



Monitorização dos Efeitos da Introdução de Biodiesel no Combustível de Veículos Automóveis de Frotas Comerciais

Eugénio Luís da Conceição Malheiro Pinto de Almeida

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Júri

Presidente: Prof. Doutor Pedro Carvalheira

Orientador: Prof. Doutor José Joaquim da Costa

Vogais: Prof. Doutor Manuel Carlos Gameiro da Silva

Doutora Cristina Sofia Rebelo Borges Correia

Agosto 2008

“The automobile engine will come, and then I will consider my life's work complete.”

Rudolf Diesel

Resumo

O biodiesel é um combustível produzido a partir de óleo vegetal ou gordura animal apontado por muitos como uma alternativa ao gasóleo convencional na sua forma pura ou em mistura com gasóleo em diferentes taxas de incorporação. Em Portugal a produção de biodiesel tem vindo a aumentar ao longo dos anos existindo já cinco empresas especializadas na sua produção - a Prio Advanced Fuels é um exemplo de referência no país.

Muito tem sido dito acerca dos benefícios da utilização deste combustível alternativo ao gasóleo na sua forma pura ou misturado com aquele, como uma melhor eficiência no consumo, uma conseqüente redução do consumo por parte dos veículos e ainda uma redução nas emissões poluentes.

Foi neste âmbito que se inseriu o presente trabalho, cujo objectivo principal foi realização de uma análise comparativa dos consumos e dos desempenhos das viaturas de uma frota de ligeiros comerciais e de uma de pesados de passageiros, com a incorporação de biodiesel no combustível em diferentes taxas de incorporação, considerando também a influência dos restantes parâmetros como o tipo de trajectos efectuados e a tipologia dos veículos. Obteve-se então um conjunto de resultados que apontam para uma subida da eficiência do consumo e para uma redução do consumo médio.

Palavras chave: Biodiesel, eficiência, consumo, B10, B15, B20.

Agradecimentos

Ao meu orientador Professor Doutor José Joaquim da Costa por toda a sua disponibilidade e orientação durante a realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Manuel Carlos Gameiro da Silva (D.E.M. – F.C.T.U.C.) pela disponibilidade e esclarecimentos.

Ao Eng.º Luís Serrano (ADAI) por toda a sua ajuda e apoio sempre que o necessitei.

À Doutora Cristina Sofia Rebelo Borges Correia (Prio) pela orientação e apoio na realização deste trabalho.

À Prio – Advanced Fuels pela oportunidade de realizar este trabalho.

À minha família pelo apoio incondicional e a todas as outras pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desta tese de dissertação.

Índice

| | |
|--|-----------|
| Índice de Figuras | v |
| Índice de Tabelas | vi |
| 1. Introdução | 1 |
| 1.1 Contexto actual | 1 |
| 1.2 Possíveis problemas associados ao uso de biodiesel | 1 |
| 1.3 Motivação e objectivos do presente trabalho | 2 |
| 2. Metodologia experimental | 3 |
| 2.1 Modelo físico | 3 |
| 2.2 Determinação da eficiência do consumo | 5 |
| 3. Avaliação do ponto de situação a 25 de Junho de 2008 | 8 |
| 3.1 Veículos monitorizados | 8 |
| 3.2 Dados recolhidos | 9 |
| 3.2.1 Veículos 1 e 2 | 9 |
| 3.2.2 Veículos 3 e 4 | 9 |
| 3.2.3 Veículos 5 e 6 | 12 |
| 3.2.4 Veículos 7 e 8 | 13 |
| 4. Resultados e discussão | 14 |
| 4.1 Ensaios de calibração | 14 |
| 4.2 Ensaios de desaceleração | 15 |
| 4.3 Ensaios com viaturas das frotas comerciais | 24 |
| 4.3.1 Veículos ligeiros comerciais | 24 |
| 4.3.2 Veículos pesados de passageiros | 30 |
| 5. Conclusão | 34 |
| 6. Proposta para trabalho futuro | 35 |
| Referências | 36 |
| Anexos | 38 |

Índice de Figuras

| | |
|---|-----------|
| Fig. 1 – Gama de valores de C_x de veículos rodoviários [20] | 3 |
| Fig. 2 – As três principais causas físicas da resistência ao rolamento [20] | 4 |
| Fig. 3 – DG-100 GPS <i>Data-logger</i> e antena externa | 5 |
| Fig. 4 – Imagem do “ <i>GlobaSat® Data-Logger PC Utility</i> ” | 6 |
| Fig. 5 – Trajecto de ida do veículo 3 no dia 12 de Junho (<i>Google Earth®</i>) | 10 |
| Fig. 6 – Trajecto de regresso do veículo 3 no dia 12 de Junho (<i>Google Earth®</i>) | 11 |
| Fig. 7 – Menu de configuração do <i>data-logger</i> do veículo 6 depois de detectadas leituras de altitude e tempo erradas | 13 |
| Fig. 8 – Medida entre dois pontos com um intervalo predefinido de 100 metros (medido no <i>Google Earth®</i>) | 15 |
| Fig. 9 – Valores obtidos para a força de inércia ao longo do ensaio de desaceleração com o veículo A | 17 |
| Fig. 10 – Gráfico da figura 6 com ajuste de polinómio de 2º grau | 19 |
| Fig. 11 – Gráfico das velocidades médias com a curva da equação (14) | 22 |
| Fig. 12 – Gráfico F_j versus v_{modelo} | 22 |
| Fig. 13 – Eficiência do consumo em trajectos extra-urbanos[20] | 23 |
| Fig. 14 – Eficiência do consumo em trajectos urbanos[20] | 23 |
| Fig. 15 – Gráfico de comparação entre o consumo de gasóleo e B15 | 29 |
| Fig. 16 – Variação de consumo depois da mudança para B15 | 29 |
| Fig. 17 - Gráfico de comparação entre o consumo de gasóleo e B10 | 32 |
| Fig. 18 – Variação de consumo depois da mudança para B10 | 32 |
| Fig. 19 - Gráfico de comparação entre o consumo de gasóleo e B20 | 33 |
| Fig. 20 – Variação de consumo depois da mudança para B20 | 33 |

Índice de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tab. 1 – Excerto da tabela de uma folha de cálculo de um veículo com as primeiras cinco linhas representadas | 7 |
| Tab. 2 – Veículos da frota monitorizados | 8 |
| Tab. 3 – Veículos particulares incluídos no teste | 9 |
| Tab. 4 – Tabela com os resultados da viatura 3 do dia 12 de Junho (dados do <i>data-logger</i>) | 11 |
| Tab. 5 – Tabela com os resultados do dia 17 de Junho da viatura 3 (dados do <i>data-logger</i>) | 11 |
| Tab. 6 – Tabela com os resultados do dia 4 de Junho da viatura 5 (dados do <i>data-logger</i>) | 12 |
| Tab. 7 – Excertos da folha de cálculo do <i>data-logger</i> com o intervalo pré-definido de 5 segundos | 15 |
| Tab. 8 – Excerto da folha de cálculo do ensaio de desaceleração | 18 |
| Tab. 9 – Valores típicos de C_r para vários tipos de veículos com a gama de valores para automóveis ligeiros evidenciados [20] | 19 |
| Tab. 10 – Tabela com os valores das velocidades dos três ensaios e respectivas médias em intervalos de 10 em 10 segundos | 20 |
| Tab. 11 – Tabela com os resultados finais do ensaio de desaceleração do veículo B | 21 |
| Tab. 12 – Veículos da frota equipados com GPS <i>data-logger</i> | 24 |
| Tab. 13 – Fases planeadas para o estudo | 25 |
| Tab. 14 – Parâmetros dos veículos equipados com GPS <i>data-logger</i> | 26 |
| Tab. 15 – Massa volúmica e calor específico inferior do gasóleo e B15 | 26 |
| Tab. 16 – Resultados do veículo 1 | 27 |
| Tab. 17 – Resultados do veículo 5 | 27 |
| Tab. 18 – Resultados do veículo 6 | 28 |
| Tab. 19 – Número total de quilómetros percorridos e quantidade de combustível abastecido | 29 |
| Tab. 20 – Listagem da amostra da frota de veículos pesados de passageiros | 30 |
| Tab. 21 – Consumos médios de cada período e respectivas variações | 31 |

1. Introdução

1.1 Contexto actual

Fruto da maior mobilidade de pessoas e bens, o peso do sector dos transportes tem sofrido um acentuado aumento no consumo final de energia. Segundo o “Programa de Actuação para Reduzir a Dependência de Portugal Face ao Petróleo”, aprovado no Conselho de Ministros de 4 de Novembro de 2004, em Portugal a dependência energética deste sector relativamente ao petróleo é responsável por 42% do consumo do petróleo importado.

Com a escalada do preço do barril e a conseqüente subida dos preços dos produtos refinados destinados ao sector dos transportes, como a gasolina e o gasóleo, têm sido feitos esforços na procura de alternativas – como, por exemplo, os biocombustíveis e, particularmente, o biodiesel - com o fim de reduzir a dependência externa do país em relação aos combustíveis de origem fóssil.

Prova disso é o Decreto-Lei nº 89/2008 recentemente aprovado a 30 de Maio em Conselho de Ministros, que reúne num único diploma as especificações técnicas dos combustíveis e define regras para o controlo da qualidade dos carburantes rodoviários e as condições para a comercialização de misturas de biocombustíveis com gasolina e gasóleo em percentagens superiores a 5%. Este decreto-lei, ao proceder a uma consolidação normativa, vem dar continuidade à transposição da Directiva nº 2003/17/CE do Parlamento Europeu e do Conselho que promove a utilização de biocombustíveis no sector dos transportes. Também em 2003, já havia sido criada a norma EN 14214 que regula a qualidade do biodiesel a nível europeu.

Esta caminhada que tem sido feita com o propósito de derrubar as barreiras políticas que até então dificultavam a promoção, a produção, a comercialização e a utilização de biocombustíveis e das respectivas misturas, veio permitir o aparecimento de produtores, desde os pequenos produtores aos grandes produtores industriais de que a Prio – Advanced Fuels é exemplo de referência em Portugal.

1.2 Possíveis problemas associados ao uso de biodiesel

No que diz respeito à adaptação da indústria automóvel, são poucas as marcas e/ou fabricantes que recomendam taxas de incorporação de biodiesel superiores a 5%

nos seus motores de ignição por compressão (ciclo Diesel). Isto deve-se não só às limitações dos sistemas de injeção de combustível - os fabricantes ainda não se adaptaram totalmente a esta nova realidade do biodiesel [1] - mas também a problemas que podem surgir devido ao uso do biodiesel e das respectivas misturas com gasóleo rodoviário, como por exemplo, a incompatibilidade com certos materiais [2 - 5], diluição, oxidação e/ou aumento da viscosidade do óleo lubrificante [6 - 15]. Por conseguinte, e a título de precaução, importa ter em conta um determinado número de procedimentos e de boas práticas [16] na incorporação de biodiesel nos combustíveis rodoviários tradicionais. Porém, existem publicações que afirmam que uma taxa de incorporação de até 20% de biodiesel não traz qualquer tipo de problemas aos veículos [16].

Não obstante, existem estudos que referem vantagens no uso de biodiesel e das suas misturas. Como exemplo podemos citar uma melhor lubricidade em relação ao gasóleo rodoviário [17] que apresenta baixo teor em enxofre, melhorias no consumo [14 e 18] e ainda uma redução das emissões poluentes [18 e 19].

1.3 Motivação e objectivos do presente trabalho

A Prio - Advanced Fuels tem vindo a acompanhar a utilização de biodiesel em viaturas das frotas comerciais dos seus clientes, com particular atenção às possíveis alterações ao nível dos programas de manutenção correctiva e preventiva das viaturas e ao acompanhamento da evolução dos consumos. Neste quadro, a Prio - Advanced Fuels solicitou a colaboração do Departamento de Engenharia Mecânica da FCTUC com vista ao desenvolvimento de um plano mais completo e detalhado de monitorização. É neste âmbito que se insere o presente trabalho, cujo objectivo principal é a análise comparativa dos consumos e dos desempenhos das viaturas de uma frota de ligeiros comerciais e de uma de pesados de passageiros, com a incorporação de biodiesel no combustível em diferentes taxas de incorporação, considerando também a influência dos restantes parâmetros como o tipo de trajectos efectuados e a tipologia dos veículos.

2. Metodologia experimental

2.1 Modelo físico

A força motriz, F_{mot} , que um veículo tem que desenvolver através do seu motor para percorrer um determinado percurso é representada pela seguinte equação:

$$F_{\text{mot}} = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho_{\text{ar}} \cdot A_f \cdot v^2 + C_r \cdot M \cdot g + M \cdot \frac{dv}{dt} + M \cdot g \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

onde o primeiro termo do segundo membro é a resistência aerodinâmica, o segundo é a resistência ao rolamento, o terceiro é a força de inércia e o quarto a força gravítica, ou seja, F_{mot} representa a soma das forças que se opõem ao movimento do veículo e que este tem que vencer para o manter. Ainda em relação a (1), as variáveis e constantes têm o seguinte significado: C_x e C_r são os coeficientes de resistência aerodinâmica e de rolamento, respectivamente, ρ_{ar} (kg/m^3) é a massa volúmica do ar, A_f (m^2) a área frontal do veículo, M (kg) a massa do veículo e dos ocupantes, v (m/s) a velocidade média, g (m/s^2) a aceleração da gravidade, $\frac{dv}{dt}$ (m/s^2) a aceleração do veículo e α (rad) a inclinação da estrada.

