METODOLOGIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM EM ENGENHARIA BASEADA EM PROJETOS DE CÉLULAS A COMBUSTÍVEL GUIADOS POR MAPAS CONCEITUAIS

Egberto Gomes Franco – egfranco@uol.com.br
Universidade Anhanguera – Unidade UNIABC
Av. Industrial, 3330
09080-511 – Santo André – São Paulo
Fabio Delatore – fabio.delatore@gmail.com
Universidade Anhanguera – Unidade UNIABC
Av. Industrial, 3330
CEP 09080-501 – Santo André – São Paulo

Resumo: *Este artigo aborda a necessidade de melhoria no processo de ensino aprendizagem nos cursos de engenharia, retornando às suas origens práticas. Utilizando-se um projeto de substituição de motores de combustão interna e de pilhas e baterias o aluno poderá revisitar os conceitos de sustentabilidade, termodinâmica, cinética, controle e automação em um ambiente multidisciplinar colaborativo. Neste contexto propõe-se a criação de mapas conceituais para orientar-nos na elaboração do curso e nas conexões dos conceitos pertinentes às células a combustível.*

Palavras-chave: *Processo de ensino aprendizagem, células a combustível, projetos, mapas conceituais*

1. INTRODUÇÃO

Com a evolução do ensino de engenharia, o processo de ensino aprendizagem foi se modificando e focando-se cada vez mais no ensino passivo, no qual o professor atua como transmissor e o aluno como receptor do conteúdo. Este processo de ensino e aprendizagem, baseado no discurso, torna-se menos eficiente que o processo baseado em práticas de engenharia.

O forte crescimento no número de cursos de engenharia, ocorrido nas últimas três décadas. Este forte crescimento deveria ser acompanhado de uma evolução no processo de ensino aprendizagem. As abordagens de ensino aprendizagem ativas mostram-se mais eficazes na formação integral do engenheiro. (VILLAS-BOAS, V., 2011).

Em diversos trabalhos e fóruns o papel do ensino de engenharia vem sendo discutido e alguns trabalhos evidenciam que a participação ativa do aluno aliada a um projeto tecnológico facilitam a absorção do conhecimento e melhoram o aprendizado dos alunos envolvidos nos projetos. Dentre estes estudos podemos destacar o trabalho de ALBALADEJO *et al.*, 2010, que tem como objetivo, demonstrar a construção de um *mockup* com o interseccionamento da unidade de gerenciamento do motor (ECU), para uso em cursos de eletrônica automotiva,

sendo possível estudar e observar os sinais gerados pelos diversos sensores existentes no veículo. Nesta mesma linha de raciocínio que se apropria de kits didáticos como instrumentos de ensino aprendizagem ALBALADEJO *et al.*, 2011a apresentam um kit didático para o estudo do sistema de gerenciamento eletrônico dos motores de combustão interna, formado por três sub sistemas que, devidamente interconectados, são capazes de reproduzir em bancada o funcionamento de um motor de combustão e as ações esperadas pelos bicos injetores, sistema de ignição e de sincronismo, a partir da movimentação do acelerador pelo motorista. ALBALADEJO *et al.*, 2011b apresentam, ainda, um kit didático para o estudo dos sensores e atuadores integrantes do sistema de admissão de ar, em motores de combustão interna.

Borges e colaboradores (2011) reforçam o conceito de aprendizagem ativa e expõem as oportunidades na formação de competências e habilidades obtidas pelo projeto SAE *Aerodesign*, desenvolvido na Universidade Federal de Juiz de Fora. Este projeto é desenvolvido, pelos alunos que assumem responsabilidades que extrapolam o contexto da sala de aula e dos conteúdos nelas abordados. Estas situações de aprendizado extra classe ampliam o aprendizado do futuro engenheiro que sente-se desafiado no trabalho desenvolvido em grupo, pela formação de líderes e que almejam a excelência de seus protótipos, ingredientes estes essenciais ao futuro engenheiro.

Diversos trabalhos demonstram a importância e os benefícios da aprendizagem ativa e comprovam que as aulas práticas estimulam os alunos em seu processo de ensino aprendizagem. Diversos temas são abordados nestes trabalhos, mas, um tema em especial passou a ter importância destacada, a sustentabilidade. (ARAÚJO *et al.*, 2011; BERTOLI *et al.*, 2011; ANDRADE *et al.*, 2011a; ANDRADE *et al.*, 2011b; CAMPOS, L. C., 2011).

Neste trabalho propomos a criação de um projeto para utilização da tecnologia das células a combustível (CaCs). Este projeto compreende a criação de um curso com os fundamentos teóricos de células a combustível (CaCs), além da montagem e utilização de protótipos de células a combustível para geração de energia elétrica com baixo impacto ambiental. Esta metodologia objetiva alavancar a aprendizagem ativa e transferir parte da responsabilidade do processo de ensino aprendizagem para o aluno, que será um agente ativo no desenvolvimento do projeto.

