



**Universidade de Aveiro**

**2014**

**Departamento de Matemática**

**Mónica Rafaela  
Lopes Gouveia**

**Uma análise estatística aos testes do Euro NCAP**



**Universidade de Aveiro  
2014**

**Departamento de Matemática**

**Mónica Rafaela  
Lopes Gouveia**

## **Uma análise estatística aos testes do Euro NCAP**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Matemática e Aplicações, realizada sob a orientação científica do Doutor Pedro Macedo, Professor Auxiliar do Departamento de Matemática da Universidade de Aveiro.

**o júri**  
presidente

Professora Doutora Isabel Maria Simões Pereira  
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

Professor Doutor António Carrizo Moreira  
Professor Auxiliar, Universidade de Aveiro

Professor Doutor Pedro Filipe Pessoa Macedo  
Professor Auxiliar, Universidade de Aveiro

## **Agradecimentos**

Ao Professor Doutor Pedro Macedo, meu orientador da dissertação, pelo interesse, incentivo, pela qualidade do conhecimento científico transmitido, disponibilidade e acompanhamento ao longo deste ano.

Às pessoas que me são próximas e que sempre demonstraram apoio.

**palavras-chave**

Euro NCAP, Regressão Linear Múltipla, Testes de Hipóteses, Testes de Segurança Automóvel.

**resumo**

Dado o crescente número de automóveis em circulação e os elevados valores de sinistralidade registados, torna-se fundamental aprofundar o estudo da segurança automóvel. Neste trabalho é efetuada uma análise estatística dos dados relativos a testes de segurança realizados pelo Euro NCAP, recorrendo a diversas metodologias estatísticas.

**keywords**

Euro NCAP, Multiple Linear Regression, Hypothesis Testing, Crash Tests.

**abstract**

Due to the increasing number of vehicles on the roads and the high number of accidents, it is essential to deepen the study of cars safety. In this work it is performed a data statistical analysis to crash tests conducted by Euro NCAP, using different statistical methodologies.

## Simbologia e notações

<b>ANOVA</b>	Análise de Variância
<b>Euro NCAP</b>	European New Car Assessment Programme
<b>SPSS</b>	Statistical Package for the Social Sciences
<b>Business and Family Vans</b>	Carrinha familiar e de negócios
<b>Executive</b>	Grandes carros
<b>Large Family Car</b>	Grandes carros familiares
<b>Large MPV</b>	Grande monovolume
<b>Large off-road 4x4</b>	Grandes jipes
<b>Pick-up</b>	Carrinha com a parte superior traseira aberta
<b>Small Family Car</b>	Pequenos carros familiares
<b>Small MPV</b>	Pequeno monovolume
<b>Small off-road 4x4</b>	Pequenos jipes
<b>Supermini</b>	Pequenos carros

# Índice

Introdução .....	1
1. O Euro NCAP .....	3
2. População, amostra e variáveis; escolha do <i>software</i> .....	13
2.1. População e amostra.....	13
2.2. Variáveis .....	13
2.3. Limitações do estudo .....	14
2.4. Escolha do <i>software</i> .....	14
3. Análise Descritiva .....	16
3.1. Marca e classe dos automóveis testados.....	17
3.2. Distribuição da classificação das estrelas.....	20
3.3. Pontuação relativa à segurança de adultos .....	22
3.3.1. Pontuação relativa à segurança de adultos, por ano .....	22
3.3.2. Pontuação relativa à segurança de adultos, por classe .....	26
3.4. Pontuação relativa à segurança de crianças (%) .....	29
3.5. Pontuação relativa à segurança de peões (%) .....	31
3.6. Pontuação relativa a equipamentos de segurança (%).....	34
4. Análise Inferencial.....	37
4.1. Existem diferenças estatísticas significativas na pontuação obtida na variável segurança de peões nos anos 2010 e 2011? .....	40
4.2. Existem diferenças estatísticas significativas na pontuação relativa ao impacto frontal nas marcas <i>Citroën</i> , <i>VW</i> e <i>Mercedes-Benz</i> ?.....	47
4.3. São os automóveis elétricos e híbridos menos seguros que os seus congéneres tradicionais no que concerne a colisões frontais? .....	51
4.4. Existem diferenças estatísticas significativas na segurança de ocupantes adultos nos quatro anos em estudo? .....	56
4.5. Existem diferenças estatísticas significativas entre as classes de automóvel mais vendidas no que concerne à proteção em embates frontais?.....	61
4.6. É possível estabelecer um modelo de regressão linear para quantificar a influência dos quatro principais indicadores de segurança (adultos, crianças, peões e equipamentos) sobre o preço dos automóveis da classe <i>Supermini</i> em Portugal? .....	64
4.7. Pode assumir-se que as variáveis classe do automóvel e número de estrelas alcançadas nos testes Euro NCAP são independentes? .....	67
Conclusão .....	70
Bibliografia.....	73
Anexo – Base de dados.....	76



