

## O IMPACTO DO USO DE BIODIESEL E DIESEL DE CANA DE AÇÚCAR NOS CUSTOS DE UMA EMPRESA DE TRANSPORTE URBANO DE CARGAS

Antonio Donizeti Cachiolo, Universidade Federal do Rio de Janeiro – E-mail: acachiolo@hotmail.com  
Márcio Almeida D'Agosto, Universidade Federal do Rio de Janeiro – E-mail: dagosto@pet.coppe.ufrj.br  
Fabiana do Couto Assumpção, Universidade Federal do Rio de Janeiro – E-mail: fabianaassumpcao@poli.ufrj.br  
Luíza Santana Franca, Universidade Federal do Rio de Janeiro – E-mail: luizasfranca@poli.ufrj.br

**Resumo:** A produção de biodiesel e diesel de cana de açúcar pode contribuir para a solução de problemas de emissão de gases. Adicionado ao diesel de petróleo ou utilizado puro, reduz a emissão de poluente, tendo como contrapartida o aumento do custo operacional. Desta forma, este trabalho analisou o impacto da introdução dos combustíveis provenientes do uso de biodiesel (B20, B50, B80 e B100) e do uso de diesel de cana (AMD5, AMD20, AMD50, AMD80 e AMD100) verificando que com um aumento do custo operacional de 3% para o caso do biodiesel, seria possível obter reduções de 15% (CO), 20% (HC), 15% (MP), 16% (CO<sub>2</sub>), apresentando aumento de NO<sub>x</sub> em 4%, para o B20 e com aumento de 4,2% no custo, reduções de 7% (CO), 5% (NO<sub>x</sub>), 4% (HC), 1,5% (MP) e 20% (CO<sub>2</sub>), para o AMD20.

**Palavras-chave:** biodiesel, diesel de cana de açúcar, transporte urbano de cargas.

## THE IMPACT OF THE USE OF BIODIESEL AND SUGAR CANE DIESEL IN THE COSTS OF AN URBAN FREIGHT TRANSPORT COMPANY

**Abstract:** Biodiesel production and sugarcane diesel may to solution to gas emissions problems. Whether added to petroleum diesel or used in pure form, they reduce emissions of pollutants, having, however, a counterpart in increased operating costs. Therefore, this work analyzed the impact of introducing fuels related to the use of biodiesel (B20, B50, B80 and B100) and sugarcane diesel (AMD5, AMD20, AMD50, AMD80 and AMD100), verifying that, with an increase in operating cost of 3% for the biodiesel case, it is possible achieving emission reductions of 15% (CO), 20% (HC), 15% (PM), 16% (CO<sub>2</sub>), an increase of 4% (NO<sub>x</sub>) for B20 and with increase coast of 4,2%, reductions of 7% (CO), 5% (NO<sub>x</sub>), 4% (HC), 1,5% (PM) and 20% (CO<sub>2</sub>) for AMD20.

**Keywords:** biodiesel, sugar cane diesel, urban freight transport.

### 1. INTRODUÇÃO

Em 2009, no Brasil, o transporte rodoviário foi responsável pelo consumo de 70% dos derivados de petróleo e combustíveis não renováveis, sendo 51% referente ao consumo de óleo diesel (EPE, 2010). Isto contribuiu para um aumento de 22% nas emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), principal gás de efeito estufa, proveniente da atividade de transporte no Brasil no período de 2000 a 2009, atingindo 145 milhões t/ano (EPE, 2010), 36% derivados do transporte de carga (MMA, 2011) que também contribuiu decisivamente para a emissão histórica de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e material particulado (MP), apresentando para 2009, as frações de 56% e 59% respectivamente (MMA 2011).

O transporte de cargas, em sua maioria por caminhões, tem grande influência no meio urbano. Utilizado para o abastecimento da cidade, contribui para o aumento dos congestionamentos e colabora na emissão de poluição atmosférica, de ruídos e em causas de acidentes. A gestão do Transporte Urbano de Cargas (TUC), em meio ao avanço da urbanização, passa pelo desafio de encontrar oportunidades de minimizar estes problemas ambientais sem comprometer o seu desempenho financeiro e isso pode ser feito por meio do uso de combustíveis alternativos aos derivados de petróleo que podem ser menos poluentes e/ou renováveis, como os biocombustíveis.

Este estudo avalia o impacto da introdução do uso de biocombustíveis no TUC no município do Rio de Janeiro por meio do estudo de caso da Replace Transportadora Ltda (RTL), mostrando seus benefícios ambientais quanto à emissão de poluentes atmosféricos e analisando a sensibilidade nos custos operacionais totais quanto a variações de percentual de uso de biodiesel e diesel de cana em substituição ao óleo diesel de petróleo.

Destaca-se que este trabalho está alinhado com os princípios da Lei No 12.587 (Política Nacional de Mobilidade Urbana) que em seu Art. 5º, § II, preconiza o desenvolvimento sustentável das cidades e em seu Art. 6º, §§ IV e V, tem como diretrizes a mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas nas cidades e o incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico e ao uso de energias renováveis e menos poluentes para atingir o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável e a mitigação dos custos ambientais e socioeconômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas nas cidades (Art. 7º, § IV).

