

"Emissões e Consumo do Veículo Convencional e VEH: Resultados Medidos"

Suzana Kahn Ribeiro

*Programa de Engenharia de Transportes COPPE/UFRJ
IVIG – Instituto Virtual Internacional de Mudanças Climáticas*



Estrutura da Apresentação



- **Introdução**

2. Descrição dos Testes

2.1 Teste de Desempenho

2.2 Teste de Ruído

2.3 Teste de Consumo de Combustível

2.4 Teste de Opacidade

3. Cenário de Redução de Consumo e Emissões

3.1 Substituição da Frota do Corredor Metropolitano São Mateus - Jabaquara

3.2 Substituição da Frota de Ônibus Padron C da Região Metropolitana de São Paulo

4. Conclusões



Introdução



A COPPE/UFRJ, através do Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais, realizou testes em um ônibus tipo Padron híbrido (Padron H) com tecnologia nacional em Setembro/2002, verificando o potencial de utilização dessa tecnologia em substituição ao ônibus tipo Padron convencional a diesel (Padron C).

Os testes comparativos realizados foram:

- *Teste de Desempenho (aceleração e desaceleração)*
- *Teste de Ruído (interno e externo)*
- *Teste de Consumo de Combustível (com e sem carregamento)*
- *Teste de Emissões (opacidade)*



Projeto Padron



Elaborado pelo Ministério dos Transportes, na década de 80.

- Especifica alguns padrões a serem adotados nos ônibus destinados ao transporte público de passageiros.



Objetivos.

- Melhor adequação ao serviço, dimensionando e organizando o layout interno para um nível de conforto desejado além de otimizar seu desempenho em tráfego urbano.

Principais Características do Ônibus Padron.

-Peso Nominal 12.000 kg; comprimento: 12 metros; 2 ou 3 portas; lotação máxima de 100 passageiros (36 sentados e 64 em pé); motor ciclo diesel de 210 HP.

Adicionais do Sistema Híbrido.

-Duplo sistema de freio: elétrico e pneumático; tração elétrica por motor de 120 Kw nominais, 240 Kw máximo, 1800/3600 RPM; grupo motor-gerador (80 HP) e banco de baterias tracionárias Pb-ácidas

Ônibus Padron - Maior Flexibilidade



Nas 27 capitais brasileiras, 16% da frota já é do tipo Padron. O restante, pode ser substituído por este tipo de veículo.

Por apresentar uma melhor disposição interna, aumentando sua capacidade estática, o projeto Padron garante ao veículo maior flexibilidade, viabilizando sua utilização também em corredores de via segregada.

O potencial de aplicação dessa tecnologia operando em vias segregadas totaliza uma extensão de 419 Km distribuídos em 92 corredores, a saber:

Curitiba (5 corredores – 60 Km)

Belo Horizonte (15 corredores – 75 Km)

Goiânia (2 corredores – 40 Km)

Campinas (1 corredor – 5 Km)

Porto Alegre (8 corredores – 28 Km)

Uberlândia (6 corredores – 31 Km)

São Paulo (49 corredores – 165 km)

Recife (6 corredores – 15 Km)

Trecho dos Testes



O trecho dos testes no corredor corresponde ao Terminal de São Bernardo do Campo (SBC) ao Terminal Ferrazópolis (FER).

Pavimento:

Asfalto em excelente estado.

Distância SBC – FER 2,519 km

Sinalizações:

