

A LOGÍSTICA DO ETANOL PARA AUTOMOVEIS COM CELULAS A COMBUSTÍVEL, NO BRASIL E NOS ESTADOS UNIDOS

PAULO LUCAS DANTAS FILHO (dantas@iee.usp.br , dantas@paulodantas.com.br)

INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA DA USP

EGBERTO GOMES FRANCO (egberto@iee.usp.br , egfranco@uol.com.br)

INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA DA USP

FLAVIO TAIOLI (flaviotaioli@uol.com.br)

INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA DA USP

Resumo

O emprego de célula a combustível em veículos automotores é uma das prioridades na indústria automotiva internacional. Pesquisas abordando a utilização do etanol na célula a combustível mostraram as possibilidades de seu uso. O emprego do etanol como fonte de energia renovável será uma alternativa de interesse para os seus maiores produtores. Para essa utilização, é necessária a adequada disponibilidade do etanol, dificultada pelas suas características de localização, de transporte e de estocagem. Este estudo tem por finalidade abordar as características das estruturas logísticas nos maiores produtores de etanol no mundo, objetivando sua disponibilização para uso em células a combustível.

Palavras-chave

Etanol – Hidrogênio – Célula a Combustível – Logística – Distribuição

Introdução

À medida que o mundo torna-se cada vez mais interdependente e frágil, o futuro enfrenta, ao mesmo tempo, grandes perigos e grandes promessas. Os padrões dominantes de produção e consumo estão causando devastação ambiental, redução dos recursos e uma massiva extinção de espécies. São necessárias mudanças fundamentais dos nossos valores, instituições e modo de vida. Temos o conhecimento e a tecnologia necessários para abastecer a todos e reduzir nossos impactos ao meio ambiente. Essas são as afirmações no preâmbulo do livro “A carta da Terra”¹.

O relatório divulgado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas e sua posterior premiação com o Premio Nobel da Paz em 2007, tiveram o mérito de colocar em destaque o fato de que 90% das alterações no meio ambiente são antropogênicas, ou seja, causadas pelo próprio homem.

Por esses motivos, estamos vislumbrando a próxima grande era comercial da história. Haverá uma nova economia sustentada pelo hidrogênio, a qual mudará fundamentalmente nossas instituições econômicas, políticas e sociais, a exemplo do que fizeram o carvão e a máquina de vapor no início da Era Industrial.² Jeremy Rufkin é quem assim expõe, tratando das novas tendências na ciência e na tecnologia e de sua influência na economia, sociedade e ambiente globais.

A utilização de energias limpas e renováveis está transformando os caminhos do desenvolvimento econômico mundial. Essa utilização tem uma de suas vertentes apoiada nos biocombustíveis; outra das vertentes é a utilização de hidrogênio. Os biocombustíveis têm como principal vantagem a sua renovação na natureza. O hidrogênio é o mais básico e onipresente dos

elementos no universo. Ele jamais se esgota, e tampouco acarreta as nocivas emissões de CO₂.

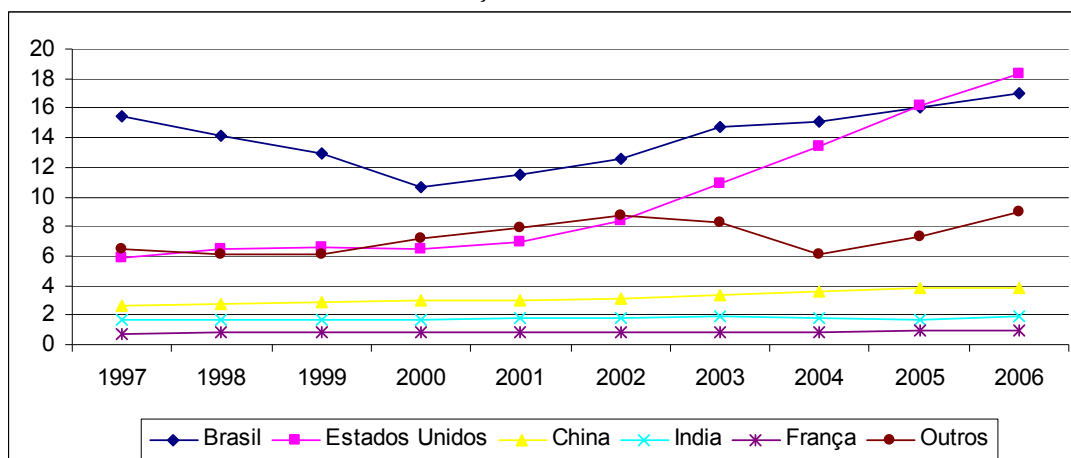
Células combustíveis energizadas por hidrogênio para uso comercial já estão sendo introduzidas no mercado doméstico, profissional e industrial. As grandes indústrias automobilísticas gastaram mais de dois bilhões de dólares desenvolvendo carros, ônibus e caminhões a hidrogênio, e os primeiros veículos fabricados em massa devem estar na estrada dentro de poucos anos. O etanol também tem suas aplicações sendo ampliadas, como combustível automotivo, para diversos países nos últimos anos. A União Européia e os Estados Unidos definiram políticas públicas indicando biocombustíveis para a geração de hidrogênio em células a combustível. Nessa visão, o etanol é a fonte mais provável, pois há tecnologia de produção em grandes volumes e sua comercialização já é utilizada.