A partir desta introdução este artigo encontra-se dividido em seis itens. O item 2 conceitua os biocombustíveis potenciais substitutos do óleo diesel de petróleo no Brasil. No item 3 são apresentados parâmetros de avaliação da estrutura de custos e os impactos ambientais. A aplicação é apresentada no item 4 e a análise dos resultados no item 5. O item 6 trata das considerações finais, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

## **2. BIOCMBUSTÍVEIS POTENCIAIS SUBSTITUTOS DO ÓLEO DIESEL DE PETRÓLEO NO BRASIL**

Biocombustíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores à combustão ou em outro tipo de geração de energia (ANP, 2012). Um dos principais biocombustíveis líquidos substitutos do óleo diesel usados no Brasil é o biodiesel, que é produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais, podendo ser adicionado ao diesel de petróleo em proporções variáveis, sendo inclusive adicionado de forma obrigatória ao diesel de petróleo na proporção de 5% em todo o território nacional, ao que se denomina de B5. No Brasil, o biodiesel já possui tecnologia consolidada e vantagens e desvantagens conhecidas. Seu sistema de produção é baseado na plantação de sementes em larga escala, sendo processados de forma não complexa e vendidos a preços competitivos, se comparados aos combustíveis fósseis.

O biodiesel originado a partir de óleos vegetais provenientes da colza, coco, soja, palma e girassol, ou de gorduras animais e óleos residuais, pode apresentar uma queima limpa, em especial pela sua isenção de enxofre, gerando menos poluentes do que a combustão do diesel de petróleo. Quimicamente, pode se dizer que se trata de uma composição de ésteres etílicos ou metílicos de ácidos lipídicos de cadeia longa. A transesterificação é a tecnologia mais promissora para a produção do biodiesel. Ela consiste numa seqüência consecutiva de reações químicas reversíveis, que convertem o triglicerídeo em diglicerídeo, monoglicerídeo e, finalmente em glicerol, com a formação do metil éster. O glicerol e o éster são posteriormente separados e purificados, resultando na composição do biodiesel. Essa reação conta com a presença de um óleo com álcool e um catalisador, normalmente o hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio, para a quebra do triglicerídeo. Além desta tecnologia, existem outras que são utilizadas, porém menos promissoras, como a pirólise e o craqueamento catalítico (Nigam & Singh, 2010).

Esse combustível pode ser utilizado puro (B100) ou misturado ao óleo diesel de petróleo em qualquer proporção formando uma mistura denominada BX, sem que sejam necessárias grandes modificações no motor e no sistema de alimentação utilizado atualmente.

Em 2011, a capacidade nominal de produção de biodiesel (B100) foi de cerca de 6,8 milhões m<sup>3</sup>. Entretanto, a produção efetiva do Brasil foi de aproximadamente 2,7 milhões m<sup>3</sup>, o que correspondeu a 39,5% da capacidade total. Em comparação a 2010, a produção de biodiesel (B100) foi 12% maior.

Já o diesel de cana apresenta-se como uma nova alternativa energética que possui potencial de redução de emissão de dióxido de carbono em até 90% (Amyris, 2012). Por ser um hidrocarboneto com cadeia de 15 carbonos (C15), produzido a partir do biofene e com propriedades químicas semelhantes àsquelas do diesel de petróleo, permite que seja utilizado em praticamente qualquer motor a diesel sem alteração mecânica. Pode ser utilizado puro ou misturado a qualquer proporção de óleo diesel de petróleo, sendo denominado AMDX. Porém, por depender do uso de tecnologia em desenvolvimento para sua produção, ainda não se conhece a real viabilidade técnico-financeira da sua adoção.

### 3. PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO

Para avaliar o impacto da introdução do uso de biocombustíveis no TUC, este estudo utiliza como parâmetros o custo operacional e o potencial de redução das emissões de poluentes atmosféricos locais regulamentados e de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), principal gás de efeito estufa.

#### 3.1. Estrutura de Custo

Para o cálculo do custo operacional utilizou-se a estrutura de custo apresentada na Tabela 1, tendo como referência o combustível B5, que é composto por 95% de diesel de petróleo S50 e 5% de biodiesel.

Tabela 1- Estrutura de custos do transporte rodoviários de carga

Itens analisados	Método de Cálculo	
	Equação	Descrição
A – Custos Fixos Mensais	$CF = Rcp + Sm + Rv + Rc + Li$	Onde, CF = Custo fixo (R\$); Rcp = Remuneração de capital (R\$); Sm = Salário do motorista (R\$); Rv = Reposição do veículo (R\$); Rc = Reposição da carroceria (R\$); Li = Licenciamento (R\$); Vv = Valor do veículo (R\$); Vc = Valor carroceria (R\$); Ta = Taxa de atratividade (valor em % mensal determinada pelo investidor); Sa = Salário (R\$); Ps = Percentual dos encargos sociais(%); Vu = Vida útil (mês); Ip = IPVA (R\$); Tli = Taxa de licenciamento (R\$).
a- Remuneração de Capital	$RCP = (Vv + Vc) * Ta$	
b- Salário de Motorista	$Sm = Sa + (Sa * Ps)$	
c- Reposição do Veículo	$Rv = Vv/Vu$	
d- Reposição da Carroceria	$Rc = Vc/Vu$	
e- Licenciamento	$Li = (Ip + Tli)/12$	
B – Custos Variáveis por km	$CV = Pa + C + Lb + LvLb + Pn$	Onde, CV = Custo variável (R\$); Pa = Peças e acessórios e mão de obra (R\$); C = Combustível (R\$); Lb = Lubrificante (R\$); LvLb = Lavagem e lubrificação (R\$); Pn = Pneus (R\$); Pc = Peças (R\$); Ac = Acessórios (R\$); Mt = Materiais (R\$); Mo = Mão de
a- Peças, acessórios, materiais de manutenção e mão de obra	$Pa = (Pc + Ac + Mt + Mo)/km$	
b- Combustível	$C = (Pd/De) * km$	
c- Lubrificantes	$Lb = Pl/kt$	