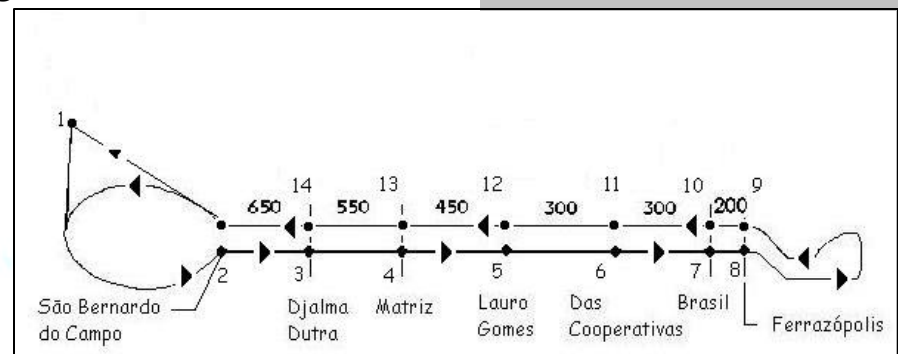
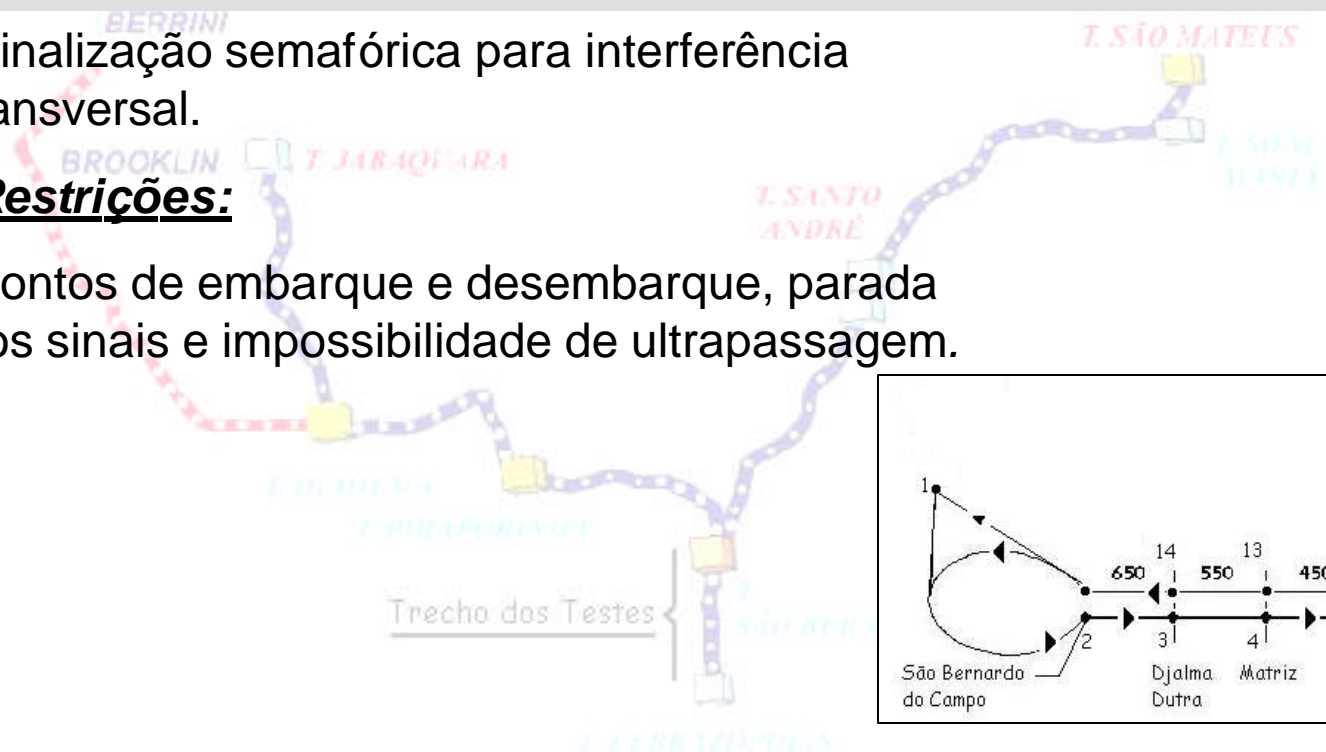
Sinalização semafórica para interferência transversal.

Distância FER – SBC 2,945 km

Total. 5,464 km

Restrições:

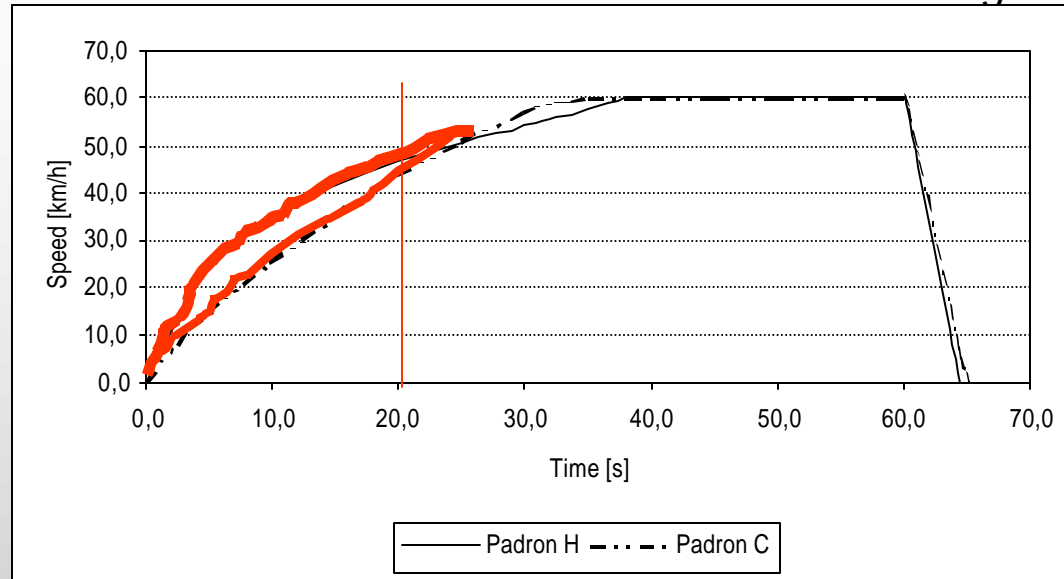
Pontos de embarque e desembarque, parada nos sinais e impossibilidade de ultrapassagem.