A resistência aerodinâmica é a força sentida por um objecto sólido (como um veículo) quando este se move através de um fluído (como o ar) a uma velocidade relativamente elevada, onde o coeficiente de arrastamento aerodinâmico é uma grandeza adimensional que traduz um valor característico dessa resistência causada pelo escoamento desse mesmo fluído. Por exemplo, dois objectos com a mesma área frontal, A_f , que se movem à mesma velocidade experimentam uma resistência aerodinâmica proporcional aos seus valores do coeficiente de resistência aerodinâmica.

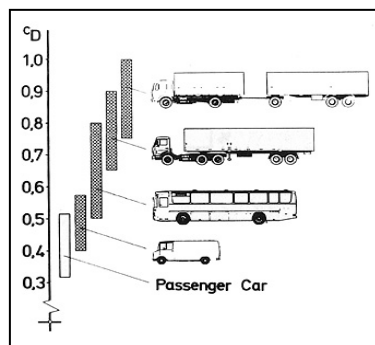


Fig. 1 – Gama de valores de C_x de veículos rodoviários [20]

Na **Fig. 1** apresentam-se esquematicamente valores típicos de C_x para veículos rodoviários. Em *design* automóvel é desejado um valor baixo para este coeficiente, pois minimizando a resistência aerodinâmica consegue-se melhorar a eficiência do consumo de combustível a velocidades elevadas, onde os efeitos aerodinâmicos representam uma fracção substancial da energia necessária para manter o veículo em movimento.

A resistência ao rolamento, segundo termo do segundo membro da equação **(1)**, é definida como sendo a energia consumida por unidade de distância percorrida por um pneu rolando sob carga. O coeficiente de resistência ao rolamento, C_r , é uma grandeza adimensional e é definido como a razão entre a força resistente e a carga vertical na roda.

Como a borracha é um material viscoelástico, à medida que o pneu se deforma, parte da energia é armazenada elasticamente e parte é dissipada sob a forma de calor. Esta é a perda de energia por histerese e corresponde a cerca de 80 a 95% da energia dissipada na resistência ao rolamento; os restantes 0-15% correspondem a perdas aerodinâmicas ou escorregamentos na área de contacto (ver **Fig.2**). E sendo este um fenómeno de dissipação de energia, a resistência ao rolamento tem um impacto no consumo de combustível. De facto, segundo D.J. Schuring [21], uma redução de 10% na resistência ao rolamento pode conduzir a uma redução no consumo de combustível de 0.5 a 1.5%, em veículos ligeiros, e de 1.5 a 3%, em veículos de mercadorias.

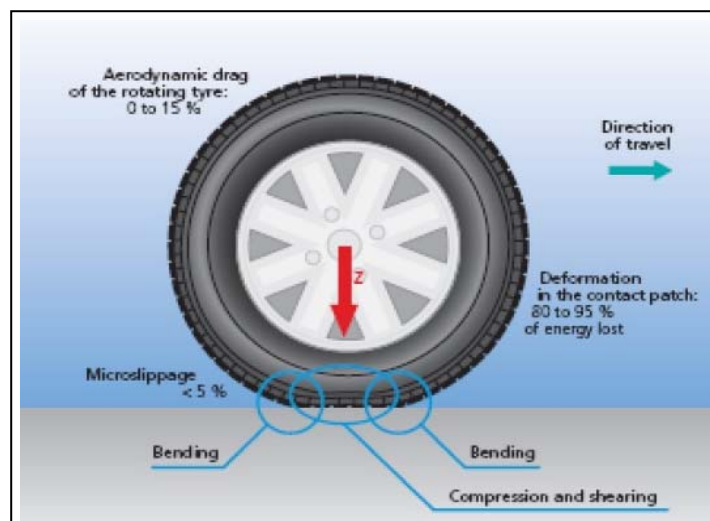


Fig. 2 – As três principais causas físicas da resistência ao rolamento [20]

O termo da força de inércia na equação (1) é a fracção da força motriz que o veículo tem que desenvolver para vencer a resistência ao movimento provocada pela massa do veículo e dos seus ocupantes.

Finalmente, o termo da força gravítica é uma consequência da aceleração da gravidade da Terra sob o veículo de massa M (kg) e tem em conta a inclinação da estrada (α): favorece o movimento no caso de uma descida ($\alpha < 0$) e opõe-se-lhe no caso de uma subida.

2.2 Determinação da Eficiência do Consumo

Para calcular a eficiência do consumo do combustível é necessário proceder à caracterização dos percursos efectuados por cada veículo. Para tal, os veículos em ensaio foram equipados com GPS *data-loggers* da marca *GlobalSat*[®] e modelo DG-100 com as respectivas antenas externas (Fig. 3).



Fig. 3 – DG-100 GPS *Data-logger* e antena externa

O DG-100 regista hora, data, velocidade, altitude e localização GPS (longitude e latitude) em intervalos pré-estabelecidos. Nominalmente, é possível definir estes intervalos de aquisição de dados em termos de distância percorrida (em metros) ou de tempo decorrido (em segundos)¹.

Para a configuração do DG-100 recorreu-se ao *software* fornecido e previamente instalado num computador, o “*GlobalSat*[®] *Data-Logger PC Utility*”, que também serve para o registo dos dados adquiridos pelo DG-100 para posterior tratamento e análise (Fig. 4).

¹ No decurso do presente trabalho, veio a verificar-se que a opção de aquisição de dados em intervalos pré-definidos de distância percorrida é inviável, devido a um erro sistemático (provavelmente do *software* de configuração).

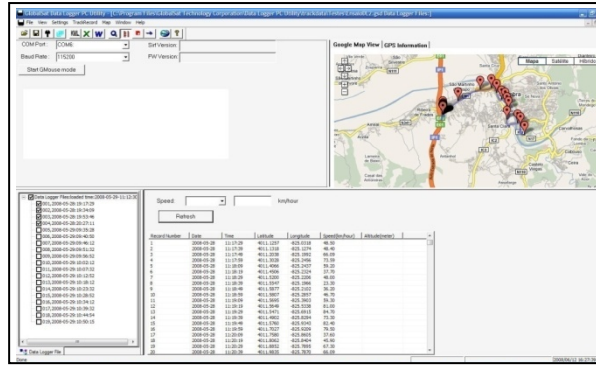


Fig. 4 – Imagem do “GlobaSat® Data-Logger PC Utility”

Através do mesmo *software*, os dados (em formato “.GSD”) podem ser exportados para três formatos de ficheiro diferentes, “.CSV” (*Microsoft Excell*®), “.TXT” (*Microsoft Notepad*®) e “.KML” (interface com *Google Earth*®). O processo de calibração dos *data-loggers* será explicado na secção 4.1.

Para calcular a energia necessária em cada trajecto, é necessário calcular primeiro, a força motriz média que cada veículo necessita desenvolver para vencer todas as resistências em cada sub-intervalo desse trajecto (i.e., cada intervalo de aquisição de dados), incluindo a resistência gravítica. Para este efeito, calcula-se a inclinação (α) média do trajecto de cada intervalo através de:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{h_{i+1}-h_i}{s}\right) \quad (2)$$

onde $h_{i+1}-h_i$ (m) é a diferença de altitude entre dois pontos de aquisição e s (m), a distância entre eles, calculada através de:

$$s = \left(\frac{v_i+v_{i+1}}{2}\right) \cdot \Delta t_i^{i+1} \quad (3)$$

em que v_i e v_{i+1} , são a velocidade (m/s) no instante i e $i+1$ e Δt_i^{i+1} (s) o intervalo de tempo entre esses mesmos instantes.

De seguida, calculam-se os valores médios da aceleração e da velocidade para cada intervalo (entre pontos de aquisição). Para isso, faz-se uso das equações seguintes:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{v_{i+1}-v_i}{\Delta t} \quad (4)$$

$$v_m = \frac{v_i+v_{i+1}}{2} \quad (5)$$

Finalmente, com estes valores e os valores dos coeficientes de arrastamento aerodinâmico e de resistência ao rolamento (ver secção 4.2 para a determinação destes coeficientes) é calculada a força motriz que cada veículo necessita desenvolver em cada intervalo de aquisição do trajecto. Obtém-se, então, a energia necessária em cada intervalo multiplicando o valor da força motriz pela distância percorrida entre esses dois pontos. Como exemplo, a **Tab. 1** apresenta um excerto de uma folha de cálculo com alguns valores obtidos para um dado veículo.

Finalmente calcula-se a energia total necessária, E, para cada trajecto percorrido pelo veículo, somando, de entre todos os intervalos, apenas os valores positivos da energia necessária estimada pela equação (1). Com efeito, as parcelas negativas calculadas pela equação (1) representam energia disponível que não é aproveitada, pois não existe forma de a armazenar para futura utilização.

Tab. 1 – Excerto da tabela de uma folha de cálculo de um veículo com as primeiras cinco linhas representadas

| h(m) | t (s) | Σs (m) | s (m) | dv/dt (m/s ²) | α (rad) | Sin(α) | v _m (m/s) | F _{mot} (N) | E (J) |
|------|-------|--------|-------|---------------------------|---------|--------|----------------------|----------------------|---------|
| 526 | 0 | 0.3472 | 0.35 | -0.016666667 | -1.536 | -0.999 | 0.069444 | -15499 | -5381.6 |
| 516 | 5 | 7.7778 | 7.43 | 0.583333333 | 0.3837 | 0.374 | 1.486111 | 6954.29 | 51674.2 |
| 519 | 10 | 23.472 | 15.7 | 0.077777778 | 0.1889 | 0.188 | 3.138889 | 3230.85 | 50706.4 |
| 522 | 15 | 42.778 | 19.3 | 0.211111111 | 0.1542 | 0.154 | 3.861111 | 2910.43 | 56187.5 |
| 525 | 20 | 69.583 | 26.8 | 0.388888889 | 0.1115 | 0.111 | 5.361111 | 2537.17 | 68010.3 |

Para determinar o consumo, cada veículo em monitorização deve ser reabastecido antes do início e no final de cada trajecto diário, registando a leitura do conta-quilómetros e o volume de combustível abastecido. Estes valores são registados numa folha de controlo existente em cada um dos veículos monitorizados.

Posteriormente, calcula-se a energia contida na quantidade de combustível consumido em cada trajecto:

$$E_{\text{comb}} = V_{\text{comb}} \cdot \rho \cdot \text{LHV} \quad (6)$$

onde V_{comb} (L) é o volume de combustível gasto no percurso, ρ (kg/L) é a massa volúmica e LHV (MJ/kg) o seu poder calorífico inferior.

Por fim, a eficiência do consumo de combustível é calculada através de:

$$\eta = \frac{E}{E_{\text{comb}}} \cdot 100\% \quad (7)$$

3. Avaliação do ponto de situação a 25 de Junho de 2008

Esta secção refere-se a dados recolhidos já depois dos *data-loggers* terem sido calibrados em ensaios realizados entre os dias 29 de Maio e 10 de Junho de 2008. Ensaios estes que também tiveram a finalidade de validar o método utilizado na monitorização dos veículos em teste, com o propósito de calcular a eficiência do consumo do combustível utilizados pelos veículos nos respectivos trajectos, visto que, numa primeira fase, terem sido detectadas incertezas nos dados recolhidos pelos *data-loggers*.

Estes ensaios estão descritos na secção 4, assim como os resultados obtidos.

Não obstante, os últimos dados recolhidos nos passados dias 9 e 19 de Junho de 2008 continuam a apresentar incertezas as quais não permitem tirar qualquer conclusão. Estas incertezas não se devem ao método adoptado, mas sim a erros de utilização dos equipamentos distribuídos como poderemos verificar nas secções seguintes. Foi apenas possível obter um bom resultado de apenas um dia de um veículo.

3.1 Veículos Monitorizados

Cada uma das seguintes viaturas estão equipadas com um GPS *data-logger* DG-100 da *GlobalSat*[®] com a respectiva antena externa e carregador de isqueiro.

Tab. 2 – Veículos da frota monitorizados

| Veículo | Marca | Modelo | Ano |
|---------|-------|---------------------|----------|
| 1 | Ford | Focus 1.6 TDCI | Jan-2006 |
| 2 | Ford | Focus 1.6 TDCI | Jan-2006 |
| 3 | Ford | Fiesta Van 1.4 TDCI | Fev-2008 |
| 4 | Ford | Fiesta Van 1.4 TDCI | Mar-2008 |
| 5 | Opel | Corsa Van 1.3 CDTI | Out-2007 |
| 6 | Opel | Corsa Van 1.3 CDTI | Jun-2007 |

Além dos veículos acima referidos foram também incluídos no teste mais dois veículos particulares pertencentes a colaboradores da empresa.

Tab. 3 – Veículos particulares incluídos no teste

| Veículo | Marca | Modelo | Ano |
|----------------|--------------|--------------------|------------|
| 7 | Ford | Focus Van 1.6 TDCI | Mai-2008 |
| 8 | Citroën | C4 1.6 HDI | 2005 |

Em todos os veículos, os data-loggers foram programados para registarem os pontos com um intervalo pré-definido de 5 segundos com a excepção do veículo 1 pois este encontrava-se fora em serviço.