Nossa proposta é a utilização combinada de etanol e células de combustível em veículos. Para que essa proposta seja viável, há necessidade de disponibilidade de etanol e do domínio da tecnologia de sua utilização em células a combustível. Trataremos desses temas neste estudo.

Etanol no mundo

A produção mundial de etanol em larga escala está concentrada em poucos países: Estados Unidos, Brasil, China, Índia e França são os maiores produtores e agregam 83,9% do total produzido em 2006. Para comparar, naquele ano, somente Estados Unidos e Brasil produziram 69,27% do total mundial. Estes dados podem ser mais bem avaliados no gráfico 1, onde pode ser visto o crescimento da produção nos Estados Unidos de 2001 até 2006, de 163,9% no período. O segundo produtor, Brasil, também cresceu quase 47,8% nesse período. Há muitos outros países produzindo o etanol, mas as quantidades são pequenas.

Gráfico 1 Produção mundial de etanol – 1997 a 2006



Fonte: MAPA/ SPAE 2007

Observando o gráfico 1, pode ser notado que, além do crescimento dos maiores produtores, os pequenos países - nomeados aí como “outros” - reduziram sua produção por um espaço de tempo, mas nos últimos anos têm novamente crescido. Não por coincidência, os maiores aumentos de quantidade estão concentrados nos dois grandes produtores; é neles que o mercado de etanol como combustível tem maior expressão.

A avaliação da logística para o etanol no mundo estará centrada somente nesses dois países, mas de toda maneira cobrindo em torno de 70% da produção mundial.

Para a abordagem dessa fase da logística – a distribuição do etanol – há necessidade da avaliação integrada de três variáveis: a localização, o transporte e os estoques. Essas variáveis são interdependentes e seu balanceamento é que definirá a melhor solução de distribuição.³ Essa melhor solução é a que oferece o nível de serviço desejado, ao menor custo possível para a operação.

O etanol, que é um combustível líquido de fácil obtenção e baixo custo relativo pode ser utilizado em células apresentando algumas vantagens em relação ao metanol para uso como combustível: é menos tóxico, renovável, relativamente barato, além de já possuir normas técnicas de produção, estocagem e distribuição.⁴

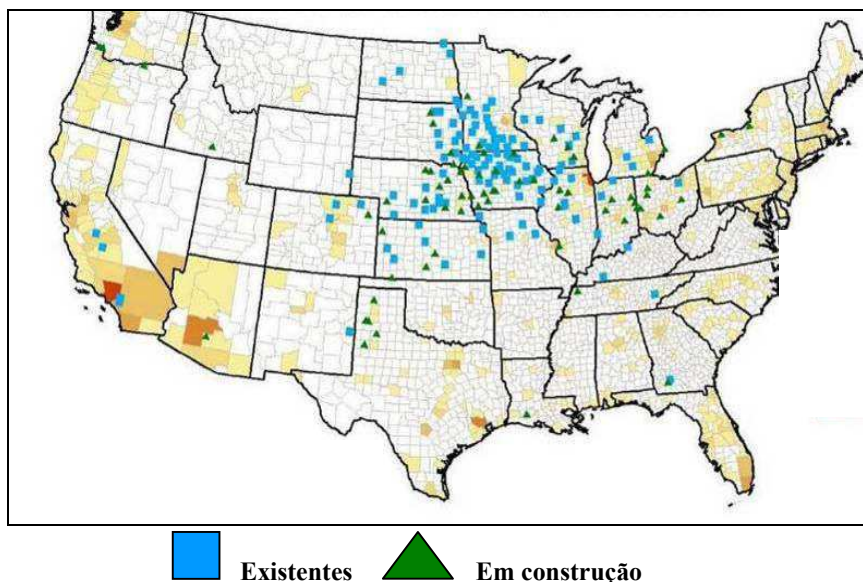
A busca constante por novos catalisadores que possam melhorar o desempenho das células a combustível têm sido um dos pontos críticos de pesquisa no mundo.

