2012

Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro

COPPE UFRJ
Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia

FETRANSPOR
Mobilidade com Qualidade

Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro

COPPE
Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
UFRJ

FETRANSPOR
Mobilidade com Qualidade

REALIZAÇÃO

FETRANSPOR - FEDERAÇÃO DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES DE PASSAGEIROS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Lélis Marcos Teixeira | *Presidente Executivo*

Richele Cabral Gonçalves | *Diretora de Mobilidade Urbana*

Guilherme Wilson da Conceição | *Gerente de Planejamento e Operações*

Giselle Smocking Rosa Bernardes Ribeiro | *Coordenadora de Meio Ambiente*

Viviane Japiassú Viana | *Analista Ambiental Sênior*

Morgana Batista Alves Rangel | *Analista Ambiental Pleno*

Produção Verônica Abdalla

Projeto Gráfico Ampersand Comunicação Gráfica

Impressão Colorset

COORDENAÇÃO Prof. Márcio de Almeida D'Agosto | dagosto@pet.coppe.ufrj.br

Programa de Engenharia de Transportes – PET/COPPE/UFRJ

PESQUISADORES Cristiane Duarte Ribeiro de Souza | cristiane@ltc.coppe.ufrj.br

Suellem Deodoro Silva | suellem@ltc.coppe.ufrj.br

Arthur Prado Barboza | arthur.barboza@poli.ufrj.br

Maria Lívia Real de Almeida | maria-livia@poli.ufrj.br

Laboratório de Transporte de Carga – LTC/PET/COPPE/UFRJ

APOIO

AGRALE S.A.
AMYRIS BRASIL S.A.
ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
BNDES -BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL
CENBIO - CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA
ELETRA
FETRANSPOR - FEDERAÇÃO DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES DE PASSAGEIROS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.
INEA - INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE
IVECO LATIN AMERICA
MAN LATIN AMERICA
MERCEDES-BENZ DO BRASIL LTDA
PET/COPPE/UFRJ- PROGRAMA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
PETROBRAS
SCANIA LATIN AMERICA LTDA
SEA - SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE
SETRANS - SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES
SMAC - SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE
SMTR - SECRETARIA MUNICIPAL DE TRANSPORTES
SPTRANS
TUTTO TRANSPORTI
UBRABIO - UNIÃO BRASILEIRA DO BIODIESEL E BIOQUEROSENE
VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA.

2012

Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro

RELATÓRIO FINAL EMITIDO EM: 22/08/2012

Índice

Sumário Executivo 7

Apresentação 15

1. Introdução 16

2. Pesquisa Bibliográfica Internacional 20
- 2.1. Sistema de Propulsão Convencional 21
- 2.2. Sistema de Propulsão Alternativo 26

3. O Sistema de Transporte Coletivo por Ônibus no Rio de Janeiro 28

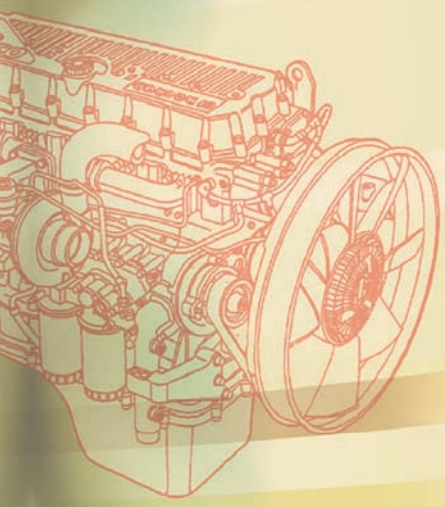
4. Fases do Proconve e Limites de Emissões 30

5. Descrição Consolidada das Potenciais Alternativas Tecnológicas de Sistemas de Propulsão para ônibus no Estado do Rio de Janeiro 32
- **5.1.** Sistema de Propulsão Convencional 32
- **5.2.** Sistema de Propulsão Alternativo 35
- **5.3.** Regime de Operação para Ônibus Híbridos 37

6. Metodologia Adotada neste Estudo para Obtenção de Dados e Informações 39

7. Atendimento ao P7 e Estabelecimento de Plataformas de Comparação 41

8. Comparação das Alternativas Identificadas Considerando as Plataformas Definidas 44
- **8.1.** Procedimento de Comparação das Alternativas Identificadas Considerando as Plataformas Definidas 44
- **8.2.** Análise dos Resultados 45



9. Avaliação de Aspectos Técnicos, Políticos, Financeiros e Ambientais **52**
9.1. Procedimento de comparação – avaliação de aspectos técnicos, políticos, financeiros e ambientais **52**
9.2. Análise dos Resultados – Avaliação de Aspectos Técnicos, Políticos, Financeiros e Ambientais **56**
9.2.1. Linhas Interbairros e Alimentadoras **56**
9.2.2. Linhas Troncais Secundárias **58**
1**0.** Sensibilidade aos Mecanismos de Financiamento **62**
10.1. Verificação de Sensibilidade aos Mecanismos de Financiamento – março 2012. ..... **62**
10.2. Verificação de Sensibilidade aos Mecanismos de Financiamento – agosto 2012. ..... **64**

11. Considerações Finais, Limitações e Sugestões de Aprimoramento Futuro **66**

12. Referências Bibliográficas **72**

Anexo I - Lista de Fórmulas Utilizadas no Cálculo do Custo Operacional **78**
Anexo II - Planilha de Insumos **83**
Anexo III – Resposta da Mercedes Benz do Brasil a Formulário Encaminhado para Validação dos Dados **89**
Anexo IV – Resposta da Man Latin America a Formulário Encaminhado para validação dos dados **102**
Anexo V – Resposta da Volvo do Brasil a Formulário Encaminhado para Validação dos Dados **110**
Anexo VI – Resposta da Scania Latin America a Formulário Encaminhado para Validação dos Dados **120**
Anexo VII – Resposta da Agrale S.A. a Formulário Encaminhado para Validação dos Dados **129**
Anexo XIII – Resultado da Pesquisa Qualitativa – Aspectos Técnicos e Políticos **130**

sumário executivo

No mundo todo o transporte responde pelo consumo de mais de 50% dos derivados de petróleo (IEA, 2010). No Brasil, no ano de 2009, aproximadamente 87% das viagens de passageiros realizadas por modos coletivos ocorreu por meio do uso de ônibus movidos a óleo diesel de petróleo (ANTP, 2009), responsáveis pela emissão de 27,8 milhões de toneladas de CO_2 (MMA, 2011). Visando minimizar os impactos ambientais causados pelo seu uso e ao mesmo tempo ampliar a segurança energética[1] da nação, o país avança na busca por novas alternativas energéticas e tecnologias aplicadas aos sistemas de propulsão de veículos rodoviários.

Neste contexto, este trabalho buscou identificar alternativas tecnológicas que possibilitem o atendimento dos limites de emissão de poluentes atmosféricos previstos no pelo PROCONVE[2] fase 7 (P7), destacando seus benefícios comparativos em relação àquelas que atendem aos limites do PROCONVE fase 5 (P5) que vigoraram até o final de 2011, conforme Tabela A. Adicionalmente, foi realizada, uma avaliação de aspectos técnicos, políticos[3], financeiros e ambientais das opções identificadas e a análise dos resultados obtidos de modo a comparar as opções selecionadas para a operação na cidade do Rio de Janeiro considerando o horizonte de tempo dos grandes eventos que acontecerão na cidade, como a Copa do Mundo em 2014 e as Olimpíadas em 2016.

Verificou-se que o uso de combustíveis alternativos (B20, AMD10 e GNV)[4]em motores e sistemas projetados para atender as emissões do P5, não atende aos limites de emissão de poluentes atmosféricos previstos para o P7, sendo indispensável a adoção de veículos com tecnologia que atenda aos limites de emissão do P7, os quais apresentam um acréscimo na faixa de 8% a 16% no investimento inicial em chassi e entre 1,4% e 3,0% no custo operacional (em relação ao P5)[5].

[1] Neste caso, reduzir a dependência de uma única fonte de energia, o petróleo.

[2] PROCONVE (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores) estabelecido pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) na forma de fases para redução obrigatória dos limites de emissão de poluentes atmosféricos oriundos de veículos automotores.

[3] Por avaliação de aspectos políticos considera-se avaliar os aspectos associados a política para adoção da tecnologia, tais como a aceitação da tecnologia pelo operador e pelo poder público, a sua dependência de financiamento e o risco da inovação.

[4] Os combustíveis testados em veículos que atendem os limites de emissão do P5 foram: B20 - 20% de biodiesel e 80% de óleo diesel de petróleo; AMD10 - 10% de óleo diesel de cana de açúcar, 4,5% de biodiesel e 85,5% de óleo diesel de petróleo; GNV - gás natural veicular (comprimido) – o código GNVD indica veículo dedicado.

[5] Os valores apresentados diferem daqueles que podem ser obtidos por meio da Tabela A, uma vez que lá são utilizados valores médios para investimento inicial e custo operacional, enquanto aqui se utiliza como referência valor específico de cada montadora para estabelecer os extremos de variação.

Benefícios ambientais significativos quanto a redução da emissão de poluentes atmosféricos locais (redução de 28% de CO – monóxido de carbono, 30% de HC – hidrocarbonetos totais, 60% de NO_x – óxidos de nitrogênio, 80% de MP – material particulado) são decorrentes da implantação de tecnologia que atende aos limites de emissão estabelecidos pelo P7. Porém, espera-se uma redução marginal (1,9% a 4%) na emissão de CO_2 – dióxido de carbono - decorrente do uso desta tecnologia, de modo que o uso de combustíveis alternativos pode contribuir com reduções adicionais na emissão de poluentes atmosféricos locais e globais, mas não substituirá a necessidade da implantação de tecnologia que atenda aos limites estabelecidos pelo P7.

Quando analisadas em relação à tecnologia P7, as alternativas[6] P7D_AMD10, P7D_B20 e P7P_AMD10 destacam-se por não necessitarem de investimentos adicionais ao já realizado pela introdução do P7, além disso, apresentam custo operacio-

Tabela A: Comparação das tecnologias consideradas no estudo.

Tecnologia		Aspectos Financeiros		
Sigla	Descrição	Investimento inicial[1]	Custo operacional[2]	
		[R$/unid] [%] 6	[R$/km] [%] 7	
P5D	veículo convencional, motor dianteiro P5	260.500,00	3,95	
P7D	veículo convencional, motor dianteiro P7	280.460,00	4,02	
P7D_AMD10[3]	veículo convencional, motor dianteiro P7 - utilizando AMD10 (mistura de 90% de B5 e 10% de diesel de cana)	0,00%	0,41%	
P7D_B20[3]	veículo convencional, motor dianteiro P7 - utilizando B20 (mistura de 80% de diesel de petróleo e 20% de biodiesel)	0,00%	0,28%	
P5T	veículo convencional, motor traseiro P5	292.000,00	4,06	
P7T	veículo convencional, motor traseiro P7	315.940,00	4,15	
P7T_DG[4]	veículo convencional, motor traseiro P7 - com kit diesel gás	6,63%	-0,87%	
P7T_GNVD[4]	veículo convencional, motor traseiro P7 - dedicado a GNV	9,48%	5,87%	
P5P	veículo padron, motor traseiro P5	365.250,00	4,54	
P7P	veículo padron, motor traseiro P7	388.650,00	4,62	
P7P_AMD10[5]	veículo padron, motor traseiro P7 - utilizando AMD10 (mistura de 90% de B5 e 10% de diesel de cana)	0,00%	0,57%	
P7P_ED95[5]	veículo padron, motor traseiro P7 - utilizando etanol	7,04%	32,02%	
P7P_HS[5]	veículo híbrido em série, diesel-elétrico	67,44%	11,90%	
P7P_HP[5]	veículo híbrido paralelo, diesel-elétrico	62,10%	7,13%	
P5A_18m	veículo articulado de 18m, P5	592.500,00	5,45	
P7A_18m	veículo articulado de 18m, P7	629.375,00	5,56	
P5A_21m	veículo articulado de 21m, P5	704.333,33	5,95	
P7A_21m	veículo articulado de 21m, P7	746.250,00	6,07	

[1] Considera valor médio de investimento inicial (investimento em chassi e carroceria); [2] Considera valor de custo operacional médio; [3] Percentuais calculados em função da alternativa P7D; [4] Percentuais calculados em função da alternativa P7T; [5] Percentuais calculados em função da alternativa P7P; [6] Valores em R$/unid para as alternativas P5D, P7D, P5T, P7T, P5P, P7P, P5A_18m, P7A_18m, P5A_21m e P7A_21m e em % para as alternativas P7D_AMD10, P7D_B20, P7T_DG, P7T_GNVD, P7P_AMD10, P7P_ED95, P7P_HS e P7P_HP; [7] Valores em R$/km para as alternativas P5D, P7D, P5T, P7T, P5P, P7P, P5A_18m,

nal igual ou pouco maior (1%) que as alternativas P7. No que tange aos aspectos ambientais, verifica-se que a alternativa P7P_ED95 é a que apresenta maior redução na emissão poluentes locais (92% de CO, 50% de MP, 15% de HC e 89% de NO_x) e de CO_2, (100%)[7]. As alternativas P7D_AMD10 e P7P_AMD10 são as que apresentam menor redução nos poluentes locais, enquanto a alternativa P7T_GNVD é a que representa menor redução (1%) na emissão deste GEE.

[6] O código das alternativas considera: P7 – a tecnologia atende aos limites de emissão de poluentes atmosféricos estabelecidos pelo P7; D, T, P, H ou A – veículo com motor dianteiro, traseiro, veículo padron, veículo híbrido ou veículo articulado e o último conjunto de letras representa o combustível alternativo utilizado, o tipo de sistema híbrido (série ou paralelo) ou o tamanho do veículo articulado (18 ou 21 metros). Os combustíveis alternativos considerados neste trabalho são: B20 - 20% de biodiesel e 80% de óleo diesel de petróleo; AMD10 - 10% de óleo diesel de cana de açúcar, 4,5% de biodiesel e 85,5% de óleo diesel de petróleo; GNV - gás natural veicular (comprimido) – o código GNVD indica veículo dedicado a GNV e o código DG indica veículo diesel-gás - e ED95 - etanol hidratado aditivado.

[7] Considera-se exclusivamente a emissão de CO_2 no uso final e desconsidera-se o percentual de aditivo, cuja composição é desconhecida e não se pôde avaliar o potencial de emissão de CO_2.

Emissão de poluentes					Limitações / Particularidades	Indicação para linhas		
CO	MP	NOx	HC	CO_2		Interbairros	Alimentadoras	Troncais
[g/kWh] [%][8]	[g/kWh] [%][8]	[g/kWh] [%][8]	[g/kWh] [%][8]	[g/km] [%][9]				
2,10	0,10	5,00	0,66	929,76		X	X	-
1,50	0,02	2,00	0,46	911,88		X	X	-
-2,50%	0,00%	-1,00%	0,00%	-10,53%	Incerteza quanto a disponibilidade de diesel de cana e ao preço de comercialização	X	X	-
-8,33%	-20,00%	0,00%	0,00%	-15,79%		X	X	-
2,10	0,10	5,00	0,66	929,76		X	X	-
1,50	0,02	2,00	0,46	911,88		X	X	-
0,00%	-80,00%	0,00%	0,00%	-29,60%	Incerteza quanto ao indice de substituição a ser obtido	X	X	-
-98,67%	-50,00%	0,00%	-13,04%	-1,14%	Incerteza quanto ao desempenho do veículo e ao suprimento e preço do combustível	X	X	-
2,10	0,10	5,00	0,66	1.359,78		X	X	X
1,50	0,02	2,00	0,46	1.318,01		X	X	X
-2,14%	0,00%	-0,86%	0,00%	-10,53%	Incerteza quanto a disponibilidade de diesel de cana e ao preço de comercialização	X	X	X
-92,00%	-50,00%	-15,00%	-89,13%	-100,00%		X	X	X
0,00%	-50,00%	-50,00%	0,00%	-24,17%	Incerteza quanto ao preço, desempenho, vida útil e valor de revenda do veículo. Indicado para velocidades médias < 20 km/h	X	X	-
0,00%	-50,00%	-50,00%	0,00%	-40,48%		X	X	-
2,10	0,10	5,00	0,66	1.521,43		-	-	X
1,50	0,02	2,00	0,46	1.455,94		-	-	X
2,10	0,10	5,00	0,66	1.648,25		-	-	X
1,50	0,02	2,00	0,46	1.569,76		-	-	X

P7A_18m, P5A_21m e P7A_21m e em % para as alternativas P7D_AMD10, P7D_B20, P7T_DG, P7T_GNVD, P7P_AMD10, P7P_ED95, P7P_HS e P7P_HP; [8] Valores em g/kWh para as alternativas P5D, P7D, P5T, P7T, P5P, P7P, P5A_18m, P7A_18m, P5A_21m e P7A_21m e em % para as alternativas P7D_AMD10, P7D_B20, P7T_DG, P7T_GNVD, P7P_AMD10, P7P_ED95, P7P_HS E P7P_HP; [9] Valores em g/km para as alternativas P5D, P7D, P5T, P7T, P5P, P7P, P5A_18m, P7A_18m, P5A_21m e P7A_21m e em % para as alternativas P7D_AMD10, P7D_B20, P7T_DG, P7T_GNVD, P7P_AMD10, P7P_ED95, P7P_HS e P7P_HP;

Além de considerar aspectos ambientais, a escolha da melhor alternativa tecnológica para uso em ônibus no Rio de Janeiro depende do enfoque a ser considerado pelos agentes do processo, onde a consideração de aspectos técnicos e políticos recomendam a escolha de alternativas que impliquem em baixos riscos para a sociedade, o poder concedente e os operadores. Desse modo, foram realizadas análises considerando os itens: emissão de poluentes atmosféricos locais, emissão de $CO_{2,}$ aspectos técnicos e aspectos políticos em função do custo operacional do veículo, medido em R$/km.capacidade [passageiros]. Uma pesquisa com especialistas[8] foi realizada para avaliar os aspectos técnicos e políticos. A síntese desta análise encontra-se na Tabela B. As Figuras de A e B apresentam o resultado desta análise.

Tabela B: Síntese da análise das tecnologias em função do custo operacional.

Linhas	Aspectos analisados	Tecnologias	
		Opção mais adequada	Opção menos adequada
Interbairros e alimentadoras	Aspectos Técnicos	P7P, P7D, P7D_B20	P7P_ED95, P7T_GNVD
	Aspectos Políticos	P7D, P7D_AMD10, P7D_B20, P7P, P7P_AMD10	P7H_S, P7T_GNVD, P7P_ED95
	Poluentes Locais	P7H_P	P7T
	Emissões de CO_2	P7D_AMD10, P7D_B20, P7H_P	P7H_S, P7T_GNVD, P7T
Linhas Troncais Secundárias	Aspectos Técnicos	P7A_18m, P7A_21m	P7P_AMD10, P7P_ED95
	Aspectos Políticos	–	P7P_ED95
	Poluentes Locais	–	P7P, P7P_AMD10
	Emissões de CO_2	–	P7P, P7P_AMD10

Critérios adotados para aspectos técnicos: Alta aceitação técnica quando o produto já existe e encontra-se disponível para uso, sua cadeia de suprimento encontra-se estruturada e o risco de não conformidade e não atendimento a demanda é baixo.

Critérios adotados para aspectos políticos: Alta aceitação política quando o produto for de fácil aceitação pelo operador do veículo e pelo poder público, tiver baixa dependência de financiamento, baixo risco associado a fabricação e uso do produto, alto potencial de redução da dependência de derivados de petróleo e alto potencial de uso de combustíveis renováveis.

[8] Foram consultados 11 especialistas que atuam na: COPPE/UFRJ, IVIG/COPPE/UFRJ, Poli/UFRJ, SPTrans, Cenpes-Petrobras, SEA, ANP, FETRANSPOR e Ministério das Cidades.

Neste contexto, destacam-se de forma positiva a alternativa que propõe o uso de B20 em ônibus convencionais operando em linhas interbairros e alimentadoras e ônibus articulados em linhas troncais.

Por outro lado, embora apresentem os maiores benefícios ambientais, as alternativas que propõem o uso de GNV dedicado e etanol não foram bem avaliadas pelos especialistas.

O uso de sistema diesel-gás deve ser considerado com cuidado, por se posicionar em situação limítrofe para a opção menos adequada, excetuando-se a redução de emissão se CO_2.

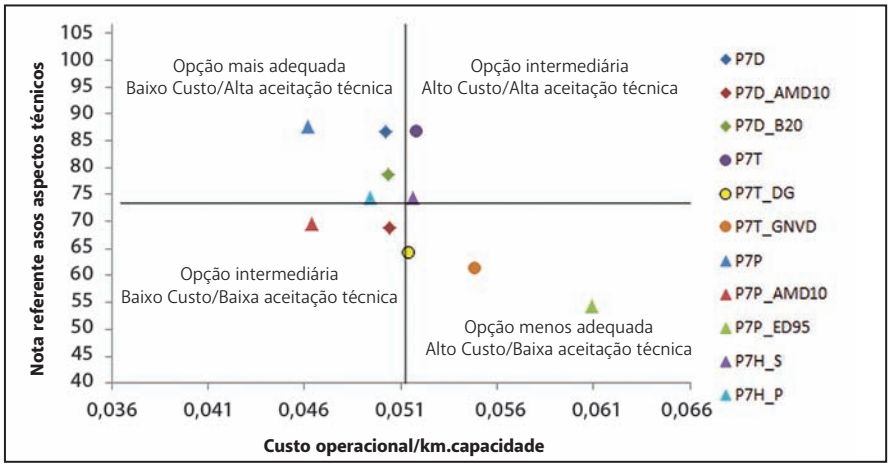
De uma forma geral, os resultados relativos obtidos quando se considera a relação custo operacional versus emissão de poluentes atmosféricos locais deixa clara a relação de compensação (*trade-off*) que existe entre custo operacional e redução de emissão de poluentes atmosféricos locais. Para a maioria das alternativas consideradas não se verificou situação onde ao mesmo tempo ocorre significativa redução na emissão de poluentes atmosféricos locais e reduzidos custos operacionais. Neste sentido, destaca-se o uso das alternativas híbridas, que podem proporcionar baixo custo operacional, se adequadamente utilizadas em regimes operacionais que maximizem o rendimento energético em sua operação, e ao mesmo tempo redução adicional a já obtida com a introdução da tecnologia que atende aos limites de emissão de poluentes atmosféricos estabelecidos pelo P7.

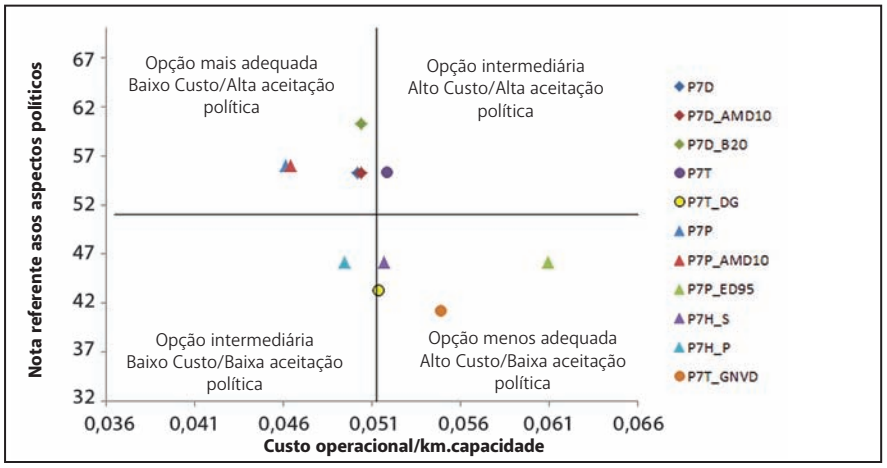
Não se encontram alternativas tecnológicas que apresentem baixo custo operacional e ao mesmo tempo apresentem elevada redução de poluentes atmosféricos locais se comparadas ao que já foi possível obter com a introdução da tecnologia que atende aos limites de emissão de poluentes atmosféricos estabelecidos pelo P7.

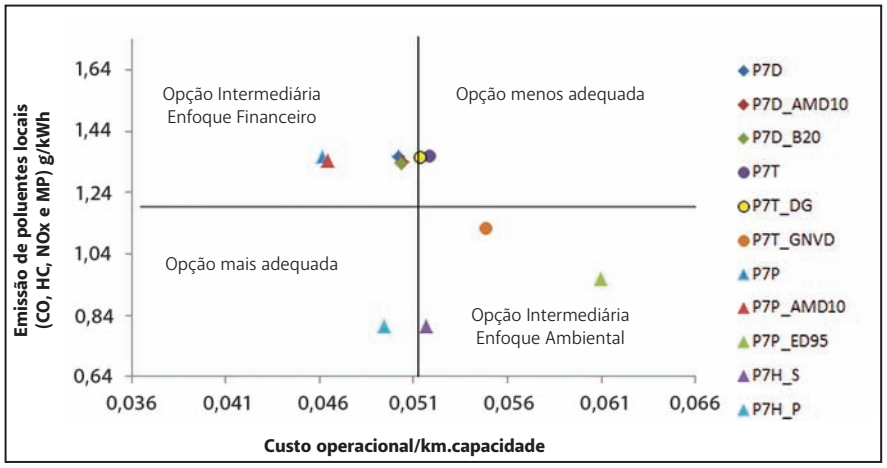
No que se refere ao financiamento para aquisição das tecnologias alternativas, um ensaio preliminar foi realizado. Resguardadas as limitações decorrentes das premissas adotadas, que podem estar, nos casos onde se considera tecnologia de ponta, bastante distantes na situação ideal, verifica-se que a adoção do B20, diesel de cana (AMD10) e sistema diesel-gás poderiam ser facilmente apoiada pelos mecanismos de financiamento estabelecidos pelo FINAME, com pequeno ajuste da taxa de financiamento. Por outro lado, alternativas que consideram o uso de gás natural comprimido, etanol aditivado e veículos híbridos diesel-elétricos teriam que receber algum tipo de apoio adicional a melhores taxas de financiamento para que se viabilizem. Nestes casos, recomenda-se um estudo mais detalhado quanto a melhor forma de financiar e/ou subsidiar o uso destas opções tecnológicas de modo que se possa aproveitar seus expressivos benefícios ambientais.

Este Sumário Executivo sintetiza o conteúdo do Projeto Alternativas Tecnológicas para Ônibus no Rio de Janeiro, desenvolvido pelo Programa de Engenharia de Transportes (PET) da COPPE/UFRJ em conjunto com a Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro (FETRANSPOR), cujo conteúdo integral do Relatório Final apresenta-se a seguir.

Figura A: Análise das alternativas tecnológicas aplicáveis as linhas interbairros e alimentadoras.







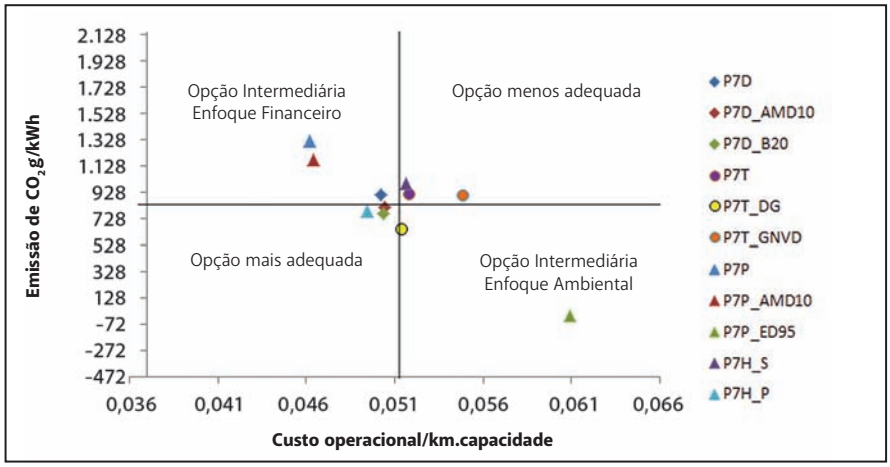
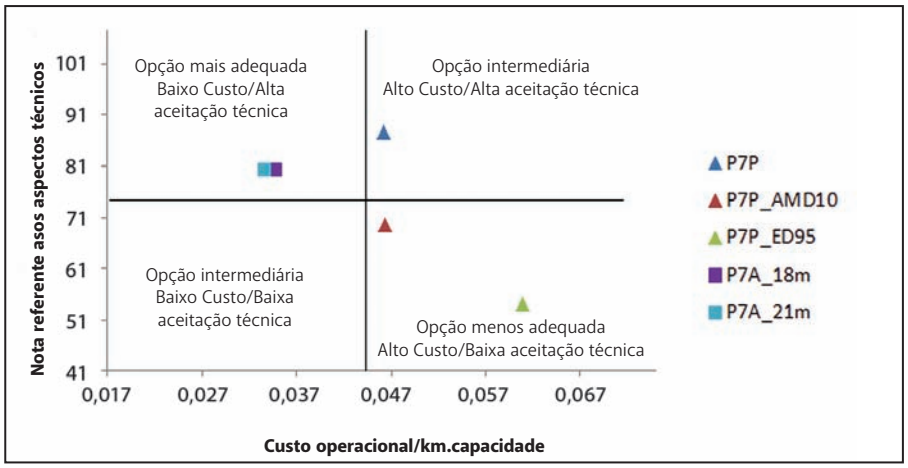
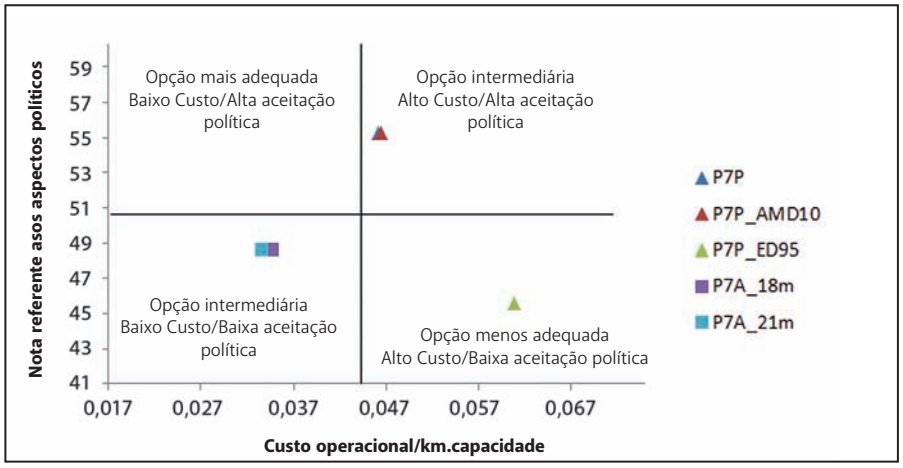
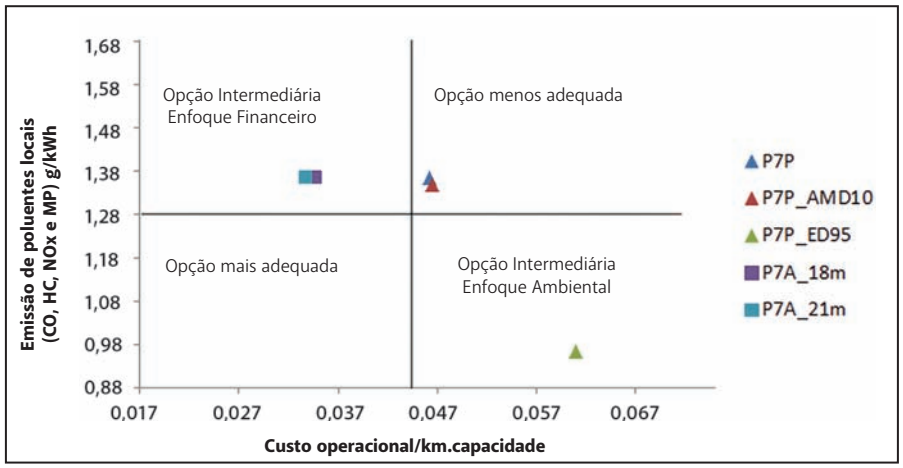
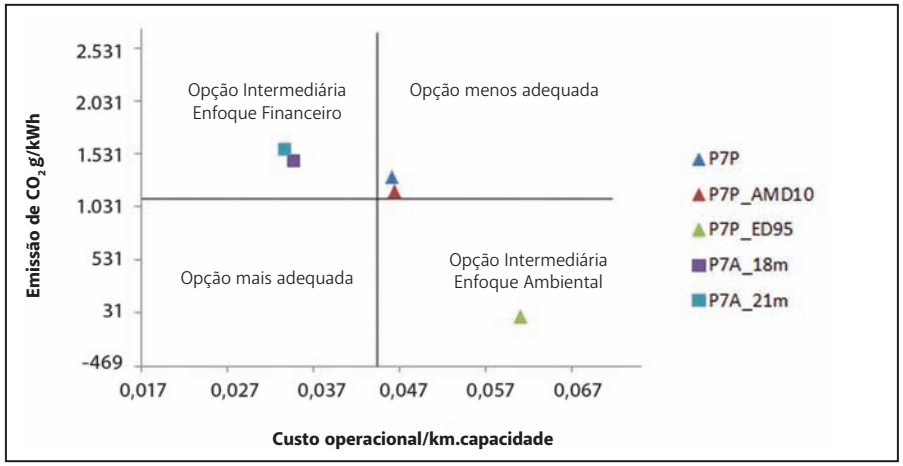


Figura B: Análise das alternativas tecnológicas aplicáveis as linhas troncais secundárias.









apresentação

Este Relatório Final é a versão revisada do último de uma série de três relatórios previstos na Proposta COPPETEC PET-14587, intitulada Alternativas Tecnológicas para Ônibus no Rio de Janeiro, referindo-se ao projeto desenvolvido pelo Programa de Engenharia de Transportes (PET) da COPPE/UFRJ em conjunto com a Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro (FETRANSPOR), com a finalidade de assessorar o Grupo de Trabalho[9] sobre matriz energética dos transportes públicos no Rio de Janeiro no estabelecimento de alternativas tecnológicas que possam ser utilizadas na propulsão de ônibus no Rio de Janeiro nos anos de 2014, quando se realiza a Copa do Mundo de Futebol e 2016, quando se realizam as Olimpíadas.

[9] Conforme Ofício FETRANSPOR No 281/2011 de 07 de julho de 2011 o Grupo de Trabalho seria composto por Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro (FETRANSPOR), Secretaria Municipal de Transportes (SMTR), Secretaria Estadual do Ambiente (SEA), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Agência Metropolitana de Transportes Urbanos/Secretaria Estadual de Transportes (AMTU/SETRANS), Instituto Estadual do Ambiente (INEA),Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC), Comitê Olímpico Brasileiro (COB), Grupo de Trabalho em Transportes da Rio+20 e Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa (COPPE).

PERIGO
MAU FUMO

1 introdução

No mundo todo o transporte responde pelo consumo de mais de 50% dos derivados de petróleo (IEA, 2010). No Brasil, no ano de 2009, aproximadamente 87% das viagens de passageiros realizadas por modos coletivos ocorreu por meio do uso de ônibus movidos a óleo diesel de petróleo (ANTP, 2009), responsáveis pela emissão de 27,8 milhões de toneladas de CO_2 (MMA, 2011). Visando minimizar os impactos ambientais causados pelo seu uso e ao mesmo tempo ampliar a segurança energética da nação, o país avança na busca por novas alternativas energéticas e tecnologias aplicadas aos sistemas de propulsão de veículos rodoviários.

Neste contexto, fontes alternativas de energia vêm sendo pesquisadas e disponibilizadas no Brasil. Em particular, destacam-se os biocombustíveis (etanol e óleo diesel, produzidos a partir da cana de açúcar e biodiesel produzido a partir de óleos vegetais e sebo bovino) e o gás natural, alternativas que podem ser utilizadas associadas ou não ao óleo diesel de petróleo.

Além destas, sistemas alternativos de propulsão que reduzem o consumo de combustível (híbridos diesel-elétricos) e a utilização de ônibus articulados que consomem menos energia por passageiro transportado e que tem este beneficio maximizado em regimes operacionais que propiciam maiores velocidades médias, como no caso dos BRT (*Bus Rapid Transit*) e BRS (*Bus Rapid System*) em implantação no Município do Rio de Janeiro, apresentam-se como opções aplicáveis à realidade das cidades brasileiras.

Porém, qualquer sistema de propulsão (convencional ou alternativo) que faça uso de combustíveis alternativos ou não, deve atender a limites de emissão de poluentes atmosféricos locais impostos pelo governo federal, em particular aqueles estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) na forma das fases do PROCONVE (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores), que atingiu sua fase 7 (P7) em janeiro de 2012, tendo sido necessário para tanto, o aprimoramento dos motores e combustíveis em uso.

Face ao acima exposto, este trabalho buscou identificar alternativas tecnológicas que possibilitem o atendimento dos limites de emissão de poluentes atmosféricos considerados no P7, destacando seus benefícios comparativos em relação àquelas que atendiam aos limites do P5, o que foi apresentado em detalhe nos dois Relatórios Parciais anteriores e sintetizado no presente Relatório Final.

