

ECO-DRIVING: UMA SOLUÇÃO DENTRO DA LOGÍSTICA VERDE – APLICADO A VEÍCULOS DE COLETA DE RESÍDUOS URBANOS

Vicente Aprigliano Fernandes

Programa de Engenharia de Transportes – PET/COPPE
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Ana Carolina Peixoto Deveza

Engenharia Ambiental – Escola Politécnica
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Marcio de Almeida D’Agosto

Programa de Engenharia de Transportes – PET/COPPE
Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO

A crescente preocupação com as mudanças climáticas e o entendimento de que as ações antropogênicas são significativas para o agravamento do aquecimento global e das emissões de poluentes atmosféricos tem intensificado o incentivo, por parte dos governos e das instituições privadas, para a implantação de soluções sustentáveis nas cidades e nas cadeias de produção, assim reduzindo os impactos no meio ambiente e nas condições de vida humana. Este trabalho busca avaliar a potencialidade do uso do *Eco-driving* aplicado ao transporte de carga, contextualizando sua posição como uma solução dentro da logística verde e também apresenta o benefício do *Eco-driving* aplicado a veículos de coleta de resíduos urbanos, que alcançaram 13% em melhora do rendimento energético no teste piloto realizado para este trabalho.

ABSTRACT

The growing concern towards climate change and understanding that anthropogenic activities are significant towards global warming and atmospheric pollutants emissions has intensified the incentives of governments and private institutions to implement sustainable solutions in cities and supply chains, therefore reducing the impact on the environment and improving human life conditions. This study aims to evaluate the potentiality of using Eco-driving applied to freight transport, contextualizing its position as a solution within the green logistics. Furthermore, it presents a case of Eco-driving training applied on waste collection truck drivers, which reached 13% reduction of fuel consumption in the pilot test performed to this research.

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que o setor de transportes representa 9% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) brasileiras e 13% das mundiais (MCT, 2009; IPCC, 2007) e que caminhões pesados (que correspondem a 56% da frota brasileira) são responsáveis por 30% das emissões de CO₂ derivadas do transporte (MMA, 2011), o aprimoramento do desempenho da frota cargueira é um passo importante para se atingir reduções significativas na emissão de gases de efeito estufa e de poluentes atmosféricos locais no contexto nacional.

Frente ao desafio de reduzir a emissão de GEE pelo transporte, a CNT (Confederação Nacional do Transporte), hoje, possui o “Programa Ambiental do Transporte”, também conhecido como “Despoluir”. Este programa possui dois grupos de atuação, que possuem seis projetos, que de formas diferentes tem o objetivo de incentivar a redução da emissão de gases de efeito estufa e poluentes locais por veículos pesados.

É notável, nos dias de hoje, o aumento progressivo do interesse em assuntos relativos à logística verde e as soluções incumbidas nela, tanto na esfera acadêmica quanto em empresas privadas (Ueba et al, 2010; Dekker et al, 2012; Lin and Ho, 2010; Sbihi and Eglese, 2010).

O objetivo deste trabalho é avaliar os resultados preliminares referentes ao primeiro mês de aplicação da técnica do *Eco-driving* ao transporte de carga por meio de um estudo de caso.

Sua aplicação está alinhada 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 trabalho divide-se em 6 itens. O item 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre os conceitos de *Eco-driving* e logística verde. O item 3 trata das soluções verdes aplicados ao transporte de carga. O item 4 apresenta as experiências de aplicação do *Eco-driving* nacional e internacionalmente. O item 5 descreve o estudo de caso aplicado a coleta de resíduos em áreas urbanas. No item 6 estão os resultados e análise dos mesmos. No item 7 são apresentados as conclusões do trabalho, suas limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2. BREVE FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: *ECO-DRIVING* E LOGÍSTICA VERDE

Este item busca apresentar, de forma breve, uma revisão bibliográfica sobre os dois principais conceitos considerados neste trabalho, *Eco-driving* e logística verde.

De acordo com Sivak e Schoettle (2012) o *Eco-driving* é caracterizado pela tomada de decisões estratégicas (seleção veicular e manutenção), decisões táticas (seleção de rota e peso do veículo) e decisões operacionais (comportamento do motorista) que reduzem o consumo de combustível veicular. Para Barth e Boriboonsomsin (2009) o *Eco-driving* envolve a manutenção preventiva e o comportamento do motorista ao conduzir o veículo.

Barkenbus (2010), Ando e Nishihori (2011) e Zarkadoula et al (2007) consideram que o *Eco-driving* envolve as práticas de condução do veículo que levam ao consumo reduzido de combustível e conseqüentemente há uma redução da emissão de gases de efeito estufa.