Logística do etanol nos Estados Unidos

Começando pelos Estados Unidos, podemos ver na figura 1 que a maior parte do etanol é produzida no centro do país, porém 80% da população (o que também significa consumo potencial do etanol) vivem ao longo das costas litorâneas. Atualmente, praticamente todo o etanol produzido nos Estados Unidos utiliza o milho como matéria prima. Em teoria a economia de transporte do milho comparado com o transporte do combustível líquido favorece a localização das usinas na região de produção do milho, onde há fartura de oferta e preço mais acessível.

O etanol está sendo produzido em mais de 20 estados, mas quase 90% da produção estão concentradas na área dos estados de Iowa, Nebraska, Illinois, Minnesota, South Dakota, Indiana, Kansas, e Wisconsin.

Figura 1 Localização das usinas de etanol nos Estados Unidos



Fonte: Renewable Fuels Association. In: USDA Ethanol Transportation Background. Setembro 2007, p. 4

Em 2005, a ferrovia foi o modal primário de transporte do etanol embarcando 60 por cento da produção, seguida pelo modal rodoviário - 30 por cento -, e hidroviário - 10 por cento.

Os produtores prefeririam o uso intensivo de balsas devido à capacidade e aos custos para transporte, mas algumas áreas produtivas estão distantes dos rios ou eles não podem ser utilizados durante o inverno, quando algumas regiões do Rio Mississippi congelam.

Um aspecto interessante nos Estados Unidos é a falta de dutos para o transporte de etanol. As usinas estão muito dispersas, e haveria necessidade de custosa infra-estrutura para consolidar quantidades suficientes para instalar dutos; outro aspecto lá citado é a natureza corrosiva e a facilidade de atrair umidade do etanol. Uma visão sobre o atual sistema de distribuição demonstra que os dutos não são utilizados.

Conforme informações do *National Bioenergy Center*⁵, os modais de transporte utilizados são: das fazendas até as usinas, o grão de milho segue via rodoviária devido à dispersão das plantações; das usinas até as refinarias onde o etanol será misturado à gasolina ou estocado, há duas possibilidades, via rodoviária – quando a distancia é curta ou a quantidade não é muito grande - ou ferroviária – quando a distancia é maior ou quando a quantidade permite o embarque em trens dedicados, formados por 85 a 100 vagões, que permite reduzir o custo e o tempo, pois não há paradas intermediárias no trajeto.

Das refinarias são expedidos dois produtos finais: o E10, gasolina contendo 10% de etanol, e que é enviado a quase todos os postos de distribuição final ao consumidor; e o E85, etanol contendo 15% de gasolina; para ambos o modal rodoviário é usado devido às pequenas quantidades para o E85 e à dispersão de localizações para o E10. Pode, assim, ser avaliado que o único trajeto que permite utilização de modais diferentes do rodoviário – trens ou balsas – é o trecho entre as usinas de etanol e as refinarias onde é feita a mistura; esse trecho está alimentando estoques das refinarias, e o consumidor final não está envolvido nessa fase da comercialização.

A infra-estrutura para utilização do modal rodoviário – estradas, frota, motoristas – no transporte do etanol está, segundo o *USDA Ethanol Transportation Backgrounder*, no limite de sua capacidade, exigindo investimentos para enfrentar as ampliações de produção de etanol previstas. Há severas críticas por parte de alguns governadores nos Estados Unidos sobre a atual situação da infra-estrutura de transporte, referente a estradas, pontes, ferrovias e hidrovias. Sugerem investimentos de alto valor para recuperação da capacidade de transporte, variando de US\$ 25 a 30 bilhões nos próximos cinco anos – indicados pelo Governador da Pensilvânia, Ed Rendell – até um valor de US\$ 1,6 trilhões no próximo quinquênio, propugnado por Arnold Schwarznegger, Governador da Califórnia. Esse governador também assevera que esses investimentos federais foram cortados pela metade, como percentagem do PIB, desde 1987. Propaganda da campanha da candidatura de Barack Obama à presidência dos Estados Unidos inclui o estabelecimento de um Banco de Reinvestimento em Infraestrutura, que investiria US\$ 60 bilhões num período de dez anos para estradas, tecnologias e outros projetos. Percebe-se que a situação é grave a ponto de estar atraindo a atenção dos políticos de grande projeção do país.⁶

A ampliação da produção de etanol nos Estados Unidos será forçada por recente política nacional definida pela Presidência da Republica, que obriga os refinadores a elevar até 2022 em torno de 136 bilhões de litros que deverão ser adicionados à gasolina, de combustíveis advindos de fontes renováveis,⁷ equivalente a um consumo cinco vezes maior que o atual. Obviamente o etanol, por ser uma indústria já com maior escala de produção instalada, poderá suprir grande parte desse acréscimo necessário de combustíveis renováveis.