d- Lavagem e Lubrificação	$LvLb = (Cl/Pd) + (Cb * Pd)$	Obra (R\$); km = Quilometragem percorrida (Km); Pd = Preço do diesel (R\$/l); De = Desempenho do veículo (Km/l); Km = Quilometragem percorrida (km); Pl = Preço do lubrificante (R\$); kt = Quilometragem de troca (Km); Cl = Custo das lavagens (R\$); Cb = Custo lubrificação (R\$); Pd = Quilometragem para realização (km); Cp = Custo do pneu em (R\$); Cr = Custo de recapagem em (R\$); Vup = Vida útil do pneu, para uso normal e mais duas recapagem (km).
e- Pneus	$Pn = (Cp + Cr)/Vup$	
C - Custo das misturas B20, B50, B80, B100, AMD5, AMD20, AMD50, AMD80 e AMD100	$CD = \frac{(CD * VDC) + (DA * VDA)}{(DC * C) + ((DA * C) * (1 - DA))}$	Onde, CD = Custo do combustível (R\$/l); DC = Diesel Comum (S50) utilizado (%); DA = Biocombustível adicionado à mistura (biodiesel ou diesel de cana) (%); VDC = Valor do Diesel comum (R\$/l); VDA = Valor do biocombutível adicionado à mistura (R\$/l); AC = Variação de consumo esperado para a mistura (%); C = Consumo de combustível (l/km).

Fonte: Adaptado de CACHIOLO, 2012.

### 3.2. Impactos Ambientais

Dentre os impactos ambientais avaliados, pode-se considerar a emissão de poluentes atmosféricos locais regulamentados, que interferem diretamente na qualidade do ar na região de operação, e a emissão de CO<sub>2</sub>, principal gás de efeito estufa. Como referência considera-se o B5, cujos fatores de emissão encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2- Tabela de fatores de emissões de poluentes para o combustível B5

Itens analisados		Veículo		
		Leve	Médio	Pesado
Poluentes locais	CO (g/km)	0,82	1,06	1,23
	NO <sub>x</sub> (g/km)	4,64	5,95	6,93
	HC (g/km)	0,16	0,20	0,24
	MP (g/km)	0,08	0,10	0,12
Gases de efeito estufa	CO <sub>2</sub> (kg/l)	2,67	2,67	2,67

Fonte: MMA, 2011

Por meio do uso do biodiesel, quando comparado ao B5, é possível obter reduções significativas dos poluentes atmosféricos locais, monóxido de carbônico, hidrocarbonetos não metânicos e materiais particulados (CO, HC e MP), com exceção na emissão de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), que para o caso do biodiesel, apresentou pequeno aumento, conforme apresentado na Tabela 3 (Fetranspor, 2011). O mesmo ocorre para o diesel de cana, que, segundo AMYRIS (2011), quando comparado ao B5, pode proporcionar reduções de todos os itens analisados (Tabela 3).

Tabela 3- Variação na emissão de poluentes locais provenientes do uso de biodiesel e diesel de cana em relação ao uso de B5

Poluente	B5	B20	B50	B80	B100	AMD20	AMD50	AMD80	AMD100
CO	100%	85%	70%	59%	52%	93%	85%	83%	79%
NOx	100%	104%	106%	109%	110%	95%	88%	87%	84%
HC	100%	80%	58%	41%	33%	96%	88%	86%	83%
MP	100%	85%	70%	58%	53%	99%	94%	94%	93%

Fonte: Fetranspor, 2011

As emissões líquidas de CO<sub>2</sub> provenientes dos biocombustíveis utilizados foram consideradas nulas para a análise do consumo final, uma vez que se considerou que já foram ou serão absorvidas durante a plantação da matéria-prima.

#### 4. APLICAÇÃO AO CASO DA REPLACE TRANSPORTADORA LTDA

A Replace Transportadora Ltda (RTL) presta serviço para uma grande rede de supermercados e adota o modelo de operação de entregas “um para um”, no qual os caminhões partem de uma central de distribuição e entregam em uma única loja, voltando à central para um novo carregamento. Tal modelo de operação é desenvolvido de modo que os caminhões sejam totalmente ocupados, entendendo-se que quanto maior o caminhão melhor o desempenho, ou seja, custo operacional menor, menos veículos rodando e menos veículos parados na porta da loja.