3.2 Dados Recolhidos

Nesta secção serão apresentados os dados que foram possíveis recolher até ao dia 19 de Junho.

As principais fontes de incerteza detectadas foram a falta de correspondência entre os quilómetros percorridos registados pelos *data-loggers* e os registados nas folhas de controlo e dados que estavam registados nos *data-loggers* e não nas mesma folhas e *vice versa*.

3.2.1 Veículos 1 e 2

Como já foi referido, o veículo 1, por estar ausente em serviço por tempo indeterminado até à data da recolha, tanto não foi possível recolher dados, como reprogramar o intervalo pré-definido.

Quanto ao veículo 2, este também se encontrava ausente à data da recolha de dados.

3.2.2 Veículos 3 e 4

No veículo 3 foi colocado o data-logger já reprogramado no dia 9 de Junho. Os dados que constam na folha de controlo são os correspondentes aos dias 12 e 17 de Junho de 2008 e os recolhidos pelo data-logger correspondem aos dias 11, 12 16 e 17 de Junho 2008.

Após uma análise cuidada recorrendo ao *Microsoft Excel*[®] e *Google Earth*[®], verificou-se que os dados dos dias 11 e 12 de Junho registados pelo *data-logger*

correspondiam na realidade ao dia 12 de Junho da folha de controlo. Segundo esta, a distância total percorrida foi de 238 quilómetros e a obtida pelo *data-logger* foi de aproximadamente 225 quilómetros. Esta diferença de 13 quilómetros deve-se muito provavelmente ao facto de o utilizador não ter aguardado que o *data-logger* adquirisse o sinal de satélite antes de ter iniciado a viagem. Mas, com esses dados pode-se calcular a eficiência do mesmo que foi de 27.5 %.

O mesmo não se verificou com os dados dos dias 16 e 17 de Junho registados pelo *data-logger*. Segundo a folha de registos, o veículo 3 termina com um total de 11785 quilómetros no dia 12 de Junho e o registo seguinte corresponde ao dia 17 de Junho em que o veículo inicia viagem com 11898 quilómetros. Ou seja, faltam dados na folha de controlo correspondentes ao dia 16 de Junho.

Quanto ao dia 17, na folha de controlo o total de quilómetros percorridos registados foi de 258 quilómetros e segundo o *data-logger* o total foi de 166.5 quilómetros. Esta é uma diferença grande a qual não permite tirar qualquer conclusão.

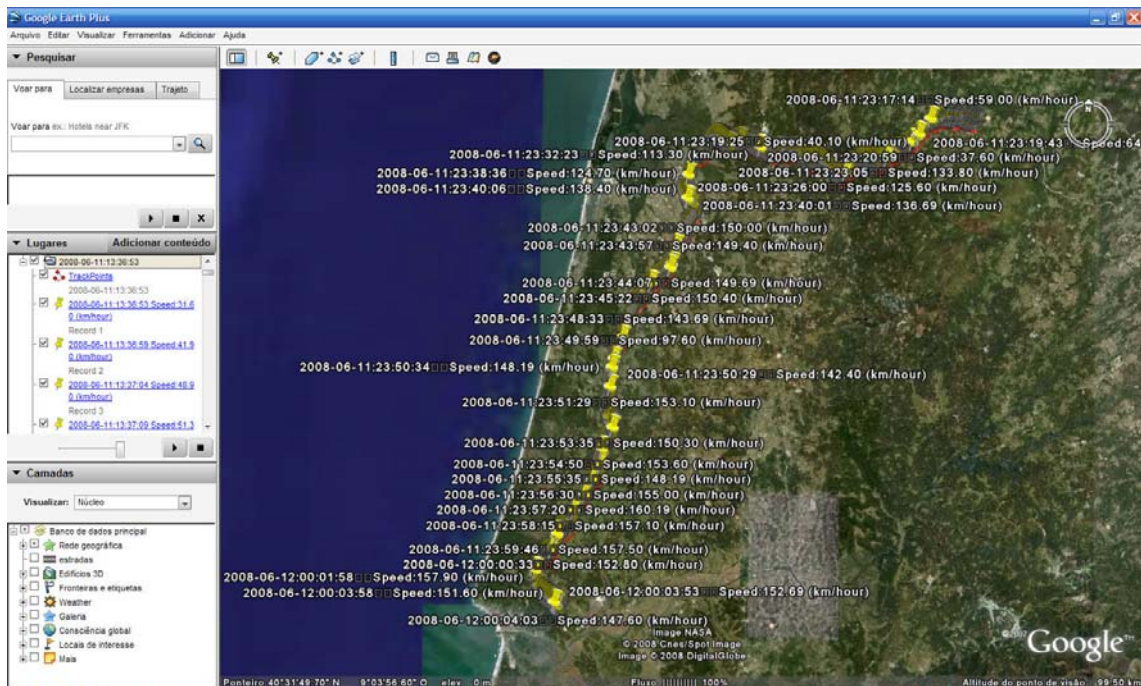


Fig. 5 – Trajecto de ida do veículo 3 no dia 12 de Junho (Google Earth®)

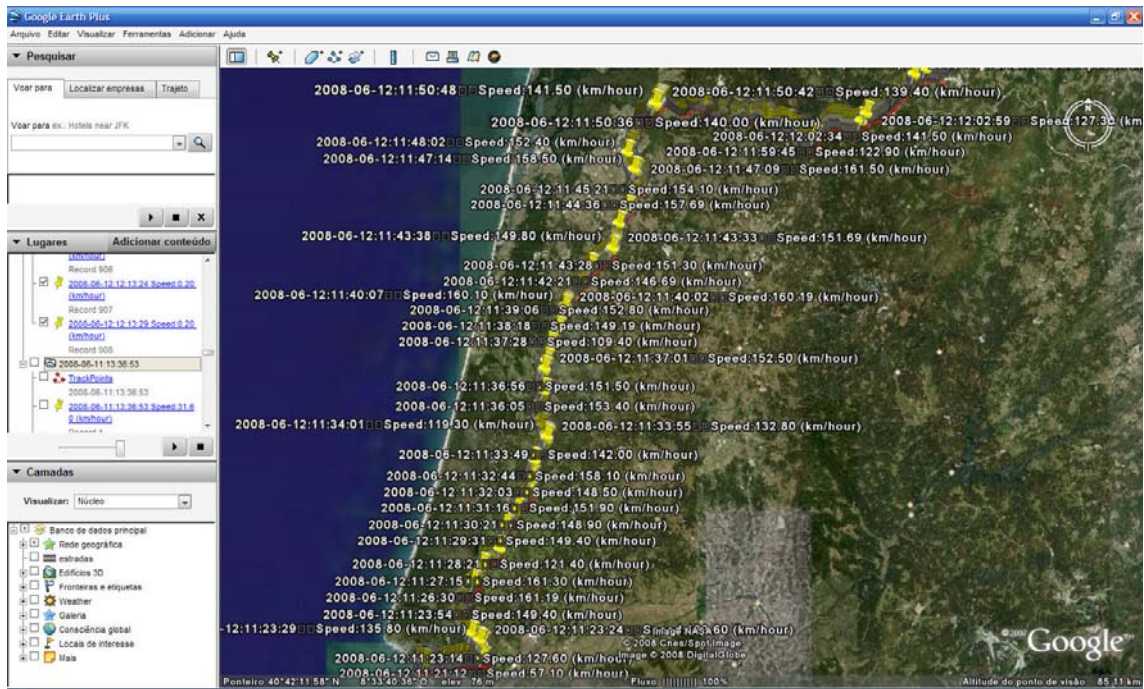


Fig. 6 – Trajecto de regresso do veículo 3 no dia 12 de Junho (Google Earth®)

Tab. 4 – Tabela com os resultados da viatura 3 do dia 12 de Junho (dados do data-logger)

| v (m/s) | h(m) | Σs (m) |
|---------|------|----------|
| 8.7778 | 524 | 51.04167 |
| 11.639 | 537 | 114.0972 |
| 13.583 | 533 | 183.6806 |
| 0.25 | 527 | 224929.3 |
| 0.0556 | 527 | 224929.6 |
| 0.0556 | 527 | 224929.9 |
| 0.0556 | 527 | |

Tab. 5 – Tabela com os resultados do dia 17 de Junho da viatura 3 (dados do data-logger)

| v (m/s) | h(m) | Σs (m) |
|---------|------|----------|
| 29.056 | 99 | 145.4167 |
| 29.111 | 133 | 289.1667 |
| 28.389 | 124 | 434.9306 |
| 0.3056 | 527 | 166586.1 |
| 0.1944 | 528 | 166586.8 |
| 0.0833 | 528 | 166587.2 |
| 0.0556 | 510 | |

Quanto ao veículo 4, o data-logger foi colocado no dia 13 de Junho de 2008 mas, à data da recolha dos dados encontrava-se indisponível.

3.2.3 Veículos 5 e 6

No veículo 5 o *data-logger* foi colocado no dia 4 de Junho de 2008 e a recolha de dados foi feita apenas no dia 9 de Junho, pois no dia 19 do mesmo mês não estava disponível para o efeito.

Neste recolheram-se dados correspondentes aos dias 4 e 5 de Junho, tanto da folha de controlo como do *data-logger*, tendo-se verificado que o número de quilómetros num e noutro não correspondiam. A título de exemplo, na folha de controlo o número de quilómetros percorridos no dia 4 de Junho foi 570 quilómetros e segundo os dados do *data-logger* foi de 165.8 quilómetros. Para o dia 5 de Junho, segundo a folha de controlo, foram percorridos 178 quilómetros e segundo o *data-logger* 7.2 quilómetros, aproximadamente.

Além disso, o primeiro ponto registado pelo *data-logger* no dia 5 de Junho tem como velocidade 124.9 Km/h. Uma velocidade incompatível com o arranque inicial no início de qualquer trajecto, pelo que não se pode obter qualquer resultado destes dados.

Tab. 6 – Tabela com os resultados do dia 4 de Junho da viatura 5 (dados do *data-logger*)

| v (m/s) | h(m) | t (s) | Σs (m) |
|-------------|------|-------|----------|
| 0.055555556 | 178 | 0 | 0.416667 |
| 0.111111111 | 157 | 5 | 1.180556 |
| 0.194444444 | 160 | 10 | 2.152778 |
| 0.111111111 | 389 | 6480 | 165807.8 |
| 0.138888889 | 393 | 6485 | 165808.4 |
| 0.111111111 | 394 | 6490 | 165809.8 |
| 0.444444444 | 396 | 6495 | |

Quanto ao veículo 6, o *data-logger* também foi colocado no dia 4 de Junho de 2008. No dia 9 de Junho, quando se procedeu à recolha de dados do respectivo *data-logger* este não tinha qualquer registo apesar de na folha de controlo existir um registo do dia 6 de Junho.

Na recolha de dados que se efectuou no dia 19 de Junho, os dados que se encontravam registados no *data-logger* correspondiam aos dias 12, 13, 16 e 17 de Junho. Na folha de controlo apenas constavam registos referentes aos dias 11, 12 e 17 de Junho.

Além de não haver correspondência entre os registos do *data-logger* e da folha de controlo foram verificados os mesmos erros presentes no veículo anterior.

Ainda foram verificado valores de altitude irreais e assim como configurações absurdas no menu de configuração do *data-logger*, pelo que foi novamente programado.

Também o valor do intervalo pré-definido não era o atribuído.

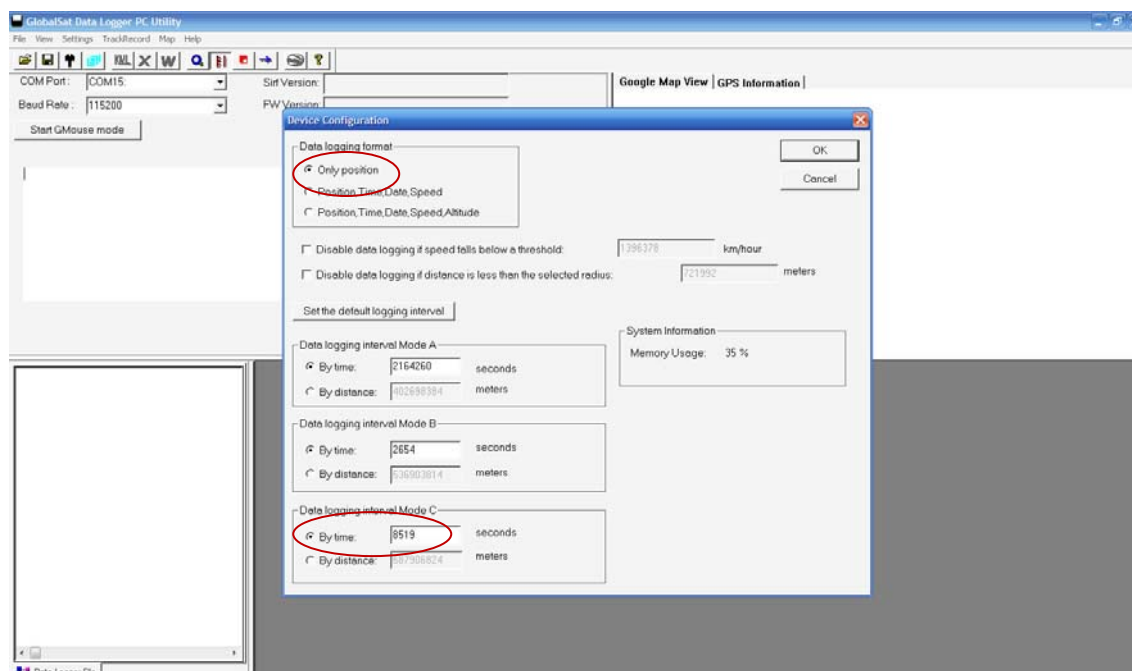


Fig. 7 – Menu de configuração do *data-logger* do veículo 6 depois de detectadas leituras de altitude e tempo erradas

Assim sendo, também com os dados deste veículo não foi possível tirar qualquer conclusão.