Comparativo de Desempenho



Carregado



Procedimento:

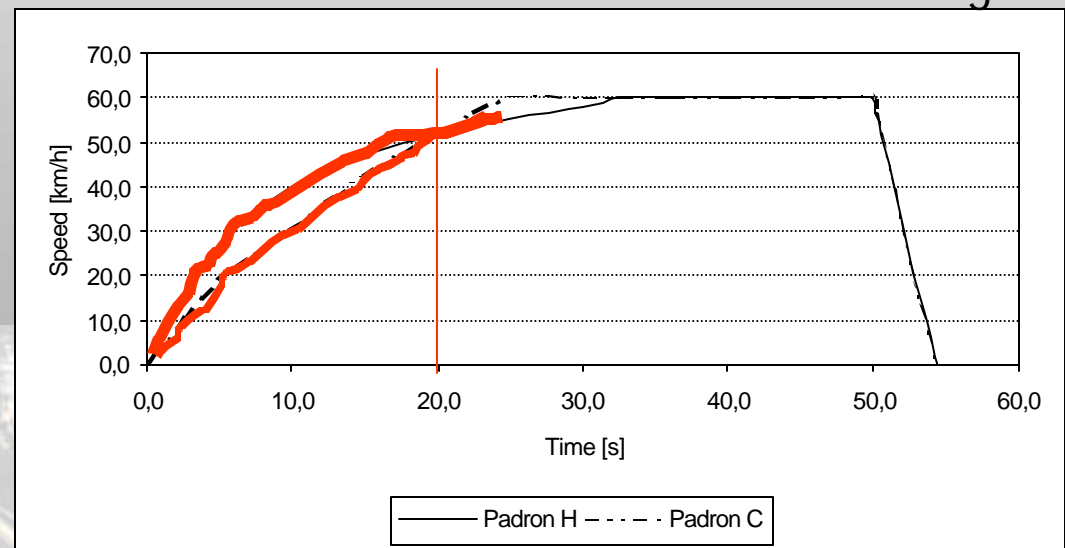
O veículo atinge 60 km/h, mantém esta velocidade por 10 segundos e freia até a velocidade zero.

Para o Padron H, realizou-se dois testes de frenagem, determinando a influência do freio regenerativo.

Pavimento:

Asfalto em excelente estado de conservação.

Descarregado

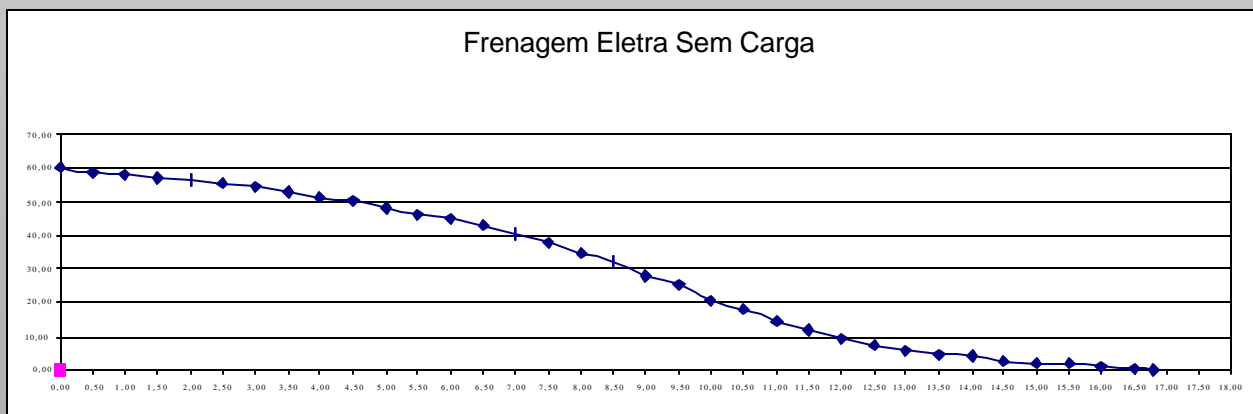


Freio Regenerativo



Quando o veículo freia, o motor de tração elétrico aproveita a energia mecânica do movimento das rodas, transformando-a em energia elétrica atuando como um alternador que carrega o banco de baterias.

Além dessa vantagem, o freio regenerativo auxilia a frenagem pneumática, aumentando a eficiência nas paradas e a vida útil dos componentes do sistema de freio do veículo, reduzindo gastos com manutenção.



*Frenagem conjugada
= 4,5s
Frenagem regenerativa
= 16,4s*

Consumo de Combustível



Para a realização do teste de consumo de óleo diesel, utilizou-se dois fluxômetros. Um com leitura direta na saída do tanque e o outro no retorno de diesel ao tanque. A diferença entre eles fornece a parcela consumida pelo motor de combustão interna.

