

ESPECIAL

Motores e combustíveis de aviação

O impacto do abastecimento no transporte aéreo e a busca por alternativas ao Jet Fuel e à Avgas

POR | LUIZ ALBERTO GOMES DE FIGUEIREDO*, ESPECIAL PARA AERO MAGAZINE







Os combustíveis aeronáuticos atuais são classificados em três grupos, principalmente.

Existem a gasolina de aviação (Avgas), o querosene de aviação (Jet Fuel) e o diesel. Mas, durante muito tempo, a gasolina automotiva foi o principal combustível dos motores de aviação. Depois dela, veio a gasolina de aviação, que se mostrou volátil, com baixo ponto de fulgor, sendo, portanto, um líquido muito inflamável nas temperaturas normais de operação. Com o acréscimo de aditivos no combustível, as misturas, que continuam sendo utilizadas, foram desenvolvidas entre os anos 1950 e 1960. O primeiro motor a jato, inventado pelo britânico Frank Whittle, usou o querosene “iluminante”, uma vez que a gasolina estava escassa no Reino Unido pelo esforço de guerra. Mais de 50 anos depois, o querosene (não o iluminante) continua a ser o combustível primário dos jatos que movem as companhias aéreas e frotas militares. Nesse período, os avanços em *design* de motores de aviões expandiram enormemente o

envelope de voo, e exigiram novos padrões de qualidade de combustível. Isso levou à introdução de uma variedade de tipos de combustíveis, para diversos fins e para o desenvolvimento de especificações para garantir o atendimento aos requisitos em todas as condições de voo.

A AVGAS

O tipo de Avgas mais utilizado pelos motores a pistão é o 100LL, ou 100 *low lead*, que contem menor teor de chumbo e menos octanagem do que o 100 e 130 octanas. Quanto mais elevada a octanagem, maior será a capacidade do combustível de ser comprimido, sob altas temperaturas, na câmara de combustão sem que ocorra a detonação.

A capacidade antidetonante da Avgas é garantida por um aditivo especial, chamado Etil-fluido. Devido aos problemas de manuseio, a Avgas é evitada em grande parte na aviação comercial, uma vez que contém o chumbo tetraetila que, além de ser tóxico, é cancerígeno.

O JET

O querosene de aviação é o combustível utilizado nas aeronaves

com motores a reação (turbinas). Tem como requisito permanecer líquido e homogêneo até a zona de combustão das aeronaves e apresenta resistência química e física às variações de temperatura e pressão, possuindo boas características lubrificantes, essencial nas altas rotações desenvolvidas por esses motores.

A especificação brasileira do QAV-1 é determinada pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), sendo compatível com o Aviation Fuel Quality Requirements for Operated Systems JET A-1 da ASTM International (American Society for Testing and Materials).

O DIESEL

O diesel é um tipo de combustível derivado da destilação do petróleo bruto constituído basicamente por hidrocarbonetos. É um composto formado principalmente por átomos de carbono, hidrogênio, com baixas concentrações de enxofre, nitrogênio e oxigênio.

A sua baixa volatilidade reduz o risco de incêndio e a formação de bolhas de vapor nas linhas de combustível (*vapor lock*), responsável por boa parte dos incidentes de parada ou perda de potência em voo nos motores a gasolina, especialmente em grandes altitudes e subidas rápidas.

A utilização do combustível diesel na aviação brasileira não é ainda aprovada pelas autoridades de aviação civil em razão da qualidade variável do produto oferecido pelos produtores.

O FUTURO DA AVIAÇÃO

O MERCADO

O sucesso do setor de transporte aéreo está firmemente ligado ao desenvolvimento econômico e este, por sua vez, depende também do grau de crescimento do transporte aéreo. A concorrência entre as empresas de transporte aéreo está ligada à busca de vantagens competitivas e passa, necessariamente, pelo crescente aprimoramento tecnológico no intuito de se diminuir os elevados custos de suas frotas.

Ao elaborar seus planos de negócios, as companhias aéreas consideram inúmeros fatores para escolher determinada aeronave. Tais fatores podem ser classificados em dois níveis de importância: primários e secundários.

Em relação aos primários, considera-se o desempenho da aeronave, o alcance, o consumo de combustível e os custos diretos de manutenção. Quanto aos secundários, são considerados quesitos como espaço, conforto, ruído externo e interno, tempo de solo entre voos, carga paga disponível e os custos de treinamento.