3.2.4 Veículos 7 e 8²

Os dados que constavam nos *data-loggers* destes dois veículos não tinham a totalidade dos trajectos registados. Pelo que também destes não foi possível obter dados para tirar quaisquer conclusões.

² Estes veículos foram retirados do teste, pois os proprietários iniciaram uma prática de partilha de carro com os colegas de trabalho

4. Resultados e discussão

4.1 Ensaio de calibração

Para a calibração dos *data-loggers*, realizou-se um ensaio no veículo A com dois aparelhos idênticos em que os intervalos pré-definidos entre registo de dados foram diferentes para cada um. Num, o intervalo pré-definido foi de 100 metros e no outro foi de 5 segundos.

Eis as características mais relevantes do veículo A:

| | |
|-------------------------|---------------------------------|
| Marca e modelo: | Mazda6 (5 portas) |
| Ano: | 2004 |
| Combustível: | Diesel |
| Massa: | 1775 Kg (veículo + 3 ocupantes) |
| Área frontal (A_f): | 2.1 m ² |

No final do ensaio fez-se a recolha dos dados de cada um dos aparelhos para análise comparativa. Verificou-se que o *data-logger* com o intervalo pré-definido de 100 metros apresentava um erro de medição importante. A distância realmente percorrida no trajecto foi de 88.6 quilómetros, aproximadamente (valor registado pelo conta quilómetros do veículo A), e o número total de pontos registados por este *data-logger* eram de 480, a que corresponderia uma distância total de 48 quilómetros.

Exportaram-se, então, os dados para formato “.KML” para visualizar o trajecto no *Google Earth*[®] e, recorrendo à ferramenta de medição de distâncias do mesmo, verificou-se que a distância entre pontos variava entre os 160 metros e os 198 metros aproximadamente (**Fig. 8**), bem diferente, portanto, da distância préconfigurada (100 m). O erro foi deste modo identificado e, sendo este uma fonte de incerteza, decidiu-se não mais utilizar este tipo de configuração (intervalo pré-definido em distância).

Relativamente aos dados do segundo *data-logger*, com um intervalo pré-definido de 5 segundos entre pontos de medida consecutivos, estes foram exportados para o formato “.TXT” e convertidos para o formato “.XLSX” (*Microsoft Excel*[®]). Numa coluna de uma folha de cálculo foi calculada a distância entre pontos de medida consecutivos através da expressão (3).



Fig. 8 – Medida entre dois pontos com um intervalo predefinido de 100 metros (medido no *Google Earth*[®])

De seguida foi calculada a distância acumulada (Σs) obtendo-se uma distância total de 87.2 quilómetros (Tab. 7). Sendo este um valor que diferia apenas em 1.4 quilómetros (1.6%) do valor registado pelo conta quilómetros do veículo A, optou-se por adoptar o valor de 5 segundos para o intervalo pré-definido para o registo de pontos.

Tab. 7 – Excertos da folha de cálculo do data-logger com o intervalo pré-definido de 5 segundos

| v (m/s) | h(m) | t (s) | Σs (m) | s (m) |
|-------------|------|-------|----------------|-----------|
| 0.027777778 | 6 | 0 | 0.138889 | 0.138889 |
| 0.027777778 | 6 | 5 | 0.208333 | 0.0694444 |
| 0.027777778 | 45 | 4625 | 87235.6 | 0.2777778 |
| 0.083333333 | 44 | 4630 | 87235.94 | 0.3472222 |
| 0.055555556 | 43 | 4635 | | |

4.2 Ensaios de desaceleração

Os coeficientes de resistência aerodinâmica, C_x , e de resistência ao rolamento, C_r , podem ser determinados através de ensaios de desaceleração.

Estes ensaios consistem em acelerar o veículo até uma velocidade previamente definida numa estrada horizontal (sem inclinação) e sem vento. Uma vez atingida essa velocidade, o veículo é colocado em ponto-morto deixando-o rolar até ficar totalmente imobilizado. Os ensaios são realizados em sentidos opostos, no mesmo percurso, de forma a minimizar as incertezas próprias das irregularidades do pavimento que possam

existir. O registo dos dados, como a velocidade e o tempo, é feito com recurso ao *data-logger*.

Durante este trabalho foram realizados ensaios de desaceleração em dois veículos, o veículo A já descrito na secção anterior e o veículo B, com as seguintes características principais:

| | |
|-------------------------|---|
| Marca e modelo: | Mercedes Benz C220 CDI Avangarde (5 portas) |
| Ano: | 2004 |
| Combustível: | Diesel |
| Massa: | 1595 Kg (veículo + 1 ocupante) |
| Área frontal (A_f): | 2.17 m ² |

A metodologia destes ensaios tem por base a equação (1) apresentada na secção 2.1. Uma vez que o veículo estava em ponto-morto, ou seja, o motor não estava a desenvolver qualquer força para vencer as forças resistentes ao movimento e que a estrada era horizontal, anulam-se o termo do primeiro membro e o último termo do segundo na equação (1), que toma seguinte forma:

$$F_i = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho_{ar} \cdot A_f \cdot v^2 + C_r \cdot M \cdot g \quad (8)$$

em que $F_i = -M \frac{dv}{dt}$ é a força de inércia.

No caso do veículo A, recolheram-se os dados registados pelo *data-logger* os quais foram tratados numa folha de cálculo do *Microsoft Excel*[®]. Nessa mesma folha foi calculada numa coluna o primeiro membro da equação (8) entre cada par de pontos consecutivos, onde M é a massa do veículo e $\frac{dv}{dt}$ a desaceleração do veículo, cujo cálculo é efectuado através da expressão (4). Numa outra coluna foi calculada a velocidade média em cada intervalo Δt_i^{i+1} , através da equação (5). Com estes dados construiu-se o gráfico da Fig.9, onde se pode verificar uma grande dispersão dos resultados, o que não permitiu determinar directamente a curva correspondente à equação (8), pelo que não foi possível obter o valor do coeficiente de resistência aerodinâmica de forma experimental. Então, esse valor foi obtido junto do fabricante do veículo A, o qual foi de 0.29.

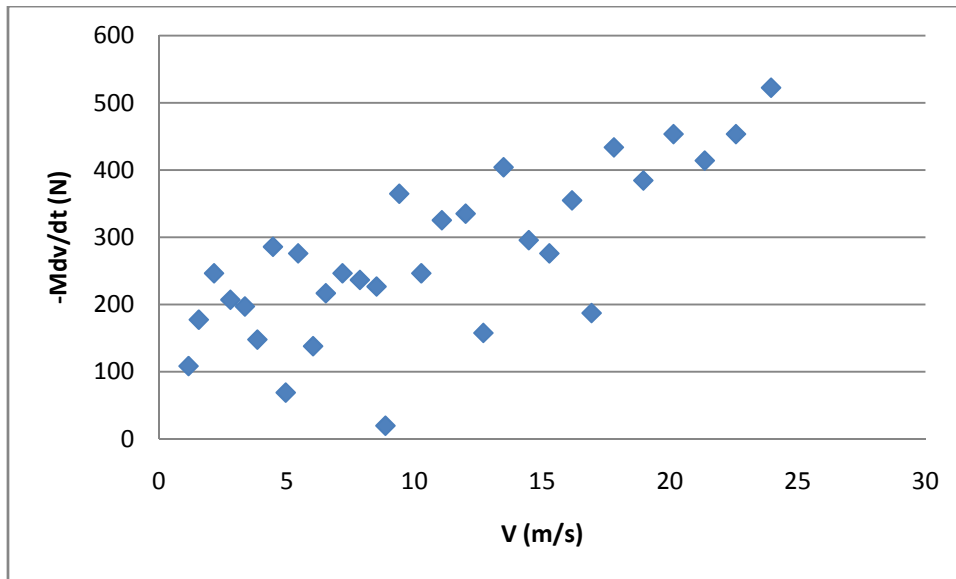


Fig. 9 – Valores obtidos para a força de inércia ao longo do ensaio de desaceleração com o veículo A

O valor do coeficiente de resistência aerodinâmica anterior foi substituído na equação (8).

Como (8) é uma equação de grau 2, ajustou-se de seguida um polinómio de 2º grau a estes pontos obtendo-se a curva da Fig. 10:

$$y = 0.484 \cdot x^2 + 2.038 \cdot x + 173.2 \quad (9)$$

onde x e y têm o mesmo significado dos primeiros membros de (5) e de (8), respectivamente.

Sabendo que o coeficiente de resistência ao rolamento obedece habitualmente ao modelo $C_r=(K_0+K_1v^2)$, sendo K_0 e K_1 os coeficientes de atrito de rolamento estático e dinâmico, respectivamente, e v o valor da velocidade média entre cada ponto, calcularam-se dois valores de y a partir de (9) usando valores de v de (5) e resolveu-se um sistema de duas equações em ordem a K_0 e K_1 , geradas pela equação (8), onde o termo do primeiro membro toma a seguinte designação (10):

$$-M \cdot \frac{dv}{dt} = F \quad (10)$$

Os pares $(v_i, F_i) \equiv (x_i, y_i)$ usados no cálculo de K_0 e K_1 foram:

$$(v_1, F_1) = (23.95833, 499.8439)$$

$$(v_2, F_2) = (18.95833, 385.7956)$$

resultando o sistema de equações em ordem a K_0 e K_1 :

$$\begin{cases} F_1 = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho_{ar} \cdot A_f \cdot v_1^2 + (K_0 + K_1 \cdot v_1^2) \cdot M \cdot g \\ F_2 = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho_{ar} \cdot A_f \cdot v_2^2 + (K_0 + K_1 \cdot v_2^2) \cdot M \cdot g \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} K_0 = 1.0844 \cdot E^{-2} \\ K_1 = 1.0257 \cdot E^{-5} \end{cases} \quad (11)$$

Com estes valores e numa nova coluna da folha de cálculo (**Tab. 8**) foram calculados os novos valores de F entre cada ponto recorrendo à equação (12):

$$F_i = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho_{ar} \cdot A_f \cdot v_{mi} + (K_0 + K_1 \cdot v_{mi}^2) \cdot M \cdot g \quad (12)$$

Numa outra coluna e com um valor arbitrário de C_r foram calculados os valores entre cada ponto de F_j recorrendo à equação (13). De seguida calculou-se o erro entre F_i e F_j e recorrendo à ferramenta “*Solver*” do *Microsoft Excel*[®] foi obtido um valor para C_r de 0.012117 pelo método da diferença dos mínimos quadrados.

Equação para F_j :

$$F_j = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho_{ar} \cdot A_f \cdot v_{mj}^2 + C_r \cdot M \cdot g \quad (13)$$

Equação do erro entre F_i e F_j (quadrado da diferença):

$$\text{Erro} = (F_i - F_j)^2 \quad (14)$$

Tab. 8 – Excerto da folha de cálculo do ensaio de desaceleração

| v_m (m/s) | F_i (N) | F_j (N) | Erro |
|-------------|-----------|------------|-----------|
| 23.95833 | 500.3161 | 420.725832 | 6334.6146 |
| 22.58333 | 465.5028 | 397.342135 | 4645.8752 |
| 21.36111 | 436.2845 | 377.716546 | 3430.203 |
| 20.13889 | 408.6915 | 359.182646 | 2451.1228 |
| 18.95833 | 383.5822 | 342.317082 | 1702.8131 |
| 17.80556 | 360.5271 | 326.831213 | 1135.4118 |

Na **Fig. 10** podemos ver o mesmo gráfico da **Fig. 9** com a curva obtida pelo polinómio (9) onde podemos verificar que a curva acompanha a tendência apresentada pelos pontos. Além disso, o valor obtido para o coeficiente de resistência ao rolamento está dentro da gama de valores para automóveis ligeiros de passageiros (**Tab. 9**), pelo que se pode concluir que o valor que se obteve é uma aproximação adequada à realidade.

