



Universidade de Aveiro
2016

Departamento de Economia, Gestão,
Engenharia Industrial e Turismo

**Miguel Filipe Fernandes
Henriques**

**Eficiência de frete através da racionalização de
consumo de combustível**



Universidade de Aveiro
2016

Departamento de Economia, Gestão,
Engenharia Industrial e Turismo

**Miguel Filipe Fernandes
Henriques**

**Eficiência de frete através da racionalização de
consumo de combustível**

Relatório de projeto apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira, Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais, aos meus padrinhos e aos restantes membros da minha família pelo esforço, pelo apoio incondicional e pela oportunidade dada para enriquecer a minha formação. O meu profundo Obrigado.

o júri

presidente

Prof. Dr. Ana Maria Pinto de Moura

professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho

professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira

professor auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Aos meus pais e padrinhos, por terem acreditado em mim e me terem dado o apoio que tornou este termino possível.

À minha namorada por toda a ajuda prestada, pela compreensão e pela motivação que me deu.

Ao meu orientador da Universidade de Aveiro, Prof. Dr. Luís Ferreira, pela disponibilidade, ajuda e acompanhamento ao longo deste projeto.

À Patinter S.A. pela oportunidade de realizar este projeto durante o período de estágio e pelo ótimo acolhimento.

Aos meus amigos, por sempre me terem apoiado nesta caminhada.

Ao meu amigo Marcelo por me auxiliado/integrado de uma forma fantástica na Patinter S.A.

palavras-chave

Consumo de combustível, análise de dados, análise de condução

resumo

Com a introdução da globalização, as distâncias entre o fornecedor e o cliente são cada vez maiores, obrigando aos operadores logísticos a alterações estratégicas, novos investimentos, ações diferenciadoras, que permitam à empresa explorar novos mercados e desta forma subsistir num setor altamente competitivo. O objetivo deste trabalho é aumentar a eficiência de um frete através da racionalização do consumo de combustível para duas gamas de um veículo pesado de mercadorias da marca Renault. Posto isto, são utilizados testes estatísticos e criados modelos de regressão lineares múltiplos para se avaliar que variáveis independentes referentes à condução são significativas. Verificou-se, que para as duas gamas do veículo pesado de mercadorias, a *carga do motor* é a variável que mais contribui para o aumento do consumo de combustível ao passo que as variáveis *mudança mais alta engrenada* e *velocidade média* são as que mais contribuem para diminuição do consumo de combustível para as gamas T520eco e T520, respetivamente.

keyword

Fuel consumption, data analysis, driving analysis

abstract

With the introduction of globalization, the distances between the supplier and the customer are increasing, forcing the logistics operators to strategic changes, as new investments, distinguishing actions that allow the company to explore new markets and thus survive in a highly competitive industry. The objective of this work is to increase the efficiency of freight through the rationalization of fuel consumption for two sub-models of the T520 model of Renault Trucks. In this regard, statistical tests and multiple linear regression models are created to assess which independent variables related to driving performance are significant. It was found that for both long-haul trucks sub-models, engine load is the independent variable that has the highest contribute to the increase of fuel consumption while the independent variables highest gear and average speed are the variables that have the highest contribute to the decrease of fuel consumption for T520eco and T520 sub-models, respectively.

ÍNDICE

1	Introdução	1
2	Revisão da literatura.....	4
2.1	Fatores influenciadores do consumo de combustível.....	7
2.1.1	Eco-condução.....	7
2.1.2	Eco-rotas.....	10
2.1.3	Resistência aerodinâmica	11
2.1.4	Pressão dos Pneus.....	13
2.1.5	Peso	14
2.2	Modelação da racionalização do consumo de combustível	16
2.3	Sistematização das abordagens bibliográficas	25
3	Estudo de caso.....	26
3.1	Contexto do trabalho	30
3.2	Metodologia	31
3.3	Enquadramento teórico do estudo de caso	31
3.3.1	Curvas do motor.....	31
3.4	Optifleet.....	34
3.4.1	Informação disponível.....	34
3.4.2	Informações para a análise de condução	35
3.4.3	Dados.....	37
3.4.4	Informação geral – Descrição de dados	37
3.4.5	Interpretação.....	40
4	Apresentação e Análise de Dados	47
4.1	Estatística Descritiva	48
4.1.1	Tendências centrais e de dispersão.....	48
4.1.2	Consumos médios de combustível por nacionalidade e gama	49
4.2	Determinação da dependência dos consumos médios de combustível	50
4.2.1	Gama	50
4.2.2	Nacionalidade.....	51
4.3	Regressão Linear Múltipla	55

4.3.2	Gama <i>T520</i>	61
4.3.3	Comparação de modelos	66
5	Conclusão	68
6	Bibliografia	71
7	Anexos.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Repartição dos custos das empresas transportadoras nos países selecionados.....	5
Figura 2 – Custo do combustível por 1000l nos países membros da EU.....	6
Figura 3 – Saias laterais.....	12
Figura 4 – Rabos de barco.....	12
Figura 5 – Redutores de espaço.....	13
Figura 6 – Dispositivos de proteção inferiores.....	13
Figura 7 – Poupanças de combustível e respetivos períodos de payback para as diversas tecnologias aerodinâmica.....	13
Figura 8 – Organigrama.....	27
Figura 9 – Representação geográfica da rota Valladolid- Sunderland.....	30
Figura 10 – Características das curvas do motor em função do grau de aceleração (curva pertencentes a um motor genérico).....	32
Figura 11 – Variação do consumo específico em função do regime de rotação e binário-potência exigida (curvas pertencentes a um motor genérico).....	32
Figura 12 – Características do motor Renault T520 Dti 13 litros, Euro VI.....	33
Figura 13 – Relatórios disponíveis.....	35
Figura 14 – Relatório global.....	36
Figura 15 – Relatório detalhado.....	36
Figura 16 – Informação geral.....	37
Figura 17 – Informação operacional.....	38
Figura 18 – Informação de condução.....	39
Figura 19 – Funções do veículo.....	40
Figura 20 – Intervalos de rotação.....	43
Figura 21 – Zona intermédia de rotação.....	44
Figura 22 – Histograma gama <i>T520eco</i>	48
Figura 23 – Histograma gama T520.....	48
Figura 24 – Box-plot das duas gamas do modelo T520.....	49
Figura 25 – Gráfico de dispersão.....	57
Figura 26 – Gráfico de dispersão.....	62

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Sistematização das abordagens bibliográficas.....	25
Tabela 2 – Apresentação das viaturas da Patinter S.A.....	29
Tabela 3 – Tendências centrais e de dispersão.....	48
Tabela 4 – Teste de Mann-Whitney.....	51
Tabela 5 – ANOVA: média de combustível para o factor NACIONALIDADE.....	53
Tabela 6 – ANOVA: Teste de Tukey	53
Tabela 7 – ANOVA: média de combustível para o factor NACIONALIDADE.....	54
Tabela 8 – ANOVA: Teste de Tukey.....	55
Tabela 9 – Sumarização do modelo de regressão referente à gama T520eco.....	59
Tabela 10 – Sumarização do modelo de regressão referente à gama T520.....	64

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

UE – União Europeia

RPM – Rotações por Minuto

MMA - Maximum Mass Authorised

ANOVA – Analysis of variance

VIF - Variance Inflation Factor

AIQ – Amplitude Interquartil

1 INTRODUÇÃO

O contínuo aumento da competitividade obriga cada vez mais as empresas a um aumento de eficiência nos seus processos. Com a introdução da globalização, as distâncias entre o fornecedor e o cliente são cada vez maiores, obrigando aos operadores logísticos a alterações estratégicas, novos investimentos, ações diferenciadoras, que permitam à empresa explorar novos mercados e desta forma subsistir num setor altamente competitivo. Posto isto, é de vital importância para o transportador conhecer bem a sua estrutura de custos, para desta forma poder identificar maiores ganhos. Ademais, é necessário que a informação sobre os custos a serem incorridos esteja definida e rapidamente acessível de forma a que se consigam criar vantagens competitivas numa negociação.

Desta forma, torna-se essencial analisar os custos inerentes à operação no setor dos transportes rodoviários, no qual são liderados pelos custos referentes ao combustível.

É neste âmbito que surge o presente relatório resultante do projeto realizado na PATINTER - PORTUGUESA DE AUTOMÓVEIS TRANSPORTADORES, S.A., uma das mais conhecidas empresas no setor de transportes internacionais na Europa, com cerca de 40 anos de atividade e reconhecida pela qualidade de serviços que tem prestado ao longo dos anos.

A Patinter S.A. tem atualmente um departamento de controlo dos combustíveis, porém, esta unidade tem vindo a sofrer alterações tendo em vista a introdução de mecanismo/processos de controlo que possam conduzir a uma redução do consumo médio de gasóleo dos camiões. Posto isto, é imperativa a introdução de novas práticas e modelos analíticos que permitam racionalizar o consumo de gasóleo. É neste contexto que diversas ferramentas estatísticas serão implementadas de forma a identificar, analisar e relacionar um conjunto de variáveis significativas que influenciam os custos associados ao consumo de combustíveis. Consequentemente, os resultados destas análises, poderão fornecer dados relevantes que têm como objetivo o aumento da eficiência de um frete, seja pela determinação da escolha correta da viatura para determinado frete, da escolha da rota que pode minimizar o consumo, assim como pela identificação de parâmetros que permitirão um melhor desempenho de condução aos motoristas.

Para o desenvolvimento e cumprimento dos objetivos do projeto na empresa é fundamental delinear de forma coesa a metodologia adotada. Inicialmente cumpriu-se um plano de acolhimento que não se limitou ao departamento de combustíveis, o que permitiu ter uma visão mais alargada e profunda do funcionamento da empresa.

O conhecimento adquirido nesta primeira fase permitiu avaliar comportamentos e fatores que influenciam o consumo de combustível. Com o desenrolar dos dias, e com o auxílio de algumas formações técnicas, o conhecimento desta temática foi evoluindo e consequentemente, a capacidade de análise ficou mais refinada. Com o recurso a softwares fornecidos pelas marcas de camiões, pela instalação do sistema CanBus e pelo sistema de GPS, é possível estabelecer uma leitura acerca do comportamento dos motoristas e, desta forma, poder identificar as variáveis que poderiam apresentar significância relativamente ao consumo de combustível.

Posto isto, foram primeiramente obtidos dados para um levantamento da situação atual de forma a que futuramente se implementem ferramentas evolutivas. Em seguida, uma revisão da literatura referente ao projeto em causa foi realizada no qual foram analisados modelos teóricos contributivos para a variação do consumo de gasóleo que irão ser contrapostos com a realidade da empresa em estudo.

No primeiro capítulo é apresentado o enquadramento do trabalho, os objetivos propostos e a metodologia adotada.

No segundo capítulo é feito um enquadramento teórico, onde são apresentados conceitos temáticos os fatores que afetam o consumo de combustível.

No terceiro capítulo é apresentada a modelação da racionalização do consumo de combustível.

No quarto capítulo é feita a descrição do caso de estudo onde é apresentada a empresa onde se realizou o estágio, são descritas as suas principais áreas de atividade, apresentado o estudo de caso e os respetivos consumos médios das viaturas e apresentação das variáveis em estudo assim como a sua respetiva interpretação.

No quinto capítulo são apresentados os resultados da investigação, acompanhados pela respetiva análise e interpretação dos dados, onde poderão ser observados os fatores críticos que têm influência no consumo de combustível e avaliar o seu nível de significância.

No sexto capítulo são apresentadas as principais conclusões, observações consideradas pertinentes e sugestões para desenvolvimento de projetos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O transporte de mercadorias é um dos setores mais dinâmicos da economia europeia, onde cerca de 44% das mercadorias transportadas na UE são efetuadas por estrada (Road Transport, 2012), com pequenas empresas operando ao lado de grandes grupos de transporte internacional e é parte da força vital da UE, proporcionando uma entrega rápida, flexível e barata.

Compreender a circulação de mercadorias e as suas características tornam-se essenciais para alcançar os objetivos de desenvolvimento económico. Assim sendo, há uma necessidade, por parte dos operadores logísticos, em examinar diferentes métodos e técnicas associados aos custos do transporte de mercadorias tendo em vista uma evolução da sua sustentabilidade e posição no mercado.

Um dos fatores que contribui para esta complexidade está centrado nos gastos que as empresas têm com o consumo de combustíveis. Nos últimos anos, as operadoras logísticas têm tido uma maior preocupação com a eficiência do consumo de combustível. O interesse nesta melhoria visa uma redução do consumo de gasóleo que por consequência originará uma redução nos respetivos custos, assim como numa redução de emissões de gases com efeito de estufa e outros poluentes do ar (Andrés L. e Padilla, E. 2015). Um estudo realizado pela *Heriot Watt University* conclui que os custos com os combustíveis representam uma parcela que pode variar entre os 26% e os 38% dos custos totais (Collection and Analysis of Data on the Structure of the Road Haulage Sector in the European Union, 2014) (figura 1).

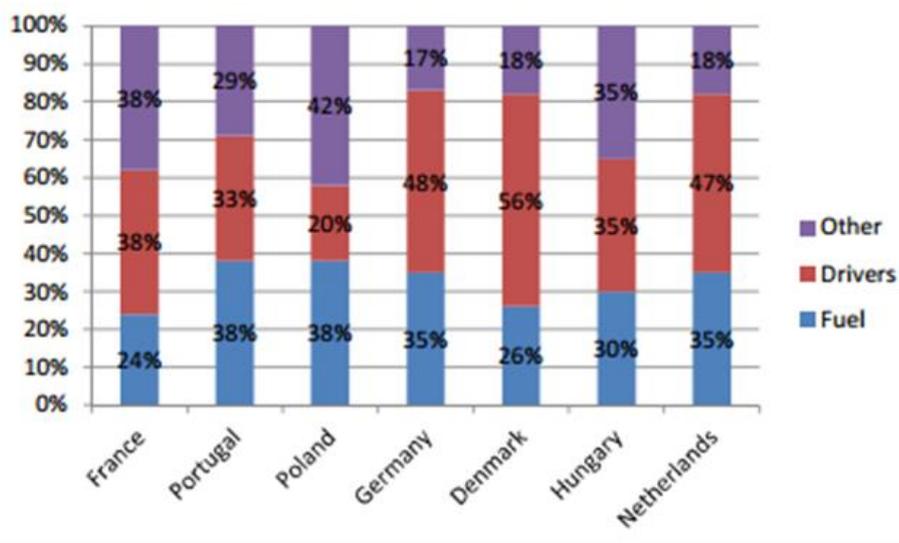


Figura 1 – Repartição dos custos das empresas transportadoras nos países selecionados. (Fonte: *Collection and Analysis of Data on the Structure of the Road Haulage Sector in the European Union, 2014*)

O preço por litro de combustível sofre uma variação significativa dentro dos países membros da UE. Estas diferenças são causadas pela liberalização das taxas de tributação assim como da autonomia de refinar petróleo adquirido (figura 2). Esta diferença pode causar desvantagem concorrencial, dado que um veículo abastecido num país vizinho a um preço mais baixo consegue circular com um custo (€/km) inferior. Como consequência deste fenómeno, o abastecimento dos veículos das frotas de serviço de transporte internacional é realizado nos países com menor preço por litro (Collection and Analysis of Data on the Structure of the Road Haulage Sector in the European Union).

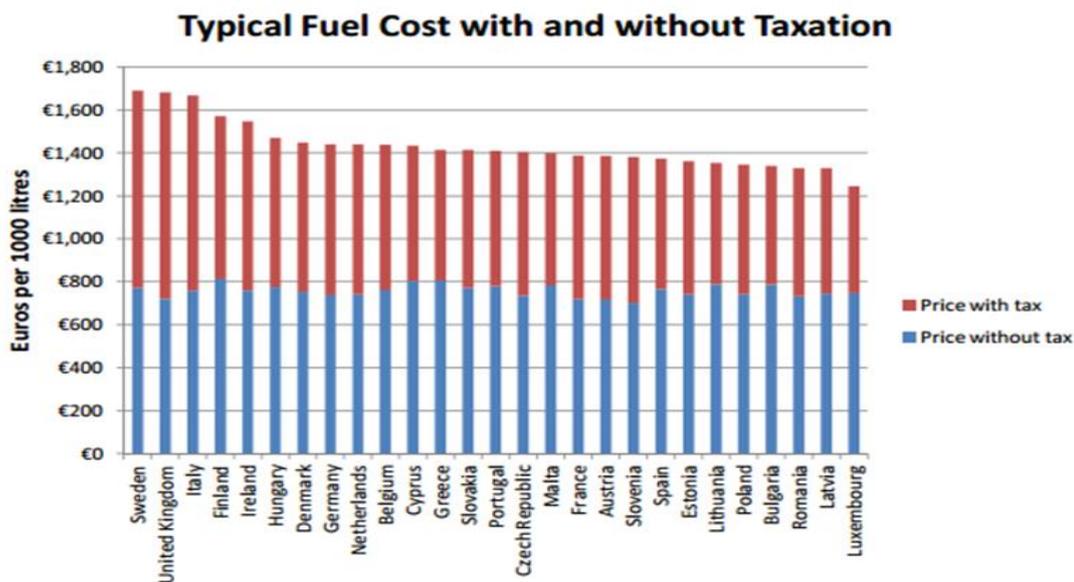


Figura 2 – Custo do combustível por 1000l nos países membros da UE.
 (Fonte: *Collection and Analysis of Data on the Structure of the Road Haulage Sector in the European Union, 2014*)

Os operadores logísticos dão um contínuo acompanhamento ao consumo de combustível de cada uma das unidades da frota. O procedimento para se medir o consumo de combustível consiste em monitorizar através de registos manuais e automatizados (reportados pelo computador de bordo) o gasóleo consumido em litros por quilómetros percorridos (l/km) (Ruiz, R., *et al.* 2015). Segundo Ruiz *et al.* (2015), para este indicador devem-se ter em consideração os seguintes pontos:

- O desempenho é altamente dependente da marca e modelo do veículo. Assim sendo, para uma fiável avaliação, devem-se agrupar os modelos por marca, potência do motor e idade.
- Na execução da operação, estes indicadores, mesmo para veículos similares, devem ser comparáveis apenas com pesos equivalentes e rotas similares.

Segundo Liimatainen *et al.*, (2012) num estudo efetuado realizado na Inglaterra em 2012, apenas 27% das empresas mantinham os registos informáticos e recolhiam os dados relativos aos consumos manualmente, 44% apenas tinham registos manuais ao passo que 6,5% usava um sistema de gravação automática do consumo enquanto que 9,6% usava equipamentos

avançados de monitorização a bordo do veículo. A monitorização, diária, semanal ou mensal dos dados é uma prática muito útil, uma vez que para além da precoce deteção de consumos elevados, permite igualmente avaliar comportamentos evolutivos ou regressivos.

Na avaliação do indicador (l/100km) importa que se estabeleça valores referência, ou seja, os objetivos devem ser mensuráveis e alcançáveis. Todavia, esta prática não é seguida por todas as empresas, sendo que apenas 60% dos operadores logísticos apresentam valores objetivo de forma a reduzirem o consumo de combustível (Lilimatainen, *et al.* 2012).

Existe uma vasta gama de tecnologias e práticas que podem ser aplicadas de forma a se reduzir o consumo de combustível. Um conjunto de boas práticas está associado à introdução de programas de eco-condução e na escolha de eco-rotas, enquanto que a maioria das tecnologias visam reduzir o consumo através da redução da resistência aerodinâmica e do coeficiente de atrito.

2.1 FATORES INFLUENCIADORES DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

2.1.1 Eco-condução

As principais características de uma condução eficiente que por consequência é económica, ecológica e segura designada por eco-condução, podem ser resumidas pelo cumprimento dos seguintes parâmetros. (1) acelerar moderadamente e executar a mudança da caixa de velocidades dentro da rotação do motor que está associada à zona económica (entre as 1200 RPM e as 1400 RPM); (2) manter uma distância segura em relação ao veículo da frente de forma a evitar alguns fluxos de trânsito e assim evitar uma quebra desnecessária da velocidade; (3) evitar velocidades excessivas; (4) evitar utilização elevada de ralenti (Schall, D. e Mohnen, A., 2015).

Compreender o efeito de diferentes perfis de velocidade e aceleração pode ajudar a melhorar os níveis de consumo de combustível e emissões. A análise do comportamento do condutor tem sido usada para desenvolver programas de formação de condutores para promover a eco-condução que, inicialmente, pode levar a reduções significativas no consumo de combustível (Larsson, *et al.*, 2009). O efeito da aceleração no consumo de combustível é bem conhecido, todavia não há um consenso relativamente à posição ideal que os motoristas devem colocar o acelerador de forma a minimizar o consumo de combustível (Schall, *et al.*, 2015). Durante a

aceleração, o comportamento de troca de velocidades da caixa é de extrema importância. Uma velocidade de caixa mais elevada provoca menos rotações do motor por unidade de distância percorrida, portanto, menos energia é dissipada por fatores de resistência do motor (por exemplo, as perdas de admissão de ar, árvore de cames, e propriedades turbo). Assim, durante a aceleração, o combustível pode ser salvo por alterações da caixa de velocidades a baixas rotações (Thijssen, *et.al.*, 2014).

De acordo com alguns instrutores de eco-condução, os motoristas devem acelerar rapidamente e de forma constante para a velocidade desejada trocando a mudança da caixa de velocidades o mais cedo possível, ao passo que outros revelam que uma rápida aceleração eleva os níveis do consumo de combustível (Thijssen, *et.al.*, 2014)..

A condução preventiva é um método bastante eficaz para reduzir o consumo de combustível (Thijssen, *et al.*, 2014). Uma condução preventiva evita bruscas desacelerações que por consequência obrigaram a novas acelerações de forma a se obter a velocidade desejada. Assim sendo, o motorista deve seguir com uma distância significativa em relação ao veículo da frente de modo a que caso este tenha que reduzir a sua velocidade, o motorista não tenha que acionar o travão de uma forma brusca e perder demasiada velocidade. Assumindo uma condução preventiva, o condutor consegue igualmente antecipar-se a desacelerações que tenha que ter em curvas apertadas ou em rotundas e desta forma aproveitar a inércia do veículo e entrar em modo de roda livre até ao obstáculo. Segundo Thijssen *et al.* (2014), um motorista que adote estas práticas consegue uma poupança de 9,5% no consumo de combustível.

Na Europa, todos os camiões adquiridos vêm de fábrica com limites de velocidade (90km/h) que são estipulados por lei. Nos EUA, são os proprietários das empresas que determinam a configuração da velocidade limite, contudo, a maioria das grandes operadoras estabeleceu limites eletrónicos que se centram entre as 60 e 63 mph, 96km/h e 101km/h respetivamente, podendo igualmente adotar velocidades superiores dependendo das necessidades. A segurança para esta limitação é a prioridade, todavia as poupanças com o combustível também o são.