Outro aspecto que vale observar é que no mercado norte americano os estoques de etanol são equivalentes a 22 até 25 dias de produção, financiados e armazenados pelas refinarias que fazem sua mistura à gasolina. Mesmo com esses estoques, a distribuição atende com o E85 a

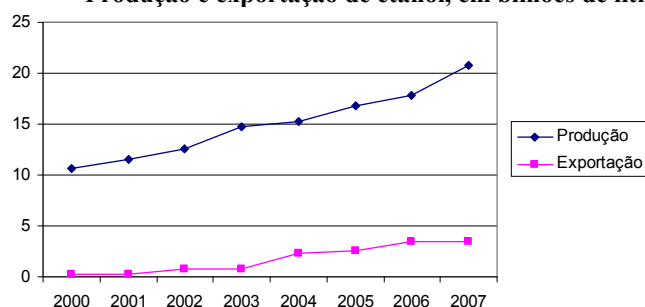
0,5% do total de postos de gasolina do país; eram somente 1.328 postos com esse combustível disponível no país todo, em janeiro de 2008, ⁸ quase nada se comparado à capilaridade da distribuição já atingida pelo etanol no Brasil.

Logística de etanol no Brasil

Para iniciar o estudo da logística de etanol no Brasil, é importante explicar as principais regiões de produção e de consumo no país. A característica peculiar do mercado consumidor brasileiro é a grande frota de veículos com flexibilidade para utilizar gasolina ou etanol – os *carros flex* -. Isso impacta o mercado interno gerando uma escala de produção, e de consumo contínuo, que atrai investidores a melhorarem a tecnologia, a produtividade e por consequência as quantidades ofertadas.

As áreas principais de produção estão localizadas no litoral do Nordeste do país, no interior do estado de São Paulo e no noroeste do estado do Paraná. As quantidades de etanol produzidas têm crescido desde 2000 e as exportações⁹ também, como podem ser avaliadas no gráfico 2:

Gráfico 2 Produção e exportação de etanol, em bilhões de litros - Brasil



Fonte: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior.

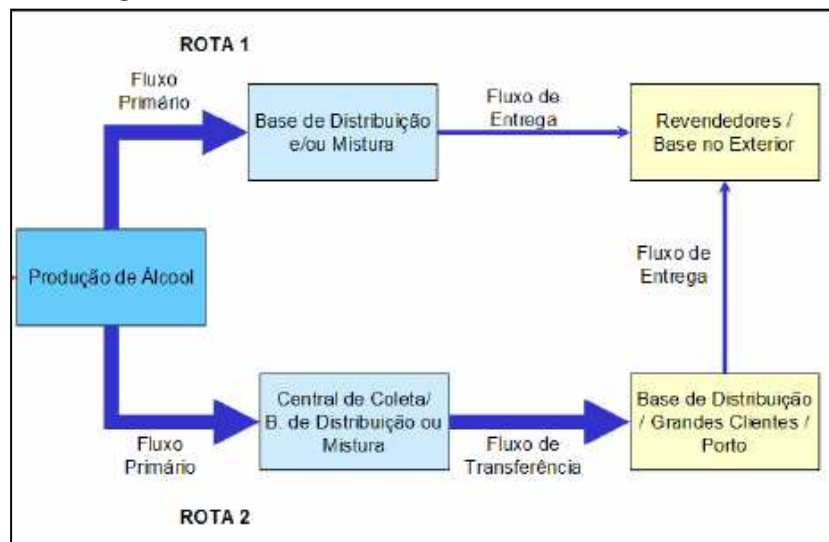
Do lado do consumo, em 2006 era da ordem de 14 bilhões de litros, e está projetado para 25 bilhões de litros em quatro anos. Isso significará um excesso de produção em torno de 10 bilhões de litros contra o consumo local, e deverá suprir exportações. Esses números explicam as pressões políticas que o Brasil tem exercido contra as medidas protecionistas dos Estados Unidos e da Europa sobre as importações de etanol brasileiro.

Para a produção, há flexibilidade estrutural, pois as usinas podem produzir diferentes percentagens de etanol ou açúcar dependendo dos preços de mercado. O governo pode aumentar ou diminuir a porcentagem de etanol contida na gasolina, que atualmente está em 20% porem até 25% é permitido. Terceiro aspecto, e parece ser o mais importante para o futuro, é o crescente mercado de *carros flex*; além do crescimento de vendas de automóveis, a participação desse tipo bi-combustível tem crescido, apesar de não terem a eficiência de motorização otimizada. A combinação desses três fatores - flexibilidade de produção, percentual de mistura à gasolina e aumento de vendas de *carros flex* – permite a equalização de produção e consumo no Brasil. Esses fatores reduzem a formação de grandes estoques estruturais de etanol.