No contexto dos níveis primários, está a importância das aeronaves, motores e combustíveis, sendo dois os fatores alvos de preocupação no setor: o preço do combustível e a proteção ao meio ambiente.

O PREÇO DO COMBUSTÍVEL

A variação dos preços do petróleo nos mercados internacionais influencia de forma decisiva os custos de transporte, pois está diretamente ligado ao preço do barril de petróleo. O preço do barril de petróleo é condicionado por vários fatores externos que variam desde a influência política dos países produtores até a oferta econômica

e está sujeito, portanto, a variações imprevisíveis e, por vezes, intempestivas. O preço do combustível junto com a trajetória do câmbio são as variáveis que mais influenciam os custos incidentes sobre o transporte aéreo, estando sujeito às variações de moedas.

Nesse cenário, torna-se importante a busca pela melhoria no consumo de combustível por meio do avanço tecnológico nos motores, ou na utilização de aeronaves mais modernas. Segundo o Sindicato Nacional das Empresas Aeroaviárias (Snea) do Brasil, as empresas aéreas vêm registrando queda de rendimento de suas utilidades pelo aumento excessivo do preço do combustível, o qual demonstrou um aumento de mais de 30% nos últimos dois anos.

A PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE

A tendência global de proteger o meio ambiente tem se tornado algo decisivo no planejamento estratégico das empresas de transporte aéreo. Essa tendência é o resultado de alguns fatores, tais como:

- *Aumento das pressões governamentais sobre um melhor controle e diminuição dos níveis de ruído;*
- *O maior rigor no controle e na diminuição das emissões dos gases poluentes;*
- *A tendência mundial de se adotar uma legislação padronizada e abrangente para a proteção ambiental com adoção de níveis cada vez mais exigentes.*