A logística verde para Dekker *et al.* (2012) e Lin e Ho (2010) é a prática de integração de aspectos ambientais na logística. Entretanto Lin e Ho (2010), além de apresentarem o conceito de logística verde, citam alguns objetivos específicos que são: filtrar emissões; reduzir o consumo de energia e recursos naturais; reduzir produção de resíduos e otimizar a exploração de recursos.

Dentre as práticas utilizadas na logística para alcançar os objetivos citados anteriormente, as mais comuns são embarques de carga consolidada (aproveitando o limite de carregamento), descarte responsável do lixo, compra de produtos ecológicos, redução do consumo de energia, adoção de métodos de transporte mais limpos (com menos emissão de poluentes e consumo de recursos naturais) e utilização de embalagens/containers recicláveis (Lin e Ho, 2012).

É possível observar que as práticas de logística verde podem reduzir os efeitos negativos ao meio ambiente a partir de diversas frentes de atuação, desde a exploração da matéria prima, transporte, produção de um produto, uso do produto, indo até seu descarte. O transporte pode ser considerado uma frente importante de atuação para reduzir os impactos ambientais, pela sua dependência de combustíveis fósseis.

3. SOLUÇÕES VERDES APLICADOS AO TRANSPORTE DE CARGA

Existem algumas opções para redução de emissão de GEE pelo setor de transporte. Considerando o transporte rodoviário, algumas das soluções identificadas em Sivak e Schoettle (2012), Barkenbus (2010), Barth e Boriboonsomsin (2009), Ando e Nishihori (2011), Zarkadoula *et al.* (2007) são: (i) uso de combustíveis de baixo carbono ou de outras fontes de energia; (ii) veículos mais energo-eficientes, por meio da introdução de tecnologias inovadoras; (iii) ou por meio de soluções relacionadas ao conceito de *Eco-driving*.

Com relação à primeira solução apresentada sugere-se o uso de etanol, biodiesel ou veículos elétricos, pois são as fontes de energia com as menores taxas de emissão líquida de carbono, em comparação com os combustíveis fósseis. Os biocombustíveis, por exemplo, podem gerar redução das emissões líquidas de CO₂ entre 70% e 80% (Leal Junior e D'agosto, 2012).

Quanto à segunda solução, o TRB (2010) gerou uma previsão da redução potencial do consumo de combustível pela introdução de tecnologias de tração. Observa-se que o aprimoramento das tecnologias relativas à redução do consumo do combustível permitirá uma economia significativa, como pode ser visto na Tabela 1. Destacam-se as tecnologias de tração híbridas (diesel-elétrico ou diesel-hidráulico), que podem permitir o aproveitamento da energia cinética da frenagem e tornar o uso do veículo mais eficiente energeticamente. Ou seja, gerando um menor consumo de combustível, haverá menor emissão de GEE.

Tabela 1: Variação da Redução do Consumo de Combustível por Tecnologia de Tração Prevista Para o Período de 2015-2020.

Tecnologia	Redução do consumo de combustível (%)
Motor a Diesel	15 – 21%
Motor a Gasolina	Até 24%
Motor a Diesel/Gasolina	6 – 24%
Transmissão Automatizada	4 – 8%
Tecnologia Híbrida	5 – 50%

Fonte: adaptado do TRB (2010)

Ainda quanto à segunda solução sugerida, relativa a veículos mais eficientes, a Tabela 2 indica uma seleção de alternativas tecnológicas que podem ser aplicadas à construção dos veículos, e suas respectivas reduções de consumo de combustível, com base no TRB (2010).

Tabela 2: Variação da Redução do Consumo de Combustível por Tecnologia de Construção do Veículo Prevista Para 2015-2020.

Tecnologia	Redução de consumo de Combustível (%)
Aerodinâmica	3 – 15%
Potências auxiliares	1 – 2,5%
Resistência a Rolamento	4,5 – 9%
Redução de Peso	2 – 5%
Redução de Ponto Morto	5 – 9%
Veículo Inteligente (ex: GPS)	8 – 15%

Fonte: adaptado TRB (2010)

Com relação ao comportamento do motorista, podem-se citar as ações que o motorista realiza ao conduzir o veículo, como por exemplo, trocar de marcha na rotação do motor ideal, evitar o uso do ponto morto ao conduzir, guiar com previsão, usar corretamente o acelerador e freio,

dentre outras ações. Sendo estas ações realizadas corretamente pode-se atingir maior eficiência energética do veículo, com menor consumo de combustível e emissão de GEE.