A combinação de grande consumo local e volumes crescentes de exportação nos últimos anos criam peculiares problemas logísticos. Para o mercado local, há necessidade de as regiões de grandes produções suprirem as regiões onde não há produção local. De maneira similar, as exportações são preponderantemente supridas pelo sudeste, gerando outro fluxo de grande volume.

Para possibilitar esses fluxos são utilizados diversos modais, dependendo das peculiaridades de cada região, em geral cobrindo grandes distancias. O fluxo pode ser esquematizado conforme a figura 2:

Figura 2 Cadeia de comercialização do etanol no Brasil



Fonte: FIESP - 2007¹⁰

Os modais de transporte nesses fluxos são: menos de 1 bilhão de litros – 6,24% do total – é feito via polidutos¹¹, e principalmente dirigido aos portos para exportação; para 70% do total, é utilizado o modal rodoviário; no fluxo primário, devido à localização pulverizada das usinas, e no fluxo de entrega devido à capilaridade dos pontos dos revendedores. O fluxo de transferência, que está ligando pontos de alto volume de carga, utilize ferrovias e rodovias; somente na região norte do país o hidroviário é utilizado, porem o volume de cargas não é alto. Como exemplo, no maior mercado regional, São Paulo, dados mostram que em 2005 no fluxo de transferência 7% do volume total utilizou ferrovias, dutos transportaram 0,8%, sendo o restante – 92,2% - feito via rodoviária.¹² Comparando com os Estados Unidos, a situação é muito similar, havendo no Brasil somente o benefício da utilização de alguns polidutos. Vale lembrar que no Brasil há projetos de extensão dos dutos existentes, em discussão para a exportação de etanol.¹³

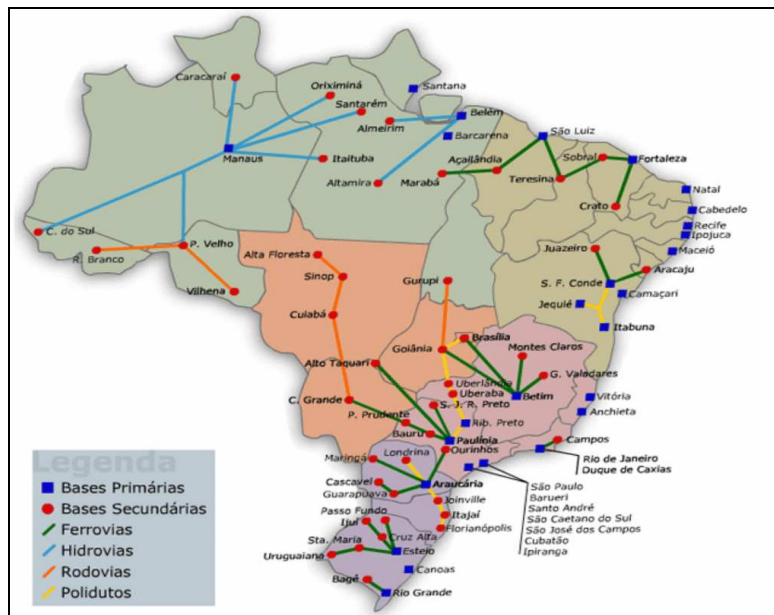
Para a distribuição são utilizadas 550 bases com a função de pontos de consolidação em combinação com outros combustíveis,¹⁴ conforme pode ser visto na figura 3. Existem 74 pontos de estocagem e todos eles também manuseiam etanol. Utilizando esses diversos modais, são alimentados 31054 pontos de venda de etanol, nos diversos estados do país.¹⁵ Esse número representa 90% de todos os postos de combustíveis do país.

Aspecto a ser discutido é a infra-estrutura para estocagem, pois devido à diferença entre quantidades de oferta e procura, característica das safras e da produção do etanol, as quantidades a serem estocadas estão aumentando em consonância com os aumentos de produção.

As diferenças entre produção e consumo, em 2007, atingiram 1 bilhão de litros, segundo a Agencia Nacional de Petróleo.¹⁶ Há previsão de aumento dessas diferenças, simultaneamente ao aumento das quantidades de produção. Por outro lado, as fazendas e as indústrias estão investindo em tecnologias para alongar o período de safra utilizando aceleradores químicos e sementes de curta, média ou longa maturação. Assim, o período de safra foi estendido do tradicional - maio a

outubro - para o atual março a dezembro. Mesmo com essas melhorias, ainda há necessidade de formação de estoques para suprir o mercado na entressafra.

