

Ônibus Elétrico-híbridos no Brasil

(Autores: Pietro Erber e Jayme Buarque de Hollanda)

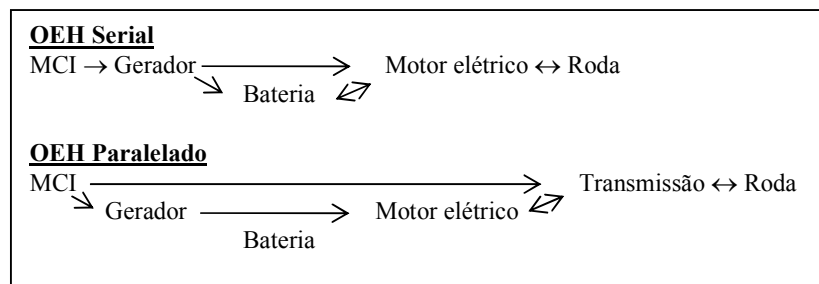
Durante o Seminário “Mobilidade Inteligente” realizado em 12 de novembro de 2010 por ocasião da 14º Etransport (8º FetransRio), foi dedicada uma seção aos ônibus elétricos híbridos (OEH) com apresentação do estado da arte da tecnologia e discutida a sua utilização no transporte público brasileiro. Do evento, realizado com o apoio da ABVE, participaram operadoras de ônibus, fabricantes, acadêmicos, representantes governamentais e da sociedade civil, interessados no tema. O material apresentado na reunião pode ser obtido por download, entrando na página www.etransport.com.br, clicando em “Palestras e Vídeos”, dia 12 de novembro, auditório 3.

No evento, cinco fabricantes de OEH, sendo dois brasileiros, apresentaram seus planos, produtos, e respectivas características técnicas e os resultados obtidos em diversos países. Em seguida às apresentações, foi realizado um debate sobre barreiras, oportunidades e conveniência de estimular o uso da tecnologia no Brasil, onde circulam mais de 40 OEH há vários anos.

Em vista do caráter puramente informativo do evento, os participantes da ABVE acharam importante fazer o resumo que se segue visando um futuro enriquecimento das discussões.

Tecnologia

- ❖ No OEH, a potência do motor de combustão Interna (MCI) pode ser bem menor (até um terço em um dos casos apresentados) que a do ônibus convencional equivalente. No último o MCI tem que atender a demanda máxima das rodas que acontece poucas vezes e por períodos muito curtos geralmente nas partidas e em caso de fortes acelerações. No OEH, quando a demanda das rodas é inferior à capacidade do gerador (e do MCI que o aciona), a energia gerada é direcionada para baterias e acumulada para atender as demandas de pico.
- ❖ Todos os veículos apresentados têm **freio regenerativo**. Na frenagem, o motor elétrico é convertido em gerador, oferecendo a resistência mecânica que para o OEH desacelere e pare. A energia gerada é armazenada na bateria para uso futuro. Parte expressiva da energia inercial, que seria perdida em um freio dissipativo é recuperada no OEH.
- ❖ Tendência ao uso da tecnologia serial (mais simples e de menor custo) para os usos urbanos onde a velocidade média é predominantemente baixa (muitas paradas e trânsito congestionado).



- ❖ A tecnologia paralelada pode ser usada em corredores com paradas mais espaçadas e velocidade média elevada e/ou nos locais em que a topografia apresenta longos trechos de subida;
- ❖ Cresce o uso de super-capacitores, a tecnologia mais adequada para armazenar a energia recuperada na frenagem regenerativa (baterias não absorvem picos de potência que ocorrem nessas operações);
- ❖ O OEH deve ser especificado em função da rota em que for aplicado;
- ❖ Todas as experiências relatadas usam diesel como combustível.
- ❖ Foi indicado que não há dificuldade para utilizar outros combustíveis já testados em motores de ciclo diesel (biodiesel e gás natural). A possibilidade de usar motores de combustão interna com menor potência do motor de veículos convencionais semelhantes é consistente com o uso de motores a etanol (ciclo Otto).
- ❖ Relatado o uso de acionamento independente em quatro rodas, com ganho de eficiência (menos atrito e evita o uso do diferencial) e possibilidade de outros ganhos com mais controle.
- ❖ Cargas auxiliares de ar condicionado e ar comprimido dos freios (compressores acoplados ao motor de combustão interna) são cargas importantes, sobretudo em condições tropicais, onde a produção de frio é responsável por parte importante do consumo de combustível. No OEH há a possibilidade e conveniência de usar o acionamento elétrico.