Os veículos foram previamente abastecidos, pesados e submetidos as mesmas condições de operação no corredor, utilizando o método de perseguição, onde um veículo sai na frente, seguido do outro parando nos mesmos pontos e revezando suas posições ao final de cada trecho.



Vale ressaltar que:

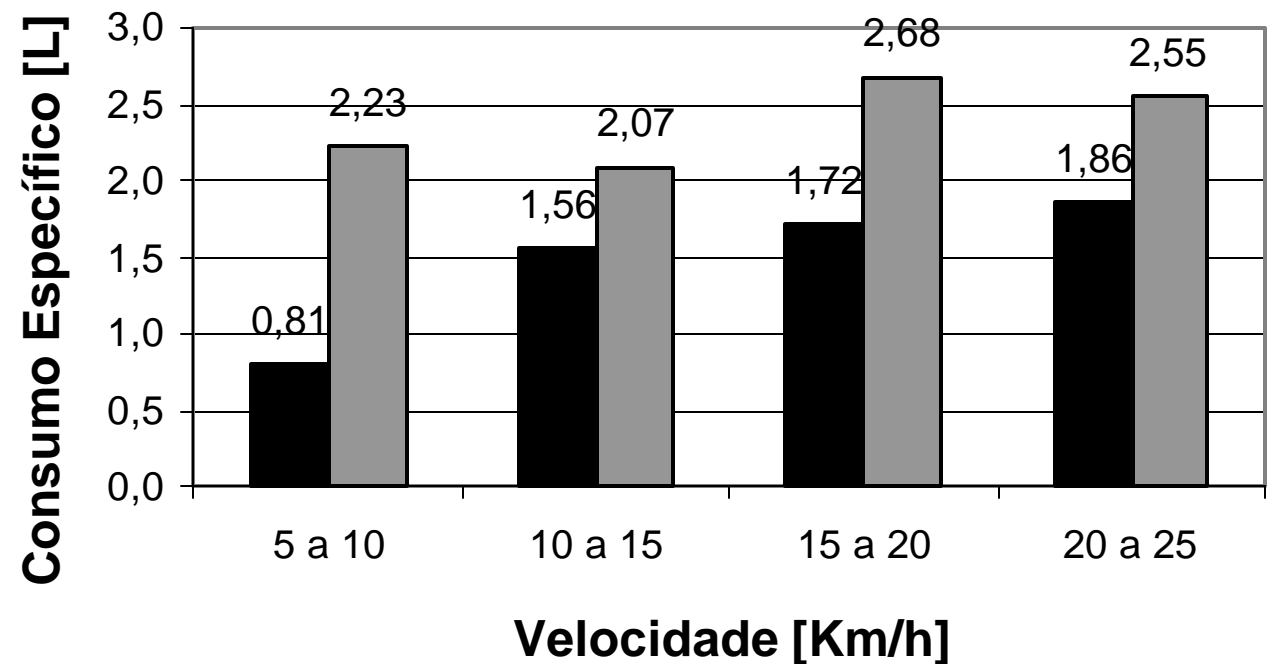
Como uma parcela da energia consumida pelo motor elétrico do veículo vem das baterias, manteve-se as mesmas condições de carga nas baterias a cada ponto de medição, iniciando os testes com as baterias carregadas, através do valor observado em um potenciômetro instalado no painel de controle do veículo.

Consumo de Combustível



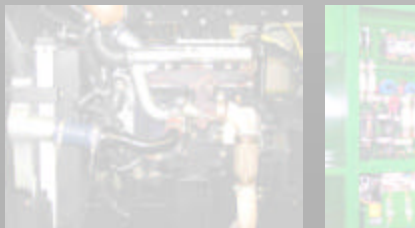
Veículo Híbrido:

- Melhores resultados para faixa de velocidade entre 15 a 20 km/h, de 35,8 % de economia de combustível