Foram comparadas as tecnologias aplicadas ao sistema de propulsão convencional em ônibus (ônibus convencional tipo 1 e 2, padron e articulado definidos conforme Tabela 6), que atendem aos limites de emissão de poluentes atmosféricos estabelecidos pelo PROCONVE fase 5 (P5) e aquelas introduzidas desde janeiro de 2012 e que atendem aos limites estabelecidos pelo PROCONVE fase 7 (P7). Para as alternativas de ônibus convencional e padron, considerou-se como combustível convencional o óleo diesel de petróleo S50 misturado com 5% de biodiesel (B5). Como combustíveis alternativos ao uso do B5 considerou-se o óleo diesel de petróelo S50 misturado com 20% de biodiesel (B20), o B5 misturado com 10% de diesel de cana-de-açúcar (AMD10), o gás natural dedicado ou em conjunto com o B5 (GNV e DG) e o etanol aditivado (ED95). Para os veículos articulados considerou-se o uso de óleo diesel de petróleo S50 misturado com 5% de biodiesel (B5).

Também foram consideradas tecnologias aplicadas a sistemas de propulsão alternativos na forma de veículos com sistema de propulsão híbrido do tipo diesel-elétrico em série e paralelo, utilizando como combustível o B5.

Esta comparação considera aspectos tecnológicos, políticos, financeiros e ambientais, este último na forma de emissões de poluentes atmosféricos locais regulamentados (monóxido de carbono – CO, óxidos de nitrogênio – NO_x, hidrocarbonetos não metano – HC e material particulado – MP) e dióxido de carbono (CO_2).

Numa primeira abordagem, quando se fez uma pré avaliação dos aspectos financeiros e ambientais, a metodologia de pesquisa utilizada baseou-se na *Discovery Oriented Approach*[10]. Os dados e informações foram obtidos por meio de pesquisa bibliográfica e documental, entrevistas com especialistas e ratificação dos valores encontrados por meio de pesquisa documental estruturada.

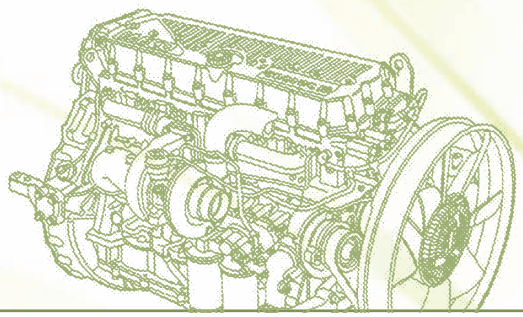
Em seguida, quanto aos itens de avaliação de caráter qualitativo que foram considerados para avaliar os aspectos de cunho técnico e político, uma pesquisa estruturada foi encaminhada para 11 especialistas que atuam nas seguintes instituições: COPPE/UFRJ, IVIG/COPPE/UFRJ, Poli/UFRJ, SPTrans, Cenpes-Petrobras, SEA, ANP, FETRANSPOR e Ministério das Cidades.

A partir desta introdução, este relatório encontra-se dividido em 11 itens e 12 anexos. O item 2 apresenta a síntese de uma pesquisa bibliográfica e documental de abrangência internacional realizada sobre o tema. No item 3 apresenta-se a descrição sintética do que se espera como sistema de transporte rodoviário coletivo e pú-

[10] MENON A; BHARADW AJ S.G.; ADIDAM P.T.; EDILSON S.W. *Antecedents and consequences of marketing strategy making: a model and a test*. Journal of Marketing, vol.63, nº2 (1999), pp 18-40.

blico do Rio de Janeiro com base no Termo de Referência elaborado para a Concorrência Nº CO 10/2010, que estabelece os requisitos de CONCESSÃO, da prestação do SERVIÇO PÚBLICO DE TRANSPORTE COLETIVO DE PASSAGEIROS POR ÔNIBUS – STCO-RJ no Município do Rio de Janeiro. As fases do PROCONVE e os limites de emissão de poluentes atmosféricos regulamentados estabelecidos por este marco legal são apresentadas no item 4. No item 5 tem-se uma descrição consolidada das tecnologias empregadas em sistemas de propulsão para ônibus selecionadas para este trabalho. A metodologia utilizada para avaliação das alternativas em estudo é apresentada no item 6, o procedimento de comparação das alternativas tecnológicas identificadas com as plataformas definidas encontra-se descrito no item 7 e a sua comparação é realizada no item 8. O item 9 considera a avaliação de aspectos técnicos, políticos, financeiros e ambientais. O item 10 apresenta uma primeira abordagem quanto a sensibilidade das tecnologias consideradas aos mecanismos de financiamento usuais no Brasil. Por fim, no item 11, se apresenta as considerações finais, as limitações deste estudo e sugestões para seu aprimoramento futuro.

2



Pesquisa bibliográfica internacional

Com o intuito de identificar potenciais fontes de energia e alternativas tecnológicas empregadas em sistemas de propulsão para ônibus utilizadas internacionalmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e documental.

Conforme se pode observar nas Tabelas 1, 2 e 3, apresentadas no item 2.1 e 2.2, as opções de tecnologia foram divididas em tecnologias que possuem Sistema de Propulsão Convencional (SPC) e tecnologias que possuem Sistema de Propulsão Alternativo (SPA)[11]. No caso das opções de tecnologia que possuem SPC, usualmente, verifica-se o uso de combustíveis alternativos, como gás natural (comprimido – quando se denominou de GNV ou liquefeito – quando se denominou de GNL) e biocombustíveis (biodiesel ou etanol) e sistemas de pós-tratamento de gases de exaustão que têm o intuito de reduzir os níveis de emissão de poluentes atmosféricos dos gases que saem do motor.

Já no caso das opções de tecnologias que possuem SPA verifica-se o uso de veículos híbridos (diesel-elétricos) e veículos elétricos a célula combustível (movidos a hidrogênio). De um modo geral, todas as comparações são realizadas em relação a veículos que possuem SPC e utilizam o óleo diesel de petróleo como combustível.

[11] Sistemas de Propulsão Convencionais (SPC) para ônibus utilizam motores de combustão interna do ciclo Diesel e sistema de transmissão mecânica. Já os sistema de Propulsão Alternativos (SPA) se apresentam em diversas configurações. O item 5 deste relatório apresenta um detalhamento destes conceitos.

2.1. Sistema de Propulsão Convencional

Com base nas Tabelas 1 e 2 pode-se verificar que os estudos internacionais tiveram como foco a comparação entre o uso de combustíveis de melhor qualidade, como o diesel de baixo teor de enxofre e o gás natural; ou combustíveis alternativos, como o etanol e o biodiesel e o óleo diesel de petróleo convencional, este último utilizado em veículos com ou sem sistema de pós-tratamento de gases de exaustão.

Tais comparações consideraram, de um modo geral, os aspectos de custo (de capital, manutenção e operação), de rendimento energético e de emissões de poluentes atmosféricos, de forma isolada ou conjunta. Assim, observa-se que testes com veículos convencionais que utilizam sistemas de pós-tratamento para os gases de exaustão (como filtros de partículas e catalizadores) foram realizados com o intuito de verificar o potencial de redução de emissões de poluentes atmosféricos, verificando-se, no caso do MP, uma redução de até 99% (IEA, 2002).

No que tange ao uso de veículos dedicados a gás natural, foram realizados estudos considerando os três aspectos (custos, rendimento energético e/ou emissões de poluentes atmosféricos). Verificou-se que, em relação ao veículo diesel convencional, o primeiro apresenta um custo operacional que varia de – 2% a + 40% e um custo de manutenção que varia de -6% a +29%. Cabe ressaltar, que a pequena redução do custo de operação observada na experiência de Waterbury, se deve a redução dos custos de manutenção em virtude da implantação de um programa de manutenção preventiva.

No caso do uso de GNL, observou-se um acréscimo de 78% nos custos operacionais. A referência que relata experiência com o uso de veículos diesel-GNL apresentou acréscimo de 35% nos custos operacionais.

Em relação ao rendimento energético do veículo dedicado a GNV, este tende a ser menor do que o do veículo a óleo diesel, variando de -2,9% a – 29%. Em relação ao veículo movido a diesel-GNL observou-se uma redução no rendimento de 14,3%. Já para o veículo dedicado a GNL esta redução no rendimento se ampliou para 30,2%.

No aspecto emissões de poluentes atmosféricos, verificou-se que com base nas referências consultadas, o uso de gás natural sempre leva a redução nas emissões de MP, podendo chegar a até 90%. No caso das emissões de CO e NO_x, verifica-se que a maior parte das experiências relatou tendência de redução nas emissões destes poluentes. No caso das emissões de THC[12], verifica-se que na maioria das experiências analisadas houve aumento das emissões deste poluente.

Em relação ao uso de etanol e metanol em veículos equipados com motores do ciclo Otto, verificou-se um aumento nos custos operacionais de 68,6% a 124,4% e 95,6% a 113%, respectivamente.

Em relação aos testes de veículos utilizando B20 (mistura de 80% de óleo diesel de petróleo e 20% de biodiesel), verificou-se que estes foram realizados visando os aspectos custo de manutenção, rendimento energético e emissões de poluentes atmosféricos. Dentre os estudos pesquisados, verificou-se que o custo total de manutenção variou de – 5,5% a + 0,3% em relação ao veículo utilizando 100% de óleo diesel de petróleo. Porém, as duas experiências consultadas relataram aumento na faixa de 30% a 40% nos custos de manutenção de motores e sistema de alimentação de combustível.

No que tange ao rendimento energético com o uso de B20, verificou-se uma redução de até 3% em relação ao veículo utilizando 100% de óleo diesel de petróleo. Foram observadas reduções em relação às emissões de CO, THC, MP e NO_x.

[12] TCH considera a emissão total de hidrocarbonetos, isto é, a soma de hidrocarbonetos não metano (MNHC) e metano (CH4).

Tabela 1: Síntese dos estudos internacionais analisados – tecnologias com sistema de propulsão convencional.

Referência da Publicação	Ano	Local	Tecnologias Consideradas	Combustíveis Considerados	Comparações Feitas	
IEA (2002)	1999	Não informado	Veículo movido a diesel com e sem sistema de pós-tratamento - DPF	Diesel com baixo teor de enxofre	Comparação entre diferentes teores de enxofre no diesel e diferentes sistemas de tratamento de gases	
IEA (2002)	2000	Não informado	Veículo movido a diesel com e sem sistema de pós-tratamento - DPF	Diesel	Comparação entre veículos com e sem sistema de pós-tratamento	
IEA (2002) e NREL (2001)	2001	Nova Iorque	Veículo movido a diesel e dedicado a GNV	Diesel e Gás natural	Comparação entre veículos abastecidos com ULSD equipados com filtro catalítico e veículos dedicados a GNV	
IEA (2002)	1999	Los Angeles, CA	Veículo movido a diesel e dedicado a GNV	Diesel e Gás natural	Comparação entre veículos abastecidos a óleo diesel e veículos dedicados a GNV	
IEA (2002) e NAVC (2000)	1999	Nova Iorque	Veículo movido a diesel e dedicado a GNV e diversos sistemas de pós-tratamento	Diesel com diferentes teores de enxofre e Gás natural	Comparação entre veículos abastecidos a óleo diesel e veículos dedicados a GNV	
NAVC (2000)	1999/00	Testes de bancada dinamométrica realizados em diferentes ciclos de operação	Veículo movido a diesel e dedicado a GNV	Diesel e Gás natural	Comparações entre veículos dedicados a GNV e abastecidos a óleo diesel com diferenciados teores de enxofre	
DOE (1996)	1995	Algumas cidades americanas	Veículo dedicado a GNV, dedicado a GNL, etanol (ciclo Otto) metanol (ciclo Otto) e diesel	Diesel, Etanol, Gás natural, Biodiesel e Metanol	Comparação entre rendimento e custos para diversas tecnologias aplicadas em diversas cidades	
Mora et al (2009)	Modelos de ônibus de 1997 a 2009	Não informado	Veículo movido a diesel e dedicado a GNV	Diesel com diferentes teores de enxofre e Gás natural	Comparação entre veículos abastecidos a óleo diesel e veículos dedicados a GNV	
NREL (2006d)	2004/05	Nova Iorque	Veículo movido a diesel e dedicado a GNV	Diesel e Gás natural	Comparação entre veículos abastecidos a óleo diesel e veículos dedicados a GNV	
EST (2003)	1999	Southport, UK	Veículo dedicado a GNV	Gás natural	Acompanhamento de veículos dedicados a GNV	
EST (2003)	Desde 1997	Inglaterra	Veículo movido a diesel e dedicado a GNV	Diesel e Gás natural	Comparação entre veículos abastecidos a óleo diesel e veículos dedicados a GNV	
EST (2003)	1996	Southampton, UK	Veículo movido a diesel e dedicado a GNV	Diesel e Gás natural	Comparação entre veículos abastecidos a óleo diesel e veículos dedicados a GNV	

	Itens avaliados	Resultados
	Emissões de poluentes atmosféricos	O veículo que utilizou diesel com menor enxofre (no caso, 54 ppm) associado ao DPF, teve redução de 72% nas emissões de material particulado. Sem o DPF, esta redução foi de 14%.
	Emissões de poluentes atmosféricos	O texto afirma que os DPF reduzem a emissão de material particulado entre 80% e 99%, e quando se concilia o DPF com o sistema de oxidação catalítica também há redução substancial de CO e HC.
	Emissões de poluentes atmosféricos	Na média, os veículos a GNV tiveram redução de 30% de MP, aumento de 75% a 80% na emissão de CO, aumento de 108 a 300% na emissão de THC e redução de 5,6% na emissão de Nox.
	Custo operacional	Custos operacionais 40% superiores para os ônibus dedicados a GNV, principalmente pela maior freqüência de defeitos e necessidade de reparos.
	Emissões de poluentes atmosféricos	Os veículos dedicados a GNV obtiveram reduções de emissão de MP entre 79% e 100%; redução entre 64% e 80% na emissão de NOx, à exceção do veículo que utilizava motor Cummins, que apresentou uma elevação nas emissões de NOx em 57% e aumento entre 100% e 300% na emissão de NMHC.
	Emissões de poluentes atmosféricos	Os veículos dedicados a GNV apresentaram variações na emissão de CO entre -80% e +323%; apresentaram redução nas emissões de NOx entre 17% e 68%; redução de 92% nas emissões de MP; redução de até 16% nas emissões de CO_2; incremento de emissão de NMHC entre 329% e 2150%.
	Rendimento energético	Quanto ao rendimento, os veículos dedicados a gás natural apresentaram rendimento entre 11% e 26% inferior ao que utilizou óleo diesel.
	Rendimento energético	O veículo dedicado a GNL e diesel (dual-fuel) apresentou rendimento médio inferior em 14,3% em relação ao veículo que utiliza óleo diesel. Já o dedicado a GNL teve rendimento inferior em 30,2%. Os veículos dedicados a GNV apresentaram redução no rendimento entre 2,9% e 22,4%. Os veículos movidos a etanol no ciclo Otto apresentaram variações no rendimento entre -8,6% e +2,9%. Os veículos movidos a metanol apresentaram redução no rendimento entre 2,9% e 10,3%. Por fim, o veículo abastecido com mistura B20 apresentou rendimento 1,3% superior ao veículo abastecido a óleo diesel.
	Custo operacional	Quanto aos custos de operação, o veículo GNL (dual-fuel) apresentou aumento de 35% em relação ao veículo abastecido com diesel. O dedicado a GNL apresentou aumento ainda maior, de 78%. Os veículos dedicados a GNV apresentaram custos de operação superiores entre 3,7% e 17,4%. Os movidos a etanol apresentaram acréscimos entre 68,6% e 124,4% em relação aos movidos a diesel. Os movidos a metanol também apresentaram alto incremento no custo, entre 95,3% e 113%. Além dos custos de operação, o texto também informa a variação do custo de aquisição de um veículo (no ano de 1994): +25,6% para ônibus GNL; +23,3% para ônibus GNV; +9,3% para ônibus movidos a etanol; +9,3% para ônibus movidos a metanol; e variação zero para ônibus abastecido com mistura B20. (OBS: preço base do veículo diesel = $215,000)
	Emissões de poluentes atmosféricos	Se comparado ao veículo a óleo diesel, na média, as variações de emissões dos veículos movidos a GNV foram de: -91% MP, +13% NOx, +257% CO e +24% GEE. Quando combinou-se GNV e um aparato de oxidação catalítica de gases, as variações foram: -97% MP, -43% NOx, +120% NMHC, -77% CO e +12% GEE.
	Custo operacional	Para os veículos a GNV, na média, o custo de manutenção foi igual a 0,80 $/km e o custo de combustível foi igual a 0,64$/km.
	Rendimento energético	Rendimento médio de 0,72 km/l para os veículos a GNV (já convertido para galão de diesel equivalente). Os veículos movidos a óleo diesel tiveram rendimento médio de 0,99km/l.
	Rendimento energético	Rendimento médio de 1,83 km/m3 de gás consumido.
	Emissões de poluentes atmosféricos	Emissões em g/km: 1106,1 CO_2; 10,4 HC; 5,65 CO; 3,71 NOx; 0,052 MP.
	Rendimento energético	Rendimento médio de 1,87 km/l (enquanto o de um ônibus Euro III Diesel é de 2,55 km/l).
	Emissões de poluentes atmosféricos	Os veículos dedicados a GNV apresentaram na média, as seguintes variações de emissões em relação aos veículos abastecidos a óleo diesel: -34,5% NOx, +383,3% HC, -52% CO, -65% MP e -4% CO_2.
	Emissões de poluentes atmosféricos	O texto apresenta diversas tabelas separadas para cada veículo acompanhado, sendo que uns são originais de fábrica, outros foram convertidos para GNV, então não foi feita uma síntese de resultado de emissões. Na conclusão deste experimento, o texto afirma que a utilização de ônibus dedicados a GNV reduz as emissões de MP e SO2, enquanto aumenta as emissões de CO_2, CO, THC e NOx.

Tabela 2: Síntese dos estudos internacionais analisados – tecnologias com sistema de propulsão convencional – continuação.

Referência da Publicação	Ano	Local	Tecnologias Consideradas	Combustíveis Considerados	Comparações Feitas	
NREL (2002)	Modelos de caminhões dos anos 1995 e 1996	Hartford e Waterbury, CT	Veículo movido a diesel e dedicado a GNV	Diesel e Gás natural	Comparação entre frota de caminhões (pequeno caminhão de entrega) dedicados a GNV e abastecidos a óleo diesel	
NREL (2011a)	2010	Coachella Valley, CA	Veículo dedicado a GNV	Gás natural	Acompanhamento de veículos dedicados a GNV	
DOE (2000)	1999/00	Dallas, TX	Veículo movido a diesel e dedicado a GNL	Diesel e Gás natural	Comparação entre veículos abastecidos a óleo diesel e veículos dedicados a GNL.	
NREL (2006b)	2006	Testes em bancada dinamométrica	Veículo movido a diesel com e sem sistema de pós-tratamento - DPF	Mistura de 80% diesel e 20% de biodiesel	Comparação entre veículos abastecidos a óleo diesel e biodiesel, utilizando ou não sistemas de tratamento de gases de exaustão	
NREL (2009)	2009	Santa Monica, CA	Veículo movido a diesel com e sem sistema de pós-tratamento - SCR	Mistura de 80% diesel e 20% de biodiesel	Comparação entre veículos abastecidos a óleo diesel e biodiesel, utilizando ou não sistemas de tratamento de gases de exaustão	
NREL (2008)	2007/08	St Louis, MO	Veículo movido a diesel	Mistura de 80% diesel e 20% de biodiesel	Comparação entre veículos abastecidos a biodiesel e óleo diesel com baixo teor de enxofre	
NREL(2006a)	2004/05/06	Boulder, CO	Veículo movido a diesel	Mistura de 80% diesel e 20% de biodiesel	Comparação entre veículos abastecidos a óleo diesel e biodiesel	
NREL (2005)	2003/04	Southern California	Caminhões Classe 6 movidos a diesel (convencional e Fiscer-Tropsch - FT Diesel) com sistema de pós-tratamento Johnson Matthey CCRT	Diesel	Comparação entre veículos abastecidos com óleo diesel e FT diesel, com sistemas de tratamento de gases de exaustão	

	Itens avaliados	Resultados
	Rendimento enegético	Rendimento equivalente da frota GNV foi de 27 a 29% inferior.
	Custo operacional	Em Hartford, os custos de manutenção dos veículos dedicados a GNV foram, em média, 29% superiores ao da frota que utilizou óleo diesel, principalmente por trocas de equipamentos defeituosos. Já em Waterbury, os custos de manutenção dos veículos dedicados a GNV foram inferiores aos dos veículos a óleo diesel em 6%, devido à maiores investimentos em manutenção preventiva. Para os veículos dedicados a GNV, os custos operacionais totais foram 19% superiores aos dos veículos a óleo diesel em Hartford e 2% inferiores em Waterbury.
	Emissões de poluentes atmosféricos	Os testes de emissões foram feitos em bancada dinamométrica e apresentaram as seguintes reduções para os veículos a dedicados GNV se comparados aos veículos a óleo diesel: 75% CO, 49% NOx, 4% THC e 7% CO_2.
	Rendimento enegético	Já convertido para diesel equivalente, o rendimento médio dos veículos dedicados a GNV foi de 1,36km/l.
	Custo operacional	Custo de operação médio de 0,428$/km para os veículos dedicados a GNV, que também apresentaram custo de manutenção médio de 0,236$/km. Quanto ao custo de aquisição, valor igual a $402.900 (modelo 2008).
	Rendimento enegético	Rendimento médio da frota a GNL foi de 0,83 km/l (2,7 mpg), já convertido para diesel equivalente.
	Custo operacional	Custos operacionais totais dos veículos a GNL foram 3% superiores aos dos veículos a óleo diesel. Os custos específicos com manutenção de motor e sistema de combustível foram 33% superiores para os veículos a GNL. Os custos com combustível foram 32% superiores para os veiculos dedicados a GNL (0,195 $/km contra 0,148 $/km dos veículos a óleo diesel).
	Emissões de poluentes atmosféricos	A frota abastecida com GNL teve variações de emissões médias em relação à frota a óleo diesel de: -16% NOx, -96,7% MP, -90,9% HC, -90% CO e -15,4 CO_2.
	Rendimento enegético	Foi observado aumento de 3% no consumo de combustível no motor.
	Emissões de poluentes atmosféricos	Para um mesmo motor, a utilização de B20 reduz em 24% as emissões de MP. A instalação de DPF apresentou redução de até 90% das emissões de MP.
	Emissões de poluentes atmosféricos	O uso de B20 apresentou emissão aproximadamente 20% superior quando comparado ao ULSD. A utilização de B20 ou B99 não alterou a eficiência de remoção de NOx das emissões de gases de escapamento com o uso de SCR.
	Rendimento enegético	Rendimento foi de 1,52 km/l para os veículos a diesel (ULSD) e 1,50 km/l para veículos a B20 (redução de 1,6%).
	Custo operacional	Os custos de manutenção foram de 0,351 $/km para veículos utilizando ULSD e 0,353 $/km para o uso de B20 (aumento de 0,3%). Custos de manutenção específica de motor e sistema de combustível foram de 0,033 $/km para o uso de ULSD e 0,045 $/km para o uso de B20 (aumento de 30%).
	Rendimento enegético	Rendimento médio igual para os dois grupos (1,87 km/l).
	Custo operacional	Custos de manutenção iguais a 0,34 $/km para o grupo a óleo diesel e 0,32 $/km para o grupo a B20 (redução de 5,5%). Custos específicos de manutenção de motor e de sistema de combustível iguais a 0,031 $/km para o grupo diesel e 0,043 $/km para o grupo B20 (aumento de 40%).
	Emissões de poluentes atmosféricos	Quanto as emissões, o grupo B20 apresentou, em relação ao grupo a óleo diesel, reduções médias de 4,8% de NOx, 28,1% de THC, 23,5% de CO e 18,6% de MP.
	Rendimento enegético	O texto afirma que com a utilização combinada de FT Diesel e filtro CCRT, houve perda de rendimento de 8% em relação à não utilização destas tecnologias.
	Emissões de poluentes atmosféricos	Apenas com a utilização de FT Diesel, houve: redução de NOx entre 11% e 13%; redução de HC entre 46% e 58%; redução de MP entre 16% e 21%; aumento de CO entre 10% e 11%. Já com a utilização conjunta do FT Diesel e filtro CCRT, houve: redução de NOx entre 20% e 22%; redução de HC entre 95% e 100%; redução de MP entre 95% e 100%; redução de CO entre 95% e 100%.

2.2. Sistema de Propulsão Alternativo

No caso dos SPA, foram feitas comparações entre veículos convencionais movidos a óleo diesel e veículos híbridos (diesel-elétricos) e/ou veículos elétricos a célula combustível (movidos a hidrogênio). Do mesmo modo que no item anterior pode-se verificar que tais pesquisas tiveram como foco os aspectos custo, rendimento energético e emissões de poluentes atmosféricos de forma isolada ou conjuntamente.

Para os veículos híbridos diesel-elétricos, os estudos analisados apresentaram resultados de rendimento energético variando entre -11% a +37% e de custos operacionais variando entre + 46% a + 92% em relação aos veículos convencionais movidos a óleo diesel. Em relação ao custo de manutenção, verificou-se um aumento de +76% a +150% quando comparados aos veículos convencionais movidos a diesel.

No que tange as emissões de poluentes atmosféricos foi possível observar que as experiências analisadas relatam redução na emissão de CO (entre 70% e 90%), HC (entre 80% e 90%) e MP (cerca de 90%). No caso do NO_x, não foi possível verificar tendência de redução.

Ao analisar os estudos onde foram feitas comparações entre veículos convencionais movidos a óleo diesel e os veículos elétricos a pilha combustível, verificou-se que

Tabela 3: Síntese dos estudos internacionais analisados – tecnologias com sistema de propulsão

Referência da Publicação	Ano	Local	Tecnologias Consideradas	Combustíveis Considerados	Comparações Feitas	
IEA (2002) e NAVC (2000)	1999	Nova Iorque	Veículo híbrido diesel-elétrico e convencional movido a diesel e diversos sistemas de pós-tratamento	Diesel com diferentes teores de enxofre	Comparação entre ônibus híbridos e convencionais movidos a óleo diesel	
DOE/NREL (2002b)	1998/99/00	Nova Iorque	Veículo hibrido diesel-elétrico e veículo convencional movido a diesel	Diesel	Comparação entre ônibus híbridos e convencionais movidos a óleo diesel	
NAVC (2000)	1999/00	Testes de bancada dinanométrica realizados em diferentes ciclos de operação	Veículo hibrido diesel-elétrico e convencional movido a diesel	Diesel	Comparação entre ônibus híbridos e convencionais a óleo diesel com diferenciados teores de enxofre	
Mora et al (2009)	Modelos de ônibus de 1997 a 2009	Não informado	Veículo hibrido diesel-elétrico e convencional movido a diesel	Diesel e diesel com baixo teor de enxofre	Comparação entre ônibus híbridos e convencionais movidos a óleo diesel	
NREL (2006d)	2004/05	Nova Iorque	Veículo hibrido diesel-elétrico e convencional movido a diesel	Diesel	Comparação entre ônibus elétricos e convencionais movidos a óleo diesel.	
NREL (2011b)	2010/11	São Francisco, CA	Veículo elétrico a célula combustível e veículo convencional movido a diesel	Diesel e Hidrogênio	Comparação entre ônibus elétricos e convencionais movidos a óleo diesel	
NREL (2011a)	2010	Coachella Valley, CA	Veículo elétrico a célula combustível	Hidrogênio e Gás Natural	Comparação entre ônibus elétrico e ônibus dedicado a GNV	
NREL (2010)	2008/09	Hartford, CT	Veículo elétrico a célula combustível e veículo convencional movido a diesel	Diesel e Hidrogênio	Comparação entre um protótipo de ônibus elétrico e um veículo convencional movido a óleo diesel.	
NREL(2006c)	2006	Santa Clara Valley	Veículo elétrico a célula combustível e veículo convencional movido a diesel com pós-tratamento DOC	Diesel e Hidrogênio	Comparação entre ônibus elétricos e convencional movido a óleo diesel com sistema de tratamento de gases de exaustão	

este último apresenta custo de manutenção superior ao veículo convencional movido a óleo diesel, variando de + 67% a + 134%, e tendo chegado a + 450% no caso de testes com protótipos de veículos.

Os resultados da pesquisa bibliográfica e documental internacional, apresentados neste item, subsidiaram uma reflexão da equipe responsável pelo desenvolvimento deste estudo com a FETRANSPOR e com o Grupo de Trabalho[13] envolvido na identificação das alternativas tecnológicas de sistemas de propulsão para ônibus que pudessem ser consideradas para o horizonte de 2014 e 2016 no Brasil e em particular no Rio de Janeiro. Como resultado desta reflexão, optou-se por considerar no presente estudo o sistema de propulsão convencional e o sistema de propulsão híbrido diesel-elétrico, como descrito no item 5 deste relatório, por se considerar que estes seriam os sistemas propulsão que apresentariam melhor amadurecimento tecnológico no horizonte de curto prazo considerado.

Quanto ao uso de combustíveis alternativos, além do uso de biodiesel, etanol e gás natural, encontrados na literatura internacional, optou-se por considerar o diesel de cana, que está sendo introduzido no Brasil como opção adicional de biocombustível.

[13] Conforme definido na apresentação deste Relatório Final.

	Itens avaliados	Resultados
	Emissões de poluentes atmosféricos	Os veículos híbridos, utilizando filtro de material particulado, obtiveram redução entre 77% e 100% de MP; redução entre 16% e 55% de NOx (esta maior redução de 55% se deu quando foi utilizado diesel com teor zero de enxofre); além de redução de até 100% de NMHC.
	Custo operacional	Os ônibus híbridos tiveram custos operacionais de 46% a 92% superiores aos convencionais a diesel. Esta diferença se deu, principalmente, pelo tempo gasto com reparos e manutenção dos veículos, que ainda eram protótipos. Os custos de manutenção foram de 76% a 150% superiores em relação aos convencionais a diesel e, segundo o texto, essa diferença se deu principalmente devido a problemas no sistema de propulsão e dificuldades em adquirir peças de reposição para o sistema híbrido. Em compensação, o texto indica que esses custos devem cair ao longo do tempo, com a maior produção e também maior demanda por desse tipo de veículo.
	Emissões de poluentes atmosféricos	Se comparados aos veículos convencionais a óleo diesel, os ônibus híbridos apresentaram redução nas emissões de CO entre 67% e 99%; variação na emissão de NOx entre +7% e -39%; redução de até 79% nas emissões de NMHC; redução de até 92% nas emissões de MP; e variação das emissões de CO_2 entre +8% e -20%.
	Rendimento energético	Quanto ao rendimento, os veículos híbridos apresentaram variação entre -11% e +23% se comparados aos veículos convencionais a óleo diesel.
	Emissões de poluentes atmosféricos	Se comparados aos veículos convencionais a óleo diesel, na média, os veículos híbridos apresentaram redução de: 96% de MP, 85% de NOx, 96% de NMHC, 77% de CO e 9% de GEE.
	Custo operacional	Para os veículos híbridos, na média, o custo de manutenção foi a 0,764 $/km e o custo de combustível foi igual a 0,348 $/km.
	Rendimento energético	Rendimento médio de 1,36 km/l para os veículos híbridos, enquanto os veículos movidos a óelo diesel tiveram rendimento médio de 0,99 km/l.
	Rendimento energético	Rendimento médio de 5,36 milhas por kg de hidrogênio para o veículo elétrico a célula combustível. Convertendo para diesel equivalente, o rendimento médio foi de 2,55 km/l.
	Custo operacional	O relatório considera que quando a estação de abastecimento estiver pronta, o custo do hidrogênio será de $8 por kg. Com isso, o custo com combustível será de 0,926 $/km, enquanto o custo com combustível dos veículos convencionais a óleo diesel foi de 0,416$/km. Também foi calculado o custo de manutenção médio, que foi de 0,938$/km, enquanto para o veículo convencional a óleo diesel foi de 0,41$/km.
	Rendimento energético	Já convertido para diesel equivalente, o rendimento do veículo elétrico a célula combustível foi de 2,76 km/l de hidrogênio, enquanto a média dos veículos convencionais a GNV foi de 1,36km/l.
	Custo operacional	Custo de operação de 1,15 $/km para o veículo elétrico a célula combustível (170% superior ao veículo convencional a GNV). Custo de manutenção de 0,292 $/km (24% superior ao veículo convencional a GNV). Quanto ao custo de aquisição, este foi igual a $1.200.000 para o veículo elétrico a célula combustível modelo 2009 (198% superior aos ônibus convencionais a GNV modelo 2008).
	Rendimento energético	É importante destacar que o veículo elétrico a célula combustível não esteve disponível para uso em todo o período de teste, em apenas 3 meses (do total de 11) ele esteve disponível por mais de 65% do tempo. A principal causa dessa indisponibilidade foram problemas com o sistema de propulsão híbrida. Quanto ao rendimento, o protótipo fez, em média, 2,3 km/l, enquanto os veículos a diesel fizeram 1,28 kml/l.
	Custo operacional	Quanto aos custos de manutenção, 1,33 $/km para o protótipo e 0,242 $/km para os diesel.
	Rendimento energético	O rendimento médio dos veículos elétricos a célula combustível foi inferior aos dos veículos convencionais a óleo diesel (1,50 km/l contra 1,69 km/l).
	Custo operacional	Quanto aos custos de manutenção, 2,20 $/km para os veículos elétricos a célula combustível e 0,336 $/km para os veículos convencionais a óleo diesel. Os grandes geradores de custos são os problemas relacionados ao sistema de propulsão (67%).

3

O Sistema de transporte coletivo por ônibus no Rio de Janeiro

Segundo o Termo de Referência elaborado para a Concorrência Nº CO 10/2010, que estabelece os requisitos de CONCESSÃO, da prestação do SERVIÇO PÚBLICO DE TRANSPORTE COLETIVO DE PASSAGEIROS POR ÔNIBUS – STCO-RJ no Município do Rio de Janeiro[14], o sistema de transporte coletivo por ônibus do Município do Rio de Janeiro considera três principais tipos de linhas regulares: troncais, alimentadoras e interbairros, sendo que as linhas troncais podem ser classificadas como principais ou secundárias.

As linhas troncais são responsáveis pela ligação entre 2 (dois) ou mais "centros de alcance" utilizando, preferencialmente, vias ou faixas exclusivas[15], conectando-se com terminais de integração. No caso das linhas troncais principais, considera-se centros de alcance metropolitano e sugere-se que estas sejam operadas, preferencialmente, com veículos de grande capacidade (acima de 100 passageiros), não sendo admitidos veículos de baixa capacidade (de 30 a 69 passageiros). Já no caso das linhas troncais secundárias considera-se centros de alcance municipais e sugere-se a utilização de veículos de média (de 70 a 99 passageiros) ou grande capacidade (maior ou igual a 100 passageiros)[16].

[14] O Município do Rio de Janeiro possui a maior parte da frota de ônibus urbano do Estado do Rio de Janeiro, assim sendo, optou-se por direcionar o presente estudo com base na estrutura hierárquica do transporte urbano do Município do Rio de Janeiro. Esta opção não invalida sua aplicação para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro e para os demais municípios do estado.

[15] Quando se afirma que as linhas troncais utilizam vias e/ou faixas exclusivas, espera-se que isso represente a separação longitudinal e transversal desta linha dos demais fluxos de tráfego que ocorrem na mesma região. Na prática o termo pode estar associado a separação longitudinal parcial do fluxo de trafego do entorno, com interferência transversal de forma não preferencial, o que caracteriza regime de operação em via e/ou faixa segregada.

[16] Na prática, o que determinaria a capacidade do veículo é a distribuição da demanda por transporte ao longo do tempo e do espaço e o nível de serviço que se pretende oferecer.

No caso do Rio de Janeiro, pode-se considerar como exemplo de linha troncal secundária o BRT (*Bus Rapid Transit*), que prevê a utilização de veículos de alta capacidade e que poderiam utilizar tecnologias mais limpas que os ônibus convencionais. O sistema de BRT prevê a utilização de faixa com segregação longitudinal total (corredores exclusivos) e possibilita embarques e desembarques rápidos, por meio de plataformas elevadas, nivelando o piso do veículo com o da estação e sistema de pré-pagamento de tarifas que ocorrem fora do veículo.

As linhas alimentadoras são responsáveis pela alimentação das linhas troncais, conectadas, preferencialmente, por meio de terminais de integração, estabelecendo a ligação dos centros de comércio e serviços, e centros de alcance local aos centros de alcance metropolitano e/ou municipal. Estas linhas são operadas, preferencialmente, com veículos de média ou baixa capacidades[16].

Já as linhas interbairros são responsáveis pela ligação secundária entre centros de alcance local, centros de comércio e serviços, centros de alcance metropolitano e municipal, podendo conectar-se com linhas alimentadoras e linhas troncais, preferencialmente por meio de terminais de integração, operados com veículos de média ou baixa capacidade[16].

Uma prática operacional em implantação no Município do Rio de Janeiro, o BRS (*Bus Rapid Service*), que considera faixas parcialmente segregadas para transporte coletivo, sendo necessária a reordenação dos pontos de parada dos ônibus e uma adequação dos locais de embarque e desembarque, poderia ser classificada como linha alimentadora ou interbairros, dependendo sua função.

Cada uma das linhas (troncais, alimentadoras e interbairros) citadas acima possui características de operação próprias, de modo que se deve utilizar tipos de veículos que sejam adequados a sua operação, como por exemplo, micro ônibus, mini ônibus, midi ônibus, ônibus convencional tipo 1, ônibus convencional tipo 2, ônibus padron e ônibus articulado, dotados de sistema de propulsão convencional ou alternativo, conforme será descrito no item 5.

Tanto os veículos que possuem sistema de propulsão convencional, quanto os que possuem sistema de propulsão híbrido devem atender aos limites de emissão estabelecidos pelo PROCONVE, os quais são detalhados no item 4.