A seleção do veículo e sua manutenção preventiva envolvem desde a seleção do veículo correto para uma operação específica até a escolha de pneus adequados e a manutenção das condições de regulagem (calibragem dos pneus, alinhamento do sistema de direção, balanceamento das rodas, cambagem do sistema de suspensão etc). O aspecto da logística pode estar relacionado à roteirização do veículo, ou seja, selecionar a rota mais adequada à operação realizada, considerando distância, tipo de terreno, tipo de asfalto, tráfego, questões particulares da operação e outras condições ligadas ao caminho que o veículo percorre ao longo da sua operação.

Pode-se observar que soluções referentes ao uso de combustíveis de baixo carbono permitem a obtenção de uma eficiência no consumo de combustível entre 6% e 50%. A implantação de tecnologias inovadoras pode gerar uma eficiência de 1% a 15%. Porém, não adianta introduzir tecnologias inovadoras se a condução e operação são ruins. Logo, a introdução do *Eco-driving* é ao mesmo tempo uma solução que tem o potencial de reduzir uma parcela significativa do consumo de combustível, até $\frac{1}{4}$, e impacta nas demais medidas de redução no consumo de combustível, apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

O transporte de carga é um elemento fundamental em uma cadeia logística. O *Eco-driving* aplicado a uma frota de ônibus urbanos e veículos de carga poderiam gerar benefícios significantes do ponto de vista financeiro e ambiental.

4. ECO-DRIVING: EXPERIÊNCIA BRASILEIRA E INTERNACIONAL

Foram identificados seis trabalhos que realizaram testes de *Eco-driving*, três deles se passam no Brasil e os outros em âmbito internacional. Estes são trabalhos que aplicam o treinamento para mudar o comportamento do motorista e aprimoramento do veículo, e verificam a eficiência energética alcançada. Estes trabalhos foram selecionados, pois estão entre os que aplicam o *Eco-driving* em veículos pesados. Das instituições que realizaram os testes considera-se: Confederação Nacional dos Transportes (CNT); Banco Mundial; Sociedade Alemã de Cooperação Técnica (GTZ) e *Rocky Mountain Institute*. Foi encontrada também uma dissertação de mestrado (Silva, 2007) que realizou treinamentos de motoristas.

Com relação aos testes realizados no Brasil, no trabalho de Silva (2007) foi realizado um treinamento de direção econômica, que envolve técnicas de condução iguais às aplicadas na técnica do *Eco-driving*. Neste treinamento participaram 105 motoristas (frota de veículos de transporte de carga). Além do treinamento foram instalados equipamentos para melhorar a aerodinâmica nos caminhões e foram utilizados pneus de baixa resistência ao rolamento. Neste experimento Silva (2007) constatou uma melhora na eficiência (com relação à redução no consumo de combustível) de aproximadamente 11,4%. Neste caso não é possível isolar apenas o resultado imposto pelo *Eco-driving*.

O Banco Mundial (2011) realizou o mesmo procedimento que Silva (2007), entretanto com uma frota de 8 veículos (de transporte de carga), e testando a eficiência das práticas separadamente. Considerando a redução no consumo de combustível, encontrou-se no teste de pneus de baixa resistência redução de +1%, com a instalação de equipamentos de aerodinâmica a redução foi de +3%, e o treinamento dos motoristas gerou uma redução +1%.

A CNT com a parceria do SEST (Serviço Social do Transporte) e do SENAT (Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte) realizam treinamentos de *Eco-driving* desde 2007, entretanto ainda não possuem registros divulgados da eficiência que o treinamento pode gerar na redução do consumo de combustível.

No âmbito internacional, estes foram realizados na Alemanha, Chile, Argentina, Estados Unidos e China. Nos primeiros três países, os testes foram realizados pela GTZ (2005) e nestes testes foram realizados apenas os treinamentos *Eco-driving*, com foco em mudança de comportamento. Na Alemanha foi realizado o teste com 40 vans e após o treinamento alcançou-se uma economia de combustível de 8%. No Chile foram testados 11 ônibus (transporte público) e a economia de combustível foi de 14,2%. Na Argentina também se testou 7 ônibus e o resultado da economia de combustível chegou a 14%.

No trabalho do *Rocky Mountain Institute* (2008) testou-se 1 veículo de transporte de carga, sendo considerados os elementos do teste de Silva (2007) com o acréscimo de mais um elemento, que é a redução do peso do veículo, através da utilização de materiais mais leves em sua estrutura. Neste teste a economia de combustível chegou a 12,3%.