Figura 3 Infra-estrutura de distribuição de combustíveis e etanol no Brasil



Fonte: SINDICOM

As modernas usinas já estão sendo construídas com tanques para estocagem de 10 a 20 milhões de litros, e só os produtores de etanol fazem estoques, os outros participantes da cadeia não participam. Para situar o tamanho do problema, no final do ciclo de produção da safra de 2007, a ÚNICA¹⁷ informa ter estoque disponível de 6 bilhões de litros em suas usinas. Se considerarmos as perspectivas de duplicação da produção em cinco anos, lá haverá necessidade de estocar 12 bilhões de litros.

Células a combustível e etanol

As células a combustível necessitam de hidrogênio em grande quantidade para poderem gerar energia elétrica suficiente para a tração de um automóvel, requerendo assim uma fonte de hidrogênio para produzir eletricidade, entretanto a logística de transporte e armazenagem do hidrogênio ainda apresenta desafios a serem superados. Neste contexto as aplicações que demandam grandes quantidades de energia elétrica e, portanto de hidrogênio, possuem um desafio extra, este desafio pode ser superado através de um combustível líquido, de fácil obtenção, renovável, de baixo custo, não tóxico e abundante.

O etanol é o único combustível que satisfaz estas exigências. É um líquido rico em hidrogênio, cuja tecnologia já venceu as barreiras de produção, armazenamento e transporte, principais desafios para um combustível de sistemas de células a combustível.

Dois modos de aplicação deste combustível em células a combustível podem ser considerados: a oxidação direta e a reforma catalítica. As vantagens do uso do etanol são enormes, porem ainda há muito trabalho de P&D&I para o amadurecimento comercial da

tecnologia. Novas membranas poliméricas condutoras iônicas e novos sistemas de eletro catalisadores devem ser desenvolvidos.

No curto prazo, a reforma catalítica parece ser a melhor opção tecnológica, mesmo porque etanol é mais fácil de se reformar que a gasolina e outros combustíveis alternativos, devido à sua estrutura molecular ser relativamente simples.

A associação do etanol à tecnologia de células a combustível traria vantagens à matriz energética dos países que o produzem, mas demandará um esforço conjunto entre a indústria, governo, agências de proteção ambiental e institutos de pesquisas para tornar realidade esta associação.¹⁸

As células a combustível apresentam como características principais a elevada eficiência energética e o baixo impacto ambiental podendo ser aplicadas em veículos automotores, residências, indústrias e edifícios comerciais. Atualmente, tanto o mercado de etanol como o de células a combustível são focos de grandes investimentos em tecnologia e produção. Entretanto, pouca atenção vem sendo dispensada à combinação destas duas tecnologias.

A integração da tecnologia de células a combustível e a utilização do etanol como combustível primário passa por alguns desafios: primeiro despertar a devida atenção de governos e de empresas que possam valer-se da infraestrutura que engloba a produção e distribuição do combustível; e o segundo visa estabelecer as condições operacionais de sistemas e subsistemas envolvidos na união das tecnologias.

O desenvolvimento da cadeia produtiva formada pelas tecnologias de células a combustível e do etanol podem ser exportadas para diversos países compromissados com o meio-ambiente e o desenvolvimento sustentável, signatários do Protocolo de Kyoto, como Alemanha e Japão.

Os vários tipos de células a combustível são classificados, geralmente, pelo tipo de eletrólito utilizado e pela temperatura de operação¹⁹. A necessidade de se obter potenciais mais elevados para a utilização prática das células a combustível nos leva a conectarmos em série diversas células unitárias formando um conjunto ao qual denominamos de empilhamento.

A grande dificuldade logística de se operar com o hidrogênio como vetor energético levou as montadoras a pesquisarem as possibilidades de se utilizar outros combustíveis como metanol, gasolina, diesel ou mesmo etanol reformados. Por sua vez, para o agente oxidante, o uso de ar atmosférico é preferível a oxigênio puro²⁰.

As células denominadas PEMFC (“Proton Exchange Membrane Fuel Cell”) são as mais promissoras para a geração de energia elétrica móvel, devido à sua alta densidade de potência; fácil acionamento e desligamento, flexibilidade de montagem, robustez, além das vantagens inerentes como alta eficiência com baixa emissão de poluentes. As emissões de NOx aproximam-se de zero, mesmo que se utiliza de ar ao invés de oxigênio no catodo, pois a temperatura de operação deste sistema é baixa.

As células a combustível apresentam uma eficiência teórica significativamente maior que máquinas de Carnot, principalmente a baixas temperaturas.

Kordesch²¹ foi o primeiro a construir um carro movido a célula a combustível já no final dos anos 60. Schwabe e colaboradores montaram um ciclomotor com células movidas a hidrazina no início dos anos 70 em Dresden e posteriormente um microônibus VW foi testado com sucesso até meados dos anos 90. Todos estes veículos utilizavam células a combustível alcalinas.