## Lista de figuras

Figura 1: Manequim Hybrid III e ES-2. ....	5
Figura 2: Impacto lateral.....	7
Figura 3: <i>Whiplash test</i> .....	8
Figura 4: Transporte de crianças. ....	8
Figura 5: Segurança de peões.....	10
Figura 6: Segurança de peões.....	10
Figura 7: Marcas dos automóveis.....	18
Figura 8: Classificação em estrelas. ....	20
Figura 9: Classificação em estrelas, por classe. ....	21
Figura 10: Pontuação relativa à segurança de adultos. ....	24
Figura 11: Pontuação relativa à segurança de adultos, por classe. ....	28
Figura 12: Pontuação relativa à segurança de crianças nos quatro anos em estudo. ...	30
Figura 13: Pontuação relativa à segurança de peões, por ano e classe.....	32
Figura 14: Pontuação relativa aos equipamentos de segurança (%). ....	34
Figura 15: <i>p-value</i> num teste bilateral com estatística de teste observada ( $t_{obs}$ ) elevada e reduzida. ....	37
Figura 16: <i>p-value</i> num teste unilateral à direita e à esquerda. ....	38
Figura 17: Histogramas das pontuações relativas à segurança de peões nos anos de 2010 e 2011. ....	42
Figura 18: Diagramas de extremos e quartis das pontuações relativas à segurança de peões. ....	42
Figura 19: <i>Normal Q-Q Plots</i> da pontuação relativa à segurança de peões nos anos de 2010 e 2011. ....	43
Figura 20: <i>Normal Q-Q Plots</i> da pontuação relativa ao impacto frontal nos automóveis de combustível clássico e nos automóveis de combustível elétrico e híbrido. ....	51
Figura 21: Pontuação relativa ao impacto frontal em automóveis de combustível clássico e elétricos e híbridos. ....	55
Figura 22: Histogramas e respetivas curvas normais da percentagem obtida para a proteção de adultos, por ano. ....	57
Figura 23: <i>Normal Q-Q Plots</i> da pontuação relativa à segurança de adultos nos quatro anos em estudo. ....	58
Figura 24: Pontuação relativa ao impacto frontal, por classe.....	62