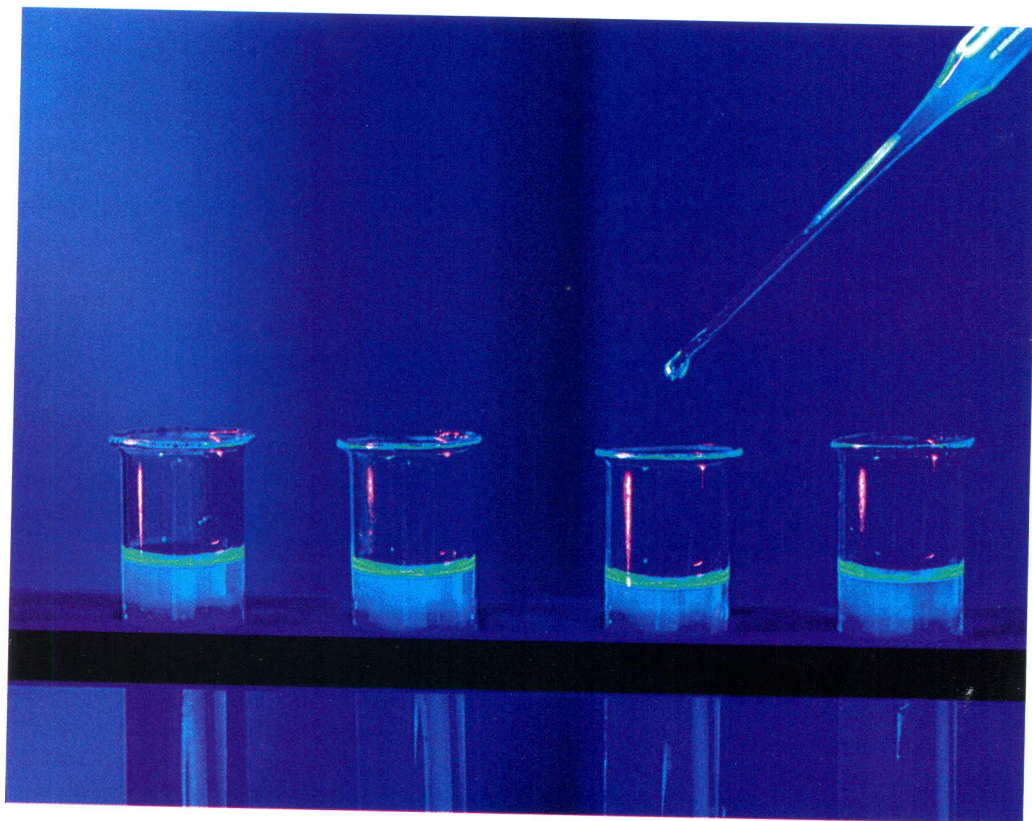


Figura 1: Propfan ou Unducted fan



Figura 2: Ducted Fan



OS MOTORES DAS PRÓXIMAS DÉCADAS

ALTERNATIVAS

O futuro do transporte aéreo vai depender da evolução dos esforços de inovação no sentido de superar as barreiras técnicas vigentes e, assim, desenvolver aeronaves mais competitivas, motores mais eficientes e combustíveis menos agressivos ao meio ambiente.

A demanda por uma crescente eficiência na geração de potência, por parte de um mercado cada vez mais competitivo, tem mostrado sintomas que direcionam para:

- *Maior flexibilidade na utilização de combustíveis;*
- *Menor consumo;*
- *Necessidade de melhoria do desempenho ambiental para fazer face à regulação cada vez mais severa;*
- *Disponibilidade e confiabilidade (a exigência de manter os atuais níveis de confiança nos equipamentos submetido às condições operacionais mais agressivas e extensas).*

Dessa maneira as alternativas que parecem surgir levam sempre a motores mais eficientes na geração de potência, mais flexíveis na utilização de combustíveis alternativos e menos agressivos ao meio ambiente, sem perder a confiabilidade já alcançada.

Para os motores convencionais, o que se tenta é melhorar a eficiência na utilização de combustíveis diversos, de modo a se ter motores flexíveis (*motor flex*) e, desse modo, dar ao consumidor o poder de decidir pelo combustível que melhor lhe convier economicamente na ocasião.

A utilização da gasolina de aviação, por problemas ambientais e alto custo, tem levado o mercado aeronáutico a procurar outros tipos de combustíveis

menos poluentes e mais baratos. Um combustível alternativo ainda não foi totalmente desenvolvido, mas existem muitas pesquisas em andamento.

Embora seja possível converter alguns motores a gasolina para o uso do álcool etílico hidratado no Brasil, que possui grande disponibilidade, no resto do mundo ele ainda não é amplamente utilizado, mesmo tendo grandes vantagens do ponto de vista ambiental.

O etanol, além de ser menos poluente, faz uma grande diferença no desempenho da aeronave. Com ele, o motor opera mais frio, diminuindo seu desgaste e permitindo a extensão do tempo entre Revisões Gerais do Motor (TBO). Tudo isso faz com que o custo operacional diminua consideravelmente.

Atualmente, em torno de 30% da frota de modelos Ipanema do Brasil já é formada pelo EMB-202-A movido a etanol. Considerando uma frota de 600 aviões, esse modelo demanda 21,6 milhões de litros de etanol e gera redução de US\$ 13,5 milhões por ano no custo operacional ao ano.

Existe hoje uma forte tendência de se utilizar mais motores movidos a diesel na aviação comercial,

por serem mais eficientes e econômicos. São mais econômicos, pois possuem uma eficiência termodinâmica da ordem de 50% contra 30% em média dos motores a gasolina. Seu principal atrativo, além da durabilidade natural, é o seu custo de manutenção. Um motor "diesel" típico, de 230 hp, consome em média 34 litros de combustível por hora, enquanto um motor convencional a gasolina de nível de potência similar consome em média 46 litros por hora.

Há também a busca por novos *designs* de motores alternativos com melhor rendimento. Tem-se tem obtido rendimentos da ordem de 50% na geração de potência e redução em um terço na emissão de dióxido de carbono em pesquisas atuais.

Quanto aos motores a reação, as alternativas têm se direcionado para o reprojeto de elementos que melhorem a eficiência das máquinas, tais como:

- *Aumento da capacidade de compressão (increased of pressure ratio);*
- *Aumento de temperaturas de trabalho na seção quente;*
- *Aumento da relação de bypass dos fans.*

NOVOS MOTORES SÃO MAIS EFICIENTES NA GERAÇÃO DE POTÊNCIA, FLEXÍVEIS NO USO DE COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS E MENOS AGRESSIVOS AO MEIO AMBIENTE, SEM PERDER A CONFIABILIDADE

As duas primeiras estão intimamente relacionadas com a eficiência do ciclo termodinâmico, e a terceira, com a eficiência de propulsão (empuxo). A melhoria de eficiência pelo aumento da capacidade de compressão e da temperatura da seção quente passa necessariamente pela pesquisa de novos materiais, que devem aguentar as cargas aerodinâmicas e de temperatura esperadas. Resolvendo essa limitação, espera-se melhorar entre 10% a 20% a eficiência térmica dos motores, com conseqüente redução de consumo de combustível (espera-se da ordem de 15%) e de poluentes (espera-se da ordem de 30%).