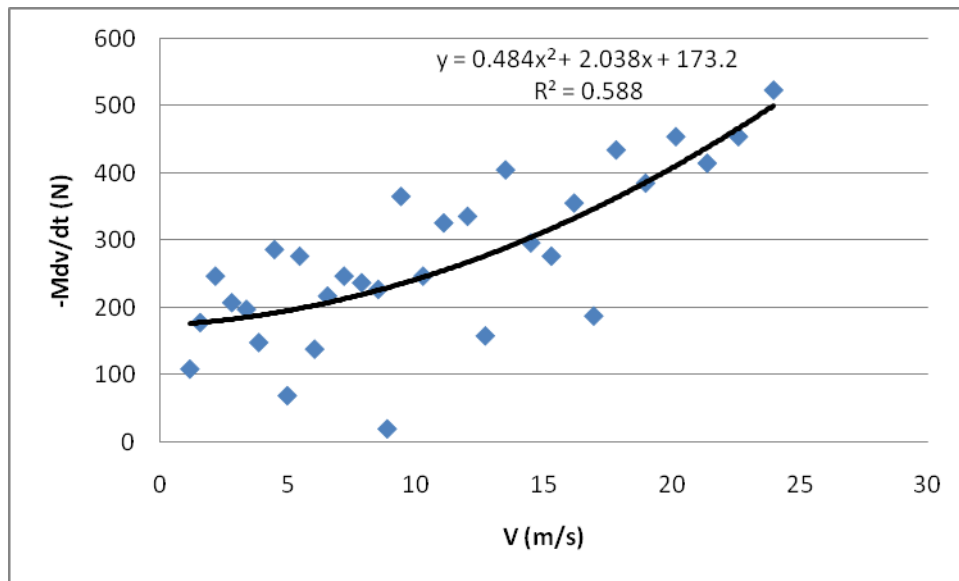


Fig. 10 – Gráfico da figura 6 com ajuste de polinómio de 2º grau

Tab. 9 – Valores típicos de C_r para vários tipos de veículos com a gama de valores para automóveis ligeiros evidenciados [20]

| C_r | description |
|------------------|---|
| 0.001 to 0.0025 | train steel on steel with tatz-mounted electric traction. 0.001 is considered to be the theoretical limit achievable. |
| 0.0015 to 0.0025 | low resistance tubeless radial used for solar cars/eco marathon cars as specially made by Michelin |
| 0.005 | tram-rails standard dirty with straights and curves |
| 0.0055 | Typical BMX bicycle tire used for solar cars |
| 0.006 to 0.01 | low rolling resistance car tire on a smooth road and truck tires on a smooth road |
| 0.010 to 0.015 | ordinary car tires on concrete |
| 0.020 | car on stone plates |
| 0.030 | car/bus on tar/asphalt |

Relativamente ao veículo B foi feita uma abordagem diferente no cálculo dos valores de C_x e C_r visto no ensaio anterior ter havido a dificuldade de calcular C_x de forma experimental. Primeiro, programou-se o *data-logger* para fazer o registo de pontos a intervalos de um segundo e, de seguida, efectuaram-se três ensaios de desaceleração com uma velocidade inicial de aproximadamente de 70 km/h.

No tratamento dos dados registados pelo *data-logger* escolheram-se os valores das velocidades desde zero a setenta segundos em intervalos de dez em dez segundos e calculou-se a média para cada velocidade dos três ensaios, conforme a **Tab. 10**, para tentar eliminar as incertezas das irregularidades do pavimento e da presença de algum vento que se fazia sentir.

Tab. 10 – Tabela com os valores das velocidades dos três ensaios e respectivas médias em intervalos de 10 em 10 segundos

| t | v ₁ | v ₂ | v ₃ | v _m |
|----|----------------|----------------|----------------|----------------|
| s | km/h | km/h | km/h | km/h |
| 0 | 69.9 | 69.7 | 69.3 | 69.6 |
| 10 | 63.6 | 63.7 | 62.7 | 63.3 |
| 20 | 57.4 | 57.5 | 57.1 | 57.3 |
| 30 | 47.6 | 50.9 | 51.8 | 50.1 |
| 40 | 43.3 | 43.4 | 46.4 | 44.4 |
| 50 | 39.5 | 37.5 | 42.5 | 39.8 |
| 60 | 34.9 | 33.1 | 38.7 | 35.6 |
| 70 | 30.2 | 27.9 | 34.9 | 31.0 |

De seguida, construiu-se uma nova tabela (**Tab. 11**), mas com um intervalo de tempo de cinco em cinco segundos, onde numa coluna foram calculados os vários valores de F_j recorrendo à equação (13) com valores arbitrários de C_x e C_r . Para isso foram calculados simultaneamente os valores da velocidade para intervalos de cinco em cinco segundos (v_{modelo}) com base na desaceleração do veículo através da equação (15).

$$v_{i+1} = v_i - \frac{F_j}{M} \cdot 5 \quad (15)$$

Numa nova coluna foi calculado o erro entre a velocidade experimental (velocidade média) e a velocidade do modelo através da equação (14). Novamente, com o recurso à ferramenta “*Solver*” do *Microsoft Excel*[®] foram calculados os valores de C_x e C_r que minimizam o valor do erro. Obtiveram-se os valores de 0.3065 e 0.0105 para C_x e C_r , respectivamente, conforme a **Tab. 11**.

Mais uma vez, o valor de C_r está dentro da gama de valores para esta tipologia de veículos como se pode verificar na **Tab. 9** e o valor de C_x não é muito diferente do fornecido pela marca para aquele modelo que foi de 0.27. O desvio encontrado deve-se provavelmente ao vento que se fazia sentir, às irregularidades do pavimento e a erros de medição do *data-logger*.

Tab. 11 – Tabela com os resultados finais do ensaio de desaceleração do veículo B

| t | V_{actual} | V_{modelo} | F_j | dv/dt | Erro |
|---|---------------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|-----------------|
| <i>s</i> | <i>m/s</i> | <i>m/s</i> | <i>N</i> | <i>m/s²</i> | |
| 0 | 19.34 | 19.34 | 314.4283 | 0.197134 | 0.00000 |
| 5 | | 18.35692 | 299.5998 | 0.187837 | |
| 10 | 17.59 | 17.41774 | 286.1919 | 0.179431 | 0.03057 |
| 15 | | 16.52059 | 274.0416 | 0.171813 | |
| 20 | 15.93 | 15.66152 | 263.0091 | 0.164896 | 0.06991 |
| 25 | | 14.83704 | 252.9748 | 0.158605 | |
| 30 | 13.92 | 14.04402 | 243.8351 | 0.152875 | 0.01622 |
| 35 | | 13.27964 | 235.5006 | 0.147649 | |
| 40 | 12.32 | 12.5414 | 227.8938 | 0.14288 | 0.04723 |
| 45 | | 11.827 | 220.9467 | 0.138525 | |
| 50 | 11.06 | 11.13437 | 214.6003 | 0.134546 | 0.00484 |
| 55 | | 10.46165 | 208.8028 | 0.130911 | |
| 60 | 9.88 | 9.807092 | 203.5085 | 0.127592 | 0.00526 |
| 65 | | 9.169134 | 198.6776 | 0.124563 | |
| 70 | 8.61 | 8.54632 | 194.2746 | 0.121802 | 0.00420 |
| Σerro (minimizado pela alteração de Cd e Cr) | | | | | 0.17823 |
| Cd = | | | | | 0.306493 |
| Cr = | | | | | 0.010553 |

Na **Fig. 11** está representado o gráfico das velocidades médias de dez em dez segundos com os valores da velocidade da equação **(15)** e respectiva curva de tendência onde se pode verificar um bom ajuste aos pontos correspondentes às velocidades médias.

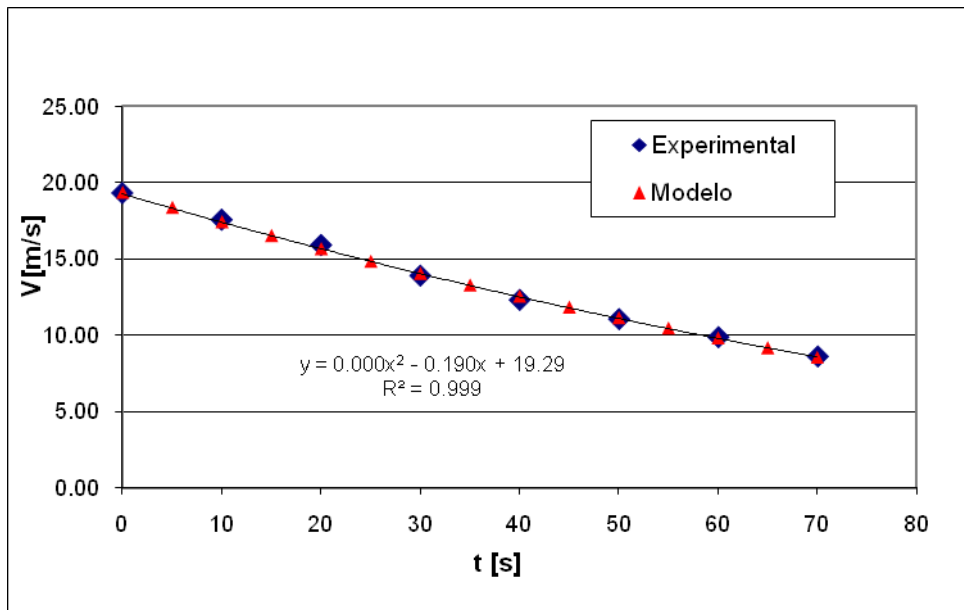


Fig. 11 – Gráfico das velocidades médias com a curva da equação (14)

No gráfico da Fig. 12, onde estão representados os pontos F_j obtidos pela equação (13) em função da velocidade do modelo obtida pela equação (15), podemos verificar uma muito menor dispersão dos mesmos pontos.

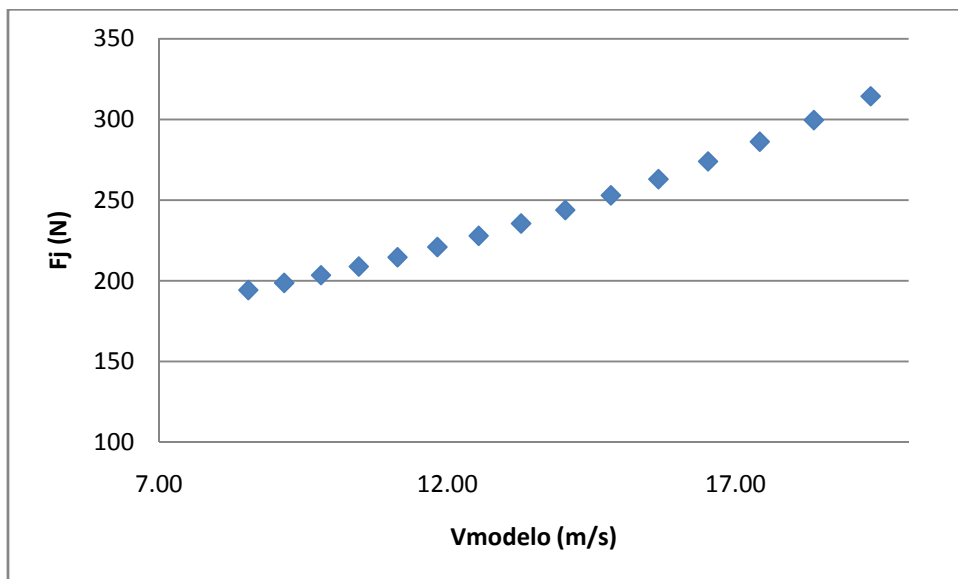


Fig. 12 – Gráfico F_j versus V_{modelo}

Como não seria prático realizar ensaios de desaceleração para cada modelo de veículo da frota de comerciais ligeiros em estudo, visto estes serem veículos de trabalho, através destes ensaios de desaceleração podemos verificar que podemos usar um valor de 0.01 para o coeficiente de resistência ao rolamento como valor típico e que

podemos usar para o coeficiente de resistência aerodinâmica os valores fornecidos pelas marcas uma vez que estão facilmente disponíveis.

Ainda para os veículos A e B, foi determinada a eficiência do consumo a qual foi de 25.22% e de 24.11%, respectivamente. Nas figuras seguintes podemos ver os valores típicos para esta tipologia de veículos para circuitos extra-urbanos e urbanos.

