

Emissões de CO₂ devido ao transporte aéreo no Brasil

*André Felipe Simões**
*Roberto Schaeffer***

Resumo

Vital para a economia moderna globalizada, o setor de transportes contribui com cerca de 13% do aquecimento global [1]. Em especial para o setor de aviação, a questão da emissão de poluentes pelos motores aeronáuticos tem se tornado foco de grande interesse científico em anos recentes. A voracidade do crescimento da aviação civil tem se configurado como a força-motriz para tal interesse. Especialmente, nos países em desenvolvimento e de base industrial, como o Brasil, tem-se verificado as maiores taxas de crescimento para a demanda por transporte aéreo e para as emissões de CO₂ associadas [1,2].

O presente trabalho tem por finalidade inserir e entender a participação do transporte aéreo brasileiro no contexto de mudanças climáticas globais. Nesse sentido, apresenta-se uma introdução visando contextualizar o Brasil no tema proposto; uma abordagem a respeito do tenuous relacionamento entre o setor aéreo e o meio ambiente atmosférico; o consumo energético associado à crescente demanda; e o inventário para as emissões de CO₂ (calculado através da metodologia *top-down*) devido à atividade aérea no País. Finalmente, sugerem-se estratégias de mitigação das emissões de CO₂ pela aviação brasileira e, nas considerações finais, discute-se e analisa-se o trabalho como um todo.

1. Introdução

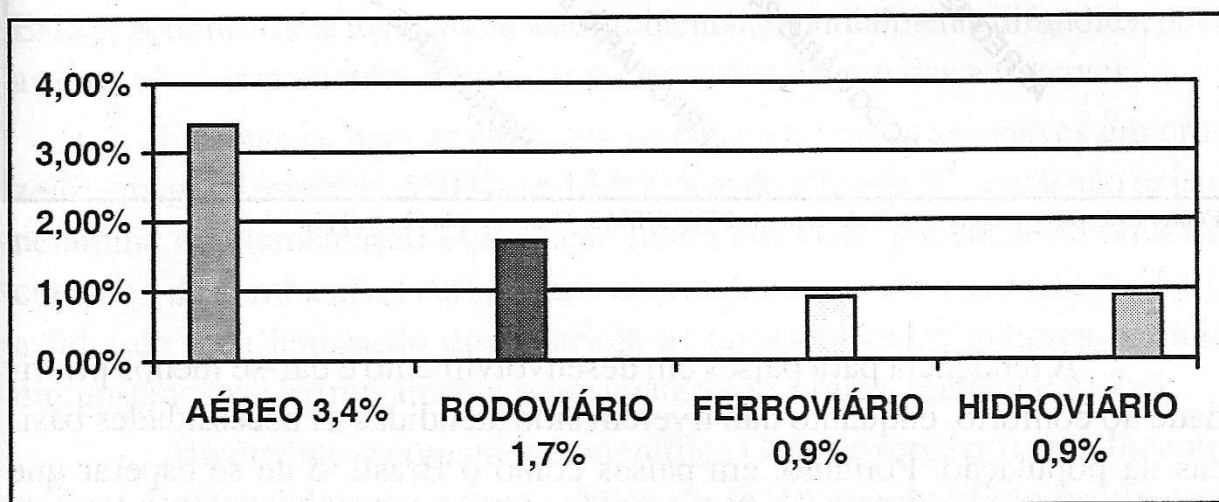
A questão ambiental tem sido considerada prioritária no estabelecimento de políticas de governo, tanto em países industrializados quanto naqueles em desenvolvimento. A degradação ambiental, de uma forma geral, é prejudicial à saúde humana, reduz a produtividade econômica e energética, e leva à perda de "conforto", termo que designa as variadas formas pelas quais as pessoas se beneficiam de um meio ambiente não poluído. Os transportes entre os vários segmentos econômicos estão entre aqueles que mais têm contribuído para a degradação ambiental, devido basicamente à queima de combustíveis fósseis e a consequente geração de poluentes gasosos para a atmosfera [4]. Especialmente as emissões de CO₂ devido aos transportes, têm preocupado a comunidade científica mundial pela magnitude das taxas de crescimento, e pelo fato de o CO₂ ser o principal gás de efeito estufa. Nos países em desenvolvimento como os da América Latina, onde se insere o Brasil, a correlação entre o setor de transporte e a degradação ambiental, expressa em termos de emissões de CO₂ é notória quando comparada a outras regiões do globo.

As maiores taxas mundiais de crescimento para as emissões de CO₂ devido aos transportes, desde o início da década de 1990, têm sido registradas no modal aeroviário que, atualmente, responde por cerca de 3,5% da contribuição antropogênica para o aquecimento global pela queima de combustíveis fósseis [5]. Intrinsecamente relacionado ao aumento nas emissões de CO₂ está a notável expansão da taxa de crescimento do uso de energia pelo modal aéreo, quando comparada a outros modais, para o período 1995-2000, conforme explicita a Figura 1 para o caso brasileiro.