## Lista de tabelas

Tabela 1: Marcas dos automóveis. ....	17
Tabela 2: Classe dos automóveis. ....	19
Tabela 3: Classificação em estrelas. ....	20
Tabela 4: Pontuação relativa à segurança de adultos (%), por ano. ....	22
Tabela 5: Pontuação relativa à segurança de adultos, por classe. ....	26
Tabela 6 : Pontuação relativa à segurança de peões, por ano e classe. ....	31
Tabela 7: Tabela de frequências da pontuação obtida em equipamentos de segurança, por ano. ....	35
Tabela 8: Estatísticas da pontuação relativa a equipamentos de segurança, por ano. .	36
Tabela 9: Testes de normalidade (pontuação relativa à segurança de peões). ....	41
Tabela 10: Teste de <i>t-Student</i> . ....	45
Tabela 11: Quadro resumo dos cálculos da ANOVA. ....	47
Tabela 12: Testes de normalidade (pontuação relativa ao impacto frontal). ....	48
Tabela 13: Teste de homogeneidade de variâncias (pontuação relativa ao impacto frontal). ....	49
Tabela 14: ANOVA. ....	49
Tabela 15: Teste de <i>Kruskal-Wallis</i> (pontuação relativa ao impacto frontal). ....	50
Tabela 16: Teste de <i>Kruskal-Wallis</i> (pontuação relativa ao impacto frontal). ....	50
Tabela 17: Testes de normalidade (pontuação relativa ao impacto frontal). ....	51
Tabela 18: Teste <i>U de Mann-Whitney</i> (pontuação relativa ao impacto frontal). ....	53
Tabela 19: Teste <i>U de Mann-Whitney</i> (pontuação relativa ao impacto frontal). ....	53
Tabela 20: Testes de normalidade (pontuação relativa à segurança de adultos). ....	56
Tabela 21: Teste de <i>Kruskal-Wallis</i> (pontuação relativa à segurança de adultos). ....	59
Tabela 22: Teste de <i>Kruskal-Wallis</i> (pontuação relativa à segurança de adultos). ....	60
Tabela 23: Testes de normalidade (pontuação relativa ao impacto frontal). ....	61
Tabela 24: Teste de <i>Kruskal-Wallis</i> (pontuação relativa ao impacto frontal). ....	63
Tabela 25: Teste de <i>Kruskal-Wallis</i> (pontuação relativa ao impacto frontal). ....	63
Tabela 26: Estimativas e intervalos de confiança para os parâmetros do modelo. ....	66
Tabela 27: Tabela de contingência. ....	68
Tabela 28: Tabela de contingência. ....	68
Tabela 29: Teste do Qui-Quadrado. ....	69

## Introdução

A análise estatística, como ferramenta indispensável de recolha e tratamento de dados, bem como de estudo, caracterização e previsão de fenómenos aleatórios, adquire importância capital na atual sociedade. São diversas as áreas de aplicação da estatística: Ciências Naturais, Medicina, Agronomia, Economia, Ciências Humanas e Sociais, entre outras. Dada a importância da estatística, praticamente todos os governos possuem organismos oficiais destinados à realização de estudos estatísticos. Em Portugal esse organismo é designado por Instituto Nacional de Estatística (I.N.E.) e foi fundado em 1935.

Na estatística existem duas grandes áreas complementares: a estatística descritiva e a estatística inferencial. A estatística descritiva consiste na recolha, organização, análise e interpretação de dados empíricos, através da criação de instrumentos adequados (indicadores numéricos, tabelas e gráficos) que visam a mera descrição da realidade. A estatística inferencial (ou indutiva) tem como objetivo retirar conclusões para a população (conjunto de elementos com um ou mais atributos que se pretendem estudar), com base numa amostra (subconjunto finito de elementos extraídos da população segundo um processo de amostragem apropriado) representativa dessa população.

É do conhecimento geral que os acidentes de viação, com os elevados prejuízos humanos e materiais que acarretam, acolheram, há algumas décadas, a atenção dos governantes internacionais. É necessário recuar à década de 50 do século passado para se encontrarem valores inferiores a 600 vítimas mortais/ano em Portugal. Contudo, nessa década existiam cerca de 150 mil automóveis ligeiros e pesados em circulação, enquanto que, atualmente, esse número ascende a seis milhões de veículos (ANSR, 2014). Assim, dado o crescente aumento de circulação automóvel, a segurança dos veículos assume um papel de elevada importância. Motivados por esta temática, o Euro NCAP, *European New Car Assessment Programme* (Programa Europeu de Avaliação de Carros Novos), realiza testes de segurança a automóveis com o intuito de auxiliar quem pretende adquirir um automóvel e de incentivar os fabricantes a apostar na segurança e em equipamentos que reduzam a probabilidade de erro do condutor,

de modo a que se possam evitar - ou, pelo menos, reduzir - os danos causados por um acidente rodoviário.

O trabalho de investigação desenvolvido nesta dissertação consiste numa análise estatística da informação produzida pelo Euro NCAP, recorrendo ao *software* estatístico SPSS e MATLAB, e tenta dar resposta a algumas questões, tais como:

- Existem diferenças estatísticas significativas na segurança de ocupantes adultos nos quatro anos em estudo?