O Banco Mundial realizou também em 2011 um teste na China, sendo testados 2 caminhões de carga de grande porte, 6 caminhões de carga de médio porte e 2 caminhões de lixo. Foram utilizadas todas as práticas citadas anteriormente, ou seja, realização de treinamento, instalação de equipamentos para aprimorar a aerodinâmica, uso de pneus de baixa resistência ao rolamento e redução do peso do veículo. A economia de combustível foi de 6,6%, 1,8% e 23,7%, respectivamente, para o caminhão de grande porte, médio porte e o caminhão de lixo.

A partir da pesquisa realizada, pode-se observar que o aumento da eficiência energética gerada pela aplicação de *Eco-driving* em uma frota de caminhões pode variar entre 1% e 24%. De acordo com Sivak e Schoettle (2012) a economia de combustível pode chegar a 25%.

5. ECO-DRIVING: APLICADO A COLETA DE RESÍDUOS URBANOS

Foi realizado um projeto piloto de aplicação de *Eco-driving* em caminhões de coleta de resíduos, com o foco na mudança de comportamento, ou seja, treinamento de motoristas. Este projeto foi realizado pelo Laboratório de Transporte de Carga (LTC), da COPPE/UFRJ. É um projeto que obteve o suporte financeiro de uma organização não governamental e o suporte da CNT para realização do treinamento, e foi aplicado a veículos da COMLURB (Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro).

O treinamento foi realizado no dia 07/04/2013, ao longo de 1 dia, sendo 5 horas de aula teórica e 3 horas de aula prática, com base nas técnicas apresentadas na Tabela 3. A ideia inicial era realizar o treinamento de forma parcelada em 1 semana, tendo mais tempo para as aulas práticas e teóricas, entretanto por conta de algumas dificuldades do operador logística pôde-se apenas realizar um dia corrido de treinamento.

Tabela 3: Técnicas de *Eco-driving*

TÉCNICAS DE ECO-DRIVING
Antecipar o fluxo do tráfego
Uso adequado do freio
Manter velocidade constante
Evitar ponto morto
Uso adequado da marcha

Fonte: Elaborado pelos autores, 2013

Este experimento possui área de atuação indicada na Figura 1. As áreas demarcadas na Figura 1 compreendem, respectivamente, a 6,3% e 6,8% dos valores totais de população e domicílios das áreas de estudo em relação ao total do município do Rio de Janeiro.

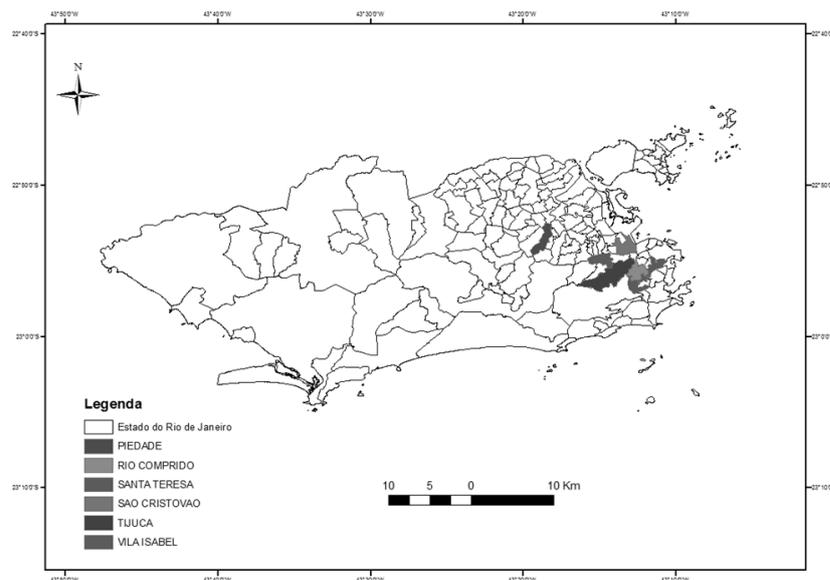


Figura 1: Área de atuação dos veículos compactadores da tabela 4 – Elaboração do Autor

Entende-se que as áreas indicadas na Figura 1 possuem diferentes características geográficas, urbanas e de tráfego, ou seja, deve se considerar as externalidades das condições de operação nestas áreas ao aplicar soluções sustentáveis na cadeia logística de coleta de resíduos urbanos. Como se pode observar na Tabela 4, foram testados 2 tipos de veículos, sendo 7 deles compactadores e 4 conjuntos caminhão trator e semi-reboque. Com a seleção destes veículos, foram treinados 21 motoristas.

Com relação aos veículos do tipo P6, cada um possui uma rota diferente, com condições diferentes de roteiros, atuando sobre as áreas demarcadas da figura 1. Entretanto os veículos referentes ao tipo P19 possuem os mesmos roteiros atuando sempre entre a estação de transferência de Santa Cruz e o aterro de Seropética/RJ.