* Doutorando em Planejamento Energético (PPE/COPPE/UFRJ). E-mail: afsimoes@antares.com.br

** Ph.D. Professor do Programa de Planejamento Energético (PPE/COPPE/UFRJ). E-mail: roberto@ppe.ufrj.br Programa de Planejamento Energético – PPE/COPPE/UFRJ - Centro de Tecnologia, Bloco C, Sala 211 - Cidade Universitária CEP: 21.945-970 - Rio de Janeiro-RJ

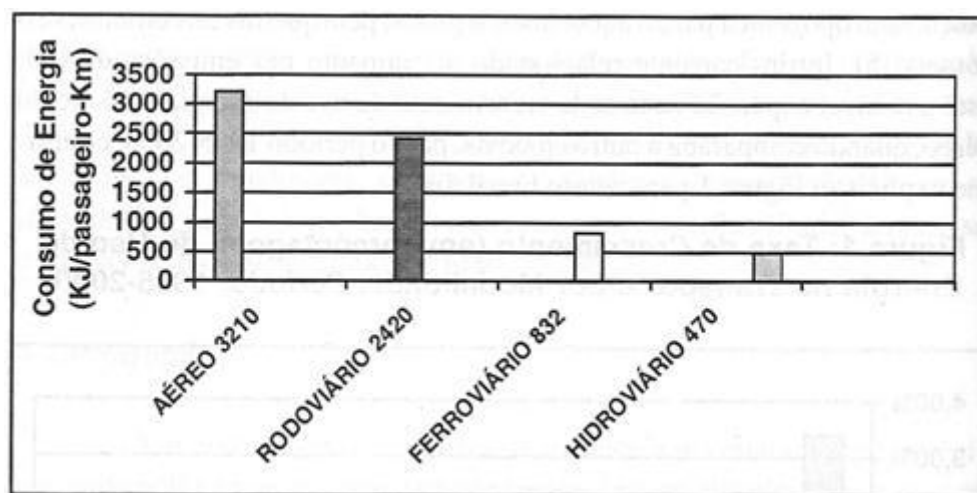
Figura 1: Taxa de Crescimento (em porcentagem) do Uso de Energia no Transporte por Modalidade. Período: 1995-2000.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Ministério das Minas e Energia (BEN, 2000) [6].

A importância do transporte aéreo no problema do aquecimento global torna-se ainda mais evidente, pois o modal aéreo é de longe o de maior intensidade energética [3], ou seja, consome mais energia por tonelada de carga transportada ou passageiro por quilômetro. A Figura 2 apresentada a seguir ilustra o quão energético-intensivo é o setor aéreo em comparação a outros modais de transporte.

Figura 2: Intensidade Energética (Consumo de Energia em KJ/Passageiro-km) por Modais de Transporte. Valor médio registrado para o ano de 2000 nos países da América Latina.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da PETROBRAS (Comunicação Pessoal) [7].

A tendência para países em desenvolvimento é dar-se menos prioridade ao conforto, enquanto não tiverem sido atendidas as necessidades básicas da população. Portanto, em países como o Brasil, é de se esperar que ocorra uma compatibilização entre os objetivos de crescimento e desenvolvimento dos transportes e a minimização da degradação ao meio ambiente, de forma a se garantir o potencial produtivo e a expansão das atividades econômicas. Nesse sentido, este trabalho se justifica, pois sinalizará a respeito de um novo contexto energético e ambiental gerado pela expansão do transporte aéreo no Brasil. Assim, espera-se contribuir para a definição de prioridades no sentido de que o desenvolvimento do setor aéreo brasileiro seja o mais sustentável. Esse tipo de análise ganha maior relevância devido à notável carência de pesquisas que enfoquem o Brasil no contexto mundial de aumento da consciência ambiental com relação ao problema do aquecimento global.

2. A aviação como um problema ambiental global

As emissões de poluentes pelas aeronaves constituem-se no segundo aspecto ambiental a ser considerado pelas autoridades. O primeiro grande foco de atenções para problemas ambientais causados pela aviação foi a questão do ruído aeronáutico [8].

Constituído em 1982, o Comitê de Proteção Ambiental em Aviação Civil (CAEP, em inglês), órgão vinculado à Organização Internacional para a Aviação Civil (ICAO, em inglês), através de Grupo de Trabalho 3 que atua especificamente na área de emissão de motores, indica limites para cada poluente emitido pelas aeronaves nas operações de pouso e decolagem. Órgãos competentes do país onde a aeronave foi registrada realizam medições objetivando verificar se a aeronave emite poluentes dentro dos limites indicados pela International Civil Aviation Organization (ICAO). Se este for o caso, a aeronave recebe certificação que é concedida e validada por tais órgãos competentes. No caso do Brasil, o Departamento de Aviação Civil (DAC) é o órgão que realiza as medições e certificações das aeronaves brasileiras. Existe, portanto, uma regulamentação ambiental, mundialmente difundida, para as emissões de poluentes durante o pouso e decolagem das aeronaves.