A empresa RTL está sediada em São João de Meriti, com abrangência geográfica compreendendo as cidades do Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Magé, São João de Meriti, Belford Roxo, Mesquita, Queimados, Nova Iguaçu, Niterói, São Gonçalo e Itaboraí. A distância entre a central e as lojas varia de 3 km a 112 km na região metropolitana do Rio de Janeiro. A RTL opera com três tipos de veículos com capacidade de carga diferentes, customizados para atender um cliente exclusivo, sendo todos equipados com baú de alumínio, tipo carga seca, com plataforma elevatória, sendo rastreados com tecnologia via celular. A empresa possui uma frota diversificada que conta com 7 caminhões leves (PBT de até 7t), 7 caminhões médios (PBT – peso bruto total - de 7t até 14t) e 10 caminhões pesados PBT de 14t até 27t).

O transporte das mercadorias tem início em São João de Meriti, onde existe uma central de distribuição responsável pelo abastecimento de 71 lojas. O planejamento da demanda, os horários de entrega e a definição das rotas obedecem às restrições impostas pelo sistema, tanto de capacidade quanto de trânsito, sendo determinadas pelo gestor do grupo.

Como valor de quilometragem utilizada para o cálculo dos custos variáveis, considerou-se a média percorrida pelos veículos nos últimos 12 meses, sendo 4.100 km para o caminhão médio, 3.200 km para o caminhão leve e 3.200 km para o caminhão pesado.

O custo do combustível B5 pago pela RTL é R\$ 1,99 por litro. Para o biodiesel considerou-se o preço de R\$ 3,00 por litro (Marques, 2012). Já no que tange ao diesel de cana, como este ainda encontra-se em desenvolvimento e não possui um preço de mercado definido, considerou-se que este seria capaz de possuir escala de produção semelhante a do biodiesel e preço de venda similar. No entanto, em virtude do diesel de cana possuir PCI (Poder Calorífico Inferior) maior do que o biodiesel (14%) considerou-se como preço de venda estimado para este, o valor de R\$ 3,42, ou seja, R\$ 3,00 mais 14%. Este valor foi calculado com base na diferença entre o PCI dos combustíveis diesel de cana (12.266 Kcal/kg1 (Marques 2012)) e biodiesel (9.000 kcal/kg (ANP 2009)).

Não foram consideradas alterações no custo de manutenção em virtude do uso de biodiesel e diesel de cana. Os custos dos demais insumos operacionais são aqueles praticados pela RTL.

## **5. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

De acordo com os dados obtidos foram analisados os impactos do uso de deferentes misturas de diesel de petróleo e biodiesel (BX) e diesel de petróleo e diesel de cana (AMD<sub>X</sub>), no custo operacional e nas emissões de poluentes locais (CO, NO<sub>x</sub>, HC e MP) e CO<sub>2</sub>.

Verifica-se que maiores porcentagens de biodiesel na mistura BX podem proporcionar maiores reduções na emissão dos poluentes atmosféricos CO, HC, MP e CO<sub>2</sub>. Em contrapartida, esse benefício resultará no acréscimo do custo operacional (custo fixo mais custo variável) para os veículos leve, médio e pesado, no custo de combustível e na emissão de NO<sub>x</sub>, conforme apresentado na Tabela 4. O custo operacional apresenta um aumento em torno de 3% para o B20, 10% para o B50, 16% para o B80 e 23% para o B100. Em relação ao custo do combustível, o aumento é de 10%, 30%, 52% e 72%, para os mesmos combustíveis respectivamente. Em função de o biodiesel possuir PCI 12,22% menor do que o diesel de petróleo, o uso das misturas BX proporciona um acréscimo no consumo de combustível da ordem de 1,8%, 5,5%, 9,2% e 12,2% para B20, B50, B80 e B100 respectivamente. No entanto, por meio de seu uso é possível obter um acréscimo no uso de energia renovável da ordem de 300%, 900%, 1500% e 1900%, para os mesmos combustíveis respectivamente.

No caso do uso de misturas AMD<sub>X</sub>, um aumento de custo similar ao citado acima, no custo operacional e no custo de combustível, pode ser observado, sendo possível obter redução das emissões de poluentes atmosféricos (Tabela 4). O custo operacional apresenta um aumento em torno de 1% para o AMD5, 4% para o AMD20, 11% para o AMD50, 17% para AMD80 e 21% para o AMD100. Em relação ao custo do combustível, o aumento é de 4%, 14%, 35%, 55% e 69%, para os mesmos combustíveis respectivamente. O uso deste combustível ainda permite uma redução no consumo de combustível de 0,1%, 0,3%, 0,8%, 1,3% e 1,6% para AM5, AMD20, AMD50, AMD80 e AMD100 respectivamente, em função deste possuir maior PCI do que o diesel de petróleo. Além disso, é possível obter um acréscimo no uso de energia renovável de cerca de 100%, 400%, 1000%, 1600% e 1900%, para os mesmos combustíveis respectivamente.