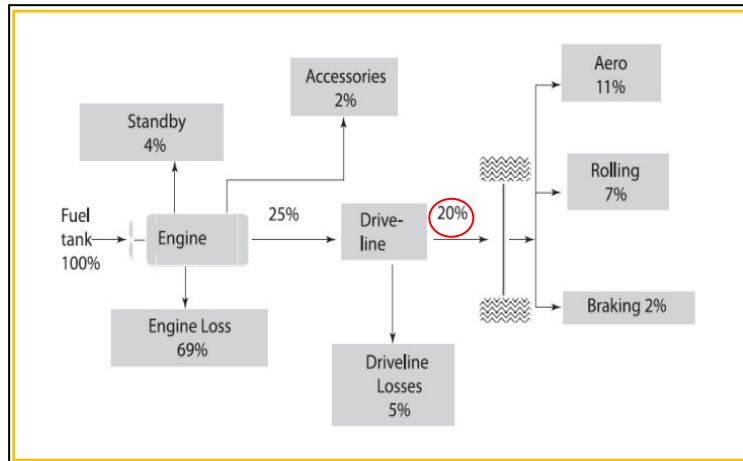


Fig. 13 – Eficiência do consumo em trajectos extra-urbanos[20]

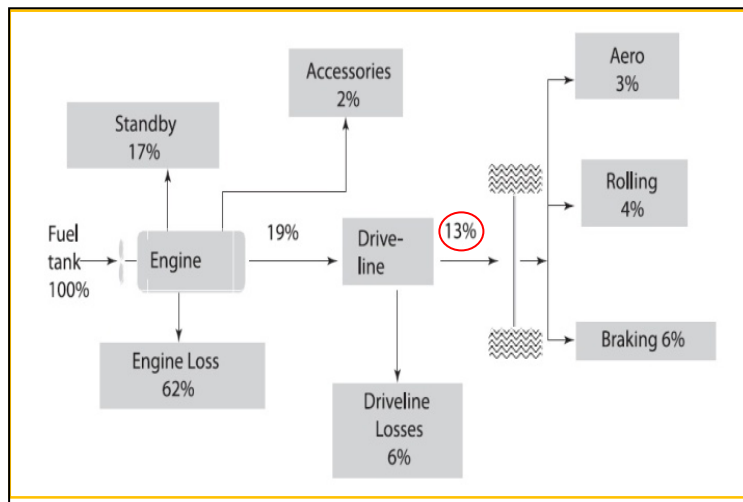


Fig. 14 – Eficiência do consumo em trajectos urbanos[20]

4.3 Ensaios com viaturas das frotas comerciais

4.3.1 Veículos ligeiros comerciais

a. Cálculo da eficiência do consumo

A amostra em estudo é constituída por trinta veículos, cuja identificação se encontra na lista incluída em Anexos. Os veículos foram escolhidos de forma a que fizessem os abastecimentos quase exclusivamente no tanque da empresa, pois em viagens mais longas poderiam ter a necessidade de abastecer antes de regressar às instalações da empresa proprietária da frota.

Para o controlo dos quilómetros percorridos e dos abastecimentos efectuados em cada trajecto, foram distribuídos pelos veículos folhas de controlo para o registo desses parâmetros (ver Anexos). Estes registos são de grande relevância pois é a partir deles que se conhece o volume de combustível gasto e o total de quilómetros percorridos em cada trajecto.

Dos trinta veículos da amostra foram escolhidos três pares de veículos semelhantes (**Tab. 12**), os quais foram equipados com os GPS *data-loggers* já descritos na secção 2.2 para a aquisição dos dados para a determinação da eficiência do consumo. Para a correcta utilização dos GPS *data-loggers* por parte dos utilizadores dos veículos, foram elaboradas e distribuídas instruções de funcionamento dos mesmos (ver Anexos).

Tab. 12 – Veículos da frota equipados com GPS *data-logger*

| Veículo | Marca | Modelo | Ano |
|---------|-------|---------------------|----------|
| 1 | Ford | Focus 1.6 TDCI | Jan-2006 |
| 2 | Ford | Focus 1.6 TDCI | Jan-2006 |
| 3 | Ford | Fiesta Van 1.4 TDCI | Fev-2008 |
| 4 | Ford | Fiesta Van 1.4 TDCI | Mar-2008 |
| 5 | Opel | Corsa Van 1.3 CDTI | Out-2007 |
| 6 | Opel | Corsa Van 1.3 CDTI | Jun-2007 |

Os combustíveis utilizados no estudo foram gasóleo rodoviário com qualidade de acordo com a norma EN 590, numa primeira fase, e duas misturas deste com

biodiesel produzido pela Prio Biocombustíveis com qualidade de acordo com a norma EN 14214 nas fases seguintes.

As fases planeadas para este estudo encontram-se na tabela seguinte.

Tab. 13 – Fases planeadas para o estudo

| Fase | Duração | Combustível |
|-------------|----------------|----------------------|
| 1 | 2 semanas | Gasóleo convencional |
| 2 | 1 mês | B15 ³ |
| 3 | 2 meses | B30 ⁴ |

Como já foi referido e explicado na secção 2.2, para o cálculo da eficiência do consumo foi necessário proceder à caracterização dos trajectos de cada veículo, pelo que a utilização dos GPS *data-loggers* foi de grande importância. Mas, uma vez que houve um atraso na sua entrega por parte dos fornecedores, o início da Fase 1 foi adiada cerca de um mês e meio.

Além desta contrariedade, houve outros contratemplos que dificultaram desenrolar das várias fases do estudo e que, principalmente, adiaram sucessivamente a passagem da Fase 1 para a Fase 2. Esta só teve início no dia 1 de Agosto de 2008 e deveria ter ocorrido ainda em Junho. Os principais factores que contribuíram para estes sucessivos adiamentos foram o incorrecto funcionamento dos *data-loggers* (por falha do utilizador ou do equipamento) e o incorrecto preenchimento das folhas de controlo por parte dos vários utilizadores dos veículos. Tal fez com que na maioria das vezes se verificasse que o número de quilómetros registados nas folhas de controlo não coincidia com os quilómetros registados pelos *data-loggers*. Tal significa que os trajectos registados pelos *data-loggers* não estavam completos. Esta situação não permitiu uma recolha de dados fiáveis em número suficiente que oferecesse uma boa base de comparação com as fases seguintes.

Por motivos de legislação, a administração da Prio – Advanced Fuels decidiu não contemplar o B30 no estudo.

³ B15 - Mistura constituída por 15% de biodiesel e 85% de gasóleo.

⁴ B30 - Mistura constituída por 30% de biodiesel e 70% de gasóleo.

No entanto, apesar de serem poucos e de apenas alguns veículos, alguns resultados foram conseguidos os quais serão apresentados nos parágrafos seguintes e discriminados por veículo.

Na tabela seguinte apresentam-se os parâmetros correspondentes a cada veículo da **Tab. 12** necessários ao cálculo da eficiência do consumo como a massa, M , os coeficientes de arrastamento aerodinâmico e de rolamento e a área frontal, A_f .

Tab. 14 – Parâmetros dos veículos equipados com GPS *data-logger*

| Veículo | M (kg) (veículo+ocupante) | C_x | C_r | A_f (m ²) |
|---------|------------------------------|-------|-------|-------------------------|
| 1 | 1405 | 0.324 | 0.01 | 2.26 |
| 2 | 1405 | 0.324 | 0.01 | 2.26 |
| 3 | 1114 | 0.36 | 0.01 | 1.8 |
| 4 | 1114 | 0.36 | 0.01 | 1.8 |
| 5 | 1200 | 0.334 | 0.01 | 2.01 |
| 6 | 1200 | 0.334 | 0.01 | 2.01 |

Na **Tab. 15** apresentam-se as propriedades do gasóleo e da mistura B15 como a massa volúmica, ρ , e o calor específico inferior, LHV.

Tab. 15 – Massa volúmica e calor específico inferior do gasóleo e B15

| | ρ (kg/L) | LHV (MJ/kg) |
|----------------|---------------|-------------|
| Gasóleo | 0.83 | 43.10 |
| B15 | 0.8381 | 42.54 |

Dos seis veículos equipados com GPS *data-logger* apenas foi possível obter resultados fiáveis para o cálculo da eficiência do consumo de três veículos através da metodologia descrita na secção **2.2**. Para estes foram seleccionados trajectos semelhantes com idêntico número de quilómetros percorridos.

Um dos veículos é um Ford Focus (veículo 1 da **Tab. 12**) equipado com um motor 1.6 TDCI com matrícula de Janeiro de 2006. Os dois trajectos seleccionados foram extra-urbanos, ambos percorridos por este veículo na auto-estrada A25. Na tabela seguinte apresentam-se os resultados para os dois tipos de combustível utilizados onde

se pode verificar um aumento de 9.83% da eficiência do consumo com a utilização de B15. No entanto, há que ter em conta que este parâmetro é influenciado pelo tipo de condução (utilizador) e das condições atmosféricas, pelo que devemos ter em mente que na realidade o aumento poderá não ser tão significativo visto a existência de condições que fogem ao controlo do estudo, como o tipo de condução que cada utilizador realiza. Infelizmente, não foi possível obter resultados fiáveis do veículo 2, idêntico ao veículo 1, que permitisse uma comparação com este último de forma a confirmar ou não este resultado final. No entanto é claro o aumento da eficiência do consumo.

Tab. 16 – Resultados do veículo 1

| Combustível | Total de km | V _{comb} (L) | η (%) |
|-------------|-------------|-----------------------|-------|
| Gasóleo | 546 | 59.14 | 17.94 |
| B15 | 431 | 25.17 | 27.77 |

O segundo veículo a partir do qual foi possível obter resultados que permitissem retirar uma conclusão, foi o veículo 5 da **Tab. 12**, um Opel Corsa Van 1.3 CDTI com matrícula de Outubro de 2007.

Para este veículo foram seleccionados dois trajectos ao longo das auto-estradas A1 e A29. Na **Tab. 17** apresentam-se os resultados obtidos para o veículo 5, onde também se verificou um aumento da eficiência do consumo de combustível quando comparado o gasóleo com B15 embora não tão acentuado, 0.72%.

Tab. 17 – Resultados do veículo 5

| Combustível | Total de km | V _{comb} (L) | η (%) |
|-------------|-------------|-----------------------|-------|
| Gasóleo | 204 | 11.17 | 27.32 |
| B15 | 245 | 14.24 | 28.04 |

Relativamente ao terceiro veículo (veículo 6 da **Tab. 12**), este é idêntico ao anterior, ou seja, têm a mesma motorização. Os resultados obtidos com este veículo vêm confirmar os resultados do veículo 5 uma vez que também se verificou um aumento da eficiência do consumo correspondente a 1.29%. Porém, convém referir que os trajectos do veículo 5 foram diferentes do veículo 6, quer no número quilómetros quer na estrada percorrida. O veículo 6 efectuou dois trajectos no IP5.

No entanto, o aumento da eficiência do consumo é evidente como se pode verificar na **Tab. 18**.

Tab. 18 – Resultados do veículo 6

| Combustível | Total de km | V _{comb} (L) | η (%) |
|-------------|-------------|-----------------------|-------|
| Gasóleo | 110 | 6.68 | 28.82 |
| B15 | 107 | 6.41 | 30.11 |

b. Cálculo do consumo médio

No que diz respeito aos restantes veículos equipados com GPS *data-logger* da **Tab. 12**, nomeadamente os veículos 2, 3 e 4, apenas foi possível calcular uma média global do consumo de combustível tendo como base o número total de quilómetros percorridos e o volume total de combustível abastecido ao longo de cada uma das fases do estudo.

Uma vez que os valores obtidos para estes veículos não foram calculados tendo em consideração os trajectos efectuados, como é descrito na metodologia da secção **2.2**, não são tão precisos como os anteriormente calculados. Contudo, esses valores vão ao encontro dos resultados anteriores, ou seja, apontam para uma descida do consumo.

O mesmo foi feito para os restantes veículos da frota que não estavam equipados com GPS *data-logger*, mas devido à escassez ou falta de registos de abastecimentos da segunda fase apenas foi possível efectuar esses mesmos cálculos para dois veículos. Estes estão identificados na **Tab. 19** como veículos x e y, os quais são dois Ford Focus 1.6 TDCI de Abril de 2006 e Dezembro de 2007, respectivamente.

Nessa mesma tabela estão representados os dados em que se basearam os referidos cálculos.

Tab. 19 – Número total de quilômetros percorridos e quantidade de combustível abastecido

| | veículo 1 | | veículo 2 | | veículo 3 | | veículo 4 | |
|-----------------------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| | Gasóleo | B15 | Gasóleo | B15 | Gasóleo | B15 | Gasóleo | B15 |
| Total de km | 14858 | 3151 | 19565 | 545 | 9098 | 807 | 8840 | 1237 |
| V_{comb} (L) | 877.53 | 179.5 | 1148.89 | 32.68 | 346.22 | 31.54 | 574.36 | 72.54 |
| Consumo (L/100 km) | 5.91 | 5.7 | 5.87 | 5.99 | 3.81 | 3.91 | 6.51 | 5.86 |
| | veículo 5 | | veículo 6 | | veículo x | | veículo y | |
| | Gasóleo | B15 | Gasóleo | B15 | Gasóleo | B15 | Gasóleo | B15 |
| Total de km | 18521 | 1006 | 18851 | 2858 | 10143 | 735 | 15921 | 1900 |
| V_{comb} (L) | 913.23 | 76.66 | 1145.09 | 171 | 604.12 | 42.3 | 1107.92 | 117.4 |
| Consumo (L/100 km) | 4.93 | 3.92 | 6.07 | 5.99 | 5.96 | 5.39 | 6.96 | 6.18 |

Para melhor visualização dos resultados da tabela anterior foram construídos dois gráficos onde são comparados os consumos entre o gasóleo e o B15 dos oito veículos anteriores.