Entretanto, para as emissões de poluentes pelas aeronaves em cruzeiro, em geral, entre 11.550 Km e 13.860 Km de altitude[9], ainda não existe nenhuma regulamentação específica. Tendo em vista que cerca de 60% do consumo de combustível aeronáutico ocorre durante o voo em cruzeiro [5,9], a falta de uma legislação que restrinja as emissões pelos motores em tais circunstâncias é extremamente preocupante sob a ótica ambiental global.

Atualmente, a comunidade científica [10] converge no entendimento de que a potencialização antropogênica do fenômeno do efeito estufa está associada ao aumento nas emissões de determinados gases poluentes. A maioria desses gases é emitida pela aviação e em quantidades suficientes para afetar o clima global [5].

As principais emissões aeronáuticas incluem: dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x), monóxido de carbono (CO), vapor d'água e aerossóis (poeira). O impacto de tais emissões depende da relativa mudança que elas induzem na baixa atmosfera e seu efeito atmosférico fotoquímico, dinâmico e de processo radiativo. O processamento fotoquímico destas emissões pode afetar o ozônio e outras espécies importantes. A mudança climática pode resultar de mudanças nas concentrações de importantes espécies radiativas (isto é: água, ozônio e particulados). Enfim, os impactos causados pelas emissões das aeronaves relacionam-se aos dois principais problemas ambientais globais: a depleção da camada de ozônio e a potencialização antropogênica do efeito estufa.

O efeito direto no clima causado pelas emissões de CO₂, monóxido de carbono, óxidos de enxofre, vapor d'água e poeira é de aumentar o aprisionamento de raios infravermelhos gerando incremento do efeito estufa e, com isso, induzindo ao aquecimento da superfície terrestre. Já o efeito no clima gerados pelos óxidos de nitrogênio (NO_x) é dúbio. Emitido na estratosfera (acima de 4 Km nos Trópicos) tais óxidos, que sob a luz solar reagem quimicamente com componentes da atmosfera, provocam depleção da camada de ozônio [5]. Emitido na alta troposfera, de 10 a 12 Km de altitude (espessura variável de acordo com a latitude), os óxidos de nitrogênio, por processos fotoquímicos, propiciam a formação de ozônio (O₃) que atua da mesma forma que o CO₂, ou seja, aprisionando raios infravermelhos e potencializando o efeito estufa. Apesar de o ozônio ser um gás de efeito estufa muito mais potente do que o CO₂ [11], é o CO₂ o principal GEE emitido pela aviação (e também por todos os outros setores) tendo em vista ser o volume das emissões deste gás muito superior ao dos demais gases emitidos ou instantaneamente formados, como é o caso do ozônio [11].

Motivo de muita polêmica entre a comunidade científica mundial ao longo das décadas de 1980 e 1990, a potencialização antropogênica do efeito estufa é hoje fonte de entendimento consensual: efetivamente o ser humano está modificando o clima terrestre. Sob esse contexto, a ciência tem buscado aumentar o conhecimento qualitativo e quantitativo a respeito da complexa relação entre atividades humanas e efeito estufa. Assim como em outros setores, ainda não há uma ampla e precisa compreensão sobre o impacto global no clima terrestre causado pelo setor aéreo. No entanto, não só a ciência mas também os "atores" econômicos e políticos envolvidos com o transporte aéreo (companhias de aviação, governos, entidades não-governamentais, etc) admitem a importância da aplicação de práticas que visem reduzir o nível das emissões aeronáuticas de CO₂ mitigando assim, os impactos ambientais consequentes.

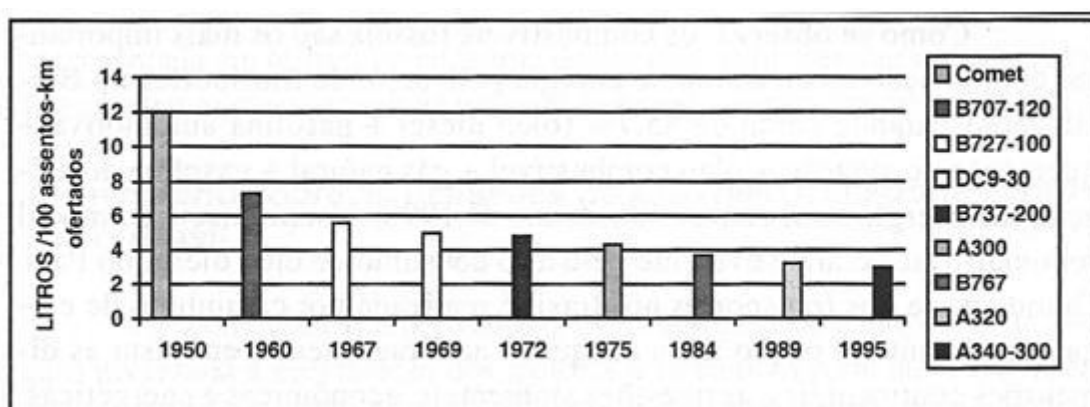
Fundamental para aplicação de políticas minimizadoras de impactos ambientais geradas por emissões aeronáuticas de CO₂ é conhecer o porte de tais emissões. Esse foi um dos aspectos que norteou e motivou o desenvolvimento deste trabalho.