Verificam-se, percentualmente, resultados iguais para os caminhões leve, médio e pesado, nos itens consumo de combustível, energia renovável utilizada, custo de combustível e emissões, de poluentes atmosféricos e dióxido de carbono e os valores não foram diferenciados na Tabela 4. Isto ocorre porque a comparação é feita com os resultados obtidos para o B5 na mesma classe de veículo. No entanto, veículos de maior porte, que apresentam maior consumo de combustível apresentam maiores variações absolutas, como mostram as Figuras 1, 2 e 3. Por outro lado, observa um aumento percentual do custo operacional total maior nos veículos de maior consumo de combustível, os que têm maior quilometragem mensal e os que têm os outros custos que compõem o custo total mais baixo (Tabela 4).

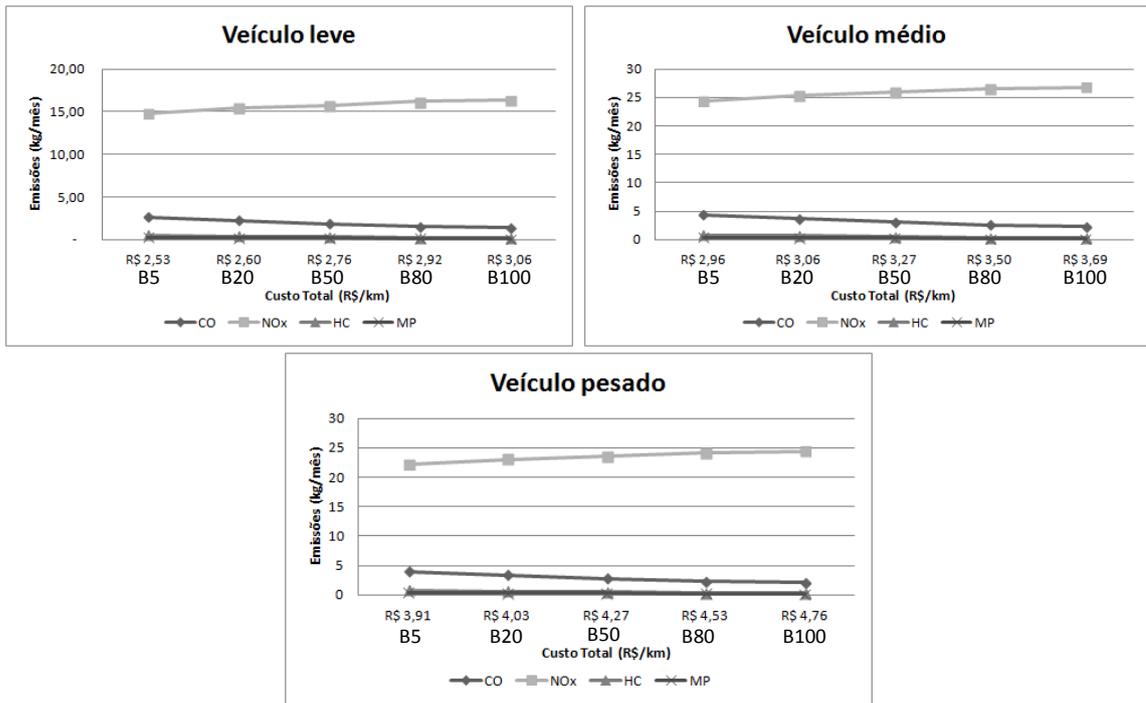


Figura 1- Emissão de poluentes locais (CO, NOx, HC e MP) pelo uso de BX em comparação com os custos totais