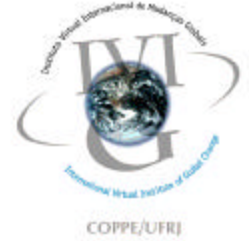


Descarregado

■ Padron H
■ Padron C

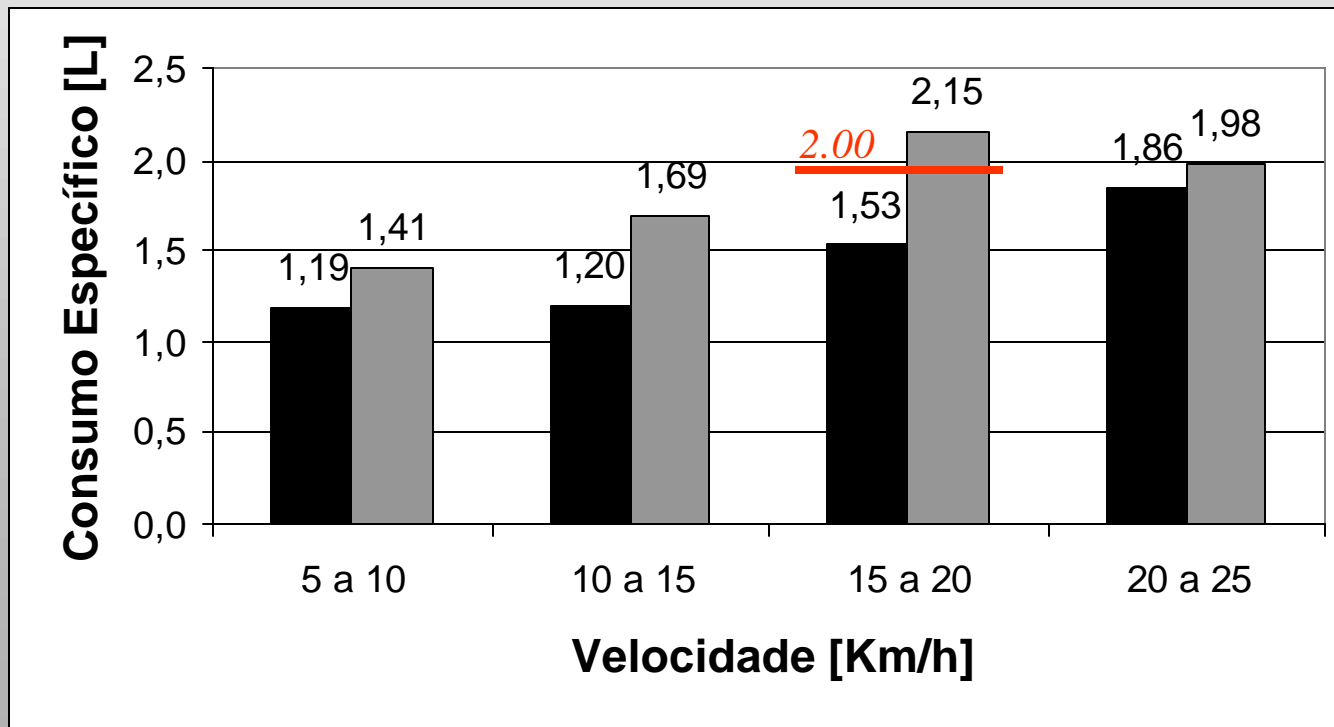


Consumo de Combustível



Veículo Híbrido:

- Melhores resultados para faixa de velocidade entre 15 a 20 km/h, de 28,8% de economia de combustível



— Referência do Ministério dos Transportes

Carregado
■ Padron H
■ Padron C

Considerações



Se comparado com a referência de consumo médio do Ministério dos Transportes (2km/ l para velocidade de 20 km/ h), o Padron Híbrido é 23% mais econômico.

O bom desempenho do veículo Padron H está relacionado a dois fatores:

- O adequado dimensionamento do conjunto motor-gerador, que concilia um desempenho dinâmico ao tráfego do corredor com um regime de funcionamento do motor de combustão interna que minimiza o consumo específico de combustível;

- Uso do freio regenerativo como fonte de energia para carregamento das baterias.