3. Consumo de energia

Já se foi o tempo em que a decolagem de um quadrijato comercial, com seu ruído trovejante e esteiras de fumaça negra, era algo admirável e representava não só o progresso, mas a própria genialidade humana. Hoje, tal cena atrairia comentários muito menos elogiosos, versando sobre níveis de emissão de poluentes, zona de inadequação de ruído e outros parâmetros. De fato, a aviação comercial sofre uma completa mudança em seus padrões e exigências nos últimos 20 anos, e chega ao início de um novo milênio com desafios sequer imagináveis nos anos 60.

A resposta da indústria aeronáutica, com relação a reduzir o consumo de combustível por aeronave, tem sido razoavelmente rápida. E quanto menor o consumo de combustível, menor a geração de emissão de poluentes e, conseqüentemente, minimiza-se a degradação ambiental. A Figura 3 ilustra a redução do consumo de combustível, obtida com a evolução do desenvolvimento das aeronaves em relação ao projeto (design) e aos motores.

Figura 3: Evolução do Consumo de Combustível por Modelos de Aeronaves por 100 Assentos-Quilômetros Disponíveis (ofertados).



Fonte: BRETTAS, Luiz A. [8].

Entretanto, a despeito das melhorias tecnológicas, devido à notável expansão da frota e do próprio tráfego aéreo mundial (especialmente a partir do início da década de 1990) tem-se verificado que o consumo de energia associado à aviação vêm aumentando cada vez mais [12].

A Tabela 1 apresenta a participação percentual de cada fonte para fornecimento de energia ao setor de transportes no Brasil.

Tabela 1 - Fontes de Energia utilizados pelo setor de Transportes no Brasil (1998).

FONTE DE ENERGIA	%
GASOLINA DE AVIAÇÃO	0,1
GÁS NATURAL	0,1
ELETRICIDADE	0,7
ÓLEO COMBUSTÍVEL	1,6
QUEROSENE DE AVIAÇÃO	6,4
ÁLCOOL	13,6
GASOLINA AUTOMOTIVA	30,3
ÓLEO DIESEL	47,2

Fonte: Ribeiro, S.K. e colaboradores (2000) [3].

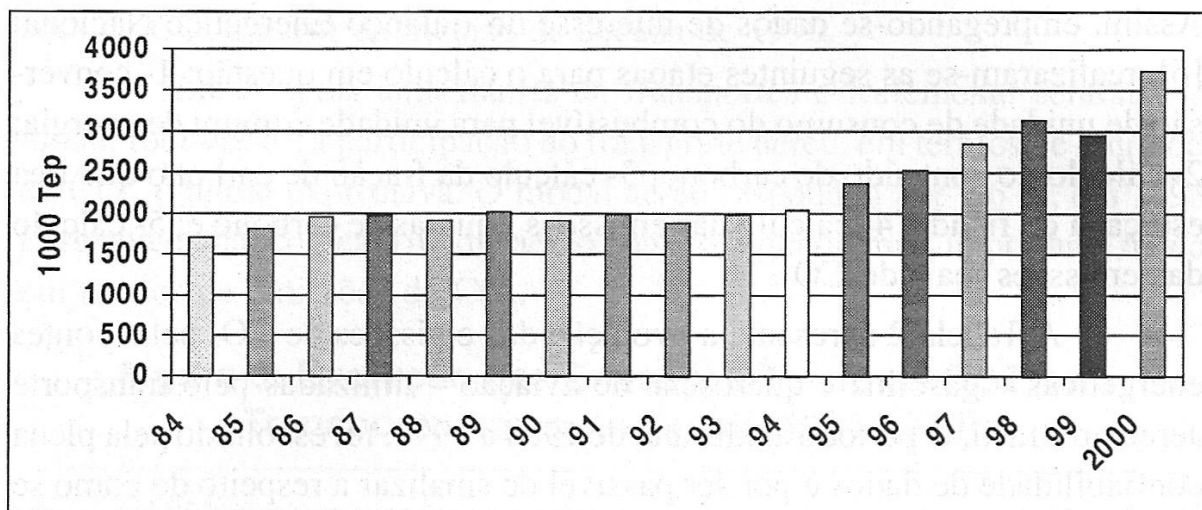
Como se observa, os combustíveis fósseis são os mais importantes com relação ao consumo de energia pelo setor de transportes no Brasil, representando cerca de 85,7% (óleo diesel + gasolina automotiva + querosene de aviação + óleo combustível + gás natural + gasolina de aviação) da energia total consumida no ano de 1998. A supremacia do modal rodoviário fica clara e evidente pelo alto consumo de óleo diesel no País. Grande parte dos transportes no Brasil é realizada por caminhões de carga. Certamente, a opção mais adequada ao Brasil, tendo em vista as dimensões continentais e as

questões ambientais, econômicas e energéticas, seria que os modais ferroviário e hidroviário tivessem uma maior participação na matriz de transportes brasileira.