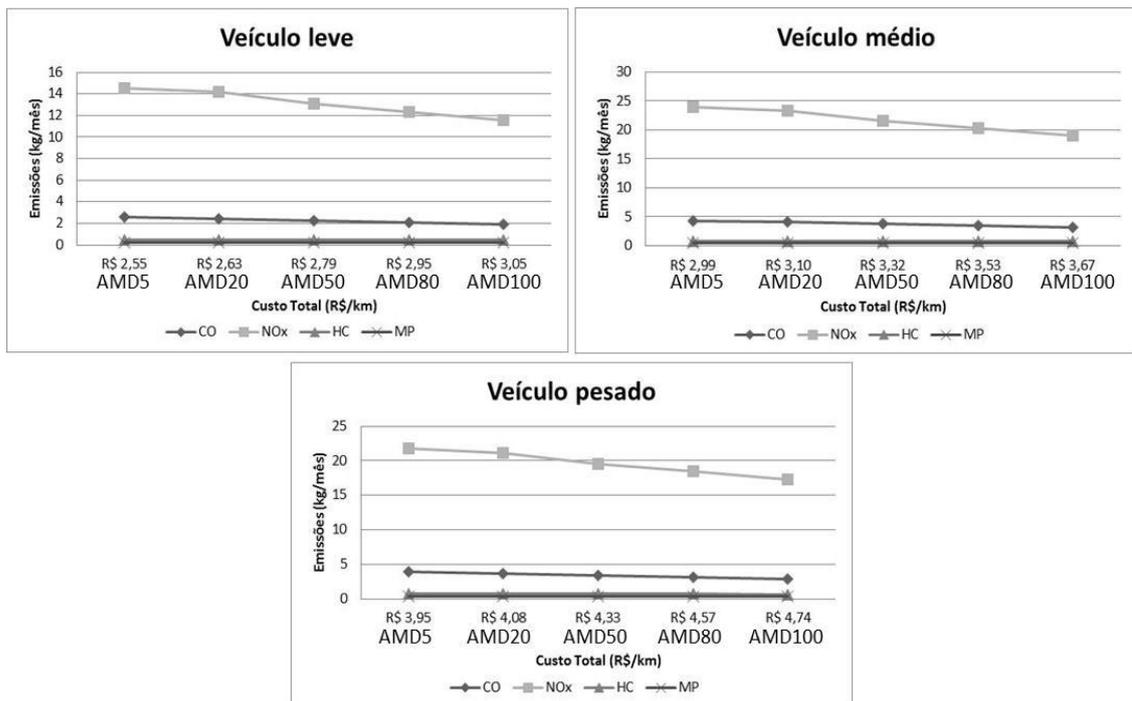


Figura 2- Emissão de poluentes locais (CO, NOx, HC e MP) pelo uso de AMDX em comparação com os custos totais

Tabela 4- Análise das variações do custo operacional, consumo de energia e redução de emissões referente ao veículo leve – valores percentuais

Itens avaliados	Combustível	Variação em relação ao B5										
		Consumo Combustível	Energia renovável utilizada	Custo de combustível	Custo operacional			CO	NOx	HC	MP	CO <sub>2</sub>
					Leve	Médio	Pesado					
Biodiesel	B20	1,8%	300%	10%	3,00 %	3,48%	3,03%	- 15 %	4%	-20%	-15%	-16%
	B50	5,5%	900%	30%	9,20 %	10,67%	9,32%	- 30 %	6%	-42%	-30%	-47%
	B80	9,2%	1500%	52%	15,68 %	18,18%	15,93%	- 41 %	9%	-57%	-42%	-79%
	B100	12,2%	1900%	72%	21,33 %	24,72%	21,72%	- 48 %	10%	-67%	-69%	-100%
Diesel de cana	AMD5	-0,1%	100%	4%	1,05 %	1,22%	1,07%	-2%	-2%	-7%	-1%	-5%
	AMD20	-0,3%	400%	14%	4,21 %	4,88%	4,28%	-7%	-5%	-4%	-2%	-21%
	AMD50	-0,8%	1000%	35%	10,48 %	12,16%	10,66%	- 15 %	-12%	-12%	-6%	-53%
	AMD80	-1,3%	1600%	55%	16,73 %	19,40%	17,00%	- 21 %	-17%	-13%	-8%	-84%
	AMD100	-1,6%	1900%	69%	20,87 %	24,21%	21,21%	- 27 %	-22%	-16%	-10%	-100%

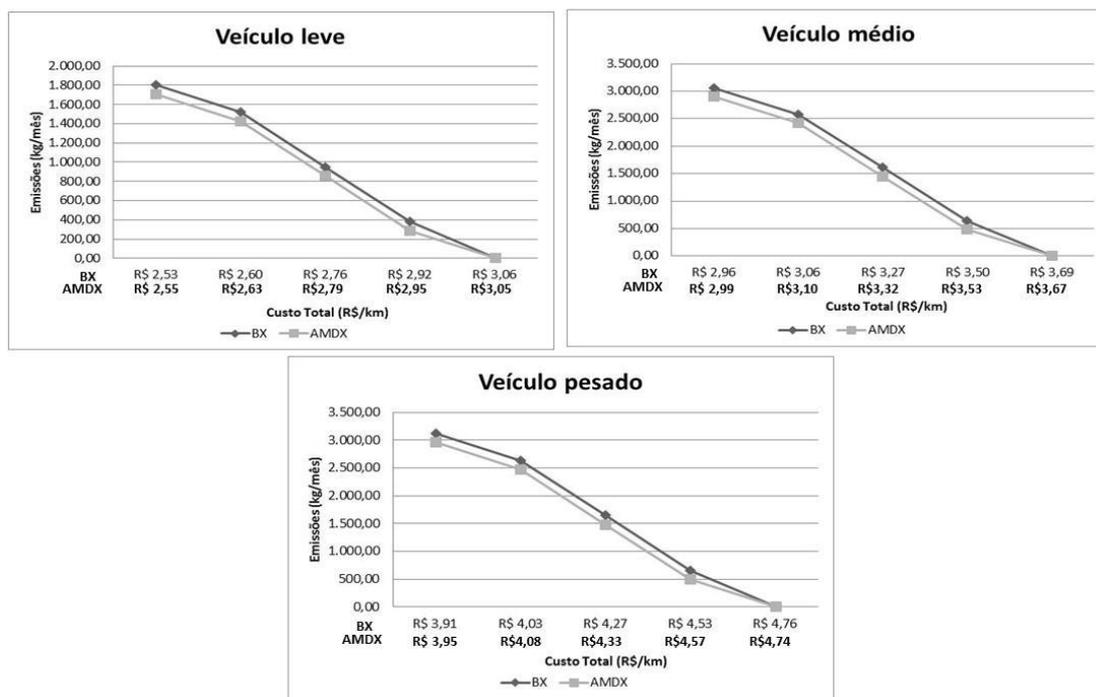
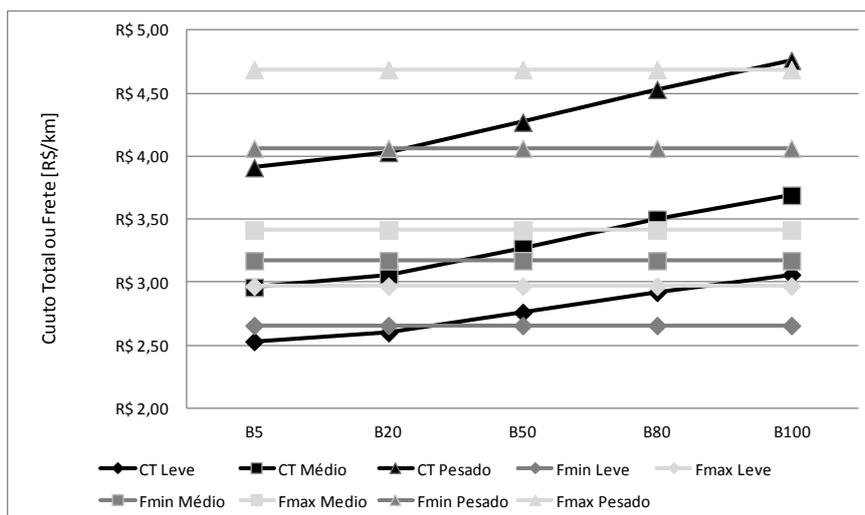