4

Fases do PROCONVE e limites de emissões

Até janeiro de 2012, o PROCONVE fase P5 (P5) vigorou no Brasil, sendo equivalente a fase EURO III da regulamentação européia. Segundo Resolução Nº 403 de 11 de novembro de 2008 publicada pelo CONAMA a partir de janeiro 2012 vigora o PROCONVE fase P7 (P7), equivalente a EURO V. A Tabela 4 apresenta os limites de emissões dos poluentes atmosféricos locais regulamentados; monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado (MP) estabelecidos para as fases P5, P6 (que não entrou em vigor) e P7.

Tabela 4: Limites de emissões das fases do PROCONVE.

PROCONVE	EURO	CO (g/KW.h)	HC (g/KW.h)	NOx (g/KW.h)	MP (g/KW.h)	NORMA (Conama)	VIGÊNCIA
Fase P5	Euro III	2,10	0,66	5,00	0,10 ou 0,131	Res. 315/02	2006 a 2008
Fase P6	Euro IV	1,50	0,46	3,50	0,02	Res. 315/02	2009 a 2012
Fase P7	Euro V	1,50	0,46	2,00	0,02	Res. 403/08	A partir de 2012

1 - Motores com cilindrada unitária inferior a 0,75 dm^3 e rotação à potência nominal superior a 3.000 RPM.

Fonte: INEA (2011).

Para atender aos limites estabelecidos para o P7, as empresas fabricantes de motores e de veículos têm investido em tecnologias para a redução das emissões de poluentes atmosféricos locais. Para o caso específico dos ônibus urbanos brasileiros, estas tecnologias são adequadas para motores do ciclo Diesel. O atendimento dos limites de emissão de poluentes atmosféricos em motores do ciclo Diesel depende de ações voltadas tanto ao aprimoramento dos projetos dos motores quanto a inclusão de sistemas para minimizar emissões que podem atuar junto ao motor ou como sistemas de pós-tratamento de gases de exaustão, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Sistemas de pós-tratamento.

Sigla	Sistema	Descrição
EGR	Sistema de Recirculação dos Gases de Exaustão	Dispositivo que promove a recirculação de parte dos gases do escapamento, os quais são resfriados e reinjetados novamente na câmara de combustão reduzindo assim o nível de emissão de NOx.
DOC	Catalisador de Oxidação	Dispositivo que visa a oxidação do CO e do HC presentes nos gases de escapamento.
CR-DPF	Filtro de Particulado de Ação Regenerativa	Dispositivo que visa à redução dos níveis de material particulado (MP) nos gases de exaustão do motor. Este sistema apresenta um pré-catalisador que promove a oxidação do CO, do HC e ainda do NO em NO2.
TWC	Catalisador de Três Vias	Dispositivo que visa diminuir as emissões de CO, HC e NOx.
4-Way	Catalisador de Quatro Vias	Dispositivo que busca diminuir a emissão de MP, além das emissões de CO, HC e NOx.
SCR	Sistema Catalítico Seletivo	Dispositivo que visa à redução da emissão de NOx. Para tanto, este dispositivo utiliza uma mistura aquosa de uréia internacionalmente conhecida como AdBlue e denominada no Brasil de ARLA 32, sigla de Agente Redutor Líquido Aquoso com 32% de ureia.

Cabe ressaltar, que tais sistemas de pós-tratamento dos gases de exaustão são sensíveis ao nível de enxofre existente no diesel, necessitando de um combustível com níveis iguais ou inferiores a 50ppm (S50 ou S10). Desse modo, para que a tecnologia desenvolvida para atender aos limites estabelecidos pelo P7 possa ser utilizada adequadamente, atingindo os objetivos esperados, faz-se necessário a garantia de fornecimento e distribuição do diesel S50 ou S10.

5

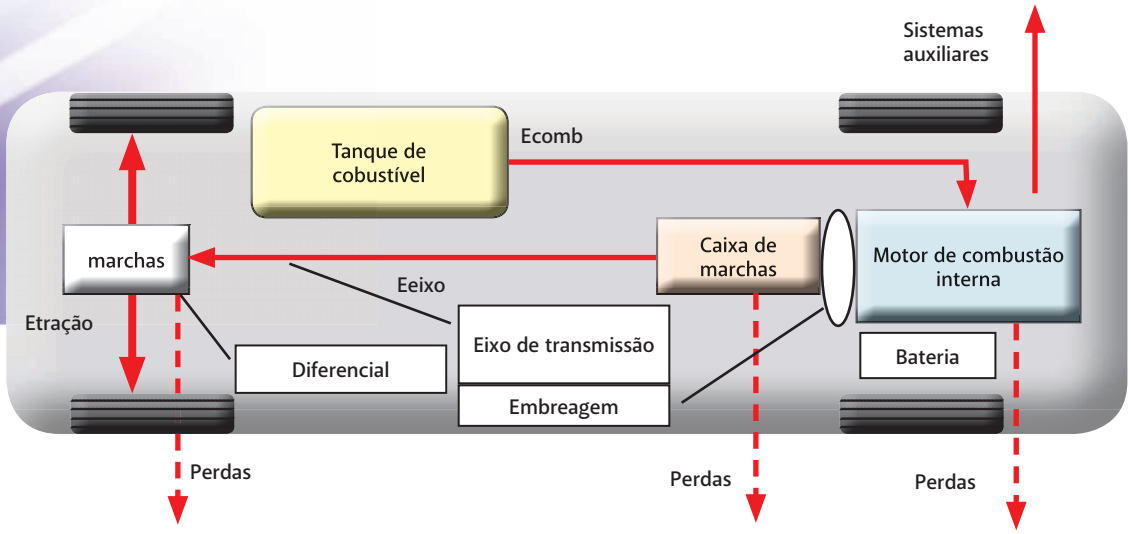
Descrição consolidada das potenciais alternativas tecnológicas de sistemas de propulsão para ônibus no estado do Rio de Janeiro

Este item apresenta a descrição das diferentes tecnologias identificadas como potenciais alternativas de sistemas de propulsão de veículos que podem ser empregados no sistema de transporte coletivo por ônibus do Estado do Rio de Janeiro, tendo estas sido divididas em tecnologias que possuem sistema de propulsão convencional (SPC) e tecnologias que possuem sistema de propulsão alternativo (SPA), conforme pode ser observado, respectivamente, nos itens 5.1 e 5.2.

5.1. Sistema de Propulsão Convencional

O sistema de propulsão convencional é aquele que combina um motor alternativo de combustão interna, que transforma a energia química do combustível em energia mecânica e um sistema de transmissão mecânica que transmite a potência e o torque do motor para as rodas, conforme Figura 1. Este tipo de sistema de propulsão equipa a maioria dos veículos rodoviários em todo o mundo e 100% dos ônibus urbanos utilizados comercialmente no Rio de Janeiro.

Figura 1: Sistema de propulsão convencional.



Ecomb – energia química contida no combustível;
Eeixo – energia mecânica disponível no eixo de transmissão para gerar torque;
Etração - energia mecânica disponível no eixo de tração para gerar torque.
FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA

Dois tipos de motores de combustão interna são os mais comuns: (1) motor do ciclo Diesel e (2) motor do ciclo Otto. O motor do ciclo Diesel é um motor com ignição por compressão de 4 tempos. Já o motor do ciclo Otto, embora também seja de 4 tempos, possui ignição por centelhamento.

A Tabela 6 apresenta os tipos de ônibus que são dotados de sistema de propulsão convencional considerados neste estudo.

Tabela 6: Tipos de ônibus dotados de sistema de propulsão convencional.

Tipo de ônibus	Característica	Oferta de assentos	PBT	Comprimento	Imagem
Articulado	Utilizados preferencialmente em corredores segregados ou exclusivos e em linhas onde se permite o transporte de passageiros em pé. É composto por um carro trator e um reboque, unidos por rótula de articulação que permite livre passagem entre eles.	> 45 assentos	> 14t	> 15 m	
Ônibus urbano (Tipo 1 e Tipo 2)	Utilizado em linhas onde se permite o transporte de passageiros em pé. Os ônibus tipo I apresentam motor dianteiro e os ônibus tipo II motor traseiro ou central.	> 35 assentos	≥ 14t	> 10,5 m	
Ônibus Padron	Utilizado em linhas onde se permite o transporte de passageiros em pé. São veículos com maior capacidade total de passageiros que os ônibus urbanos tipo I e II.	> 35 assentos	> 16t	< 14 m	

Até o final de 2011, a frota de ônibus do Estado do Rio de Janeiro em operação comercial era composta em sua maioria por ônibus com motores do ciclo Diesel que atendem a padrões de emissões iguais ou anteriores ao do P5. Além disso, segundo dados da FETRANSPOR, no município do Rio de Janeiro, os ônibus urbanos que possuem maior representatividade na frota (cerca de 60%) são classificados como tipo I (veículos com motor dianteiro).

Segundo Resolução Nº 403 de 11 de novembro de 2008 publicada pelo CONAMA, a partir de janeiro de 2012 todos os fabricantes de veículos e motores que atuam no Brasil passaram, obrigatoriamente, a produzir motores e equipar seus veículos com motores que atendam ao padrão de emissões do EURO V (Proconve fase 7 – P7), o que implica em uma adequação gradativa da frota de ônibus do Rio de Janeiro para atender estas exigências que procuram garantir uma redução significativa da emissão de poluentes atmosféricos locais.

Adicionalmente, tem-se realizado testes com combustíveis alternativos (Tabela 7) em motores com padrão de emissões atmosféricas que atendem ao P5 e ao P7, com o intuito de identificar o potencial de redução adicional de emissão de poluentes atmosféricos locais proporcionada pelo uso desses combustíveis.

Tabela 7: Combustíveis alternativos.

Combustível	Descrição	Motor
B5	Mistura de 95% de óleo diesel de petróelo e 5% de biodiesel	Ciclo Diesel
B20	Mistura de 80% de óleo diesel de petróelo e 20% de biodiesel	Ciclo Diesel
AMD10	Mistura de 90% de B5 e 10% de diesel de cana de açucar	Ciclo Diesel
ED95	95% de etanol e 5% de BERAID (aditivo precursor da detonação)	Ciclo Diesel
DG	Utilização de B5 (30%) e gás natural (70%)	Ciclo Diesel
GNVD	Utilização de gás natural (100%)	Ciclo Otto

Cabe destacar que a redução adicional na emissão dos poluentes locais não é a única motivação para os testes com combustíveis alternativos, visto que a utilização de biocombustíveis pode contribuir também para a redução da emissão de CO_2 e que estes podem ser utilizados como alternativa para substituir uma fonte de energia não renovável, como é o caso do óleo diesel de petróleo. Além disso, o uso de gás natural e biocombustíveis ajuda a reduzir a dependência de combustíveis derivados do petróleo no transporte coletivo público urbano, melhorando a segurança energética da nação.

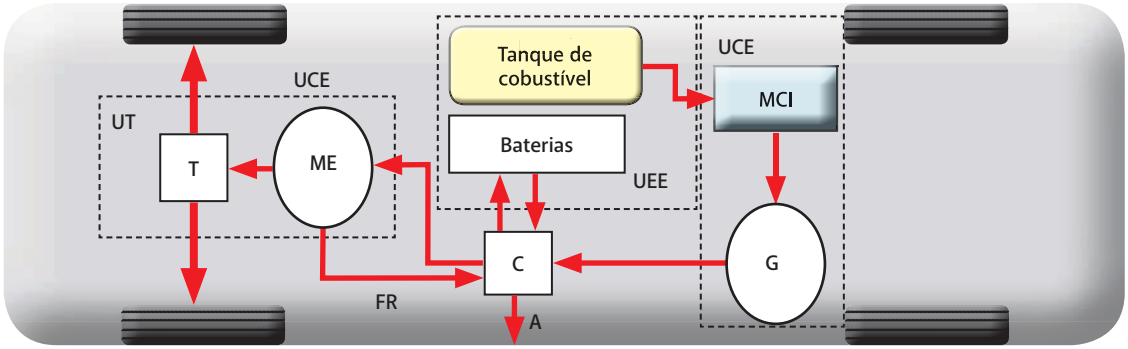
5.2. Sistema de Propulsão Alternativo

Os sistemas de propulsão híbridos consistem em uma combinação de dois tipos de motores, usualmente um motor de combustão interna e um motor elétrico. A configuração dos sistemas híbridos se divide em dois tipos: (1) híbrido em série (Figura 2) e (2) híbrido em paralelo (Figura 3).

Nos sistemas híbridos em série, o motor de combustão interna utiliza combustível armazenado no tanque, convertendo energia química em energia mecânica, que aciona um gerador que fornece energia elétrica a um o motor elétrico. O motor elétrico fica responsável por proporcionar o movimento do veículo por meio de um mecanismo de tração, conforme Figura 2.

Nesses sistemas, o motor elétrico aproveita a energia cinética que seria perdida na frenagem para, através do controlador, alimentar as baterias. Esta forma de alimentar as baterias é chamada de: "frenagem regenerativa", que contribui para a redução do consumo de combustível.

Figura 2: Sistema híbrido em série.



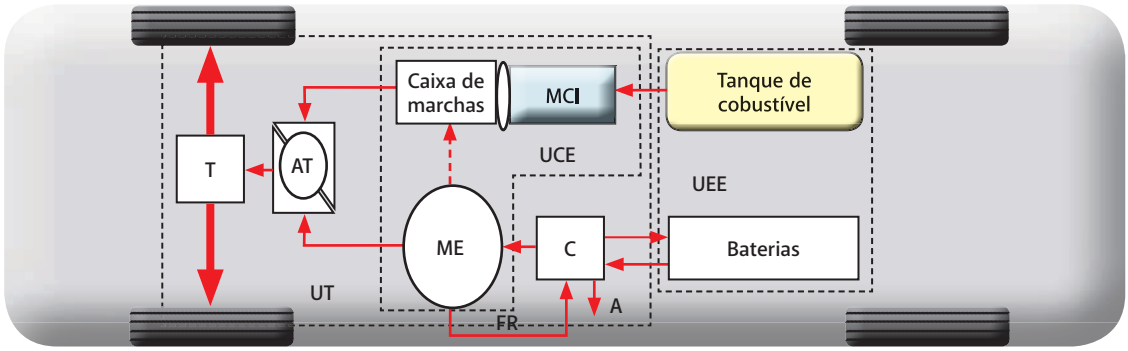
T – Mecanismo de tração
ME – Motor elétrico
C – Controlador
G – Gerador
MCI – Motor de combustão interna

UT – Unidade de tração
UEE – Unidade de estocagem de energia
UCE – Unidade de conversão de energia
FR – Freio regenerativo
A – Carga dos acessórios

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA

Já no sistema híbrido em paralelo, ao contrário do que acontece nos híbridos em série, o motor elétrico não depende diretamente do motor de combustão interna para obter energia (Figura 3), uma vez que tanto o motor elétrico quanto o motor de combustão interna, ou os dois juntos, podem fornecer energia ao eixo de tração do veículo de forma independente. Nesses sistemas, o motor de combustão interna é alimentado pelo tanque de combustível, enquanto o motor elétrico é alimentado pelo banco de baterias, que também podem ser recarregadas por meio do reaproveitamento da energia cinética que seria perdida durante a frenagem ("frenagem regenerativa"). A Tabela 8 sintetiza as opções de ônibus híbridos que têm potencial de disponibilidade no Brasil.

Figura 3: Sistema híbrido em paralelo.



T – Mecanismo de tração
AT – Acoplador de torque
ME – Motor elétrico
C – Controlador
MCI – Motor de combustão interna
UT – Unidade de tração
UEE – Unidade de estocagem de energia
UCE – Unidade de conversão de energia
FR – Freio regenerativo
A – Carga dos acessórios

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA.

Tabela 8: Modelos de ônibus híbridos e seus combustíveis.

Montadora	Modelo	Tipo	Ciclo do MCI	Combustível
Agrale	Hybridus	Híbrido em Série	Ciclo Diesel	Diesel
Eletra	-	Híbrido em Série	Ciclo Diesel	Diesel
Eletra	Plug-In Eletra - Itaipú	Híbrido em Série	Ciclo Otto	Etanol
MAN	Lyon's City Hybrid	Híbrido em Série	Ciclo Diesel	Diesel
Mercedes-Benz	Citaro BlueTec Hybrid	Híbrido em Série	Ciclo Diesel	Diesel
Scania	Hybrid Concept	Híbrido em Série	Ciclo Diesel	Etanol
Volvo	7700 Hybrid	Híbrido em Paralelo	Ciclo Diesel	Diesel

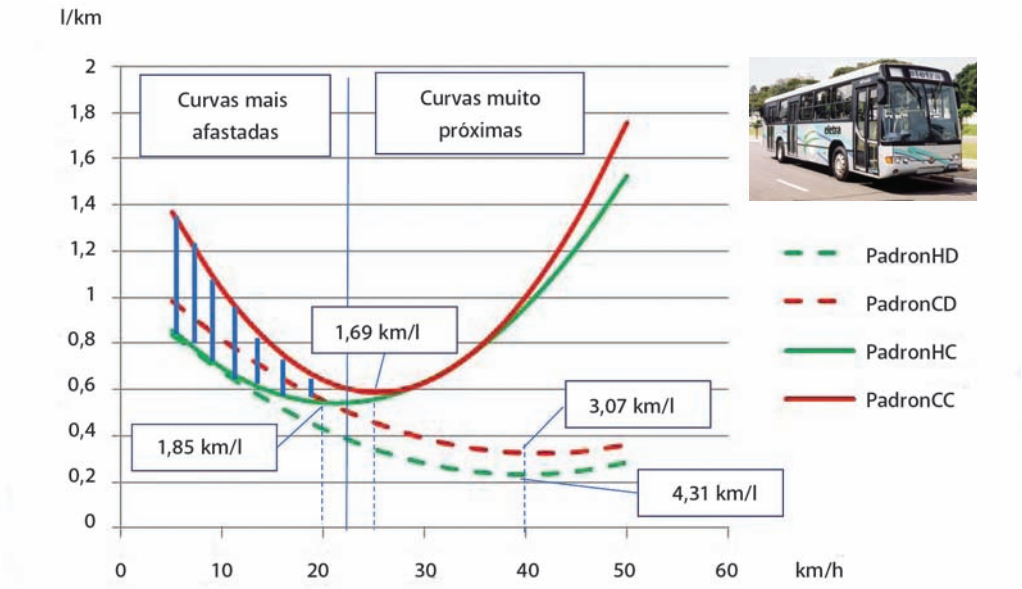
Como parte da metodologia aplicada neste trabalho, as entrevistas com especialistas e fabricantes de veículos indicaram que todos os veículos apresentados na Tabela 8 têm algum potencial de emprego no Brasil. No entanto, não se obteve informações sobre os veículos híbridos etano-elétricos e sobre os veículos fabricados pela Eletra, que não foram considerados no estudo.

5.3. Regime de operação para ônibus híbridos

Em função das particularidades de configuração dos sistemas de propulsão híbridos, os benefícios em termos de melhores rendimentos energético destes veículos podem comprometer a flexibilidade do seu uso e exigir regimes operacionais específicos, para os quais estes sistemas de propulsão foram dimensionados e calibrados para apresentar melhor desempenho.

Pesquisa de campo realizada pelo Programa de Engenharia de Transportes (PET) da COPPE/UFRJ em 2002 comparou o rendimento energético [km/l] de um ônibus tipo padron equipado com sistema de propulsão convencional com o rendimento energético [km/l] de um ônibus tipo padron provido de sistema de propulsão híbrido diesel-elétrico em série[17]. Os testes foram realizados no corredor de trólebus São Matheus – Jabaquara na Região Metropolitana de São Paulo com os veículos monitorados com um fluxometro de combustível e operando nas condições vazio e carregado e na forma de "líder" e "seguidor", de modo que todas as operações realizadas por um dos veículos pudessem ser repetidas pelo outro. Os resultados deste teste foram tratados estatisticamente elaborando-se as curvas de consumo em função da velocidade média do veículo apresentadas na Figura 4.

Figura 4: Comparativo de consumo [l/km] e rendimento energético [km/l] entre ônibus tipo padron com sistema de propulsão convencional (PadronC) e sistema de propulsão híbrido (PadronH).



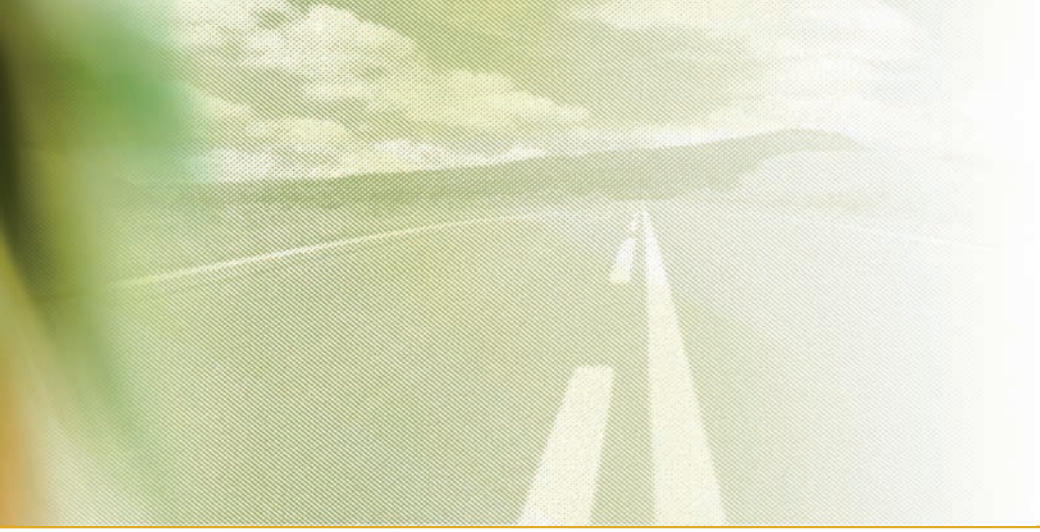
PadronHD – ônibus tipo padron híbrido descarregado;
PadronHC - ônibus tipo padron híbrido carregado;
PadronCD - ônibus tipo padron convencional descarregado;
PadronCC - ônibus tipo padron convencional carregado.

[17] O veículo foi fabricado pela Eletra.

Observa-se da Figura 4 que as maiores diferenças entre os consumos [l/km] para o teste na condição carregado, onde se espera que os veículos operem na maior parte do tempo, ocorrem para velocidades médias inferiores a 20 km/h, características de regime de operação urbano com muitas paradas. Este perfil de operação ocorre principalmente nas linhas regulares interbairros e alimentadoras.

A experiência internacional recente com o uso de ônibus com sistema de propulsão híbrido ratifica a condição de melhor desempenho em termos de rendimento energético em velocidades médias moderadas e baixas. Os trabalhos de Hipp (2010) e Jobson (2010) concluem que os melhores rendimentos para os ônibus equipados com sistema de propulsão híbrido, em particular se comparados com veículos equipados com sistema de propulsão convencional, são obtidos em tráfego urbano em velocidades médias menores que 20 km/h.

Deste modo, em função do potencial de obtenção de melhores benefícios em termos de rendimento energético, este trabalho limitará a consideração do uso de ônibus equipados com sistema de propulsão híbrido em linhas regulares interbairros e alimentadoras.



6

Metodologia adotada neste estudo para obtenção de dados e informações

A metodologia adotada neste estudo para obtenção de dados e informações baseou-se na *Discovery Oriented Approach*[18,19]. Desse modo, foi realizada uma pesquisa exploratória baseada em revisão bibliográfica e documental com enfoque na caracterização das adequações necessárias ao sistema de propulsão convencional que possibilite o atendimento dos requisitos estabelecidos pelo P7 e a utilização de combustíveis alternativos em ônibus no Brasil para o horizonte de 2014.

Para o aperfeiçoamento e verificação dos dados secundários obtidos, realizou-se entrevista com especialistas e pesquisa documental estruturada. Fizeram parte desta pesquisa as seguintes instituições: AGRALE S.A., Amyris Brasil S.A., Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO), ELETRA, Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro (FETRANSPOR), IVECO Latin America, MAN Latin America, Mercedes-Benz do Brasil Ltda, PETROBRÁS, Scania Latin America Ltda, São Paulo Transportes S.A. (SPTrans), Secretaria Estadual de Transportes (SETRANS), Tutto Transporti, União Brasileira do Biodiesel (Ubrabio), Volvo do Brasil Veículos Ltda.

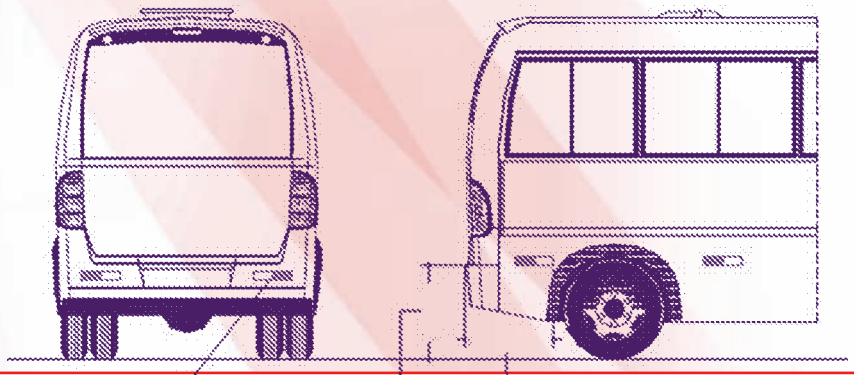
[18] MENON A; BHARADW AJ S.G.; ADIDAM P.T.; EDILSON S.W. Antecedents and consequences of marketing strategy making: a model and a test. Journal of Marketing, vol.63, nº2 (1999), pp 18-40.

[19] Este procedimento também foi utilizado nos seguintes projetos: Avaliação dos Percentuais máximos permitidos para uso comercial de mistura de biodiesel e óleo diesel, sem a necessidade de realização de testes, MME - Ministério de Minas e Energia, 2004; O uso de biodiesel no Brasil: Efeitos na atividade de distribuição de combustíveis, SINDICOM – Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e Lubrificantes, 2004; Planejamento estratégico tecnológico e logístico para o Programa Nacional de Biodiesel, IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Bicombustíveis, 2008; GNV no transporte urbano: uso nos municípios do Rio de Janeiro, Duque de Caxias e Nova Iguaçu, PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A, 2010 e representa metodologia consolidada adotada pelo LTC/PET/COPPE/UFRJ em seus projetos de pesquisa.

Os dados obtidos por meio da revisão bibliográfica e documental e da entrevista com especialistas, foram consolidados e as alternativas comparadas considerando os itens investimento inicial, custo operacional, emissão de poluentes atmosféricos locais (CO, HC, NO_x e MP) e emissão de dióxido de carbono (CO_2).

Posteriormente, foi realizada uma avaliação de caráter qualitativo, que considerou aspectos de cunho técnico e político[20], cujos dados foram obtidos por meio de uma pesquisa estruturada encaminhada para 11 especialistas que atuam na: COPPE/UFRJ, Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais (IVIG) da COPPE/UFRJ, Escola Politécnica da UFRJ (Poli/UFRJ), São Paulo Transportes S.A. (SPTrans), Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Miguez de Mello (Cenpes) da Petrobras, Secretaria Estadual do Ambiente (SEA), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro (FETRANSPOR) e Ministério das Cidades, e de caráter quantitativo, que considerou aspectos ambientais (emissão de poluentes atmosféricos locais e emissão de CO_2). Tanto os aspectos de cunho técnico e político quanto os aspectos ambientais foram avaliados em função do custo operacional de cada alternativa.

[20] Por avaliação de aspectos políticos considera-se avaliar os aspectos associados a política de adoção da tecnologia, tais como a aceitação da tecnologia pelo operador e pelo poder público, a sua dependência de financiamento e quanto ao risco da inovação.



7

Atendimento ao P7 e estabelecimento de plataformas de comparação

A partir da compilação dos resultados obtidos em testes de utilização de combustíveis alternativos (AMD10, B20 e GNVD) em motores e sistemas projetados para atender as emissões do P5, verificou-se que esses não atenderiam os limites de emissão de poluentes atmosféricos previstos para o P7, conforme pode ser observado na Tabela 9. Destaca-se que a compilação dos dados limitou-se a material público e a informação declaratória dos envolvidos nos testes que puderam ser identificados e se propuseram a fornecer dados e informações.

Tabela 9: Atendimento aos limites de emissão de poluentes atmosféricos.

Poluentes	P7	AMD10	B20	GNVD
HC	0,46	Não informado	0,528	0,00
CO	1,50	2,099	1,89	0,02
MP	0,02	0,095	0,09	0,01
NOx	2,00	5,00	5,15	2,80

Os valores estão em g/kWh

As células em vermelho indicam não atendimento aos limites do P7.

Desta forma, para o ano de 2012, independente do tipo de combustível a ser utilizado, seria necessária à utilização de motores e sistemas projetados especificamente para atender aos limites de emissões estabelecidos pelo P7.

Ao analisar os testes com combustíveis alternativos, verificou-se que os mesmos foram realizados em diferentes tipos de configuração de ônibus urbanos, destacando-se aquelas que representam os tipos de veículos predominantes na frota brasileira. Além disso, foi necessário considerar configurações que pudessem ser utilizadas nas linhas troncais secundárias, no caso do Rio de Janeiro, os *Bus Rapid Transit* (BRT) previstos para implantação.

Sendo assim, as configurações consideradas neste estudo são: veículo convencional com motor dianteiro (D), veículo convencional com motor traseiro (T), veículo padron com motor traseiro (P), veículo articulado de 18 metros (A_18m) e veículo articulado de 21 metros (A_21m). Tais configurações foram associadas às linhas regulares definidas no sistema de transporte do Município do Rio de Janeiro, com o intuito de permitir a comparação das tecnologias que possuem aplicação dentro do mesmo segmento, conforme Tabela 10.

Tabela 10: Configuração de veículos utilizados por tipo de linha regular.

Linha Regular	Configuração de veículo	Código
Troncal	Articulado de 21 metros	A_21m
	Articulado de 18 metros	A_18m
	Padron	P
Alimentadora	Padron	P
	Convencional Traseiro	T
	Convencional Dianteiro	D
Interbairro	Padron	P
	Convencional Traseiro	T
	Convencional Dianteiro	D

Para a comparação entre as atuais tecnologias aplicadas ao sistema de propulsão convencional e alternativo em ônibus, que atendem aos limites de emissão de poluentes atmosféricos estabelecidos pelo P5 e aos que atendem ao P7, seja utilizando B5 e/ou combustíveis alternativos, puros ou em mistura com B5, foi estabelecido um procedimento de comparação equitativo por tipo de configuração de veículo.

Sendo assim, foram escolhidas 5 plataformas que representam as configurações atuais adotadas para atendimento aos limites de emissão de poluentes atmosféricos do P5 (P5D, P5T, P5P, P5A_18m e P5A_21m) e que encontram-se detalhadas na Tabela 11.

Tabela 11: Plataformas de comparação – P5D, P5T, P5P, P5A_18m e P5A_21m.

Sistema de Propulsão	Sistema de Propulsão Convencional					Sistema de Propulsão Alternativo
Linhas	Linhas Interbairro e Alimentadora		Linhas Alimentadora e Troncal	Linha Troncal		Linhas Interbairro e Alimentadora
Plataforma	Plataforma P5D	Plataforma P5T	Plataforma P5P	Plataforma P5A_18m	Plataforma P5A_21m	Plataforma P5P
Chassi	17 t	17 t	17,5	26 t	29 t	17,5 t
	Suspensão por molas	Suspensão por molas	Suspensão Pneumatica	Suspensão pneumática	Suspensão pneumática	Suspensão pneumática
	Caixa de marcha mecânica	Caixa de marcha automatizada	Caixa de marcha automática	Caixa de marcha automática	Caixa de marcha automática	Caixa de marcha automática
Motor	200 a 250 cv	200 a 250 cv	250 a 300 cv	300 a 360 cv	300 a 360 cv	250 a 300 cv
	Dianteiro	Traseiro	Traseiro	Traseiro	Traseiro	Traseiro
Carroceria	12 m	12m	13,2m	18m	21 m	13,2 m
	2 portas / 3 portas	2 portas / 3 portas	3 portas	3 portas	3 portas/4 portas	3 portas
Capacidade	80 passageiros	80 passageiros	100 passageiros	160 passageiros	180 passageiros	100 passageiros
Comparável com	P7D	P7T	P7P	P7A_18m	P7A_21m	P7H_S
	P7D_AMD10	P7T_DG	P7P_AMD10			P7H_P
	P7D_B20	P7T_GNVD	P7P_ED95			

8

Comparação das alternativas identificadas considerando as plataformas definidas

Este item apresenta o procedimento utilizado para a comparação das potenciais alternativas tecnológicas identificadas neste estudo considerando as plataformas de comparação definidas (item 8.1) e a análise dos resultados obtidos por meio desta comparação (item 8.2).

8.1. Procedimento de comparação das alternativas identificadas considerando as plataformas definidas

Após ter definido as plataformas de comparação, fez-se necessário definir os itens que seriam utilizados para comparação das alternativas. Sendo assim, considerou-se como itens de comparação: investimento inicial, custo operacional por quilometro (custo variável + custo fixo), emissões de poluentes atmosféricos locais (CO, HC, NO_x e MP) e de dióxido de carbono (CO_2). Esta escolha baseou-se parcialmente na experiência internacional, apresentada no item 2 deste Relatório Final e na experiência nacional, conforme item 7.

O investimento inicial refere-se ao investimento em chassi. Para as alternativas que possuem tecnologia apta a atender aos limites de emissões estabelecidos pelo P7, considera-se como parte do investimento inicial os recursos necessários a adequação do motor e do sistema de pós-tratamento de gases utilizado (SCR, EGR, CR-DPF, TWC, 4-WAY). Para o veículo híbrido deve-se considerar toda a tecnologia necessária ao sistema de propulsão híbrido.

Os valores utilizados para o investimento inicial foram obtidos por meio de pesquisa bibliográfica e documental, ratificados por meio de pesquisa documental estruturada e entrevistas com especialistas das montadoras. O custo operacional foi calculado utilizando a metodologia disponível em GEIPOT (1996)[21]. As equações utilizadas para o cálculo do custo operacional (custo variável + custo fixo) encontram-se descritas no ANEXO I. Os insumos e respectivos valores utilizados como base para os cálculos encontram-se descritos no ANEXO II.

No que tange as emissões de poluentes atmosféricos locais, utilizou-se para as alternativas cuja tecnologia atende ao P5, os próprios limites de emissão estabelecidos pelo P5. O mesmo método foi utilizado para as alternativas com tecnologia que atende ao P7. No caso das alternativas que utilizam combustíveis alternativos ao óleo diesel de petróleo de forma parcial ou total, utilizou-se o percentual de variação (redução ou aumento) de emissão declarado pela montadora. Tal percentual foi considerado sobre os limites de emissão estabelecidos pelo P7.

Para os veículos com sistema de propulsão alternativo (híbrido), utilizou-se o percentual de redução de emissão verificado em pesquisa bibliográfica e documental, que foi considerado sobre os limites de emissão estabelecido pelo P7[22].

No caso do CO_2, sua emissão foi calculada utilizando-se procedimento que considera o poder calorífico do combustível (MCT, 2002), sendo desconsiderada a emissão de CO_2 referente ao percentual de biocombustível na mistura, uma vez que se pretende determinar a emissão líquida de CO_2 no uso final do veículo.

Após a obtenção de um resultado parcial, foi realizada nova pesquisa com as montadoras, no intuito de validar os dados utilizados. Os formulários encaminhados as montadoras e respondidos (AGRALE S.A., MAN Latin America, Mercedes-Benz do Brasil Ltda, Scania Latin America Ltda e Volvo do Brasil Veículos Ltda) encontram-se nos ANEXOS III a VIII.

8.2. Análise dos resultados

Quanto aos itens investimento inicial, custo operacional e emissão de CO_2 as comparações das alternativas identificadas considerando as plataformas definidas foram realizadas separadamente por plataforma. No caso das emissões de poluentes locais a análise foi realizada por poluente.

Pode-se observar na Figura 5 que a implementação da tecnologia que atende aos limites de emissão de poluentes atmosféricos estabelecidos pelo P7 (P7D) acarretará em um acréscimo no investimento inicial de, em média, 13,6%. Não foram observadas variações no investimento inicial em virtude do uso dos combustíveis AMD10 e B20. Sendo assim, para as alternativas P7D_AMD10 e P7D_B20 o acréscimo verificado nestes itens equipara-se ao observado na alternativa P7D.