Tabela 4: Veículos Selecionados para o Projeto Piloto

ID Frota	Tipo	Descrição	Utilização
G05			
G06			
G07			
G08	P6	Compactador de 2 eixos de 15m ³	Coleta domiciliar
G09			
G10			
G13			
F58			
F64	P19	Cavalo Mecânico + Semi-reboque - 45m ³	Transferência do estação até o aterro
F71			
F73			

Fonte: Elaborado pelos autores, 2013.

A operação do P6 e P19 é distinta. Através da tabela 5 entende-se que a operação do P6 se mostra mais complexa, com mais etapas, por conta da coleta domiciliar, em que há necessidade de mais paradas e da realização de mais viagens ao aterro sanitário, pois o caminhão não tem capacidade de acúmulo de resíduos o suficiente para percorrer continuamente um roteiro apenas 1 vez. Sendo o P19 uma operação mais contínua, em que o objetivo é levar os resíduos da estação de transferência para o aterro sanitário.

Tabela 5: Rotina Operacional do P6 e P19

Etapas	Rotina Operacional	
	P6	P19
1	Caminhão encaminha para a garagem da COMLURB para buscar a guarnição e receber o roteiro.	O caminhão vai para a estação de transferência para carregar o caminhão com resíduos, até alcançar a capacidade total de carregamento
2	Coletar o lixo na rota estabelecida pela COMLURB	Leva o lixo para o aterro sanitário
3	Quando o caminhão alcança a lotação máxima, o veículo é levado para a estação de transferência para esvaziar. Depois de esvaziar, o veículo retorna ao ponto do roteiro em que o veículo parou para ir esvaziar, e continua o roteiro. Assim repetindo este processo quantas vezes for necessário até terminar o roteiro.	Retorna para a estação de transferência para repetir o processo inicial
4	Quando a rota é finalizada, o veículo retorna a garage da COMLURB para devolver a guarnição.	-
5	O caminhão volta à garage da empresa privada.	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2013

Para uma real compreensão da rotina operacional dos dois tipos de veículos avaliados neste estudo (P6 e P19), optou-se também por realizar um acompanhamento de pelo menos 1 veículo de cada tipo durante a operação.

Primeiramente acompanhou-se um P6, neste caso foi o G13 (Tabela 4), que atuou em São Cristovão. Quanto ao roteiro, observou-se dificuldade do motorista com relação à largura das ruas, ou seja, há áreas de coleta com ruas estreitas que dificultam a permanência do veículo durante a coleta de lixo, em muitos casos o veículo foi obrigado a manobrar o veículo para dar passagem a outros veículos de passagem, dessa forma gerando maior consumo de combustível. Outro problema observado foi quanto às condições viárias variadas (asfalto, paralelepípedo, vias com asfalto prejudicado), tráfego intenso e inclinações de vias variadas.

No caso do P19, acompanhou-se o F58 (Tabela 4). Neste acompanhamento observou-se uma operação mais contínua. Mas, assim como na operação do P6, há condições viárias adversas

com relação a qualidade viária do roteiro, principalmente na área que compreende o aterro sanitário e seu entorno. E diferente do P6 o roteiro mostrou-se mais plano e com menor impacto do tráfego.

6. RESULTADOS OBTIDOS COM O EXPERIMENTO

Os resultados foram analisados com base em valores de rendimento energético (km/l) pré e pós-intervenção do treinamento. Foi considerado o período do levantamento de dados entre 01/03/2013 até 04/05/2013, sendo a data do treinamento o momento de corte entre os resultados que serão apresentados. Os valores são analisados de forma agregada a partir da média de rendimento e dispersão dos valores.

Os veículos serão agrupados de acordo com o tipo, ou seja, os compactadores (P6) serão analisados separadamente dos conjuntos caminhão trator e semi-reboque (P19). Gerando, assim, dois resultados, um para cada tipo de veículo. As variáveis utilizadas estão na tabela 6.

Tabela 6: Variação Média do Rendimento (km/l) e da Dispersão

Variáveis	P6		P19	
	Pré-*Tr	Pós-Tr	Pré-Tr	Pós-Tr
Amostra (pontos)	148	122	62	46
Média de km/l dos pontos	1,42	1,31	1,73	1,96
*DESVPAD	0,85	0,54	0,46	0,9
Dispersão		-36,47%		95,65%

Fonte: elaborado pelos autores, 2013

*Tr = Treinamento e DESVPAD = Desvio Padrão

O cálculo da dispersão foi baseado na Equação 1:

$$Dispersão = (DESVPAD2 - DESVPAD1) / DESVPAD1 \quad (1)$$

Em que: DESVPAD1: Desvio Padrão dos dados de Rendimento Pré-Treinamento
DESVPAD2: Desvio Padrão dos dados de Rendimento Pós-Treinamento

Com base na Tabela 6 e Figuras 2 e 3 foi verificado que para o caso do P6 o conjunto de dados obtidos no período pré-intervenção apresentou um nível maior de dispersão que os valores obtidos no período pós-treinamento. Entretanto, a partir da observação da Tabela 6 e Figura 4 e 5, o P19 mostrou uma dinâmica inversa, com a dispersão de dados maior após o treinamento.