Figura 3- Emissões de CO<sub>2</sub> pelo uso de BX e AMDX em comparação com os custos totais

As Figuras 4 e 5 ajudam a avaliar o potencial de introdução do biodiesel e do diesel de cana como combustíveis alternativos no transporte urbano de carga uma vez que apresentam o impacto do custo operacional total na margem de lucro do transportador. Para ambos os casos, misturas até 20% (B20 e AMD20) permitem que o custo operacional se mantenha abaixo ou igual ao valor de frete mínimo. O custo operacional com o uso do B20 varia entre 1% e 3% abaixo do frete mínimo, sendo o pior caso observado para o caminhão pesado. No caso do AMD20, o custo operacional é igual ao frete mínimo para o caminhão pesado e chega a ser 2% menor para o caminhão médio. Por outro lado, misturas em torno de 80% levam a custos operacionais muito próximos ou ligeiramente superiores ao valor de frete máximo. Valores variam entre +3% e -3% para o B80 e o AMD80, sendo o pior valor obtido para o caminhão médio.

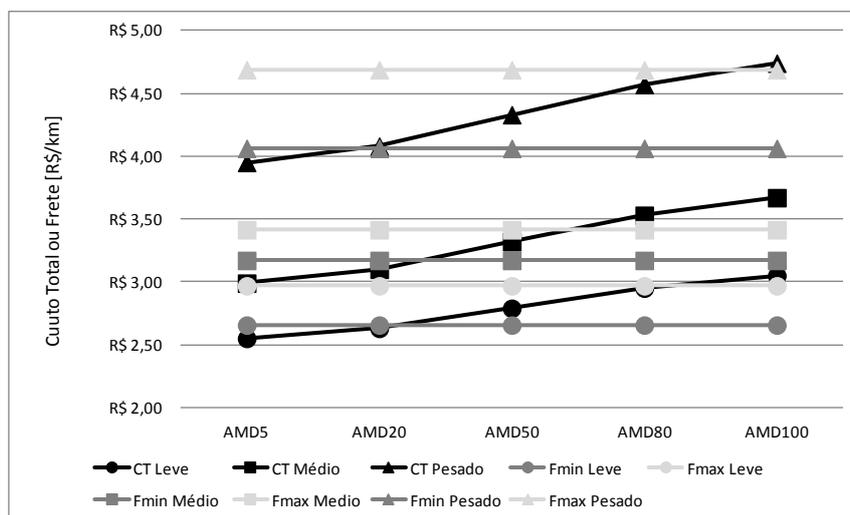
Observa-se nas Figuras 4 e 5 que a introdução de misturas BX e AMDX compromete menos a margem de lucro inferior do transportador para a operação com caminhões médios e compromete menos a margem de lucro superior para operação com caminhões pesados, sendo esta última a que apresenta maior folga.

Em todos os casos a introdução dos biocombustíveis compromete a margem de lucro que varia entre 5% e 17% e para viabilizar o seu uso alguma possibilidade de negociação deve ser considerada com o embarcador, de modo que se possa manter a saúde financeira da transportadora. Porém, os resultados obtidos sinalizam a extensão desta negociação e os intervalos de mistura potenciais, caso se estabeleça algum tipo de imposição ao uso de combustíveis mais limpos.



Legenda: CT – custo operacional total; Fmin – valor mínimo do frete, Fmax – valor máximo do frete; Leve, Médio e Pesado – classes dos caminhões.

Figura 4- Avaliação do impacto do uso de mistura BX na margem de lucro da RTL. Fonte: CACHIOLO, 2012.



Legenda: CT – custo operacional total; Fmin – valor mínimo do frete, Fmax – valor máximo do frete; Leve, Médio e Pesado – classes dos caminhões.

Figura 5- Avaliação do impacto do uso de mistura AMDX na margem de lucro da RTL. Fonte: CACHIOLO, 2012.