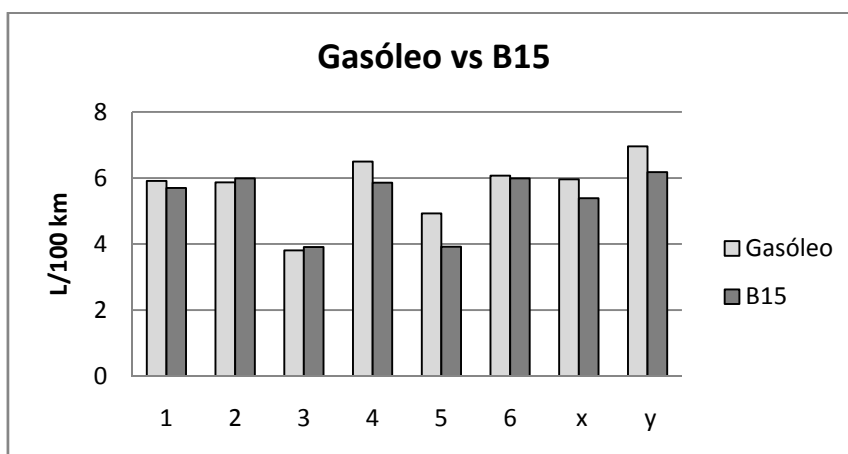


Fig. 15 – Gráfico de comparação entre o consumo de gasóleo e B15

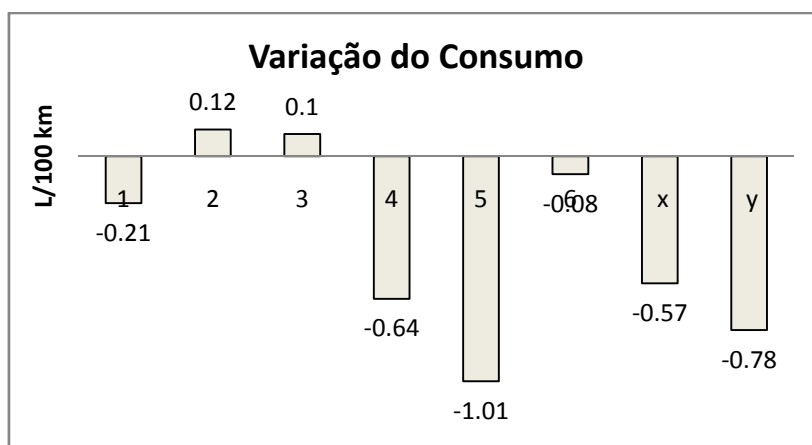


Fig. 16 – Variação de consumo depois da mudança para B15

Ao analisar os resultados obtidos para os veículos 1, 5 e 6, podemos afirmar que existe uma tendência geral para o aumento da eficiência do consumo quando se utiliza como combustível a mistura B15, verificando-se também uma redução do consumo médio. Em relação aos restantes e pelos resultados obtidos para a média do consumo global também se pode afirmar que existe uma tendência para a redução do consumo.

4.3.2 Veículos pesados de passageiros

A amostra de veículos pesados de passageiros é constituída por dez autocarros. Todos eles fazem parte de uma frota de uma empresa de transportes urbanos de passageiros, pelo que todos os trajectos efectuados por estes veículos são trajectos urbanos.

Esta frota consumiu até 5 de Dezembro de 2007 gasóleo rodoviário tendo mudado para B10⁵ nessa data. Em Abril de 2008 mudou para B20⁶ e manteve este combustível até à data.

Na **Tab. 20** encontra-se a listagem desta amostra a qual é constituída por quatro autocarros Volvo modelo B10B, três Volvo modelo B7L e três Mercedes modelo O530 Citaro.

Tab. 20 – Listagem da amostra da frota de veículos pesados de passageiros

| Veículo | Marca | Modelo | Ano | Idade |
|---------|----------|--------------|------|-------|
| A | Volvo | B10B | 1995 | 13 |
| B | Volvo | B10B | 1997 | 11 |
| C | Volvo | B10B | 1998 | 10 |
| D | Volvo | B10B | 1998 | 10 |
| E | Volvo | B7L | 2002 | 6 |
| F | Volvo | B7L | 2002 | 6 |
| G | Volvo | B7L | 2002 | 6 |
| H | Mercedes | O 530 Citaro | 2003 | 5 |
| I | Mercedes | O 530 Citaro | 2003 | 5 |
| J | Mercedes | O 530 Citaro | 2004 | 4 |

Todos os veículos da frota estão equipados com GPS's próprios para controlo e gestão da frota por parte da empresa proprietária. Porém, estes não forneciam um parâmetro essencial (altitude) para a aplicação da metodologia da secção 2.2. Também

⁵ B10 – Mistura constituída por 10% de biodiesel e 90% de gasóleo.

⁶ B20 – Mistura constituída por 20% de biodiesel e 80% de gasóleo.

não existia um registo de consumos discriminado por trajecto, pelo que se recorreu aos consumos médios mensais de cada autocarro fornecidos pela empresa.

Para comparação dos consumos entre os diferentes três tipos de combustíveis utilizados, foram seleccionados períodos homólogos. No entanto, não foi possível comparar os consumos entre B10 e B20 pois, como nos foi transmitido pela empresa, os respectivos tacógrafos encontravam-se com um problema técnico.

Então, foram calculados os consumos médios dos períodos homólogos para o gasóleo, B10 e B20 e comparados o gasóleo com o B10 e o gasóleo com o B20.

Na comparação de consumos entre o gasóleo e B10 os períodos homólogos seleccionados foram os que decorreram de Dezembro de 2006 a Março de 2007 e de Dezembro de 2007 a Março de 2008, respectivamente. Relativamente à comparação de consumos entre o gasóleo e o B20 os períodos decorreram de Abril a Junho de 2007 e de Abril a Junho de 2008, respectivamente.

Na tabela seguinte apresentam-se os consumos médios e as respectivas variações para cada autocarro e período homólogo.

Tab. 21 – Consumos médios de cada período e respectivas variações

| Veículo | Dez06/Mar.2007 | Dez.07/Mar.08 | | Abr.07/Jun.07 | Abr.08/Jun.08 | |
|----------|------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|-------------------|--------------------------------|
| | B0 (L/100 km) | B10 (L/100 km) | $\Delta(B10eB0)$ (L/100 km) | B0 (L/100 km) | B20 (L/100 km) | $\Delta(B20eB0)$ (L/100 km) |
| A | 49.7 | 51.4 | 1.7 | 53.6 | 49.51 | -4.11 |
| B | 59.8 | 58.5 | -1.3 | 57.8 | 53.68 | -4.16 |
| C | 50.3 | 49.4 | -0.9 | 48.4 | 47.32 | -1.13 |
| D | 47.7 | 51.9 | 4.2 | 48.7 | 52.52 | 3.78 |
| E | 54.5 | 51.5 | -3.0 | 54.8 | 53.06 | -1.74 |
| F | 51.7 | 49.2 | -2.5 | 50.7 | 52.43 | 1.68 |
| G | 51.0 | 48.2 | -2.8 | 47.7 | 49.29 | 1.61 |
| H | 45.9 | 48.0 | 2.1 | 49.2 | 47.29 | -1.92 |
| I | 47.5 | 47.9 | 0.4 | 48.6 | 47.45 | -1.13 |
| J | 47.1 | 49.5 | 2.4 | 52.1 | 50.22 | -1.86 |

Nas quatro figuras seguintes encontram-se os gráficos com estes resultados resumidos para uma melhor visualização.

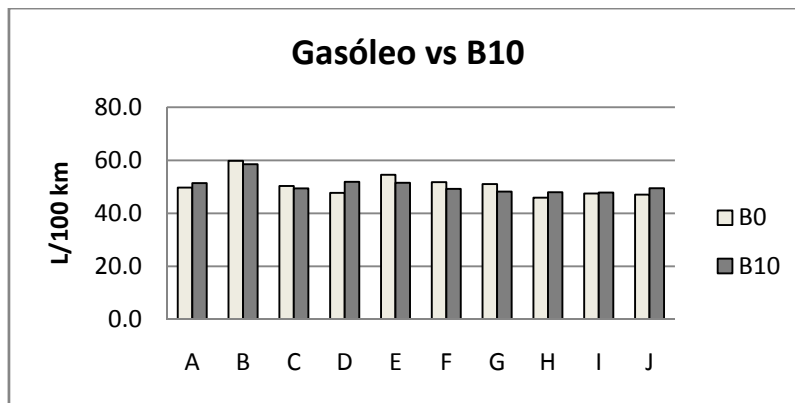


Fig. 17 - Gráfico de comparação entre o consumo de gasóleo e B10

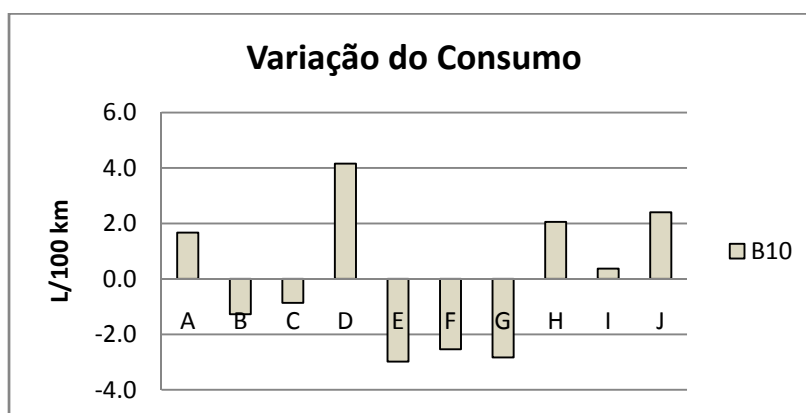


Fig. 18 – Variação de consumo depois da mudança para B10

Pelos dois gráficos anteriores (**Fig. 17** e **18**) podemos verificar que com a utilização de B10, quando comparado com o gasóleo, o consumo médio aumentou nos casos dos veículos A, D, H, I, e J sendo mais acentuado no veículo D. Uma possível explicação seriam os diferentes motores que equipam os veículos, mas no caso dos veículos B e C, por exemplo, estes apresentam uma redução no consumo médio e são do mesmo modelo que os veículos A e D. Portanto, a diferente motorização não justifica estas diferenças. Outra explicação plausível seria a variabilidade do tipo de condução, visto os mesmos autocarros serem dirigidos por motoristas diferentes. No entanto isto verifica-se para todos os autocarros, pelo que a explicação realmente plausível será o tipo de trajecto que cada autocarro realiza que influenciará a variação de consumos em relação ao gasóleo que se verificou, além do tipo de combustível. No entanto, é certo que a utilização de B10 melhorou o consumo médio de cinco autocarros (B, C, E, F e G) sendo mais considerável no caso dos autocarros de E, F e G.

Nos dois gráficos seguintes (**Fig. 19** e **20**) podemos verificar que com a utilização de B20, quando comparada com a utilização de gasóleo, o consumo médio diminuiu em sete autocarros (A, B, C, E, H, I e J). Esta melhoria foi mais significativa no caso dos autocarros A e B.

A mesma explicação que foi dada para o caso anterior também se pode aplicar a este caso. Pois verificou-se que o consumo melhorou e piorou simultaneamente em autocarros de modelos idênticos, como por exemplo, nos autocarros E, F e G. Porém, quando comparado com o gasóleo, o B10 traz melhorias consideráveis no consumo médio a E, F e G. Contudo não seria prático para um gestor de frotas operar com vários combustíveis.

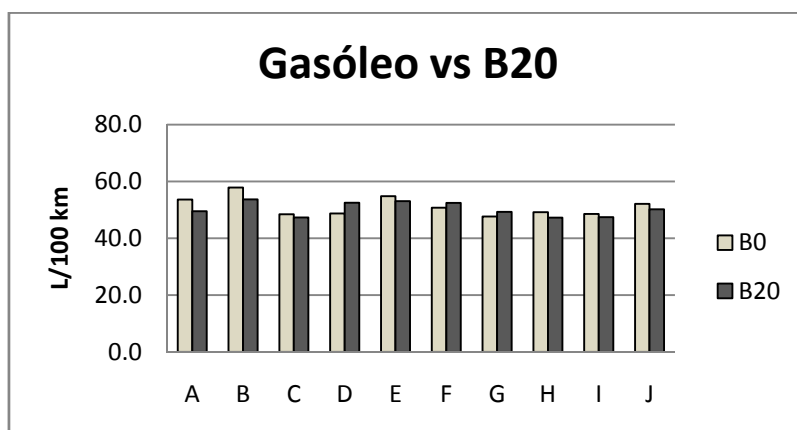


Fig. 19 - Gráfico de comparação entre o consumo de gasóleo e B20

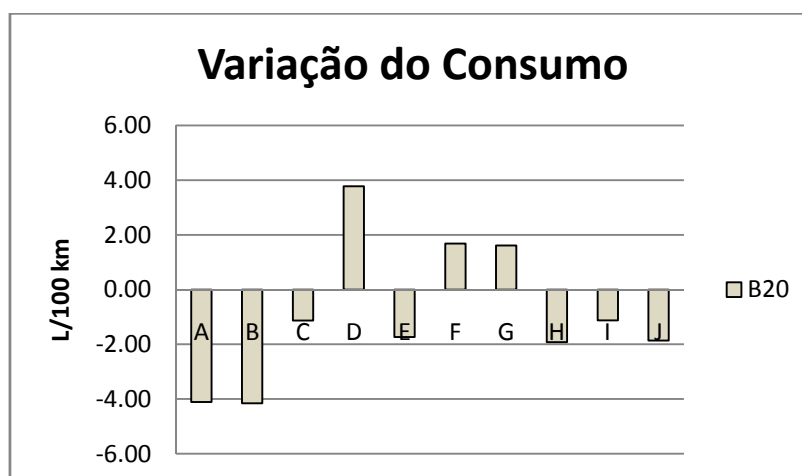


Fig. 20 – Variação de consumo depois da mudança para B20

5. Conclusão

Ao analisarmos os resultados obtidos, é evidente que existe uma tendência geral para a diminuição do consumo e do aumento da eficiência do consumo quando se utiliza nos veículos o combustível B15. Estes resultados vêm ao encontro de observações feitas por particulares, que já utilizavam este tipo de combustível, e que afirmavam que os seus veículos consumiam menos.