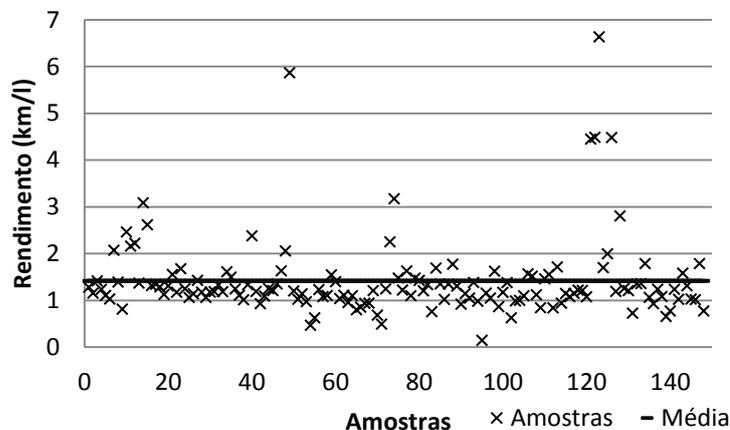


Figura 2: Rendimento do Grupo de Veículos P6 Pré-Treinamento

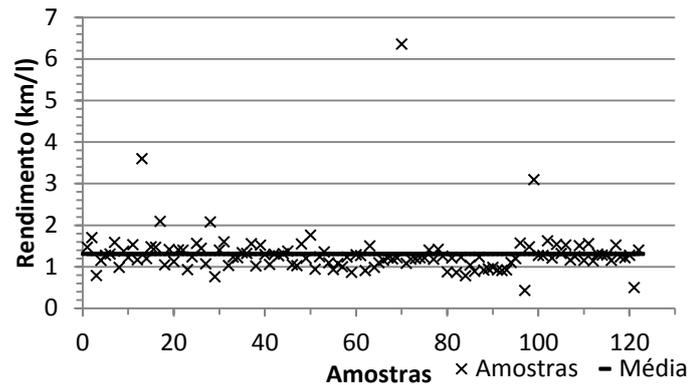


Figura 3: Rendimento do Grupo de Veículos P6 Pós-Treinamento

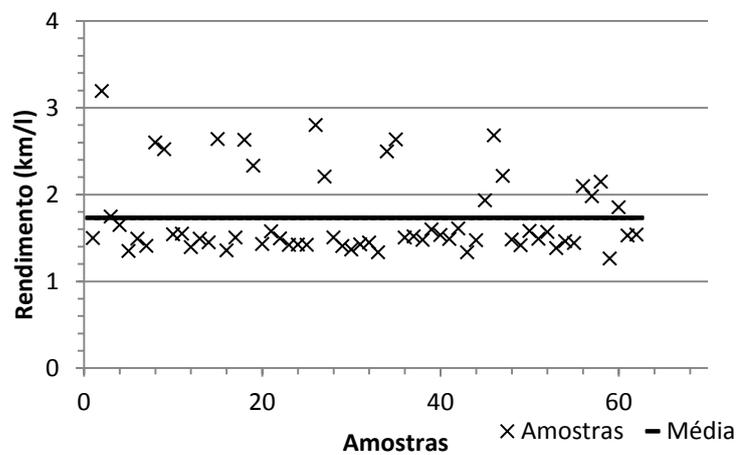


Figura 4: Rendimento do Grupo de Veículos P19 Pré-Treinamento

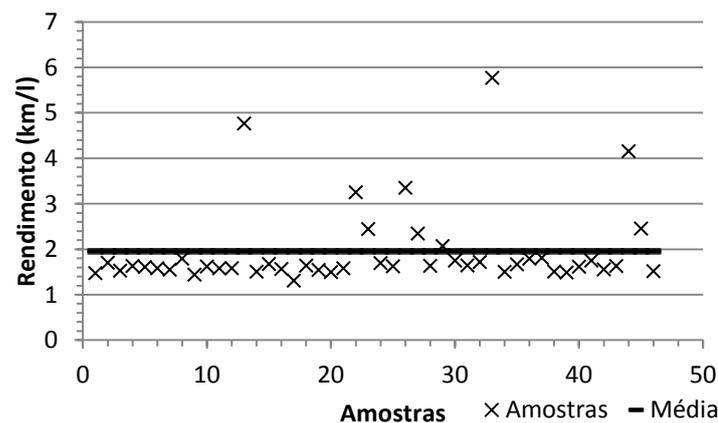


Figura 5: Rendimento do Grupo de Veículos P19 Pós-Treinamento

No caso do P19 houve um aumento da dispersão de 95%, entretanto obteve-se uma melhora de 13% no rendimento energético. Diferentemente do P19, o P6 melhorou em 36% a dispersão, mas o rendimento energético reduziu 1% após o treinamento.