Experiência

- ❖ Há cerca de 3.000 OEH usados hoje de forma regular em diversas cidades do mundo, sendo 40 em São Bernardo do Campo e em São Paulo, alguns há mais de dez anos, indicando que a tecnologia já ultrapassou a sua curva de aprendizado;
- ❖ Foram relatadas diversas experiências para aumentar a performance dos OEH que ainda têm potenciais teóricos de aperfeiçoamento;
- ❖ Atualmente são feitas dezenas de experiências de campo com a avaliação de resultados nas mais variadas condições;
- ❖ A Fundação Clinton vai fazer um grande experimento de uso e medida de desempenho e emissões de OEH em diversas cidades da América Latina.
- ❖ A aplicação da tecnologia no Brasil deve considerar condições especiais de natureza tanto geográfica quanto cultural e especificidades do mercado brasileiro.
 - A super-lotação dos ônibus, no Brasil, é um fato corriqueiro, razão pela qual os fabricantes de veículos convencionais usam chassis cerca de 30% mais pesados que os utilizados no exterior;
 - Em muitas cidades, em casos de enchentes, os OEH têm que operar em ruas alagadas: a parte elétrica do ônibus deve ser instalada na parte alta do veículo;
 - O ar condicionado em condições tropicais e em rotas com grande número de paradas (abertura de portas frequente) é um importante fator de redução de eficiência

- A Fundação Clinton destaca ainda as diferenças em função da altitude razão pela qual estará testando no nível do mar e em altitudes elevadas como da cidade do México e em Bogotá.

Economia

- ❖ Custos operacionais menores
 - Economia de combustível entre 25% e 40% com possibilidade de aumentar com avanços das tecnologias;
 - Economia de lona de freios e discos de embreagem;
 - Menos manutenção do MCI pela operação feita com regime regular;
 - Nos veículos com motores instalados nas rodas elimina-se a necessidade de transmissão mecânica e amortecedores (a função de amortecimento será feita por motor elétrico junto com a unidade de acionamento motor);
- ❖ Investimento no OEH é, pelo menos, 40% superior ao de um ônibus convencional.;
- ❖ Conveniência de operação;
- ❖ OEH articulados (usados em BRT) tendem a ser mais competitivos com os convencionais, pois os custos de automação ficam mais diluídos;
- ❖ Na avaliação da Fundação Clinton, as economias do OEH só começam a ter “pay-back” a partir do oitavo ano. Seu uso só tem sentido econômico se ficar em serviço pelo menos dez anos.

Meio ambiente

- ❖ O MCI opera de forma estacionária (com rotação e torque constantes) o que reduz as emissões, em grande parte, devidas aos transientes frequentes dos motores obrigados a operar nas mais variadas combinações de rotação e torque;
- ❖ Emissões dos OEH a diesel bem abaixo dos padrões Europeus mínimos (EURO-5);
- ❖ Destaca-se a redução da emissão de particulados (mais de 90% segundo diversos fabricantes, inclusive no Brasil);
- ❖ Possibilidade de utilizar combustíveis renováveis o que aumentaria ainda mais a emissão de CO₂.

Incentivos e Barreiras

- ❖ Os sistemas de concessão do serviço de ônibus brasileiros levam as operadoras a mudar os ônibus com no máximo quatro anos de uso. Isto dificulta a amortização do investimento a maior no OEH com a economia com combustíveis;
- ❖ O preço do óleo diesel é relativamente baixo;
- ❖ A monetização dos custos ambientais é importante;
- ❖ Em todo o mundo, o desenvolvimento de OEH tem atendido a incentivos ambientais, fiscais e/ou creditícios ou imposições governamentais;



- ❖ Há uma linha de crédito do BNDES com condições especiais para ônibus elétricos. Até o presente, todavia tem sido inoperante;
- ❖ Embora haja tetos para as emissões máximas, não há incentivo(s) à redução das emissões;
- ❖ Falta conhecimento sobre os novos ciclos termodinâmicos, mais apropriados para o acionamento do OEH.