Opacidade

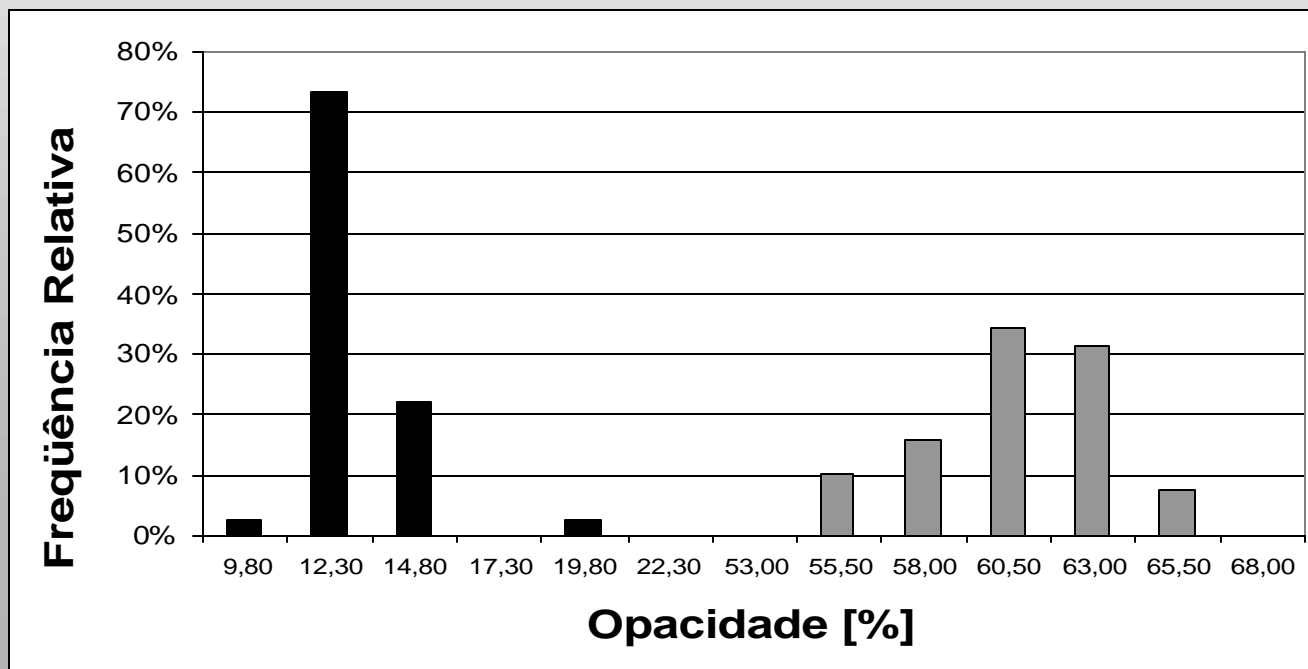


Padron H:

- *Distribuição mais concentrada*
- *12,3% de Opacidade com 70% de frequência*

Padron C:

- *Distribuição menos concentrada*
- *faixa de 60,5 a 63,0% de Opacidade com 65% de frequência*



Um percentual alto indica muita fumaça negra

Carregado

■ *Padron H*
■ *Padron C*

Opacidade

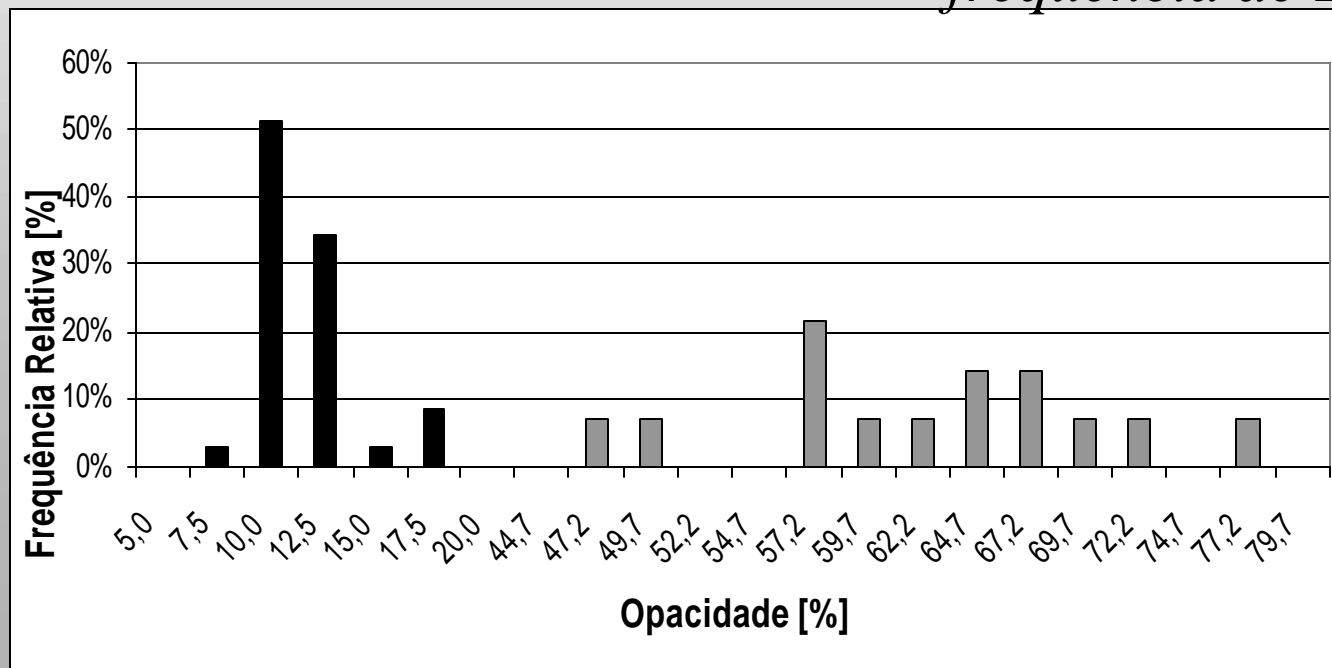


Padron H:

- *Distribuição mais concentrada*
- *faixa de 10,0 a 12,5% de Opacidade com 50 e 30% de frequência, respectivamente*

Padron C:

- *Distribuição pouco concentrada*
- *faixa de 65,0 a 70,0% de Opacidade com 15% de frequência e 58% de opacidade para frequência de 21%*



