*POWER SUPPLY COOKBOOK*, MARTY BROWN, 2001).

O conversor Flyback apresenta como vantagens para esta aplicação fornecer a tensão de saída maior ou menor do que a de entrada e isolar a fonte da carga. Devido a sua simplicidade, versatilidade de controle e baixo custo, este conversor flyback foi escolhido para controlar a saída do carregador (Figura 2).

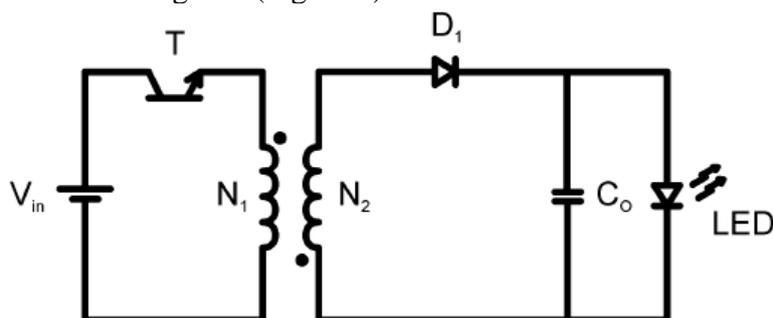


Figura 2 – Esquemático do conversor Flyback

Devido à característica da bateria é necessário realizar o controle da corrente de saída de forma a não prejudicá-la. Existem diversas formas de realizar este controle, uma alternativa simples é utilizar um resistor em série (resistor shunt) com a carga. Assim a corrente de saída pode ser controlada medindo-se a tensão sobre o resistor. (VAN DER BROECK, 2007). Porém como o conversor Flyback apresenta isolamento entre sua fonte e carga existe a necessidade de utilizar um optoacoplador para interligar os dois sinais e manter a isolação, solução esta adotada no projeto do carregador (Figura 3).

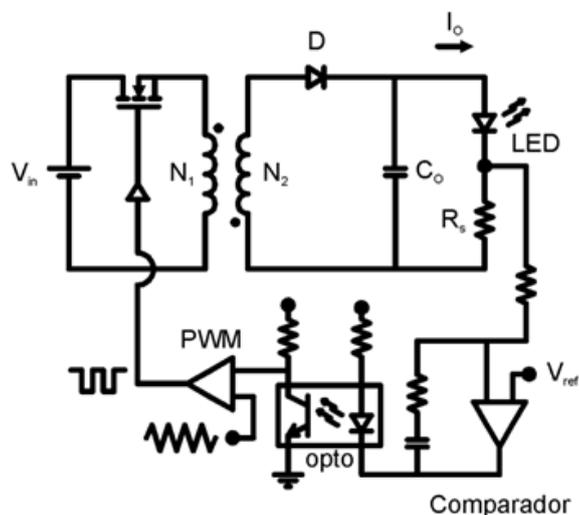


Figura 3 – Conversor Flyback com controle de corrente

2.5. Padrão USB

O USB (*Universal Serial Bus*) é um padrão industrial que define um protocolo de comunicação usado para conexões, comunicações e suprimento de energia para computadores e dispositivos eletrônicos. Foi desenvolvido para padronizar o uso de periféricos em computadores, permitindo suprimento de energia e comunicação de dados. (GARFINKEL) A primeira versão do USB, conhecida como USB 1.0, foi criada em janeiro de 1996, com uma taxa de transferência de dados de 1,5 Mbit/s no modo de baixa velocidade e 12 Mbit/s no modo de alta velocidade. A primeira versão largamente utilizada foi a USB 1.1, lançada em setembro de 1998. O USB 2.0 foi lançado em abril de 2000, aumentando a taxa máxima de sinalização. A evolução seguinte, chamada 3.0, trouxe variantes de baixa e alta potência, fornecendo 150 mA e 900 mA respectivamente. Além disso, desde 2010 há uma especificação de carga de bateria que permite aumentar a capacidade de potência, chegando a 1,5 A, porém, neste modo de alta corrente, não é possível realizar transmissão de dados simultaneamente. (COMPAQ, HEWLETT-PACKARD, INTEL, LUCENT, MICROSOFT, NEC, PHILIPS, 2014).

Ademais, em janeiro de 2013, uma nova versão de USB foi desenvolvida, o USB 3.1, que introduziu um modo de transferência mais rápido, chamado “SuperSpeed USB 10 Gbps”, que incrementa a taxa de sinalização para 10 Gbit/s, o dobro da USB 3.0.