Para cada veículo é importante considerar as condições de operação. O P6 apresenta condições de operação mais complexa, pois atua sobre condições urbanas diversas, assim

como ruas com diferentes condições (paralelepípedo, asfalto, terra e via erodidas e prejudicadas), inclinações diversas ao longo do roteiro, tráfego intenso, e possui diversas paradas ao longo do roteiro, ou seja, é uma operação descontínua, mais desfavorável à mudança de comportamento do motorista. O P19 já opera em um tráfego mais contínuo e maior parte do percurso é asfaltada. O treinamento mostrou-se mais favorável para este tipo de veículo, que realiza uma operação mais contínua, neste caso é levar os resíduos da estação de transferência para o aterro sanitário, sem paradas intermediárias.

O benefício de 13% de redução de rendimento energético alcançado, através da mudança de comportamento do motorista, se mostrou significativo com relação a outras soluções de redução de consumo de combustível e emissão de poluentes, assim como o uso de tecnologias inovadora ou combustíveis de baixo carbono apresentadas pelo TRB (2010). A eficiência energética alcançada no teste piloto ficou entre os valores esperados, considerando o potencial de redução 25% apresentado por Sivak e Schoettle (2012) e os demais níveis de redução alcançados pelos trabalhos revisados no capítulo 4 deste artigo.. Pode-se observar também que o P19, que alcançou os 13% de redução de rendimento energético, possui características de operação similares aos encontrados na revisão. Ou seja, este veículo possui condições favoráveis à eficiência energética através da mudança de comportamento do motorista, considerando as características de operação apresentados.

7. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do trabalho foi alcançado de acordo com o proposto e pôde-se identificar o benefício gerado pela prática do *Eco-driving* para melhorar o rendimento energético no transporte de carga. Assim como a revisão apontou uma margem de até 25% de redução no rendimento (km/l), no estudo de caso também enfatizou um resultado positivo, com a redução de 13% no rendimento. Considerando que a redução do consumo de combustível fóssil é diretamente proporcional a emissão de poluentes atmosféricos e também redução de custo, pode-se afirmar que a prática proposta neste trabalho pode gerar benefícios no escopo ambiental, social e econômico.

O *Eco-driving* se mostra uma solução eficiente com o potencial de estar inserido em políticas públicas, principalmente, em um país como o Brasil, em que o transporte de carga corresponde a 56,8% do setor de transporte (MME.2012). Esta solução pode ser efetiva na questão de redução de gases de efeito estufa. Frente às necessidades, no âmbito nacional e global, de reduzir o consumo dos combustíveis fósseis, que são recursos limitados no planeta.

Por se tratar da apresentação de resultado preliminar, como limitante da pesquisa, destaca-se que o tempo de amostragem pode não ter sido grande o suficiente, para afirmar que o desempenho continuará desta forma. Outra limitação diz respeito ao comportamento do motorista. Vale frisar que este trabalho não avaliou outras variáveis ligadas ao comportamento do motorista, assim como *stress*, condições do veículo, tipo específico de roteiro realizado, acidentes e outras questões transcendem da decisão do motorista. Outra questão é com relação à dispersão dos dados.

Para uma sugestão de continuidade do trabalho espera-se coletar dados por um período mais longo de tempo e aplicar um tratamento estatístico dos dados, no sentido de refinar a qualidade dos dados.