Descarregado

■ *Padron H*
■ *Padron C*

Comparativo de Ruído

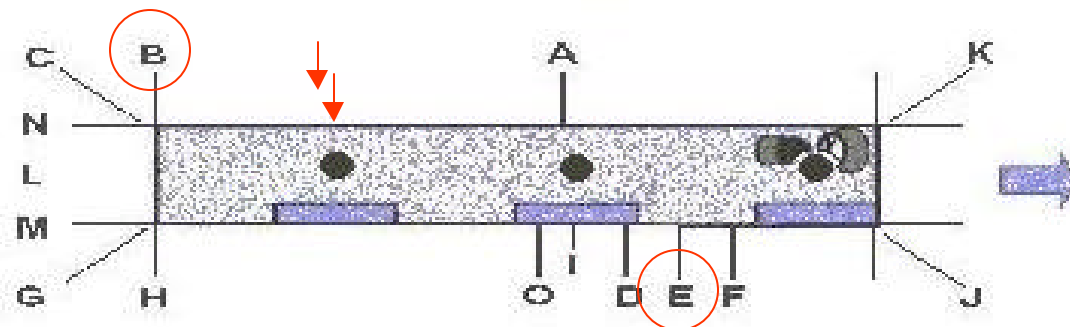


Em ambos os veículos, foram feitas medições internas e externas com o veículo parado. Os pontos com maior nível de ruído foram:

*Padron H: Interno – Traseira
 Externo – ponto B*

*Padron C: Interno – Traseira
 Externo – ponto E*

	<i>Híbrido</i>	<i>Diesel Padron</i>
<i>Nível de ruído interno</i>	33,3 - 61,9 dB	64,9 - 73,2 dB
<i>Nível de ruído Externo</i>	40,1 - 80,8 dB	89,7 - 71,2 dB



Cenário 1 - *Substituição da frota de ônibus Padron C do Corredor Metropolitano São Mateus – Jabaquara*



Período: 2003 – 2012
Frota: 94 Ônibus Padron
Idade: 8 anos
Preço Óleo Diesel: US\$ 0,325 /l

Economia em 10 Anos:

- 6,9 milhões de litros*
- US\$ 2,26 milhões*
- 23% do total consumido*

Preço de Aquisição (Híbrido): + 30%
Renovação Anual de Frota : 10 Veículos
Velocidade Média Operação: 16,68 Km/h

Economia Anual:

- 1,2 milhões de litros a partir do 10º ano*
- US\$ 225,979.00 a partir do 10º ano*



Cenário 1 - *Substituição da frota de ônibus Padron C do Corredor Metropolitano São Mateus – Jabaquara*



Período: 2003 – 2012
Massa Específica: 0,83 Kg/l
Fator de Emissão: 3.188 g/ Kg

CO₂ Emissões

US\$ 10.00 /ton CO₂ por tonelada evitada

Economia em 10 Anos:

- 18.360 ton CO₂ (evitadas)*
- US\$ 18,360.00*



Cenário 2- Substituição da frota de ônibus Padron C da Região Metropolitana de São Paulo



Período: 2003 – 2012
Frota: 710 Ônibus Padron
Idade: 7 anos
Preço Óleo Diesel: US\$ 0,325 /l

Economia em 10 Anos:

- 54,2 milhões de litros*
- US\$ 17,6 milhões*
- 7 vezes mais do que no corredor*

Preço de Aquisição (Híbrido): + 30%
Renovação Anual de Frota : 98 Veículos
Velocidade Média Operação: 14,00 Km/h

Economia Anual:

- 7,7 milhões de litros a partir do 7º ano*
- US\$ 2,2 milhões a partir do 7º ano*



Cenário 2- Substituição da frota de ônibus Padron C da Região Metropolitana de São Paulo



Período: 2003 – 2012
Massa Específica: 0,83 Kg/l
Fator de Emissão: 3.188 g/ Kg

CO₂ Emissões

US\$ 10.00 /ton CO₂ por tonelada evitada

Economia em 10 Anos:

- 143.000 ton CO₂ (evitadas)*
- US\$ 143,000.00*



Cenário 2.1 – *Substituição de 20% da frota de ônibus da Região Metropolitana de São Paulo*



Período: 2003 – 2012
Frota: 2.840 Ônibus Padron
Idade: 7 anos
Preço Óleo Diesel: US\$ 0,325 /l

Economia em 10 Anos:

- 216,8 milhões de litros*
- US\$ 70,4 milhões*
- 28 vezes mais do que no corredor*

Preço de Aquisição (Híbrido): + 30%
Renovação Anual de Frota : 280 Veículos
Velocidade Média Operação: 14,00 Km/h

Economia Anual:

- 30,8 milhões de litros a partir do 7º ano*
- US\$ 8,8 milhões a partir do 7º ano*