A proposta do projeto de células a combustível como ferramenta de ensino aprendizagem ativa baseia-se em alguns pontos fulcrais da formação do engenheiro:

- Sustentabilidade: a tecnologia de célula a combustível apresenta-se como promissora substituta dos motores de combustão interna no futuro, pois reduzem o impacto ambiental causado pelos veículos;
- Inovação: esta tecnologia aparece como provável substituta de pilhas e baterias em um horizonte próximo, além de motores de combustão interna em longo prazo;
- Interdisciplinaridade: a tecnologia abrange conceitos nas áreas de engenharia química, materiais, mecânica e elétrica;
- Trabalho em equipe: os trabalhos desenvolvidos apresentam melhor desempenho quando utilizamos equipes multidisciplinares;
- Metodologia de projetos: o desenvolvimento de protótipos utilizando-se da metodologia de desenvolvimento de projetos do *Project Management Institute* (PMI), a utilização dos módulos de CaCs, pelos alunos, para utilização em veículos ou como substitutos de pilhas e baterias.

A utilização da metodologia de gestão de projetos desenvolvida pelo PMI nos ajuda a ordenar as atividades, definir as responsabilidades, desenvolver um cronograma e identificar os patrocinadores da ação e os recursos necessários. Estas atividades, quando bem planejadas e executadas, aumentam as possibilidades de sucesso de um projeto.

Inicialmente, para guiarmos o processo de criação do projeto, desenvolvemos um mapa conceitual das células a combustível, o que nos possibilita a identificação dos conceitos fundamentais e a estrutura de curso a ser desenvolvido. Após a criação deste mapa conceitual e a definição dos conceitos a serem abordados no curso, identificamos, em conjunto com alunos e professores de diferentes áreas da engenharia, as características dos módulos a serem adquiridos e os projetos a serem desenvolvidos pelos grupos de alunos e orientados pelos professores participantes.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Mapas Conceituais

Os mapas conceituais buscam correlacionar diferentes conceitos, unidos por uma relação. Em função desta sua característica peculiar, pode ser adotado em diversas áreas do conhecimento e diferentes disciplinas. Esta metodologia foi adotada inicialmente na década de 70 pelo Prof. Joseph Novak na Universidade de Cornell, sendo utilizada atualmente por alunos e professores de diferentes graus de instrução.

Uma das grandes vantagens de se utilizar esta técnica consiste na capacidade de explicitar relações conhecidas entre os conceitos, correlacionando-os e hierarquizando-os. O aluno ao se deparar com a estrutura de uma área de conhecimento, de uma sub-área ou de apenas um assunto, percebe as correlações entre os conceitos fundamentais abordados. Os mapas conceituais ou mapas mentais facilitam a organização, visualização e integração dos conceitos dispostos nos mapas mentais. Segundo ANASTASIOU (2003), um mapa conceitual "consiste na construção de um diagrama que indica a relação de conceitos em uma perspectiva bidimensional, procurando mostrar as relações hierárquicas entre os conceitos pertinentes à estrutura do conteúdo". Estes mapas possibilitam uma melhor avaliação de um contexto por meio de uma visão ampla e das correlações estabelecidas entre os conceitos estudados, BUZAN (2005). Esta visão ampla, associada à correlação entre os conceitos, facilita a percepção de novas abordagens e caminhos criativos.

Os mapas conceituais são uma excelente ferramenta quando o intuito é estabelecer relações entre conceitos em temas amplos e que necessitam de clareza em suas relações, possibilitando ao leitor visualizar sua integralização. Pode-se então definir um mapa conceitual ou mental como um diagrama bidimensional que explicita os conceitos fundamentais de um tema e suas correlações. Este diagrama é composto de conceitos interligados por linhas que representam a relação entre os conceitos interligados, que para a sua elaboração, deve-se:

- Identificar os conceitos chaves que compõem o corpo do conhecimento a ser analisado;
- Ordenar os conceitos dos mais gerais (amplos) para os mais específicos, de acordo com o conceito de diferenciação progressiva;
- O número de conceitos deve refletir a totalidade do tema ou ainda a limitação de nossos conhecimentos;

- Posicionar os conceitos centrais, unindo-os por meio de linhas, com uma ou mais palavras que explicitem as relações entre os conceitos. Caso se utilize algum software que impossibilite a criação das palavras de conexão, explicite-as de forma a revelar as relações entre os conceitos;
- Busque ampliar as relações tanto horizontais quanto cruzadas, evitando relação simples;
- Havendo a necessidade de exemplificar os conceitos, estes exemplos normalmente se situam na região inferior do mapa, embaixo do conceito pertinente;
- Em uma primeira tentativa de confecção do mapa podemos encontrar baixa simetria e diferença de correlação entre os conceitos. Estas características podem ser ajustadas, caso haja necessidade, em uma segunda versão do mapa;
- Não há uma receita única de confecção do mapa e o mesmo torna-se dinâmico a partir do momento em que nos aprofundamos no tema escolhido e nos desdobramentos dos conceitos abordados;

2.2. Células a Combustível (CaC)

O conceito de Células a Combustível (CaC) foi descoberto por Sir Willian Grove em 1839, quando executava a eletrólise da água e resolveu investigar como seria a reação inversa, a formação da água a partir de seus elementos fundamentais o hidrogênio e oxigênio, o que aconteceu com a formação da água e liberação de energia elétrica e calor.