A empresa canadense Ballard foi a primeira a desenvolver, com sucesso, um empilhamento de 200 kW de potência elétrica para a eletrotração de ônibus. A principal diferença

para os ônibus convencionais é o teto mais elevado, onde estão alojados os tanques de pressão (200 bar) para hidrogênio²². A empresa canadense Ballard em conjunto com a DaimlerChrysler e a Ford Motors já investiram mais de 2 bilhões de dólares na tecnologia das células a combustível tipo PEMFC. A base para esta decisão foi a resposta positiva para a pergunta da viabilidade econômica futura da tração automotiva a PEMFC, comparativamente a motores de combustão interna. Como resultado de seus esforços, estas empresas apresentaram ao público vários automóveis movidos a hidrogênio e outros a metanol, como os da série NECAR²³. Atualmente, quase todos os grandes fabricantes de automóveis de passeio do mundo estão interessados no desenvolvimento de veículos elétricos, movidos a célula a combustível. Vários desenvolvimentos de protótipos estão em andamento, podendo ser citados o da Toyota, RAV4-FCEV, um utilitário-esportivo; da Opel (GM), Zafira, uma minivan com plataforma do Astra; da Ford, P2000, também um utilitário-esportivo com plataforma do Mondeo. Em Londres, há programa público para implementar ônibus movidos a células a combustível.²⁴

A nossa percepção é de que este será o melhor caminho a ser percorrido pelos países que são grandes produtores de etanol, para a entrada de forma sustentada na chamada “Economia do Hidrogênio”.

CONCLUSÕES

A primeira conclusão é que o Brasil está preparado para suprir na maior parte dos postos de combustível – em 90% deles - a necessidade de etanol para utilização em células a combustível. Os Estados Unidos não estão preparados, pois somente 0,5% dos postos vendem etanol, e mesmo assim, do tipo E85.

Outra constatação é de que nos Estados Unidos há necessidade de iniciativas e políticas indutoras em favor do etanol por parte das diversas esferas governamentais, enquanto no Brasil já há massa crítica no mercado que propicia investimento, tecnologia e consumo crescentes.

Por outro lado, nos Estados Unidos há tecnologia, investimentos e mercado crescente para células a combustíveis; já no Brasil, a tecnologia está em fase embrionária de desenvolvimento, o mercado está restrito às atividades de pesquisa e os investimentos são desprezíveis nessa área.

O Brasil e os Estados Unidos não utilizam os modais mais econômicos para o transporte e distribuição do etanol, ambos têm problemas similares face à sua crescente demanda.

O financiamento dos estoques de etanol também tem diferentes fontes nos dois países: nos Estados Unidos, as distribuidoras de combustíveis estocam para não haver o risco de interromper a distribuição de gasolina; no Brasil, as usinas estocam para garantir a oferta na época de entressafra, mas também para obter ganhos com as variações de preço durante o ano.

Mas as diferenças são maiores: Brasil exporta etanol e os Estados Unidos o importam, causando diferentes situações e problemas logísticos; o Brasil já tem mercado local desenvolvido e distribuição instalada para o etanol, com crescente frota de carros *flex*; nos Estados Unidos não há distribuição pulverizada e nem frota crescente, gerando um problema de “ovo ou galinha”, ou seja, uma causalção circular inibidora.

Os Estados Unidos não utilizam dutos para o transporte de etanol; o Brasil utiliza e pretende investir em mais dutos, especialmente para a exportação.

O governo Norte Americano subsidia a cultura de milho para viabilizar o etanol; no Brasil a indústria, mesmo sem subsídios, é crescente e competitiva.

A utilização de etanol aplicado a células a combustível tem potencial no Brasil, porem não é aplicável nos Estados Unidos, devido á atual situação de distribuição naquele país.