No entanto, tanto a indústria dos transportes assim como os decisores políticos estão convencidos de que mais pode ser feito para conter a crescente quantidade de combustível utilizado pelas grandes operadoras que transportam mercadorias (National Geographic, 2011). Limitar a velocidade do motorista é talvez a mudança de comportamento mais amplamente

reconhecido que pode economizar combustível. Em média, um caminhão viajando a 65 mph em vez de 75 mph vai experimentar até 27% de melhoria no consumo de combustível. Como regra geral, para aumento de uma milha por hora na velocidade, existe uma correspondente penalidade de 0,6 l/100km no consumo de combustível. Viajando a velocidades inferiores, o consumo de combustível é reduzido pela diminuição da resistência do motor, em virtude deste trabalhar com menores rotações num determinado espaço de tempo, assim como pela redução da resistência aerodinâmica.

A percentagem de tempo de utilização do motor com velocidades de 0km/h é um indicador de ineficiente de combustível consumido (tempo de ralenti). Segundo Brodrick *et. al.*, (2011), o consumo de combustível nos EUA com o motor ao ralenti estima-se ser entre 838 milhões a 2 bilhões de galões por ano. Para além do gasto de combustível e das respetivas emissões poluentes, esta utilização provoca um desgaste do motor, provoca ruído e vibrações (Brodrick *et. al.*, 2011). Os impactos da vibração e ruído são difíceis de quantificar, no entanto, são preocupações que não se devem desconsiderar devido ao seu potencial impacto no descanso do motorista.

A crescente utilização de dispositivos eletrónicos (telemóveis, portáteis, frigoríficos, ferramentas e sistemas de operações de frota), utilização da sofagem de aquecimento, a necessidade da pressão do sistema de ar, durante as operações de descanso e de carga e descarga, fazem com que os tempos de ralenti têm vindo a aumentar. Um estudo efetuado por Brodrick *et. al.*, 2011, refere casos de utilização do motor que chegam atingir 16,5h por dia, dependendo da estação do ano e do tipo de operações. Segundo o mesmo estudo, algumas frotas relataram que alguns dos seus veículos tem percentagens de ralenti superiores a 50% do tempo total de funcionamento do motor. O consumo de combustível associado ao ralenti é variável, dependendo da aceleração que se está a dar ao motor e da exigência que os dispositivos eletrónicos exercem sobre as baterias. Todavia, num consumo ao ralenti, sem aceleração, estima-se que o consumo de combustível seja de 3,33 l/h, podendo chegar aos 9,58 l/h para um motor que esteja a trabalhar a 1200 RPM e uma exigência de 22KW de acessórios. Assim sendo, uma sensibilização e alerta para estes tempos de ralenti elevados ajudam a baixar o consumo de combustível. Uma formação de boas práticas torna-se assim essencial para reduzir esta ineficiência. Importa transmitir aos motoristas que apenas devem carregar os seus dispositivos eletrónicos com o veículo em andamento e que, o

desenvolvimento dos motores dos camiões não necessita de prévio aquecimento do motor, sendo apenas necessário atingir a pressão de ar ideal para poderem circular.

A educação na condução e o treino são fundamentais para qualquer programa de eco-condução de camião. O conhecimento e algumas dicas sobre práticas de eco-condução necessitam de ser transferidas para os motoristas assim como um devido acompanhamento com envio de mensagens encorajadoras e que os incentivem a continuar com as boas práticas. A educação da eco-condução pode ser auxiliada com lições de condução, dadas em sala de aula, através de simuladores e com acompanhamentos individuais na estrada (Boriboonsomsin ,2014)

Existem várias tecnologias que auxiliam e facilitam as práticas de eco-condução. Como por exemplo, um limitador de velocidade pode ser programado para o veículo atingir no máximo determinada velocidade, evitando assim um excesso de velocidade, uma unidade de aquecimento ou arrefecimento pode ser instalada na cabine do camião de forma a evitar tempos de ralenti muito elevados nas alturas de repouso obrigatórias. Algumas destas tecnologias são atualmente mais prevalentes do que outras, no entanto, ampliam o leque de opções disponíveis ao motorista de forma a aumentar e adotar as práticas de eco-condução (Boriboonsomsin ,2014).

Os treinos e formação de eco-condução são de facto medidas que ajudam na redução do consumo de combustível. Porém, segundo Walnum *et. al*, (2015) os programas de eco-condução podem registar reduções até 15% durante os treinos, contudo, estes valores decrescem para 4-5% após três meses e a longo prazo tendem a baixar para os 2%.

2.1.2 Eco-rotas

A escolha de rotas mais eficientes é outra variável influenciadora no consumo de combustível que tem merecido especial atenção das operadoras logísticas. O critério normalmente utilizado para a escolha das rotas centra-se nos critérios do caminho mais curto ou pelo caminho mais rápido. Todavia, as escolhas efetuadas segundo estes critérios nem sempre poderão ser as mais económicas. O impacto da carga e a magnitude de inclinação por onde transitam os veículos de transporte, são fatores de alto impacto no consumo de combustível

(Henao, 2012). Posto isto, segundo Posada-Henao (Henao, J., 2015), pesos superiores a 19 toneladas influenciam significativamente o consumo de combustível para rotas que possuam subidas com uma pendente média superior a 5%. Desta forma, aquando da seleção das rotas a circular, devem-se fazer primeiramente comparações com rotas de semelhantes distâncias.

A condução em áreas congestionadas aumenta o consumo de combustível devido à circulação em velocidades reduzidas. Este argumento é apresentado por Demir *et. al.*, (2014), que seguindo um manual de instrução de um camião avaliou as diferenças de emissões de CO₂ e o consumo de combustível entre o uso de velocidades constantes e de fluxos de velocidades dependentes. Com base num levantamento de estudo numa auto-estrada, os resultados referem que um camião viajando 15% do seu percurso em estradas congestionadas resulta num aumento de combustível de 8% e se aumentarmos a percentagem de congestionamento para 25%, o consumo de combustível irá sofrer um crescimento de 15%.

Contudo, a estratégia eco-rotas pode também causa impactos negativos significativos. Em casos de alterações de rotas devido a congestionamentos causado por excesso de tráfego, ou outros, em muitos dos casos os motoristas tendem a compensar a alteração da rota e viajam a uma velocidade maior, e desta forma aumenta o consumo de combustível.

2.1.3 Resistência aerodinâmica

A resistência aerodinâmica é uma força que se opõe ao movimento do veículo pela resistência do ar. Quantitativamente, o arrasto aerodinâmico é proporcional ao produto do coeficiente da resistência aerodinâmica, área frontal e o quadrado da velocidade do veículo, conforma mostra a equação em baixo (Wang *et. al.*, 2015).

$$F_{drag} = 0.5C_d\rho AV^2$$

V é a velocidade do veículo (m / s), C_d é o coeficiente de resistência aerodinâmica, ρ é a densidade do ar (kg / m³), e A é a área frontal. Os valores mais elevados para os veículos pesados devem-se ao facto de estarem apetrechados com equipamentos bastante volumosos de forma a efetuarem o transporte de mercadorias. A métrica para avaliar as perdas aerodinâmicas é o coeficiente de resistência aerodinâmica (Wang *et. al.*, 2015). Reduzir a área

frontal geralmente sacrifica o tamanho interior, portanto, tem um valor limitado na redução da resistência aerodinâmica. Conduzir a uma velocidade mais reduzida pode igualmente diminuir esta resistência, no entanto, alterar a velocidade não é realista (Wang *et. al.*, 2015). Com efeito, a variável que pode sofrer intervenção é o coeficiente de resistência aerodinâmica através da colocação de suportes físicos no conjunto de transporte. Segundo um estudo levado a cabo pelo *International Council on Clean Transportation* (Sharpe *et. al.*, 2015), a velocidades constantes e com pendentes médias de inclinação de zero, uma redução de um ponto percentual na resistência aerodinâmica, resulta numa redução de 0,5% no consumo total de combustível. Estas reduções são alcançáveis através da colocação de saias laterais (fig. 3) nos reboques. Segundo o mesmo estudo, houve um consenso geral por parte das empresas entrevistadas de que as saias laterais é aprimoramento aerodinâmico mais amplamente utilizado nos reboques. Um ponto-chave deste consenso, deveu-se ao aumento da confiabilidade e durabilidade das saias laterais desde a sua introdução em meados do ano 2000 o que proporcionou a uma diminuição dos custos de manutenção. Comparando esta tecnologia com os *rabos de barco* (fig. 4), dispositivos de proteção inferiores (fig. 6) e redutores de espaço entre o trator e o reboque (fig. 5), as saias laterais têm uma maior história comercial e são a preferência da maioria das frotas de camiões. As 14 frotas entrevistadas no estudo, apresentaram respostas de melhoria que variavam entre os 1 e 7%, sendo a respetiva média de 4%. A maior parte das frotas tiveram experiências positivas com as saias laterais, apesar da maior parte referir que os reais benefícios da redução de combustível são apenas metade do que o fabricante apresenta. No entanto, apesar desta diferença há um consenso geral de que esta tecnologia madura, através de um bom custo-benefício, pode oferecer uma vantagem competitiva para a maioria dos operadores logísticos e que a absorção desta tecnologia irá continuar em expansão.



Figura 3 – saias laterais



Figura 4 – rabos de barco



Figura 5 – redutores de espaço



Figura 6 – dispositivos de proteção inferiores

(Fonte: Literature Review: Real-world fuel consumption of heavy-duty vehicles in the United States, China, and the European Union, 2015)

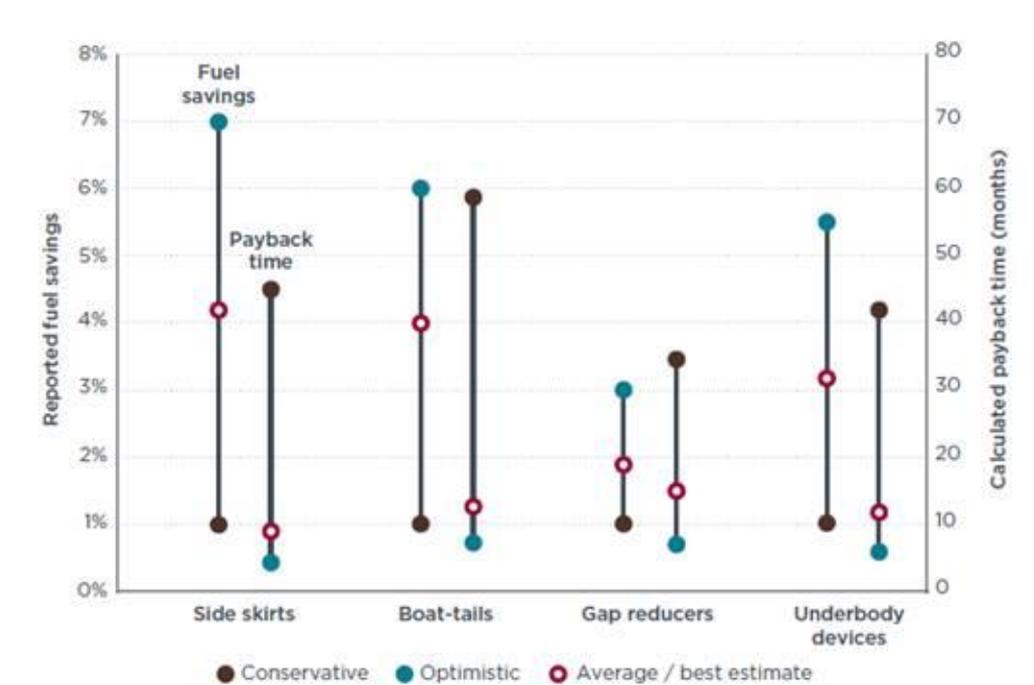


Figura 7 – Poupanças de combustível e respectivos períodos de payback para as diversas tecnologias aerodinâmica.

(Fonte: Literature Review: Real-world fuel consumption of heavy-duty vehicles in the United States, China, and the European Union, 2015)

2.1.4 Pressão dos Pneus

A pressão de inflação é um fator fundamental na determinação da resistência do rolamento do pneu na estrada. Para os reboques, existem dois tipos de sistemas de gestão da pressão dos pneus: sistemas de monitorização da pressão dos pneus e sistemas automáticos de enchimento

dos pneus. Os sistemas de monitorização da pressão dos pneus relatam informações da inflação para o condutor, usando uma consola de alerta na cabine do camião, proporcionando um relatório mais extenso e flexível das condições reais dos pneus, sendo igualmente capazes de alertar os motoristas sobre outros tipos de perdas de ar que possam estar a ocorrer. Por outro lado, um sistema automático de enchimento de pneus, apesar de restaurar o ar dos pneus em caso de sub-inflação, não tem a capacidade de relatar a pressão real de qualquer pneu (Sharpe, B. e Muncrief, R., 2015).

Nos últimos tempos, os fabricantes de pneus relataram que as empresas de camionagem estão cada vez mais interessadas na instalação de sistemas de gestão da pressão dos pneus, não apenas para a melhoria da eficiência de combustível, mas, e talvez mais importante, para melhorar a segurança e aumentar a vida útil do pneu. Segundo o estudo do *International Council on Clean Transportation* algumas frotas sustentaram que os sistemas automáticos de inflação têm ganho preferência sobre os sistemas de monitorização, uma vez que os sistemas de inflação são passivos e não requerem a intervenção do motorista. O mesmo estudo refere que os ganhos percentuais em ambos os sistemas diferem. Enquanto os sistemas de monitorização têm ganhos de 0,5% a 1% na poupança de combustível, os sistemas de inflação automático possuem ganhos de 1 a 2%. Todavia, esta decisão não é simplista uma vez que ambos os sistemas possuem preços de aquisição díspares. Apesar dos ganhos nos sistemas de monitorização serem mais reduzidos, o retorno de aquisição centra-se entre 1 e 2 anos, ao passo que os sistemas automáticos de inflação possuem um retorno bastante mais elevado, podendo chegar até aos 7 anos.

2.1.5 Peso

O fator peso tem é uma das variáveis que mais influencia no consumo de combustível. Porém, este fator depende da evolução dos limites de peso e na composição da frota de veículos (Ruzzenenti, F. e Basosi, R., 2009). Ambos os aspetos, terão consequências sobre o peso médio de transportado pelos camiões e, portanto, sobre o consumo de combustível. Na UE, o limite para os transportes internacionais é de 40 toneladas, enquanto que na Holanda o peso máximo bruto é de 50 toneladas (Internacional Transport Forum, 2015). Nos EUA, os limites de peso, após um grande aumento do preço do petróleo e de forma a promover uma maior eficiência energética, tem vindo a aumentar, contudo é difícil estabelecer uma tendência clara devido à grande diversidade das legislações federais.

A consumo de combustível não é proporcional ao peso de um veículo carregado, portanto, o consumo específico (por tonelada de peso bruto) diminui com o tamanho do veículo (Ruzzenenti, F. e Basosi, R., 2009). Por exemplo, um caminhão de 11,5 toneladas (t) consome cerca de 1,5 litros (l) de combustível aos 100km por tonelada de peso bruto, um caminhão de 28t consome cerca de 1,3 litros, enquanto que um caminhão de 44t consome cerca de 0,8litros por tonelada (Ruzzenenti, F. e Basosi, R., 2009). Em 2009, Ruzzenenti e Basosi, desenvolveram uma regressão linear com uma amostra de 107 caminhões com pesos que variavam entre as 30 e 44 toneladas e concluiu que existia um fator de redução que se centrava em 0,036 l/100km por cada tonelada de peso bruto.

2.2 MODELAÇÃO DA RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

Nesta secção será apresentado um resumo dos estudos efetuados por vários autores acerca da racionalização do consumo de combustível, alguns aplicados especificamente ao transporte rodoviário de mercadorias enquanto que outros baseiam-se em estudos relacionados com outro tipo de transportes rodoviários e veículos ligeiros. Os autores analisam igualmente diferentes variáveis e a significância que estes têm no consumo de combustível ao passo que outros utilizam vários destes fatores em simultâneo.

Andrieu *et. al.* em 2012, apresentam um modelo em que comparam os resultados obtidos através de duas técnicas distintas de formação de condução económica. Os indicadores usados neste estudo de caso foram a velocidade média em que circulam na mudança mais elevada, a rotação a que ocorria a alteração da mudança na caixa de velocidades, a energia cinética positiva e a percentagem de tempo de travagem com o motor.

Salienta-se que quanto menor for a enérgia cinética, mais preventiva é a condução.

Em ambas as experiências, os dois grupos de condutores realizam os percursos por duas vezes. A primeira antes da formação e uma segunda depois da formação. Na experiência nº1, o percurso foi realizado numa estrada inter-urbana com uma distância de 14km, inicialmente com uma condução normal, seguida à *posteriori* de uma eco-condução segundo as “regras de ouro” do projecto Eco-Drive (Eco-Drive, 2009). A experiência nº2 foi percorrida num ambiente urbano, rural e em auto-estrada, numa distância de 70km, seguindo a metodologia usada na experiência nº1, contudo a formação de eco-condução foi realizada segundo um programa de treino de condução económica.

Ambas as experiências apresentam melhorias no consumo de combustível. Para a nº1 foram obtidas reduções de 12,5% ao passo que na experiência nº2 o ganho foi de 11,3%. Todavia, o pequeno conjunto de dados e o facto de as experiências não terem sido realizadas num ambiente controlado (diferentes tipos de veículos, motoristas e trânsito) levam os autores a expor uma necessidade de se realizar uma meta-análise de forma a aumentar a sua veracidade.

Em 2015, Walnum *et. al.*, desenvolveram um estudo na Noruega no qual analisaram os dados gerados pelo sistema de gestão de frotas Dynafleet. O objetivo era descobrir o que influencia o consumo de combustível. Para isto, foram usadas como variáveis independentes, o peso da carga, o tipo de reboque, a potência do motor, a velocidade média, o uso automático da caixa

de velocidades, o uso do *cruise control*, a utilização de mais de 90% do binário máximo, uma variável binária (*dummy*) acerca da variação sazonal, o tempo de ralenti, o tempo de condução na mudança mais elevada, a velocidade média, o número de paragens e o deslize do camião sem carga de motor.

Com este estudo concluíram que em estradas montanhosas, as variáveis associadas às características dos veículos têm uma maior significância, 10 a 12 vezes superior, comparativamente às variáveis que estão associadas ao motorista. Todavia, concluíram igualmente que apesar das características do veículo apresentarem uma significância superior, o comportamento do motorista é, igualmente, importante. Porém, há limitações no conjunto de dados e na forma como o comportamento do motorista foi quantificado. A maioria dos indicadores de condução são apresentados pelos relatórios do Dynafleet, o qual não inclui características da rota, como por exemplo, o gradiente da estrada. Além do mais, a inclusão da taxa de aceleração, o tempo de condução na mudança mais elevada, velocidade média, pelos indicadores, tempo na mudança ótima, e velocidade ótima, respetivamente, poderiam determinar dados mais conclusivos acerca do comportamento do motorista de acordo com as condições específicas de condução.

Em 2014, Castanedo *et al.* realizaram uma pesquisa sobre a eficiência das rotas no transporte rodoviário de mercadorias através de um sistema desenvolvido pelo Ministério da Ciência e Inovação em 2011, designado por Innotransmer, que tinha como objetivo desenvolver uma plataforma eletrónica que permita às empresas de transporte de mercadorias avaliar as rotas mais eficientes, com diferentes veículos e trajetos, de forma a determinar a configuração de transporte com o menor consumo/custo por tonelada transportada em camião, criando assim um novo instrumento de avaliação de eficiência do sector.

Neste projeto foi comparado o consumo teórico de combustível referenciado pelas marcas de camiões, com duas metodologias teóricas de cálculo, Enertrans, desenvolvida por Lopez e Sanchez (2009) e a COPERT IV para velocidades compreendidas entre os 5 e os 90 km/h. A metodologia de cálculo do consumo de combustível COPERT IV foi baseada num conjunto de variáveis essenciais para a sua aplicação: a classe EURO a que pertencem, o nível de carga (0%, 50% e 100%), diferentes velocidades e gradientes de inclinação de estrada diferentes (-6% , 4%, 2%, 0%, 2%, 4%, 6%). Por outro lado, a metodologia de cálculo do combustível de consumo 'EnerTrans' é mais fácil de aplicar, dado que a sua formulação matemática apenas utiliza o MMA (peso bruto máximo), a carga útil e da velocidade. Os resultados do estudo

referem que os valores dos consumos apresentados pelo Innotrasmer são muito semelhantes aos que foram referenciados pelas marcas dos camiões, o que demonstra a confiabilidade do cálculo apresentado pelo COPERT IV. Contudo, para percursos com muita altimetria acumulada, notou-se uma diferença de resultados devido à utilização dos dados de altitude apresentados pelo Google Maps.

Matsumoto *et al.* em 2013 publicaram um estudo sobre os efeitos da eco-condução na redução do consumo de combustível segundo duas estratégias distintas. Neste estudo, os valores do consumo de combustível foram estimados com base nas distribuições da velocidade e na aceleração, segundo uma condução normal, segundo normativas de eco-condução japonesas e eco-condução alemãs. A experiência foi realizada por 5 condutores, percorrendo a distância 15 vezes em cada modo de condução num ambiente virtual criado pela interceção de um sistema desenvolvido pela Universidade de Keio e por um simulador de tráfego. A condução em modo normal foi realizada de acordo com os princípios que adotam no seu quotidiano, na eco-condução japonesa, o condutor tinha que acelerar suavemente de forma a que o veículo ganhe 20km/h a cada 5s, minimizar a aceleração e a desaceleração tanto quanto possível e manter a aceleração constante e por último libertar o acelerador antecipadamente em caso de desaceleração e apenas travar com o motor. A eco-condução alemã seguia os princípios de acelerar tão rápido quanto possível (mas não exageradamente) de forma a atingir o intervalo de velocidades que proporcionar um eficiente consumo (40 a 80km/h) e posteriormente deixar o carro seguir em roda livre, sem qualquer mudança engatada. Ambos os tipos de condução foram realizados para uma distância de 700m. As duas eco-conduções providenciaram melhorias, porém, o modo de condução alemão apresentou resultados 4% melhores que os japoneses. No entanto, para futuros estudos, seria interessante analisar este procedimento para pesos do veículo e gradientes de inclinação diferentes de forma a se retirarem um conjunto mais abrangente de conclusões.