O termo de Célula a Combustível foi empregado por Ludwig Mond e Charles Langer em 1889. Friedrich Wilhelm Ostwald, fundador da físico-química, contribuiu com teorias para as CaCs, sendo a determinação experimental da função de diversos componentes das CaCs, entre eles eletrodos e eletrólito, sua responsabilidade. No final da década de 30, Francis Thomas Bacon pesquisou a CaC com eletrólito alcalino pressurizado, obtendo resultados interessantes. Sua pesquisa se estendeu durante a segunda guerra com as CaCs que poderiam ser utilizadas em submarinos da Marinha Inglesa. A pesquisa de Bacon atraiu a atenção da empresa Pratt & Whitney que licenciou a tecnologia para *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Após a utilização desta tecnologia comprovou-se que a utilização de CaCs alcalinas pressurizadas demandavam elevado custo e pequena vida útil, sendo relegadas a aplicações compatíveis com elevados custos de implantação e operacionais.

Apenas com o surgimento do movimento ambientalista no mundo globalizado e a evidência dos efeitos dos gases geradores de efeitos estufa que as CaCs ganharam nova participação no cenário mundial, sendo cotadas para aplicações móveis e estacionárias, atuando em um amplo espectro de potências (mW a MW). (FRANCO, E.G. et al., 2003a).

Funcionamento das Células a Combustível

As células a combustível são geradores eletroquímicos que convertem, continuamente, energia química do combustível em energia elétrica e calor. As células a combustível são compostas por dois eletrodos, um eletrólito (representado pela membrana com as camadas catalíticas), placas bipolares e coletoras de corrente elétrica (representadas pelos blocos de grafite). A estrutura básica de uma CaC é apresentada na Figura 1 abaixo.

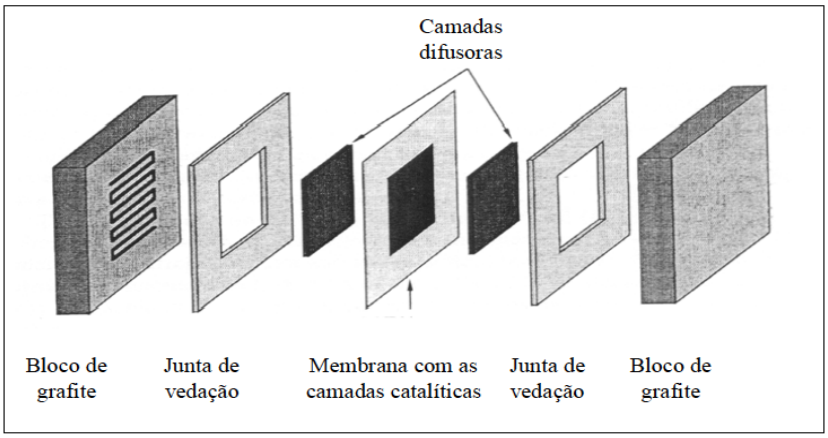

Figura 1: Elementos fundamentais de uma célula a combustível unitária.

Células a combustível operam com alta eficiência e emissões reduzidas, muito abaixo dos padrões mais exigentes. Têm a vantagem de serem modulares e podem ser construídas em faixa muito ampla de requisitos de potências. Isto permite a construção de grandes usinas altamente eficientes em localidades específicas. O planejamento de longo prazo pode ser mais flexível e os investimentos iniciais em sistemas superdimensionados podem ser evitados. Por causa do baixo nível de emissão, as células a combustível podem ser instaladas no local de consumo, mesmo em áreas de altas densidades demográficas, melhorando a economia da linha de transmissão e reduzindo as perdas de transmissão.

Na Figura 2 é apresentado um esquema simplificado de funcionamento de uma célula a combustível de Membrana trocadora de Prótons (PEMFC) em meio ácido. Pode-se observar que o papel da molécula de água no funcionamento da CaC é fundamental, pois, uma célula a combustível tipo PEMFC, sem a hidratação adequada, não irá funcionar devidamente, pois, o transporte de prótons ocorre associado às moléculas de água.

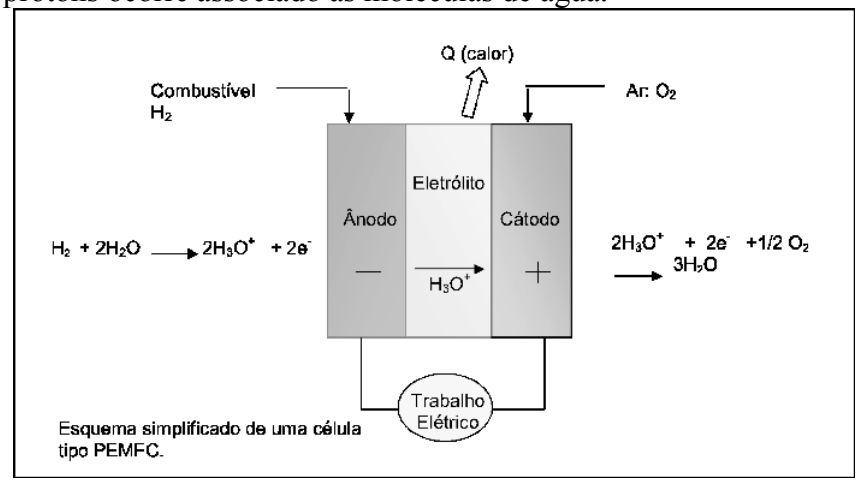

Figura 2: Funcionamento de uma CaC tipo PEMFC (FRANCO, E.G. e cols., 2003).