- Existem diferenças estatísticas significativas entre as classes de automóvel mais vendidas no que concerne à proteção em embates frontais?

- São os automóveis elétricos e híbridos menos seguros que os seus congéneres tradicionais no que concerne a colisões frontais?

Para responder a estas e outras questões foram recolhidos dados resultantes dos testes de segurança relativos aos anos de 2010, 2011, 2012 e 2013 disponibilizados pelo Euro NCAP ([www.euroncap.com](http://www.euroncap.com)). A amostra estudada é constituída por 150 automóveis, tendo 27 destes sido testados no ano 2010, 46 em 2011, 44 em 2012 e 33 em 2013. Em cada questão, para além dos detalhes metodológicos, é realizada uma discussão cuidada dos resultados obtidos.

A dissertação encontra-se estruturada em cinco partes, para além desta breve introdução. Na primeira parte é feita uma descrição do Euro NCAP e dos testes de segurança efetuados por este organismo. Na segunda parte é realizada uma breve descrição da população, amostra e variáveis estudadas, assim como do *software* estatístico utilizado, dificuldades e limitações do estudo. Na terceira parte é realizada uma análise exploratória de dados, recorrendo ao cálculo numérico de medidas amostrais e à construção de inúmeras tabelas e variadíssimos gráficos. Na penúltima parte, quiçá a mais relevante de toda a dissertação, são desenvolvidas e discutidas diversas metodologias de estatística inferencial que fornecem respostas científicas às questões colocadas. Na última parte são apresentadas algumas conclusões e sugestões para trabalho futuro. Deste modo, o trabalho pretende facilitar ao consumidor a escolha de um automóvel mais seguro.

## 1. O Euro NCAP

O Euro NCAP, *European New Car Assessment Programme*, foi fundado em 1997. Realiza testes de segurança e avalia sistemas de prevenção de acidentes em automóveis ligeiros de passageiros e de mercadorias mais vendidos e que estão disponíveis no mercado europeu. É composto por sete governos europeus e organizações de automobilismo.

Hoje, mais do que nunca, a segurança vende carros. Assim, através de uma avaliação realista, precisa e independente do desempenho de segurança dos automóveis, o Euro NCAP disponibiliza informação para quem pretende adquirir um novo automóvel, ambicionando chamar a atenção para a importância da segurança dos veículos e passar a mensagem de que “a segurança não é um luxo” (Euro NCAP, 2014). Além disso, o Euro NCAP tem como objetivo incentivar a melhorias em questões de segurança na conceção de novos carros e aumentar os requisitos de segurança que a lei prevê (requisitos esses obrigatórios para que o automóvel possa ser posto à venda). As estatísticas mostram que a sinistralidade rodoviária diminuiu 17% na União Europeia entre 2010 e 2013 (Campos, 2014), estimando-se terem sido salvas cerca de nove mil vidas, como refere Siim Kallas, vice-presidente da Comissão e comissário europeu responsável pela mobilidade e transportes, citado por Campos (2014). No entanto, Siim Kallas, ainda citado pelo mesmo autor, relembra que todos os dias morrem nas estradas europeias cerca de 70 pessoas, pelo que muito pode ainda ser feito para travar esses números.

Uma vez que não é possível ao Euro NCAP testar todos os carros nem todas as variantes de cada carro, em cada ano é feita uma seleção dos modelos mais vendidos ao público em geral. Na maioria dos casos, são carros que ainda não entraram no mercado, pois é importante publicar os resultados o mais cedo possível para que o

maior número de consumidores possa fazer uma escolha informada. Todavia, pontualmente, também podem ser testados carros que já estejam à venda.

Para uma avaliação de um modelo de automóvel, o Euro NCAP necessita de pelo menos quatro carros. Se já estiverem no mercado, os automóveis são comprados anonimamente, a partir de um fornecedor ou de vários, da mesma forma que os consumidores o fazem. Antes de serem testados, é pedido ao fabricante para verificar (através do número de identificação do veículo) se foi feita alguma alteração na produção. Se foi introduzido, por exemplo, um novo equipamento de segurança, esse equipamento será também instalado no veículo a testar, de modo a garantir que os resultados sejam representativos dos automóveis da produção atual. Se ainda não estiverem no mercado, os automóveis são selecionados aleatoriamente nas fábricas ou escolhidos ao acaso através de uma lista fornecida pelo fabricante. Desta forma, está garantida a aleatoriedade da amostra.