No caso do modal aéreo, o consumo de energia confunde-se com consumo de derivados de petróleo; afinal, os derivados, especificamente o querosene e a gasolina de aviação, são as únicas fontes de energia utilizadas pelo subsetor. No Brasil, o querosene de aviação, empregado nos motores com reações a jato e turbo hélice, é consumido por quase toda a frota aérea circulante no País. Este combustível, em 1999, respondeu por cerca de 96,3% do consumo de energia do subsetor e a gasolina de aviação, empregada nos motores a pistão, respondeu por apenas 3,7% do total consumido pelo setor aéreo brasileiro [12].

A evolução do consumo energético total, somando-se o consumo de gasolina de aviação com o de querosene de aviação no período de 1984 a 2000 é apresentada pela Figura 4.

Figura 4: Evolução do Consumo de Energia Total pelo Modal Aéreo (em 10³ tep). Período: 1984-2000.



Fontes: MME (2000) [6] e PETROBRAS (2001) [12].

Como pode ser constatado, a partir de 1994, a aviação brasileira, representada em termos de consumo de energia, vem crescendo a taxas muito expressivas comparáveis às maiores do mundo no período em questão [12].

4. Inventário sobre as emissões de CO₂ pelo transporte aéreo no Brasil

A combustão dos derivados de petróleo (gasolina e querosene de aviação) necessária à energização dos motores aeronáuticos gera, inevitavelmente, gases poluentes que são lançados imediatamente à atmosfera e, em geral, em elevadas altitudes (acima de 10 Km), incrementando o aquecimento global [13,14]. Dentre os gases emitidos pela aviação, o CO₂ é o principal gás de efeito estufa [1]. Sua importância no aumento antropogênico desse fenômeno é tanta que existe toda uma metodologia desenvolvida pelo IPCC (painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) [15], que permite o cálculo das emissões deste gás.

Em verdade, o IPCC, elaborou duas metodologias para o cálculo das emissões de CO₂. São os métodos *top-down* e *botton-up*. A metodologia *top-down* [15] leva em conta apenas as emissões de CO₂ a partir dos dados de produção e consumo de energia, sem detalhamento de como essa energia é consumida. Já a metodologia *botton-up* [15] leva em conta o tipo de queima do combustível, a tecnologia empregada no processo, a quilometragem percorrida e a frota total, dentre outras informações detalhadas nem sempre disponíveis. Pela maior confiabilidade de dados, a metodologia *top-down* acabou por difundir-se muito mais que a *botton-up*.

Neste trabalho, para o cálculo das emissões de CO₂ devido ao transporte aéreo brasileiro, utilizou-se a metodologia *top-down* sugerida pelo IPCC. Assim, empregando-se dados de interesse do Balanço Energético Nacional [6], realizaram-se as seguintes etapas para o cálculo em questão: 1- conversão de unidade de consumo do combustível para unidade comum de energia; 2- cálculo do conteúdo de carbono; 3- cálculo da fração de carbono que fica estocada ou fixada; 4- cálculo das emissões líquidas de carbono e; 5- cálculo das emissões reais de CO₂.

A Tabela 2 apresenta a evolução das emissões de CO₂ pelas fontes energéticas - gasolina e querosene de aviação - utilizadas pelo transporte aéreo no Brasil. O período analisado, de 1984 a 1999, foi escolhido pela plena confiabilidade de dados e por ser passível de sinalizar a respeito de como se dará a evolução das emissões de CO₂ em futuro próximo.

Tabela 2 - Evolução das Emissões de CO₂ pelas Fontes Energéticas Empregadas no Setor Aéreo Brasileiro. Período: 1984-1999.