Cenário 2.1 – *Substituição de 20% da frota de ônibus da Região Metropolitana de São Paulo*



Período: 2003 – 2012
Massa Específica: 0,83 Kg/l
Fator de Emissão: 3.188 g/ Kg

CO₂ Emissões

US\$ 10.00 /ton CO₂ por tonelada evitada

Economia em 10 Anos:

- 572.000 ton CO₂ (evitadas)*
- US\$ 572,000.00*



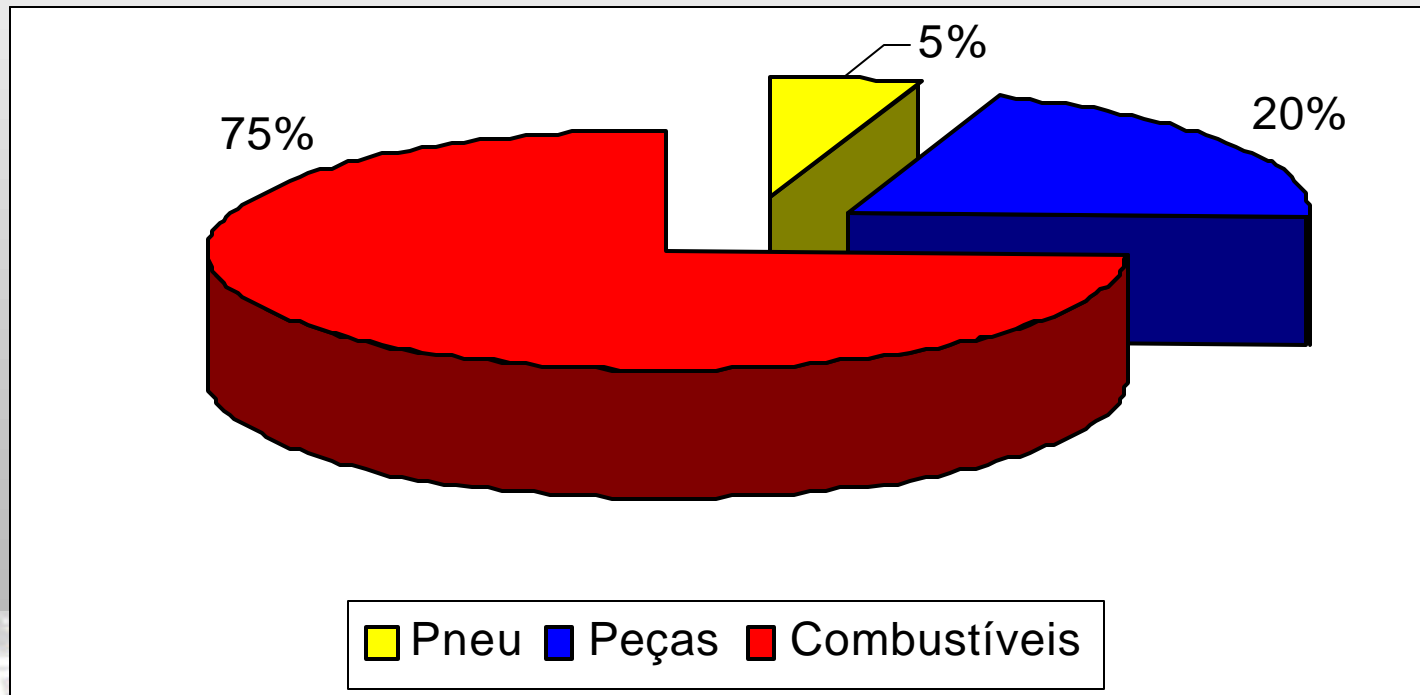
Importância do Combustível nos Custos Variáveis



Pneu: 5%

Peças e Acessórios: 20%

Combustíveis: 75%



Conclusões



- *Economias médias de combustível na faixa de 35% a 40% para intervalos de velocidades médias de 10 a 20 km/h, as mesmas encontradas nas principais cidades brasileiras;*
- *Numa empresa de transportes coletivos por ônibus, os combustíveis são responsáveis diretos por cerca de 75% dos custos variáveis totais, sendo 20% das peças e acessórios e o restante do material de rodagem;*



Conclusões



- *Fácil adaptação de outros tipos de combustível e motores;*
- *A tecnologia de propulsão híbrida representa um estágio intermediário no desenvolvimento de alternativas mais modernas a exemplo da propulsão exclusivamente elétrica ou o uso de células a combustível empregando hidrogênio como vetor energético;*
- *Um benefício indireto do menor consumo de óleo diesel está na redução das emissões de poluentes atmosféricos locais (monóxido de carbono - CO, óxidos de nitrogênio - NO_x, hidrocarbonetos voláteis - HC e material particulado – MP), regionais (principalmente óxidos de enxofre – SO_x) e globais (dióxido de carbono - CO₂).*