O funcionamento de uma CaC é similar ao de uma bateria convencional, utilizando-se dos conceitos fundamentais de eletroquímica. Suas reações anódicas (ROH) e catódicas (RRO) são apresentadas abaixo: (FRANCO, E.G. et al., 2002; FRANCO, E.G. et al., 2003b; FRANCO, E.G. et al., 2003c)

ROH:

$$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-; \quad (1)$$

RRO:

$$2H^+ + 2e^- + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O; \quad (2)$$

Reação global:

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O. \quad (3)$$

A reação (3) que representa a reação global para todos os tipos de CaCs, quando utilizamos apenas hidrogênio e oxigênio. Os diferentes tipos de CaCs possuem reações intermediárias diversas, em função de seus eletrólitos e espécies transportadas. (FRANCO, E.G. e cols., 2002; FRANCO, E.G. e cols., 2003, a; b e c). Nas Figuras 3 e 4 são apresentadas as eficiências das CaCs em relação aos processos térmicos e suas emissões sonoras.

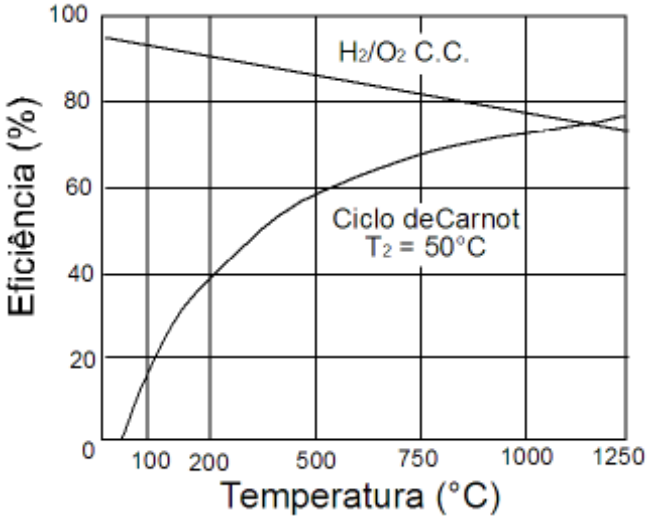

Figura 3: Comparação entre a eficiência das Células a Combustível (C.C.) e a das máquinas térmicas (Ciclo de Carnot).

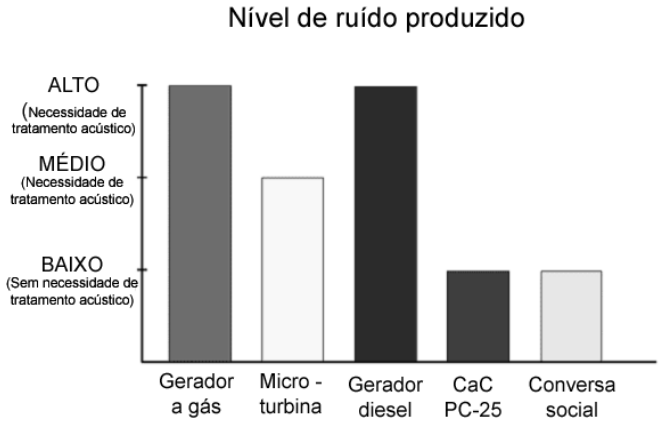

Figura 4: Comparação do nível de ruído produzido na geração de energia elétrica (adaptado de: Heliocentris GmbH, 2001).

Analisando-se a Figura 3 identificamos que na faixa de temperatura de operação das CaCs (60 a 800ºC) e das máquinas térmicas (300 a 400ºC), as CaCs são mais eficientes, pois as máquinas térmicas possuem um rendimento teórico da ordem de 50% e acima de 80% para as células a combustível. Identifica-se por meio da Figura 4 que a operação das CaCs emitem ruídos similares a uma conversa social, muito abaixo de seus concorrentes diretos. (FRANCO, E.G. e cols., 2002; FRANCO, E.G. e cols., 2003, a; b e c).

Nas Figuras 5 e 6 são apresentados os valores das emissões da frota de veículos a gasolina e diesel do Estado de São Paulo, assim como as emissões evitadas, caso toda a frota tivesse sua motorização (diesel e gasolina) substituída por Células a Combustível (CaC) e hidrogênio. Os dados foram colhidos no relatório da CETESB e na literatura pertinente de células a combustível (CETESB, 2010; FRANCO, E.G. e cols., 2003).