Chantranuwathana *et al.* em 2014 apresentaram um modelo de eco-condução que foi construído com base na relação entre o consumo de combustível e a velocidade média de viagem. Foi usado um simulador de condução de forma a se controlar a condição do tráfego com o veículo de teste. O teste teve como variável de entrada a percentagem de utilização do acelerador. Foram utilizados cinco condutores que realizam 3 viagens a baixas velocidades (30 a 40km/h) e outras 2 viagens a velocidades superiores (50 a 70km/h). Os resultados para

além de conclusivos, referem que os maiores ganhos para a eco-condução são obtidos entre as velocidades de 50 a 70km/h que corresponde à relação de caixa de velocidades mais alta com uma percentagem de utilização do acelerador que varia entre os 10 e 15%. Todavia, seria igualmente interessante neste estudo serem introduzidos diferentes gradientes de estrada e pesos de forma a se poder analisar as influências que determinadas cargas do motor têm no consumo de combustível.

Zhao *et. al.*, em 2015 desenvolveram um simulador de condução de um veículo ligeiro baseado num suporte de apoio de eco-condução. Este trabalho apresenta dois tipos de sistema de apoio, um estático e outro variável. De forma a validar a eficácia destes sistemas de apoio na redução do consumo de combustível foram recrutados 22 condutores que realizaram três testes, um sem usar qualquer tipo de apoio, outro usando o parecer estático e por último o parecer dinâmico respetivamente.

O sistema estático apresenta como recomendação os seguintes comportamentos: evitar rotações do motor a um nível elevado; antecipar o fluxo de tráfego e desacelerar ou acelerar suavemente; manter uma velocidade constante de 100 km/h em auto-estrada; desligar o motor quando o tempo de paragem é superior a 1 minuto; otimizar o uso de ar condicionado; limitar o tempo de aquecimento do motor para menos de 30 segundos; verificar regularmente a pressão dos pneus.

O sistema dinâmico, no processo de condução, imite uma mensagem de voz em tempo real quando o comportamento do condutor não corresponde aos parâmetros em seguida apresentados: quando a aceleração é igual ou superior a 3 m/s^2 e este estado se mantém por 3 segundos, o sistema emite um alerta para evitar a rápida aceleração; quando a desaceleração é igual ou inferior a 3 m/s^2 e este estado se mantém por 3 segundos, o sistema emite um alerta para antecipar o fluxo de tráfego e desacelerar suavemente; quando a 1ª mudança excede os 30 km/h, a 2ª os 40km/h, a 3ª os 50 km/ e a 4ª os 60 km/h, o sistema emite um alerta evitar que as rotações do motor sejam elevadas; quando o veículo excede a velocidade de 110 km/h, é enviado o alerta para reduzir para os 100 km/h e por último quando o veículo está parado por 1 ou mais minutos o sistema avisa para desligar o motor quando este está a trabalhar com velocidade de 0 km/h por mais de 1 minuto.

Para os dois sistemas obtiveram-se reduções no consumo de combustível, contudo, o sistema dinâmico apresenta uma melhoria de 5,45% ao passo que o sistema estático apresenta melhorias de 3,43%. Contudo, este sistema dinâmico apenas foi desenvolvido para um

determinado tipo de veículo, abrindo a possibilidade de estes resultados se alterarem para outros tipos. Adicionalmente, outras características de eco-condução não foram utilizadas não foram introduzidas, assim como os diferentes pesos e a geometria da estrada.

Os autores Birrell *et. al.*, em 2014, baseados em estudos anteriores que mostram a relação que o estilo de condução tem com a eficiência do consumo de combustível, apresentam um trabalho que examina que parâmetros estão especificamente relacionados com o bom consumo, usando um conjunto de dados heterogêneos de dois países sobre veículos e condutores num cenário real. As variáveis utilizadas foram divididas em 4 categorias: a aceleração, que incluía a máxima aceleração (m/s^2), máxima desaceleração (m/s^2), aceleração máxima lateral (esquerda) (m/s^2), aceleração máxima lateral (direita) (m/s^2); a rotação do motor tinha incluída a rotação média (RPM) e a máxima do motor (RPM); a velocidade do veículo incluía a velocidade média (mph), a velocidade máxima (mph), o desvio padrão da velocidade e a última categoria, o acelerador, tinha associada a posição média do acelerador (%), máxima posição do acelerador (%) e o desvio padrão da posição do acelerador.

A análise do estudo evidencia que os 3 casos analisados, apesar de apresentarem diferenças notáveis relativamente à localização, ambiente, estrada, veículo e condutor, permitem ser conclusivos e apresentam significâncias semelhantes nas variáveis que mais afetam o consumo de combustível.

Pampel *et. al.*, em 2015 desenvolveram outra análise experimental num simulador acerca da mentalidade dos condutores de maneira a perceber se possuem características naturais de eco-condução que não são habitualmente colocadas em prática. Foram analisados dezasseis motoristas ao qual foram instruídos para conduzir de três formas distintas: conduzir normalmente, conduzir em segurança e terem uma condução eficiente, e em 3 cenários distintos. Como variáveis dependentes foram utilizadas a velocidade (km/h), aceleração (m/s^2), desaceleração (m/s^2), e circular no cone de aspiração (diminuição da resistência ao ar). Concluíram com este estudo que os condutores adotam diferentes comportamentos quando lhe é instruída o modo eco, comparativamente ao modo normal e defensivo. Em eco-condução, aceleraram e desaceleraram lentamente, assim como foi registada uma velocidade média inferior. Todavia, apresentaram maiores oscilações de velocidade e registaram uma diminuição de tempo no cone de aspiração de outras viaturas.

Os resultados concluíram igualmente que muitos condutores apresentam características mentais de eco-condução que normalmente não são colocadas em prática aquando da instrução em condução normal. Duas das limitações deste estudo estão relacionadas com a sensibilidade de controlo do simulador, dado que este pode ter forçado os condutores a terem conduções mais irregulares do que num cenário realistas, e o reduzido número de amostras.

Scora *et. al.*, em 2013, apresentaram um sistema de navegação em tempo real (EFNav) que permite uma redução no consumo de combustível. Este sistema permite aos motoristas poderem escolher não só a rota mais próxima e menos demorada, em virtude do alerta em tempo real da condição do tráfego assim como do percurso que minimiza a quantidade de combustível a utilizar. Foram estabelecidos 18 pontos geográficos que permitiram originar uma combinação de 153 rotas realizadas em dias de semana e fins-de-semana. Como variáveis independentes, foram utilizadas a velocidade do veículo, peso do conjunto e o gradiente de inclinação da estrada. O estudo apresenta que a influência do trânsito pode provocar uma variação de 240% no consumo de combustível (entre estar vazio e com um peso de 36t) e que a omissão do gradiente de estrada reduz a estimativa do combustível em 12,7% para cada rota seleccionada. Como limitações deste estudo estão a imprevisibilidade do trânsito, assim como a ausência de conjunto de boas práticas de condução que influenciam o consumo de combustível.

Mohamed-Kassim *et. al.*, em 2010 realizaram um estudo sobre os benefícios que os apoios aerodinâmicos proporcionam no consumo de combustível. Foram realizadas viagens em dois percursos distintos, utilizando diversos apoios aerodinâmicos e dois pesos do conjunto diferentes (20t e 40t). Outras variáveis presentes no trabalho são o coeficiente de arrasto, a resistência no deslize e a velocidade. Foram utilizados dois percursos, um em ambiente urbano e outro em auto-estrada. Os resultados concluíram que os veículos com rotas longas conseguem gerar o dobro das poupanças que os percursos urbanos. Estas reduções, dependendo do tipo de dispositivos e da combinação destes, variam entre 1% e 9% de redução do consumo de combustível para um veículo que percorra uma distância anual de aproximadamente 130000km. Porém, numa futura pesquisa seria interessante analisar este procedimento experimental e avaliar a influência destes apoios aerodinâmicos para diferentes gradientes de inclinação.

Outros autores como Leblanc *et. al.*, em 2010 apresentaram igualmente um trabalho, utilizando dados recolhidos em outro projeto liderado por Jim Sayer da Universidade de Michigan, no qual usaram dados recolhidos em diversos condutores para analisar a influência que os diversos tipos de condução podem provocar no consumo de combustível. Como variáveis independentes foram utilizadas diversas velocidades (acelerações entre os $-0,55\text{m/s}^2$ e $0,55\text{m/s}^2$) acelerações significativas (maiores que $1,05\text{m/s}^2$) e razoáveis (entre $0,55$ e $1,05\text{m/s}^2$). Concluíram com este estudo que apesar dos condutores apresentarem 6% do tempo de condução com acelerações acima de $0,55\text{m/s}^2$, este, representou 20% do consumo total de combustível consumido no caso. Para este estudo seria igualmente interessante inserir outros parâmetros de condução que influenciam o consumo assim como realizar estas experiências com diferentes pesos do veículo inseridos em distintos pontos geográficos.

Em 2012, Orfila *et. al.*, tiveram como objetivo a criação de um modelo que apresentava a variabilidade dos motoristas relativamente ao uso da caixa de velocidades tanto em condução normal assim como em condução económica. Foram usadas como variáveis de entrada, a rotação do motor (RPM) e a velocidade (m/s). Os 21 motoristas selecionados realizaram duas viagens cada um, numa de estrada rural que tinha 14 km de distância. Concluíram que para ambos os modos de condução, a rotação do motor (RPM) não é constante para a mudança engrenada nem tão pouco linear, para além de haver uma tendência para um aumento da rotação do motor entre a engrenagem nº1 e a nº3, decrescendo até à última engrenagem. Este modelo apresenta como limitações o reduzido número de condutores avaliados, a curta distância do percurso, a não contabilização de várias passagens da relação da caixa de velocidades ao mesmo tempo, ex: uma alteração da relação de caixa nº1 para uma nº3, assim como a ausência de outras variáveis relacionadas com a condução.

Ericsson em 2001 tentou descrever padrões de condução urbana e investigar quais as variáveis que mais influenciam o consumo de combustível. Este trabalho decorreu na Suécia e para a recolha dos dados foram utilizadas 2550 viagens que totalizaram 18945km.

Através de uma análise fatorial, as 62 variáveis encontradas foram reduzidas a 16. Após uma regressão linear, conclui que das 16, 9 tinham um considerável efeito no consumo de combustível. Destas 9, (i) 4 estavam relacionadas com a potência do motor, aceleração com grande exigência do motor, aceleração com uma moderada exigência do motor, acelerações extremas e a variável paragens; (ii) 3 estavam relacionadas com a alteração das mudanças

engrenadas e uso da rotação do motor, alteração demorada da 2ª para a 3ª engrenagem, rotação do motor acima das 3500 RPM e rotação do motor moderada na 2ª e 3ª engrenagem ao passo que as restantes (iii) 2 estavam relacionadas com a velocidade, variação da velocidade e velocidade entre os 50 e 70km/h. Como complementaridade ao estudo realizado seria pertinente avaliar se estas variáveis significativas eram as mesmas se fosse incluído no estudo diferentes gradientes de estrada.

Para se atingirem reduções do consumo de combustível com o veículo parado, estratégias e ações têm que ser tomadas de forma a minimizar o tempo de ralenti. Shancita *et. al.*, em 2014, apresentaram uma revisão de um conjunto de estratégias que permitem melhorias na redução do consumo de combustível. Analisando o trabalho desenvolvido por outros autores acerca desta temática, apresentaram soluções que permitem reduções de quase **100%**. Unidades auxiliares de potência (APU, recuperadores de calor (DFH), pilhas de combustíveis, sistema de armazenamento térmico, criação de postos de fornecimento elétrico, sistemas de baterias auxiliares, sistemas automáticos de encerramento do motor, melhoramento do conforto da cabine e hibridização. Para as soluções anteriormente apresentadas, foi possível comparar e compreender a capacidade que estas tecnologias apresentam na redução do consumo de combustível utilizado ao ralenti. Nos estudos analisados por outros autores, Shancita *et al.* expõe que a tecnologia mais eficaz é a utilização de recuperadores de calor. Com a utilização desta tecnologia, obtêm-se reduções no consumo que se concentram entre os 94 a 96%. Em seguida, a segunda tecnologia mais rentável é utilização de energia elétrica fornecida por posto de fornecimento, com reduções aproximadas a 74%. A terceira é a utilização de unidades auxiliares de potência no qual se podem obter ganhos entre os 36 e os 85%. As restantes tecnologias para além de não serem tão usadas, apresentam níveis de desempenho bastante inferiores às anteriormente apresentadas. Contudo, a rentabilidade destas tecnologias foi testada numa dada condição climática, dado que limita o estudo efetuado em virtude de abrir a necessidade de se avaliarem estas tecnologias em diferentes estados meteorológicos.

Lai, em 2015 apresentou uma ferramenta teórica baseada no modelo motivação-oportunidade-habilidade desenvolvido por Maclnnis *et. al.*, em 1991, cujo o objetivo era de explorar a influência de um sistema de incentivo financeiro de forma a incentivar os motoristas de autocarros a alterar os seus hábitos de condução e a adotar uma postura de condução ecológica. Os dados recolhidos para este estudo foram recolhidos em duas empresas de

transporte de passageiros, uma com o incentivo financeiro e outra sem este apoio. Fruto da introdução deste sistema compensatório, foi possível determinar que a redução de combustível pode alcançar os 10%. Todavia, devido aos inúmeros fatores que influenciam no consumo de combustível, (tipo de veículo, características do motor, tipos de rotas, número de passageiros e número de paragens) torna-se difícil criar um objetivo padrão para os motoristas de forma a estabelecer uma coerente remuneração.

2.3 SISTEMATIZAÇÃO DAS ABORDAGENS BIBLIOGRÁFICAS

Os estudos anteriores, apresentam variáveis que estão incluídas no caso posteriormente analisado, permitindo comparar os resultados apresentados pelos autores com o estudo em análise. Todavia, alguns dos autores apresentam variáveis significativas para o consumo de combustível em veículos ligeiros, o que permitirá verificar se os resultados anunciados se aplicam aos veículos pesados de mercadorias. Ademais, alguns autores apresentam amostras reduzidas e com poucos motoristas em estudo, assim como percursos com reduzidas distâncias. O trabalho em seguida apresentado permitirá avaliar se os resultados se aplicam para um conjunto de motoristas heterogêneos (experiência de condução e nacionalidades distintas), assim como para percursos de longo curso. Na tabela 1, pode-se observar de uma forma resumida as variáveis incluídas pelos autores, assim como, o respetivo efeito que estas variáveis têm no consumo de combustível.

Autores	Categoria	Variáveis	Efeito no combustível
Andrieu et. al.	Eco-condução – veículo ligeiro	Velocidade média na relação de caixa mais elevada, RPM, Energia cinética, % de tempo de travagem com motor	Redução de 12,5% e 11,3%
Walnum et. al.	Eco-condução – pesado de mercadorias	Peso, tipo de reboque, potência do motor, velocidade média caixa de velocidades auto, cruise control, binário máximo, variação sazonal, ralenti, tempo de condução na relação de caixa mais elevada, velocidade média, nº paragens, tempo sem carga no motor	
Castanedo et al.	Eco-rotas-pesado de mercadorias	Peso, velocidade instantânea, gradiente de estrada	
Matsumoto et al.	Eco-condução – veículo ligeiro	Aceleração, velocidade instantânea, tempo sem carga no motor	Redução de 4% da eco-condução alemã para a eco-condução japonesa.
Chantranuwathana et	Eco-condução – veículo ligeiro	% de utilização do acelerador	
Zhao et al.	Eco-condução – veículo ligeiro	Aceleração, velocidade instantânea, ralenti, RPM, pressão dos pneus	Reduções de 5,45% e 3,43%
Birrell et al.	Eco-condução – veículo ligeiro	Aceleração, aceleração lateral, velocidade, RPM, utilização do acelerador	
Pampel et al.	Eco-condução – veículo ligeiro	Velocidade, aceleração, desaceleração, tempo de circulação no cone de aspiração	
Scora et al.	Eco-rotas – pesado de mercadorias	Velocidade, peso, gradiente de inclinação	Variação de 240%
Mohamed-Kassim et al.	Resistência aerodinâmica	Peso, coeficiente de arrasto, resistência no deslize, velocidade	Redução entre 1% e 9%
Leblanc et al.	Eco-condução – veículo ligeiro	Velocidade instantânea, aceleração	
Orfila et. al.	Eco-condução – veículo ligeiro	RPM, velocidade instantânea,	
Ericsson	Eco-condução – veículo ligeiro	Potência do motor, aceleração, nº de paragens, RPM, velocidade instantânea	
Shancita et al.	Eco-condução – camião	Tempo de ralenti	Reduções de ≈ 100%, 94% a 96%, 75%, 36% a 85%
Lai	Eco-condução – pesado de passageiros	Sistema de remuneração extra	Redução de 10%

Tabela 1 – Sistematização das abordagens bibliográficas

3 ESTUDO DE CASO

A Patinter - Portuguesa de Automóveis Transportadores, S.A. sediada em Estrada Nacional 16, Km 106, 100 - Fagilde 3530-070 Fornos de Maceira Dão, CAE 49410, tem como objetivo social o transporte rodoviário de mercadorias por conta de outrem, nacional ou internacional, importação e exportação de equipamentos e serviços, armazenagem e quaisquer operações de logística e grupagem que digam respeito a estas atividades, aluguer de equipamentos e máquinas, aluguer sem condutor de veículos pesados, reboques e semirreboques e, ainda, qualquer outra operação financeira, imobiliária, comercial ou industrial que diga respeito a estas atividades. Atualmente com cerca de 1050 funcionários e com uma carteira de clientes fixos e variáveis, em 2014 a empresa atingiu um volume de negócios de 92.452.700 de euros (Económico, 2015). Na figura 8, através da visualização do organigrama, pode-se observar o a subdivisão de setores que constituem a empresa.

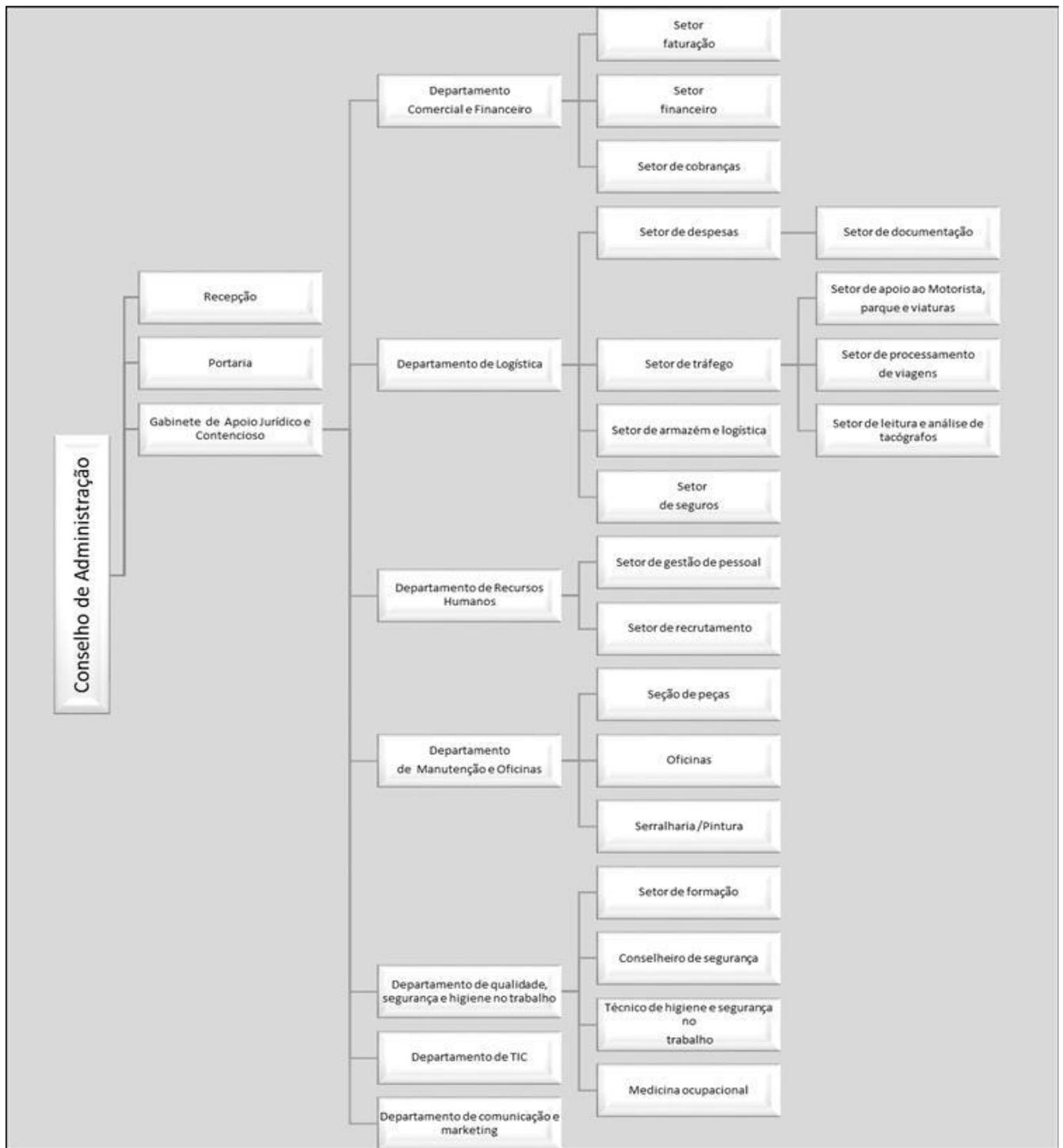


Figura 8 – Organigrama

Fonte: Patinter S.A.

Para além da sede anteriormente apresentada, a empresa tem atualmente parques em Alverca do Ribatejo, Maia, Araia (Espanha), Paris (França), Magdeburg (Alemanha) e Londres (Reino Unido). As filiais de Alverca do Ribatejo e Maia têm uma atividade mais específica, operando essencialmente no ramo do transporte de contentores marítimos. Os parques em Araia, Paris e Londres, para além de prestarem apoio logístico, servem igualmente de sede às sucursais Patinter-Espanha, Patinter-França e Patinter-UK, respetivamente.

O setor de despesas, no qual está incluído o controlo de combustíveis, é composto por 5 pessoas que são responsáveis pela gestão do combustível utilizado. Aquando da entrega da viatura ao motorista, são lhes fornecidos cartões de combustível lhes permitem ter acesso a postos pré-definidos na Europa. Todavia, a volatilidade dos preços dos combustíveis, obriga a que haja uma contante alteração dos postos de abastecimento pré-definidos pela empresa, sendo da responsabilidade deste setor informar em qual posto os motoristas devem abastecer. Para além desta atividade, este setor verifica todos os abastecimentos realizados, através da análise do relatório de gasóleo que o motorista é obrigado a preencher aquando do abastecimento assim como realiza um acompanhamento acerca do desempenho do motorista. Adicionalmente, e conforme referido anteriormente, este setor está em reformulação e novos processos estão a ser introduzidos.

Com um conjunto eclético (tabela 2) de camiões que satisfazem as necessidades dos seus clientes, atualmente este número excede o milhar. A não dependência de marcas e necessidade de satisfação dos seus motoristas, fazem com que a empresa detenha nas suas fileiras viaturas de variadíssimas marcas.