Em relação aos veículos pesados de passageiros, os resultados também apontam para uma tendência geral na redução do consumo médio aquando da utilização de B10 e B20. Ao olhar para estes resultados, quando comparados com o gasóleo, foi o B20 que apresentou uma melhoria nos consumos médios num maior número de autocarros, pelo que para já seria aconselhável manter a frota a consumir este combustível.

De facto, dados de um estudo do Instituto Politécnico de Leiria conduzido pelo Eng.º Luís Serrano e gentilmente cedidos por ele, demonstraram que o consumo diminui progressivamente do gasóleo para B10 e deste para B20, tanto em trajectos urbanos como extra-urbanos simulados em banco de ensaios.

6. Proposta para trabalho futuro

Como se pode verificar ao longo do texto, houve fontes de incerteza que dificultaram a obtenção de resultados em maior número. O que significa que, apesar dos resultados obtidos serem animadores, penso que um estudo mais aprofundado deveria ser realizado e que algumas alterações ao método de monitorização deveriam ser feitas para obter resultados mais consistentes. Nomeadamente, no caso dos veículos comerciais ligeiros, seria desejável dedicar inteiramente dois veículos ao teste de forma que fosse possível definir um intervalo de quilómetros semelhante para cada fase de incorporação de biodiesel. Deste modo teríamos bases de dados para comparação equilibradas. Tal permitiria, também, que os óleos lubrificantes dos veículos tivessem um número semelhante de horas de utilização para que se pudessem realizar as respectivas análises. Assim poder-se-ia verificar se existia alguma alteração merecida de registo. Pois, alguns estudos revelaram que o biodiesel causa a diluição do óleo e/ou reacções de polimerização. Apesar disso, não foram detectadas quaisquer anomalias. As análises foram planeadas, mas os resultados não chegaram a tempo da conclusão deste trabalho.

Outro aspecto diz respeito ao registo de abastecimentos que muitas vezes se revelou inconsistente, pelo que seria aconselhável que num trabalho futuro fossem instalados caudalímetros nos veículos em teste. Assim, não estaríamos dependentes dos registos dos condutores e, além do mais, teríamos acesso aos consumos instantâneos conferindo deste modo uma maior fiabilidade e consistência aos resultados que seriam obtidos.

Os testes com os veículos ligeiros comerciais não terminaram com a conclusão deste texto. De facto, o acompanhamento da frota prossegue com esta a utilizar B15.

No caso dos veículos pesados de passageiros, teria sido interessante poder comparar os consumos entre o B10 e o B20 para se poder determinar qual o combustível de entre os três testados seria o mais apropriado, ou seja, qual é que traria uma melhoria geral de consumos médios. Contudo, era preferível realizar um estudo mais aprofundado em condições controladas recorrendo à metodologia da secção **2.2**.

Referências

- [1] FAME Fuel – Joint Manufacturers Statement, June 2000.
- [2] E. A. Frame, G.B. Bessee and H.W. Marbach, Biodiesel Fuel Technology for Military Application, U.S. Army TARDEC Fuels and Lubricants Research Facility, Southwest Research Institute, Interim Report TFLRP No. 317, December 1997.
- [3] Parker O-Ring Handbook, Parker Hannifin Corporation, O-Ring Division, Lexington, KY, 2001.
- [4] Chemical Resistance Guide, Wilden Pump & Engineering Co., Grand Terrace, CA, May 2003.
- [5] O-Ring Chemical Compatibility Guide, eFunda, Inc. Sunnydale, CA, 2004.
- [6] WÖRGETTER, M., et.al.: Pilotprojekt Biodiesel. Forschungsberichte der Bundesanstalt für Landtechnik, Wieselburg. Heft 25 und 26. A-3250 Wieselburg (1991)
- [7] PRANKL, H., WÖRGETTER, M.: Influence of the Iodine Number of Biodiesel to the Engine Performance. Proceedings of the 'International Conference on Standardization and Analysis of Biodiesel', 6-7 Nov 1995, Vienna. ISBN 3-901457-01-1.
- [8] PRANKL, H., WÖRGETTER, M.: Influence of the Iodine Number of Biodiesel to the Engine Performance. Proceedings of the ASAE Conference 'Liquid Fuels and Industrial Products from Renewable Resources', 15-17 Sep 1996, Nashville, Tennessee. ISBN 0-929355-79-2.
- [9] BLACKBURN, J.H., et.al.: Performance of Lubricating Oils in Vegetable Oil Ester-Fuelled Diesel Engines. SAE Technical Papers 831355 (1983).
- [10] SIEKMANN, R.W., et.al.: The Influence of Lubricant Contamination by Methyl Esters of Plant Oils on Oxidation Stability and Life. Proceedings of the International Conference on Plant and Vegetable Oils as Fuels. ASAE (1982).
- [11] BAUMANN, W., HUBMANN, A.: Anforderungen an das Motoröl bei Einsatz von Rapsölmethylester. Symposium „RAPSMETHYLESTER“ - Kraftstoff und Rohstoff. Tagungsband. 30.9.-1.10.1992. Wien (1992). ISBN 3 900554 11 0.
- [12] KORUS, R.A., MOUSETIS, T.L.: Polymerization of Safflower and Rapeseed Oils. JAOCS, vol. 61, no. 3 (1984).
- [13] PRANKL, H., et.al.: Technical Performance of Vegetable Oil Methyl Esters with a High Iodine Number (e.g. Sunflower Oil Methyl Ester, Camelina Oil Methyl Ester).

Interim Report of ALTENER XVII/4.1030/Z/96-013. Federal Institute of Agricultural Engineering, Austria (1997).

[14] PRANKL, H., WÖRGETTER, M.: Technical Performance of Vegetable Oil Methyl Esters With a High Iodine Number. Fourth Biomass Conference of the Americas, Oakland, California, USA (29 Aug - 2 Sep 1999).

[15] SCHWARTZ, D., et al.: Biodiesel Engine Testing - MECH-457 Final Report, April 11, 2005.

[16] Biodiesel Handling and Use Guidelines, U.S. Department of Energy, Third Edition, September 2006.

[17] KNOTHE, G., STEIDLEY, K. R.: Lubricity of Components of Biodiesel and Petrodiesel. The Origin of Biodiesel Lubricity, *Energy & Fuels* 2005.

[18] JULIATO, A.: Análise da influência de diferentes misturas de biodiesel no desempenho e emissões de poluentes no motor diesel agrícola, 2006.

[19] Moreira, Sérgio M. S.: “Influência do Biodiesel nas Emissões Poluentes de um Motor Turbo Diesel”, FEUP, MIEM 2008.

[20] Professor Manuel Gameiro da Silva, DEM-FCTUC, (2007/08), “Vehicles technology and energy efficiency related aspects”, MIT - PORTUGAL Program - Post-graduation Course on Complex Transport Infrastructure Systems CTIS.

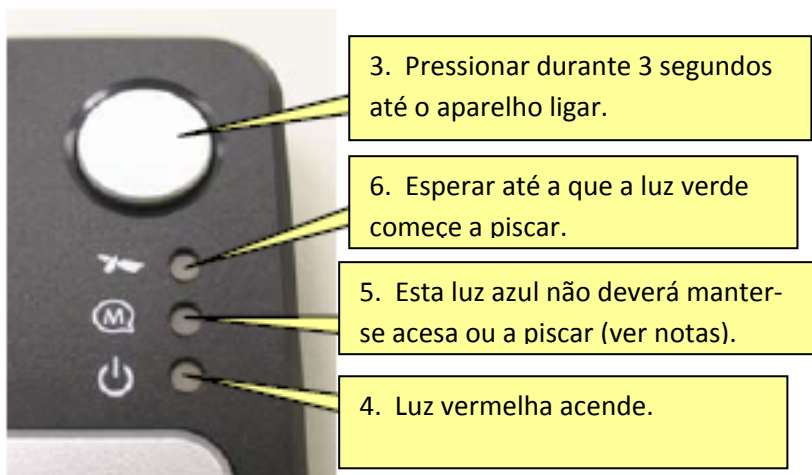
[21] D. J. Schuring, Annu. Conf. Tire Sci. Technol. 7th, Akron, OH, March 22-23, 1988.

Anexos

Lista de viaturas participantes no estudo

| Marca | Modelo | Ano da Matrícula |
|-------|--------------------------|------------------|
| OPEL | CORSA VAN 1.3 CDTI 75 cv | Jun-07 |
| OPEL | CORSA VAN 1.3 CDTI 75 cv | Out-07 |
| FORD | FIESTA 1.4TDCI 68cv | Mai-07 |
| FORD | FIESTA 1.4TDCI 68cv | Fev-08 |
| FORD | FIESTA 1.4TDCI 68cv | Mar-08 |
| FORD | FIESTA 1.4TDCI 68cv | Mar-08 |
| FORD | FIESTA VAN | Nov-04 |
| FORD | FIESTA VAN | Nov-04 |
| FORD | FIESTA VAN | Dez-05 |
| FORD | FIESTA VAN | Jul-06 |
| OPEL | CORSA VAN 1.3 CDTI 75 cv | Out-07 |
| FORD | FIESTA VAN | Out-06 |
| FORD | FIESTA VAN | Jan-07 |
| FORD | FOCUS 1.6 Tdci | Dez-05 |
| FORD | FOCUS 1.6 Tdci 90cv | Abr-07 |
| FORD | FOCUS 1.6TDci | Ago-05 |
| FORD | FOCUS 1.6TDci | Jan-06 |
| FORD | FOCUS 1.6TDci | Jan-06 |
| FORD | FOCUS 1.6TDci | Abr-06 |
| FORD | FOCUS 1.6TDci | Jul-06 |
| FORD | FOCUS 1.6TDci | Set-06 |
| FORD | FOCUS 1.6TDci | Dez-07 |
| FORD | FOCUS 1.6TDci | Dez-07 |
| FORD | FOCUS 1.6TDci 90cv | Abr-06 |
| FORD | FOCUS 1.6TDci 90cv | Fev-07 |
| FORD | FOCUS 1.6TDci 90cv | Fev-07 |
| FORD | FOCUS 1.6TDci 90cv | Abr-07 |
| FORD | FOCUS 1.8 Tddi | Ago-03 |
| FORD | FOCUS 1.8 Tddi | Fev-05 |
| FORD | FOCUS 1.8TDci | Mar-05 |

Instruções do Data-Logger



Carregador de isqueiro

NOTAS:

1. A antena externa deve ser colocada num local visível do exterior.
2. Se a luz vermelha do ponto 4. piscar a bateria está sem carga. Utilizar o acessório de carregamento fornecido ligando-o ao isqueiro da viatura. Quando a carregar a luz vermelha passa para cor-de-laranja e pára de piscar.
3. Caso a luz azul do ponto 6. piscar ou se mantiver ligada isto significa que a memória está quase cheia ou cheia. Nesse caso, o aparelho deve ser entregue para que os dados sejam descarregados.

4. Desligar o aparelho no final de cada viagem e quando for efectuada uma paragem prolongada, voltando a ligá-lo no início de uma nova viagem ou quando for retomada a mesma.
5. Para desligar o aparelho pressionar o botão indicado no ponto 3. durante 3 segundos.

BIODIESEL ANALYSIS REPORT

Fábrica de Biodiesel
 Prio Biocombustíveis, S.A.
 Terminal de Granéis Líquidos, Porto de Aveiro
 3830 Gafanha da Nazaré PORTUGAL

Identification: Biodiesel

Entry Date: 25/7/2007 / **Emission Date:** 25/7/2007

| Parameter /Units | Method | Results | Limits | |
|---------------------------------------|--------------|---------|---------|---------|
| | | | Minimum | Maximum |
| Density at 15°C (kg/m ³) | EN ISO 3675 | 882 | 860 | 900 |
| Ester content [% (m/m)] | EN 14103 | 99,5 | 96,5 | --- |
| Flash Point (°C) | EN ISO 3679 | 175 | 120 | --- |
| Water content (mg/kg) | EN ISO 12937 | 51 | --- | 500 |
| Acid Value (mgKOH/g) | EN 14104 | 0,38 | --- | 0,50 |
| Iodine Value (g iodine/100g) | EN 14111 | 116 | --- | 120 |
| Linolenic Acid Methyl Ester [% (m/m)] | EN 14103 | 8,4 | --- | 12,0 |
| Methanol content [% (m/m)] | EN 14110 | 0,005 | --- | 0,20 |
| Monoglycerides content [% (m/m)] | EN 14105 | 0,66 | --- | 0,80 |
| Diglycerides content [% (m/m)] | EN 14105 | 0,14 | --- | 0,20 |
| Triglycerides content [% (m/m)] | EN 14105 | 0,02 | --- | 0,20 |
| Free Glycerol [% (m/m)] | EN 14105 | 0,01 | --- | 0,02 |
| Total Glycerol [% (m/m)] | EN 14105 | 0,20 | --- | 0,25 |
| Na content (mg/kg) | EN 14108 | 1,25 | --- | 5,0 |

Observations:

Quality Control Laboratory