No projeto do carregador solar, é necessário acoplar o circuito do celular com o painel solar. Logo, a possibilidade mais adequada é o padrão USB 3.0, já que os *smartphones* suportam este tipo de conexão, que permite a passagem de corrente suficiente para o circuito, tornando-o possível e fácil de manusear pelos usuários.



3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

É desejável que os estudantes de engenharia tenham um conhecimento científico, matemático, cultural e bem como a capacidade de entender os problemas de sua geração e encontrar soluções para os mesmos. (MINA,2013) Engenheiros devem utilizar como base a ciência e métodos analíticos para sistematizar seus problemas e apresentar soluções para eles. (KRUPCZAK, 2012- WOODSON, 1966) Para que o estudante adquira essas capacidades é necessária uma integração entre a teoria e a prática, e isto é a essência de um engenheiro.

Um exemplo para isto é quando o aluno está trabalhando com determinado elemento de um circuito, por exemplo, um indutor, medindo suas características terminais e o utilizando no circuito, o estudante está aprendendo uma série de equações que descrevem este elemento. Neste processo, o estudante comete erros e aprende através deles, e encontra outra forma de solucionar seu problema.

Pensar no problema, implementar, cometer erros e aprender através deles estão entre as partes mais importantes do aprendizado do aluno, pois o currículo do curso de engenharia necessita de experiências práticas que permitam ao aluno modelar, implementar, falhar e superar seus problemas. O objetivo deste artigo é propor procedimentos adicionais para o currículo de engenharia, utilizando as ferramentas da Web e os procedimentos colaborativos, com uma forma de aprendizado mais prática e efetiva.

Levando em conta que a engenharia é uma profissão prática, “hands-on” e, portanto, desde os primórdios da educação em engenharia, laboratórios didáticos têm constituído um dos fundamentos da graduação e, em muitos casos, da pós-graduação, pode-se afirmar que, anteriormente à ênfase na componente científica, a maior parte da formação do engenheiro ocorre nos laboratórios (FEISEL, 2005).

Sugere-se então, que o projeto do carregador solar seja proposto aos alunos de engenharia elétrica como projeto de uma disciplina. Os alunos devem realizar todos os passos na elaboração do projeto, modelagem, análise matemática, implementação e testes. Durante a realização do projeto os alunos irão utilizar conhecimentos previamente desenvolvidos em disciplinas, assim como adquirir novos conhecimentos nas áreas de energias renováveis, armazenamento de energia, conversores eletrônicos, gerenciamento de energia, entre outras.

Concomitante com os conteúdos técnicos que serão desenvolvidos, habilidades transversais também serão desenvolvidas nos alunos, que são tão importantes quanto as habilidades técnicas (PETERSON, 2002). Dentre estas habilidades transversais destacam-se: entender e utilizar modelos conceituais; coletar, analisar e interpretar dados; executar projetos sob demanda; aprender com falhas e erros; desenvolver a criatividade; comunicar, de forma oral e por escrito, os resultados e conclusões obtidos e trabalhar em equipe.

A estrutura de organização hierárquica de objetivos educacionais de Bloom (BRENT & FELDER, 2004) “A Taxonomia dos objetivos Educacionais” é dividida em seis níveis hierárquicos, que trabalham as seguintes ações:

1. Conhecimento (“*Knowledge*”) – repetir informações memorizadas
2. Compreensão (“*Comprehension*”) - parafrasear textos, explicar conceitos
3. Aplicação (“*Application*”) - aplicar material dos cursos para solucionar problemas diretos



4. Análise (“*Analysis*”)- solucionar problemas complexos, desenvolver modelos de processos e simulações, localizar e solucionar problemas em equipamentos e sistemas
5. Síntese (“*Synthesis*”) – projetar experimentos, equipamentos, processos e produtos
6. Avaliação (“*Evaluation*”) – escolher entre alternativas e justificar a escolha, otimizar processos, efetuar julgamentos sobre os impactos ambientais das decisões de engenharia, resolver dilemas éticos.

Nesta taxonomia, os níveis 1–3 são conhecidos, normalmente, como habilidades de baixo nível (“*lower-level skills*”) e os níveis 4–6 como habilidades de alto nível (“*higher-level skills*”). Constata-se que enquanto a maior parte dos cursos de graduação em engenharia trabalha com foco nas habilidades até o nível 3, as demandas atuais para o perfil profissional dos engenheiros colocam a necessidade de se trabalhar nas habilidades 4-6 (RUGARCIA, 2000).

Diante desta situação o projeto do carregador solar busca desenvolver nos estudantes as habilidades não apenas dos níveis de 1-3, mas também de 4-6. Durante a elaboração do projeto do carregador solar os graduandos devem pesquisar, estudar e buscar os conhecimentos necessários para a melhor elaboração do projeto.