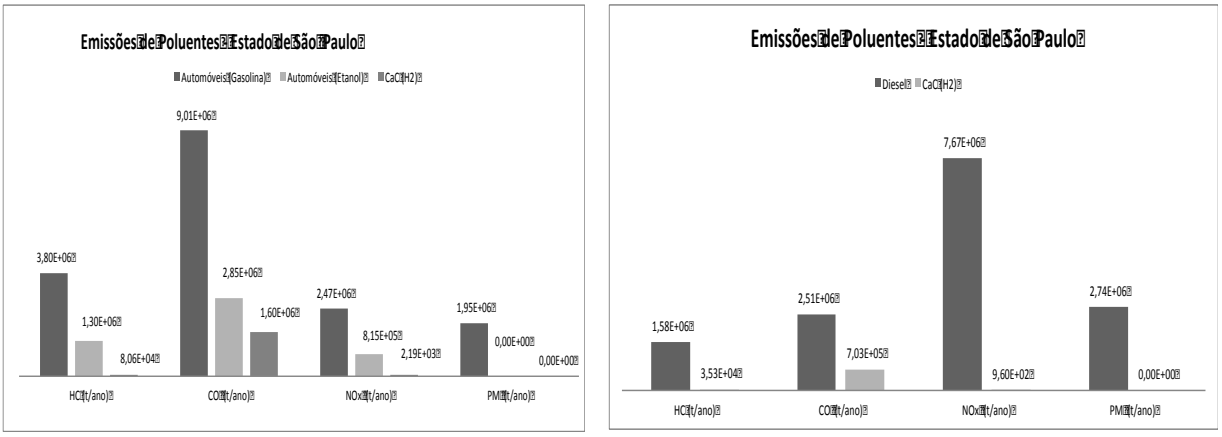

Figura 5: Emissões da frota veicular (gasolina, etanol, diesel e H_2) do Estado de São Paulo. (CETESB, 2010; FRANCO, E.G. e cols., 2003, a).

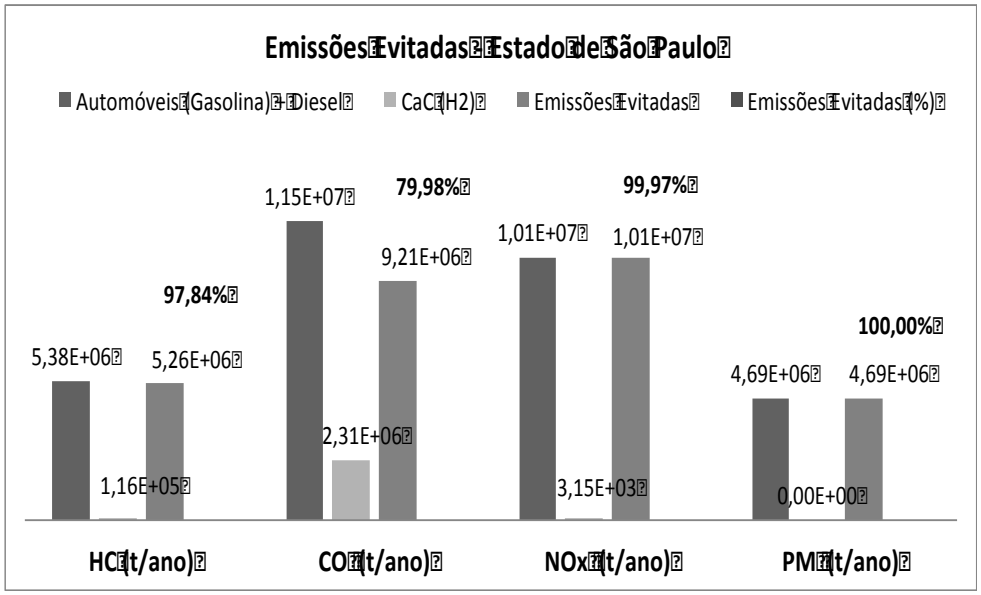

Figura 6: Emissões evitadas da frota veicular do Estado de São Paulo e na RMSP. (CETESB, 2010; FRANCO, E.G. e cols., 2003, a).

Os diferentes tipos de CaCs são classificados de acordo com seus eletrólitos ou sua temperatura de operação. No caso de classificação por temperatura de operação temos as células a combustível de baixa temperatura (CaC alcalina, CaC membrana trocadora de prótons e CaC ácido fosfórico). Quando classificadas por tipo de eletrólito temos as CaCs Alcalina (AFC), Membrana (PEMFC), Ácido fosfórico (PAFC), Carbonatos fundidos (MCFC) e Cerâmicas (SOFC). AS principais características das CaCs são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Principais tipos de células a combustível e suas características.

Tipo	Eletrólito	Espécie Transportada	Temperatura de Operação (°C)	Vantagens	Desvantagens	Aplicações	Eficiência (%)
AFC	KOH concentrado	OH^-	60-90	Alta eficiência 83%)	Sensível a CO_2, remoção da água, Gases ultrapuros, sem reforma.	Espaçonaves, Aplicações militares	> 80
PAFC	Ácido Fosfórico 90-100% (H_3PO_4)	H_3O^+	160-200	Maior desenvolvimento tecnológico.	Vida útil limitada pela corrosão, Controle da porosidade do eletrodo e, Sensibilidade a CO(>2%)	Unidades estacionárias (100kW a alguns MW), Cogeração eletricidade/calor	40 - 50
MCFC	Misturas de Carbonatos fundidos (CO_3^{2-})	CO_3^{-2}	650-700	Tolerância a CO/CO2 Eletrodos à base de Ni, Reforma interna, alta eficiência terórica	Corrosão do cátodo, Interface trifásica de difícil controle	Unidades estacionárias(100 kW a 1 MW), Cogeração de eletricidade/calor	> 60
PEMFC	Polímero condutor de protons Nafion®	H^+	80-90	Alta densidade de potência, Operação flexível, Mobilidade	Custo da membrana, Contaminação do catalisador com CO	Veículos, Espaçonaves e Unidades estacionarias	45 - 50
SOFC / (pSOFC e tSOFC)	Zircônia estabilizada (ZrO_2/Y_2O_3)	O^{-2}	800-1000	Alta eficiência (cinética favorável). Reforma interna	Problemas de materiais; Expansão térmica	Unidades estacionárias (10kW a 1 MW), Cogeração de eletricidade/calor.	> 60
ITSOFC	Céria / Gadolínia	O^{-2}	600-800	Alta eficiência (cinética favorável). Reforma interna	Problemas de materiais; Expansão térmica	Unidades estacionárias(10kW a 1 MW), Cogeração de eletricidade/calor.	> 60