Adicionalmente, seria interessante avaliar o potencial do *Eco-driving* como uma política pública. Outra sugestão para dar continuidade a esta pesquisa envolve a avaliação dos benefícios ambiental e econômico das práticas do *Eco-driving*, através de cálculos com base fatores de emissão de poluentes atmosféricos e aplicação de técnicas de avaliação econômica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDO, R; NISHIHORI, Y (2011): How does driving behavior change when following an eco-driving car? In *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 20, pp. 577–587.
- BARKENBUS, J. N. (2010): Eco-driving: An overlooked climate change initiative. In *Energy Policy* 38 (2), pp. 762–769.
- BARTH, M; BORIBOONSOMSIN, K (2009): Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system. In *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 14 (6), pp. 400–410.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. <http://www.ipcc.ch/>.
- CNT/SEST/SENAT – Caminhoneiro amigo do meio ambiente. – Brasília : CNT, 2012.
- COPPE and Rio Prefeitura. 2011. *Greenhouse Gas Inventory and Emissions Scenario of Rio de Janeiro, Brazil: Technical Summary*. Available: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/exibeconteudo?article-id=2351770>
- DEKKER, R., BLOEMHOF, J., MALLIDIS, I. (2012). Operations Research for green logistics—An overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European Journal of Operational Research*, 219(3), 671–679.
- MME (2012). *Estudo associado ao plano decenal de energia – PDE 2021: consolidação de bases de dados do setor de transporte: 1970-2010. Nota técnica SDB-Abast No 1/2012. Empresa de Pesquisa Energética – Ministério de Minas e Energia – Brasil*.
- EUROPEAN COMMISSION. (2011). *WHITE PAPER: Roadmap to a Single European Transport Area—Towards a competitive and resource efficient transport system*. COM (2011), 144.
- GTZ (2005). *Sustainable Transport: A Sourcebook for policy-makers in developing cities. Module 4f, Ecodriving*. Federal Ministry for Economic Cooperation and development, Germany.
- LEAL Jr, I. C.; D’AGOSTO, M. A. (2012). Ações de ecoeficiência para melhoria do desempenho no transporte rodoviário de produtos perigosos. *TRANSPORTES*, 20(3), 5-17.
- LIN, C. Y., HO, Y. H. (2011). Determinants of green practice adoption for logistics companies in China. *Journal of business ethics*, 98(1), 67-83.
- MCT, 2004. *MCT—Ministério da Ciência e Tecnologia (Ministry of Science and Technology), 2004. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de referência para emissões e remoções de dióxido de carbono por conversão de florestas e abandono de terras cultivadas, Brasília*.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE(MMA). *Primeiro inventário de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários – relatório final*. Jan. 2011. Disponível em: < www.mma.gov.br>. Acesso em: 15 abr. 2011.
- TRANSPORT RESEARCH BOARD (TRB). *Committee to Assess Fuel Economy Technologies for Medium-, and Heavy-Duty Vehicles. Technologies and Approaches to Reducing the Fuel Consumption of Medium- and Heavy-duty Vehicles*. National Academy Press, 2010
- OGBURN, M. L.; RAMROTH, A. B. 2008. *Transformational trucks: Determining the energy efficiency limits of a class-8 tractor trailer*. Snowmass, CO: Rocky Mountain Institute. Publ. #T08-

08, www.rmi.org/rmi/Library/T08-08_TransformationalTrucksEnergyEfficiency.

- SBIHI, A., EGLESE, R. W. (2007). Combinatorial optimization and green logistics. *Operational Research*, 5(2), 99-116.
- SILVA, W. B (2007). Aprendizagem: um estudo da contribuição da capacitação de motoristas de caminhão para a redução dos custos operacionais da frota. Dissertação apresentada à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- SIVAK, M; SCHOETTLE, B (2012): Eco-driving: Strategic, tactical, and operational decisions of the driver that influence vehicle fuel economy. In *Transport Policy* 22, pp. 96–99.
- UBEDA, S., ARCELUS, F. J., FAULIN, J. (2011). Green logistics at Eroski: A case study. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 44-51.
- World Bank. Brazil Green Freight Transport Report: World Bank NLTA: “Mainstreaming Green Trucks in Brazil”. (2011)
- World Bank. Guangzhou Green Trucks Pilot Project: Technology Pilot Report for the World Bank “Truck GHG Emission Reduction Pilot Project”. (2011)
- YOUNG, M. S; BIRRELL, S. A; STANTON, N. A. Safe driving in a green world: a review of driver Performance benchmarks and technologies to support smart driving. *Applied Ergonomics*, 42(4):533{539, 2011.
- ZARKADOULA, M; ZOIDIS, G; TRITPOULOU, E (2007): Training urban bus drivers to promote smart driving: A note on a Greek eco-driving pilot program. In *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 12 (6), pp. 449–451.

Vicente Aprigliano Fernandes (vicente.geo.ufrj@gmail.com)

Ana Carolina Peixoto Deveza (anadeveza@poli.ufrj.br)

Marcio de Almeida D'Agosto (dagosto@pet.coppe.ufrj.br)

Programa de Engenharia de Transportes (COPPE/UFRJ), Centro de Tecnologia, Bloco H, sala 117, Cidade Universitária, CEP 21.949-900, Brasil, Rio de Janeiro, RJ