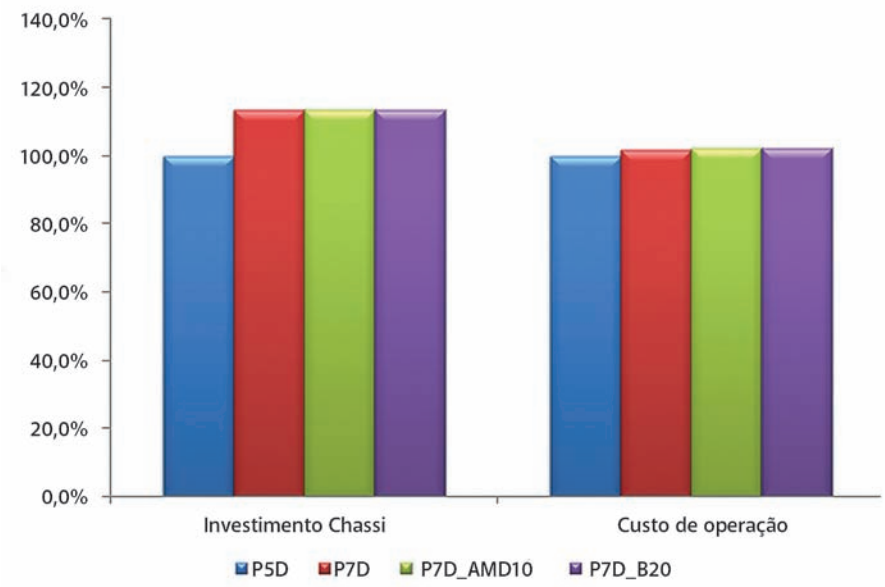
Para o custo operacional por quilômetro, o acréscimo verificado para a alternativa P7D em relação ao P5D é de 1,7%. Para as alternativas P7D_AMD10 e P7D_B20 o acréscimo no custo operacional por quilometro verificado foi de 2,1% e 2,0%, respectivamente. Estes se apresentaram um pouco acima do verificado para a alternati-

[21] Adequações foram feitas a metodologia do GEIPOT (1996). Para esclarecimentos, consultar ANEXO I.

[22] Procedimento realizado utilizando dados de um único fabricante de veículos híbridos que declarou observar redução de 50% na emissão de MP e NOx em relação aos limites do P7.

va P7D, em virtude do preço diferenciado do diesel de cana e do biodiesel, conforme dados fornecidos pelos produtores[23].

Figura 5: Plataforma P5D – Investimentos e custo operacional.



Na avaliação das alternativas comparadas a plataforma P5T, apresentada na Figura 6, foi possível observar que o acréscimo no investimento inicial para a utilização de alternativa que atenda os limites de emissão de poluentes atmosféricos estabelecidos pelo P7 (P7T) é similar ao apresentado pela alternativa P7D (13,8%). As alternativas P7T_DG e P7T_GNVD apresentaram acréscimo no investimento inicial de aproximadamente 30,9% e 36,2%[24], respectivamente. A diferença no investimento inicial verificada entre estas alternativas e a alternativa P7T refere-se à tecnologia diferenciada necessária ao veículo diesel-gás e dedicado a GNV, com investimentos iniciais em chassi comparativamente mais altos.

Em relação ao custo operacional, verificou-se que a alternativa P7T apresenta um aumento de aproximadamente 2,1% em relação à alternativa P5T. As alternativas P7T_DG e P7T_GNVD apresentaram acréscimo de custo operacional de 1,8% e 8,7%, respectivamente.

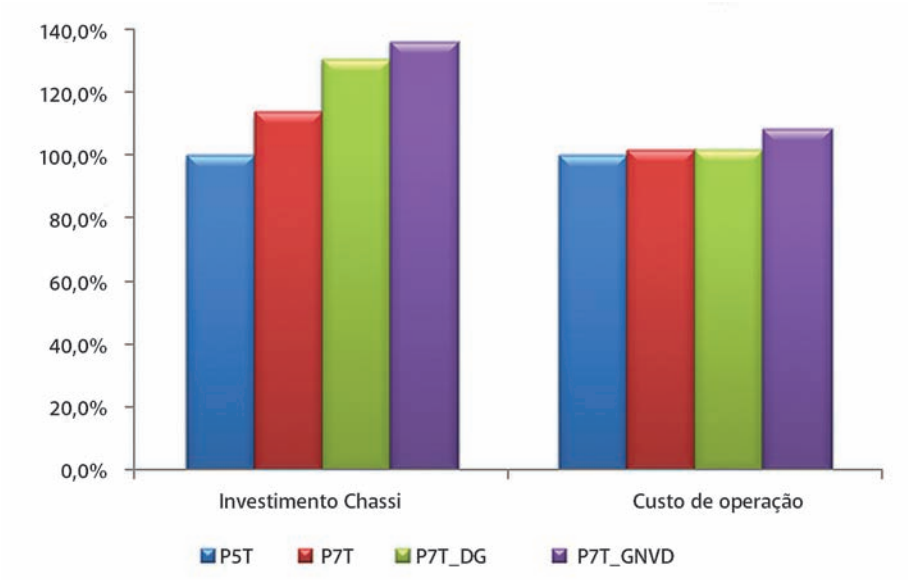
O custo operacional por quilometro da alternativa P7T_DG considera um índice de substituição de B5 por gás natural de 70%, um rendimento energético [km/l] semelhante ao veículo convencional movido a B5 e preço do gás natural inferior ao preço do B5, conforme prática atual.

Já para o caso da alternativa P7T_GNVD, o acréscimo no custo operacional decorre de um maior custo de capital e um menor rendimento energético do gás natural se comparado ao B5.

[23] Esta situação pode mudar em função de ganhos de escala na produção de biodiesel e diesel de cana que acabariam impactando na redução dos preços de comercialização destes produtos, aproximando-os do valor do óleo diesel S50 já comercializado com os operadores de transporte público urbano no Brasil. No entanto até o término deste trabalho não se obteve uma indicação positiva de queda nos preços.

[24] É importante destacar que a alternativa P7T_GNVD considera um veículo dedicado a gás natural comprimido com motor traseiro e não um veículo padron de piso baixo como é a prática usual para este tipo de tecnologia na Europa. Assim sendo, os resultados apresentados para esta alternativa não são comparáveis aqueles observados na experiência européia.

Figura 6: Plataforma P5T – Investimentos e custo operacional.

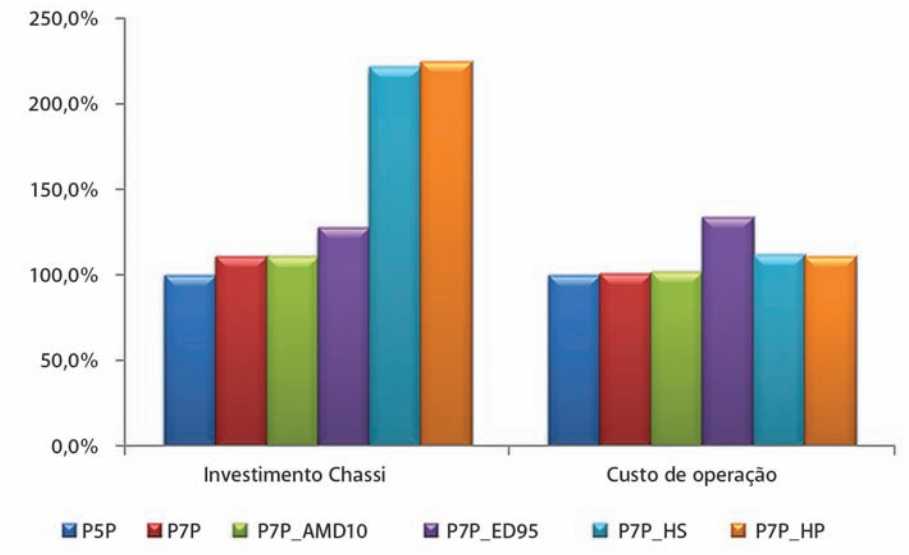


Analisando a Figura 7 verifica-se que a alternativa P7P que atende aos limites de emissão de poluentes atmosféricos estabelecidos pelo P7, quando comparado a alternativa P5P, apresenta um acréscimo médio no investimento inicial de 11,4%. A alternativa P7P_AMD10 apresenta acréscimo semelhante no investimento inicial. Para a alternativa P7P_ED95 verificou-se um aumento de 28,0%.

Quanto ao custo operacional por quilometro, a alternativa P7P quando comparada a alternativa P5P apresenta um acréscimo médio de 1,5%. Devido ao custo diferenciado do combustível diesel de cana, a alternativa P7P_AMD10, quando comparada a alternativa P5P apresenta um acréscimo de 2,1%. A alternativa P7P_ED95 apresentou um acréscimo médio de 33,8%, que se atribui ao maior custo de capital e ao menor rendimento energético [km/l] do etanol se comparado ao B5.

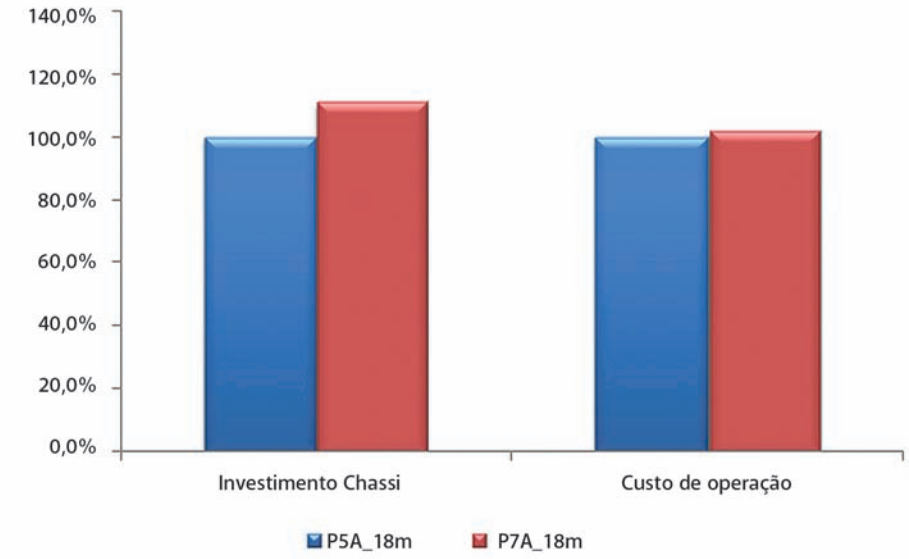
As alternativas referentes aos veículos híbridos P7H_S e P7H_P apresentam um investimento inicial, em média, de 121,6% a 125,0% superior ao veículo padron (P5P). Em relação ao custo operacional por quilômetro, o acréscimo verificado para as alternativas P7H_S e P7H_P em relação ao P5P é de 12,4% a 11,0%, respectivamente.

Figura 7: Plataforma P5P – Investimentos e custo operacional.



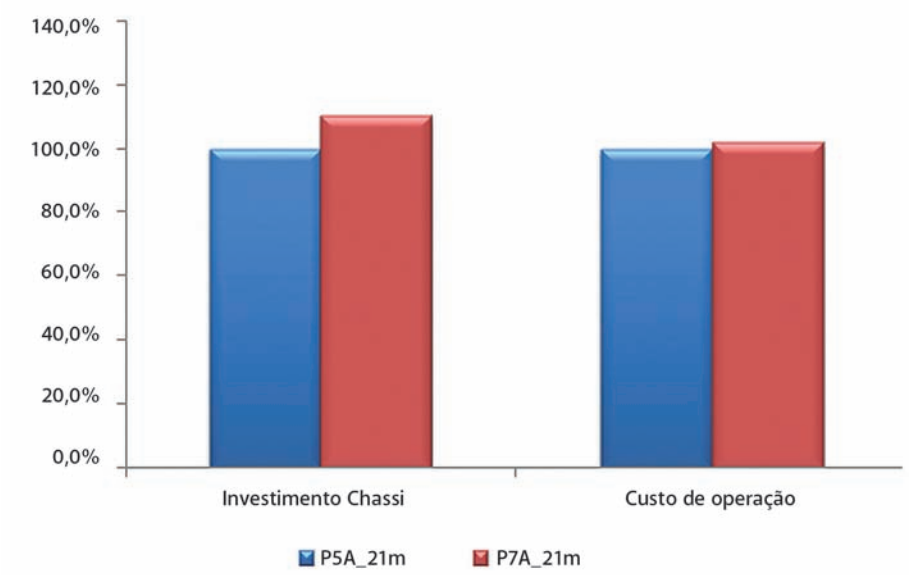
Na avaliação da alternativa comparada a plataforma P5A_18m, observou-se que o acréscimo no investimento inicial para a utilização de uma alternativa que atenda os limites de emissão de poluentes atmosféricos estabelecidos pelo P7 é de 11,2%. No que tange ao custo operacional, foi possível verificar que a alternativa P7A_18m apresenta um aumento de em média 2,0% quando comparado a alternativa P5A_18m. (Figura 8).

Figura 8: Plataforma P5A_18m – Investimentos e custo operacional.



Já a alternativa P7A_21m, que atende aos limites de emissão de poluentes atmosféricos estabelecidos pelo P7 apresenta, quando comparada á alternativa P5A_21m, um acréscimo médio de 10,3% no investimento inicial e de 2,0% no custo operacional (Figura 9).

Figura 9: Plataforma P5A_21m – Investimentos e custo operacional.



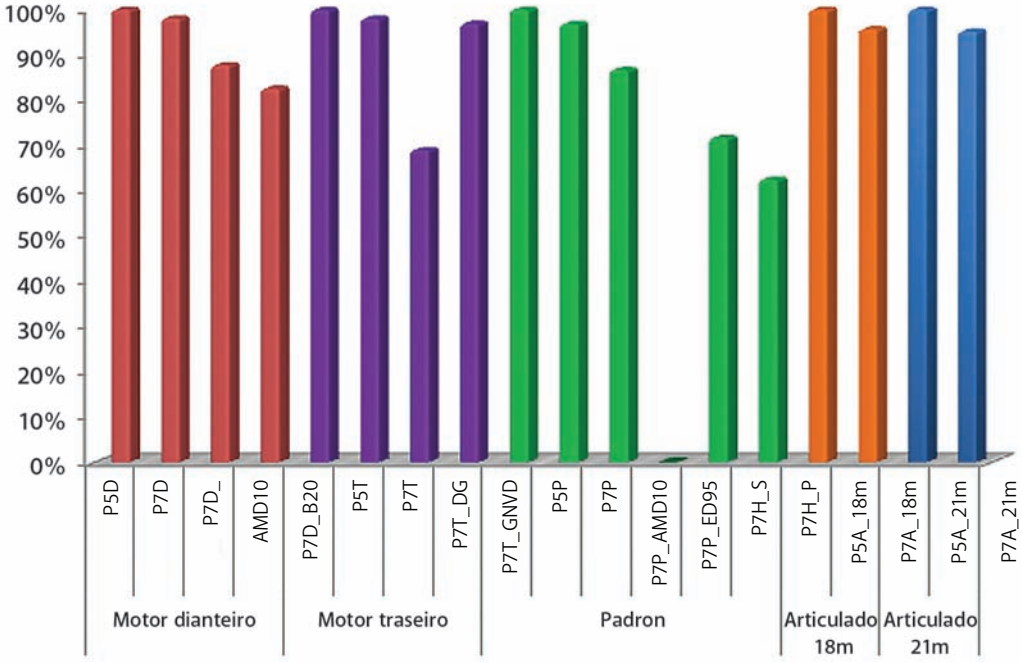
A análise das emissões de CO_2 foi realizada separadamente para cada uma das plataformas, tendo como base de comparação o respectivo veículo que atende aos limites de emissão estabelecidos para o P5 (Figura 10). Desse modo, para a plataforma P5D (veículos com motor dianteiro) destaca-se uma redução nas emissões de CO_2 de 17,4% e 12,2%, proporcionada pelas as alternativas P7D_B20 e P7D_AMD10.

No que tange a plataforma P5T (veículos com motor traseiro), a alternativa P7T_DG destaca-se com uma redução de 30,9% na emissão de CO_2. Para a plataforma P5P (veículos padron) destaca-se a alternativa P7P_ED95 que em virtude do uso do biocombustível etanol, apresentou maior redução na emissão de CO_2 (100,0%)[25]. As alternativas P7H_P, P7H_S e P7P_AMD10 também apresentaram reduções significativas na emissão de CO_2, sendo 37,5%, 28,3% e 13,3%, respectivamente.

Em relação às plataformas P5A_18m e P5A_21m, observa-se uma redução na emissão de CO_2 de 4,3% e 4,8%, respectivamente. Tal redução está associada ao maior rendimento energético da tecnologia que atende ao P7.

[25] Aqui se considera exclusivamente a emissão líquida de CO_2 no uso final, desconsiderando-se os 5% de aditivo, cuja composição é desconhecida e não se pôde avaliar o potencial de emissão de CO_2.

Figura 10: Plataformas P5P, P5A_18m e P5A_21m – Emissões atmosféricas.

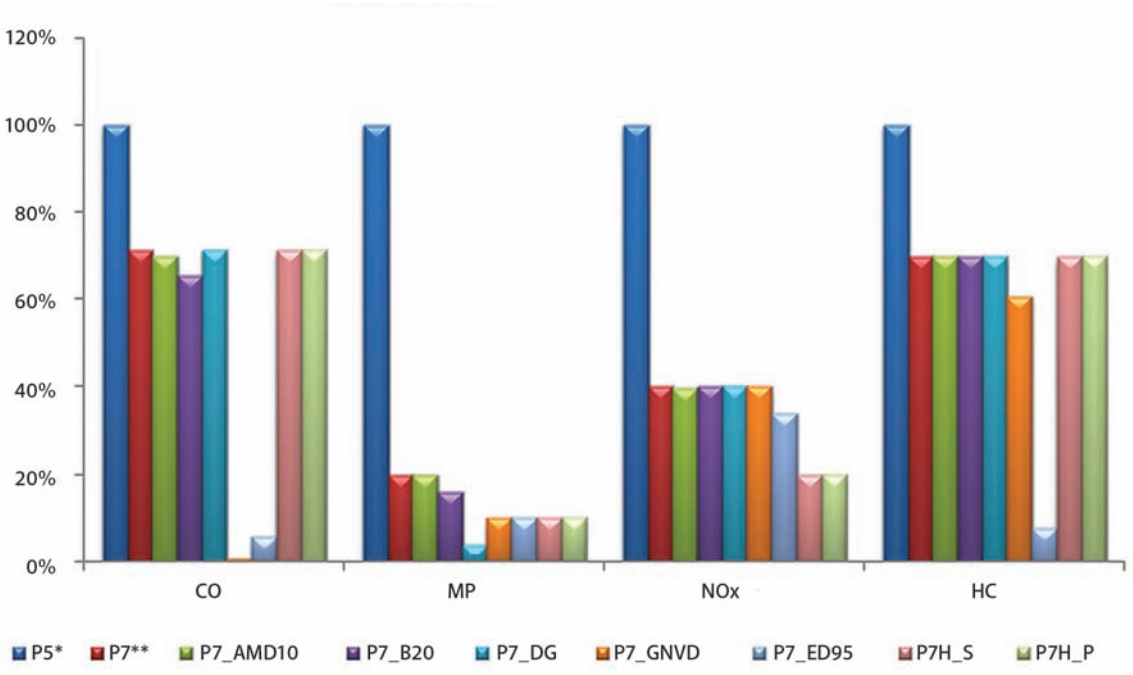


Quanto às emissões de poluentes locais, ao analisar as emissões atmosféricas[26] (Figura 11), verifica-se que uma redução significativa ocorre com a inserção da tecnologia que atende aos limites estabelecidos pelo P7, conforme Tabela 4, apresentada no item 4 deste relatório.

Em relação ao poluente local CO, se comparado a alternativa P5, verifica-se que as alternativas P7_GNVD e P7_ED95 se destacam dentre as demais, apresentando redução aproximada de 99,0% e 94,3%, respectivamente. Para o poluente HC destaca-se a alternativa P7_ED95 como a que proporciona maior redução na emissão deste poluente, sendo o percentual de redução em relação ao P5 de 92,4%.

[26] Apenas neste caso os dados referentes a emissão de poluentes atmosféricos locais por tipo (CO, HC, NO_x e MP) foram apresentados de forma agregada por tipo de combustível.

Figura 11: Plataformas P5D, P5T, P5P, P5A_18m e P5A_21m – Emissões atmosféricas.



NOTA:* REFERE-SE AS PLATAFORMAS P5D, P5T, P5P, P5A_18M E P5A_21M.

** REFERE-SE AS ALTERNATIVAS P7D, P7T, P7P, P7A_18M E P7A_21M.

No caso do poluente NO_x, as reduções em relação a alternativa P5, observadas pelas alternativas P7_AMD10, P7_B20, P7_DG, P7_GNVD assemelham-se as verificadas com a introdução da alternativa P7 (60,0%). A alternativa P7_ED95 apresentou uma redução na emissão deste poluente de 66,0%, enquanto as alternativas referentes aos veículos híbridos (P7H_S e P7H_P) destacam-se como aquelas que apresentam maior redução (80,0%) deste poluente.

Quanto à emissão de MP, observa-se uma redução em relação ao P5, além da verificada pela introdução da tecnologia que atende aos limites estabelecidos pelo P7 nas alternativas P7_B20, P7_DG, P7_GNVD, P7_ED95, P7H_S e P7H_P. Nesse caso, se comparada ao P5 à alternativa que apresenta maior redução na emissão deste poluente é a P7_DG (96,0%). As alternativas P7_GNVD, P7_ED95, P7H_S e P7H_P apresentam redução de 90,0%, enquanto a alternativa P7_B20 apresenta uma redução de 84,0%.

9

Avaliação de aspectos técnicos, políticos, financeiros e ambientais

Este item apresenta o procedimento utilizado para a avaliação técnica, política, financeira e ambiental das alternativas tecnológicas consideradas neste estudo (item 9.1) e a análise dos resultados obtidos por meio desta avaliação (item 9.2).

9.1 Procedimento de comparação – avaliação de aspectos técnicos, políticos, financeiros e ambientais.

Com o intuito de avaliar as diferentes alternativas, considerando aspectos técnicos, políticos, financeiros e ambientais, optou-se por separá-las de acordo com as linhas regulares nas quais as alternativas podem vir a ser utilizadas, conforme Tabela 11.

Como aspecto financeiro a ser utilizado na avaliação considerou-se o custo operacional por quilometro dividido pela capacidade do veículo (80 passageiros para ônibus convencionais do tipo 1 e 2, 100 passageiros para ônibus padron, 160 passageiros para ônibus articulado de 18m e 180 passageiros para ônibus articulado de 21m), que foi utilizado como base para a verificação dos aspectos técnicos, políticos e ambientais.

Para a avaliação dos aspectos técnicos e políticos realizou-se pesquisa com especialistas[27] com a finalidade de definir uma nota para cada um dos itens de avaliação para cada uma das alternativas com relação a cada um dos aspectos.

A pesquisa com especialistas foi realizada por meio do envio de questionário estruturado onde foi solicitado que cada um dos especialistas indicasse uma nota de 1 a 5 (sendo: 1 – muito baixo, 2 – baixo, 3 – médio, 4 – alto e 5 – muito alto) para os diferentes itens de avaliação considerados. O ANEXO XII apresenta uma síntese dos resultados obtidos para os aspectos técnicos e políticos considerados nesta pesquisa.

Para a definição dos itens de avaliação considerou-se, além da experiência da equipe técnica responsável por este estudo, pesquisa bibliográfica baseada nos estudos de Ribeiro (2002), CLEANER BUS (2003), IEA (2002) e EEGFTF (2011), conforme Tabela 12.

Tabela 12: Análise dos estudos pesquisados em relação aos itens de avaliação considerados neste estudo.

Itens avaliados		Estudos analisados			
		CLEANER BUS (2003)	IEA (2002)	EEGFTF (2011)	RIBEIRO (2002)
Aspectos políticos	Avalie quanto a facilidade de aceitação pelo operador do veículo	X	X		X
	Avalie quanto a facilidade de aceitação pelo poder público				X
	Avalie quanto a independência de financiamento diferenciado em função do elevado investimento inicial para aquisição	X			X
	Avalie quanto a isenção do risco de inovação associada a fabricação do produto		X	X	X
	Avalie quanto a isenção do risco de inovação associada a operação e uso do produto	X		X	X
	Avalie quanto ao potencial de redução de dependência de combustíveis derivados do petróleo				X
	Avalie quanto ao potencial de ampliação do uso de combustíveis renováveis				X
Aspectos técnicos	Avalie quanto a definição de mercado para o produto				
	Avalie quanto a adequada estruturação da cadeia de suprimento do produto			X	X
	Avalie quanto a isenção do risco de não atendimento aos padrões de qualidade do combustível e/ou aditivo		X		
	Avalie quanto a adequação da capacidade de produção existente para o atendimento a demanda		X	X	X
	Avalie quanto a isenção do impacto do novo produto na estrutura da cadeia de suprimento do fabricante para atendimento ao frotista operador do veículo				
	Avalie quanto a isenção do risco de desabastecimento do combustível e/ou aditivo			X	

Desse modo, quanto aos aspectos técnicos, foram analisados a viabilidade técnica e a capacidade de atendimento da demanda referentes a 3 itens: (1) veículos e equipamentos, (2) combustíveis e (3) aditivos, conforme relação a seguir.

[27] Foram identificados especialistas com mais de 10 (dez) anos de experiência prática com produção e teste de biocombustíveis, em especial biodiesel e etanol; teste de veículos movidos a gás natural na forma dedicada ou ***dual-fuel*** (diesel-gas); teste de campo de veículos experimentais (movidos a combustíveis alternativos e/ou sistemas de propulsão alternativos, como veículos híbridos); operação de cadeias logísticas para suprimento de combustíveis e veículos e regulamentação de combustíveis. Estes especialistas foram selecionados por não representarem os interesses dos fabricantes de veículos, das tecnologias de propulsão e dos combustíveis considerados e instruídos a responderem ao questionário da forma mais isenta possível.

Veículos e equipamentos:
Em relação à viabilidade técnica:

- Avaliação quanto à definição de mercado para o produto.
- Avaliação quanto à adequada estruturação da cadeia de suprimento do produto.
- Avaliação quanto à isenção de risco de não atendimento aos padrões de desempenho operacional do veiculo
- Avaliação quanto à independência de infraestrutura diferenciada para operar.

Em relação a capacidade de atendimento da demanda:

- Avaliação quanto à adequação da capacidade de produção existente para o atendimento da demanda.
- Avaliação quanto à isenção de impacto do novo produto na estrutura da cadeia de suprimento do fabricante para atendimento ao frotista operador do veículo.

Combustíveis:
Em relação a viabilidade técnica:

- Avaliação quanto à definição de mercado para o produto.
- Avaliação quanto à adequada estruturação da cadeia de suprimento do produto.
- Avaliação quanto à isenção de risco de não atendimento aos padrões de qualidade do combustível.

Em relação a capacidade de atendimento a demanda:

- Avaliação quanto à adequação da capacidade de produção existente para o atendimento a demanda.
- Avaliação quanto ao impacto do novo produto na estrutura da cadeia de suprimento do fabricante para atendimento ao frotista operador do veículo.
- Avaliação quanto à isenção do risco de desabastecimento do combustível.

Aditivos:
Em relação a viabilidade técnica:

- Avaliação quanto à definição de mercado para o produto.
- Avaliação quanto à estruturação da cadeia de suprimento.
- Avaliação quanto à isenção do risco de não atendimento aos padrões de qualidade do aditivo.

Em relação a capacidade de atendimento da demanda:

- Avaliação quanto a adequação da capacidade de produção existente para o atendimento da demanda.
- Avaliação quanto ao impacto do novo produto na estrutura da cadeia de suprimento do fabricante para atendimento ao frotista operador do veículo.
- Avaliação quanto à isenção do risco de desabastecimento do aditivo.

Quanto aos aspectos políticos foram considerados os seguintes itens de avaliação:

Veículos e equipamentos:

- Avaliação quanto à facilidade de aceitação pelo operador do veículo.
- Avaliação quanto à facilidade de aceitação pelo poder público.
- Avaliação quanto à independência de financiamento diferenciado em função do elevado investimento inicial para aquisição.
- Avaliação quanto a isenção do risco de inovação associada à fabricação do produto.
- Avaliação quanto a isenção do risco de inovação associada à operação e uso do produto.

Combustíveis:

Avaliação quanto à facilidade de aceitação pelo operador do veículo.

- Avaliação quanto à facilidade de aceitação pelo poder público.
- Avaliação quanto a isenção do risco de inovação associada a fabricação do produto.
- Avaliação quanto à isenção do risco de inovação associada ao uso do produto.
- Avaliação quanto ao potencial de redução de dependência de combustíveis derivados do petróleo.
- Avaliação quanto ao potencial de ampliação do uso de combustíveis renováveis.

Aditivos:

- Avaliação quanto à facilidade de aceitação pelo operador do veículo.
- Avaliação quanto a isenção do risco de inovação associada a fabricação do produto.

A avaliação ambiental foi dividida em emissão de poluentes atmosféricos locais (CO, MP, NO_x e HC) e CO_2. No caso dos poluentes locais, um fator de emissão agregado foi calculado com base na Equação 1, sendo atribuída para cada uma das alternativas uma nota referente a emissão de poluentes locais (Schettino, 2010). No caso do CO_2, considerou-se a emissão calculada para cada alternativa.

$$PL = PCO \times ECO_a + PHC \times EHC_a + PNOx \times ENOx_a + PMP \times EMP_a$$

Onde:

PL	nota referente a emissão de poluentes locais;
PCO	Peso dado ao item emissão de CO (PCO = 0,16);
ECO_a	Emissão de CO da alternativa em g/kWh;
PHC	Peso dado ao item emissão de HC (PHC = 0,04);
EHC_a	Emissão de HC da alternativa em g/kWh;
$PNOx$	Peso dado ao item emissão de NOx (NOx = 0,55);
$ENOx_a$	Emissão de NOx da alternativa em g/kWh;
PMP	Peso dado ao item emissão de MP (PMP = 0,25);
EMP_a	Emissão de MP da alternativa em g/kWh;

Com o intuito de verificar o desempenho das alternativas tecnológicas em cada um dos tipos de linhas regulares, os aspectos técnicos, políticos e ambientais foram analisados em função do custo operacional/km.capacidade (aspecto financeiro).

A escala do gráfico foi definida considerando como valor mínimo a média dos valores obtidos para cada um dos indicadores considerados subtraída da amplitude do intervalo (valor máximo – valor mínimo) e como valor máximo a média dos valores obtidos para cada um dos indicadores considerados acrescida da amplitude do intervalo.

9.2. Análise dos resultados – avaliação de aspectos técnicos, políticos, financeiros e ambientais

Foram consideradas como alternativas para a utilização em linhas interbairros e alimentadoras, os veículos convencionais (P7D, P7D_AMD10, P7D_B20, P7T, P7T_DG e P7T_GNVD) e os veículos Padron (P7P, P7P_AMD10, P7P_ED95, P7H_S e P7H_P), para os quais as avaliações dos aspectos técnicos, políticos, financeiros e ambientais encontram-se apresentadas no item 9.2.1.

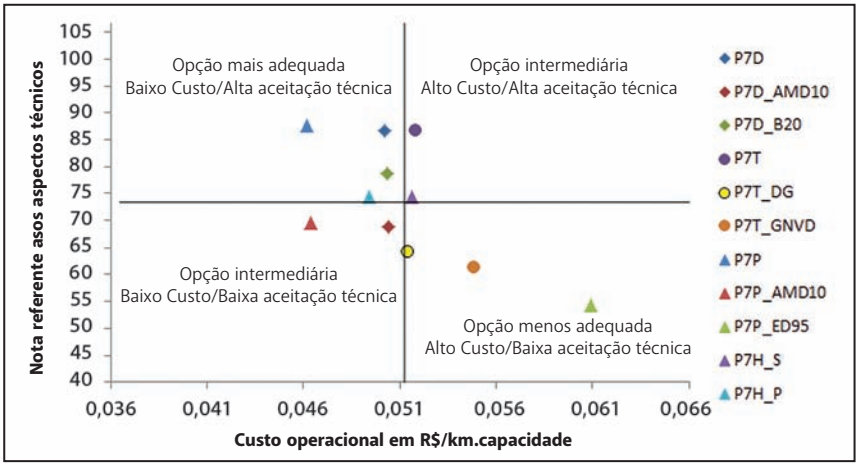
Para as linhas troncais considerou-se como alternativas os veículos Padron (P7P, P7P_AMD10 e P7P_ED95) e articulados de 18 e 21 metros (P7A_18m e P7A_21m). O item 9.2.2 apresenta as avaliações dos aspectos técnicos, políticos, financeiros e ambientais para essas alternativas.

9.2.1. Linhas interbairros e alimentadoras

Ao se avaliar os itens custo operacional/km.capacidade e aspectos técnicos de cada uma das alternativas (Figura 12), verifica-se que as alternativas mais adequadas são P7D, P7P e P7D_B20 destacando-se a alternativa P7P como a de menor custo e maior aceitação técnica por parte dos especialistas. A opção P7T encontra classificada como intermediária, com alto custo (custo maior que o médio) e alta aceitação técnica.

As alternativas P7D_AMD10 e P7P_AMD10 apresentam-se como opção intermediária, com baixo custo e baixa aceitação técnica (menor que a média), enquanto as alternativas P7T_GNVD e P7P_ED95 apresentam-se como as menos adequadas, em virtude do alto custo e baixa aceitação técnica por parte dos especialistas, sendo esta última a alternativa que apresenta maior custo operacional. As opções P7T_DG, P7H_P e P7H_S encontram-se em uma situação limítrofe podendo ser consideradas opções intermediárias, mais adequadas ou menos adequadas, conforme evoluírem.

Figura 12: Avaliação das alternativas - aspectos técnicos.

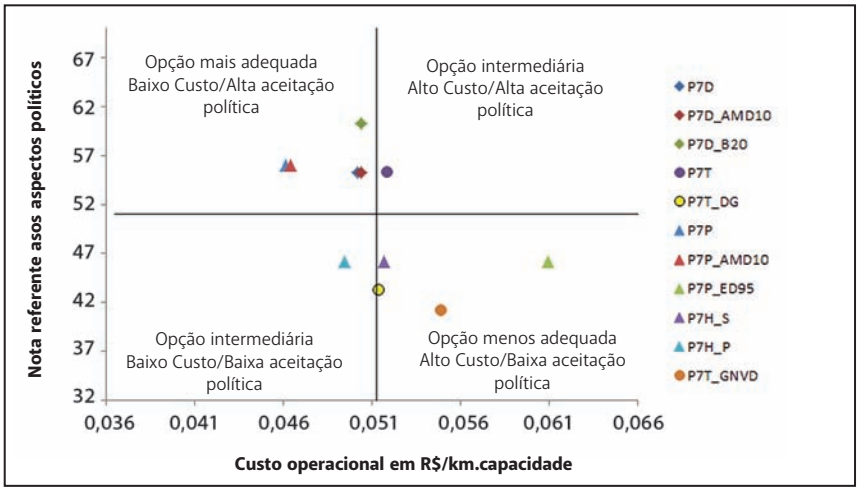


Quando avaliados os aspectos políticos em relação ao custo operacional/km.capacidade (Figura 13) verifica-se que as alternativas mais adequadas são P7D, P7P, P7D_AMD10, P7P_AMD10 e P7D_B20 destacando-se esta última alternativa como a que obteve maior aceitação política na pesquisa qualitativa.

A alternativa P7T apresenta-se como uma opção intermediária (alto custo e alta aceitação política), estando, porém, muito próxima do quadrante de opção mais adequada. O veículo que utiliza diesel-gás (P7T_DG) encontra-se entre o quadrante de opções intermediárias (baixo custo e baixa aceitação política) e o quadrante de opções menos adequadas (alto custo e baixa aceitação política).

As alternativas P7T_GNVD, P7P_ED95 e P7H_S apresentam-se como as menos adequadas, no entanto a alternativa P7H_S apresenta-se muito próxima da opção intermediária (baixo custo e baixa aceitação política), onde se encontra a alternativa P7H_P.

Figura 13: Avaliação das alternativas - aspectos políticos.



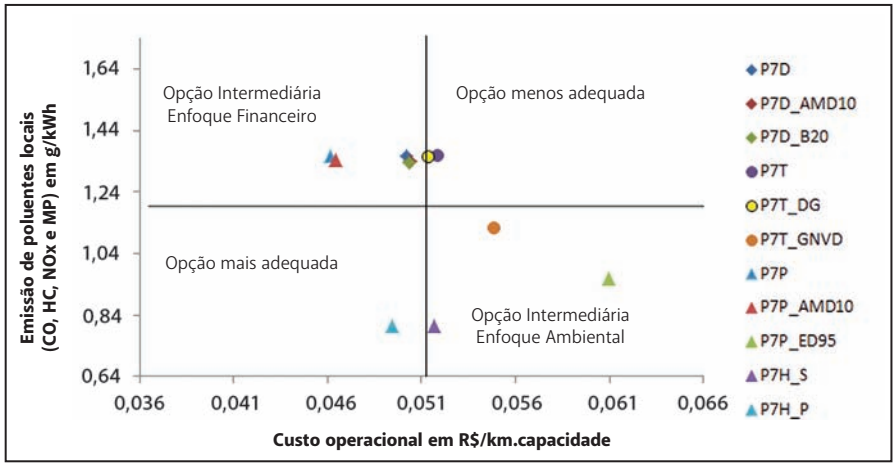
Ao se avaliar os itens custo operacional/km.capacidade e emissão de poluentes atmosféricos locais (Figura 14), verifica-se que, a única alternativa que se apresenta como mais adequada (baixo custo e baixa emissão de poluentes atmosféricos) é a P7H_P. No entanto, a alternativa P7H_S apresenta-se próxima desta situação, estando situada juntamente com as alternativas P7T_GNVD e P7P_ED95 no quadrante referente a opções intermediárias (enfoque ambiental).

As alternativas P7P, P7P_AMD10, P7D_B20, P7T e P7D_AMD10 encontram-se em situação similar com baixo custo relativo, mas alta emissão relativa. A alternativa P7T encontra-se no quadrante das opções menos adequadas, e a alternativa P7T_DG encontra-se entre este quadrante e o quadrante de opções intermediárias (enforque financeiro).