3. PROJETO DE CÉLULAS A COMBUSTÍVEL

Os conceitos a serem abordados no projeto experimental sugerido como ferramenta de apoio ao ensino e aprendizagem em engenharia são explicitados nos mapas conceituais apresentados nas Figuras 7 e 8. Estes mapas correlacionam os diversos conceitos a serem explorados e abordados como base tecnológica para o desenvolvimento prático dos modelos de células a combustível.

A partir dos conceitos apresentados no mapa conceitual pode-se montar o curso e definir as atividades iniciais do projeto de utilização das CaCs, solicitando-se a participação de alunos e professores dos cursos de engenharia de materiais, elétrica e mecânica.

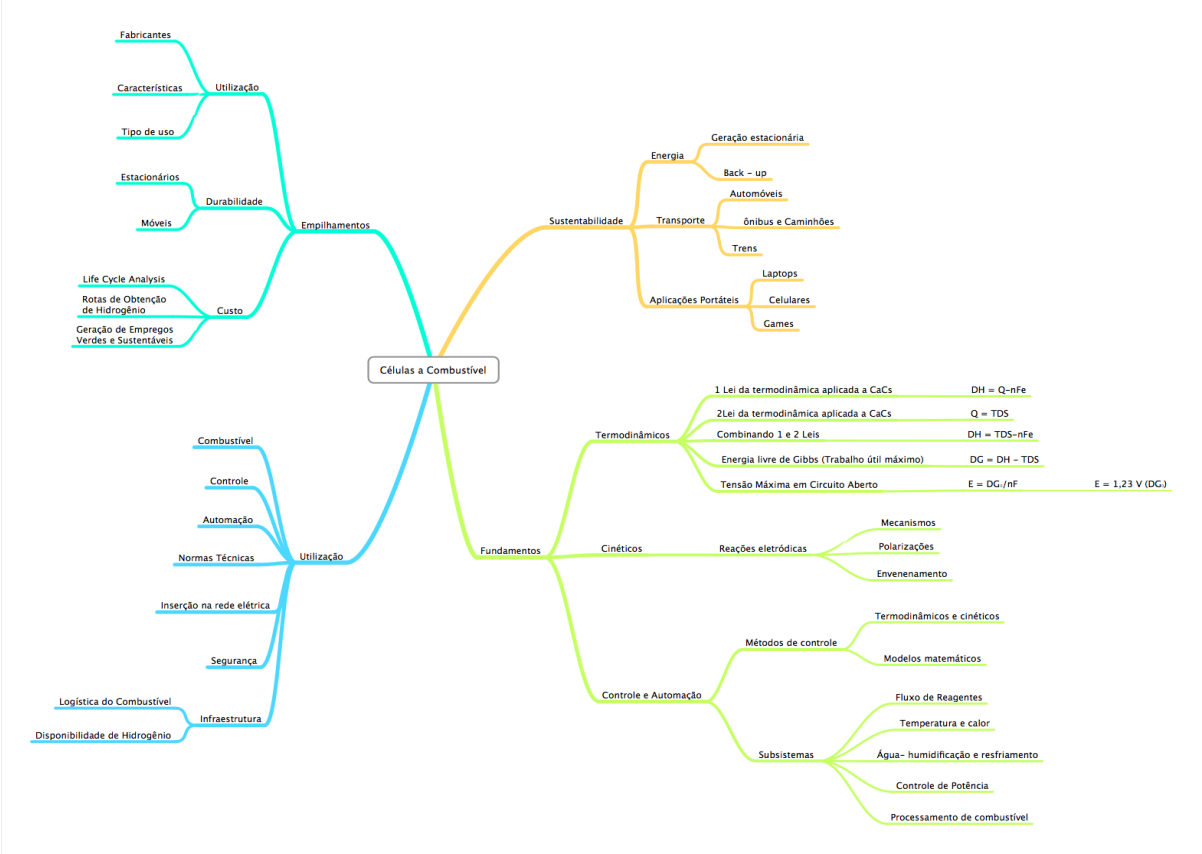

Figura 7: Mapa conceitual de Células a Combustível.