No quadro seguinte é possível visualizar o número de viaturas, a marca, o modelo e o respetivo ano de registo, todavia, há um conjunto de viaturas em falta que não constam do quadro, em virtude de estarem ao serviço de outrem, através de subcontratação.

Nº Veículos:	Marca:	Modelo:	euroclasse	Ano Matricula
1	DAF	FASCF75.310		2009
1	DAF	FASCF75.310	EURO 5	2009
1	RENAULT	AE 460	EURO 5	2010
2	RENAULT	HR460	EURO 5 - BEV	2013
1	DAF	FASCF75.310 - EURO 5		2009
20	DAF	FT105XF410	EURO 5	2008
23	DAF	FT105XF410	EURO 5	2009
1	DAF	FASCF75.310		2009
4	RENAULT	HR450	EURO 4	2009
2	DAF	FA75CF310		2009
1	RENAULT	AE 500	EURO 5	2010
25	RENAULT	HR460	EURO 5	2010
41	RENAULT	AE 480	EURO 5 - BEV	2013
4	RENAULT	AE 440	EURO 5	2010
102	RENAULT	AE 480	EURO 5	2011
1	RENAULT	MIDLUM H		2009
34	RENAULT	AE 480	EURO 5 - BEV	2012
23	RENAULT	AE 480	EURO 5 - BEV	2011
1	RENAULT	HR450	EURO 5	2010
1	RENAULT	T520	EURO 6	2014
2	RENAULT	T480	EURO 6	2014
1	RENAULT	HR450	EURO 5	2010
82	DAF	FT105XF460	EURO 5	2010
12	RENAULT	HR460	EURO 5	2012
17	DAF	FT105XF460	EURO 5	2012
147	RENAULT	T520	EURO 6	2015
3	DAF	FT105XF460	EURO 5	2009
174	RENAULT	T520	EURO 6	2014
23	MAN	TGX 480	EURO 5 - BEV	2013
6	DAF	FT105XF460	EURO 5	2013
24	VOLVO	FH13.420	EURO 5	2011
50	DAF	FT105XF460	EURO 6	2015
28	DAF	FT105XF460	EURO 6	2014
19	RENAULT	T520	EURO 6	2016
49	MAN	TGX 480	EURO 6	2015
2	DAF	FAS95XF380-480		2000
2	DAF	FAS95XF380-480	EURO 3	2001
19	MERCEDES	Actros.1845	EURO 6	2014
3	RENAULT	HR460	EURO 5	2011
23	MERCEDES	Actros.1845	EURO 6	2015
1	RENAULT	HR460		2011
1	RENAULT	HR450		2011
977				

Tabela 2 – Apresentação das viaturas da Patinter S.A

3.1 CONTEXTO DO TRABALHO

O caso de estudo abordado neste projeto concentra-se na rota Valladolid (Espanha) – Sunderland (Inglaterra) (2037 km) (figura 9), dado ser um percurso estratégico para a empresa. Esta rota, apesar de não ter um número fixo diário de cargas, é utilizada frequentemente pela empresa para satisfazer a necessidade de duas empresas do setor automóvel. Este serviço é responsável pelo transporte de motores de automóveis, sendo uma carga bastante exigente ao nível de peso, num percurso, igualmente, exigente, em virtude de apenas 78% do percurso ser realizado em autoestrada e de estar igualmente incluída uma passagem marítima.



Figura 9 – Representação geográfica da rota Valladolid- Sunderland
(Fonte:google.maps.com, 2016)

3.2 METODOLOGIA

Neste trabalho são analisados os consumos médios apresentados pelas duas gamas T520 da marca Renault e relacioná-los com a nacionalidade do motorista de forma a se avaliar qual o perfil que mais se adequa ao frete em questão. Serão igualmente analisadas as variáveis que estão associadas ao desempenho do motorista, fornecidas pela telemática da marca do camião através da criação de dois modelos de regressão linear.

A análise de variáveis afetas ao desempenho de condução, apenas foi realizada com os camiões Renault T520, em virtude da quantidade de informação disponível. Este modelo apresenta duas versões diferentes, uma com o *pack fuel-eco* e outra sem. Este mecanismo permite ao veículo desembraiar-se quando há inércia e desta forma aumentar a percentagem de *roda livre*.

3.3 ENQUADRAMENTO TEÓRICO DO ESTUDO DE CASO

3.3.1 Curvas do motor

É de extrema importância que o motorista tenha conhecimento do intervalo de rotação onde o motor oferece o binário máximo e a potência máxima, assim como as características próprias do motor.

3.3.1.1 Conceitos de binário, potência e consumo específico

O binário do motor é a força de torção que o motor proporciona à cambota quando ocorre a combustão no interior do motor (Renault Trucks Deliver).

A potência mede a capacidade do motor em gerar energia por unidade de tempo (Renault Trucks Deliver).

O consumo específico mede a quantidade de energia que se consegue obter por uma determinada unidade de combustível injetada no motor, isto é, mede a eficiência com que se aproveita a quantidade de combustível injetada nos cilindros. Como já foi apresentado, o consumo específico varia em função das rotações do motor e da intensidade de aceleração (Renault Trucks Deliver).

Os fabricantes costumam fornecer as curvas de características do motor com este em plena carga (figura 10), ou seja, com o pedal do acelerador totalmente pressionado. Todavia, é importante destacar que estas curvas podem sofrer uma variação consoante o grau de aceleração.

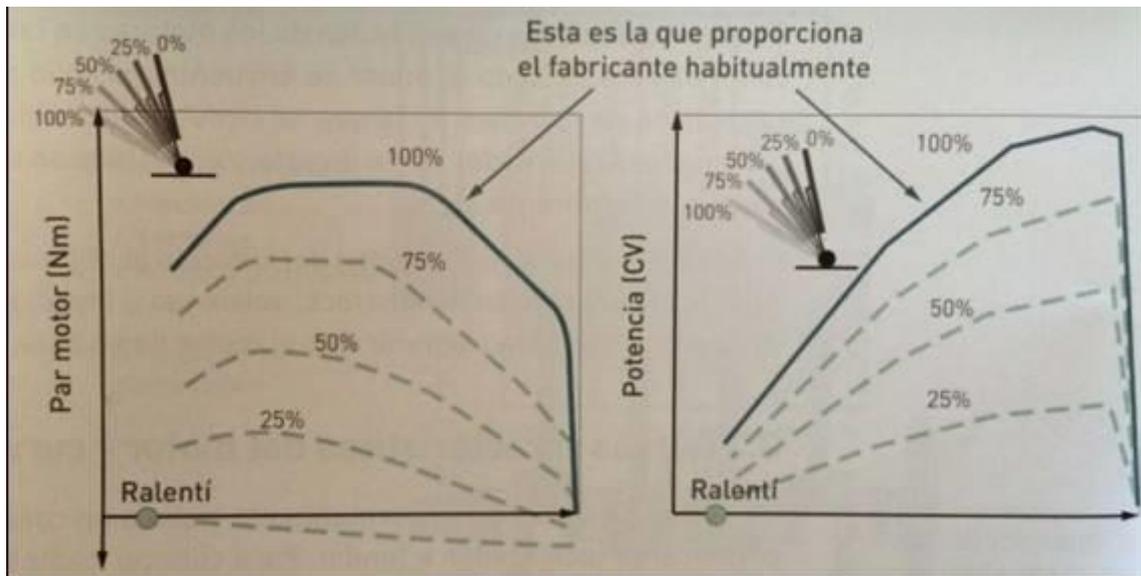


Figura 10 – características das curvas do motor em função do grau de aceleração (curvas pertencentes a um motor genérico)

(Fonte: Renault Trucks Deliver)

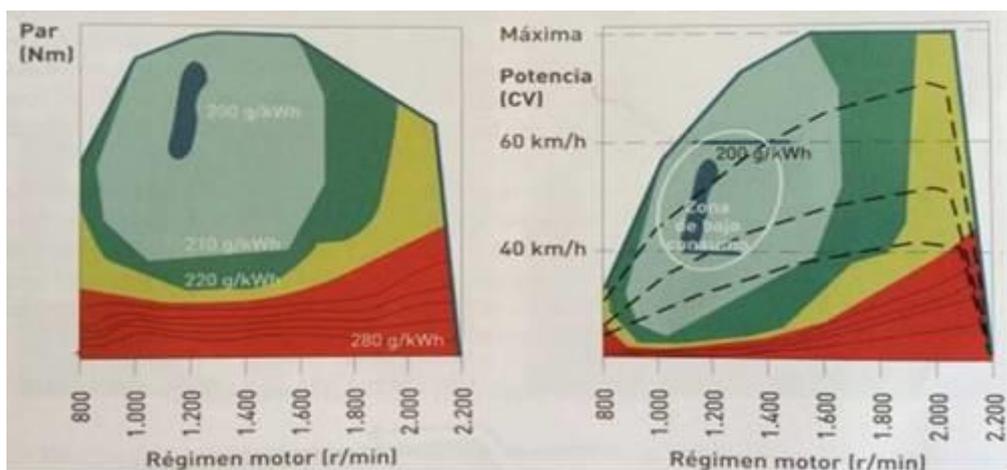


Figura 11 – variação do consumo específico em função do regime de rotação e do binário-potência exigida (curvas pertencentes a um motor genérico)

(Fonte: Renault Trucks Deliver)

Como se pode verificar na figura 11, a máxima eficiência de combustível pode-se obter com o binário máximo, e com uma intensidade de utilização do acelerador entre 75 -80%. No entanto, mesmo que se obtenha o máximo de energia por cada unidade de combustível, quando o caudal (quantidade de combustível que entra no motor por unidade de tempo) é elevado, o consumo específico também o é.

Na figura seguinte (figura 12) pode-se observar as características das curvas do motor correspondente ao camião em análise, **Renault T520, motor Dti 13 litros, Euro VI**.

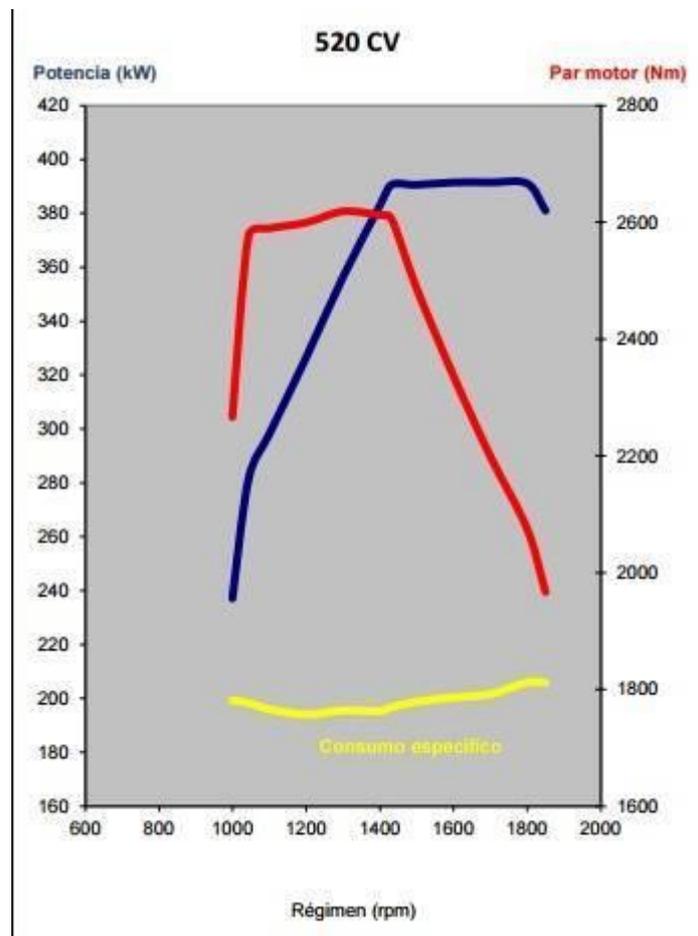


Figura 12 – características do motor Renault T520 Dti 13 litros, Euro VI

(Fonte: Renault Trucks Deliver)

3.4 OPTIFLEET

A telemática da Renault Trucks denomina-se OPTIFLEET e comparativamente a outras ferramentas de gestão de frota existentes no mercado, oferece um conjunto de dados técnicos que permitem realizar uma avaliação muito profunda acerca da condução dos motoristas de forma a se corrigir comportamentos inadequados que proporcionam ineficiências de operação. O sistema OPTIFLEET é composto por três módulos totalmente independentes:

- **Check:** focado na poupança de combustível através da análise de dados técnicos relativos à condução. Este módulo oferece, igualmente, a possibilidade de se verificar a análise de alterações do nível de combustível e de Adblue (reductor de emissões de gases poluentes) nos tanques, através da presença de boias, de forma a se detetarem precocemente roubos.
- **Mapa:** orientado para a rentabilização do tempo dos motoristas através da planificação das rotas. Permite igualmente obter informações acerca do histórico dos veículos.
- **Drive:** permite controlar as horas de trabalho dos motoristas, detetar infrações relativas às horas de condução e descanso e efetuar descargas (legalmente obrigatórias) dos dados do tacógrafo e do cartão de condutor sem haver necessidade de presença física.

3.4.1 Informação disponível

Os relatórios disponíveis nesta ferramenta podem ser observados na imagem em baixo apresentada.

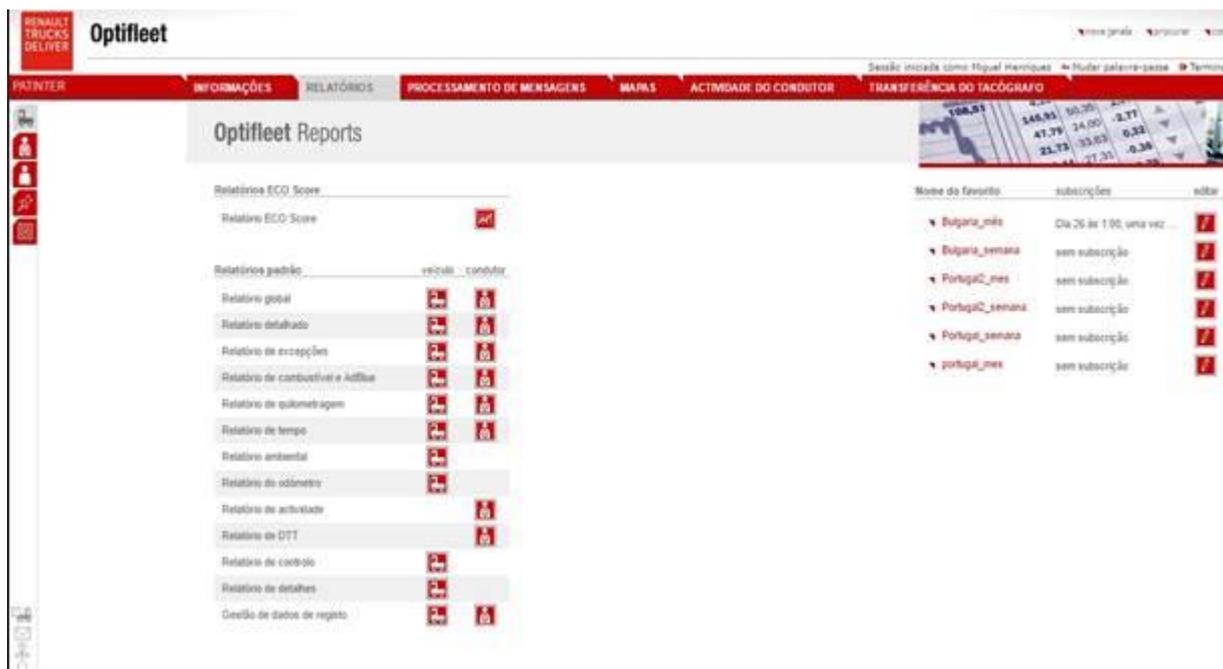


Figura 13 – *relatórios disponíveis*

(Fonte: www.optifleet.com)

Na imagem supra, podemos observar a informação disponível na janela *relatórios*. Pode-se observar, igualmente, que esta informação pode adquirir-se tanto para o veículo, assim como para o condutor (pode-se obter, por exemplo, a informação técnica de um motorista num determinado período de tempo e se este utilizou mais do que um veículo no mesmo período de tempo). Desta forma, é possível analisar quer o veículo em si, quer os casos em que o motorista conduz em mais do que um camião.

3.4.2 Informações para a análise de condução

Existem dois tipos de relatórios presentes que permitem a avaliação do desempenho do motorista, o relatório global e o relatório detalhado. O global reporta o tempo de condução, a quilometragem percorrida e o consumo de combustível de cada veículo e condutor (cada veículo pode estar associado a mais de um motorista) durante um período seleccionado de tempo, assim como alguns parâmetros que oferecem informação sobre o estilo de condução (tempo de ralenti, % de tempo na zona económica de rotação, etc).

Dentro destas informações, existe uma opção denominada *perfil do veículo*. Quando se aplica um perfil a um relatório, os parâmetros apresentados aparecem a verde, a amarelo ou laranja.

O verde indica um rendimento superior ao objetivo, o amarelo indica um desempenho perto do objetivo e a cor laranja apresenta um rendimento inferior ao objetivo. Desta forma, podem-se configurar modelos manualmente, de forma a marcar objetivos em função da rota e da carga transportada, o que permitiria verificar, visualmente, o rendimento sem necessidade a uma análise profunda dos dados.

Relatório global do veículo									
Veículo	Velocidade média (km/h)	Zona económica	Acima zona económica	Roda livre	Cruise control	Excesso de velocidade (Limite da Frota)	Mudança mais alta engrenada	Excesso de rotações	
89-QD-01	75,47	80,6%	0,5%	6,6%	0,4%	24,9%	63,5%	0,0%	
89-QD-02	77,44	81,0%	0,5%	8,4%	49,3%	21,9%	66,2%	0,0%	
89-QD-03	76,76	72,0%	0,4%	12,4%	38,3%	18,8%	61,1%	0,0%	
89-QD-04	79,06	80,7%	1,0%	2,9%	1,8%	26,9%	68,6%	0,0%	
89-QD-05	76,91	75,1%	1,1%	5,1%	57,1%	23,8%	63,6%	0,0%	
89-QF-00	76,55	70,6%	1,8%	20,1%	4,6%	7,6%	62,4%	0,0%	
Limite verde		60,00		20,00	20,00	8,00		0	
Limite vermelho		50,00		10,00	10,00	20,00		5,00	
		Mais elevado é melhor		Mais elevado é melhor	Mais elevado é melhor	Mais reduzido é melhor		Mais reduzido é melhor	
Total	77,06	76,6%	0,9%	9,2%	27,4%	20,6%	64,3%	0,0%	

Figura 14 - relatório global

Fonte: www.optifleet.com

O relatório detalhado proporciona um conjunto mais pormenorizado de dados sobre o rendimento do veículo e dos motoristas para um determinado período de tempo que podem ser observados na figura em baixo apresentada.

Veículo	Unidade	Total	Conduzir	Economia	Acima de economia	Roda Livre	Cruise control	Excesso de velocidade (Limite da Frota)	Mudança mais alta engrenada	Excesso de rotações do motor
89-QF-00										
	km/h	-	76,55	79,48	80,55	76,73	86,62	92,16	84,26	-
	Horas		97,0%	70,6%	1,8%	20,1%	4,6%	7,6%	62,4%	0,0%
	Quilómetros		100,0%	75,6%	2,0%	21,3%	5,3%	9,4%	70,8%	0,0%
	Litros		99,8%	93,9%	0,1%	1,3%	4,7%	2,6%	83,1%	0,0%
	l/100km	28,27	28,20	35,13	0,74	1,75	24,73	7,65	33,19	-
Limite verde				60,00		20,00	20,00	8,00		0
Limite vermelho				50,00		10,00	10,00	20,00		5,00
				Mais elevado é melhor		Mais elevado é melhor	Mais elevado é melhor	Mais reduzido é melhor		Mais reduzido é melhor

Figura 15 – relatório detalhado

(Fonte: www.optifleet.com)

Na figura 15 pode-se observar que a velocidade média de condução foi de 76,55 km/h, a percentagem de horas de funcionamento do veículo de condução (sem contabilizar o ralenti)

foi de 97%, os litros totais consumidos em condução foram de 99,8%, sendo o remanescente o consumo de ralenti, o que perfaz um consumo médio total de 28,27 l/100km.

3.4.3 Dados

Conforme anteriormente apresentado, o sistema de gestão de frota *Optifleet*, através do seu módulo *Check*, permite verificar, controlar e implementar melhorias na condução dos veículos por parte dos motoristas.

Os vários parâmetros técnicos que o sistema obtém do veículo são exibidas na web a cada 10 minutos, de modo que o controlo é contínuo e não requer a presença física do veículo.

Em seguida, vai-se proceder à descrição dos diversos relatórios, à análise das variáveis e ao relacionamento com os conceitos que levam ao aperfeiçoamento da condução.

3.4.4 Informação geral – Descrição de dados

3.4.4.1 Geral

Veículo	Tempo (h)	Distância total (km)	Combustível total (l)	Média de combustível (l/100km)	Média de Adblue (l/100km)	Velocidade média (km/h)
88-QF-97	157:44	11.534,81	3.823,67	33,15	2,92	78,47
Total	157:44	11.534,81	3.823,67	33,15	2,92	78,47

Figura 16 – informação geral

(Fonte: www.optifleet.com)

- **Tempo total (h):** tempo total em horas do funcionamento do motor para o intervalo de tempo selecionado.
- **Distância total (km):** distância total percorrida pelo veículo.
- **Combustível total (l):** combustível total em litros.
- **Consumo médio de combustível (l/100km):** média de litros consumidos em cada 100 km percorridos.

- **Média de Adblue (l/100km):** média de litros de Adblue consumidos em cada 100 km percorridos.
- **Velocidade média de condução (km/h):** Velocidade média de condução (sem contabilizar o tempo de ralenti)

3.4.4.2 Operacional

Operacional									
Geral	Operacional	Conduzir	Funções do veículo						
Veículo	Tempo (h)	Travagens (valor/100 km)	Paragens (valor/100 km)	PTO	Ralenti	Carga do motor	Peso do veículo		
							Baixo	Médio	Alto
88-QF-97	157:44	27,00	9,00	0,0%	6,8%	10,6%	5,3%	47,8%	46,9%
Total	157:44	27,00	9,00	0,0%	6,8%	10,6%	5,3%	47,8%	46,9%

Figura 17- informação operacional

(Fonte: www.optifleet.com)

- **Número de travagens (quantidade/100km):** número médio de vezes que o pedal do travão é pressionado a cada 100km.
- **Número de paragens (quantidade/100km):** número de vezes que é registada a velocidade 0km/h a cada 100km.
- **Tempo PTO:** percentagem de tempo de uso da tomada de força, independente do ralenti (não utilizado).
- **Tempo de ralenti:** percentagem de tempo que o veículo está ao ralenti (independente da tomada de força).
- **Tempo de carga do motor:** percentagem de tempo de funcionamento do motor com o pedal de acelerador acima de 85% da intensidade.
- **Baixo:** percentagem de distância percorrida pelo veículo com um peso total inferior a 23,7 toneladas
- **Médio:** percentagem de distância percorrida pelo veículo com um peso total entre 23,7 toneladas e 35,4 toneladas
- **Alto:** percentagem de distância percorrida pelo veículo com um peso total superior a 35,4 toneladas.