Os resultados relativos obtidos quando se considera a relação custo operacional versus emissões de poluentes atmosféricos locais deixa clara a relação de compensação (*trade-off*) que existe entre custo operacional e redução de emissão de poluentes atmosféricos locais. Para a maioria das alternativas consideradas não se verifica a situação onde ao mesmo tempo se verifica significativa redução da emissão de poluentes atmosféricos locais e reduzidos custos operacionais.

Neste sentido, destaca-se o uso das alternativas híbridas, que podem proporcionar baixo custo operacional, se adequadamente utilizadas em regimes operacionais que maximizem o rendimento energético em sua operação e ao mesmo tempo redução adicional a já obtida com a introdução da tecnologia que atende aos limites de emissão de poluentes atmosféricos estabelecidos pelo P7. A posição diferenciada das alternativas P7H_S e P7H_P apresentada na Figura 14 ainda se deve ao fato de que os ganhos adicionais na redução da emissão de poluentes atmosféricos locais associados a estas tecnologias ocorrem para os poluentes NO_x e MP (Figura 11), justamente aqueles que são enfatizados pelos pesos utilizados na Equação (1).

Figura 14: Avaliação das alternativas - emissão de poluentes locais.

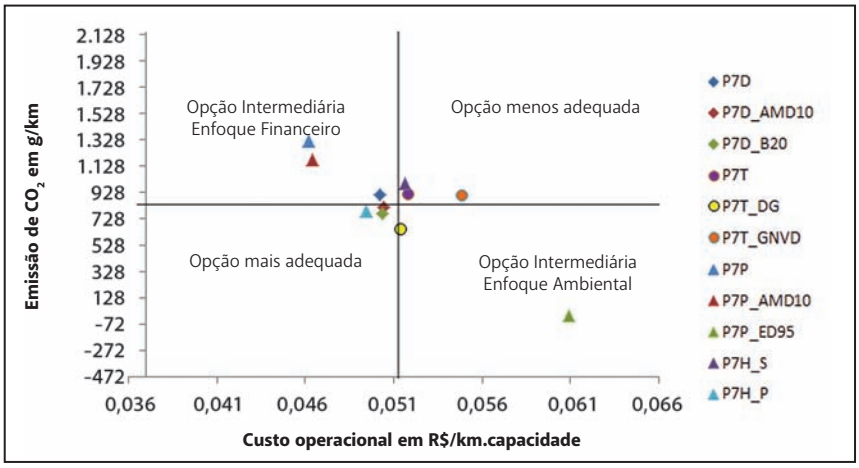


Na avaliação dos itens custo operacional/km.capacidade e emissão CO_2 (Figura 15), destaca-se as alternativas P7D_AMD10, P7D_B20 e P7H_P como as de menor custo e emissão de CO_2. A alternativa P7T_DG apresenta-se no limite entre o quadrante de opções mais adequadas e o de opções intermediárias (enfoque ambiental), no qual está situada a alternativa P7P_ED95 que apesar de apresentar emissão líquida nula de CO_2, é a alternativa que apresenta maior custo.

Observa-se que as alternativas P7D, P7P e P7P_AMD10, esta última pela baixa adição de biocombustível, apresentam baixo custo relativo, porém alta emissão de CO_2, sendo consideradas opções intermediárias (enfoque financeiro).

As alternativas P7T, P7H_S e P7T_GNVD destacam-se como as opções menos adequadas uma vez que apresentam relativamente baixa redução da emissão de CO_2 para sua faixa de custo operacional.

Figura 15: Avaliação das alternativas - emissão de CO_2.



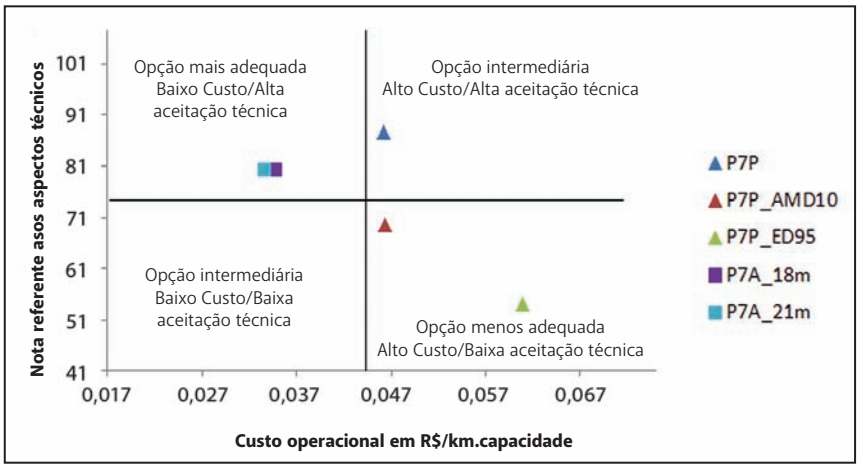
9.2.2. Linhas Troncais Secundárias

No que tange as alternativas consideradas para a utilização em linhas troncais secundárias, tem-se os veículos padron (P7P, P7P_AMD10 e P7P_ED95) e articulados (P7A_18m e P7A_21m).

Ao se analisar os aspectos técnicos avaliados pelos especialistas em relação ao custo operacional/km.capacidade de cada alternativa (Figura 16), verifica-se que, os veículos articulados (P7A_18m e P7A_21m) apresentam-se como as alternativas mais adequadas. A alternativa P7P apresenta-se como uma opção intermediária (alto custo e alta aceitação técnica).

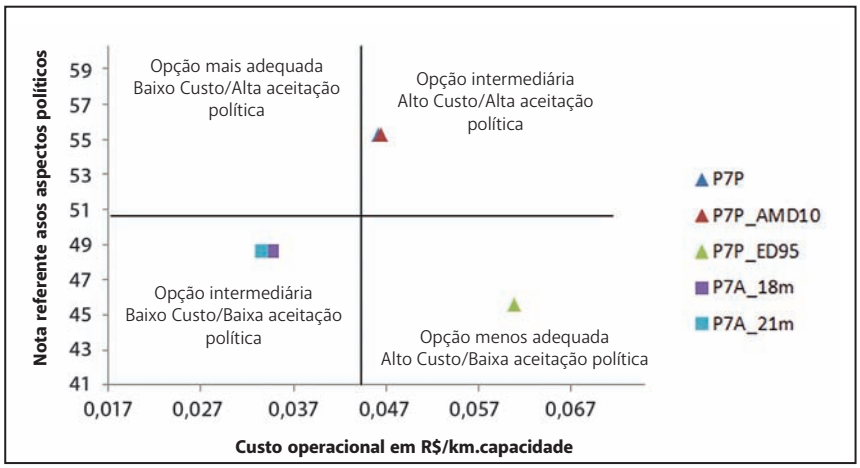
A alternativa P7P_AMD10 apresenta custo semelhante a P7P, no entanto, em virtude da utilização de um combustível cujo mercado ainda não se encontra consolidado, este foi avaliado pelos especialistas, juntamente com a alternativa P7P_ED95 como alternativa menos adequada.

Figura 16: Avaliação das alternativas - aspectos técnicos.



Ao se avaliar os aspectos políticos em relação ao custo operacional/km.capacidade (Figura 17) verifica-se que as alternativas P7P e P7P_AMD10 apresentam-se como opções intermediárias (alto custo e alta aceitação política). As alternativas referentes aos veículos articulados (P7A_18m e P7A_21m) apresentam-se como opções intermediárias, apresentando baixo custo e baixa aceitação política. Do mesmo modo como ao analisar os aspectos técnicos, a alternativa P7P_ED95 apresenta-se como a menos adequada dentre as alternativas analisadas.

Figura 17: Avaliação das alternativas - aspectos políticos.

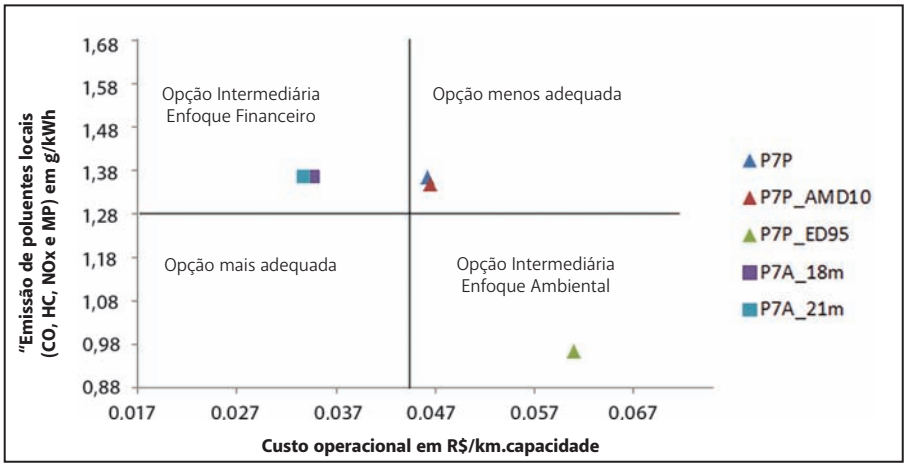


Ao se avaliar os itens custo operacional/km.capacidade e emissão de poluentes locais (Figura 18), verifica-se que as alternativas P7A_18m, P7A_21m e P7P_ED95 encontram-se classificadas como opções intermediárias, as duas primeiras sob o enforque financeiro e a última sob o enfoque ambiental.

As alternativas P7P e P7P_AMD10 encontram-se classificadas como opções menos adequadas, com custos operacionais relativamente mais altos do que os veículos articulados e com pequeno potencial de redução de emissão de poluentes atmosféricos locais. Nesse sentido, as alternativas P7A_18m e P7A_21m apesar de

apresentarem emissões de poluentes locais semelhantes às alternativas P7P e P7P_AMD10 apresentam um menor custo destacando-se das demais. No caso da alternativa P7P_ED95 verifica-se que esta apresenta alto custo e baixa emissão.

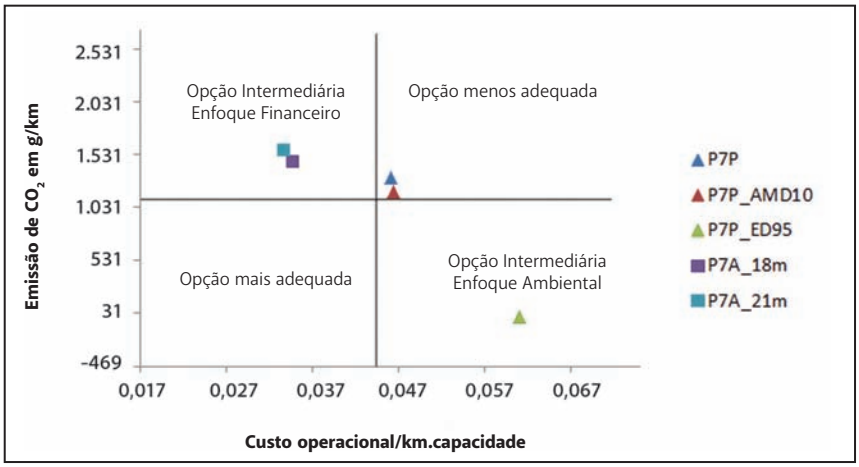
Figura 18: Avaliação das alternativas – emissão de poluentes locais.



Quanto a avaliação dos itens custo operacional/km.capacidade e emissão CO_2 (Figura 19), verifica-se que todas as alternativas P7A_18m, P7A_21m e P7P_ED95 encontram-se classificadas como opções intermediárias. Seguindo a tendência encontrada na análise de emissão de poluentes atmosféricos locais, as alternativas P7P e P7P_AMD10 encontram-se classificadas como as opções menos adequadas.

Desse modo, a definição da alternativa mais adequada dependerá do enfoque a ser dado na análise. Caso a prioridade seja a redução de CO_2, destaca-se a alternativa a P7P_ED95 que, em virtude de utilizar etanol hidratado como combustível, tem suas emissões de CO_2 capturadas durante a cultura da matéria prima para produção do biocombustível, considerando-se emissão nula de CO_2. Caso o enfoque seja o menor custo operacional, destacam-se as alternativas P7A_18m e P7A_21m.

Figura 19: Avaliação das alternativas - emissão de CO_2.



10

Sensibilidade aos mecanismos de financiamento

Com o intuito de verificar como os mecanismos de financiamento de veículos novos podem apoiar a adoção das tecnologias consideradas neste relatório, foi realizado um exercício de verificação da variação da taxa de financiamento em função dos seguintes parâmetros: preço de aquisição do veículo, vida útil econômica, valor residual e prazo de financiamento.

O objetivo deste exercício é verificar como a taxa de financiamento é afetada pelos parâmetros de financiamento selecionados, considerando que se deseja obter o mesmo Valor Presente Operacional (VPO) das alternativas de referência P7D, P7T e P7T.

10.1. Verificação de sensibilidade aos mecanismos de financiamento – março 2012.

Embora se disponha de regras e orientações quanto ao principal mecanismo de financiamento utilizado para a aquisição de ônibus novos, o FINAME do BNDES, em função da dificuldade de adequar as características tecnológicas com o valor dos parâmetros de financiamento a serem considerados, buscou-se nesta primeira abordagem seguir as orientações da equipe técnica da FETRANSPOR, adotando-se as seguintes premissas:

Dados gerais:

Tipo de financiamento: BNDES FINAME;
Linha de financiamento: MPME Ônibus e Caminhões;
Taxa de desconto (selic): 9,65% a.a. / 0,77% a.m. (março de 2012)[28];
Montante do financiamento: 90% do valor do bem;
Quilometragem média percorrida: 6.390 km/mês;

Para veículo convencional (motor dianteiro ou traseiro) ou padron:

Juros: 10% a.a./ 0,80% a.m.;
Carência do financiamento: 0,5 ano;
Período de financiamento: 5 anos;
Vida útil do veículo: 8 anos;
Valor residual do veículo (taxa): 20%;

Para veículo hibrido diesel-elétrico:

Juros: 5% a.a. / 0,41% a.m.;
Carência do financiamento: 2 anos;
Período de financiamento: 7 anos;
Vida útil do veículo: 8 anos;
Valor residual do veículo (taxa): 20%;

Para veículo a etanol aditivado:

Juros: 6,9% a.a. / 0,56% a.m.;
Carência do financiamento: 2 anos;
Período de financiamento: 7 anos;
Vida útil do veículo: 8 anos;
Valor residual do veículo (taxa): 20%.

A Tabela 13 apresenta o resultado do exercício realizado.

Tabela 13: Sensibilidade da taxa de financiamento aos parâmetros do VPO – março 2012.

	VPO	Taxa de financiamento (aa)	Taxa de financiamento - Ajustada (aa)	Investimento no veículo (R$/ unid)	Valor residual	Variação da taxa de financiamento
P7D	- 726.873,92	10,0%	0,0%	280.460,00	55.517,58	-
P7D_AMD10	- 734.018,47	10,0%	8,7%	280.460,00	55.517,58	1,3%
P7D_B20	- 731.748,84	10,0%	9,1%	280.460,00	55.517,58	0,9%
P7T	- 783.149,93	10,0%	0,0%	315.940,00	62.728,82	-
P7T_DG	- 767.371,18	10,0%	12,5%	336.880,00	66.984,83	-2,5%
P7T_GNVD	- 891.318,80	10,0%	-5,2%	345.880,00	68.814,06	15,2%
P7P	- 1.029.860,35	10,0%	0,0%	388.650,00	76.937,41	-
P7P_AMD10	- 1.041.210,69	10,0%	8,5%	388.650,00	76.937,41	1,5%
P7P_ED95	- 1.637.281,81	6,9%	-32,9%	416.000,00	82.496,24	39,8%
P7P_HS	- 1.245.403,57	5,0%	-5,3%	650.766,67	130.212,08	10,3%
P7P_HP	- 1.148.455,52	5,0%	-1,0%	630.000,00	125.991,30	6,0%

Fonte: Elaboração própria.

[28] A taxa SELIC vem sendo modificada mensalmente, estando em agosto de 2012, data de fechamento deste Relatório Final em 7,89% a.a. Atualizações periódicas devem ser feitas para avaliar o comportamento dos resultados aqui apresentados em função destas variações.

Verifica-se para as alternativas P7D_AMD10, P7D_B20 e P7P_AMD10 uma pequena redução (0,9% a 1,5%) na taxa de financiamento, de modo que a manutenção desta taxa entre 8,5% a.a. e 9,1% a.a. seria suficiente para apoiar a introdução destas alternativas no transporte público urbano no Rio de Janeiro. Uma vez que os veículos utilizados nestas alternativas não diferem dos adotados nas alternativas de referência (P7D, P7T e P7P) a diferença verificada entre elas fica por conta do uso do diesel de cana e do biodiesel, combustíveis que possuem valor de mercado superior ao diesel de petróleo, sendo considerado neste estudo um preço, em média, 28% superior para o diesel de cana e 11% superior para o biodiesel se comparado ao preço adotado para o B5.

No caso do veículo diesel gás (P7T_DG), por este possuir o mesmo desempenho dos veículos a diesel e combustível de menor preço, não seria necessário alterar as taxas de juros praticadas no FINAME. No entanto, deve-se considerar que este resultado prevê um índice de substituição do diesel pelo GNV de 70%. Qualquer alteração neste paramento impactará no resultado apresentado na Tabela 13.

A alternativa P7T_GNVD, que utiliza gás natural de forma dedicada, possui valor de investimento e custo operacional mais alto (9,5% e 5,9%, respectivamente) do que sua alternativa de referência (P7T), de modo que a taxa de juros oferecida pelo modelo de financiamento em estudo não viabilizaria sua introdução no mercado, sendo necessária, neste caso, não apenas uma isenção da taxa de juros, mas também uma política de incentivo por meio de algum tipo de redução de impostos na aquisição do veículo, do combustível ou subsídio na operação.

Algum tipo de apoio ainda maior teria que ser destinado à alternativa ED95 para que esta se torne viável, tendo em vista os resultados apresentados na Tabela 13. Isto decorre do maior investimento necessário a sua adoção acrescido dos maiores custos operacionais.

As alternativas P7H_S e P7H_P, que consideram veículos híbridos diesel-elétricos, necessitam, em média, de investimento 64,8% mais alto do que a alternativa considerada como sua referência (P7P). Apesar de apresentarem um menor custo operacional (em média 9,5% menor) a taxa de juros considerada no modelo de financiamento em análise não é suficiente para viabilizar a aquisição desta tecnologia. A isenção de impostos na aquisição do veículo e/ou na operação deste pode auxiliar em sua implantação. Destaca-se, que a vida útil econômica considerada para a análise desta alternativa parece ser curta e o valor residual alto. Porém, por uma questão de equivalência com as outras tecnologias consideradas optou-se por mantê-las.

10.2. Verificação de sensibilidade aos mecanismos de financiamento – agosto 2012.

Com o intuito de analisar o comportamento das alternativas analisadas mediante novas regras de financiamento definidas para o FINAME do BNDES, parte delas com vigência até agosto o final de 2012, realizou-se um novo ensaio, seguindo as orientações da equipe técnica da FETRANSPOR. Como premissas adotou-se:

Dados gerais:
Tipo de financiamento: BNDES FINAME;
Linha de financiamento: MPME Ônibus e Caminhões;
Taxa de desconto (selic): 7,89% a.a. / 0,63% a.m. (agosto de 2012)[28];

Montante do financiamento: 90% do valor do bem;
Quilometragem média percorrida: 6.390 km/mês;

Para veículo convencional (motor dianteiro ou traseiro) ou padron:
Juros: 5,5% a.a./ 0,45% a.m.;
Carência do financiamento: 0,5 ano;
Período de financiamento: 5 anos;
Vida útil do veículo: 8 anos;
Valor residual do veículo (taxa): 20%;

Para veículo hibrido diesel-elétrico:
Juros: 5% a.a. / 0,41% a.m.;
Carência do financiamento: 2 anos;
Período de financiamento: 7 anos;
Vida útil do veículo: 8 anos;
Valor residual do veículo (taxa): 20%;

Para veículo padron etanol:
Juros: 5,5% a.a. / 0,45% a.m.;
Carência do financiamento: 2 anos;
Período de financiamento: 7 anos;
Vida útil do veículo: 8 anos;
Valor residual do veículo (taxa): 20%.

A Tabela 14 apresenta o resultado do exercício realizado.

Tabela 14: Sensibilidade da taxa de financiamento aos parâmetros do VPO – agosto 2012.

	VPO	Taxa de financiamento (aa)	Taxa de financiamento - Ajustada (aa)	Investimento no veículo (R$/ unid)	Valor residual	Variação da taxa de financiamento
P7D	- 726.419,93	5,5%	0,0%	280.460,00	55.517,58	-
P7D_AMD10	- 733.992,65	5,5%	4,2%	280.460,00	55.517,58	1,3%
P7D_B20	- 731.586,99	5,5%	4,6%	280.460,00	55.517,58	0,9%
P7T	- 780.385,24	5,5%	0,0%	315.940,00	62.728,82	-
P7T_DG	- 761.098,92	5,5%	8,3%	336.880,00	66.984,83	-2,8%
P7T_GNVD	- 891.054,21	5,5%	-9,0%	345.880,00	68.814,06	14,5%
P7P	- 1.031.496,86	5,5%	0,0%	388.650,00	76.937,41	-
P7P_AMD10	- 1.043.527,41	5,5%	4,0%	388.650,00	76.937,41	1,5%
P7P_ED95	- 1.699.172,40	5,5%	-35,6%	416.000,00	82.496,24	41,1%
P7H_S	- 1.292.567,76	5,0%	-6,9%	650.766,67	130.212,08	11,9%
P7H_P	- 1.190.689,22	5,0%	-2,7%	630.000,00	125.991,30	7,7%

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA.

Conforme é possível observar na Tabela 14, por ser um estudo comparativo, apesar da redução na taxa de juros utilizada para o financiamento FINAME, a tendência dos resultados apresentados no item 10.2 não apresentaram modificações significativas se comparada ao que se obteve no item 10.1. Assim sendo, a análise apresentada anteriormente se adéqua a situação presente.

11

Considerações finais, limitações e sugestões de aprimoramento futuro

Verifica-se que o Brasil dispõe de diferentes alternativas tecnológicas para promover o transporte rodoviário coletivo urbano de passageiros com benefícios ambientais se comparadas a prática atual. Uma seleção destas alternativas, aquelas que já se encontram testadas e/ou consolidadas para a realidade brasileira e que representam opções com algum potencial de uso no horizonte de 2014 (Copa do Mundo de Futebol) e 2016 (Olímpiadas), foi considerada neste estudo.

Como principais conclusões deste estudo destacam-se:

1. A partir da compilação dos resultados obtidos em testes de utilização de combustíveis alternativos (AMD10, B20 e GNVD) em motores e sistemas projetados para atender as emissões do P5, verificou-se que esses não atenderiam os limites de emissão de poluentes atmosféricos previstos para o P7;

2. Mediante um acréscimo entre 10,8% e 13,6% no investimento inicial em chassi, que se reflete na faixa de 6,1% a 8,2% no investimento inicial em veículo e um acréscimo no custo operacional por quilômetro entre 1,5% e 2,1%, verifica-se que a introdução da tecnologia que possibilita o atendimento dos limites de emissão de poluentes atmosféricos estabelecidos pelo P7 proporciona significativos benefícios ambientais pela redução nas emissões de poluentes atmosféricos locais regulamentados.

3. O uso de veículos articulados em corredores segregados, que pode contribuir para um sistema de transporte otimizado, proporcionando redução nos tempos de viagem, também contribui para a redução da emissão de poluentes atmosféricos locais por passageiro transportado. No entanto, deve-se considerar que o investimento inicial necessário para a implantação de tais veículos é alto se comparado com os veículos convencionais utilizados atualmente no Estado do Rio de Janeiro, sendo em média 100% maior, se comparado ao veículo convencional que atende P7;

4. No caso dos veículos articulados verifica-se as mesmas reduções absolutas de emissão de poluentes atmosféricos dos veículos convencionais (tipo1 e 2) e padron quanto a introdução do P7. Reduções adicionais na emissão de poluentes atmosféricos locais podem ser obtidas por meio da utilização de combustíveis alternativos, o que não foi considerado para estes veículos neste trabalho.

5. Veículos híbridos demandam investimento inicial adicional em chassi na faixa de 121,6% a 125,0% se comparados aos veículos padron com tecnologia que atenda ao P5. Quando analisado em relação ao valor total do veículo (chassi + carroceria) este percentual cai para 76,7%. Se comparados aos veículos com tecnologia que atenda ao P7, o acréscimo no investimento em chassi é em média de 103,6% e o acréscimo do investimento em veículo em média 66,1%.

6. Considerando a metodologia de cálculo adotada (GEIPOT, 1996), onde os custos de manutenção são proporcionais ao valor do veículo novo, os custos operacionais totais dos veículos híbridos se apresentam entre 11,0% e 12,4% maiores que aqueles observados para os veículos que atendem ao P5. Quanto aos resultados em relação ao P7, a diferença passa a ser em média 9,5%.

7. A metodologia do GEIPOT, estabelecida sobre a experiência com a operação de veículos equipados com sistema de propulsão convencional, baseia-se na premissa que os custos com peças são proporcionais ao valor do veículo novo, o que pode não se aplicar para os veículos híbridos; No entanto, tal resultado apresenta-se similar ao observado por Ericson (2011), onde se relata experiência de cerca de 12 anos com a utilização de ônibus híbridos;

8. O uso de veículos híbridos pode propiciar uma redução no consumo de combustível entre 10 e 35%, o que impactaria em uma redução proporcional na emissão de CO_2. Quanto aos poluentes locais, uma única referência indicou uma redução de 50% MP e NO_x se comparado aos veículos que atendem ao P7.

9. Benefícios ambientais adicionais aos que já seriam obtidos pela introdução dos limites de emissão de poluentes atmosféricos estabelecidos pelo P7, por meio da redução adicional das emissões de poluentes atmosféricos locais podem ser obtidos com o do uso de combustíveis alternativos, com destaque para:

    9.1. Reduções adicionais significativas da emissão de CO pelo uso de gás natural dedicado (P7T_GNVD) e etanol (P7P_ED95). Porém, deve-se considerar que estas são as alternativas que introduzem maiores inves-

timentos adicionais e acréscimo no custo operacional se comparadas à introdução da tecnologia que atende ao P7;

9.2. Reduções adicionais significativas da emissão de HC pelo uso do etanol (P7P_ED95) e do gás natural dedicado (P7T_GNVD).

9.3. Pequena redução adicional na emissão de NO_x pelo uso de etanol (P7P_ED95) se comparado as demais alternativas;

9.4. Reduções adicionais da emissão de MP pelo uso de sistemas diesel-gás (P7T_DG), gás natural dedicado (P7T_GNVD) e etanol (P7P_ED95).

10. Benefícios ambientais adicionais aos que já seriam obtidos pela introdução dos limites de emissão de poluentes atmosféricos estabelecidos pelo P7, por meio da redução das emissões de dióxido de carbono (CO_2), o principal gás de efeito estufa, podem ser obtidos por com o uso de combustíveis alternativos, com destaque para:

10.1. Reduções na emissão de CO_2, aproximadamente proporcionais ao percentual de biocombustível utilizado em substituição total ou parcial ao B5, o que favorece o uso da alternativa P7P_ED95, que tem potencial de reduzir em até 100% a emissão de CO_2 no uso final deste combustível;

10.2. Significativa redução na emissão de CO_2 pelo uso de sistema diesel-gás (P7T_DG) em função do menor conteúdo de carbono do metano se comparado ao B5 e pelo rendimento energético do sistema diesel-gás que preserva as características do motor do ciclo Diesel.

Quando se considera aspectos técnicos, políticos e ambientais com base nos custos operacionais por passageiro, verifica-se que a escolha das alternativas tecnológicas para ônibus deve considerar o enfoque desejado pelos agentes envolvidos no processo. Uma discussão detalhada sobre este ponto já foi apresentada no item 9 deste Relatório Final, porém, destaca-se os tópicos a seguir.

Para o uso em linhas interbairros e alimentadoras:

- As alternativas que operam com B20 destacam-se positivamente das demais, ratificando a escolha já indicada de alternativa a ser implantada para atender aos compromissos estabelecidos com o Comitê Olímpico Brasileiro.

- As alternativas que operam com GNV dedicado e etanol se destacam negativamente sob os aspectos técnico e político, porém, podem representar os melhores ganhos ambientais.

- A alternativa que opera com diesel-gás apresenta-se em situação limítrofe indicando os cuidados que devem ser tomados caso se escolha esta alternativa.

- Resultados promissores podem ser esperados pelo uso de tecnologia híbrida.

- Para o uso em linhas troncais:

- O uso de veículos articulados apresenta a melhor aceitação técnica e a melhor redução de emissões de CO_2, em função de sua maior capacidade.

- O uso de etanol apresenta baixa aceitação técnica e política, porém, é a alternativa de melhor desempenho ambiental.

De uma forma geral, os resultados relativos obtidos quando se considera a relação custo operacional/km.capacidade versus emissões de poluentes atmosféricos locais deixa clara a relação de compensação (*trade-off*) que existe entre custo operacional e redução de emissão de poluentes atmosféricos locais. Somente a alternativa P7H_P apresentou baixo custo operacional e ao mesmo tempo redução de poluentes atmosféricos locais se comparadas ao que já foi possível obter com a introdução da tecnologia que atende aos limites de emissão de poluentes atmosféricos estabelecidos pelo P7.

A Tabela 15 apresenta a síntese da análise das alternativas considerando os itens: emissão de poluentes atmosféricos locais, emissão de CO_2, aspectos técnicos e aspectos políticos (os dois últimos obtidos por meio de pesquisa realizada com especialistas) em função do custo operacional/km.capacidade do veículo.

Tabela 15: Síntese da análise das tecnologias em função do custo operacional/km.capacidade.

Linhas	Aspectos analisados	Tecnologias	
		Opção mais adequada	Opção menos adequada
Interbairros e alimentadoras	Aspectos Técnicos	P7P, P7D, P7D_B20	P7P_ED95, P7T_GNVD
	Aspectos Políticos	P7D, P7D_AMD10, P7D_B20, P7P, P7P_AMD10	P7H_S, P7T_GNVD, P7P_ED95
	Poluentes Locais	P7H_P	P7T
	Emissões de CO_2	P7D_AMD10, P7D_B20, P7H_P	P7H_S, P7T_GNVD, P7T
Linhas Troncais Secundárias	Aspectos Técnicos	P7A_18m, P7A_21m	P7P_AMD10, P7P_ED95
	Aspectos Políticos	-	P7P_ED95
	Poluentes Locais	-	P7P, P7P_AMD10
	Emissões de CO_2	-	P7P, P7P_AMD10

Critérios adotados para aspectos técnicos: Alta aceitação técnica quando o produto já existe e encontra-se disponível para uso, sua cadeia de suprimento encontra-se estruturada e o risco de não conformidade e não atendimento a demanda é baixo.

Critérios adotados para aspectos políticos: Alta aceitação política quando o produto for de fácil aceitação pelo operador do veículo e pelo poder público, tiver baixa dependência de financiamento, baixo risco associado a fabricação e uso do produto e alto potencial de redução da dependência de derivados de petróleo e uso de combustíveis renováveis.

Quantos aos aspectos relacionados ao financiamento para aquisição destas tecnologias veiculares, um ensaio preliminar foi realizado no item 10.1 deste relatório. Resguardadas as limitações decorrentes das premissas adotadas, que podem estar, nos casos onde se considera tecnologia de ponta, distantes da situação ideal, verifica-se que a adoção do B20, do diesel de cana (AMD10) e do sistema diesel-gás poderiam ser facilmente apoiadas pelos mecanismos de financiamento estabelecidos pelo FINAME, com pequeno ajuste da taxa de financiamento.

Por outro lado, alternativas que consideram o uso de gás natural comprimido, etanol aditivado e veículos híbridos diesel-elétricos teriam que receber algum tipo de apoio adicional a melhores taxas de financiamento para que se viabilizem.

Esta tendência se manteve mesmo quando se considerou a redução nas taxas de financiamento divulgada para o período de agosto de 2012, conforme item 10.2.

Em ambos os casos, recomenda-se que um estudo mais detalhado, quanto ao modelo de financiamento destas tecnologias, seja realizado.

Entende-se que este estudo atingiu aos melhores resultados que se poderia obter com base nos dados e informações disponíveis. Ainda assim, algumas limitações podem ser consideradas:

1. Os resultados encontrados espelham a consistência dos dados obtidos por meio de pesquisa bibliográfica e documental e ratificados em consultas com especialistas ou por meio de pesquisa documental estruturada. Não foram realizados testes de campo para avaliar medidas de consumo de combustível e/ou aditivos ou cotações de preço de mercado para a avaliação de investimentos e despesas;

2. A dificuldade de obtenção de valores de mercado para insumos como o diesel de cana, aditivo para o etanol e aditivo de pós-tratamento levou a adoção de valores aproximados, declarados pelos fabricantes destes produtos ou calculados com base em informações provenientes de pesquisa bibliográfica e documental. Esta situação decorre na inexistência de mercado consolidado para estes insumos[29];

3. A dificuldade de obtenção dos valores de mercado para investimentos adicionais em componentes do chassi dos veículos para o atendimento ao P7 levou a utilização de uma faixa de acréscimos percentuais sobre os investimentos praticados atualmente e declarados pelos fabricantes e operadores. Esta situação também decorre da inexistência de mercado consolidado para estes itens de investimentos;[30]

4. A estimativa dos custos adicionais com peças e acessórios foi realizada em função do acréscimo do investimento adicional em chassi pela adoção do P7, uma vez que, até onde se pôde verificar, não se dispõe até o momento de dados operacionais que subsidiem o levantamento destes custos no Brasil.

5. Em relação ao veículo híbrido, destaca-se a dificuldade de obtenção de custos de manutenção e operação, a dificuldade em definir-se o tempo de vida útil do veículo e o potencial de redução da emissão de poluentes atmosféricos locais pela introdução desta tecnologia devido às poucas experiências recentes com tal tipo de veículo.

[29] Os valores utilizados neste trabalho e relacionados no Anexo II diferem, em alguns casos, dos valores de mercado praticados em agosto de 2012 (data de fechamento deste Relatório Final). Isso se deve ao fato de se tentar considerar valores aplicáveis em situação de mercado maduro, que seria esperado a partir de 2014. Neste caso se incluem, Por exemplo o preço do diesel de cana, do biodiesel, do aditivo de pós tratamento de emissões e do etanol aditivado.

[30] Em pesquisa documental realizada em junho de 2012, verificou que o aumento no valor dos chassis de veículos que atendem ao P7, se comparado aos que atendiam ao P5, variou na faixa entre 8% e 15%, ou seja, dentro dos limites previstos por este estudo.

Recomenda-se que um aprimoramento deste trabalho deva considerar:

1. Aprimorar o entendimento quanto a evolução futura dos preços dos biocombustíveis para uso no transporte rodoviário público urbano, em particular o combustível mais novo no mercado, o diesel de cana de açúcar;

2. Aprimorar o entendimento quanto a capacidade de produção e oferta de combustíveis alternativos e tecnologias alternativas para o transporte rodoviário público urbano no Brasil;

3. Aprimorar o entendimento quanto a tipologia e ao perfil das fontes de recursos financeiros que poderiam ser utilizados para viabilizar a introdução de fontes de energia e tecnologias alternativas para o transporte rodoviário público urbano no Brasil;

4. Busca de dados e informações que indiquem de forma mais consistente o tempo de vida útil econômica dos veículos híbridos;

5. Busca de dados e informações que indiquem de forma mais consistente os custos de manutenção dos veículos movidos a gás natural dedicado, diesel-gás, etanol e com sistema de propulsão híbrido;

6. Busca de dados e informações que indiquem de forma mais consistente os potenciais de redução de emissões de poluentes locais pelo uso de veículos híbridos;

7. Introduzir e quantificar os benefícios ambientais oriundos da introdução de fontes de energia e tecnologias que reduzem a emissão de poluentes atmosféricos locais produzidas por ônibus nas cidades brasileiras, como por exemplo o impacto destes benefícios ambientais na redução dos custos com saúde pública;

8. Aprimorar o entendimento do potencial de utilização de biocombustíveis e veículos híbridos articulados em corredores do tipo *Bus Rapid Transit* (BRT);

12

Referências bibliográficas

AGRALE (2011) *Informações sobre a tecnologia – veículo híbrido.* Comunicação pessoal por email em 27/09/2011.

AMYRIS (2011) *Informações sobre o combustível diesel de cana.* Comunicação pessoal jul/2011.

ANP (2011) *Informações sobre preço de combustível. Agência Nacional do Petróleo*, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível na URL< http://www.anp.gov.br/preco/> Jul/2011.

ANTP (2009). *Sistema de Informações da Mobilidade Urbana Relatório Comparativo 2003-2009.* Associação Nacional dos Transportes Públicos, ANTP, São Paulo, SP.

BCB (2011a) *Informações sobre taxas de cambio.* Banco Central do Brasil. Disponível na URL< http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp?id=txcotacao> Acesso em jul/2011.

BCB (2012) *Informações sobre taxa selic.* Banco Central do Brasil. Disponível na URL< http://www.bcb.gov.br/?SELICDIA> Acesso em jul/2011.

Cachiolo, A. D. (2011) *Informações sobre preço de pneu e recapagem*. Diretor da Replace Transportadora Ltda. Contato por email.

CLEANER BUS (2003) *The Route to Cleaner Buses: A guide to operating cleaner, low carbon buses.* The Cleaner Bus Working Group.

Conceição, G.W. (2006) *A Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da Inserção do Gás Natural em Frotas do Transporte Coletivo Urbano de Passageiros*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Planejamento Energético.