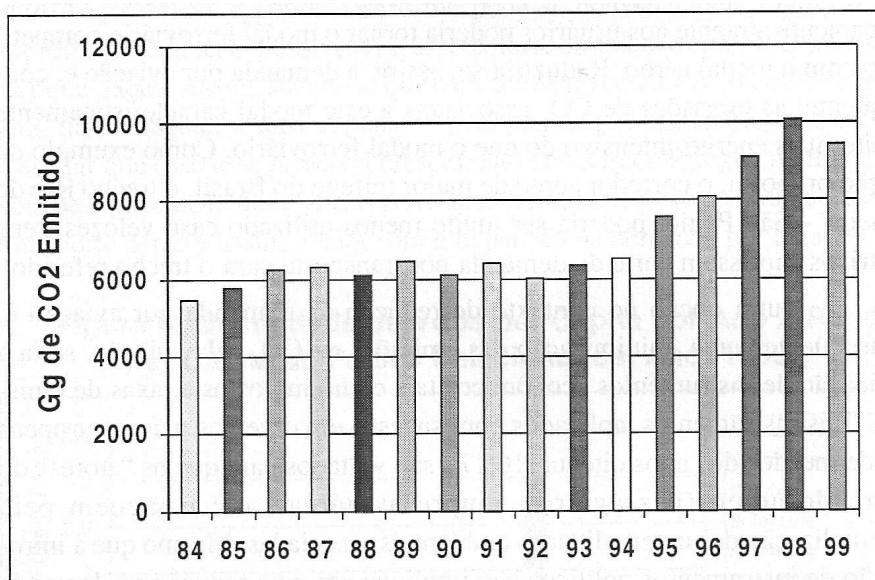
	- Gg DE CO ₂ EMITIDO - GASOLINA DE AVIAÇÃO	- Gg DE CO ₂ EMITIDO - QUEROSENE DE AVIAÇÃO
1984	183	5289
1985	174	5613
1986	208	6060
1987	192	6124
1988	186	5938
1989	192	6274
1990	149	5973
1991	136	6271
1992	118	5909
1993	133	6229
1994	158	6376
1995	149	7436
1996	158	7938
1997	180	8933
1998	192	9877
1999	180	9260

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do balanço energético nacional-MME (2000) [6].

A evolução das emissões totais de CO₂ pelo transporte aéreo no Brasil é apresentada pela Figura 5. Observa-se que, a partir de 1994, houve um aumento no nível das emissões em taxas muito superiores aos anos anteriores. A estabilidade econômica induzindo a uma forte expansão do setor aéreo nacional relaciona-se, intrinsecamente, ao notável crescimento nas emissões de CO₂ a partir da metade da década de 1990.

Em um país cuja matriz de transportes é fortemente centrada no modal rodoviário, a participação do transporte aéreo, em termos de emissões de CO₂, é muito expressiva. O modal aéreo respondeu por 7,6 %, em 1998. Esse percentual coloca o modal aéreo como o segundo mais importante modal em termos de emissões de CO₂.

Figura 5: Evolução das Emissões Totais de CO₂ pelo Transporte Aéreo no Brasil (1984-1999).



Fonte: Elaboração própria.

5. Alternativas de mitigação das emissões de CO₂ pela aviação brasileira

A partir das observações contidas no item 4 e dos dados da Figura 5, comprova-se a magnitude e importância do setor aéreo brasileiro nas emissões de CO₂ resultantes do uso de combustíveis fósseis. Pela Figura 5, observa-se que as emissões de CO₂ pela aviação cresceram praticamente 100% no período 1990-2000. Essa taxa figura entre as maiores do mundo, sendo comparável apenas à de alguns países em desenvolvimento e em processo de grande expansão do setor aéreo, como a China, por exemplo.

Cabe ressaltar que o próprio IPCC, em qualquer de seus sete cenários elaborados para avaliação do crescimento das emissões de CO₂ pela aviação mundial [5], indica que haverá uma "explosão" na demanda por transporte aéreo em países em desenvolvimento a partir de 2015. Assim, sugere-se forte expansão na demanda por transporte aéreo no Brasil para as próximas décadas. Portanto, a tendência referencial é de que as emissões de CO₂ devido a aviação brasileira aumentem vorazmente e assim, a aplicação, desde já, de políticas mitigadoras, toma-se fundamental.

Uma clara e evidente opção de política para a redução das emissões de CO₂ pela aviação no Brasil seria tornar mais equitativa a matriz de transportes. Nesse sentido, por exemplo, um serviço férreo veloz, seguro e economicamente atraente aos usuários poderia tomar o modal ferroviário competitivo com o modal aéreo. Reduziria-se, assim, a demanda por aviação e, conseqüente, as emissões de CO₂ associadas a este modal caracteristicamente muito mais energo-intensivo do que o modal ferroviário. Como exemplo da opção proposta, o corredor aéreo de maior tráfego do Brasil, o trecho Rio de Janeiro - São Paulo poderia ser muito menos utilizado caso velozes trens elétricos suprissem parte da demanda por transporte para o trecho referido.