3.4.4.3 Condução

Veículo	Velocidade média (km/h)	Zona económica	Acima zona económica	Roda livre	Cruise control	Excesso de velocidade (Limite da Frota)	Mudança mais alta engrenada	Excesso de rotações
88-QF-97	78,47	77,6%	0,5%	10,9%	49,0%	21,9%	65,8%	0,0%
Total	78,47	77,6%	0,5%	10,9%	49,0%	21,9%	65,8%	0,0%

Figura 18 – informação condução

(Fonte: www.optifleet.com)

- **Velocidade média de condução (km/h):** velocidade média de condução (sem contabilizar o tempo de ralenti) em quilómetros por hora.
- **Tempo dentro da zona económica:** percentagem de tempo do motor em funcionamento dentro da zona económica de rotação:
- **Tempo acima da zona económica:** percentagem de tempo do motor em funcionamento acima da zona económica de rotação.
- **Tempo de roda livre:** percentagem de tempo de funcionamento do veículo com o pé fora do acelerador (sem pisar o travão). Aproveitamento da inércia.
- **Tempo de utilização de *cruise control*:** percentagem de tempo de utilização de *cruise control*.
- **Excesso de velocidade:** percentagem de tempo do veículo com velocidade registada acima dos 90km/h.
- **Mudança mais alta engrenada:** percentagem de tempo do veículo com a mudança mais alta engrenada (12^a mudança)
- **Excesso de rotações:** percentagem de tempo do veículo com a rotação do motor na zona vermelha.

3.4.4 Funções do veículo

Geral	Operacional	Conduzir	Funções do veículo			
			Modo Optidriver			
Veículo	Tempo (h)	Cruise control	Automático	Manual	Performance	
88-QF-97	157:44	49,0%	99,1%	0,9%	0,0%	
Total	157:44	49,0%	99,1%	0,9%	0,0%	

Figura 19 - *funções do veículo*

(Fonte: www.optifleet.com)

- **Automático:** percentagem de tempo de funcionamento do veículo com o modo automático da caixa de velocidades
- **Manual:** percentagem de tempo de funcionamento do veículo com o modo manual da caixa de velocidades
- **Performance:** percentagem de tempo de funcionamento do veículo em modo *power* (não disponível).

3.4.5 Interpretação

A interpretação dos dados do *Optifleet* deve ser sempre realizada tendo em consideração o peso transportado e a rota realizada.

3.4.5.1 Antecipação e condução não agressiva

O número de travagens e paragens a cada 100km fornece a indicação da condução agressiva do motorista

1. Quando maior for o número de travagens que o motorista tem a cada 100km mais agressiva é a sua condução. Deve aproveitar mais o travão auxiliar (*Retarder*) e utilizar apenas o travão de pé para imobilizar o veículo. Uma média inferior a 15 travagens numa rota internacional é um número considerado como adequado para uma carga média. Para rotas nacionais ou em rotas mais urbanas, este número não deverá ser superior a 30 (*Renault Trucks Deliver*).

2. O número de paragens é indicativo se o veículo realiza percursos de zonas urbanas. Contudo, se a rota é internacional e o número de paragens é alto, pode indiciar que o condutor não está a antecipar os obstáculos da estrada. Uma boa antecipação das paragens permite aumentar os quilómetros percorridos com o pé fora do acelerador (% roda livre), diminuir o número de paragens e consequentemente evitar um maior número de arranques que estão associados a consumos instantâneos muito elevados (*Renault Trucks Deliver*).

O tempo de carga do motor (tempo com o pé pisado a fundo no acelerador) pode explicar a dificuldade da rota percorrida. No entanto, se este valor é alto, e a rota realizada não justifica um valor tão alto, é indicativo que o motorista está a utilizar plena carga desnecessariamente, sendo indiciador de uma condução agressiva. Para rotas internacionais, os valores encontram-se entre os 5-10%, consoante o peso. Para rotas mais montanhosas, com maior volume de tráfego e para pesos maiores este valor tende a aumentar (*Renault Trucks Deliver*).

A roda livre é, igualmente, um bom indicador da antecipação do condutor. Quando o veículo se aproxima de uma rotunda, por exemplo, deve-se levantar o pé do acelerador de uma maneira antecipada, de maneira a que seja o motor a travar o veículo. Desta maneira, o veículo chega a uma rotunda a uma velocidade mais baixa, o que permite ao motorista prever se o veículo poderá atravessar a rotunda sem ter de haver uma paragem. Com isto, trava-se menos com o pé e evita-se uma possível paragem, precavendo assim consumos específicos muito elevados. O mesmo procedimento se pode aplicar a semáforos e outros obstáculos da estrada (*Renault Trucks Deliver*).

3.4.5.2 Aproveitamento da inércia

Conforme referido anteriormente, a roda livre é revelador do aproveitamento da inércia do veículo para se movimentar. Este valor indica a percentagem de tempo do veículo sem pisar o acelerador nem o travão de pé. Para estes percursos, o consumo instantâneo é muito próximo

de 0l/100km uma vez que o movimento das rodas através da cadeia cinemática provoca o movimento do motor.

Para rotas fáceis e com poucas pendentes, a inércia não pode ser aproveitada da mesma forma, comparativamente a rotas mais complicadas. Em rotas internacionais fáceis, estes valores devem estar concentrados entre os 7 e os 15%. Para rotas mais complicadas e com pesos elevados, quando a rota é internacional, estes valores devem ser superiores a 15%. Se tal não acontecer, é um indicador que a inércia não está a ser potenciada ao máximo (*Renault Trucks Deliver*).

3.4.5.3 Funcionamento do motor com o veículo parado

A diferença entre o consumo total e o consumo de condução deve ao consumo associado ao ralenti. Para rotas internacionais com poucas paragens, a percentagem de tempo ao ralenti deve ser inferior a 5%, no entanto, deve-se ter sempre em consideração o tipo de serviço do veículo (*Renault Trucks Deliver*).

3.4.5.4 Plena carga do motor

Como se referiu anteriormente, a plena carga do motor indica o tempo em que o motorista pisa o acelerador acima dos 85% da sua utilização. Esta ação provoca um consumo instantâneo elevado e conseqüentemente um aumento no consumo médio (*Renault Trucks Deliver*).

A plena carga do motor apenas se deve utilizar quando o veículo transporta muito peso e em rotas exigentes, locais onde pisar totalmente o acelerador é a única forma de ultrapassar a pendente (*Renault Trucks Deliver*).

Para se saber se o motorista utiliza a plena carga do motor corretamente, pode-se recorrer à variável roda livre para auxiliar a análise. Em rotas complicadas, em subida, pisar totalmente o acelerador é inevitável. No entanto, na hora de descer, o motorista deve aproveitar ao máximo a inércia, fazendo uso da roda livre. Posto isto, pode-se considerar que o valor do tempo de roda livre deve ser idêntico ao valor da carga do motor (*Renault Trucks Deliver*).

3.4.5.5 Intervalo de rotação



Figura 20 – Intervalos de rotação

(Fonte: Renault Trucks Deliver)

O tempo dentro da zona económica indica a percentagem de funcionamento do motor dentro da zona verde de rotação. As caixas automáticas otimizam a troca de mudanças de forma a que o veículo funcione o maior tempo possível dentro desta zona. Todavia, o tempo dentro da zona económica diminuirá se a rota for muito complicada. Como se pode ver na figura 20, uma elevada utilização dos travões auxiliares (*Retarder*) implica que a rotação funcione na zona azul. Posto isto, se a rota for montanhosa, onde o uso do travão auxiliar seja uma constante, o tempo na zona económica é mais baixo (*Renault Trucks Deliver*).

O tempo acima da zona económica indica o tempo de funcionamento acima da zona económica de rotação do motor. Esta zona, funcionando com o pé no acelerador, o consumo médio é muito mais elevado, comparativamente à rotação pertencente à zona verde. Porém, ter tempo acima da zona económica nem sempre implica ter consumo acima da zona económica, podendo-se tratar de uma situação em que a rota foi difícil e teve que haver muito uso do travão auxiliar dado que é nesta rotação que se obtém o rendimento máximo do *Retarder*. Portanto, não é tão relevante o tempo acima da zona económica, mas sim o

consumo registado, ou seja, o que importa é o consumo obtido nesta zona. Se consumo médio acima da zona económica é aproximadamente 0 L e o tempo é elevado (caso de uma rota difícil), será indicativo que o motorista utiliza ao máximo o travão auxiliar. Se o consumo médio nesta faixa de rotação está acima do consumo global, é um indicador que o motorista utiliza esta zona de rotação para fazer subidas. Neste tipo de casos o consumo global tende a aumentar em virtude dos litros consumidos nesta faixa de rotação. Quando se realiza uma subida, deve-se encontrar a mudança indicada para realizar a subida e permanecer numa rotação próxima das 1300 RPM com uma utilização do acelerador de 75% (*Renault Trucks Deliver*).

Todavia, a soma do tempo de ralenti, do tempo dentro da zona económica e do tempo acima da zona económica não é 100%. Esta diferença é provocada pela zona intermédia.

A zona intermédia corresponde à zona de rotação entre a rotação de ralenti (600 rpm) e o início da zona verde. Quando existe muita percentagem de tempo na zona intermédia é indicativo de uma rota difícil ou rota citadina. Geralmente uma percentagem elevada de utilização desta faixa de rotação está sempre associado um número elevado de paragens.



Figura 21 – Zona intermédia de rotação

Fonte: Renault Trucks Deliver

3.4.5.6 Cruise control

O *cruise control* (programador de velocidade) deve ser utilizado única e exclusivamente quando a rota é plana e fácil. Isto é, tendo em conta o peso e o tipo de percurso, quando o veículo suporta a mudança mais alta (12ª) deve-se usar o *cruise control*. Quando a rota fica mais complicada, o *cruise control* deve ser desligado e a aceleração deve ser efetuada com o acelerador.

Quando ativo, o *cruise control* deve ser regulado a uma velocidade, ligeiramente, inferior ao limite de velocidade da estrada. Desta forma, a antecipação por parte do motorista é maior.

Todavia, o uso de *cruise control* nem sempre é benéfico dado que quando o tempo de *cruise control* é elevado, a percentagem de roda livre é mais baixa. Esta situação ocorre porque quando o veículo vai programado para uma determinada velocidade, o motorista fica inibido de aproveitar a inércia e desta forma injeta combustível que não era necessário. No entanto, para percursos de auto-estrada plana, esta funcionalidade torna-se bastante vantajosa, uma vez que aliado às muitas horas de condução estão constantes desacelerações que não eram necessariamente, que por consequência originam a novas acelerações. Esta funcionalidade permite manter uma velocidade constante e evitar estas oscilações de velocidade.

Normalmente, o consumo médio obtido com o *cruise control* deve estar 2 l/100km abaixo do consumo médio global (ex: se o consumo global é de 30 l/100km, o ideal será ter um consumo médio de utilização de *cruise control* de 28 l/100km). Se o consumo de *cruise control* é superior ao consumo médio global, é um indicador que este está a ser mal utilizado e neste caso em concreto, em subida (*Renault Trucks Deliver*).

3.4.5.7 Mudança mais alta engrenada

Para uma maior poupança no consumo de combustível, funcionar na mudança mais alta o maior tempo possível é o mais indicado. A última relação de caixa de velocidades é a que proporciona ao veículo um ótimo funcionamento, por conseguinte, uma maior percentagem de utilização na última relação de caixa é sinónimo de um baixo consumo médio global de combustível. Todavia, quando a rota é mais complicada, a percentagem de tempo na mudança mais baixa é naturalmente menor.

3.4.5.8 Caixa de velocidades

O uso da caixa de velocidades também é indicativo da antecipação do motorista aos diversos obstáculos da estrada. Apesar das caixas de velocidades terem uma automatização muito otimizada, em certas ocasiões convém passar a caixa para o modo manual de forma a se maximizar o rendimento do veículo.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

O objetivo deste projeto é analisar os consumos médios apresentados pelas duas gamas *T520* da marca Renault. Numa fase inicial, os consumos são comparados com a nacionalidade do motorista de forma a se avaliar qual o perfil que mais se adequa ao frete em questão. Posteriormente foram analisadas as variáveis que estão associadas ao desempenho do motorista, fornecidas pela telemática da marca do camião. Como já referido anteriormente, os camiões em análise pertencem à marca Renault e ao modelo *T520*, porém, dentro deste modelo foram avaliados os comportamentos das duas gamas existentes, *T520* e *T520eco*.

Para o estudo em questão, estiveram em análise 73 motoristas no qual foram recolhidas um total de 282 observações, repartidas por 141 observações por cada gama de camião (anexo 1)

Para se determinar a dependência do consumo de combustível, foi decidido implementar três técnicas estatísticas, o teste *t-student*, a Análise de Variâncias (ANOVA) e a Regressão Linear Múltipla. Numa fase inicial, utilizou-se a o *t-student* para verificar se existem diferenças estatísticas, referentes aos consumos médios entre os dois subconjuntos referentes ao fator *GAMA*. Numa segunda fase, foi utilizada a ANOVA para verificar diferenças estatísticas dos consumos médios de combustível no fator *NACIONALIDADE* dentro de cada gama do modelo Renault. Numa terceira fase, foram realizadas Regressões Lineares Múltiplas para cada gama do modelo *T520* da marca *Renault* para se avaliar que variáveis afetas à condução dos motoristas são significativas para o tipo de gama, percurso em questão e que coeficientes apresentam enquanto que na quarta e última fase foram realizadas comparações entre os dois modelos resultantes. O processo de seleção de cada amostra a partir da população é probabilístico aleatório, uma vez que cada elemento está a ser considerado na amostra com a mesma probabilidade sem recurso a quaisquer critérios de escolha. Todas estas análises foram realizadas com a ferramenta estatística IBM SPSS Statistics 23, com um **grau de confiança de 95%**

4.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Para uma melhor interpretação de como os dados da experiência se distribuem para as duas gamas do modelo de caminhão, foram analisados dois tipos de indicadores referentes a medidas de localização, indicadores com tendências centrais e indicadores de dispersão.

4.1.1 Tendências centrais e de dispersão

T520 eco					T 520				
Tendências centrais		Tendências de dispersão			Tendências centrais		Tendências de dispersão		
Média	Mediana	Variância	Desvio padrão	Amplitude	Média	Mediana	Variância	Desvio padrão	Amplitude
35,63 l/100km	35,67 l/100km	1,4 l/100km	1,19 l/100km	7,27 l/100km	36,43 l/100km	36,64 l/100km	3,35 l/100km	1,83 l/100km	14,51 l/100km

Tabela 3 - Tendências centrais e de dispersão

Na figura 22 e na figura 23 podem-se observar os dois histogramas referentes às duas gamas de caminhão, enquanto que na figura 24 pode-se observar o box-plot das duas gamas.

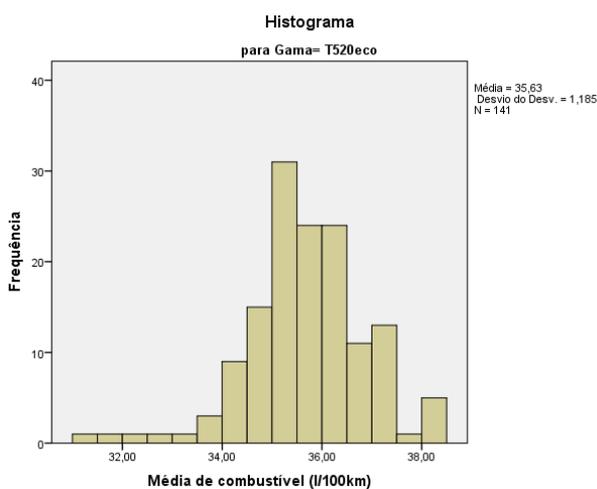


Figura 22 – Histograma gama T520eco

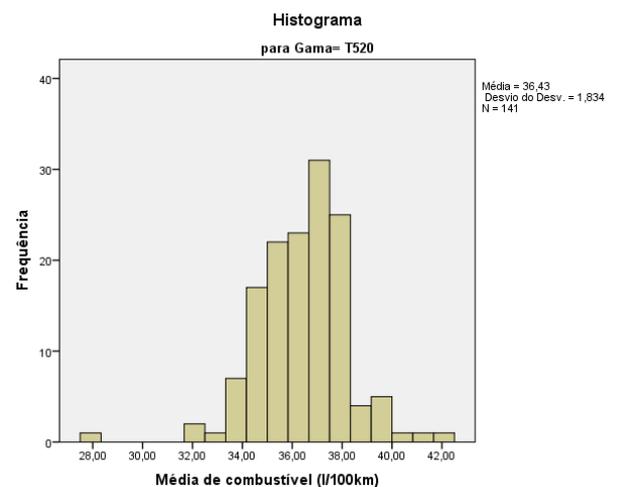


Figura 23 – Histograma gama T520

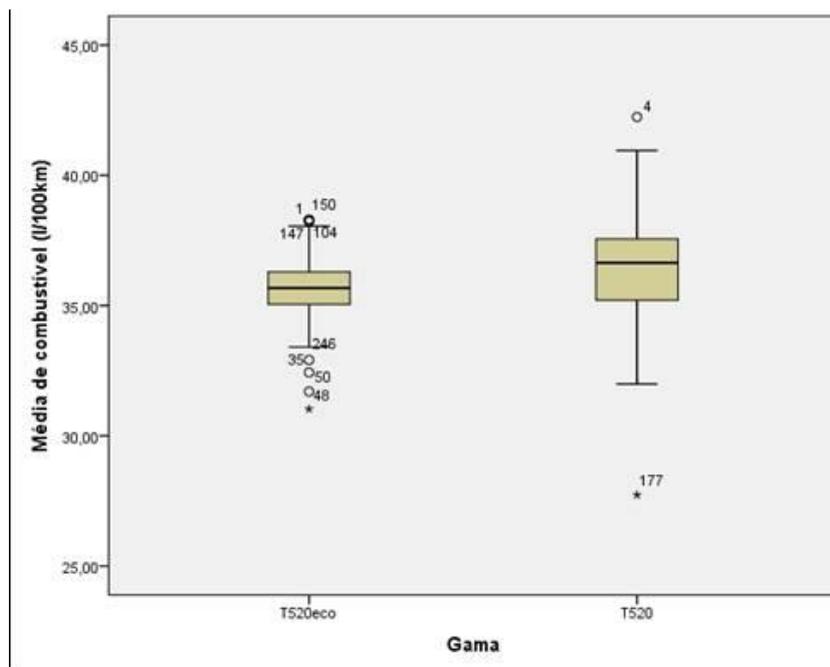


Figura 24 – Box-plot das duas gamas do modelo T520

No box-plot supra apresentado pode-se verificar que os *outliers* severos são caracterizados pelo carater “*”, ao passo que o carater “o” representa os *outliers* simples. Os *outliers* severos são valores três vezes superiores ao 3º Quartil(Q) mais 3 vezes amplitude interquartil (AIQ); ($3^{\circ}Q+3AIQ$) ou ($1^{\circ}Q-3*AIQ$). Os *outliers* simples são todos os valores que estão entre o 3º Quartil mais 1.5*amplitude interquartil e os valores 1,5 vezes superiores à AIQ mais o 3º quartil (entre $3^{\circ}Q+1,5AIQ$ e $3^{\circ}Q+3*AIQ$) ou (entre $1^{\circ}Q-1,5AIQ$ e $1^{\circ}Q+3*AIQ$). No box-plot referente à gama T520eco pode-se observar a presença de alguns *outliers* que são justificados pela pequena diferença existente entre os 3º e 1º quartil. Este indicador de variabilidade está em concordância com os valores de dispersão anteriormente apresentados.

4.1.2 Consumos médios de combustível por nacionalidade e gama

No anexo 2, pode-se observar que os valores dos consumos médios de combustível para a nacionalidade búlgara são de 36,02 l/100km e 38,13 l/100km, para a portuguesa são de 35,39 l/100km e 35,89 l/100km e para a ucraniana são de 35,58 l/100km e 37,42 l/100km para as gamas T520eco e T520, respetivamente. Apesar das diferenças que se registam, estes valores são, meramente, representativos, sem valor estatístico, não substituem as análises em seguida realizadas.

4.2 DETERMINAÇÃO DA DEPENDÊNCIA DOS CONSUMOS MÉDIOS DE COMBUSTÍVEL

Para a aplicação e correta validação da Análise de Variância, numa fase inicial foram verificados os seguintes pressupostos: Normalidade (teste de *Kolmogorov-Smirnov*) e Homogeneidade de variância (teste de *Levene*).

O teste de *Kolmogorov-Smirnov* (K-S) é usado para decidir se a distribuição da variável (dependente) (F(Y)) sob estudo numa determinada amostra provém de uma população com uma distribuição específica $F_0(Y)$.

Para verificação da distribuição foram definidas as seguintes hipóteses:

H0 = A distribuição tende para a Normal $p\text{-value} > 0.05$

H1 = A distribuição não tende para a Normal $p\text{-value} \leq 0.05$

Para verificação da homogeneidade foram definidas as seguintes hipóteses:

H0 = Homogeneidade das variâncias; $p\text{-value} > 0.05$

H1 = Heterogeneidade das variâncias; $p\text{-value} \leq 0.05$

4.2.1 Gama

O primeiro fator a ser estudado é referente à *GAMA*, o qual é constituído por dois grupos, a gama *T520* e a gama *T520eco*.

Relativamente à normalidade, dado que o $p\text{-value}$ (sig.) é superior a 0,05, aceita-se a hipótese H_0 e conclui-se que os subconjuntos pertencentes à *GAMA T520* (anexo 3), seguem uma distribuição normal. No que respeita à homogeneidade, utilizando o teste de *Levene* (anexo 4), dado que o $p\text{-value}$ é inferior a 0,05 rejeita-se a hipótese H_0 e conclui-se que as variâncias das médias de combustível para a *GAMA* são heterógenas. Porém, no fator *GAMA*, em virtude deste fator não apresentar validação nos pressupostos necessários (homogeneidade) e de só possuir 2 grupos, é possível realizar a comparação das medianas através do teste não-paramétrico de *Mann-Whitney*, substituindo neste caso em específico o teste *t-student*.