DOE (1996) *Final results from the National Renewable Energy Laboratory(NREL)* -Vehicle evaluation program. Alternative fuel transit buses. Department of Energy

DOE (2000) *Dallas Area Rapid Transit's (DARTS) LNG bus fleet – Final results*. Alternative fuel transit buses. Department of Energy

DOE/NREL (2002a) *United parcel service (UPS) CNG truck fleet: final results*. Alternative fuel trucks. Department of Energy/ National Renewable Energy Laboratory

EEGFTF (2011) *Future transport fuels. ALBA-Fachverlag*. Report of European Expert Group on Future Transport Fuels.

EST (2003) *The Route to Cleaner Buses. A guide to operating cleaner, low carbon buses* - Energy Saving Trust. E&OE.TE105.

Ericson, C. (2011) *New York City Transit/ MTA Bus – Hybrid bus program*. 1º Seminário de Tecnologias Sustentáveis.

GEIPOT (1996). *Cálculo de tarifas de ônibus urbanos: instruções práticas atualizadas*. 2. ed. Brasília: Ministério dos Transportes.

Hipp, E. (2010). *MAN Hybrid City Bus*. 14o Etransport. Rio de Janeiro, RJ.

IEA (2002) *Bus System for the Future: Achieving Sustainable Transport Worldwide*. International Energy Agency. Paris, França.

IEA (2010). *Key Word Energy Statistics 2010.* International Energy Agency, Paris, França.

INEA (2011) *Informações disponíveis sobre os limites de emissão do PROCONVE e PROMOT.* Disponível em http://www.inea.rj.gov.br/fma/proconve-promot.asp. Acesso em Out/2011.

Janssen, R, Rutz, D., Hofer, A. Moreira, J, Santos, J., Coelho, S. Velazquez, S., Capaccioli, S., Landahl, G. e Ericson, J. (2010) *Bioethanol as Sustainable Bus Transport Fuel in Brazil and Europe*. 18th European Biomass Conference and Exhibition, 3-7 May, 2010, Lyon, France.

Jobson, E. (2010). *Transporte Urbano Efficiente con Autobuses Hibridos Diesel-Electricos*. 14o Etransport. Rio de Janeiro, RJ.

MAN (2011a) *Informações sobre a tecnologia – veículo convencional (motor dianteiro e traseiro), padron, diesel-gás e dedicado a gás natural.* MAN Latin America. Comunicação pessoal por email em 04/08/2011.

MAN (2011b) *Informações sobre a tecnologia – veículo articulado.* MAN Latin America. Comunicação pessoal por email em 06/09/2011.

MAN (2011c) *Informações sobre a tecnologia – veículo híbrido.* MAN Latin America. Comunicação pessoal por email em 06/09/2011.

MAN (2011d) Ficha técnica do veículo MAN Lions City Hybrid. MAN Latin America. Comunicação pessoal por email em 05/08/2011.

MAN (2011e) Apresentação Ônibus Diesel/GNV – Transporte limpo para o Rio de Janeiro. MAN Latin America.

MBB (2011a) *Informações sobre emissões – veículo convencional (motor dianteiro e traseiro) e padron.* Mercedes-Benz do Brasil. Comunicação pessoal por email em 08/08/2011.

MBB (2011b) *Informações sobre tecnologia – veículo convencional (motor dianteiro e traseiro) e padron.* Mercedes-Benz do Brasil. Comunicação pessoal por email em 06/09/2011.

MBB (2011c) *Informações sobre tecnologia – veículo articulado.* Mercedes-Benz do Brasil. Comunicação pessoal por email em 06/09/2011.

MCT (2002) *Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Relatório de referência. Emissões de dióxido de carbono por queima de combustíveis: abordagem top-down,* Brasília, DF, Ministério da Ciência e Tecnologia.

Menon A; Bharadw AJ S.G.; Adidam P.T.; Edilson S.W. Antecedents and consequences of marketing strategy making: a model and a test. *Journal of Marketing*, vol.63, nº2 (1999), pp 18-40.

MMA (2011) Primeiro Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários. Ministério do Meio Ambiente. Relatório Final, Brasília, DF, Brazil.

Mora, J.M., Martínez, H., Unal, A.,(2009), Bus technology meta-analysis. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board

NAVC (2000), *Hybrid-electric drive heavy-duty vehicle testing project*. Final emission report. Northeast Advanced Vehicle Consortium

NREL (2002), *LNG turbine hybrid electric buses*. Advanced technology vehicles in service. National Renewable Energy Laboratory

NREL (2005), *Final operability and chassis emissions results from a fleet of class 6 trucks operating on gas-to-liquid fuel and catalyzed diesel particle filters*. Powertrain & Fluid Systems Conference & Exhibition. National Renewable Energy Laboratory

NREL (2010) *Connecticut Transit (CTTRANSIT) Fuel Cell Transit Bus: Third Evaluation Report.* National Renewable Energy Laboratory. Colorado, Estados Unidos.

NREL (2011a), *Sun line transit agency advanced technology fuel cell bus evaluation: first results report.* National Renewable Energy Laboratory

NREL (2011b), *Zero Emission Bay Area (ZEBA) fuel cell bus demonstration: first results report*. National Renewable Energy Laboratory

NREL (2001), *Diesel hybrid electric buses*. Advanced technology vehicles in service. National Renewable Energy Laboratory

NREL (2006a) *100,000-mile evaluation of transit buses operated on biodiesel blends (B20).* Powertrain and Fluid Systems Conference and Exhibition. National Renewable Energy Laboratory

NREL (2006b) *Effect of biodiesel blends on diesel particulate filter performance*. Powertrain and Fluid Systems Conference and Exhibition. National Renewable Energy Laboratory

NREL (2006c) *Santa Clara Valley Transportation Authority and San Mateo County Transit District*. Fuel cell transit buses: evaluation results. Innovation for our energy future. National Renewable Energy Laboratory

NREL (2006d) *New York City Transit (NYCT) hybrid (125 Order) and CNG transit buses final evaluation results*. Innovation for our energy future. National Renewable Energy Laboratory

NREL (2008) *St. Louis Metro biodiesel (B20) transit bus evaluation. Innovation for our energy future.* National Renewable Energy Laboratory

NREL (2009) *On-road and in-laboratory testing to demonstrate effects of ULSD, B20, and B99 on a retrofit Urea-SCR after treatment system*. Powertrain, fuels, and lubricants meeting. National Renewable Energy Laboratory

Oliveira, (2011) *Dados sobre veículo movido a etanol*. Comunicação pessoal por email jul/2011.

Oliveira, (2012) *Dados sobre veículo movido a etanol*. Comunicação pessoal por email 26/07/2012.

Ribeiro, S. K. (2002). *Barreiras na implantação de Alternativas Tecnológicas para o transporte Rodoviário no Brasil*:Suzana Kahn Ribeiro, editora – Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, RJ.

SAENS PENA (2011) *Informações sobre salário.* Viação Saens Peña S.A. Comunicação pessoal. Jul/2011.

SCANIA (2011a) *Informações sobre a tecnologia - veículo articulado.* Scania Latin America. Comunicação pessoal por email em 09/09/2011.

SCANIA (2011b) *Ficha técnica - veículo articulado.* Scania Latin America. Comunicação pessoal por email em 09/09/2011.

SCANIA (2012) *Informações sobre a tecnologia - veículo padron e etanol.* Scania Latin America. Comunicação pessoal por email em 26/07/2012.

Schettino, M. R. A. (2010). *Política Ambiental para Ônibus Urbano na RMSP*. IV Conferência Internacional de Emissões Veiculares, Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo S.A. São Paulo, SP.

TAQI (2011) *Informação sobre preço de pneu*. Disponível na URL:< http://www.taqi.com.br/product.aspx?idproduct=14660&idDept=176430477>

UBRABIO (2011) *Informações sobre capacidade de produção e preço do biodiesel.* União Brasileira do Biodiesel (Ubrabio). Comunicação pessoal. Ago/2011.

Velázquez, S. (2008) *Bioethanol for sustainable transport – Projeto Best no Brasil*. 7ª. Conferência Municipal de Produção Mais Limpa.

VOLVO (2011a) *Informações sobre a tecnologia - veículo padron.* Volvo do Brasil Veículos Ltda. Comunicação pessoal por email em 08/08/2011.

VOLVO (2011b) *Informações sobre a tecnologia - veículo híbrido.* Volvo do Brasil Veículos Ltda. Comunicação pessoal por email em 05/09/2011.

VOLVO (2011c) *Informações sobre a tecnologia - veículo articulado.* Volvo do Brasil Veículos Ltda. Comunicação pessoal por email em 05/09/2011.

VOLVO (2011d) *Apresentação da Volvo do Brasil* – 1º. Seminário de Tecnologias Sustentáveis no transporte.

anexos

Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, 22 de agosto de 2012

Márcio de Almeida D'Agosto
Coordenador do Projeto e do Programa

Segen Farid Estefen
Diretor Superintendente da Fundação COPPETEC

ANEXO I - LISTA DE FÓRMULAS UTILIZADAS NO CÁLCULO DO CUSTO OPERACIONAL

A metodologia para o cálculo do custo operacional por quilômetro adotada neste estudo segue GEIPOT (1996) com algumas adequações.

No que se refere aos custos de capital, considera-se o custo anual uniforme (CAU) referente ao investimento inicial e ao valor residual para a vida útil dos veículos, sendo adotado valor residual de 30% para os veículos convencional com motor dianteiro (D) e convencional com motor traseiro (T), 25% para o veículo padron, 5% para veículos articulados e 5% para veículos híbridos. Estes valores foram considerados mais adequados a realidade do mercado do Rio de Janeiro.

O cálculo dos impostos (IPVA + seguro obrigatório) seguiu prática adotada pelos operadores do Município do Rio de Janeiro.

No que se refere as despesas operacionais, os dados foram obtidos em consulta a FETRANSPOR e/ou aos operadores.

CUSTO FIXO

• **Investimento total em veículo (Iv)** (R$/Veíc.): Investimento em chassi + carroceria

$$Iv = Ich + Ica \qquad \textbf{(Equação 1)}$$

Onde:

Ich = Investimento em chassi (R$/Veíc.)

Ica = Investimento em carroceria (R$/Veíc.)

• **Investimento em veículo novo menos rodagem (Ivr)** (R$/Veíc.): Investimento total em veículo – preço do pneu * quantidade de pneus por veículo

$$Ivr = Iv - pp * q \qquad \textbf{(Equação 2)}$$

Onde:

pp = preço do pneu (R$/Unid.)

q = quantidade de pneus por veículo (Unid.)

• **Valor residual do veículo sem rodagem (Vrr)** (R$/Veíc): investimento em veículo novo menos rodagem * % de valor residual do veículo

$$Vrr = Ivr*Vr \qquad \textbf{(Equação 3)}$$

Onde:

Vr = % referente ao valor residual do veículo

• **Fator de recuperação de capital (FRC):**

$$FRC = \frac{i*(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \qquad \textbf{(Equação 4)}$$

Onde:

i **=** taxa de juros

n = período (considerou-se: 7 anos para veículos convencionais (motor dianteiro e traseiro), 10 anos para veículo padron e 12 anos para veículos híbridos e articulados).

• **Custo de capital do veículo ao ano (CCv)** (R$/Ano): (Investimento em veículo novo menos rodagem – valor residual do veículo sem rodagem) * FRC + (valor residual do veículo sem rodagem * taxa de juros)

$$CCv = Ivr - Vrr * FRC + (Vrr*i) \qquad \textbf{(Equação 5)}$$

• **Custo de capital do veículo ao mês (CCvm)** (R$/Mês): Custo de capital do veículo ao ano / 12

CCvm = CCv/12 **(Equação 6)**

• **Remuneração de máquinas + instalações + equipamentos (Rmie)** (R$/Veíc.Mês): 0,0004[31] * investimento total em veículo

Rmie = 0,0004 * Iv **(Equação 7)**

• **Custo de remuneração de almoxarifado (Cra)** (R$/Veíc.Mês): 0,0003[32] * investimento total em veículo

Cra = 0,0003 * Iv **(Equação 8)**

• **Custo de Capital Total (CCt)** (R$/Veíc.Mês): custo de capital do veículo ao mês + remuneração de máquina + instalação + equipamentos + remuneração de almoxarifado

CCt = CCvm + Rmie + Cra **(Equação 9)**

• **Despesa mensal com motorista (Dm)** (R$/Veíc.Mês): salário base do motorista * (1 + encargos) * fator de utilização do motorista

Dm = Sm * (1 + e) * fum **(Equação 10)**

Onde:
Sm = Salário base do motorista
e = Encargos
fum = Fator de utilização do motorista[32]

• **Despesa mensal com cobrador (Dc)** (R$/Veíc.Mês): salário base do cobrador * (1 + encargos) * fator de utilização do cobrador

Dc = Sc * (1 + e) * fuc **(Equação 11)**

Onde:
Sc = Salário base do cobrador
fuc = Fator de utilização do cobrador[32]

• **Despesa mensal com fiscal/despachante (Dfd)** (R$/Veíc.Mês): Soma dos salários bases do fiscal e despachante * (1 + encargos) * fator de utilização do fiscal/despachante

Dfd = (Sf + Sd) * (1 + e) * fufd **(Equação 12)**

Onde:
Sf = Salário base do fiscal
Sd = Salário base do despachante
fufd = fator de utilização do fiscal/despachante[32]

• **Despesa mensal com pessoal de operação (Dpo)** (R$/Veíc.Mês): Despesa mensal com motorista + despesa mensal com cobrador + despesa mensal fiscal/despachante

Dpo = Dm + Dc + Dfd **(Equação 13)**

• **Despesa com pessoal de manutenção (Dma)** (R$/Veíc.Mês): despesa mensal pessoal de operação * coeficiente de pessoal de manutenção

Dma = Dpo * Cm **(Equação 14)**

Onde:
Cm = coeficiente de pessoal de manutenção[32]

[31 e 32] Dado retirado do GEIPOT (1996).

• **Despesa com pessoal administrativo (Da)** (R$/Veíc.Mês): despesa mensal pessoal de operação * coeficiente de pessoal administrativo

Da = Dpo * Ca **(Equação 15)**

Onde:
Ca = coeficiente de pessoal administrativo

• **Benefícios (B)** (R$/Veíc.Mês): Valor do benefício mensal *(fator de utilização do motorista[33]+ fator de utilização do cobrador[33]+fator de utilização do fiscal_despachante[32] * 2)

B = Bm*(fum+fuc+fufd*2) **(Equação 16)**

Onde:
Bm = benefício mensal

• **Total de despesa com pessoal (Dp)** (R$/Veíc.Mês): despesa com pessoal de operação + despesa com pessoal de manutenção + despesa com pessoal administrativo + benefícios

Dp = Dpo + Dma + Da + B **(Equação 17)**

• **Despesas gerais administrativas (Dga)** (R$/Veíc.Mês): coeficiente de despesas gerais * investimento total em veículo

Dga = Cd * Iv **(Equação 18)**

Onde:
Cd = Coeficiente de despesas gerais

• **Seguro obrigatório (S)** (R$/Veíc.mês): 15% (valor presente líquido do valor dos impostos do veículo* FRC)/12

S = (15%VPLi*FRB)/12 **(Equação 19)**

Onde:
VPLi = valor presente líquido dos impostos do veículo

• **IPVA (IPVA)** (R$/ Veíc. mês): 85% (valor presente líquido do valor dos impostos do veículo* FRC)/12

IPVA = (85%VPLi*FRC) /12 **(Equação 20)**

• **Total de despesa administrativa (Tda)** (R$/Veíc.Mês): despesas gerais administrativas + Seguro obrigatório + IPVA

Tda = Dga + S + IPVA **(Equação 21)**

• **Custo fixo total (Cf)** (R$/Mês): custo de capital total + total de despesas com pessoal + total de despesa administrativa

Cf = CCt + Dp + Tda **(Equação 22)**

• **Custo fixo total por km (Cfk)** (R$/Mês.Km): custo fixo total / percurso médio mensal

Cfk = Cf/PMM **(Equação 23)**

Onde:
PMM = percurso médio mensal[33]

[32] Dado retirado do GEIPOT (1996).

[33] Quilometragem média estimada com base em dados da Fetranspor.

CUSTO VARIÁVEL

• **Custo de combustível (Ccb)** (R$/Km): consumo de combustível * valor do combustível

Ccb = c * vc **(Equação 24)**

Onde:
c = consumo de combustível (l/km)
vc = valor do combustível (R$/l)

• **Custo de aditivo de pós-tratamento (Capt)** (R$/Km): consumo do aditivo por litro de diesel/ rendimento energético * preço aditivo

Capt: Cad /Re * pa **(Equação 25)**

Onde:
Cad = consumo do aditivo por litro de diesel
Re = rendimento energético
pa = preço do aditivo

• **Custo de aditivo BERAID (CaB)**[35] (R$/Km): consumo de combustível do veículo (l/km) * % de consumo de BERAID (master batch) por litro de etanol * preço do aditivo (R$/l)

CaB: Cae /Re * pa **(Equação 25)**

Onde:
Cad = consumo do aditivo por litro de diesel
Re = rendimento energético
pa = preço do aditivo

• **Custo total de combustível (Ctcb)** (R$/Km): custo de combustível + custo de aditivo de pós-tratamento + custo do aditivo do etanol[34]

Ctcb = Ccb + Capt + CaB **(Equação 26)**

• **Custo de lubrificante (Cl)** (R$/Km): coeficiente de consumo de lubrificante * valor do combustível

Cl = Ccl*vc **(Equação 27)**

Onde:
Ccl = coeficiente de consumo de lubrificante[35]

• **Custo do pneu (Cp)** (R$): preço do pneu * quantidade de pneus por veículos

Cp = pp * p **(Equação 28)**

• **Custo de recapagem (Crec)** (R$): Valor da recapagem * quantidade de pneus por veículo * quantidade de recapagem

Crec = Vrec * p * rec **(Equação 29)**

Onde:
Vrec = Valor da recapagem
rec = quantidade de recapagem

[34] Este valor será utilizado apenas para o veículo movido a etanol. Para os demais veículos este valor será igual a zero.

[35] Dado retirado do GEIPOT (1996).

• **Custo de câmara de ar (Ccar)** (R$): Valor da câmara de ar * quantidade de pneus por veículo * 2

Ccar = Vcar * p * 2 **(Equação 30)**

Onde:
Vcar = valor da câmara de ar

• **Custo de protetor (Cpc)** (R$): preço do protetor de pneu * quantidade de pneus por veículo * 2

Cpc = pc * p **(Equação 31)**

• **Custo Total de Rodagem[36] (Ctr)** (R$): Custo do pneu + custo de recapagem + custo de câmara de ar + custo de protetor de pneu

Ctr = Cp + Crec + Ccar + Cpc **(Equação 32)**

• **Custo de rodagem por quilômetro (Crk)** (R$/Km): custo total de rodagem / vida útil total do pneu por veículo

Crk = Ctr/Vup **(Equação 33)**

Onde:
Vup = vida útil total do pneu por veículo[36]

• **Custo de peças e acessórios (Cpea)** (R$/Km): coeficiente de consumo de peças * investimento em veículo novo menos rodagem / percurso médio mensal

Cpea = ccp * Ivr / PPM **(Equação 34)**

Onde:
Ccp = coeficiente de consumo de peças[36]

• **Custo variável total por veículo por quilômetro (Cv)** (R$/Km): custo total de combustível + custo de lubrificante + custo de rodagem por quilômetro + custo de peças e acessórios

Cv = Ctcb + Cl + Crk + Cpea **(Equação 35)**

[36] Em virtude do tipo de pneu considerado para o cálculo, não foram considerados os itens protetor de pneu e câmara de ar.

ANEXO II - PLANILHA DE INSUMOS

Insumo	Valor	Fonte
Cotação de moeda		
Valor do dólar (R$)	1,583	BCB (2011a)
Valor do euro (R$)	2,223	BCB (2011a)
Valor da coroa sueca (R$)	4,360	BCB (2011a)
Preço do Combustível		
Diesel (B5) (R$/l)	1,800	ANP (2011)
Gás natural (R$/m³)	1,359	ANP (2011)
Etanol (R$/l)	1,880	ANP (2011)
Diesel de cana (R$/l)	2,300	AMYRIS (2011)
Biodiesel (R$/l)	2,000	UBRABIO (2011)
Preço do aditivo		
AdBlue (R$/l)	1,311	Calculado com base em Leal (2011) e BCB (2011a)
Beraid - master batch (R$/l)	4,800	Oliveira (2012)
Taxa de desconto		
Selic (%)	7,89%	BCB (2012)
Dados associados ao uso do P7		
Acréscimo do P7 Convencional em relação ao P5 - SCR (investimento em chassi) (%)	11%	MBB (2011b)
Acréscimo do P7 Convencional em relação ao P5 - EGR (investimento em chassi) (%)	16%	MAN (2011a)
Acréscimo do P7 Padron em relação ao P5 - SCR (investimento em chassi) (%)	11%	MBB (2011b)
Acréscimo do P7 Padron em relação ao P5 - EGR (investimento em chassi) (%)	10%	MAN (2011a)
Acréscimo do P7 Padron em relação ao P5 - VOLVO (investimento em chassi) (%)	12%	VOLVO (2011a)
Acréscimo do P7 Padron em relação ao P5 - SCANIA (investimento em chassi) (%)	13%	SCANIA (2012)
Acréscimo do P7 Articulado em relação ao P5 - SCANIA (investimento em chassi) (%)	13%	SCANIA (2011a)
Variação no rendimento de combustível - MBB- SCR (%)	4%	MBB (2011a)
Variação no rendimento de combustível - MAN - EGR (%)	NC	
Variação no rendimento de combustível - MAN - SCR (%)	5%	MAN (2011b)
Variação no rendimento de combustível - VOLVO - SCR (%)	5%	VOLVO (2011a)
Variação no rendimento de combustível - SCANIA - SCR (%)	5%	SCANIA (2012)
Acréscimo do P7 em relação ao P5 - SCR (custo de manutenção) (%)	NC	
Acréscimo do P7 em relação ao P5 - EGR (custo de manutenção) (%)	NC	
Consumo de AdBlue - Veículo motor dianteiro MBB (litro de AdBlue por litro de diesel)	0,035	MBB (2011a)
Consumo de AdBlue - Veículo motor traseiro MBB (litro de AdBlue por litro de diesel)	0,045	MBB (2011a)
Consumo de AdBlue - Veículo padron/articulado MBB (litro de AdBlue por litro de diesel)	0,045	MBB (2011a)
Consumo de AdBlue - Veículo padron/articulado Scania (litro de AdBlue por litro de diesel)	0,050	SCANIA (2012)
Consumo de AdBlue - Veículo padron/articulado Volvo (litro de AdBlue por litro de diesel)	0,050	VOLVO (2011a)
Taxa de acrescimento de AdBlue - B20	1,046	Calculado com base em Leal (2011)

Insumo	Valor	Fonte
Sistema de pós-tratamento		
SCR	3.992,33	Calculado com base em Conceição (2006)
EGR + CD-DPF	3.799,20	Calculado com base em Conceição (2006)
TWC	2.057,90	Calculado com base em Conceição (2006)
4 - WAY	4.527,38	Calculado com base em Conceição (2006)
Informações associadas ao uso de outros combustíveis		
Variação no custo de manutenção pelo uso de diesel de cana (%)	NC	-
Variação no custo de manutenção pelo uso de B20 (%)	NC	-
Aumento de Nox (g/kWh) pelo uso do B20 (%)	NC	Considerou-se um acréscimo no consumo de Adblue de modo a manter a emissão de NOx dentro dos limites estipulados pelo P7
Investimento no kit diesel-gás (R$)	25.000,00	MAN (2011a)
Índice de substituição do diesel por gás-natural	70%	MAN (2011a)
Consumo de Beraid - master batch (consumo de 90% etanol e 10% master batch)	0,100	Oliveira (2012)
Dados de Mão de Obra		
Salário base mensal de motorista (R$/mês)	1.470,96	SAENS PENA (2011)
Salário base mensal de cobrador (R$/mês)	811,71	SAENS PENA (2011)
Salário base mensal de fiscal/despachante (R$/mês)	2.430,37	SAENS PENA (2011)
Benefício mensal total (R$/mês)	456,00	-
Remuneração mensal total da diretoria (R$/mês)	-	NC
Custo Variável		
Rendimento - veículo convencional dianteiro - P5 - MBB - (km/l)	2,70	-
Rendimento - veículo convencional traseiro - P5 - MBB - (km/l)	2,70	-
Rendimento - veículo convencional padron - P5 - MBB - (km/l)	1,80	-
Rendimento - veículo convencional articulado 18m - P5 - MBB - (km/l)	NI	
Rendimento - veículo convencional articulado 21m - P5 - MBB - (km/l)	NI	
Rendimento - veículo convencional dianteiro - P5 - MAN - (km/l)	2,70	MAN (2011a)
Rendimento - veículo convencional traseiro - P5 - MAN - (km/l)	2,70	MAN (2011a)
Rendimento - veículo convencional traseiro - P5_GNVD - MAN - (km/l)	1,70	MAN (2011a)
Rendimento - veículo convencional padron - P5 - MAN - (km/l)	1,80	MAN (2011a)
Rendimento - veículo hibrido em série - P5 - MAN - (km/l)	25% maior que o veiculo padron	MAN (2011d)
Rendimento - veículo convencional articulado 18m - P5 - MAN - (km/l)	NI	
Rendimento - veículo convencional articulado 21m - P5 - MAN - (km/l)	NI	
Rendimento - veículo convencional padron - P5 - SCANIA - (km/l)	1,80	SCANIA (2012)
Rendimento - veículo convencional padron - P7P_ED95 - SCANIA - (km/l)	0,92	Jansen et al (2010)
Rendimento - veículo hibrido em série - P5 - SCANIA - (km/l)	NI	
Rendimento - veículo convencional articulado 18m - P5 - SCANIA - (km/l)	1,65	SCANIA (2011a)
Rendimento - veículo convencional articulado 21m - P5 - SCANIA - (km/l)	1,58	SCANIA (2011a)
Rendimento - veículo convencional padron - P5 - VOLVO - (km/l)	2,00	VOLVO (2011a)

Insumo	Valor	Fonte
Rendimento - veículo hibrido em paralelo - P5 - VOLVO - (km/l)	3,20	VOLVO (2011b)
Rendimento - veículo convencional articulado 21m - P5 - VOLVO - (km/l)	1,45	VOLVO (2011c)
Rendimento - veículo convencional articulado 21m - P5 - VOLVO - (km/l)	1,55	VOLVO (2011c)
Rendimento - veículo hibrido em série - P5 - AGRALE - (km/l)	em média 30% menor que o convencional	AGRALE (2011)
Combustível		
Percentual de Biodiesel no B5 (%)	5%	-
Percentual de Biodiesel no B20 (%)	20%	-
Percentual de diesel de cana (%)	10%	-
Lubrificante		
Coeficiente de consumo de lubrificantes - Veículo convencional	0,050	GEIPOT (1996)
Coeficiente de consumo de lubrificantes - Veículo padron/ articulado	0,050	GEIPOT (1996)
Manutenção		
Coef. cons. peças e acessórios p/veíc. (%/mês)	0,58%	GEIPOT (1996)
Pneu		
Quantidade de pneus - Convencional motor dianteiro	6	GEIPOT (1996)
Quantidade de pneus - Convencional motor traseiro	6	GEIPOT (1996)
Quantidade de pneus - Padron motor traseiro	6	GEIPOT (1996)
Quantidade de pneus - Híbrido	6	GEIPOT (1996)
Quantidade de pneus - Articulado 18m	10	SCANIA (2011b)
Quantidade de pneus - Articulado 21m	12	SCANIA (2011b)
Valor de compra - Pneu 275/80 R22,5 (R$/unid)	1.218,000	Cachiolo (2011)
Valor de compra - Pneu 295/80 R22,5 (R$/unid)	1.685,050	Pesquisa de preço em TAQI (2011)
Preço de uma recapagem - pneu 275/80 R22,5 (R$/unid)	402,00	Cachiolo (2011)
Preço de uma recapagem - pneu 295/80 R22,5 (R$/unid)	556,15	Calculado com base em Cachiolo (2011)
Preço de uma câmara-de-ar para veículo (R$/unid)	NC	-
Preço de um protetor para veículo (R$/unid)	NC	-
Número de recapagens para veículo convencional (unid)	2,5	GEIPOT (1996)
Número de recapagens para veículo padron (unid)	2,5	GEIPOT (1996)
Número de recapagens para veículo hibrido (unid)	2,5	GEIPOT (1996)
Número de recapagens para veículo articulado (unid)	2,5	GEIPOT (1996)
Vida útil total do pneu para veículo leve (km)	105.000	GEIPOT (1996)
Custo Fixo		
Veículo		
Valor do chassi - P5D - MBB (R$/unid)	160.000	MBB (2011b)
Valor do chassi - P7D - MBB (R$/unid)	178.000	MBB (2011b)
Valor do chassi - P5T - MBB (R$/unid)	182.000	MBB (2011b)
Valor do chassi - P7T - MBB (R$/unid)	203.000	MBB (2011b)
Valor do chassi - P5P - MBB (R$/unid)	205.000	MBB (2011b)
Valor do chassi - P7P - MBB (R$/unid)	228.000	MBB (2011b)
Valor do chassi - P5A_18m - MBB (R$/unid)	360.000	MBB (2011c)
Valor do chassi - P5A_18m - MBB (R$/unid)	380.000	MBB (2011c)
Valor do chassi - P7A_18m - MBB (R$/unid)	390.000	MBB (2011c)
Valor do chassi - P7A_18m - MBB (R$/unid)	410.000	MBB (2011c)
Valor do chassi - P5A_21m - MBB (R$/unid)	NI	

Insumo	Valor	Fonte
Valor do chassi - P7A_21m - MBB (R$/unid)	NI	
Valor do chassi - P7H_S - MBB (R$/unid)	NI	
Valor do chassi - P7H_P - MBB (R$/unid)	NI	
Valor do chassi - P5D - MAN (R$/unid)	137.000	MAN (2011a)
Valor do chassi - P7D - MAN (R$/unid)	158.920	MAN (2011a)
Valor do chassi - P5T - MAN (R$/unid)	168.000	MAN (2011a)
Valor do chassi - P7T - MAN (R$/unid)	194.880	MAN (2011a)
Valor do chassi - P7T_DG - MAN (R$/unid)	219.880	MAN (2011a)
Valor do chassi - P7T_GNVD - MAN (R$/unid)	228.880	MAN (2011a)
Valor do chassi - P5P - MAN (R$/unid)	216.000	MAN (2011a)
Valor do chassi - P7P - MAN (R$/unid)	237.600	MAN (2011a)
Valor do chassi - P5A_18m - MAN (R$/unid)	250.000	MAN (2011b)
Valor do chassi - P7A_18m - MAN (R$/unid)	290.000	MAN (2011b)
Valor do chassi - P5A_21m - MAN (R$/unid)	NI	
Valor do chassi - P7A_21m - MAN (R$/unid)	NI	
Valor do chassi - P7H_S - MAN (R$/unid)	570.000	Valor estimado com base em MAN (2011c)
Valor do chassi - P7H_P - MAN (R$/unid)	NI	
Valor do chassi - P5P - VOLVO (R$/unid)	200.000	VOLVO (2011a)
Valor do chassi - P7P - VOLVO (R$/unid)	224.000	VOLVO (2011a)
Valor do chassi - P5A_18m - VOLVO (R$/unid)	NI	
Valor do chassi - P7A_18m - VOLVO (R$/unid)	NI	
Valor do chassi - P5A_21m - VOLVO (R$/unid)	385.000	VOLVO (2011c)
Valor do chassi - P5A_21m - VOLVO (R$/unid)	398.000	VOLVO (2011c)
Valor do chassi - P7A_21m - VOLVO (R$/unid)	420.000	VOLVO (2011c)
Valor do chassi - P7A_21m - VOLVO (R$/unid)	435.000	VOLVO (2011c)
Valor do chassi - P7H_S - VOLVO (R$/unid)	NI	
Valor do chassi - P7H_P - VOLVO (R$/unid)	450.000	VOLVO (2011b)
Valor do chassi - P5P - SCANIA (R$/unid)	200.000	SCANIA (2012)
Valor do chassi - P7P - SCANIA (R$/unid)	225.000	SCANIA (2012)
Valor do chassi - P7P_ED95 - SCANIA (R$/unid)	256.000	SCANIA (2012)
Valor do chassi - P5A_18m - SCANIA (R$/unid)	380.000	SCANIA (2011)
Valor do chassi - P7A_18m - SCANIA (R$/unid)	427.500	SCANIA (2011)
Valor do chassi - P5A_21m - SCANIA (R$/unid)	430.000	SCANIA (2011)
Valor do chassi - P7A_21m - SCANIA (R$/unid)	483.750	SCANIA (2011)
Valor do chassi - P7H_S - SCANIA (R$/unid)	NI	
Valor do chassi - P7H_P - SCANIA (R$/unid)	NI	
Valor do chassi - P7H_S - AGRALE (R$/unid)	150% maior que o veiculo convencional	AGRALE (2011)
Valor da carroceria - veículo convencional dianteiro (R$/unid)	112.000	MAN (2011a)
Valor da carroceria - veículo convencional traseiro (R$/unid)	117.000	MAN (2011a)
Valor da carroceria - veículo padron (R$/unid)	160.000	VOLVO (2011a)
Valor da carroceria - veículo hidrido em série (R$/unid)	180.000	VOLVO (2011b)
Valor da carroceria - veículo articulado 18m (R$/unid)	250.000	MAN (2011b)
Valor da carroceria - veículo articulado 21m (R$/unid)	300.000	VOLVO (2011c)

Insumo	Valor	Fonte
Vida economicamente útil veículo Convencional (anos)	7	GEIPOT (1996)
Vida economicamente útil veículo Padron (anos)	10	GEIPOT (1996)
Vida economicamente útil veículo Híbrido (anos)	12	Ericson (2011)
Vida economicamente útil veículo Articulado (anos)	12	GEIPOT (1996)
Valor residual do veículo convencional (%)	30%	-
Valor residual do veículo padron (%)	25%	-
Valor residual do veículo hibrido (%)	5%	-
Valor residual do veículo articulado (%)	5%	-
Mão de Obra		
Encargo social de motorista (%)	0,63	GEIPOT (1996)
Encargo social de cobrador (%)	0,63	GEIPOT (1996)
Encargo social de fiscal/despachante (%)	0,63	GEIPOT (1996)
Fator de Utilização de motorista (H/veíc)	2,5	GEIPOT (1996)
Fator de Utilização de cobrador (H/veíc)	2,5	GEIPOT (1996)
Fator de Utilização de fiscal/despachante (H/veíc)	0,35	GEIPOT (1996)
Coeficiente de pessoal de manutenção (%/Pes.Op.)	0,135	GEIPOT (1996)
Coeficiente de pessoal administrativo (%/Pes.Op.)	0,105	GEIPOT (1996)
Coeficiente de despesas gerais (%/PVN)	0,0025	GEIPOT (1996)
Soma das alíquotas sobre a receita [Tributos] (%)	2,65	GEIPOT (1996)
Emissões de CO_2		
Cálculo de emissão de CO_2 - diesel		
massa específica (kg/l)	0,852	MCT (2002)
poder calorífico inferior (kJ/kg)	42259	MCT (2002)
fator de conversão (gC/kg)	0,0202	MCT (2002)
fator de oxidação	0,99	MCT (2002)
fator de transformação (44/12) (gCO_2/gC)	3,67	MCT (2002)
Cálculo de emissão de CO_2 - gás natural		
massa específica (kg/m3)	0,745	MCT (2002)
poder calorífico inferior (kJ/kg)	36820	MCT (2002)
fator de conversão (gC/kJ)	0,0153	MCT (2002)
fator de oxidação	0,995	MCT (2002)
fator de transformação (gCO_2/gC)	3,67	MCT (2002)
Fator de emissão - P5 (Diesel)		
CO (g/kWh)	2,10	INEA (2011)
MP (g/kWh)	0,10	INEA (2011)
NOx (g/kWh)	5,00	INEA (2011)
HC (g/kWh)	0,66	INEA (2011)
SOx (g/kWh)	NC	
CH4 (g/kWh)	NC	
Fator de emissão - P7 (Diesel)		
CO (g/kWh)	1,50	INEA (2011)
MP (g/kWh)	0,02	INEA (2011)
NOx (g/kWh)	2,00	INEA (2011)
HC (g/kWh)	0,46	INEA (2011)
SOx (g/kWh)	NC	
CH4 (g/kWh)	NC	

Insumo	Valor	Fonte
Fator de emissão - P7 (B20)		
CO (g/kWh)	1,375	Calculado com base em MBB (2011a)
MP (g/kWh)	0,016	Calculado com base em MBB (2011a)
NOx (g/kWh)	2,00	Calculado com base em MBB (2011a)
HC (g/kWh)	0,46	Calculado com base em MBB (2011a)
SOx (g/kWh)	NC	
CH4 (g/kWh)	NC	
Fator de emissão - P7D (AMD10)		
CO (g/kWh)	1,463	Calculado com base em MBB (2011a)
MP (g/kWh)	0,02	Calculado com base em MBB (2011a)
NOx (g/kWh)	1,980	Calculado com base em MBB (2011a)
HC (g/kWh)	0,46	Calculado com base em MBB (2011a)
SOx (g/kWh)	NC	
CH4 (g/kWh)	NC	
Fator de emissão - P7P (AMD10)		
CO (g/kWh)	1,4679	Calculado com base em MBB (2011a)
MP (g/kWh)	0,02	Calculado com base em MBB (2011a)
NOx (g/kWh)	1,983	Calculado com base em MBB (2011a)
HC (g/kWh)	0,46	Calculado com base em MBB (2011a)
SOx (g/kWh)	NC	
CH4 (g/kWh)	NC	
Fator de emissão - P7 (DG)		
CO (g/kWh)	1,50	MAN (2011e)
MP (g/kWh)	0,004	MAN (2011e)
NOx (g/kWh)	2,00	MAN (2011e)
HC (g/kWh)	0,46	MAN (2011e)
SOx (g/kWh)	NC	
CH4 (g/kWh)	NC	
Fator de emissão - P7 (GNV)		
CO (g/kWh)	0,02	MAN (2011a)
MP (g/kWh)	0,01	MAN (2011a)
NOx (g/kWh)	2,00	MAN (2011a)
HC (g/kWh)	0,40	
SOx (g/kWh)	NC	
CH4 (g/kWh)	NC	
Fator de emissão - P7 (ED95)		
CO (g/kWh)	0,1200	Velázquez (2008)
MP (g/kWh)	0,0100	Oliveira (2011)
NOx (g/kWh)	1,7000	Oliveira (2011)
HC (g/kWh)	0,0500	Oliveira (2011)
SOx (g/kWh)	NC	
CH4 (g/kWh)	NC	
Fator de emissão - P7 (Hibrido)		
CO (g/kWh)	1,50	VOLVO (2011d)
MP (g/kWh)	0,010	VOLVO (2011d)
NOx (g/kWh)	1,00	VOLVO (2011d)
HC (g/kWh)	0,46	VOLVO (2011d)
SOx (g/kWh)	NC	
CH4 (g/kWh)	NC	

ANEXO III – RESPOSTA DA MERCEDES BENZ DO BRASIL A FORMULÁRIO ENCAMINHADO PARA VALIDAÇÃO DOS DADOS

Informação sobre veículo convencional com motor dianteiro, com motor traseiro e padron. Email recebido em 08/08/2011.