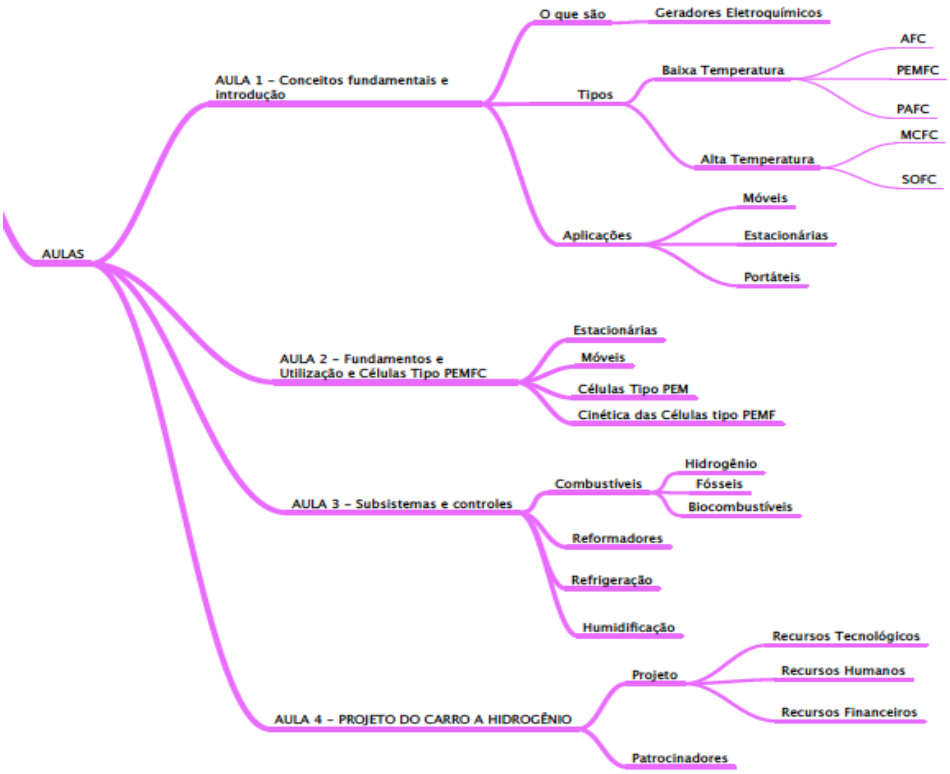

Figura 8: Estrutura do curso de fundamentação teórica.

Proposta de projeto de apoio ao processo de ensino aprendizagem por meio da tecnologia das CaCs

A estrutura desta proposta consiste na fundamentação teórica que irá abordar os conceitos nas aulas:

- Sustentabilidade;
- Termodinâmica: as leis da termodinâmica aplicadas às CaCs, energia livre e eficiência termodinâmica;
- Cinética: reações eletródicas;
- Controle e automação: métodos de controle e subsistemas;
- Tipos de Células a Combustível;
- Aplicações das Células a Combustível.

Para melhor controlar o desenvolvimento das atividades previstas dividiu-se o projeto em etapas a serem desenvolvidas, apresentadas abaixo:

1ªEtapa: Identificação das competências, habilidades e atitudes necessárias a formação e desenvolvimento do grupo de pesquisa:

- Engenharia de materiais: estrutura e desempenho dos materiais de fabricação das CaCs;
- Engenharia elétrica: controle e automação dos módulos de CaCs;
- Engenharia mecânica: adaptação dos veículos elétricos para propulsão a hidrogênio;

2ª Etapa: Identificação dos participantes docentes e discentes no projeto de pesquisa;
3ª Etapa: Curso de nivelamento;
4ª Etapa: Montagem de laboratório para experimentos em CaCs tipo PEM;
5ª Etapa: Identificação das atividades a serem desenvolvidas e os recursos humanos necessários no projeto do Veículo de propulsão à Hidrogênio;
6ª Etapa: identificar empresas parceiras para o desenvolvimento do projeto;
7ª Etapa: especificações técnicas do protótipo;
8ª Etapa: aquisição dos materiais para montagem do protótipo;
9ª Etapa: Montagem do protótipo;
10ª Etapa: testes iniciais do protótipo;
11ª Etapa: avaliação dos sistemas desenvolvidos;
12ª Etapa: possíveis correções nos sistemas/protótipo.

O curso de fundamentação teórica proposto é composto por 04 aulas de 04 horas de duração cada, durante o qual o aluno identificará os conhecimentos necessários para a confecção do projeto de utilização das CaCs em substituição aos motores de combustão interna (protótipo de carro movido a hidrogênio), as pilhas e baterias.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término deste projeto o aluno terá vivenciado uma situação real similar a vivenciada por profissionais de engenharia em uma empresa que promove a inovação, sustentabilidade,

trabalha com metodologias de projeto, desenvolve novas tecnologias baseadas em conhecimento interno, apoia o trabalho coletivo e desenvolve as lideranças internas.

Acreditamos que esta vivencia única formará o aluno e facilitará a compreensão dos conteúdos teóricos aplicados à vida prática.

Agradecimentos

Os autores Fabio Delatore agradecem o apoio institucional da Universidade Anhanguera/UNIABC. Agradecem também o apoio financeiro da agência FUNADESP pela bolsa de pesquisa a ele concedida. O trabalho apresentado nesse artigo é fruto de um grupo formado por cinco professores do grupo Anhanguera Educacional, cuja linha de pesquisa é dedicada ao *Desenvolvimento de estratégias didáticas voltadas para o ensino de engenharia*.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. G.; HINSCHING, M. A. O.; KRÜGER, J. A.; KRÜGER, P.; WIECHETECK, G. K.: "Aproveitamento de materiais pós uso na construção civil – Integrando o curso de Engenharia Civil com o Ensino Médio", ***XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia***, Blumenau – SC, 2011. (ANDRADE *et al.*, 2011a).

ANDRADE, B. S.; VALOTO, F. M.: "Construção civil e o ensino de práticas sustentáveis em prol do meio ambiente", ***XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia***, Blumenau – SC, 2011. (ANDRADE *et al.*, 2011b).