Para a realização do teste de *Mann-Whitney* foram definidas as seguintes hipóteses:

H_0 : as distribuições dos valores da variável dependente são idênticas nas várias populações

H_1 : existe pelo menos uma população, onde a distribuição da variável dependente é diferente de uma das distribuições das outras populações.

Na tabela 4 são apresentados os resultados do teste *Mann-Whitney* no qual se pode observar que se rejeita a H_0 , em virtude de o *p-value* ser menor que 0,05 assumindo assim que há diferentes medianas entre as observações registadas para as duas gamas do modelo *T520*.

	Média de combustível (l/100km)
U de Mann-Whitney	6890,000
Wilcoxon W	16901,000
Z	-4,455
Significância Assint. (Bilateral)	,000

a. Variável de Agrupamento: Gama

Tabela 4 -*Teste de Mann-Whitney*

4.2.2 Nacionalidade

O segundo fator a ser analisado é referente à nacionalidade, no qual é constituído por 3 grupos de nacionalidades: portuguesa, designado por *p*, búlgara, por *bg*, e pela nacionalidade ucraniana, designado por *ua*.

Conforme anterior apresentado, foi realizada a Análise de Variância (One-Way ANOVA). Para uma correta aplicabilidade, é necessário proceder à validação dos pressupostos da análise, a distribuição normal e homogeneidade de variâncias.

Para verificação da distribuição, foram definidas as seguintes hipóteses:

H0 = A distribuição tende para a Normal $p\text{-value} > 0.05$

H1 = A distribuição não tende para a Normal $p\text{-value} \leq 0.05$

Para verificação da homogeneidade, foram definidas as seguintes hipóteses:

H0 = Homogeneidade das variâncias; $p\text{-value} > 0.05$

H1 = Heterogeneidade das variâncias; $p\text{-value} \leq 0.05$

4.2.2.1 T520eco

Conforme é visível no anexo 5, o $p\text{-value}$ é superior a 0,05 portanto, aceita-se a hipótese H₀ podendo assim concluir-se que segue uma distribuição normal. Todavia e em específico no subconjunto *ua*, para a verificação da normalidade da distribuição, recorreu-se ao teste de Shapiro-Wilk, dado que, este grupo apresenta menos de 30 observações. Como o $p\text{-value}$ era superior a 0,05, aceita-se a hipótese H₀ e conclui-se que segue uma distribuição normal.

Relativamente à homogeneidade das variâncias, observando o anexo 6, verifica-se que $p\text{-value}$ é superior a 0,05, logo, aceita-se a hipótese H₀ e conclui-se que as variâncias são homogéneas.

Considerando a validação dos dois pressupostos, existem condições para a execução da ANOVA.

Na tabela 5, podemos observar que o $p\text{-value}$ é 0,016, logo, rejeita-se H₀ e aceita H₁, ou seja, pelo menos uma média dos grupos é diferente, portanto, o consumo médio de combustível para a gama *T520eco* depende do fator *NACIONALIDADE*.

ANOVA

Média de combustível (l/100km)

	Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre Grupos	11,470	2	5,735	4,276	,016
Nos grupos	185,102	138	1,341		
Total	196,572	140			

Tabela 5 – ANOVA: média de combustível para o fator NACIONALIDADE

De forma a se identificar onde estão presentes as diferentes médias, foi realizado o teste de *Tukey* (tabela 6) – um teste de comparações múltiplas. O resultado permite concluir que há uma diferença significativa entre os condutores com a nacionalidade búlgara e os condutores com nacionalidade portuguesa pelo facto de apresentarem um *p-value* inferior a 0,05. Relativamente à diferença entre os condutores de nacionalidade portuguesa-ucraniana e búlgara-ucraniana não se registaram diferenças significativas.

Comparações múltiplas

Variável dependente: Média de combustível (l/100km)

Tukey HSD

(I) Nacionalidade	(J) Nacionalidade	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
bg	p	,62233*	,21331	,011	,1169	1,1277
	ua	,43227	,31920	,368	-,3240	1,1886
p	bg	-,62233*	,21331	,011	-1,1277	-,1169
	ua	-,19006	,30437	,807	-,9112	,5311
ua	bg	-,43227	,31920	,368	-1,1886	,3240
	p	,19006	,30437	,807	-,5311	,9112

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Tabela 6 – ANOVA: Teste de Tukey

4.2.2.2 T520

Conforme apresentado no anexo 7, para a nacionalidade portuguesa, pode-se verificar que o *p-value* é superior a 0,05, como tal, aceita-se a hipótese H_0 e conclui-se que segue uma distribuição normal. No entanto, e em específico para os subconjuntos *bg* e *ua*, a verificação da normalidade da distribuição também foi realizada pelo teste de Shapiro-Wilk, dado que, estes subconjuntos apresentam menos de 30 amostras. Como o *p-value* era superior a 0,05, aceita-se a hipótese H_0 e conclui-se que seguem uma distribuição normal.

Relativamente à homogeneidade das variâncias, observando o anexo 8, verifica-se que o *p-value* é superior a 0,05, portanto, aceita-se a hipótese H_0 e conclui-se que as variâncias são homogéneas.

Considerando a validação dos dois pressupostos, existem condições para a execução da ANOVA.

Na tabela 7, podemos observar que, como o *p-value* é 0,00, rejeita-se H_0 e aceita H_1 , ou seja, pelo menos uma média dos grupos é diferente, portanto, o consumo médio de combustível para a gama *T520* depende do fator *NACIONALIDADE*.

ANOVA

Média de combustível (l/100km)

	Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre Grupos	120,411	2	60,205	23,845	,000
Nos grupos	348,438	138	2,525		
Total	468,848	140			

Tabela 7 – ANOVA: média de combustível para o fator *NACIONALIDADE*

De forma a se identificar onde estão presentes as diferentes médias, foi realizado o mesmo teste de *Tukey* (tabela 8) – um teste de comparações múltiplas que já tinha sido realizado para a gama *T520eco*. O resultado permite concluir que há uma diferença significativa entre a nacionalidade búlgara e a nacionalidade portuguesa, assim como, há diferenças entre a nacionalidade portuguesa e a ucraniana pelo facto de apresentarem um *p-value* inferior a 0,05.

Relativamente à diferença entre as nacionalidades búlgara-ucraniana não se registam diferenças significativas.

Comparações múltiplas

Variável dependente: Média de combustível (l/100km)

Tukey HSD

(I) Nacionalidade	(J) Nacionalidade	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
bg	p	2,23173 [*]	,33334	,000	1,4420	3,0215
	ua	,70611	,66915	,543	-,8793	2,2915
p	bg	-2,23173 [*]	,33334	,000	-3,0215	-1,4420
	ua	-1,52562 [*]	,62028	,040	-2,9952	-,0560
ua	bg	-,70611	,66915	,543	-2,2915	,8793
	p	1,52562 [*]	,62028	,040	,0560	2,9952

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Tabela 8 – ANOVA: Teste de Tukey

Através do teste de *Tukey*, foi possível o agrupamento de dois subconjuntos homogêneos (anexo 9), nacionalidade búlgara e ucraniana, todavia, apesar deste agrupamento, com um *p-value* de 0,421 (não está próximo de 1) ou seja, relativamente baixo, há indício que existe uma diferença entre os dois subconjuntos.

4.3 REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

Um dos objetivos do trabalho era, igualmente, criar dois modelos de regressão linear múltipla para as duas gamas *T520* e *T520eco* do modelo *T520* da marca *Renault*, para se avaliar quais as variáveis independentes que são significativas para a variável dependente **média de consumo de combustível (l/100km)** e posteriormente se estabelecerem comparações. Para a criação deste modelo foi utilizado o método do *stepwise* tendo em conta o número de

variáveis independentes e pela inexistência de certezas acerca da relação que algumas possam ter com a variável dependente. No método do *stepwise*, as variáveis independentes são selecionadas, uma por uma, dependendo da importância relativa no modelo de regressão. As variáveis que apresentarem uma significância ao nível de 5% são introduzidas no modelo (Verma, 2013).

4.3.1.1 Gama T520eco

As variáveis independentes introduzidas no estudo para a gama *T520eco* foram as seguintes:

Variáveis independentes:

- Log (Velocidade média) (km/h)
- Travagens(valor/100km)
- Paragens(valor/100km)
- Ralenti (%)
- Acima da zona económica (%)
- Roda livre (%)
- Cruise control (%)
- Mudança mais alta engrenada (%)
- Carga do motor (%)
- Automático (%)
- Manual (%)
- Peso Baixo (%)
- Peso Médio (%)
- Peso Alto (%)

4.3.1.2 Validação dos pressupostos

De forma a criar um modelo da regressão linear múltipla foi necessário proceder à validação dos seguintes pressupostos:

1. Existência de homocedasticidade, a variância do erro é constante.
2. Erros seguem uma distribuição normal.
3. Não existe multicolinearidade entre as variáveis independentes.
4. Independência dos erros, para cada par de observações os erros não estão correlacionados.

Para a validação do primeiro pressuposto, existência de homocedasticidade, recorreu-se a uma inspeção ao gráfico de dispersão dos resíduos (figura 25). Como este apresenta o formato de uma nuvem junto ao eixo horizontal zero, ou seja, os resíduos mantêm uma amplitude, aproximadamente, constante em relação ao eixo horizontal zero, não mostrando assim tendências de crescimento ou decrescimento, conclui-se que existe homocedasticidade.

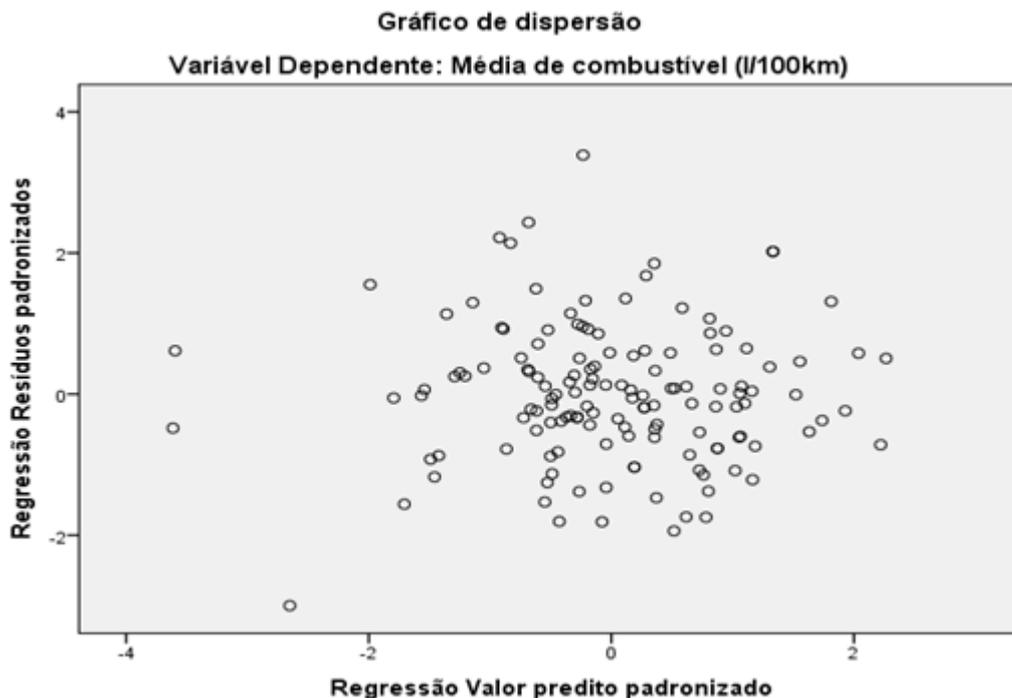


Figura 25 – *Gráfico de dispersão*

A validação do segundo pressuposto foi conseguida através do teste da normalidade (Kolmogorov-Smirnov) (anexo 10) aos erros da regressão linear múltipla. Como o valor do *p-value* é 0,2, ou seja, superior a 0,05, aceita-se H_0 e confirma-se que os erros seguem uma distribuição normal.

De forma a avaliar o terceiro pressuposto em cima apresentado, recorreu-se à tabela dos coeficientes (anexo 12), resultante da execução da regressão linear múltipla. Para se validar o terceiro pressuposto, a tolerância associada às variáveis independentes do modelo 7 do anexo 12, devem apresentar valores próximos de 0 enquanto que, a *Variance Inflation Factor* (VIF) deve ser inferior a 10. Como se pode observar no anexo 12, todas as variáveis incluídas no modelo apresentam valores de tolerância próximos de 0, enquanto que o VIF é, igualmente, em todas, inferior a 10, confirmando assim a ausência de multicolinearidade entre as variáveis.

Respeitante à validação do quarto e último pressuposto, independência dos erros, recorreu-se ao teste de *Durbin-Watson*. De forma a interpretar o valor do teste é necessário recorrer à tabela de valores críticos d_l e d_u para uma significância de 5% (anexo 13). Este procedimento requer que se tenha em consideração o número de observações da amostra assim como, o número de variáveis explicativas. Considerando que, o número de observações da amostra foi de 141 e o número de variáveis explicativas no modelo 7 são 7 variáveis, os valores críticos d_l e d_u são 1,63718 e 1,81426, respetivamente. Como se pode observar no anexo 14, o valor do teste foi de 1,978, o que permite concluir a não evidência de correlação serial positiva nos erros, uma vez que o valor estatístico do teste é superior a d_u .

4.3.1.3 Regressão Stepwise

Conforme anteriormente apresentado, a regressão de *stepwise* tem como objetivo identificar as variáveis independentes e introduzi-las no modelo consoante a importância relativa no modelo de regressão.

De acordo com a informação apresentada na tabela 9, o modelo com maior capacidade explicativa é o modelo 7, no qual explica 69,9% dos dados, ou seja, 69,9% das médias de consumos de combustível são explicadas pelo modelo 7.

Sumarização do modelo^h

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Durbin-Watson
1	,464 ^a	,215	,209	1,05364	
2	,782 ^b	,612	,606	,74334	
3	,809 ^c	,654	,646	,70461	
4	,818 ^d	,668	,659	,69239	
5	,829 ^e	,688	,676	,67397	
6	,839 ^f	,703	,690	,65963	
7	,845 ^g	,714	,699	,64977	1,978

a. Preditores: (Constante), Carga do motor

b. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada

c. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada, Cruise control

d. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada, Cruise control, Roda livre

e. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada, Cruise control, Roda livre, Automático

f. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada, Cruise control, Roda livre, Automático, velocidade

g. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada, Cruise control, Roda livre, Automático, velocidade, Médio

h. Variável Dependente: Média de combustível (V/100km)

Tabela 9 - Sumarização do modelo

Ao se realizar a análise da significância global para hipótese dos modelos apresentados no anexo 11, pode-se verificar que todos os modelos em análise são globalmente significativos, dado *p-value* ser inferior a 0,05, desta forma rejeita-se H_0 , sendo que:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = 0$$

$$H_1: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq \beta_4 \neq \beta_5 \neq \beta_6 \neq \beta_7 \neq 0$$

Posteriormente à análise de significância global, realizou-se a análise individual das variáveis identificadas para se avaliar quais as que apresentam um maior contributo para a explicação dos consumos médios de combustível. Pelo anexo 12, pode-se verificar que todas têm capacidade explicativa no modelo quando analisadas individualmente, em virtude de *p-value* < 0,05, como por exemplo: $H_0: \beta_1 = 0$ e $H_1: \beta_1 \neq 0$.

Após a validação dos pressupostos ao modelo, da análise da significância do modelo e das variáveis que o compõem, foi possível chegar à seguinte equação (anexo 12):

$$\text{Média de combustível (Y)} = 68,825 + 0,652\text{cargadomotor} - 0,126\text{Mudança mais alta engrenada} - 0,015\text{cruisecontrol} - 0,089\text{rodalivre} - 0,032\text{Automático} - 15,373\text{Log(Velocidademédia)} + 0,010\text{pesomédio}$$

4.3.1.4 Interpretação das variáveis

As variáveis em seguida apresentadas são as que apresentam capacidade explicativa para o modelo em questão.

- Variável independente: se o consumo médio não estiver associado a nenhuma destas variáveis apresenta um valor de no mínimo de 68,825 l/100km.
- Carga do motor: por cada unidade acrescida à carga do motor, o consumo médio aumenta 0,652 l/100km.
- Mudança mais alta engrenada: por cada unidade acrescida à mudança mais alta engrenada, o consumo médio diminui 0,126 l/100km.
- Cruise control: por cada unidade acrescida ao cruise control, o consumo médio diminui 0,015 l/100km.
- Roda livre: por cada unidade acrescida à roda livre, o consumo médio diminui 0,089 l/100km.
- Automático: por cada unidade acrescida à utilização de caixa automática, o consumo médio diminui 0,089 l/100km.
- Log(velocidademédia): por cada aumento de 1% na velocidade média, o consumo médio diminui 15,373 l/100km).
- Médio: por cada unidade acrescida ao peso médio, o consumo médio aumenta 0,089 l/100km.

4.3.2 Gama T520

As variáveis independentes introduzidas no estudo para a gama T520eco foram as seguintes:

Variáveis independentes:

- Velocidade média (km/h)
- Travagens(valor/100km)
- Paragens(valor/100km)
- Ralenti (%)
- Acima da zona económica (%)
- Roda livre (%)
- Cruise control (%)
- Mudança mais alta engrenada (%)
- Carga do motor (%)
- Automático (%)
- Manual (%)
- Peso Baixo (%)
- Peso Médio (%)
- Peso Alto (%)

4.3.2.1 Validação dos pressupostos

De forma a se criar um modelo da regressão linear múltipla foi necessário proceder à validação dos respetivos pressupostos:

1. Existência de homocedasticidade, a variância do erro é constante.
2. Erros seguem uma distribuição normal.
3. Não existe multicolinearidade entre as variáveis independentes.

4. Independência dos erros, para cada par de observações os erros não estão correlacionados.

Para a validação do primeiro pressuposto, existência de homocedasticidade, recorreu-se a uma inspeção ao gráfico de dispersão dos resíduos (figura 26). Como este apresenta o formato de uma nuvem junto ao eixo horizontal zero, ou seja, os resíduos mantêm uma amplitude, aproximadamente, constante em relação ao eixo horizontal zero, não mostrando assim tendências de crescimento ou decrescimento, conclui-se que existe homocedasticidade.

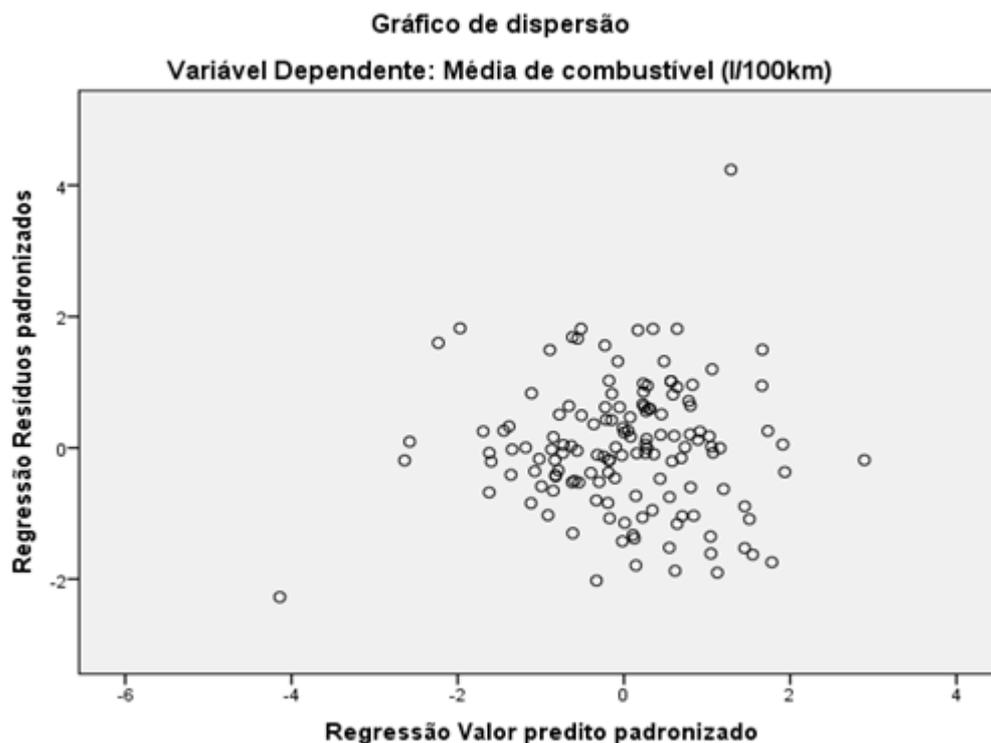


Figura 26 - Gráfico de dispersão

A validação do segundo pressuposto foi conseguida através do teste da normalidade (*Kolmogorov-Smirnov*) (anexo 15) aos erros da regressão linear múltipla. Como o valor do *p-value* é 0,2, ou seja, superior a 0,05, aceita-se H_0 , portanto, confirma-se que os erros seguem uma distribuição normal.

De forma a se avaliar o terceiro pressuposto em cima apresentado, recorreu-se à tabela dos coeficientes (anexo 17), resultante da execução da regressão linear múltipla. Para se validar o terceiro pressuposto, a tolerância associada às variáveis independentes do modelo 8 do anexo 17, devem apresentar valores próximos de 0 enquanto que a *Variance Inflation Factor* (VIF)

deve ser inferior a 10. Como se pode observar no anexo 17, todas as variáveis incluídas no modelo apresentam valores de tolerância próximos de 0, enquanto que o VIF é igualmente inferior a 10 em todas, confirmando assim a ausência de multicolinearidade entre as variáveis.

Respeitante à validação do quarto e último pressuposto, independência dos erros, recorreu-se ao teste de *Durbin-Watson*. De forma a se interpretar o valor do teste é necessário recorrer à tabela de valores críticos d_l e d_u para uma significância de 5% (anexo 13). Este procedimento requer que se tenha em consideração o número de observações da amostra assim como o número de variáveis explicativas. Considerando que, o número de observações da amostra foi de 141 e o número de variáveis explicativas no modelo 8 são 8 variáveis os valores críticos d_l e d_u são 1,62208 e 1,8299, respetivamente. Como se pode observar no anexo 18, o valor do teste foi de 2,091, o que permite concluir a não evidência de correlação serial positiva nos erros, uma vez que o valor estatístico do teste é superior a d_u .

4.3.2.2 Regressão *Stepwise*

De acordo com a informação apresentada na tabela 10, o modelo com maior capacidade explicativa é o modelo 8, no qual explica 76,9% dos dados, ou seja, 76,9% das médias de consumos de combustível são explicadas pelo modelo 8.