COPPE UFRJ	PROGRAMA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTE LABORATÓRIO DE TRANSPORTE DE CARGA LTC/PET/COPPE/UFRJ PESQUISA – MERCEDES BENZ
FETRANSPOR Mobilidade com Qualidade	PROJETO: Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro

Favor verificar os dados que estão sendo utilizados. Para o dado que julgar satisfatório, favor preencher o campo **consideração** com um **OK.** Para o dado que julgar insatisfatório, favor informar, no campo **consideração**, qual seria o **valor** satisfatório ou a **faixa** satisfatória de valores.

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor dianteiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P5 (P5 D)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**	**Capacidade**	
17t	200 a 250 cv	12 m	80 passageiros	
Suspensão por mola	Dianteiro	2 portas	-	
Caixa mecânica	-	-	-	
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**	**Consideração**	
Investimento em chassi (R$/unid)		160.000,00		
Investimento em carroceria (R$/unid)		100.000,00		
Investimento total em veículo (R$/unid)		237.000,00		
Rendimento energético (km/l)		2,7		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]			B5 S50	B5 S500
		CO (g/kWh)	2,10	1,57	1,73
		MP (g/kWh)	0,10	0,099	0,113
		HC (g/kWh)	0,66	0,04	0,05
		NOx (g/kWh)	5,00	4,48	4,68
		CO_2 (g/km)	928,74	652,7g/kWh	674,6g/kWh

[1]Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Para os poluentes atmosféricos locais utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor dianteiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 D)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	200 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão por mola	Dianteiro	2 portas		-
Caixa mecânica	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)		15%		
Investimento em chassi (R$/unid)		184.000,00		
Investimento em carroceria (R$/unid)		100.000,00		
Investimento total em veículo (R$/unid)		284.000,00		
Sistema de pós-tratamento utilizado		SCR + DOC		Só SCR
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		6.049,46		
Variação no rendimento em relação ao P5		+4%		
Rendimento energético (km/l)		2,81		
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		0,060		0,035
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		1,311		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,50	0,60
		MP (g/kWh)	0,02	0,010
		HC (g/kWh)	0,46	0,01
		NOx (g/kWh)	2,00	1,01
		CO_2 (g/km)	893,02	711,5

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Para os poluentes atmosféricos locais utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor dianteiro, movido a AMD10, que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 D AMD10)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	200 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão por mola	Dianteiro	2 portas		-
Caixa mecânica	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento total em veículo (R$/unid)		284.000,00		
Variação no investimento em relação ao P7 (%)		Não considerada		
Sistema de pós-tratamento utilizado		SCR + DOC		Só SCR
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		6.049,46		
Percentual de diesel de cana utilizado (%)		10%		
Custo do combustível diesel de cana (R$/l)		2,30		
Variação no rendimento energético (%)		Não considerada		
Rendimento energético (km/l)		2,81		
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		0,060		0,035
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		1,311		
Variação no custo de manutenção (%)		Não considerada		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma$_2$		CO (g/kWh)	1,425	0,585
		MP (g/kWh)	0,0192	0,010
		HC (g/kWh)	0,46	0,01
		NOx (g/kWh)	2,00	1,00
		CO_2 (g/km)	799,02	710,4 g/kWh

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor dianteiro, movido a B20, que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 D B20)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	200 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão por mola	Dianteiro	2 portas		-
Caixa mecânica	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento total em veículo (R$/unid)		284.000,00		
Variação no investimneto em relação ao P7 (%)		Não considerada		
Sistema de pós-tratamento utilizado		SCR + DOC		Só SCR
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		6.049,46		
Percentual de biodiesel utilizado (%)		20%		
Custo do combustível biodiesel (R$/l)		2,00		
Variação no rendimento energético (%)		Não considera		
Rendimento energético (km/l)		2,81		
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		0,06		0,035
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		1,311		
Variação no custo de manutenção (%)		Não considerada		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,35	0,55
		MP (g/kWh)	0,018	0,008
		HC (g/kWh)	0,368	0,01
		NOx (g/kWh)	2,00	1,08
		CO_2 (g/km)	785,81	711,5

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P5 (P5 T)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	200 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão por mola	Traseiro	2 portas		-
Caixa automatizada	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		190.000,00		
Investimento em carroceria (R$/unid)		100.000,00		
Investimento total em veículo (R$/unid)		290.000,00		
Rendimento energético (km/l)		2,7		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[1]		CO (g/kWh)	2,10	0,57
		MP (g/kWh)	0,10	0,085
		HC (g/kWh)	0,66	0,11
		NOx (g/kWh)	5,00	4,71
		CO_2 (g/km)	928,74	n.d.

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 T)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	220 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão por mola	Traseiro	2 portas		-
Caixa automatizada	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)		15%		
Investimento em chassi (R$/unid)		218.500,00		
Investimento em carroceria (R$/unid)		100.000,00		
Investimento total em veículo (R$/unid)		318.500,00		
Sistema de pós-tratamento utilizado		SCR + DOC		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		6.049,00		
Variação no rendimento em relação ao P5 (%)		+4%		
Rendimento energético (km/l)		2,81		
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		0,06		0,045
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		1,311		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,50	0,14
		MP (g/kWh)	0,02	0,011
		HC (g/kWh)	0,46	0,007
		NOx (g/kWh)	2,00	1,16
		CO_2 (g/km)	893,02	707,1 g/kWh

1 Conforme planilha do GEIPOT;

2 Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo padron com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P5 (P5 P)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17,5t	250 a 300 cv	13,2 m		100 passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Caixa automática	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		220.000,00		
Investimento em carroceria (R$/unid)		144.000,00		
Investimento total em veículo (R$/unid)		364.000,00		
Rendimento energético (km/l)		1,80		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	2,10	0,57
		MP (g/kWh)	0,10	0,085
		HC (g/kWh)	0,66	0,11
		NOx (g/kWh)	5,00	4,71
		CO_2 (g/km)	1.394,51	n.d.

1 Conforme planilha do GEIPOT;

2 Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo padron com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 P)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17,5t	250 a 300 cv	13,2m		100 passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Caixa automática	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)		10%		
Investimento em chassi (R$/unid)		242.000,00		
Investimento em carroceria (R$/unid)		144.000,00		
Investimento total em veículo (R$/unid)		386.000,00		
Sistema de pós-tratamento utilizado		SCR + DOC		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		6.049,46		
Variação no rendimento em relação ao P5		+ 4%		
Rendimento energético (km/l)		1,87		
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		0,06		0,045
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		1,311		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,50	0,14
		MP (g/kWh)	0,02	0,011
		HC (g/kWh)	0,46	0,007
		NOx (g/kWh)	2,00	1,16
		CO_2 (g/km)	1.340,87	707,1

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo padron com motor traseiro, movido a AMD10, que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 P AMD10)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17,5t	250 a 300 cv	13,2 m		100 passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Caixa automática	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento total em veículo (R$/unid)		386.000,00		
Sistema de pós-tratamento utilizado		SCR + DOC		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		6.049,46		
Variação no rendimento em relação ao P7		Não considerado		
Percentual de diesel de cana utilizado (%)		10%		
Custo do combustível diesel de cana (R$/l)		2,30		
Variação no rendimento energético (%)		Não considerado		
Rendimento energético (km/l)		1,87		
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		0,06		0,045
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		1,311		
Variação no custo de manutenção (%)		Não considerado		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,425	0,137
		MP (g/kWh)	0,0192	0,011
		HC (g/kWh)	0,46	0,008
		NOx (g/kWh)	2,00	1,15
		CO_2 (g/km)	1.199,73	705,9 g/kWh

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Informação sobre valor do veículo convencional com motor dianteiro, com motor traseiro e padron. Email recebido em 06/09/2011.

COPPE UFRJ Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia	PROGRAMA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTE LABORATÓRIO DE TRANSPORTE DE CARGA LTC/PET/COPPE/UFRJ PESQUISA – MERCEDES BENZ
FETRANSPOR Mobilidade com Qualidade	PROJETO: Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro

Favor verificar os dados que estão sendo utilizados. Para o dado que julgar satisfatório, favor preencher o campo **consideração** com um **OK.** Para o dado que julgar insatisfatório, favor informar, no campo **consideração**, qual seria o **valor** satisfatório ou a **faixa** satisfatória de valores.

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor dianteiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P5 (P5 D)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	200 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão por mola	Dianteiro	2 portas		-
Caixa mecânica	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		**160.000,00**		
Investimento em carroceria (R$/unid)		100.000,00		
Investimento total em veículo (R$/unid)		237.000,00		
Rendimento energético (km/l)		2,7		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	2,10	
		MP (g/kWh)	0,10	
		HC (g/kWh)	0,66	
		NOx (g/kWh)	5,00	
		CO_2 (g/km)	928,74	

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Para os poluentes atmosféricos locais utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor dianteiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 D)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	200 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão por mola	Dianteiro	2 portas		-
Caixa mecânica	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)		15%		
Investimento em chassi (R$/unid)		**178.000,00**		
Investimento em carroceria (R$/unid)		100.000,00		
Investimento total em veículo (R$/unid)		284.000,00		
Sistema de pós-tratamento utilizado		SCR + DOC		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		**X**		
Variação no rendimento em relação ao P5		+4%		
Rendimento energético (km/l)		2,81		
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		0,060		
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		1,311		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,50	
		MP (g/kWh)	0,02	
		HC (g/kWh)	0,46	
		NOx (g/kWh)	2,00	
		CO_2 (g/km)	893,02	

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Para os poluentes atmosféricos locais utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor dianteiro, movido a AMD10, que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 D AMD10)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	200 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão por mola	Dianteiro	2 portas		-
Caixa mecânica	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento total em veículo (R$/unid)		**178.000,00**		
Variação no investimento em relação ao P7 (%)		Não considerada		
Sistema de pós-tratamento utilizado		SCR + DOC		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		**X**		
Percentual de diesel de cana utilizado (%)		10%		
Custo do combustível diesel de cana (R$/l)		2,30		
Variação no rendimento energético (%)		Não considerada		
Rendimento energético (km/l)		2,81		
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		0,060		
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		1,311		
Variação no custo de manutenção (%)		Não considerada		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,425	
		MP (g/kWh)	0,0192	
		HC (g/kWh)	0,46	
		NOx (g/kWh)	2,00	
		CO_2 (g/km)	799,02	

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor dianteiro, movido a B20, que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 D B20)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	200 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão por mola	Dianteiro	2 portas		-
Caixa mecânica	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento total em veículo (R$/unid)		**178.000,00**		
Variação no investimneto em relação ao P7 (%)		Não considerada		
Sistema de pós-tratamento utilizado		SCR + DOC		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		**X**		
Percentual de biodiesel utilizado (%)		20%		
Custo do combustível biodiesel (R$/l)		2,00		
Variação no rendimento energético (%)		Não considera		
Rendimento energético (km/l)		2,81		
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		0,06		
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		1,311		
Variação no custo de manutenção (%)		Não considerada		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,35	
		MP (g/kWh)	0,018	
		HC (g/kWh)	0,368	
		NOx (g/kWh)	2,00	
		CO_2 (g/km)	785,81	

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P5 (P5 T)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	200 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão **pneumática**	Traseiro	2 portas		-
Caixa **mecânica**	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		**182.000,00**		
Investimento em carroceria (R$/unid)		100.000,00		
Investimento total em veículo (R$/unid)		290.000,00		
Rendimento energético (km/l)		2,7		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	2,10	
		MP (g/kWh)	0,10	
		HC (g/kWh)	0,66	
		NOx (g/kWh)	5,00	
		CO_2 (g/km)	928,74	

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 T)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	220 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão **pneumática**	Traseiro	2 portas		-
Caixa **mecânica**	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)		15%		
Investimento em chassi (R$/unid)		**203.000,00**		
Investimento em carroceria (R$/unid)		100.000,00		
Investimento total em veículo (R$/unid)		318.500,00		
Sistema de pós-tratamento utilizado		SCR + DOC		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		**X**		
Variação no rendimento em relação ao P5 (%)		+4%		
Rendimento energético (km/l)		2,81		
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		0,06		
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		1,311		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,50	
		MP (g/kWh)	0,02	
		HC (g/kWh)	0,46	
		NOx (g/kWh)	2,00	
		CO_2 (g/km)	893,02	

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo padron com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P5 (P5 P)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17,5t	250 a 300 cv	13,2 m		100 passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Caixa automática	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		**205.000,00**		
Investimento em carroceria (R$/unid)		144.000,00		
Investimento total em veículo (R$/unid)		364.000,00		
Rendimento energético (km/l)		1,80		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	2,10	
		MP (g/kWh)	0,10	
		HC (g/kWh)	0,66	
		NOx (g/kWh)	5,00	
		CO_2 (g/km)	1.394,51	

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo padron com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 P)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17,5t	250 a 300 cv	13,2m		100 passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Caixa automática	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)		10%		
Investimento em chassi (R$/unid)		**228.000,00**		
Investimento em carroceria (R$/unid)		144.000,00		
Investimento total em veículo (R$/unid)		386.000,00		
Sistema de pós-tratamento utilizado		SCR + DOC		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		**X**		
Variação no rendimento em relação ao P5		+ 4%		
Rendimento energético (km/l)		1,87		
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		0,06		
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		1,311		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,50	
		MP (g/kWh)	0,02	
		HC (g/kWh)	0,46	
		NOx (g/kWh)	2,00	
		CO_2 (g/km)	1.340,87	

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo padron com motor traseiro, movido a AMD10, que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 P AMD10)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17,5t	250 a 300 cv	13,2 m		100 passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Caixa automática	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento total em veículo (R$/unid)		**228.000,00**		
Sistema de pós-tratamento utilizado		SCR + DOC		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		**X**		
Variação no rendimento em relação ao P7		Não considerado		
Percentual de diesel de cana utilizado (%)		10%		
Custo do combustível diesel de cana (R$/l)		2,30		
Variação no rendimento energético (%)		Não considerado		
Rendimento energético (km/l)		1,87		
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		0,06		
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		1,311		
Variação no custo de manutenção (%)		Não considerado		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,425	
		MP (g/kWh)	0,0192	
		HC (g/kWh)	0,46	
		NOx (g/kWh)	2,00	
		CO_2 (g/km)	1.199,73	

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Informação sobre veículo articulado. Email recebido em 06/09/2011.

COPPE UFRJ	PROGRAMA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTE LABORATÓRIO DE TRANSPORTE DE CARGA LTC/PET/COPPE/UFRJ PESQUISA – Mercedes-Benz do Brasil
FETRANSPOR Mobilidade com Qualidade	PROJETO: Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro

Favor verificar os dados que estão sendo utilizados. Para o dado que julgar satisfatório, favor preencher o campo **consideração** com um **OK.** Para o dado que julgar insatisfatório, favor informar, no campo **consideração**, qual seria o **valor** satisfatório ou a **faixa** satisfatória de valores. Já para os **campos em branco**, favor preencher com o valor a ser adotado na pesquisa.

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites proconve P5 (P5 A)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
O-500MA – 26t	OM – 457 LA (265 kW)	18 m		**160** passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Itens de verificação		**Tipo/ Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Caixa de transmissão		**Automática Voith ou ZF**		
Investimento em chassi (R$/unid)		**360.000,00**		
Investimento em carroceria (R$/unid)				
Investimento total em veículo (R$/unid)				
Rendimento energético (km/l)				
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	2,1	
		MP (g/kWh)	0,1	
		HC (g/kWh)	0,66	
		NOx (g/kWh)	5,00	
		CO_2 (g/km)		

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5.

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites proconve P5 (P5 A)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
O-500UA – 26t	OM – 457 LA (265 kW)	18 m		**160** passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Itens de verificação		**Tipo/ Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Caixa de transmissão		**Automática Voith ou ZF**		
Investimento em chassi (R$/unid)		**380.000,00**		
Investimento em carroceria (R$/unid)				
Investimento total em veículo (R$/unid)				
Rendimento energético (km/l)				
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	2,1	
		MP (g/kWh)	0,1	
		HC (g/kWh)	0,66	
		NOx (g/kWh)	5,00	
		CO_2 (g/km)		

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5.

Favor informar os valores referentes ao seu veículo articulado que atende aos limites do Proconve P7.

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites proconve P7 (P7 A)			
Itens de verificação	**Tipo**		**Consideração**
Chassi	**O 500 MA 2836**		
Sistema de suspensão	**100% pneumática**		
Caixa de transmissão	**Automática Voith ou ZF**		
Motor	**Tipo**	**Potência (kW)**	
	OM 457 LA	**260 kW**	
Carroceria	**Tamanho (m)**	**Qtd. Portas**	
	18,6	**03**	
Capacidade	**Qtd. Passageiros**		
	160		
Itens de verificação	**Forma de cálculo / Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)			
Investimento em chassi (R$/unid)	**390.000,00**		
Investimento em carroceria (R$/unid)			
Investimento total em veículo (R$/unid)			
Sistema de pós-tratamento utilizado	**SCR**		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)	**X**		
Variação no rendimento em relação ao P5			
Rendimento energético (km/l)			
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)			
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)			
Custo de manutenção$_1$ (R$/mês)	0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]	CO (g/kWh)	1,50	
	MP (g/kWh)	0,02	
	HC (g/kWh)	0,46	
	NOx (g/kWh)	2,00	
	CO_2 (g/km)		

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7.

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites proconve P7 (P7 A)			
Itens de verificação	**Tipo**		**Consideração**
Chassi	**O 500 UA 2836 (low-entry)**		
Sistema de suspensão	**100% pneumático**		
Caixa de transmissão	**Automática Voith ou ZF**		
Motor	**Tipo**	**Potência (kW)**	
	OM 457 LA	**260 kW**	
Carroceria	**Tamanho (m)**	**Qtd. Portas**	
	18,5	**03**	
Capacidade	**Qtd. Passageiros**		
	160		
Itens de verificação	**Forma de cálculo / Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)			
Investimento em chassi (R$/unid)	**410.000,00**		
Investimento em carroceria (R$/unid)			
Investimento total em veículo (R$/unid)			
Sistema de pós-tratamento utilizado	**SCR**		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)	**X**		
Variação no rendimento em relação ao P5			
Rendimento energético (km/l)			
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)			
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)			
Custo de manutenção[1] (R$/mês)	0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]	CO (g/kWh)	1,50	
	MP (g/kWh)	0,02	
	HC (g/kWh)	0,46	
	NOx (g/kWh)	2,00	
	CO_2 (g/km)		

ANEXO IV – RESPOSTA DA MAN LATIN AMERICA A FORMULÁRIO ENCAMINHADO PARA VALIDAÇÃO DOS DADOS

Informações sobre veículo convencional motor dianteiro, motor traseiro, padron, diesel-gás e dedicado a gás natural. Email recebido em 04/08/2011.

COPPE UFRJ	PROGRAMA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTE LABORATÓRIO DE TRANSPORTE DE CARGA LTC/PET/COPPE/UFRJ PESQUISA – MAN Latin America
FETRANSPOR Mobilidade com Qualidade	PROJETO: Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro

Favor verificar os dados que estão sendo utilizados. Para o dado que julgar satisfatório, favor preencher o campo **consideração** com um **OK.** Para o dado que julgar insatisfatório, favor informar, no campo **consideração**, qual seria o **valor** satisfatório ou a **faixa** satisfatória de valores.

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor dianteiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P5 (P5 D)			
Chassi	**Motor**	**Carroceria**	**Capacidade**
17t	200 a 250 cv	12 m	80 passageiros
Suspensão por mola	Dianteiro	2 portas **(3 portas)**	-
Caixa mecânica	-	-	-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**	**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		137.000,00	Ok
Investimento em carroceria (R$/unid)		100.000,00	112.000,00
Investimento total em veículo (R$/unid)		237.000,00	249.000,00
Rendimento energético (km/l)		2,7	Ok
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem	Ok
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh) 2,10	Ok
		MP (g/kWh) 0,10	Ok
		HC (g/kWh) 0,66	Ok
		NOx (g/kWh) 5,00	Ok
		CO_2 (g/km) 928,74	Ok

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Para os poluentes atmosféricos locais utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor dianteiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 D)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	200 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão por mola	Dianteiro	2 portas **(3 portas)**		-
Caixa mecânica	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)		16%		Ok
Investimento em chassi (R$/unid)		158.920,00		Ok
Investimento em carroceria (R$/unid)		100.000,00		112.000,00
Investimento total em veículo (R$/unid)		258.920,00		270.000,00
Variação no rendimento em relação ao P5		-		Ok
Rendimento energético (km/l)		2,70		Ok
Sistema de pós-tratamento utilizado		EGR + CR-DPF		Ok
Custo do sistema de pós-tratamento (R$/unid)		3.798,72		Ok
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		Não considerada		Ok
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		Não considerada		Ok
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		Ok
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,50	Ok
		MP (g/kWh)	0,02	Ok
		HC (g/kWh)	0,46	Ok
		NOx (g/kWh)	2,00	Ok
		CO_2 (g/km)	**952,56**	**Ok**

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Para os poluentes atmosféricos locais utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P5 (P5 T)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	200 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão por mola	Traseiro	2 portas **(3 portas)**		-
Caixa automatizada	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		168.000,00		Ok
Investimento em carroceria (R$/unid)		100.000,00		117.000,00
Investimento total em veículo (R$/unid)		268.000,00		285.000,00
Rendimento energético (km/l)		2,7		Ok
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		Ok
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	2,10	Ok
		MP (g/kWh)	0,10	Ok
		HC (g/kWh)	0,66	Ok
		NOx (g/kWh)	5,00	Ok
		CO_2 (g/km)	928,74	Ok

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Para os poluentes atmosféricos locais utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 T)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	220 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão por mola	Traseiro	2 portas **(3 portas)**		-
Caixa automatizada	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)		16%		Ok
Investimento em chassi (R$/unid)		194.880,00		Ok
Investimento em carroceria (R$/unid)		100.000,00		117.000,00
Investimento total em veículo (R$/unid)		294.880,00		311.000,00
Sistema de pós-tratamento utilizado		EGR + CR-DPF		Ok
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		3.798,72		Ok
Variação no rendimento em relação ao P5 (%)		-		Ok
Rendimento energético (km/l)		2,70		Ok
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		Não considerado		Ok
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro aditivo)		Não considerado		Ok
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		Ok
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,50	Ok
		MP (g/kWh)	0,02	Ok
		HC (g/kWh)	0,46	Ok
		NOx (g/kWh)	2,00	Ok
		CO_2 (g/km)	952,56	Ok

1 Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Para os poluentes atmosféricos locais utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor traseiro, movido a diesel-gás, que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 T DG)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	220 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão por mola	Traseiro	2 portas **(3 portas)**		-
Caixa automatizada	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		219.880,00		Ok
Investimento em carroceria (R$/unid)		100.000,00		117.000,00
Investimento total em veículo (R$/unid)		319.880,00		336.000,00
Investimento no kit diesel-gás (R$/unid)		25.000,00		Ok
Sistema de pós-tratamento utilizado		EGR + CR-DPF		Ok
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		3.798,72		Ok
Variação no rendimento em relação ao P5		-		Ok
Rendimento energético (km/l)		2,70		Ok
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		Não considerado		Ok
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		Não considerado		Ok
Índice de substituição de diesel por gás natural		70%		Ok
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		Ok
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,50	Ok
		MP (g/kWh)	0,02	Ok
		HC (g/kWh)	0,14	Ok
		NOx (g/kWh)	2,00	Ok
		CO_2 (g/km)	657,79	Ok

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo convencional com motor traseiro, movido a gás natural, que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 T GNVD)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17t	220 a 250 cv	12 m		80 passageiros
Suspensão por mola	Traseiro	2 portas **(3 portas)**		-
Caixa automatizada	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		228.880,00		Ok
Investimento em carroceria (R$/unid)		100.000,00		117.000,00
Investimento total em veículo (R$/unid)		328.880,00		345.880,00
Sistema de pós-tratamento utilizado		TWC		Ok
Investimento em sistema de pós-tratamento		2.057,64		Ok
Rendimento energético (km/m²)		1,7		Ok
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		Não considerado		Ok
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		Não considerado		Ok
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		Ok
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	0,02	Ok
		MP (g/kWh)	0,01	Ok
		HC (g/kWh)	-	Ok
		NOx (g/kWh)	2,00	Ok
		CO_2 (g/km)	901,51	Ok

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo padron com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P5 (P5 P)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17,5t	250 a 300 cv	13,2 m		100 passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Caixa automática	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		216.000,00		Ok
Investimento em carroceria (R$/unid)		144.000,00		Ok
Investimento total em veículo (R$/unid)		360.000,00		Ok
Rendimento energético (km/l)		1,8		Ok
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		Ok
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	2,10	Ok
		MP (g/kWh)	0,10	Ok
		HC (g/kWh)	0,66	Ok
		NOx (g/kWh)	5,00	Ok
		CO_2 (g/km)	1.394,51	Ok

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Para os poluentes atmosféricos locais utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Plataforma para comparação – veículo padron com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 P)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17,5t	250 a 300 cv	13,2m		100 passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Caixa automática	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)		10%		Ok
Investimento em chassi (R$/unid)		237.600,00		Ok
Investimento em carroceria (R$/unid)		144.000,00		Ok
Investimento total em veículo (R$/unid)		381.600,00		Ok
Sistema de pós-tratamento utilizado		EGR + CR-DPF		Ok
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		3.798,72		Ok
Variação no rendimento em relação ao P5		-		Ok
Rendimento energético (km/l)		1,80		Ok
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		Não considerado		Ok
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		Não considerado		Ok
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		Ok
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,50	Ok
		MP (g/kWh)	0,02	Ok
		HC (g/kWh)	0,46	Ok
		NOx (g/kWh)	2,00	Ok
		CO_2 (g/km)	1.430,27	Ok

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Para os poluentes atmosféricos locais utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7. O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

Informação sobre veículo híbrido. Email recebido em 06/09/2011.

COPPE Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia UFRJ	PROGRAMA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTE LABORATÓRIO DE TRANSPORTE DE CARGA LTC/PET/COPPE/UFRJ PESQUISA – Man Latin America
FETRANSPOR Mobilidade com Qualidade	PROJETO: Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro

1) Favor informar os valores referentes ao seu veículo híbrido do tipo Padron.

Itens de verificação	Tipo		Consideração
Chassi	**Padron**		
Sistema de suspensão	**Pneumática**		
Caixa de Transmissão	**Automática – Incorporado ao motor elétrico**		
Sistema híbrido (série/paralelo)	**Série**		
Combustível	**Hibrido (Diesel – Elétrico)**		
Motor de combustão interna	Tipo	Potência (kW)	
	Diesel – 6 cilindros	**191**	
Motor de tração	Quantidade	Potência (kW)	
	2	**75**	
Motor auxiliar	Quantidade	Potência (kW)	
Gerador	Potência (kW)		
	150		
Carroceria	Tamanho (m)	Qtd. Portas	
	12	**3**	
Capacidade	Qtd. Passageiros		
	33 pass. sentados		
Investimento em chassi (R$/unid)			
Investimento em carroceria (R$/unid)			
Investimento total em veículo (R$/unid)	**R$ 750.000,00 (Veículo)** **R$ 700.000,00 (Taxas e Transporte)**		
Rendimento energético (km/l)			
Custo de manutenção[1] (R$/mês)	0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]	CO (g/kWh)	1,50	
	MP (g/kWh)	0,02	
	HC (g/kWh)	0,46	
	NOx (g/kWh)	2,00	
	CO_2 (g/km)		

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7.

Informação sobre veículo articulado. Email recebido em 06/09/2011.

COPPE UFRJ	PROGRAMA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTE LABORATÓRIO DE TRANSPORTE DE CARGA LTC/PET/COPPE/UFRJ PESQUISA – Man Latin America
FETRANSPOR Mobilidade com Qualidade	PROJETO: Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro

Favor verificar os dados que estão sendo utilizados. Para o dado que julgar satisfatório, favor preencher o campo consideração com um OK. Para o dado que julgar insatisfatório, favor informar, no campo consideração, qual seria o valor satisfatório ou a faixa satisfatória de valores. Já para os campos em branco, favor preencher com o valor a ser adotado na pesquisa.

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor traseiro, movido a Diesel (B5), que atende aos limites proconve P5 (P5 A)			
Itens de verificação	**Tipo**		**Consideração**
Chassi	**Padron Articulado**		
Sistema de suspensão	**Pneumática**		
Caixa de transmissão	**Automática**		
Motor	Tipo	Potência (kW)	
	Diesel – 6 cilindros	**235**	
Carroceria	Tamanho (m)	Qtd. Portas	
	18,6	**03**	
Capacidade	Qtd. Passageiros		
	62 pass. sentados		
Itens de verificação	**Forma de cálculo / Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)	**R$ 250.000,00**		
Investimento em carroceria (R$/unid)	**R$ 250.000,00**		
Investimento total em veículo (R$/unid)	**R$ 500.000,00**		
Rendimento energético (km/l)			
Custo de manutenção[1] (R$/mês)	0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]	CO (g/kWh)	2,1	
	MP (g/kWh)	0,1	
	HC (g/kWh)	0,66	
	NOx (g/kWh)	5,00	
	CO_2 (g/km)		

Favor informar os valores referentes ao seu veículo articulado que atende aos limites do Proconve P7.

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor traseiro, movido a Diesel (B5), que atende aos limites proconve P7 (P7 A)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
VW 26.330 OTA 26t	Cummins ISL	18,6 m		62 passageiros sentados
Suspensão pneumática	traseiro	3 portas		-
Itens de verificação		**Tipo/ Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Caixa de transmissão		**Automática**		
Percentual de aumento no valor do chassi (%)		**15%**		
Investimento em chassi (R$/unid)		**R$ 290.000,00**		
Investimento em carroceria (R$/unid)		**R$ 250.000,00**		
Investimento total em veículo (R$/unid)		**R$ 540.000,00**		
Sistema de pós-tratamento utilizado		**SCR**		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		**15%**		
Variação no rendimento em relação ao P5				
Rendimento energético (km/l)				
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		**5% - 0,05**		
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		**Mesmo do Diesel**		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,50	
		MP (g/kWh)	0,02	
		HC (g/kWh)	0,46	
		NOx (g/kWh)	2,00	
		CO_2 (g/km)		

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7.

ANEXO V – RESPOSTA DA VOLVO DO BRASIL A FORMULÁRIO ENCAMINHADO PARA VALIDAÇÃO DOS DADOS

Informação sobre veículo padron. Email recebido em 08/08/2011.

COPPE UFRJ Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia	PROGRAMA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTE LABORATÓRIO DE TRANSPORTE DE CARGA LTC/PET/COPPE/UFRJ PESQUISA – Volvo do Brasil Veículos Ltda
FETRANSPOR Mobilidade com Qualidade	PROJETO: Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro

Favor informar os valores referentes aos veículos do tipo padron movidos a diesel.

Plataforma para comparação – veículo padron com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P5 (P5 P)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17,5t	250 a 300 cv	13,2 m		100 passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Caixa automática	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		**R$ 200 mil**		
Investimento em carroceria (R$/unid)		**R$ 160 mil**		estimado
Investimento total em veículo (R$/unid)		**R$ 360 mil**		
Rendimento energético (km/l)		**1,8 – 2,2 km/l**		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	2,1	
		MP (g/kWh)	0,1	
		HC (g/kWh)	0,66	
		NOx (g/kWh)	5,00	
		CO_2 (g/km)	1315	2,0 km/l

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5.

Plataforma para comparação – veículo padron com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 P)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17,5t	250 a 300 cv	13,2m		100 passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Caixa automática	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)		**12%**		
Investimento em chassi (R$/unid)		**R$ 224mil**		
Investimento em carroceria (R$/unid)		**R$ 160mil**		Estimado
Investimento total em veículo (R$/unid)		**R$ 384mil**		
Sistema de pós-tratamento utilizado		**SCR**		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		**R$ 24mil**		
Variação no rendimento em relação ao P5		**5%**		
Rendimento energético (km/l)		**1,9 – 2,3 km/l**		
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		**5% do consumo de diesel**		
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		Igual ao diesel		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		3% maior
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,50	
		MP (g/kWh)	0,02	
		HC (g/kWh)	0,46	
		NOx (g/kWh)	2,00	
		CO_2 (g/km)	1252	

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7.

Favor verificar os dados que estão sendo utilizados. Para o dado que julgar satisfatório, favor preencher o campo consideração com um OK. Para o dado que julgar insatisfatório, favor informar, no campo consideração, qual seria o valor satisfatório ou a faixa satisfatória de valores.

Plataforma para comparação – veículo padron com motor traseiro, movido a gás natural, que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 P GNVD)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17,5t	250 a 300 cv	13,2m		100 passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Caixa automática	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		300.000,00		Não respondido
Investimento em carroceria (R$/unid)		144.000,00		Não respondido
Investimento total em veículo (R$/unid)		444.000,00		Não respondido
Sistema de pós-tratamento utilizado		TWC		Não respondido
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		2.057,64		Não respondido
Rendimento energético (km/l)		0,9		Não respondido
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		Não respondido
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	0,02	Não respondido
		MP (g/kWh)	0,01	Não respondido
		HC (g/kWh)	-	Não respondido
		NOx (g/kWh)	2,0	Não respondido
		CO_2 (g/km)	1.702,86	Não respondido

Informação sobre veículo híbrido. Email recebido em 05/09/2011.

COPPE UFRJ	PROGRAMA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTE LABORATÓRIO DE TRANSPORTE DE CARGA LTC/PET/COPPE/UFRJ PESQUISA – VOLVO DO BRASIL
FETRANSPOR Mobilidade com Qualidade	PROJETO: Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro

1) Favor informar os valores referentes ao seu veículo híbrido do tipo Padron.

Itens de verificação	Tipo		Consideração
Chassi	**B5RLH piso baixo**		
Sistema de suspensão	**pneumatica**		
Caixa de Transmissão	**Volvo I-shift - Automatizada**		
Sistema híbrido (série/paralelo)	**paralelo**		
Combustível	**Diesel - Elétrico**		
Motor de combustão interna	Tipo	Potência (kW)	
	Diesel	**161**	Os dois motores tracionam. 120kW pico
Motor de tração	Quantidade	Potência (kW)	
	1	**70 (continuo)**	
Motor auxiliar	Quantidade	Potência (kW)	
Gerador	Potência (kW)		120kW pico
	70 (continuo)		
Carroceria	Tamanho (m)	Qtd. Portas	
	13,2	**3**	
Capacidade	Qtd. Passageiros		
	85		
Investimento em chassi (R$/unid)	**450 mil**		Contrato bateria a parte
Investimento em carroceria (R$/unid)	**180 mil**		estimado
Investimento total em veículo (R$/unid)	**630 mil**		
Rendimento energético (km/l)	**2,8 a 3,6 Km/l**		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)	0,58% * valor do veículo sem rodagem		Não temos a referencia GEIPOT.
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]	CO (g/kWh)	1,50	ciclos ETC e ESC não captam a hibridização
	MP (g/kWh)	0,02	ciclos ETC e ESC não captam a hibridização
	HC (g/kWh)	0,46	ciclos ETC e ESC não captam a hibridização
	NOx (g/kWh)	2,00	ciclos ETC e ESC não captam a hibridização
	CO_2 (g/km)	840	

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7.

2) Favor informar os valores referentes ao seu veículo híbrido do tipo Articulado.