## 6. CONCLUSÃO

Por meio desta aplicação foi possível visualizar a variação no custo operacional (de 21% a 25%), seu impacto como redutor da margem de lucro (de 2% a 23%) e as respectivas reduções na emissão de poluentes atmosféricos locais (CO, NOx, HC e MP – 2% a 69%) e globais (CO2 – até 100%) a medida que diferentes proporções de biodiesel e diesel de cana foram acrescidas ao óleo diesel de petróleo.

O estudo mostra que adições progressivas de combustíveis renováveis às misturas com diesel de petróleo ocasionam reduções em emissões de poluentes atmosféricos, porém, considerando o atual preço destes combustíveis, observa-se o aumento do custo operacional, preço a ser pago pelos benefícios ambientais.

O uso do B20 apresenta maior potencial de aplicação, comprometendo, em função da classe de veículo, entre 2% e 4% a margem de lucro mínima observada (5%) e podendo chegar a valores de fretes com repasses de custos sem que os envolvidos sejam muito penalizados, porém essas misturas são modestas em face às oportunidades apresentadas.

Misturas a partir de 50% aumentariam os custos em cerca de 10%, porém reduções significativas de emissões poderiam ser obtidas. Ao considerar que esses custos estão impactando diretamente o transporte, pode-se acreditar que ao analisar a cadeia logística completa, esse valor possa diminuir.

Oportunidades de aplicação de misturas acima AMD20 e B20, ainda parecem demandar um esforço, pois encontraria problemas na capacidade de produção. Por se em maior parte de origem vegetal a produção desses combustíveis poderia vir a concorrer com a produção de alimentos e no caso do AMDX com o etanol e açúcar.

O custo do combustível hoje é um grande entrave, pois se verificou que o biodiesel possui preço cerca de 50% maior do que o preço do diesel de petróleo e o diesel de cana cerca de 70% maior, tornando-se necessários ajustes que possibilitem alcançar preços que diminuam o impacto financeiro da utilização. Essa diferença de custo pode diminuir com o aumento da escala produtiva, incentivos governamentais ou novas tecnologias, atingindo assim valores mais próximos do preço do diesel de petróleo praticado nos postos. Para isso, destaca-se a possibilidade de aplicação dos princípios, diretrizes e objetivos da Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei Nº 12.587) quanto a promoção do desenvolvimento sustentável com a mitigação dos custos ambientais e socioeconômicos dos deslocamentos de pessoas nas cidades.

## REFERÊNCIAS

- AMYRIS.** Informações sobre o combustível diesel de cana. Disponível em [www.amyris.com](http://www.amyris.com). Acesso em 01/06/2012.
- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP.** Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Rio de Janeiro: ANP. Disponível em [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br). Acesso em 01/06/2012.
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social e Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - BNDES e CGEE.** Bioetanol de Cana-de-açúcar, Energia para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro: BNDES e CGEE, 2008.
- CACHIOLO, A.** *O Impacto do Uso de Biodiesel e Diesel de Cana de Açúcar nos Custos de uma Empresa de Transporte Urbano de Cargas.* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, 2012.
- CRAINIC, T. G., RICCIARDI, N. E STORCHI, G.** *Advanced freight transportation systems for congested urban areas.* *Transportation Research*, vol. C12, pp.119-137, 2004.
- Empresa de Pesquisa Energética – EPE.** Balanço Energético Nacional – 2010. Distrito Federal: EPE e MME. Disponível em [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br). Acesso em 01/06/2012.
- International Energy Agency – IEA.** Technology Roadmap - Biofuels for Transport. IEA e OECD, 2011.
- Lei Nº 12.587.** Política Nacional de Mobilidade Urbana, Art. 5º, § II. Casa Civil, Presidência da República, Brasília, DF, 2012.
- MALHÃO, V. L.** *O caso de Portugal na aplicação das políticas Europeias no domínio dos biocombustíveis.* Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2009.
- MARQUES, G. G.** *Especificação do caminhão diesel-hidráulico para coleta de lixo e informação*

*sobre preço do biodiesel*. Comunicação pessoal, Resende, RJ, 2012.

**Ministério do Meio Ambiente – MMA**. Primeiro Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (Relatório Final). Distrito Federal: MMA, 2011.

**MORALES, P. R.** *Planejamento Urbano Enfoque Operacional*. Fundação Ricardo Franco, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

**NAIK S. N., GOUD V. V., ROUT P. K. E DALAI A. K.** *Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, n.14, pp.578–597, 2009.*

**NIGAM, P. S. E SINGH, A.** *Production of liquid biofuels from renewable resources. Progress in Energy and Combustion Science, n. 37, pp. 52-68, 2010.*

**NOVAES, A. G.** *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação*. Editora Campus, Rio de Janeiro, RJ, 2004.

**PEREIRA, G.** *Aplicação da Gestão Baseada em Atividades à Distribuição Urbana de Bebidas*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Engenharia de Transportes, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

**VALENTE, A. M., NOVAES, A. G., PASSAGLIA, E. E VIEIRA, H.** *Gerenciamento de Transportes e Frotas*. Cengage Learnig, São Paulo, SP, 2008.