ALBALADEJO, F. S.; DELATORE, F.; LAGANÁ, A. A. M.; MORIOKA, C. A.; TRESSINO, A. T.: "Desenvolvimento de um *mockup* para ensino em eletrônica automotiva", ***XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia***, Fortaleza – CE, 2010. (ALBALADEJO *et al.*, 2010).

ALBALADEJO, F. S.; DELATORE, F.; LAGANÁ, A. A. M.; MORIOKA, C. A.; TRESSINO, A. T.: "Conjunto didático para o estudo do gerenciamento eletrônico de motores a combustão interna", ***XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia***, Blumenau – SC, 2011. (ALBALADEJO *et al.*, 2011a).

ALBALADEJO, F. S.; FERREIRA, D. S.; DELATORE, F.; GUEDES, M. A. C.; LAGANÁ, A. A. M.; PUGLIA, L. V.: "Conjunto didático para o estudo do sistema de admissão de ar em motores a combustão interna", ***XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia***, Blumenau – SC, 2011. (ALBALADEJO *et al.*, 2011b).

ARAÚJO, C. F.; PEREIRA, A. G.: "Aprendizagem baseada em problemas e o ensino para dimensionamento de sistemas de hidrantes prediais na graduação de engenharia", ***XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia***, Blumenau – SC, 2011. (ARAÚJO *et al.*, 2011).

BERTOLI, S. L.; BRANDT, P. R.; CORDERO, A.; PERES, A.; PINHEIRO, I. G.; SANTOS, A. A.; VALLE, J. A. B.: "Contribuições ao ensino de engenharia através de casa modelo – Geração de energia elétrica, captação e aproveitamento de água de chuva", ***XXXIX***

Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Blumenau – SC, 2011. (BERTOLI *et al.*, 2011).

BORGES, M. M.; LOPES, V. M. L.; TAVARES, E. L.; VITOI, L. A.; M.: "Ampliação da capacidade de ensino em engenharia por meio do programa estudantil SAE Aerodesign", ***XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia***, Blumenau – SC, 2011. (BORGES *et al.*, 2011).

BUZAN. T.; *Mapas Mentais e sua elaboração: um sistema definitivo de pensamento que transformará a sua vida*; tradução Euclides Luiz Calloni, Cleusa Margô Wosgrau. – São Paulo, SP: Cultrix, 2005.

CAMPOS, L. C.; SILVA, J. M.: "Aprendizagem baseada em projetos: Uma nova abordagem para a educação em Engenharia", ***XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia,*** Sessão Dirigida, Blumenau – SC, 2011. (CAMPOS, L. C., 2011).
COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB); Qualidade do ar no Estado de São Paulo; São Paulo; 2010. (CETESB, 2010)

FRANCO, E. G.; OLIVEIRA NETO, A.; LINARDI, M.; ARICÓ E.; Synthesis of Electrocatalysts by the Bönnemann Method for the Oxidation of Methanol and the Mixture H_2;CO in a Proton Exchange Membrane Fuel Cell*;* ***J Braz. Chem. Soc.***, v. 13, n. 4, p. 516-521, 2002. (FRANCO, E.G. et al., 2002).

FRANCO, E. G. et al., Fuel Cells and Ethanol: a Technological Advantage. ***SAE Technical Papers***, São Paulo, v. 01, n. 3623, p. 01-06, 2003. (FRANCO, E.G. et al., 2003a).
FRANCO, E. G.; ARICÓ, E.; LINARDI, M.; ROTH, C.; MARTZ, N.; FUESS, H.; Synthesis and characterization of eletrocatalyst powders for application in PEM fuel cells; ***Advanced Powder Technology III***, Materials Science Forum; v.4 (416), p. 4-10, 2003. (FRANCO, E.G. et al., 2003b).

FRANCO, E.G., LINARDI, M.; GONZALEZ, E. R..et al. Electro-oxidation of methanol and ethanol on Pt-Ru/C and Pt-Ru-Mo/C electrocatalysts prepared by Bonnemanns method**.** ***Journal of the European Ceramic Society***, London, v. 23, p. 2987-2992, 2003. (FRANCO, E.G. et al., 2003c).

HELIOCENTRIS, disponível em: www.heliocentris.com; acessado em: 20 de fevereiro de 2001, às 14:20:00. (HELIOCENTRIS, 2001).
VILLAS-BOAS, V.; NETO, O. M.: "Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia", ***XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia,*** Sessão Dirigida, Blumenau – SC, 2011. (VILLAS-BOAS, V., 2011).

METHOD OF TEACHING AND LEARNING ENGINEERING BASED ON FUEL CELL PROJECTS GUIDED BY CONCEPTUAL MAPS

Abstract: *This paper discusses the process of teaching and learning in engineering courses and its improvement by returning to its origins the practice. Using a fuel cell project to replace internal combustion engines and batteries, the student may revisit the concepts of sustainability, thermodynamics, kinetics, control and automation in a collaborative multidisciplinary environment. In this context it is proposed the creation of conceptual maps to guide and develop the project and the fundamental course pointing out the relevant concepts to fuel cells and its connections.*

Key-words: *teaching and learning engineering, fuel cell, projects, conceptual maps.*