Itens de verificação	Tipo		Consideração
Chassi	**Estamos desenvolvendo este modelo**		
Sistema de suspensão			
Caixa de Transmissão			
Sistema híbrido (série/paralelo)			
Combustível	**Diesel - Elétrico**		
Motor de combustão interna	**Tipo**	**Potência (kW)**	
Motor de tração	**Quantidade**	**Potência (kW)**	
Motor auxiliar	**Quantidade**	**Potência (kW)**	
Gerador	**Potência (kW)**		
Carroceria	**Tamanho (m)**	**Qtd. Portas**	
Capacidade	**Qtd. Passageiros**		
Investimento em chassi (R$/unid)			
Investimento em carroceria (R$/unid)			
Investimento total em veículo (R$/unid)			
Rendimento energético (km/l)			
Custo de manutenção[1] (R$/mês)	0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]	CO (g/kWh)	1,50	
	MP (g/kWh)	0,02	
	HC (g/kWh)	0,46	
	NOx (g/kWh)	2,00	
	CO_2 (g/km)		

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7.

Informação sobre veículo articulado. Email recebido em 05/09/2011.

COPPE UFRJ	PROGRAMA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTE LABORATÓRIO DE TRANSPORTE DE CARGA LTC/PET/COPPE/UFRJ PESQUISA – Volvo do Brasil
FETRANSPOR Mobilidade com Qualidade	PROJETO: Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro

Favor verificar os dados que estão sendo utilizados. Para o dado que julgar satisfatório, favor preencher o campo consideração com um OK. Para o dado que julgar insatisfatório, favor informar, no campo consideração, qual seria o valor satisfatório ou a faixa satisfatória de valores. Já para os campos em branco, favor preencher com o valor a ser adotado na pesquisa.

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor entre-eixos, movido a diesel (B5), que atende aos limites proconve P5 (P5 A)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
B340M - 30t	DH12 (250 kW)	18 m até 21m		170 185 passageiros
Suspensão pneumática	Entre-eixos	3 portas		-
Itens de verificação		**Tipo**		**Consideração**
Caixa de transmissão		automática		ok
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		**385 mil**		
Investimento em carroceria (R$/unid)		**280 mil**		estimado
Investimento total em veículo (R$/unid)		**665 mil**		
Rendimento energético (km/l)		**1,3 a 1,6**		
Custo de manutenção[2] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		Não possuimos esta referencia
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[1]		CO (g/kWh)	2,1	
		MP (g/kWh)	0,1	
		HC (g/kWh)	0,66	
		NOx (g/kWh)	5,00	
		CO_2 (g/km)	1815	

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5.

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor entre-eixos, movido a diesel (B5), que atende aos limites proconve P5 (P5 A)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
B360S – 30,5t	DN9B (264 kW)	18 m até 21m		160 170 passageiros
Suspensão pneumática	Entre - eixos	4 portas		-
Itens de verificação		**Tipo**		**Consideração**
Caixa de transmissão		**automática**		
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		**398 mil**		
Investimento em carroceria (R$/unid)		**300 mil**		estimado
Investimento total em veículo (R$/unid)		**698 mil**		
Rendimento energético (km/l)		**1,4 a 1,7 km/l**		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		Não possuimos esta referencia
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	2,1	
		MP (g/kWh)	0,1	
		HC (g/kWh)	0,66	
		NOx (g/kWh)	5,00	
		CO_2 (g/km)	1700	

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5.

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor entre-eixos, movido a diesel (B5), que atende aos limites proconve P5 (P5 A)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
B10 M		18 m		
Itens de verificação		**Tipo**		**Consideração**
Caixa de transmissão				
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		**Não possuimos mais este modelo**		
Investimento em carroceria (R$/unid)				
Investimento total em veículo (R$/unid)				
Rendimento energético (km/l)				
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	2,1	
		MP (g/kWh)	0,1	
		HC (g/kWh)	0,66	
		NOx (g/kWh)	5,00	
		CO_2 (g/km)		

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor entre-eixos, movido a diesel (B5), que atende aos limites proconve P5 (P5 A)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
B12 M		18 m		
Itens de verificação		**Tipo**		**Consideração**
Caixa de transmissão				
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		**Este modelo foi substituido pelo B340M**		
Investimento em carroceria (R$/unid)				
Investimento total em veículo (R$/unid)				
Rendimento energético (km/l)				
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	2,1	
		MP (g/kWh)	0,1	
		HC (g/kWh)	0,66	
		NOx (g/kWh)	5,00	
		CO_2 (g/km)		

Favor informar os valores referentes ao seu veículo articulado que atende aos limites do Proconve P7.

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor entre-eixos, movido a Diesel (B5), que atende aos limites proconve P7 (P7 A)			
Itens de verificação	**Tipo**		**Consideração**
Chassi	**B340M**		
Sistema de suspensão	**pneumática**		
Caixa de transmissão	**automática**		
Motor	Tipo	Potência (kW)	
	diesel	**250**	
Carroceria	Tamanho (m)	Qtd. Portas	
	Até 21m	**4**	
Capacidade	Qtd. Passageiros		
	185		
Itens de verificação	**Forma de cálculo / Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)	**10%**		
Investimento em chassi (R$/unid)	**420 mil**		
Investimento em carroceria (R$/unid)	**280 mil**		Estimado
Investimento total em veículo (R$/unid)	**700 mil**		
Sistema de pós-tratamento utilizado	**SCR**		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)	**20 mil**		
Variação no rendimento em relação ao P5	**5% melhor**		
Rendimento energético (km/l)	**1,35 a 1,65 km/l**		
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)	**5%**		
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)	**1,75**		estimado
Custo de manutenção[1] (R$/mês)			Não possuimos esta referencia
Custo de manutenção[1] (R$/mês)	0,58% * valor do veículo sem rodagem		Não possuimos esta referencia
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]	CO (g/kWh)	1,50	
	MP (g/kWh)	0,02	
	HC (g/kWh)	0,46	
	NOx (g/kWh)	2,00	
	CO_2 (g/km)	1725	

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7.

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor entre-eixos, movido a Diesel (B5), que atende aos limites proconve P7 (P7 A)			
Itens de verificação	**Tipo**		**Consideração**
Chassi	**B360S**		Piso baixo
Sistema de suspensão	**pneumatica**		
Caixa de transmissão	**automatica**		
Motor	Tipo	Potência (kW)	
	diesel	**264**	
Carroceria	Tamanho (m)	Qtd. Portas	
	Até 21m	**4**	
Capacidade	Qtd. Passageiros		
	170		
Itens de verificação	**Forma de cálculo / Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)	**10%**		
Investimento em chassi (R$/unid)	**435 mil**		
Investimento em carroceria (R$/unid)	**300 mil**		estimado
Investimento total em veículo (R$/unid)	**735 mil**		
Sistema de pós-tratamento utilizado	**SCR**		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)	**20 mil**		
Variação no rendimento em relação ao P5	**5%**		
Rendimento energético (km/l)	**1,45 a 1,75 km/l**		
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)	**5%**		
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)	**1,75**		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)			Não possuimos esta referencia
Custo de manutenção[1] (R$/mês)	0,58% * valor do veículo sem rodagem		Não possuimos esta referencia
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]	CO (g/kWh)	1,50	
	MP (g/kWh)	0,02	
	HC (g/kWh)	0,46	
	NOx (g/kWh)	2,00	
	CO_2 (g/km)	1615	

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor entre-eixos, movido a Diesel (B5), que atende aos limites proconve P7 (P7 A)			
Itens de verificação	**Tipo**		**Consideração**
Chassi			
Sistema de suspensão			
Caixa de transmissão			
Motor	**Tipo**	**Potência (kW)**	
Carroceria	**Tamanho (m)**	**Qtd. Portas**	
	18		
Capacidade	**Qtd. Passageiros**		
Itens de verificação	**Forma de cálculo / Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)			
Investimento em chassi (R$/unid)			
Investimento em carroceria (R$/unid)			
Investimento total em veículo (R$/unid)			
Sistema de pós-tratamento utilizado			
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)			
Variação no rendimento em relação ao P5			
Rendimento energético (km/l)			
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)			
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)			
Custo de manutenção[1] (R$/mês)			
Custo de manutenção[1] (R$/mês)	0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]	CO (g/kWh)	1,50	
	MP (g/kWh)	0,02	
	HC (g/kWh)	0,46	
	NOx (g/kWh)	2,00	
	CO_2 (g/km)		

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor entre-eixos, movido a Diesel (B5), que atende aos limites proconve P7 (P7 A)			
Itens de verificação	**Tipo**		**Consideração**
Chassi			
Sistema de suspensão			
Caixa de transmissão			
Motor	**Tipo**	**Potência (kW)**	
Carroceria	**Tamanho (m)**	**Qtd. Portas**	
	18		
Capacidade	**Qtd. Passageiros**		
Itens de verificação	**Forma de cálculo / Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)			
Investimento em chassi (R$/unid)			
Investimento em carroceria (R$/unid)			
Investimento total em veículo (R$/unid)			
Sistema de pós-tratamento utilizado			
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)			
Variação no rendimento em relação ao P5			
Rendimento energético (km/l)			
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)			
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)			
Custo de manutenção[1] (R$/mês)			
Custo de manutenção[1] (R$/mês)	0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]	CO (g/kWh)	1,50	
	MP (g/kWh)	0,02	
	HC (g/kWh)	0,46	
	NOx (g/kWh)	2,00	
	CO_2 (g/km)		

ANEXO VI – RESPOSTA DA SCANIA LATIN AMERICA A FORMULÁRIO ENCAMINHADO PARA VALIDAÇÃO DOS DADOS

Informação referente veículo padron e etanol. Email recebido em 26/07/2012.

COPPE UFRJ Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia	PROGRAMA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTE LABORATÓRIO DE TRANSPORTE DE CARGA LTC/PET/COPPE/UFRJ PESQUISA – Scania Latin America
FETRANSPOR Mobilidade com Qualidade	PROJETO: Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro

Favor informar os valores referentes aos veículos do tipo padron movidos a diesel.

Plataforma para comparação – veículo padron com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P5 (P5 P)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17,5t	250 a 300 cv	13,2 m		100 passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Caixa automática	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		**200.000**		
Investimento em carroceria (R$/unid)				Depende do encarroçador
Investimento total em veículo (R$/unid)				
Rendimento energético (km/l)		**1,7 – 1,**		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	2,1	0,8 (DC09 13)
		MP (g/kWh)	0,1	0,1
		HC (g/kWh)	0,66	0,5
		NOx (g/kWh)	5,00	4,7
		CO_2 (g/km)	**2.700**	g/ litro – Padrão Europeu. Valor não legislado, apenas para referência.

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5.

Plataforma para comparação – veículo padron com motor traseiro, movido a diesel (B5), que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 P)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17,5t	250 a 300 cv	13,2m		100 passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Caixa automática	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)		**10 – 15%**		Valores sujeitos a alteração.
Investimento em chassi (R$/unid)		**220.000 – 230.000**		
Investimento em carroceria (R$/unid)		**Mesmo P5**		
Investimento total em veículo (R$/unid)				
Sistema de pós-tratamento utilizado		**SCR**		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		**Incluso do preço do chassis**		
Variação no rendimento em relação ao P5		**Economia – 4% a 6%**		Depende da operação.
Rendimento energético (km/l)				
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)		**4% a 6%**		Depende da operação.
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)		**A ser definido pelas distribuidoras**		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	1,5	0,5 (DC09 109)
		MP (g/kWh)	0,02	0,02
		HC (g/kWh)	0,46	0,04
		NOx (g/kWh)	2,00	1,9
		CO_2 (g/km)	2.700	g/ litro – Padrão Europeu. Valor não legislado, apenas para referência.

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7.

Favor verificar os dados que estão sendo utilizados. Para o dado que julgar satisfatório, favor preencher o campo **consideração** com um **OK.** Para o dado que julgar insatisfatório, favor informar, no campo **consideração**, qual seria o **valor** satisfatório ou a **faixa** satisfatória de valores.

Plataforma para comparação – veículo padron com motor traseiro, movido a Etanol (ED95), que atende aos limites de emissão do Proconve P7 (P7 P E)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
17,5t	250 a 300 cv	13,2m		100 passageiros
Suspensão pneumática	Traseiro	3 portas		-
Caixa automática	-	-		-
Itens de verificação		**Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Investimento em chassi (R$/unid)		256.000,00		245.000 – 255.000 pode variar em função de opcionais.
Investimento em carroceria (R$/unid)		144.000,00		Valor depende do encarroçador. Adicionar aproximadamente R$ 10.000 para equipamento anti-incendio.
Investimento total em veículo (R$/unid)		400.000,00		
Sistema de pós-tratamento utilizado		4 – WAY		EGR / Catalizador
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)		4.526,81		0 – Incluso no preço do chassis.
Rendimento energético (km/l)		1,10		0,9 – 1,2
Consumo de aditivo por litro de etanol (kg de aditivo/litro de etanol)		0,092		(1/16) 0,0625
Custo do aditivo (R$/kg)		4,360		8,00 – 0,48 R$/litro de combustível aditivado. Valores sem ICMS. Este valor depende de negociação com o fornecedor. Esta referência considera oferta para pequeno volume.
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	0	
		MP (g/kWh)	0,01	
		HC (g/kWh)	0,05	
		NOx (g/kWh)	1,7	
		CO_2 (g/km)	0	Medido escapamento – 1440 g/litro – Emissão líquida considerando 90% de recuperação no ciclo – 144 g/litro combustível para o etanol de cana de açucar brasileiro. Valor não legislado, apenas para referência.

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] O CO_2 foi calculado com base no conteúdo energético (MCT, 2002).

RESPOSTA DA SCANIA LATIN AMERICA A MENSAGEM ELETRÔNICA

Caro professor Márcio de Almeida,
Gostaria, em primeiro lugar, agradecer seu interesse em nossa tecnologia.
A pedido do Rogério Rezende, estou respondendo sua solicitação. Veja meus comentários sob seus questionamentos.
Adicionalmente você pode encontrar anexas as fichas técnicas dos chassis 4x2 e 15 metros.
Estou a disposição para maiores esclarecimentos.

Atenciosamente,
André Rodrigues de Oliveira
SCANIA/Buses & **Coaches Latin America– KBL**
Franchise and Factory Sales
Of ce: +55 11 4344-9484 +55 11 4344-9484
Mobile: +55 11 8524-8939 +55 11 8524-8939
Fax : +55 11 4344-9800
andre.oliveira@scania.com

-----Original Message-----
From: Marcio de Almeida Dagosto [mailto:dagosto@pet.coppe.ufrj.br]
Sent: quinta-feira, 7 de julho de 2011 17:03
To: Rezende Rogerio Barreto de
Subject: Dados sobre novas tecnologias para ônibus.

Prezado Rogério Resende;

Conforme nosso contato pessoal em 27/06/2011, envio em anexo ofício de solicitação de dados sobre novas tecnologias para ônibus que poderiam ser oferecidas pela Scania.

Como já obtivemos alguns trabalhos que descrevem os testes de ônibus a etanol, temos algumas dúvidas objetivas, que se você puder nos esclarecer ou indicar contato para tanto, já ajudaria muito. São elas:

• No teste realizado em São Paulo (2007) o veículo testado possuia motor Euro 4 ou Euro 5?

O veículo que entrou em operação em 2007 está equipado com motor que atende níveis de emissão Euro 4, da segunda geração de motores a etanol da Scania. Em 2009 entrou em operação o segundo ônibus, que assim como os demais atualmente em comercialização, é equipado com motor a etanol de terceira geração, em conformidade com a Euro 5 e EEV.

• Este veículo possuia sistema de pós tratamento? Caso afirmativo, como era este sistema?

Os veículos são equipados com catalisador de oxidação.

• Neste teste (São Paulo - 2007) os dados de redução de emissões em relação ao ônibus Diesel (fase 5 do Proconve) de 92% de CO, 87% de HC, 93% de MP, 52% de NOx, ~100% de SOx e CO_2, continuam os mesmos ou existem informações mais recentes? Foi testado algum veículo em data mais recente?

Segue tabela comparativa atualizada:

	Valores regulamentados				Valores homologação
	Euro 3	Euro 4	Euro 5	EEV	DC9 E02 Ethanol engine (Euro 5, EEV)
CO	2,1	1,5	1,5	1,5	0
HC	0,66	0,46	0,46	0,25	0,05
NOx	5	3,5	2	2	1,7
PM	0,1	0,02	0,02	0,02	0,01

Valores em g/kWh

• Em apresentação da Scania, disponível na home page, observa-se redução de 90% de MP e 62% de NOx. Essa redução é em relação a qual fase do Conama?

A base de comparação é a fase atual, CONAMA P5, ou equivalente a Euro 3.

Agradeço antecipadamente a sua atenção no aguardo de breve retorno.

Sds;

Informação sobre veículo articulado. Email recebido em 09/09/2011.

COPPE UFRJ	PROGRAMA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTE LABORATÓRIO DE TRANSPORTE DE CARGA LTC/PET/COPPE/UFRJ PESQUISA – Scania Latin America LTDA.
FETRANSPOR Mobilidade com Qualidade	PROJETO: Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro

Favor verificar os dados que estão sendo utilizados. Para o dado que julgar satisfatório, favor preencher o campo consideração com um OK. Para o dado que julgar insatisfatório, favor informar, no campo consideração, qual seria o valor satisfatório ou a faixa satisfatória de valores. Já para os campos em branco, favor preencher com o valor a ser adotado na pesquisa.

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor traseiro, movido a Diesel (B5), que atende aos limites proconve P5 (P5 A)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
K310 6X2 - 29,73 t	DC9 11 310 (228 kW)	até	18,6 m	160 passageiros (depende layout)
Suspensão pneumática	traseiro	3 portas		-
Itens de verificação		**Tipo/ Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Caixa de transmissão		**ZF 5HP604CN**		
Investimento em chassi (R$/unid)		**R$ 380.000**		
Investimento em carroceria (R$/unid)				Consultar encarroçadora
Investimento total em veículo (R$/unid)				
Rendimento energético (km/l)		**1,40 – 1,9**		Depende das características da operação e carroceria
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	2,1	0,6
		MP (g/kWh)	0,1	0,07
		HC (g/kWh)	0,66	0,3
		NOx (g/kWh)	5,00	4,6
		CO_2 (g/km)	**2.700**	g/ litro – Padrão Europeu. Valor não legislado, apenas para referência.

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5.

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor traseiro, movido a Diesel (B5), que atende aos limites proconve P5 (P5 A)				
Chassi	**Motor**	**Carroceria**		**Capacidade**
K310 8X2 - 34,5 t	DC9 11 310 (228 kW)	**Até 20,3 m**		190 passageiros **(depende layout)**
Suspensão pneumática	traseiro	4 portas		-
Itens de verificação		**Tipo/ Forma de cálculo/Valor**		**Consideração**
Caixa de transmissão		**ZF 5HP604CN**		
Investimento em chassi (R$/unid)		**430.000**		
Investimento em carroceria (R$/unid)				Consultar encarroçadora
Investimento total em veículo (R$/unid)				
Rendimento energético (km/l)		**1,35 – 1,8**		Depende das características da operação e carroceria
Custo de manutenção[1] (R$/mês)		0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]		CO (g/kWh)	2,1	0,6
		MP (g/kWh)	0,1	0,07
		HC (g/kWh)	0,66	0,3
		NOx (g/kWh)	5,00	4,6
		CO_2 (g/km)	**2700**	g/ litro – Padrão Europeu. Valor não legislado, apenas para referência.

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P5.

Favor informar os valores referentes ao seu veículo articulado que atende aos limites do Proconve P7.

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor traseiro, movido a Diesel (B5), que atende aos limites proconve P7 (P7 A)			
Itens de verificação	**Tipo**		**Consideração**
Chassi	K 310 6X2 Articulado Piso Nornal - PBT 29,73 t		
Sistema de suspensão	Pneumático		
Caixa de transmissão	5HP594C N/5		
Motor	**Tipo**	**Potência (kW)**	
	DC09 110 310	228	
Carroceria	**Tamanho (m)**	**Qtd. Portas**	Depende layout
	Até 18,6	3 – 4 portas	
Capacidade	Qtd. Passageiros		
	160		Depende layout
Itens de verificação	**Forma de cálculo / Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)	**10 – 15%**		
Investimento em chassi (R$/unid)	**418.000 – 437.000**		
Investimento em carroceria (R$/unid)	**Mesmo P5**		
Investimento total em veículo (R$/unid)			
Sistema de pós-tratamento utilizado	**SCR**		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)	**Incluso do preço do chassis**		
Variação no rendimento em relação ao P5	**Economia – 4% a 6%**		Depende da operação.
Rendimento energético (km/l)	**1,46 – 2,00**		Depende da operação
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)	**4% a 6%**		Depende da operação.
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)	**A ser definido pelas distribuidoras**		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)	0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]	CO (g/kWh)	1,50	0,5
	MP (g/kWh)	0,02	0,01
	HC (g/kWh)	0,46	0,04
	NOx (g/kWh)	2,00	1,1
	CO_2 (g/km)	2700	g/ litro – Padrão Europeu. Valor não legislado, apenas para referência.

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7.

Plataforma para comparação – veículo articulado com motor traseiro, movido a Diesel (B5), que atende aos limites proconve P7 (P7 A)			
Itens de verificação	**Tipo**		**Consideração**
Chassi	K 310 8X2 Articulado Piso Nornal - PBT 34,5 t		
Sistema de suspensão	Pneumático		
Caixa de transmissão	5HP594C N/5		
Motor	**Tipo**	**Potência (kW)**	
	DC09 110 310	228	
Carroceria	**Tamanho (m)**	**Qtd. Portas**	Depende layout
	Até 20,3	Até 4	
Capacidade	**Qtd. Passageiros**		
	190		Depende layout
Itens de verificação	**Forma de cálculo / Valor**		**Consideração**
Percentual de aumento no valor do chassi (%)	**10 – 15%**		
Investimento em chassi (R$/unid)	**473.000 – 494.500**		
Investimento em carroceria (R$/unid)	**Mesmo P5**		
Investimento total em veículo (R$/unid)			
Sistema de pós-tratamento utilizado	**SCR**		
Investimento em sistema de pós-tratamento (R$/unid)	**Incluso do preço do chassis**		
Variação no rendimento em relação ao P5	**Economia – 4% a 6%**		Depende da operação.
Rendimento energético (km/l)	**1,40 – 1,90**		Depende da operação
Consumo de aditivo do pós-tratamento (litro de aditivo/litro de diesel)	**4% a 6%**		Depende da operação.
Custo do aditivo de pós-tratamento (R$/litro de aditivo)	**A ser definido pelas distribuidoras**		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)	0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]	CO (g/kWh)	1,50	
	MP (g/kWh)	0,02	
	HC (g/kWh)	0,46	
	NOx (g/kWh)	2,00	
	CO_2 (g/km)		

ANEXO VII – RESPOSTA DA AGRALE S.A. A FORMULÁRIO ENCAMINHADO PARA VALIDAÇÃO DOS DADOS

Informação sobre veículo híbrido. Email recebido em 27/09/2011.

COPPE UFRJ	**PROGRAMA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTE LABORATÓRIO DE TRANSPORTE DE CARGA LTC/PET/COPPE/UFRJ PESQUISA – AGRALE S.A**
FETRANSPOR Mobilidade com Qualidade	**PROJETO: Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro**

1) Favor informar os valores referentes ao seu veículo híbrido do tipo Padron.

Itens de verificação	Tipo		Consideração
Chassi	MT 15 LE 5,5 EE		Low Entry – Motor traseiro
Sistema de suspensão	Pneumática		
Caixa de Transmissão	-		-
Sistema híbrido (série/paralelo)	Série		
Combustível	Diesel - elétrico		
Motor de combustão interna	**Tipo**	**Potência (kW)**	Cummins ISBE
		110	4 Euro III
Motor de tração	**Quantidade**	**Potência (kW)**	Siemens 1 PV 5138
	02	85	
Motor auxiliar	**Quantidade**	**Potência (kW)**	Siemens 1 PV 5131
	01	20	
Gerador	**Potência (kW)**		Siemens 1 FV 5139
	145		
Carroceria	**Tamanho (m)**	**Qtd. Portas**	
	11,5	02	
Capacidade	**Qtd. Passageiros**		Layout pode ser alterado salão c/ 22,6 m2
	20 sentados / 48 em pé		
Investimento em chassi (R$/unid)	***1**		
Investimento em carroceria (R$/unid)	***2**		
Investimento total em veículo (R$/unid)	***3**		
Rendimento energético (km/l)	***4**		
Custo de manutenção[1] (R$/mês)	0,58% * valor do veículo sem rodagem		
Emissões de poluentes atmosféricos atribuídos a plataforma[2]	CO (g/kWh)	1,50	
	MP (g/kWh)	0,02	
	HC (g/kWh)	0,46	
	NOx (g/kWh)	2,00	
	CO_2 (g/km)		

[1] Conforme planilha do GEIPOT;

[2] Utilizou-se o limite de emissões do Proconve P7.

***1: 150% superior a chassi convencional**

***2: 50% superior a carroceria convencional**

***3: 100% superior a veículo convencional**

***4: Em média 30% menor que chassi convencional**

ANEXO XIII: RESULTADO DA PESQUISA QUALITATIVA – ASPECTOS TÉCNICOS E POLÍTICOS

A seguir apresentam-se os resultados obtidos por meio da pesquisa qualitativa realizada com especialistas por meio das Tabelas 14 a 19.

Tabela 16: Pesquisa qualitativa - aspectos técnicos referentes a veículos e equipamentos.

Itens de avaliação			Veiculo convencional (motor dianteiro /traseiro) ou padron			Veículo articulado		
			Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo
Veículos e Equipamentos	Viabilidade técnica	Avalie quanto a definição de mercado para o produto.	4,00	5,00	5,00	3,00	4,00	5,00
		Avalie quanto a adequada estruturação da cadeia de suprimento do produto.	4,00	5,00	5,00	3,00	4,00	5,00
		Avalie quanto a isenção do risco de não atendimento aos padrões de desempenho operacional do veiculo	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00
		Avalie quanto a independência de infraestrutura diferenciada para operar.	4,00	5,00	5,00	3,00	5,00	5,00
	Capacidade de atendimento a demanda	Avalie quanto a adequação da capacidade de produção existente para o atendimento a demanda.	4,00	5,00	5,00	3,00	4,00	5,00
		Avalie quanto a isenção do impacto do novo produto na estrutura da cadeia de suprimento do fabricante para atendimento ao frotista operador do veículo.	1,00	5,00	5,00	3,00	4,00	5,00
	Total viabilidade técnica		16,00	20,00	20,00	13,00	18,00	20,00
	Total capacidade de atendimento a demanda		5,00	10,00	10,00	6,00	8,00	10,00
	Total Geral		**21,00**	**30,00**	**30,00**	**19,00**	**26,00**	**30,00**

Tabela 17: Pesquisa qualitativa - aspectos técnicos referentes a combustíveis.

Itens de avaliação			Óleo diesel de petróleo - S50			Diesel de cana para misturas até 10%		
			Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo
Combustíveis	Viabilidade Técnica	Avalie quanto a definição de mercado para o produto.	4,00	5,00	5,00	1,00	2,00	5,00
		Avalie quanto a adequada estruturação da cadeia de suprimento do produto.	4,00	5,00	5,00	1,00	2,00	3,00
		Avalie quanto a isenção do risco de não atendimento aos padrões de qualidade do combustível.	4,00	5,00	5,00	2,00	2,00	5,00
	Capacidade de atendimento a demanda	Avalie quanto a adequação da capacidade de produção existente para o atendimento a demanda.	1,00	4,00	5,00	1,00	1,00	3,00
		Avalie quanto a isenção do impacto do novo produto na estrutura da cadeia de suprimento do fabricante para atendimento ao frotista operador do veículo.	1,00	5,00	5,00	1,00	2,00	5,00
		Avalie quanto a isenção do risco de desabastecimento do combustível.	3,00	5,00	5,00	1,00	2,00	4,00
	Total viabilidade técnica		12,00	15,00	15,00	4,00	6,00	13,00
	Total capacidade de atendimento a demanda		5,00	14,00	15,00	3,00	5,00	12,00
	Total Geral		**17,00**	**29,00**	**30,00**	**7,00**	**11,00**	**25,00**

Alternativas de veículos equipados com tecnologia que atende ao P7															
	Veículo diesel-gás			Veículo dedicado a gás natural comprimido			Veículo a etanol			Veículo híbrido em série - diesel-elétrico			Veículo híbrido em paralelo - diesel-elétrico		
	Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo
	1,00	2,00	5,00	1,00	1,00	5,00	1,00	1,00	5,00	1,00	2,00	5,00	1,00	2,00	5,00
	1,00	3,00	3,00	1,00	2,00	4,00	2,00	3,00	5,00	2,00	2,00	4,00	1,00	2,00	4,00
	2,00	3,00	4,00	2,00	4,00	4,00	2,00	3,00	5,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00
	2,00	2,00	5,00	1,00	2,00	5,00	2,00	3,00	5,00	1,00	4,00	4,00	1,00	4,00	4,00
	1,00	3,00	3,00	1,00	2,00	4,00	1,00	3,00	5,00	2,00	2,00	4,00	1,00	2,00	4,00
	2,00	3,00	4,00	2,00	2,00	4,00	2,00	3,00	4,00	2,00	2,00	4,00	1,00	2,00	4,00
	6,00	10,00	17,00	5,00	9,00	18,00	7,00	10,00	20,00	6,00	11,00	17,00	5,00	11,00	17,00
	3,00	6,00	7,00	3,00	4,00	8,00	3,00	6,00	9,00	4,00	4,00	8,00	2,00	4,00	8,00
	9,00	**16,00**	**24,00**	**8,00**	**13,00**	**26,00**	**10,00**	**16,00**	**29,00**	**10,00**	**15,00**	**25,00**	**7,00**	**15,00**	**25,00**

Alternativas de combustíveis									
	Biodiesel para misturas até 20%			Gás natural comprimido para uso em veiculo dedicado ou diesel-gás			Etanol para uso em veiculo dedicado		
	Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo
	2,00	5,00	5,00	1,00	2,00	4,00	2,00	3,00	5,00
	3,00	3,00	5,00	1,00	2,00	4,00	2,00	4,00	5,00
	3,00	3,00	5,00	4,00	5,00	5,00	2,00	4,00	5,00
	2,00	3,00	5,00	2,00	2,00	5,00	1,00	3,00	5,00
	3,00	4,00	5,00	2,00	3,00	5,00	2,00	3,00	5,00
	2,00	3,00	5,00	2,00	4,00	5,00	2,00	3,00	4,00
	8,00	11,00	15,00	6,00	9,00	13,00	6,00	11,00	15,00
	7,00	10,00	15,00	6,00	9,00	15,00	5,00	9,00	14,00
	15,00	**21,00**	**30,00**	**12,00**	**18,00**	**28,00**	**11,00**	**20,00**	**29,00**

Tabela 18: Pesquisa qualitativa - aspectos técnicos referentes a aditivos.

Itens de avaliação			Alternativas de aditivos					
			ADBLUE - Aditivo para sistema de pós tratamento SCR			BERAID - Aditivo para veículo movido a etanol		
			Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo
Aditivos	Viabilidade Técnica	Avalie quanto a definição de mercado para o produto.	2,00	5,00	5,00	1,00	3,00	5,00
		Avalie quanto a estruturação da cadeia de suprimento.	1,00	4,00	4,00	1,00	3,00	4,00
		Avalie quanto a isenção do risco de não atendimento aos padrões de qualidade do aditivo.	2,00	5,00	5,00	2,00	4,00	5,00
	Capacidade de Atendimento a Demanda	Avalie quanto a adequação da capacidade de produção existente para o atendimento a demanda.	2,00	4,00	5,00	1,00	2,00	4,00
		Avalie quanto a isenção do impacto do novo produto na estrutura da cadeia de suprimento do fabricante para atendimento ao frotista operador do veículo.	2,00	3,00	4,00	1,00	3,00	4,00
		Avalie quanto a isenção do risco de desabastecimento do aditivo.	2,00	4,00	5,00	1,00	3,00	5,00
	Total viabilidade técnica		5,00	14,00	14,00	4,00	10,00	14,00
	Total capacidade de atendimento a demanda		6,00	11,00	14,00	3,00	8,00	13,00
	Total Geral		**11,00**	**25,00**	**28,00**	**7,00**	**18,00**	**27,00**

Tabela 19: Resultado da pesquisa qualitativa - aspectos políticos referentes a veículos e equipamentos.

Itens de avaliação		Veiculo convencional (motor dianteiro /traseiro) ou padron			Veículo articulado		
		Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo
Veículos e Equipamentos	Avalie quanto a facilidade de aceitação pelo operador do veículo.	4,00	5,00	5,00	2,00	4,00	5,00
	Avalie quanto a facilidade de aceitação pelo poder público.	2,00	5,00	5,00	3,00	5,00	5,00
	Avalie quanto a independência de financiamento diferenciado em função do elevado investimento inicial para aquisição.	3,00	5,00	5,00	3,00	3,00	5,00
	Avalie quanto a isenção do risco de inovação associada a fabricação do produto.	1,00	5,00	5,00	1,00	4,00	5,00
	Avalie quanto a isenção do risco de inovação associada a operação e uso do produto.	3,00	5,00	5,00	3,00	5,00	5,00
	Total	**13,00**	**25,00**	**25,00**	**12,00**	**21,00**	**25,00**

Tabela 20: Resultado da pesquisa qualitativa - aspectos políticos referentes a combustíveis.

Itens de avaliação		Óleo diesel de petróleo - S50			Diesel de cana para misturas até 10%		
		Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo
Combustíveis	Avalie quanto a facilidade de aceitação pelo operador do veículo.	5,00	5,00	5,00	1,00	4,00	5,00
	Avalie quanto a facilidade de aceitação pelo poder público.	1,00	5,00	5,00	2,00	5,00	5,00
	Avalie quanto a isenção do risco de inovação associada a fabricação do produto.	1,00	5,00	5,00	1,00	3,00	5,00
	Avalie quanto a isenção do risco de inovação associada ao uso do produto.	1,00	5,00	5,00	1,00	3,00	5,00
	Avalie quanto potencial de redução de dependência de combustíveis derivados do petróleo.	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	5,00
	Avalie quanto ao potencial de ampliação do uso de combustíveis renováveis.	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00
	Total	**10,00**	**22,00**	**22,00**	**10,00**	**22,00**	**30,00**

Alternativas de veículos equipados com tecnologia que atende ao P7															
	Veículo diesel-gás			Veículo dedicado a gás natural comprimido			Veículo a etanol			Veículo híbrido em série - diesel-elétrico			Veículo híbrido em paralelo - diesel-elétrico		
	Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo
	2,00	3,00	5,00	1,00	1,00	5,00	1,00	3,00	5,00	2,00	2,00	5,00	2,00	2,00	5,00
	2,00	4,00	5,00	2,00	5,00	5,00	2,00	5,00	5,00	2,00	5,00	5,00	2,00	5,00	5,00
	2,00	3,00	5,00	1,00	3,00	4,00	2,00	2,00	4,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	3,00
	1,00	3,00	4,00	1,00	2,00	5,00	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00
	1,00	3,00	4,00	2,00	3,00	5,00	2,00	3,00	5,00	1,00	3,00	4,00	1,00	3,00	4,00
	8,00	**16,00**	**23,00**	**7,00**	**14,00**	**24,00**	**8,00**	**16,00**	**24,00**	**7,00**	**14,00**	**22,00**	**7,00**	**14,00**	**22,00**

Alternativas de combustíveis									
	Biodiesel para misturas até 20%			Gás natural comprimido para uso em veiculo dedicado ou diesel-gás			Etanol para uso em veiculo dedicado		
	Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo
	2,00	4,00	5,00	1,00	3,00	4,00	1,00	3,00	4,00
	4,00	5,00	5,00	2,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00
	1,00	5,00	5,00	1,00	4,00	5,00	3,00	5,00	5,00
	1,00	5,00	5,00	2,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00
	2,00	4,00	4,00	1,00	2,00	5,00	3,50	4,00	5,00
	2,00	4,00	5,00	1,00	1,00	3,00	3,00	5,00	5,00
	12,00	**27,00**	**29,00**	**8,00**	**17,00**	**27,00**	**16,50**	**24,00**	**29,00**

Tabela 21: Resultado da pesquisa qualitativa - aspectos políticos referentes a aditivos.

Itens de avaliação		Alternativas de aditivos					
		ADBLUE - Aditivo para sistema de pós tratamento SCR			BERAID - Aditivo para veículo movido a etanol		
		Mínimo	Moda	Máximo	Mínimo	Moda	Máximo
Aditivos	Avalie quanto a facilidade de aceitação pelo operador do veículo.	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00
	Avalie quanto a isenção do risco de inovação associada a fabricação do produto.	2,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00
	Total	**3,00**	**6,00**	**10,00**	**2,00**	**6,00**	**10,00**

Conselho de Administração

Titulares

Presidente	José Carlos Reis Lavouras
Vice-Presidente	João Augusto Morais Monteiro

Demais Conselheiros

Narciso Gonçalves dos Santos
Generoso Ferreira das Neves
Florival Alves
José Carlos Cardoso Machado
Marcelo Traça Gonçalves
João dos Anjos Silva Soares
Francisco José Gavinho Geraldo
Alexandre Antunes de Andrade
Amaury de Andrade
Joel Fernandes Rodrigues

Suplentes

Isidro Ricardo da Rocha
Manuel João Pereira
Manoel Luis Alves Lavouras
Domenico Emanuelle Siqueira Lorusso
Jacob Barata Filho
Marco Antônio Feres de Freitas

Conselho Fiscal

Efetivos

Valmir Fernandes do Amaral
Luiz Ronaldo Caetano
Humberto Valente

Suplentes

Carlos Alberto Souza Guerreiro
Jorge Luiz Loureiro Queiroz Ferreira
Fábio Teixeira Alves

Delegado Representante – CNT

Efetivo

Narciso Gonçalves dos Santos

Suplente

Jacob Barata Filho