Ademais, observa-se que o projeto, além de uma proposta para aprimoramento da educação em engenharia, com o desenvolvimento de réplicas dos carregadores solares em uma disciplina do curso de Engenharia Elétrica - Habilitação em Energia da UFJF, prevê uma análise de toda a teoria envolvida, sua implementação e em seguida sua disponibilização e estruturação como hardware aberto. Desta forma, o objetivo principal do projeto é ajudar na formação dos profissionais em engenharia e promover a disseminação do conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Educação Tutorial - PET/MEC e à Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais – Fapemig pelo suporte oferecido ao desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARBAUGH, J. B. How instructor immediacy behaviors affect student satisfaction and learning in web-based courses. *Business Communication Quarterly*. 64(4), pp. 42-54, 2001.

BATTERY UNIVERSITY. **When was the battery invented**. Disponível em: <http://batteryuniversity.com/learn/article/when_was_the_battery_invented> Acesso em 02 jun 2014.

BRENT, R.; FELDER, R. M. The ABC’s of Engineering Education: ABET, Bloom’s Taxonomy, Cooperative Learning, and so on Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference, 2004.

BROWN, M. Practical switching power supply design, Academic Press, p17, 1990



BROWN, M. Power Supply Cookbook, EDN Series for Design Engineers , 2001

BUCHMANN, Isidor. Batteries in a Portable World - A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers. 3. ed. 2011

COMPAQ, HEWLETT-PACKARD, INTEL, LUCENT, MICROSOFT, NEC, PHILIPS. **Universal Serial Bus Specification.** Disponível em <http://sdphca.ucsd.edu/Lab_Equip_Manuals/usb_20.pdf> Acesso em: 30 mai 2014.

ESTADÃO. **Você sabe o que é hardware aberto?**. Disponível em: <<http://blogs.estadao.com.br/codigo-aberto/tag/hardware-livre/>>. Acesso em: 24 mai 2014.

FEISEL, L. D. & ROSA A. J., The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education, Journal of Engineering Education, January, p. 121-130, 2005

GARFINKEL, Simson L. **USB deserves more support.** Disponível em: <http://simson.net/clips/1999/99.Globe.05-20.USB_deserves_more_support+.shtml>

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L.B. Energia e meio ambiente. CENGAGE Learning, 4ª Ed., p. 445-459, 2011.

KRUPCZAK, J. ; BASSETT, G. Work in progress: Abstraction as a vector:Distinguishing engineering and science, Frontiers in Education Conference (FIE), 2012, pp. 1-2

MINA, M. Liberating engineering education: Engineering education and pragmatism *Frontiers in Education Conference, 2013 IEEE* , vol., no., pp.832,837, 23-26 Oct. 2013

OSHWA - Open Source Hardware Association. **About.** Disponível em: <<http://www.oshwa.org/about/>>. Acesso em 24/05/2014.

PETERSON, G. D & FEISEL, L. D., A Colloquy on Learning Objectives For Engineering Education Laboratories”, Proc.American Society for Engineering Education, Annual Conference&Exposition, 2002.

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, 2000.

VAN DER BROECK, H., SAÜERLANDER, G., WENDT, M. *Power driver topologies and control schemes for LEDs*, Applied Power Electronics Conference, p.1319-1325, 2007

WATWOOD, B.; NUGENT, J. AND DEIHL, W. Building from Content to Comunity: [Re] Thinking the Transition to Online Learning and Teaching, White Paper, *Center for Teaching Excellence Virginia Commonwealth University*, Grace E. Harris Hall 1015 Floyd Avenue, Suite 5116 Richmond, VA 23284-2015, Maio, 2009



WOODSON, T. T Introduction to Engineering Design. New York, McGraw Hill, 1966

DEVELOPMENT OF AN OPEN HARDWARE FOR STUDY OF A SOLAR CHARGER

Abstract: *Currently, open hardware have shown a significant increase due to features as collaboration between developers, fast technological growth and low cost. Based on this fact, this paper proposes the design of a smartphone charger supplied by solar energy which all knowledge and technique required to implement the charger will be available for everyone, ie, an open hardware. The paper presents the entire study of the charge, from the choice of the solar panel and battery, to the necessary circuit to connect to the smartphone. Besides being an open hardware, which implies that anyone can learn how to implement, it is proposed to use the project as part of a discipline on the course Electrical Engineering at Federal University of Juiz de Fora, where the students will build a charger, and so, acquire technical skills, and in addition, transversal skills such as ability to work in group and execute projects on demand.*

Key-words: *Engineering education, Open hardware, Solar charger, PjBL.*