Já para a terceira, tem-se pesquisas de várias soluções de *design* mecânicos, tais como os fans abertos (*unducted fans*) ou fechados (*ducted fans*). O *unducted fan* ou *propfan* é uma solução que consiste em duas ou mais hélices, geralmente contrarrotativas, movidas pela turbina do motor a reação (veja a figura 1). São bastante eficientes em empuxo, com a vantagem de gerar menos ruído com relação aos motores a reação atuais (cerca de 20%), além de melhorar o consumo de combustível em 15% comparados aos motores de níveis de empuxo similares.

Os *ducted fans* são uma solução similar a anterior, resultando em redução de combustível da mesma ordem, porém, com melhor resultado na redução de ruído (de 25% a 30%), uma vez que permite a utilização de materiais absorventes no duto (veja a figura 2).

DESEMPENHO E EFICIÊNCIA VERSUS SUSTENTABILIDADE

Muitas pesquisas têm sido efetuadas nesse sentido da redução do consumo de combustíveis fósseis e a sua substituição por outros mais sustentáveis. O alto preço e os danos ao meio ambiente, principalmente devido à liberação de monóxido de carbono, movem estas pesquisas.

Tem-se uma estimativa de que no século 20 a quantidade de monóxido de carbono aumentou em 25% – o que equivale a colocar na atmosfera 270 milhões de toneladas, formando um “cobertor” de 20 km de altitude, que impediria a passagem livre de calor do sol, gerando o chamado efeito estufa. Verifica-se que só entre 1975 e 2003 a aviação colocou na atmosfera pelo menos 180 milhões de toneladas de CO₂ (veja figura 3). Além disso, o combustível fóssil cria outros problemas, tais como névoas e chuva ácida, tendo como agravante ser uma fonte de energia não renovável.

A quantidade utilizada de combustível fóssil ultrapassa em muito a que a natureza pode produzir por milhares de anos, portanto, sua disponibilidade está com os “dias contados”, tornando-o mais escasso e caro ao longo do tempo. Dessa maneira é essencial sua utilização eficiente associada às pesquisas de outras fontes de combustíveis.

Entre os trabalhos que as empresas têm desenvolvido para melhorar a eficiência dos motores está a utilização de novos e mais resistentes materiais, o que permite a otimização termodinâmica, a redução de perdas para mover acessórios por meio do uso de dispositivos auxiliares controlados por demanda, o gerenciamento térmico direcionado, o emprego de motores turbofan com maior razão de *bypass* (*ducted ou unducted fans*), as câmaras de combustão de maior eficácia e soluções com menor atrito de componentes internos.

Quanto mais eficiente for o motor de um avião – e, conseqüentemente, quanto menos combustível utilizar –, menor será o custo de operação e mais rentável será a aeronave para as companhias aéreas nos cenários futuros. Em paralelo, a indústria de aeronaves procura por soluções aerodinâmicas que as tornem mais leves e eficientes, refletindo assim no consumo de combustível.

Espera-se que com todas essas soluções, quando forem implementadas, os motores tenham uma melhora da ordem de 15% a 20% em sua eficiência termodinâmica. O que permitirá uma redução da ordem de 16% a 18% no consumo de combustível, que em uma frota de 100 aeronaves significa poupar 80 mil toneladas de combustível por ano. Refletindo-se isso em termos econômicos, significa uma economia de cerca de 85 milhões de dólares ou 170 milhões de reais ao ano.

EMISSÕES DE GASES NO TRANSPORTE AÉREO

A indústria da aviação é o setor de transporte que tem continuamente implementado melhoria de *performance* ambiental, mas as constantes melhorias tecnológicas não acompanham o incremento de emissões devido ao próprio crescimento do tráfego aéreo. As melhorias tecnológicas em emissões crescem 3% ao ano enquanto que o tráfego aéreo

ATÉ 2020, OS AVIÕES DEVEM CORTAR PELA METADE RUÍDO E EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) E REDUZIR EM 85% A POLUIÇÃO POR ÓXIDOS DE AZOTO (NO_x), EM RELAÇÃO AOS NÍVEIS DE 2000

crece 5%. A aviação é responsável por 3% das emissões globais de gás carbônico, mas há perspectivas que indicam um substancial aumento desta participação.