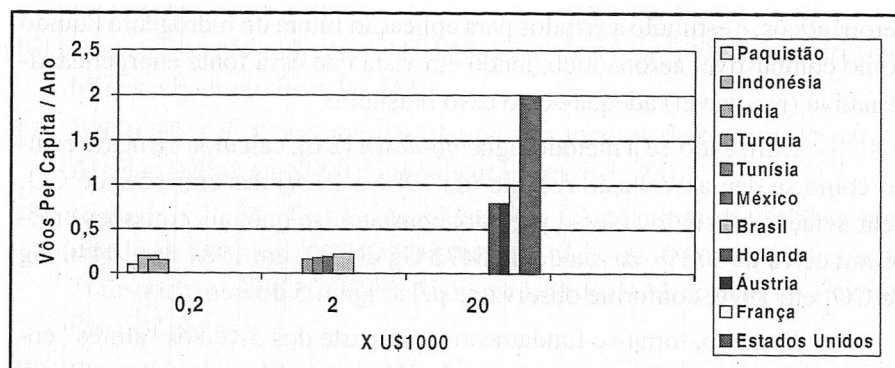
Outra opção no contexto de redução da demanda por aviação e, conseqüentemente, minimização das emissões de CO₂ pela aviação, seria a aplicação de instrumentos econômicos tais como impostos e taxas de emissão. Tais instrumentos, aplicados com sucesso em diversos países europeus desde meados dos anos oitenta [16,17], são voltados para que os "atores" do mercado aéreo (passageiros, empresas aéreas, etc.) paguem pela internalização das externalidades ambientais associadas. Mesmo que a introdução de instrumentos políticos não implique em uma redução na demanda por transporte aéreo, o capital arrecadado pelos impostos e taxas poderia ser empregado no desenvolvimento de pesquisas e projetos que visassem melhorar a eficiência energética do setor aéreo brasileiro. Nesse sentido, poderia-se estimular o desenvolvimento tecnológico de motores aeronáuticos mais eficientes que gerassem menores níveis de emissões de CO₂, aproveitando melhor o conteúdo energético do combustível. Em geral, nações em desenvolvimento, como o Brasil, não dispõem de capital suficiente para investir no estado da arte de tecnologias de eficientização. Esse capital poderia advir da aplicação de instrumentos econômicos ao setor aéreo brasileiro.

Por tratar-se de uma interessante estratégia para a redução das emissões de CO₂, a pesquisa para a aplicação futura de combustíveis alternativos e de fatores de emissão de CO₂ reduzidos ou nulos deve ser desde já fomentada. Sob esse contexto, existe no Brasil campo futuro para emprego do hidrogênio líquido como combustível aeronáutico. O processo de obtenção dessa fonte energética baseia-se na eletrólise da água e a energia para tal processo deve provir de hidrelétricas. E, como se sabe, o Brasil é um dos poucos países no mundo onde a geração de energia elétrica é baseada, fundamentalmente, em fonte hídrica e com potencial para expansão.

6. Considerações Finais

As disparidades per capita pela demanda por aviação são enormes entre nações ricas e pobres conforme se pode constatar pela Figura 6. De acordo com inúmeras pesquisas [1,2,9] há forte correlação entre PIE e demanda por aviação. Assim, sugere-se que o crescimento econômico brasileiro induzirá, naturalmente, a uma expansão na demanda por transporte aéreo. Cabe ressaltar que caso esse provável crescimento econômico agregue melhores níveis de distribuição de renda ao povo brasileiro, mais pessoas terão acesso ao transporte aéreo e assim, maior será a expansão na demanda por aviação.

Figura 6: Quantidade de Vôos per Capita por Ano X Renda Per Capita de Países Selecionados. Ano: 1999.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da EMBRAER (2000) [18].

Além do crescimento econômico, existem outros fatores particulares ao Brasil que devem impulsionar o mercado de transporte aéreo, tais como: dimensões continentais, demanda reprimida, boa infra-estrutura aeroportuária [19,20] e, devido à atuação da PETROBRAS, um parque de refino maduro e com bom potencial de expansão.

Apesar das incertezas científicas [1,2,5] à respeito de como se dá precisamente e em que proporção ocorre a impactação ambiental pelas emissões de CO₂ pelos motores aeronáuticos, atualmente converge-se no entendimento de que a aviação é efetivamente força-motriz para a geração de problemas ambientais globais [1,2,5] conforme citado no item 2 deste trabalho. As emissões de CO₂ pela aviação efetivamente relacionam-se à questão do incremento antropogênico do efeito estufa e do conseqüente aquecimento da temperatura superficial terrestre [1,2,5]. Assim, torna-se essencial a elaboração de alternativas que visem minimizar, desde já, tais emissões. Previne-se, assim, a provável e futura ocorrência de danos ambientais de proporções desastrosas para a humanidade.

Sob esse contexto, e devido ao fato de a demanda por aviação no Brasil estar em processo de acelerada expansão [9,12,18,19,20], sugerem-se neste trabalho algumas estratégias para a redução das emissões de CO₂ pelo transporte aéreo brasileiro. Apresentadas no item 5 do presente estudo, as alternativas propostas para mitigar tais emissões são as seguintes: adoção de políticas que tornem mais equitativa a matriz de transportes brasileira, objetivando assim tornar o modal ferroviário mais competitivo em relação ao modal aéreo; a aplicação de instrumentos econômicos tais como taxas e impostos visando internalizar para o setor aéreo os custos ambientais associados; estímulo a pesquisas e projetos de eficiência energética dos motores aeronáuticos; e estímulo a estudos para aplicação futura do hidrogênio líquido como combustível aeronáutico, tendo em vista que essa fonte energética alternativa (renovável) adequa-se ao caso brasileiro.