Sumarização do modelo¹

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Durbin-Watson
1	,526 ^a	,277	,272	1,56194	
2	,712 ^b	,506	,499	1,29520	
3	,774 ^c	,599	,590	1,17195	
4	,829 ^d	,687	,678	1,03834	
5	,850 ^e	,723	,712	,98165	
6	,871 ^f	,759	,749	,91749	
7	,881 ^g	,776	,764	,88836	
8	,885 ^h	,783	,769	,87864	2,091

a. Preditores: (Constante), Carga do motor

b. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti

c. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre

d. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre, Velocidade média (km/h)

e. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre, Velocidade média (km/h), Acima zona económica

f. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre, Velocidade média (km/h), Acima zona económica, Cruise control

g. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre, Velocidade média (km/h), Acima zona económica, Cruise control, Paragens (valor/100 km)

h. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre, Velocidade média (km/h), Acima zona económica, Cruise control, Paragens (valor/100 km), Alto

i. Variável Dependente: Média de combustível (l/100km)

Tabela 10 - Sumarização do modelo

Ao se realizar a análise da significância global para hipótese dos modelos apresentados no anexo 16, pode-se verificar que todos os modelos em análise são globalmente significativos, dado *p-value* ser inferior a 0,05, desta forma rejeita-se H_0 , sendo que:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = 0$$

$$H_1: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq \beta_4 \neq \beta_5 \neq \beta_6 \neq \beta_7 \neq 0$$

Posteriormente à análise de significância global, realizou-se a análise individual das variáveis identificadas para se avaliar quais as que apresentam um maior contributo para a explicação dos consumos médios de combustível. Pelo anexo 17, pode-se verificar que todas têm capacidade explicativa no modelo quando analisadas individualmente, em virtude de *p-value* < 0,05, como por exemplo: $H_0: \beta_1 = 0$ e $H_1: \beta_1 \neq 0$.

Após a validação dos pressupostos ao modelo, da análise da significância do modelo e das variáveis que o compõem, foi possível chegar à seguinte equação (anexo 17):

$$\text{Média de combustível (Y)} = 55,995 + 0,705\text{cargadomotor} + 0,151\text{ralenti} - 0,294\text{rodalivre} - 0,365\text{velocidademédia} + 0,349\text{acimadazonaeconomica} - 0,019\text{cruisecontrol} - 0,135\text{paragens} + 0,012\text{pesoalto}$$

4.3.2.3 Interpretação das variáveis

As variáveis em seguida apresentadas são as que apresentam capacidade explicativa para o modelo em questão.

- Variável independente: se o consumo médio não estiver associado a nenhuma destas variáveis apresenta um valor de no mínimo de 55,995 l/100km.
- Carga do motor: por cada unidade acrescida à carga do motor, o consumo médio aumenta 0,705 l/100km.
- Ralenti: por cada unidade acrescida ao ralenti, o consumo médio aumenta 0,151 l/100km.
- Roda livre: por cada unidade acrescida à roda livre, o consumo médio diminui 0,294 l/100km.
- Velocidade média: por cada unidade acrescida à velocidade média, o consumo médio diminui 0,365 l/100km.
- Acima da zona económica: por cada unidade acrescida à variável acima da zona económica, o consumo médio aumenta 0,349 l/100km.
- *Cruise control*: por cada unidade acrescida à *cruise control*, o consumo médio diminui 0,019 l/100km.
- Paragens: por cada unidade acrescida às paragens, o consumo médio diminui 0,135 l/100km.

- **Peso alto:** por cada unidade acrescida à ao peso alto, o consumo médio aumenta 0,012 l/100km.

4.3.3 Comparação de modelos

O modelo de regressão pertencente à gama *T520eco* tem uma capacidade explicativa 69,9% dos dados, enquanto que o modelo de regressão pertencente à gama *T520* tem uma capacidade explicativa de 76,9% dos dados.

Equação do modelo da regressão linear múltipla referente à gama T520eco

$$\text{Média de combustível (Y)} = 68,825 + 0,652\text{cargadomotor} - 0,126\text{Mudança mais alta engrenada} - 0,015\text{cruisecontrol} - 0,089\text{rodalivre} - 0,032\text{Automático} - 15,373\text{Log(Velocidade média)} + 0,010\text{peso médio}$$

Equação do modelo da regressão linear múltipla referente à gama T520

$$\text{Média de combustível (Y)} = 55,995 + 0,705\text{cargadomotor} + 0,151\text{ralenti} - 0,294\text{rodalivre} - 0,365\text{velocidade média} + 0,349\text{acima da zona económica} - 0,019\text{cruisecontrol} - 0,135\text{paragens} + 0,012\text{peso alto}$$

A principal observação relativa à comparação dos modelos é a diferente inclusão das variáveis independentes que os modelos possuem. Todavia, importa, igualmente, realçar a diferença entre os coeficientes que roda livre apresenta nos dois modelos, em virtude de evidenciar a principal característica que distingue estas duas gamas. Conforme se pode observar, em ambas as equações esta variável é significativa, no entanto, a gama *T520eco* (coeficiente de 0,089) tem a capacidade de se desembraiar automaticamente, quando deteta que o camião pode circular apenas com a inércia, aumento assim a percentagem de distância percorrida em roda

livre (sem entrada de combustível), enquanto que a gama *T520* (coeficiente de 0,294) requer que seja o motorista a ter este tipo de intervenção.

Pode-se, igualmente, concluir que em ambas as equações a variável *carga do motor* é que mais influencia o aumento do consumo médio de combustível, enquanto que as variáveis que mais influenciam o decréscimo no consumo médio de combustível são a mudança mais alta engrenada e a velocidade média para as gamas *T520eco* e *T520*, respetivamente.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram aplicadas um conjunto de ferramentas estatísticas de modo a aumentar a eficiência do frete pertence à rota Valladolid – Sunderland através da racionalização do consumo de combustível.

A utilização destas ferramentas ofereceu um conjunto de informações que permitem avaliar diferenças significativas nos consumos médios de combustível entre as diversas nacionalidades de motoristas assim como, para as duas gamas de veículos em estudo. Foi possível concluir que a diferença de consumos apresentada na análise descritiva entre as duas gamas é significativa e que a melhor gama para esta rota é a T520eco uma vez que apresentou um consumo médio de 35,63 l/100km, contra os 36,43 l/100km da gama T520.

O fator *NACIONALIDADE* e conforme anteriormente apresentado esteve, igualmente, em estudo, e à semelhança com o que se passou com o fator *GAMA*, neste fator também se encontraram diferenças significativas. Para a gama *T520eco* o resultado do teste permite concluir que houve uma diferença significativa entre os condutores com a nacionalidade búlgara e os condutores com a nacionalidade portuguesa enquanto que, na relação entre as nacionalidades portuguesa-ucraniana e búlgara-ucraniana não houveram diferenças significativas. Referente à gama *T520*, o resultado do teste permite concluir que, há uma diferença significativa entre os condutores com a nacionalidade portuguesa e os condutores com a nacionalidade búlgara, assim como, há diferenças entre a nacionalidade portuguesa e ucraniana. Relativamente à diferença entre as nacionalidades búlgara-ucraniana não se registam diferenças significativas. Em suma, o resultado do teste permite concluir que, para a gama *T520*, os condutores com a nacionalidade portuguesa são os que demonstram melhores consumos médios de combustível.

As regressões lineares múltiplas, para a rota analisada, explicam 69,9% e 76,9% dos dados para a gama *T520eco* e *T520*, respetivamente. Por outras palavras, as variáveis independentes presentes nas respetivas equações da regressão explicam 69,9% e 76,9% da total variabilidade do consumo de combustível, valores estes que podem ser considerados muito bons.

A equação resultante da regressão da gama *T520eco* demonstra que, a variável independente que mais contribui para o aumento do consumo de combustível é a carga do motor, ao invés da mudança mais alta engrenada no qual apresenta o maior contributo para a redução de

combustível. Considerando este resultado, deve-se aconselhar o motorista a evitar pisar o acelerador a fundo, dado que esta percentagem de total utilização do acelerador tem como consequência o aumento da plena carga do motor que se traduz na solicitação da potência máxima do camião. Relativamente à mudança mais alta engrenada, se a percentagem de tempo que o veículo circula na mudança mais alta engrenada aumentar, aumenta também a percentagem de tempo que o camião está a circular na rotação correspondente ao menor consumo específico (entre as 1100 e 1250 RPM) que por consequência se traduz numa diminuição do consumo médio de combustível. Para a gama *T520*, a variável que mais contribui para o aumento de combustível é, igualmente, a carga do motor, recomendando-se as indicações apresentadas para a gama *T520eco*. No que concerne ao impacto que o aumento da velocidade média tem na diminuição do consumo médio de combustível, esta relação está associada com um fator externo ao estudo em questão, o trânsito. Conforme apresentado anteriormente, a gama *T520* não tem a capacidade de se desembrair automaticamente e desta forma aumentar a percentagem de utilização de roda livre, característica importante para a abordagem a rotundas e outras singularidades rodoviárias, como por exemplo, o trânsito. Posto isto, é possível destacar que esta gama é mais influenciada pelo congestionamento rodoviário comparativamente à gama *T520eco*. Porém, para uma conclusão definitiva, era necessário estudar esta variável através da criação de um modelo de regressão linear múltiplo no qual estaria presente como variável dependente.

Em consonância com a revisão da literatura, foi possível observar outras variáveis significativas para o consumo de combustível. Foi demonstrativo, que independentemente do tipo de veículo, veículo ligeiro ou pesado de mercadorias, há um conjunto de variáveis que contribuem para o aumento de combustível, rotação do motor, ralenti e peso, assim como, outro conjunto de variáveis, que contribuem para o decréscimo do consumo, roda livre e paragens. Para além deste conjunto de variáveis previamente identificado pela revisão de literatura, este estudo, foi revelador de outras duas variáveis que contribuem para o decréscimo do consumo de combustível. Foi igualmente possível observar que o condutor ao trabalhar com a caixa de velocidades automática e com uma maior utilização de cruise control, consegue ganhos ao nível do consumo de combustível.

Para futuras investigações nesta temática, seria bastante pertinente a introdução de outras variáveis, como por exemplo, a introdução de apoios aerodinâmicos como variáveis *Dummy*, de forma a se avaliar qual o comportamento do consumo médio de combustível com a introdução destes dispositivos, algo que não esteve presente no estudo devido à ausência deste

tipo de acessórios na frota Patinter. Seria igualmente pertinente a introdução da altimetria acumulada do percurso, do gradiente médio das subidas do percurso e da aceleração máxima do veículo. Outro estudo conveniente, seria avaliar outras marcas de camião e relacioná-las entre si de forma a se retirarem conclusões acerca das diferentes variáveis independentes que incorporariam as respetivas equações das regressões, assim como da verificação da existência ou inexistência de diferenças significativas dos consumos médios de combustível nas marcas.

Como limitação do estudo, o facto do conjunto de observações não ter sido recolhido num ambiente controlado, pode ter tido influência no resultado alcançado, e, portanto, fatores como o volume de tráfego, o prazo de entrega da mercadoria e as dificuldades da ligação marítima foram desconsiderados.

6 BIBLIOGRAFIA

Andrés, L., Padilla, E., (2015); Energy intensity in road freight transport of heavy goods vehicles in Spain, *Energy Policy* n° 85 pp 309–321.

Andrieu, C., Pierre G. (2012); Comparing effects of eco-driving training and simple advices on driving behavior, 15th meeting of the EURO Working Group on Transportation, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* n°54 pp. 211 – 220

Birrel, S., Taylor J., McGordon, A., Son, J., Jennings, P., (2015); Analysis of three independent real-world driving studies: A data driven and expert analysis approach to determining parameters affecting fuel economy, *Transportation Research Part D* n° 33 pp 74–86.

Boriboonsomsin, K., (2014); Reducing The Carbon Footprint Of Freight Movement Through Eco-Driving Programs For Heavy Duty Trucks, National Center for Sustainable Transportation.

Brodrick, C., Dwyer, H., Farshchi, M., Harris, D., King Jr., F., (2011); Effects of Engine Speed and Accessory Load on Idling Emissions from Heavy-Duty Diesel Truck Engines, *Journal of the Air & Waste Management Association* pp 1026-1031.

Castanedo, J., Pesquera, M., Hontañón, P., Millan, P., Borissov, V. (2014) Efficient route of freight transport by road, evaluated with Innotransmer, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* n°160 pp 634 – 643.

Chantranuwathana, S., Sripakagorn, A., Noomwongs, N., Thitipatanapong, R., (2014); Eco-Driving Rating Based on Average Trip Speed and Evaluation, *Applied Mechanics and Materials*.

Demir, E., Bektas, T., Laporte, G., (2014); A review of recent research on green road freight transportation, *European Journal of Operational Research* n° 237 pp 775–793.

Ecodrive project (2009) : <http://www.ecodrive.org>.

Ericson, E., (2001); Independent driving pattern factors and their influence in fuel-use and exhaust emission factors, *Transportation Research Part D* n°6 pp 325-345.

European Commission (2014), Collection and Analysis of Data on the Structure of the Road Haulage Sector in the European Union.

Garthwaite, J., (2011); Smarter Trucking Saves Over the Long Haul, *National Geographic News*, <http://news.nationalgeographic.com/news/energy/2011/09/110923-fuel-economy-for-trucks/>, accedido a 28/01/2016

Henao, J., (2012); Efecto de la cantidad de carga en el consumo de combustible en camiones, Universidad Nacional de Colombia.

Henao, J., (2015); Effects of road slope and vehicle's weight on truck's fuel consumption, International Transport Forum, 2015; <http://www.internationaltransportforum.org/IntOrg/road/pdf/weights.pdf>

- Jornal Económico (2014); 1000 Maiores Empresas,
http://economico.sapo.pt/public/uploads/especiais_sp/Especial_1000_Maiores_Empresas_3_Dezembro_20141.pdf, acedido a 27/01/2016
- Lai, W.T., (2015); The effects of eco-driving motivation, knowledge and reward intervention on fuel efficiency, *Transportation Research Part D* n° 34 pp 155–160.
- Larsson, H., Ericsson, E., (2009); The effects of an acceleration advisory tool in vehicles for reduced fuel consumption and emissions, *Transportation Research Part D* n° 14 pp 141–146.
- Leblanc, D., Sivak, M., Bogard, S., (2010); Using naturalistic driving data to assess variations in fuel efficiency among individual drivers, *Transportation Research Institute, Michigan University*.
- Liimatainen, H., Stenholm, P., Tapio, P., McKinnon, A., (2012); Energy efficiency practices among road freight hauliers, *Energy Policy* n°50 pp 833–842.
- Lisovitskaya, O. (2013); *Melhoria da Qualidade na RMD Recuperacion Materials Diversos S.A. Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, Universidade de Aveiro*.
- Matsumoto, S., Park T., Kawashima, H., (2014); A Comparative Study on Fuel Consumption Reduction Effects of Eco-Driving Instructions Strategies, *Int. J. ITS Res.* N°12 pp 1–8.
- Mohamed-Kassim, Z., Filippone A., (2010); Fuel savings on a heavy vehicle via aerodynamic drag reduction, *Transportation Research Part D* n° 15 pp 275–284.
- Orfila, O., SAINT PIERRE, G., Andrieu, C., (2012); Gear Shifting Behavior Model for Ecodriving Simulations Based on Experimental Data, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* n° 54 pp 341 – 348.
- Pampel, S., Jamson, S., Hibberd, D., Barnard, Y., (2015); How I reduce fuel consumption: An experimental study on mental models of eco-driving, *Transportation Research Part C* n°58 pp 669–680.
- Road Transport - A change of gear (2012); *European Commission*.
- Ruzzenenti, F., Basosi, R., (2009); Evaluation of the energy efficiency evolution in the European road freight transport sector, *Energy Policy* n° 37 pp 4079–4085.
- Schall, D., Mohnen, A., (2015); Incentives for energy-efficient behavior at the workplace: a natural field experiment on eco-driving in a company fleet, *Energy Procedia* n° 75 pp 2626 – 2634.
- Score, G., Boriboonsomsin, K., Barth, M., (2013); Eco-friendly navigation system development for heavy-duty trucks, *Paper for the 92th Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington, D.C.*
- Shancita, I., Masjuki H.H., Kalam, M.A., Rizwanul Fattah, I.M., Rashed, M.M., Rashedul, H.K., (2014); A review on idling reduction strategies to improve fuel economy and reduce exhaust emissions of transport vehicles, *Energy Conversion and Management* n° 88 pp 794–807.
- Sharpe, B., Muncrief, R., (2015); Literature Review: Real-world fuel consumption of heavy-duty vehicles in the United States, China, and the European Union, *The International Council of Clean Transportation*.

Ruiz, R., Treviño, F., Flores, J. (2015); Modelo estadístico que permite observar el impacto de los factores que inciden en el rendimiento de combustible, Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León, México

Thijssen, R., Hofman, R., Ham, J., (2014); Ecodriving acceptance: An experimental study on anticipation behavior of truck drivers, Transportation Research Part F n° 22 pp 249–260.

Universidad Nacional de Colombia, 5th International Symposium on Highway Geometric Design, Vancouver, 13 Canada.

Verma, J.P.; (2013); Data analysis in management with SPSS Software, Springer

Walnum, H., Simonsen, M.(2015); Does driving behavior matter? An analysis of fuel consumption data from heavy-duty trucks, Transportation Research Part D n° 36 pp 107–120.

Wang, L., Kelly, K., Walkowicz, K., and Duran, A., "Quantitative Effects of Vehicle Parameters on Fuel Consumption for Heavy-Duty Vehicle," SAE Technical Paper, 2015-01-2773, doi:10.4271/2015-01-2773

Zhao, X., Wu, W., Rong, J., Zhang, Y., (2015); Development of a driving simulator based eco-driving support system, Transportation Research Part C 58 n° pp 631–641.

7 ANEXOS

Anexo 1 - Resumo de processamento de casos

Resumo de processamento de casos

		Casos					
		Válido		Omisso		Total	
		N	Percentage m	N	Percentage m	N	Percentage m
Média de combustível (l/100km)	T520eco	141	100,0%	0	0,0%	141	100,0%
	T520	141	100,0%	0	0,0%	141	100,0%

Anexo 2 – Consumos médios por gama e nacionalidade

Estadísticas Descriptivas

Variável dependente: Média de combustível (l/100km)

Nacionalidade	Gama	Média	Erro Desvio	N
bg	T520eco	36,0145	1,40916	49
	T520	38,1290	1,61670	29
	Total	36,8006	1,80170	78
p	T520eco	35,3922	1,02670	74
	T520	35,8972	1,62006	105
	Total	35,6884	1,42407	179
ua	T520eco	35,5822	,86899	18
	T520	37,4229	,61862	7
	Total	36,0976	1,15846	25
Total	T520eco	35,6327	1,18494	141
	T520	36,4320	1,83000	141
	Total	36,0323	1,59007	282

Anexo 3 – ANOVA: Teste normalidade para a gama

Testes de Normalidade

	Gama	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
Média de combustível (l/100km)	T520eco	,074	141	,054	,967	141	,002
	T520	,067	141	,200*	,962	141	,001

*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Anexo 4 – Teste de homogeneidade para a gama

	Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferença média	Erro padrão da diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
								Inferior	Superior
Média de combustível (l/100km)	18,790	,000	-4,323	280	,000	-,79496	,18389	-1,15695	-,43298
Variâncias iguais assumidas			-4,323	239,528	,000	-,79496	,18389	-1,15722	-,43271
Variâncias iguais não assumidas									

Anexo 5 – Teste de normalidade para o fator NACIONALIDADE da gama T520eco

Testes de Normalidade

	Nacionalidade	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
Média de combustível (l/100km)	bg	,098	49	,200*	,934	49	,009
	p	,098	74	,075	,962	74	,026
	ua	,123	18	,200*	,952	18	,459

*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Anexo 6 – Teste da homogeneidade para o fator Nacionalidade da gama T520eco

Teste de Homogeneidade de Variâncias

Média de combustível (l/100km)

Estadística de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,444	2	138	,091

Anexo 7- Teste de normalidade para o fator *NACIONALIDADE* da gama T520

Testes de Normalidade

	Nacionalidade	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadística	gl	Sig.	Estadística	gl	Sig.
Média de combustível (l/100km)	bg	,165	29	,043	,963	29	,384
	p	,069	105	,200 [*]	,926	105	,000
	ua	,269	7	,134	,890	7	,277

*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Anexo 8 - Teste da homogeneidade para o fator Nacionalidade da gama T520

Teste de Homogeneidade de Variâncias

Média de combustível (l/100km)

Estadística de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,224	2	138	,112

Anexo 9 – Teste de *Tukey* – Subconjuntos homogêneos.

Média de combustível (l/100km)

Tukey HSD^{a,b}

Nacionalidade	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
p	105	35,8972	
ua	7		37,4229
bg	29		38,1290
Sig.		1,000	,421

São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.

a. Usa o Tamanho da Amostra de Média Harmônica = 16,054.

b. Os tamanhos de grupos são desiguais. A média harmônica dos tamanhos de grupos é usada. Os níveis de erro de Tipo I não são garantidos.