Uma resolução da ICAO, em 1971, adotou medidas sobre as emissões de gases pelos motores, que apresentam limites para as partículas sólidas e alguns contaminantes gasosos dos grandes motores a serem produzidos no futuro.

O programa Clean Sky da Comunidade Européia determina que até 2020 os aviões

devem cortar metade do seu ruído e emissões de dióxido de carbono (CO₂) e reduzir em 85% a sua poluição por óxidos de azoto (NO_x), em relação aos níveis de 2000. Em 2050, os cortes são elevados para 65% no ruído, 75% em CO₂ e 90% em NO_x.

Nos motores modernos, os níveis de poluentes têm diminuído consideravelmente devido ao aumento das temperaturas de combustão dos motores e à adoção de soluções que melhoram a queima da mistura ar-combustível nas câmaras de combustão e no rendimento termodinâmico.

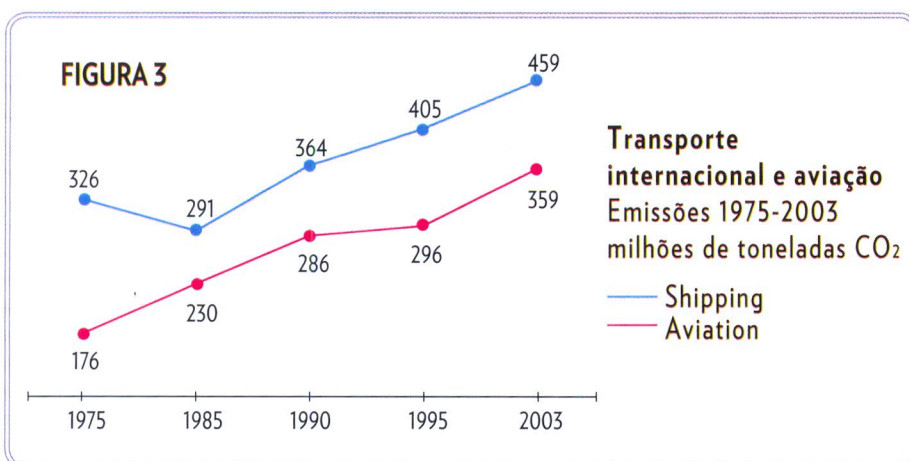
Espera-se que com essas medidas técnicas e regulamentares deixe-se de colocar 270 mil toneladas de CO₂ por ano nos próximos anos.

O CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

Os combustíveis representam cerca de 40% dos custos de operação das empresas aéreas. Dessa forma, todos envolvidos nesse mercado estão se mobilizando para achar soluções que visam à diminuição do consumo. Para se ter uma ideia da dimensão deste mercado, o consumo mundial de Jet Fuel foi estimado em 279 bilhões de litros (dados da IATA) e só no Brasil, 4.9 bilhões de litros (dados da Agência Nacional do Petróleo).

O aumento do consumo de combustível, em razão do crescimento da frota nos últimos anos, obriga o governo a importar o combustível, já que o Brasil não é autossuficiente na produção de combustíveis aeronáuticos. O incentivo a novos investimentos na produção de gasolina e etanol para fazer frente a essa demanda deve vir acompanhado do esforço dos fabricantes de aeronaves e motores em melhorar a eficiência dos motores e na utilização de fontes alternativas. Com isso, o país evitaria perdas de divisas melhorando os índices econômicos, além de melhorar a qualidade ambiental. Menciona-se também a previsão segundo a qual a produção de combustíveis fósseis tende a diminuir no futuro, tornando-o mais escasso e, portanto, caro (veja previsão da United States Geographical Survey na figura 4).

As principais inquietações



do setor são focadas na pressão para reduzir suas emissões de gás carbônico e o constante aumento do preço dos combustíveis de aviação. A orientação reinante no setor é desenvolver um combustível com baixa emissão de gás que possa ser utilizado nos motores aeronáuticos existentes, e em toda a rede de distribuição com o mínimo de modificação.