FONTES

- ¹ **CORCORAN**, Peter Blaze; **VILELA**, Mirian; **ROERINK**, Alide. *The Earth Charter in action: toward a sustainable world*. Amsterdam : KIT Publishers. 2005.
- ² **RIFKIN**, Jeremy. *A Economia do Hidrogênio, a Criação de uma Nova Fonte de Energia e a Redistribuição do Poder na Terra*. São Paulo, Makron Books: 2003.
- ³ **FLEURY** Paulo F.; **WANKE**, Peter; **FIGUEIREDO**, Kleber F. (coord.). *Logística Empresarial: a perspectiva brasileira*. São Paulo, Atlas :2006. p.163.
- ⁴ **FRANCO**, Egberto. G.; **DANTAS**, Paulo. L. F.; **BURANI**, Geraldo. F.; **RIBEIRO**, Carlos. E. R.; **TAIOLI**, Flavio. *Sustainable energy: hydrogen, ethanol and fuel cells*. Book of Abstracts and Proceedings of the International Congress University-Industry Cooperation, Second – UNINDU. Perugia, Italy: 2007.
- ⁵ **U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE**. *Ethanol Transportation Backgrounder*. September 2007. Disponível em: <<http://www.ams.usda.gov/tmd/TSB/EthanolTransportationBackgrounder09-17-07.pdf>>. Acesso: 20 novembro 2007.
- ⁶ **BERMAN**, Jeff. *Transportation infrastructure a hot topic at National Governors Association meeting*. Logistics Management, 2/25/2008. Disponível em: <<http://www.logisticsmgmt.com/article/CA6535217.html?nid=2799&rid=1028996895>>. Acesso: 25 fevereiro 2008.
- ⁷ Refere-se ao **Energy Independence and Security Act of 2007**, assinado em 18 de Dezembro de 2007. Mais detalhes estão disponíveis em: <<http://www.whitehouse.gov/infocus/energy/>>. Acesso: 18 Jan. 2008.
- ⁸ **DOE** - Departamento de Energia dos Estados Unidos. *Programa de Biocombustíveis*. Disponível em: <http://www1.eere.energy.gov/biomass/biofuels_data.html> . Acesso: 18 Jan. 2008.
- ⁹ **BRASIL**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretaria de Desenvolvimento da Produção. *Produção e Exportação de Etanol*. Julho 2007.
- ¹⁰ **FIESP** – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. *Biocombustíveis - Mercado Interno, Mercado Internacional, Logística e Tributação*. Apresentação em 13 de Setembro 2007.
- ¹¹ **TRANSPETRO** – *Estatística de transporte via dutos*. Disponível em:<<http://www.transpetro.com.br>>. Acesso em: 14 Outubro 2007.
- ¹² **FIESP**. Op.cit.
- ¹³ **CORTEZ**, Luiz. *Estudo sobre as possibilidades e impactos de produção de grandes quantidades de etanol para a parcial substituição de gasolina no mundo*. Instituto de Estudos Avançados. Universidade São Paulo. Apresentação em 9 Novembro 2006. Sao Paulo.
- ¹⁴ **SINDICOM**. Sindicato nacional das empresas distribuidoras de combustíveis e lubrificantes. Disponível em: <<http://www.sindicom.com.br>>. Acesso: 12 Outubro 2007.
- ¹⁵ **ANP**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Numero de pontos de venda de combustíveis no Brasil*. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso: 19 Setembro 2007.
- ¹⁶ **SILVA**, Carlos Orlando Henrique da. *Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Regulação dos Biocombustíveis no Brasil*. Primeiro Seminário do Centro-Oeste para Energias Renováveis. Goiânia. Apresentação feita em 26-27 Setembro 2007.
- ¹⁷ **ÚNICA** – União da Agroindústria Canavieira de São Paulo. Disponível em <<http://www.unica.com.br>>.
- ¹⁸ **FRANCO**, E. G.; **LINARDI**, M.; **COLOSIO**, M. A.; **BARBOSA**, J. *Células a Combustível e Etanol: Uma Vantagem Tecnológica* In: Anais do 12 Congresso e Exposição Internacionais de Tecnologia da Mobilidade. Danvers, USA: Global Mobility Database, 2003. v.1. pp.3623 – 3623.
- ¹⁹ **WENDT**, H.; **GÖTZ**, M. e **LINARDI**, M. *Tecnologia de Células a Combustível*. São Paulo: Química Nova, QN 23. No.4. 2000. pp. 538-546.
- ²⁰ **LINARDI**, M.; **WENDT**, H. e **ARICÓ**, E.. *Células a Combustível de Baixa Potência para Aplicações Residenciais*. São Paulo: Química Nova. QN 25 No.3. 2002. pp. 470-476.
- ²¹ **KORDESCH**, K.; **SIMADER**, K.. *Fuel Cell and their Application*. Ed. VCH; Weinheim: Alemanha. 1996.
- ²² Para maiores informações, consultar ;<<http://www.hydrogen.org/Knowledge/Projekte/ProjektNr54.html>> Publicado em 19/05/2003. Acesso em 20 janeiro de 2008.
- ²³ Para maiores informações, consultar :<<http://www.hydrogen.org/Knowledge/Projekte/ProjektNr54.html>> Op.Cit.
- ²⁴ **SHAYEGAN**, S.; **HART**, D.; **PEARSON**, P. e **JOFFE**, D.. *Analysis of the cost of hydrogen infrastructure for buses in London*. Journal of Power Sources. Volume 157. Issue 2. 2006. pp. 862-874. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TH1-4J72YYF-4/2/a9a287a761a1db0cd5abc11e021c8eea>>. Acesso em 15 janeiro 2008.