Anexo 10 - Teste de Normalidade para os resíduos da regressão linear da gama T520eco

Testes de Normalidade

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
Unstandardized Residual	,064	141	,200 [*]	,988	141	,236

*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Anexo 11 – ANOVA – Regressão Linear Múltipla T 520 eco

ANOVA^a

Modelo		Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
1	Regressão	42,260	1	42,260	38,067	,000 ^b
	Resíduo	154,312	139	1,110		
	Total	196,572	140			
2	Regressão	120,320	2	60,160	108,877	,000 ^c
	Resíduo	76,252	138	,553		
	Total	196,572	140			
3	Regressão	128,554	3	42,851	86,310	,000 ^d
	Resíduo	68,018	137	,496		
	Total	196,572	140			
4	Regressão	131,373	4	32,843	68,509	,000 ^e
	Resíduo	65,199	136	,479		
	Total	196,572	140			
5	Regressão	135,249	5	27,050	59,549	,000 ^f
	Resíduo	61,323	135	,454		
	Total	196,572	140			
6	Regressão	138,267	6	23,045	52,962	,000 ^g
	Resíduo	58,305	134	,435		
	Total	196,572	140			
7	Regressão	140,420	7	20,060	47,514	,000 ^h
	Resíduo	56,152	133	,422		
	Total	196,572	140			

a. Variável Dependente: Média de combustível (l/100km)

b. Preditores: (Constante), Carga do motor

c. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada

d. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada, Cruise control

e. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada, Cruise control, Roda livre

f. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada, Cruise control, Roda livre, Automático

g. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada, Cruise control, Roda livre, Automático, velocidade

h. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada, Cruise control, Roda livre, Automático, velocidade, Médio

Anexo 12 – Tabela dos coeficientes resultantes da regressão linear múltipla da gama T520eco

Modelo		Coeficientes ^a							
		Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados		t	Sig.	Estatísticas de colinearidade	
		B	Erro Padrão	Beta				Tolerância	VIF
1	(Constante)	31,354	,699			44,847	,000		
	Carga do motor	,347	,056	,464		6,170	,000	1,000	1,000
2	(Constante)	37,415	,709			52,739	,000		
	Carga do motor	,544	,043	,726		12,646	,000	,852	1,174
	Mudança mais alta engrenada	-,131	,011	-,683		-11,886	,000	,852	1,174
3	(Constante)	37,826	,680			55,625	,000		
	Carga do motor	,611	,044	,815		13,898	,000	,734	1,363
	Mudança mais alta engrenada	-,143	,011	-,745		-13,172	,000	,791	1,265
	Cruise control	-,015	,004	-,222		-4,072	,000	,848	1,179
4	(Constante)	37,867	,668			56,650	,000		
	Carga do motor	,620	,043	,827		14,297	,000	,729	1,372
	Mudança mais alta engrenada	-,140	,011	-,728		-12,997	,000	,778	1,285
	Cruise control	-,016	,004	-,227		-4,226	,000	,847	1,180
	Roda livre	-,044	,018	-,122		-2,425	,017	,961	1,041
5	(Constante)	40,168	1,027			39,132	,000		
	Carga do motor	,618	,042	,825		14,655	,000	,729	1,372
	Mudança mais alta engrenada	-,137	,011	-,714		-13,053	,000	,773	1,294
	Cruise control	-,014	,004	-,197		-3,705	,000	,816	1,225
	Roda livre	-,074	,020	-,204		-3,614	,000	,723	1,362
	Automático	-,024	,008	-,165		-2,921	,004	,727	1,376
6	(Constante)	68,255	10,704			6,376	,000		
	Carga do motor	,611	,041	,815		14,755	,000	,725	1,379
	Mudança mais alta engrenada	-,117	,013	-,606		-9,011	,000	,489	2,046
	Cruise control	-,013	,004	-,191		-3,655	,000	,815	1,228
	Roda livre	-,090	,021	-,250		-4,314	,000	,658	1,520
	Automático	-,033	,009	-,223		-3,750	,000	,626	1,597
	velocidade	-15,018	5,702	-,166		-2,634	,009	,558	1,793
7	(Constante)	68,825	10,547			6,525	,000		
	Carga do motor	,651	,044	,868		14,643	,000	,611	1,638
	Mudança mais alta engrenada	-,126	,013	-,652		-9,408	,000	,447	2,239
	Cruise control	-,015	,004	-,217		-4,114	,000	,776	1,289
	Roda livre	-,089	,021	-,247		-4,330	,000	,658	1,521
	Automático	-,032	,009	-,214		-3,654	,000	,623	1,604
	velocidade	-15,373	5,619	-,170		-2,736	,007	,557	1,795
	Médio	,010	,004	,117		2,258	,026	,797	1,254

a. Variável Dependente: Média de combustível (l/100km)

Anexo 13 – Valores críticos da tabela de Durbin-Watson

Critical Values for the Durbin-Watson Test: 5% Significance Level

T=100 to 200, K=2 to 21

T	K	dL	dU
139.	21.	1.40807	2.06701
140.	2.	1.70960	1.73824
140.	3.	1.69601	1.76291
140.	4.	1.68038	1.76782
140.	6.	1.66669	1.78297
140.	6.	1.66066	1.79836
140.	7.	1.63667	1.81397
140.	8.	1.62036	1.82981
140.	9.	1.60600	1.84689
140.	10.	1.68961	1.86219
140.	11.	1.67389	1.87871
140.	12.	1.66816	1.89646
140.	13.	1.64228	1.91240
140.	14.	1.62629	1.92966
140.	15.	1.61020	1.94693
140.	16.	1.49399	1.96449
140.	17.	1.47767	1.98227
140.	18.	1.46126	2.00024
140.	19.	1.44473	2.01840
140.	20.	1.42813	2.03676
140.	21.	1.41143	2.06628
141.	2.	1.71066	1.73910
141.	3.	1.69618	1.76367
141.	4.	1.68166	1.76847
141.	6.	1.66697	1.78360
141.	6.	1.66216	1.79876
141.	7.	1.63718	1.81426
141.	8.	1.62208	1.82999
141.	9.	1.60684	1.84693
141.	10.	1.69147	1.86211
141.	11.	1.67696	1.87848
141.	12.	1.66033	1.89608
141.	13.	1.64469	1.91190
141.	14.	1.62872	1.92892
141.	15.	1.61276	1.94614
141.	16.	1.49666	1.96367
141.	17.	1.48047	1.98119
141.	18.	1.46417	1.99900
141.	19.	1.44779	2.01701
141.	20.	1.43130	2.03619
141.	21.	1.41472	2.06367
142.	2.	1.71162	1.73997
142.	3.	1.69736	1.76442
142.	4.	1.68292	1.76911
142.	6.	1.66836	1.78403
142.	6.	1.66362	1.79918
142.	7.	1.63877	1.81466
142.	8.	1.62377	1.83016
142.	9.	1.60866	1.84698
142.	10.	1.69339	1.86202
142.	11.	1.67800	1.87828
142.	12.	1.66260	1.89474
142.	13.	1.64686	1.91142
142.	14.	1.63112	1.92830
142.	16.	1.61627	1.94638
142.	16.	1.49930	1.96266
142.	17.	1.48323	1.98013
142.	18.	1.46706	1.99780
142.	19.	1.46079	2.01664
142.	20.	1.43444	2.03368
142.	21.	1.41799	2.06190
143.	2.	1.71267	1.74081

Anexo 14 – Sumarização do modelo de regressão linear referente à gama T520eco

Sumarização do modelo^h

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Durbin-Watson
1	,464 ^a	,215	,209	1,05364	
2	,782 ^b	,612	,606	,74334	
3	,809 ^c	,654	,646	,70461	
4	,818 ^d	,668	,659	,69239	
5	,829 ^e	,688	,676	,67397	
6	,839 ^f	,703	,690	,65963	
7	,845 ^g	,714	,699	,64977	1,978

a. Preditores: (Constante), Carga do motor

b. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada

c. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada, Cruise control

d. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada, Cruise control, Roda livre

e. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada, Cruise control, Roda livre, Automático

f. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada, Cruise control, Roda livre, Automático, velocidade

g. Preditores: (Constante), Carga do motor, Mudança mais alta engrenada, Cruise control, Roda livre, Automático, velocidade, Médio

h. Variável Dependente: Média de combustível (l/100km)

Anexo 15 - Teste de Normalidade para os resíduos da regressão linear da gama T520

Testes de Normalidade

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
Unstandardized Residual	,068	141	,200 [*]	,973	141	,006

*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Anexo 16 - Anova – Regressão Linear Múltipla T 520

ANOVA^a

Modelo		Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
1	Regressão	129,736	1	129,736	53,178	,000 ^b
	Resíduo	339,113	139	2,440		
	Total	468,848	140			
2	Regressão	237,348	2	118,674	70,743	,000 ^c
	Resíduo	231,500	138	1,678		
	Total	468,848	140			
3	Regressão	280,684	3	93,561	68,121	,000 ^d
	Resíduo	188,164	137	1,373		
	Total	468,848	140			
4	Regressão	322,219	4	80,555	74,715	,000 ^e
	Resíduo	146,629	136	1,078		
	Total	468,848	140			
5	Regressão	338,757	5	67,751	70,308	,000 ^f
	Resíduo	130,091	135	,964		
	Total	468,848	140			
6	Regressão	356,048	6	59,341	70,494	,000 ^g
	Resíduo	112,800	134	,842		
	Total	468,848	140			
7	Regressão	363,887	7	51,984	65,871	,000 ^h
	Resíduo	104,961	133	,789		
	Total	468,848	140			
8	Regressão	366,943	8	45,868	59,414	,000 ⁱ
	Resíduo	101,905	132	,772		
	Total	468,848	140			

a. Variável Dependente: Média de combustível (l/100km)

b. Preditores: (Constante), Carga do motor

c. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti

d. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre

e. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre, Velocidade média (km/h)

f. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre, Velocidade média (km/h), Acima zona económica

g. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre, Velocidade média (km/h), Acima zona económica, Cruise control

h. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre, Velocidade média (km/h), Acima zona económica, Cruise control, Paragens (valor/100 km)

i. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre, Velocidade média (km/h), Acima zona económica, Cruise control, Paragens (valor/100 km), Alto

Anexo 17 – Tabela dos coeficientes resultantes da regressão linear múltipla da gama T520

		Coeficientes*				Estatísticas de colinearidade		
Modelo		Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.	Tolerância	VF
		B	Erro Padrão	Beta				
1	(Constante)	30,147	,872		34,577	,000		
	Carga do motor	,498	,068	,526	7,292	,000	1,000	1,000
2	(Constante)	23,023	1,146		20,086	,000		
	Carga do motor	,848	,072	,896	11,856	,000	,626	1,597
	Ralenti	,187	,023	,605	8,009	,000	,626	1,597
3	(Constante)	24,185	1,058		22,869	,000		
	Carga do motor	,875	,065	,925	13,484	,000	,623	1,605
	Ralenti	,174	,021	,561	8,156	,000	,618	1,617
	Roda livre	-,248	,044	-,311	-5,617	,000	,956	1,046
4	(Constante)	48,764	4,069		11,983	,000		
	Carga do motor	,841	,058	,889	14,568	,000	,617	1,620
	Ralenti	,161	,019	,520	8,467	,000	,611	1,637
	Roda livre	-,311	,040	-,389	-7,688	,000	,896	1,116
	Velocidade média (km/h)	-,303	,049	-,309	-6,207	,000	,926	1,080
5	(Constante)	47,380	3,862		12,269	,000		
	Carga do motor	,781	,056	,826	13,831	,000	,577	1,734
	Ralenti	,156	,018	,504	8,674	,000	,608	1,644
	Roda livre	-,280	,039	-,351	-7,182	,000	,863	1,159
	Velocidade média (km/h)	-,283	,046	-,289	-6,102	,000	,916	1,091
	Acima zona económica	,329	,080	,199	4,143	,000	,894	1,118
6	(Constante)	46,182	3,619		12,761	,000		
	Carga do motor	,801	,053	,846	15,117	,000	,573	1,745
	Ralenti	,152	,017	,492	9,054	,000	,607	1,648
	Roda livre	-,279	,036	-,350	-7,678	,000	,863	1,159
	Velocidade média (km/h)	-,261	,044	-,266	-5,975	,000	,905	1,105
	Acima zona económica	,353	,074	,213	4,734	,000	,890	1,123
	Cruise control	-,022	,005	-,196	-4,532	,000	,958	1,044
7	(Constante)	57,517	5,021		11,455	,000		
	Carga do motor	,782	,052	,826	15,142	,000	,565	1,769
	Ralenti	,159	,016	,515	9,691	,000	,596	1,678
	Roda livre	-,288	,035	-,361	-8,148	,000	,858	1,166
	Velocidade média (km/h)	-,388	,058	-,395	-6,644	,000	,475	2,105
	Acima zona económica	,343	,072	,207	4,758	,000	,889	1,125
	Cruise control	-,021	,005	-,185	-4,409	,000	,952	1,051
	Paragens (valor/100 km)	-,134	,042	-,184	-3,152	,002	,494	2,024
8	(Constante)	55,995	5,025		11,144	,000		
	Carga do motor	,705	,064	,745	11,024	,000	,360	2,775
	Ralenti	,151	,017	,487	8,939	,000	,555	1,801
	Roda livre	-,294	,035	-,368	-8,377	,000	,852	1,174
	Velocidade média (km/h)	-,367	,059	-,375	-6,264	,000	,460	2,172
	Acima zona económica	,349	,071	,211	4,887	,000	,887	1,127
	Cruise control	-,019	,005	-,171	-4,047	,000	,923	1,083
	Paragens (valor/100 km)	-,135	,042	-,185	-3,212	,002	,494	2,025
	Alto	,012	,006	,110	1,990	,049	,543	1,843

a. Variável Dependente: Média de combustível (l/100km)

Anexo 18 - Sumarização do modelo de regressão linear referente à gama T520

Sumarização do modelo¹

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Durbin-Watson
1	,526 ^a	,277	,272	1,56194	
2	,712 ^b	,506	,499	1,29520	
3	,774 ^c	,599	,590	1,17195	
4	,829 ^d	,687	,678	1,03834	
5	,850 ^e	,723	,712	,98165	
6	,871 ^f	,759	,749	,91749	
7	,881 ^g	,776	,764	,88836	
8	,885 ^h	,783	,769	,87864	2,091

a. Preditores: (Constante), Carga do motor

b. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti

c. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre

d. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre, Velocidade média (km/h)

e. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre, Velocidade média (km/h), Acima zona económica

f. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre, Velocidade média (km/h), Acima zona económica, Cruise control

g. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre, Velocidade média (km/h), Acima zona económica, Cruise control, Paragens (valor/100 km)

h. Preditores: (Constante), Carga do motor, Ralenti, Roda livre, Velocidade média (km/h), Acima zona económica, Cruise control, Paragens (valor/100 km), Alto

i. Variável Dependente: Média de combustível (l/100km)

Anexo 19 - Metodologia para a Análise de Dados.

Pelo progresso da ciência que exige que se atenda mais profundamente à aquisição, qualidade e tratamento de dados, J. Tuckey introduziu um conjunto de técnicas estatísticas a que chamou “*Data Analysis*”. Na análise de dados reconhecem-se duas componentes: uma mais próxima da estatística descritiva e outra da estatística indutiva. A estatística descritiva – análise exploratória de dados – pretende isolar as estruturas e padrões mais relevantes e estáveis evidenciados pelo conjunto de dados objeto de estudo. A estatística indutiva (inferencial) – análise confirmatória de dados – pretende avaliar, nomeadamente através da recolha e análise de novas observações, a reprodutibilidade ou permanência das estruturas e padrões detetados (Lisovitskay, 2013)

Os dados consistem em informações que vêm de observações, contagens, medições ou respostas e conforme a sua natureza podem ser classificados por tipos (qualitativo e quantitativo) e escalas (nominal, ordinal, de intervalo e absoluto) (Lisovitskay, 2013).

Qualquer decisão que seja tomada usando os resultados de um estudo estatístico será tão boa quanto o processo utilizado para obtenção desses dados, por isso é muito importante estar familiarizado com o método de planeamento de um estudo estatístico, que obedece às seguintes atividades (Larson and Farber 2010): 1) identificar as variáveis de interesse e a população do estudo; 2) desenvolver um plano detalhado para a recolha de dados; 3) recolher os dados conforme de plano plopsto; 4) descrever os dados usando as técnicas de estatística descritiva; 5) interpretar os dados e retirar conclusões acerca da população, usando estatística inferencial; 6) identificar quaisquer erros possíveis. (Lisovitskay, 2013)

a) Estatística descritiva

Larson e Farber (2010) definem a estatística descritiva como o ramo da estatística que envolve a organização, o resumo e a representação de dados. Em continuação, os autores portugueses Guimarães e Cabral (2007) confirmam que o objetivo da estatística descritiva é sintetizar a informação contida num determinado conjunto de dados. Assim sendo, procura-se sintetizá-la e representá-la de uma forma compreensível. Esta tarefa, que adquire maior importância quando o volume de dados é significativo, materializa-se na construção de tabelas, gráficos ou no cálculo de medidas que representem convenientemente a informação contida nos dados (Lisovitskay, 2013).

A maioria dos métodos utilizados para compilação de dados é bastante simples em termos de conceito. Consoante os objetivos, às vezes um método pode ser suficiente para obter um resumo útil e completo, mas na maioria dos casos, dois ou mais métodos são utilizados para atingir a clareza da descrição que é desejada. Existem vários métodos de representação de dados, entre os quais se identificam as distribuições de frequência e histogramas, as características da amostra (média, mediana, moda, variância, desvio padrão e percentis), as medidas de tendência central / local, e as medidas de dispersão (Lisovitskay, 2013).

b) Inferência estatística: Análise de Variância

Apresentado por Lisovitskay em 2013, a estatística inferencial é o ramo da estatística que envolve o uso de uma amostra para retirar conclusão sobre uma população (Larson and Farber 2010). O objetivo da inferência estatística é mais ambicioso do que o da estatística descritiva e, naturalmente, os métodos e técnicas requeridas são mais sofisticados. Com base na análise de um conjunto limitado de dados (uma amostra) pretende-se caracterizar o todo, a partir do qual tais dados foram obtidos (a população) (Guimarães and Cabral 2007).

Lisovitskay (2013) refere igualmente, que os problemas de inferência estatística podem ser subdivididos em estimação e testes de hipóteses. A estimação pode ser pontual (estimador de momentos, método dos mínimos quadrados e o método da máxima verosimilhança) ou por intervalos (para a média populacional quando a variância é conhecida, para a média populacional quando a variância é desconhecida, para a variância populacional e para a proporção), também conhecido como intervalos de confiança. Os testes de hipóteses fornecem um método que permite verificar se os dados amostrais revelam evidências que apoiam ou não uma hipótese formulada (Silva, Wanderley *et. al.* 2010). Aliás, os conceitos fundamentais de inferência estatística permitem construir intervalos de confiança ou testar hipóteses envolvendo um parâmetro de uma população ou, alternativamente, envolvendo a razão ou a diferença entre parâmetros de duas populações (Guimarães and Cabral 2007).

Uma afirmação sobre um parâmetro populacional é denominada por hipótese estatística, que pode ser nula ou alternativa, dependendo da sua representação: quando uma delas for falsa, a outra é verdadeira. Então, quando se realiza um teste de hipótese, chega-se a uma de duas decisões: 1) rejeitar a hipótese nula, ou 2) não rejeitar a hipótese nula. Mas uma decisão pode ser errada se a hipótese nula for rejeitada, quando é verdadeira (erro tipo I), ou se a hipótese nula não for rejeitada, quando é falsa (erro tipo II). Há possibilidade de diminuir a probabilidade de cometer erros diminuindo o nível de significância que pode ser definida em

cada problema individualmente. Normalmente são considerados 3 níveis de significância: 0,10, 0,05 e 0,01 (Lisovitskay, 2013).

Lisovitskaya, refere também que a análise de variância é uma técnica de inferência estatística que possibilita a comparação entre parâmetros de mais do que duas populações (Guimarães and Cabral 2007). A técnica de análise de variância normalmente é designada sinteticamente por ANOVA e resulta da contração do nome que a técnica recebe em inglês: *analysis of variance* e possibilita determinar, com base numa medida dependente, se várias amostras são oriundas de populações com médias iguais (Hair, Anderson et al. 2007) e permite determinar de forma objetiva quais os fatores e/ou interações que afetam significativamente a(s) resposta(s).

Os fatores propostos podem ser de origem qualitativa ou quantitativa, mas a variável dependente deverá ser necessariamente contínua.

Pressupostos para o teste:

- 1 - As amostras devem ser independentes entre si.
- 2 - As populações devem ter a mesma variância.
- 3 - As populações devem seguir uma distribuição Normal.

Hipóteses:

H0: Todas as médias populacionais são iguais.

H1: Pelo menos uma das médias é diferente.

Se as observações provêm de grupos classificados através de um só factor, fala-se em análise de variância com um factor - *one-way* ANOVA; uma análise de variância com dois factores - *two-way* ANOVA. Por outro lado, diz-se que a análise de variância tem tantos níveis ou efeitos quantos grupos distintos se considerem. Na maior parte das situações, os grupos são determinados na partida; diz-se então que é uma análise de variância com efeitos fixos. Em alternativa, os grupos podem ser retirados aleatoriamente de entre um conjunto alargado de possibilidades. Nesse caso é uma análise de variância com efeitos aleatórios (Lisovitskay, 2013).

c) Estatística Multivariada: Regressão Linear Múltipla

Hair (2007) considerou uma razão para a dificuldade de definir análise multivariada o facto de o termo “multivariado” não ser utilizado de maneira consistente na literatura. Alguns investigadores utilizam-no simplesmente para designar o estudo das relações entre duas ou mais variáveis. Outros, só o aplicam em problemas nos quais todas as variáveis múltiplas são consideradas como tendo uma distribuição normal multivariada. Segundo Ribeiro (2008, em Silva, Wanderley et al. 2010), para a análise ser considerada multivariada todas as variáveis devem ser aleatórias e inter-relacionadas, não permitindo que os seus diferentes efeitos sejam significativamente interpretados de forma separada. O propósito desta análise é medir, explicar e prever o grau de relacionamento entre variáveis estatísticas (Lisovitskay, 2013).

Segundo Bakke (2008), a Estatística Multivariada é uma ferramenta poderosa na análise de dados, pois consiste num conjunto de métodos estatísticos entre os quais: (a) análise fatorial, (b) regressão e correlação múltipla, (c) análise discriminante, (d) análise multivariada de variância e covariância, (e) análise conjunta, (f) correlação canónica, (g) análise de *clusters* que permitem confrontar simultaneamente diversas variáveis de cada elemento amostral. As técnicas de estatística multivariada têm o propósito de simplificar ou facilitar a interpretação do fenómeno estudado e o seu desenvolvimento tem possibilitado o estudo de fenómenos cada vez mais complexos. Estas podem ser empregues com o intuito de construir índices ou variáveis alternativas e grupos de elementos amostrais, analisar as relações de dependência das variáveis e comparar as populações, trabalho facilitado atualmente pelo avanço tecnológico (Lisovitskay, 2013).

De um modo geral, a análise multivariada refere-se a todos os métodos estatísticos que simultaneamente analisam múltiplas medidas sobre cada indivíduo ou objeto de investigação (Lisovitskay, 2013).

A regressão linear relaciona-se com a estimativa do valor da variável dependente, com base em uma ou mais variáveis independentes. Para o realizar, é desenvolvida uma equação entre a variável dependente e as independentes, por meio do método dos mínimos quadrados. Quando a estimativa da variável dependente está assente numa variável independente, o modelo denomina-se regressão linear simples, ao passo que, quando estimativa está dependente de várias variáveis independentes, denomina-se regressão linear múltipla (Verma, 2013).

Na regressão linear múltipla, a variável dependente é apresentada por Y , enquanto que as variáveis dependentes representam - se por X . Neste modelo, a variável dependente é,

igualmente, denominada por variável critério. O objetivo é desenvolver uma equação que determine a variável Y através de uma função linear de variáveis X correspondentes. A equação da regressão pode ser linear ou curvilínea, todavia, o foco apenas vai estar incidido na regressão linear (Verma, 2013).

Na análise de regressão, um modelo de regressão é desenvolvido usando os dados observados da variável dependente e nas diversas variáveis independentes. Durante o processo, apenas as variáveis independentes que apresentam relações significativas com a variável dependente são introduzidas no modelo. Posteriormente, o investigador necessita de um cuidado especial para identificar quais as variáveis independentes a serem introduzidas no modelo de regressão em estudo, dado ser possível que algumas importantes variáveis independentes para o estudo possam ficar excluídas do modelo e desta forma tornar o modelo dúbio (Verma, 2013).