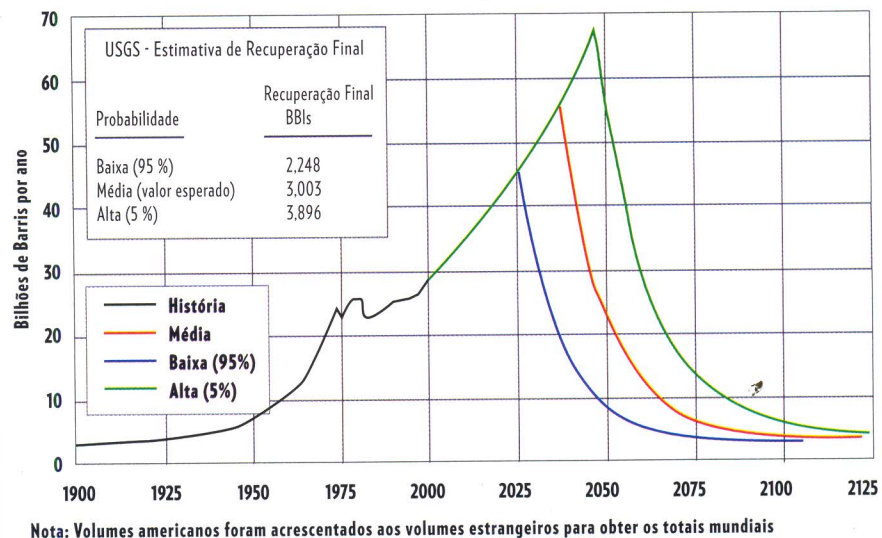
Diante da necessidade de se buscar alternativas sustentáveis e de baixo custo aos combustíveis fósseis, emerge o mercado de biocombustíveis para aviação com uma demanda assegurada. Se apenas 10% do consumo de Jet Fuel for substituído por biocombustível, haveria uma demanda de 27,9 bilhões de litros, o equivalente à produção brasileira de etanol em 2008/09.

O setor aéreo brasileiro também tem se movimentado através da criação da Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação (Abraba), formada por dez entidades, sinal do envolvimento da indústria aeronáutica na promoção de um mercado de combustíveis alternativos para aviação.

Recentemente, foi criada a especificação ASTM D7566 para o uso de combustíveis derivados de misturas que contenham até 50% dos chamados hidrocarbonetos sintetizados (biomassa, gás natural etc.). É um importante passo em direção aos combustíveis 100% sintéticos.

Para a grande aviação comercial, o bioquerosene torna-se uma alternativa bastante viável, uma vez que possui um poder calorífico igual ao seu equivalente derivado de petróleo e reduz consideravelmente as emissões de gases de efeito estufa, alcançando

FIGURA 4
PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO ANUAL COM TAXAS DE CRESCIMENTO DE 2% E DIFERENTES NÍVEIS DE RECURSOS (DECLIN R/P = 10)



Nota: Volumes americanos foram acrescentados aos volumes estrangeiros para obter os totais mundiais

níveis similares ao do etanol.

O uso do etanol, principalmente na aviação geral usária dos motores convencionais, proporciona muitas vantagens, tais como preço inferior ao da gasolina, redução dos índices de poluição por emissão de gases nocivos e manuseio mais seguro que a gasolina. Mesmo a sua adição na gasolina (10% de etanol e 90% de gasolina) já produz melhores resultados ao meio ambiente e à economia comparados à gasolina pura. Sua desvantagem ainda está na baixa produção, uma vez que necessita de certo tempo de colheita e grandes extensões de terra. Verifica-se as vantagens gerais de uso dos biocombustíveis pelos seguintes fatores:

- Possibilita o fechamento do ciclo do carbono (CO₂);

- Gera emprego e renda no campo;
- Reduz investimento financeiro em pesquisas em comparação às de prospecção de petróleo que ainda são dispendiosas;
- Substitui óleo diesel sem necessidade de ajustes nos motores;
- Torna mais seguro o manuseio e o armazenamento em relação aos combustíveis fósseis.

Os biocombustíveis já são um fato e não mais um futuro longínquo. Perante a nova realidade na economia mundial, na qual não só o aspecto de custo econômico está em jogo, mas também o custo ambiental, o Brasil tem uma posição-chave, pois detém capacitação tecnológica e farta matéria-prima.

* Luiz Alberto Gomes Figueiredo é consultor e instrutor da DCA-BR.