Utilizando-se a metodologia *top-down* [2,6], calculou-se nesse estudo como se deu a evolução recente (de 1984 a 1999) das emissões de CO₂ pela aviação brasileira. Nesse período, constatou-se que tais emissões cresceram cerca de 173%, passando de 5472 Gg de CO₂ em 1984 para 9440 Gg de CO₂ em 1999, conforme observa-se pela Figura 5 do item 4.

Portanto, toma-se fundamental, por parte dos diversos "atores" envolvidos direta ou indiretamente com a política de transporte aéreo no Brasil (governo, companhias aéreas, meio acadêmico, etc.), a elaboração e aplicação de estratégias de mitigação para as emissões de CO₂. E, quanto antes ocorrer a aplicação prática de tais estratégias, menor será a degradação ambiental no futuro.

Sem dúvida um dos grandes desafios para o setor aéreo brasileiro no século XXI será compatibilizar a inevitável expansão na demanda com a minimização da emissão de poluentes atmosféricos. Nesse sentido, a atuação da iniciativa privada tende a ser decisiva. Afinal, questões ambientais fundamentais, como a proteção da atmosfera terrestre, tendem a não ser prioritárias para o Governo do Brasil, afinal, as necessidades humanas mais básicas da maioria da população brasileira ainda não foram satisfatoriamente atendidas.

Referências Bibliográficas

- [1] Schaefer A Victor D. G.. Global Passenger Travel: implications for carbon dioxide emissions. *Energy* 1998: 24:657-679.
- [2] Vedanthan, A; Oppenheimer, M.. Long term scenarios for aviation: demand and emission of CO₂ and NO_x. *Energy Policy* 1998: 26(8):625-641.
- [3] Ribeiro, S. K.; Costa E. G.; Real, M. Y.; D'Agosto, M. A(2000). Transporte e mudança climática. Rio de Janeiro: Mauad Ed.
- [4] Azuaga, D. (2000). Danos Ambientais causados por veículos leves no Brasil. 168 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- [5] Intergovernmental Panel on Climate Change. Aviation and the global atmosphere. A Special Report of IPCC Working Groups I and III. Cambridge: Univ. Press.
- [6] Balanço Energético Nacional (BEN) 2001. Ano base 2000. Ministério das Minas e Energia, Brasília, D.F.
- [7] PETROBRAS. Consumo de energia por modais de transporte para a América Latina em 2000. Comunicação pessoal, 2001.
- [8] Brettas, L. A M.. Gestão Ambiental em Companhias de Aviação: um estudo de caso na VARIG. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). 128f. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- [9] International Jet Fuel Seminar. Notas de transparências da palestra de Mike Svensson (Sector of Aviation engine motors - General Electric). 02 a 05 de abril 2000. Brasil, Rio de Janeiro.
- [10] International Painel on Climate Change (IPCC). Climate change 1995: The science of climate change. Houghton, J. T.; Meira Filho, L. G.; Callender, B. A.; Harris, N.; Kattenberg, A.; Maskell, K. editors. Cambridge: Univ. Press.
- [11] Schaeffer R.. Notas de aula da disciplina "Mudanças Climáticas e Gases de Efeito Estufa". Programa de Planejamento Energético (PPE). Coordenação dos Programas de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, março 1998.
- [12] PETROBRAS (2001). Dados sobre o consumo de energia associado à aviação no Brasil e no mundo. Rio de Janeiro. Comunicação pessoal.
- [13] Pitari, G.; Palermi, S.; Visconti, G .. Impact on ozone of high-speed stratospheric Aircraft - Effects of the emission scenario. *Annales Geophysical*, vol. 12, No 10-11, Nov. 1994.
- [14] NüBer, H. G. and Schmitt, A.. 1990: the global distribution of air traffic at high altitudes, related fuel consumption and trends. In: *Air Traffic and the Environment*, Lecture Notes in Engineering [Schumann, U. (ed.)]. Springer- Verlag, Berlin, Germany, pp.I-11.
- [15] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Greenhouse gas inventory reporting instructions - IPCC. Guidelines for national greenhouse gas inventories. Vol1,2,3. IPCC, United Nations Environment Program, The Organization for Economic Co-operation and Development and The International Energy Agency, London. 3Y. 1996c.
- [16] Neumeister, K..General Secretary of the Association of European Airlines in Dutch Query Fuel Tax Regime, *European Voice*, Brussels, 6-12.3.1997.
- [17] Netherlands Research Institute for Recreation and Tourism, Impact of a Proposed Aviation Charge on the Status of the European Tourist Market. Breda, 1997.
- [18] Empresa Brasileira de Aeronaves (EMBRAER). Dados sobre a aviação mundial. São José dos Campos - São Paulo. Comunicação pessoal.
- [19] Gerência de Aeroporto - Rio de Janeiro (GARJO). Evolução do transporte aéreo no Brasil. Comunicação pessoal, 2000.
- [20] Departamento de Aviação Civil (DAC). Dados históricos - Anuário do transporte brasileiro, vol I (1978-1996). Ministério da Aeronáutica. Brasil, 1997.