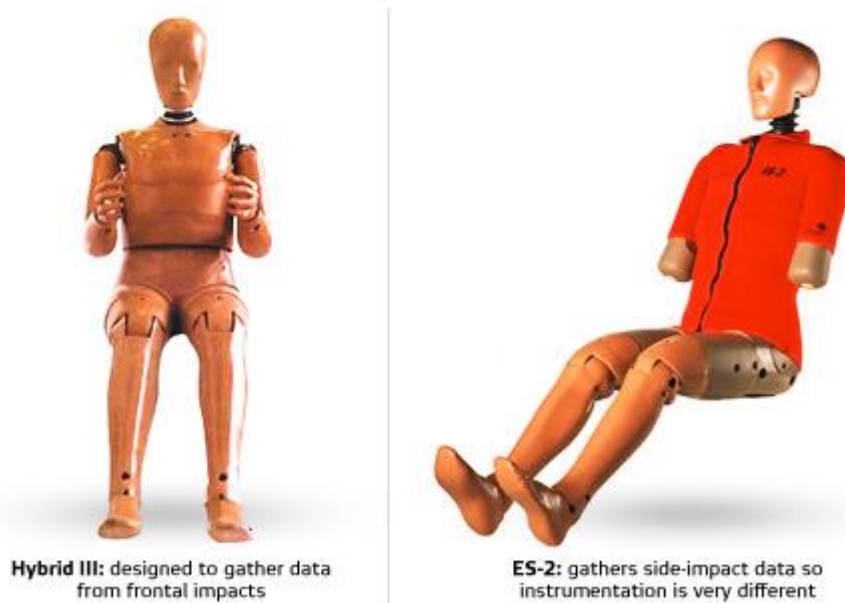
A avaliação é patrocinada pelas organizações membro do Euro NCAP (cada uma patrocina a avaliação de, pelo menos, um carro por ano) e, por vezes, pelos fabricantes dos próprios automóveis.

A classificação pode ir de uma a cinco estrelas e envolve três áreas para carros testados até 2009 e quatro para carros testados a partir de 2010. Para veículos testados antes de 2009, as três áreas tidas em conta para a classificação são: proteção de adultos, proteção das crianças e proteção dos peões. Atualmente, a classificação, além de mais exigente, envolve mais uma área: equipamentos de segurança, que inclui o alerta de limitação de velocidade, controlo eletrónico de estabilidade, o alerta de esquecimento de cinto de segurança (que antes fazia parte da área de proteção de adultos), entre outros.

Aos testes efetuados até 2009 foi também incluído o *whiplash* (golpe de chicote) em caso de colisão traseira (este teste faz parte do novo esquema de classificação do Euro NCAP lançado em fevereiro de 2009). O Euro NCAP passou também a premiar construtores pelas novas tecnologias que ajudam a prevenir acidentes, pois acredita que as novas tecnologias de segurança desempenham um papel importante e ajudarão as estradas europeias a tornarem-se mais seguras. O esquecimento do cinto de segurança e o excesso involuntário do limite de velocidade são alguns dos exemplos onde os alertas de segurança podem desempenhar um papel fundamental e muito

mais pode ser feito para evitar distrações e erros do condutor. Segundo o presidente do Euro NCAP, citado por Serrano (2014), "Nós também sentimos que estava na hora de oferecer reconhecimento adicional para os fabricantes que estão a dar ou vender uma tecnologia de prevenção de acidentes [...]". Infelizmente, muitos sistemas de prevenção de acidentes são opcionais e, na maior parte das vezes, na Europa e, principalmente, em Portugal, não são escolhidos. Ainda segundo o presidente do Euro NCAP, citado por Serrano (2014), "Existem algumas marcas que estão realmente a levar estes equipamentos a sério. Essas marcas estão bem mais à frente [...]".

Para a realização dos testes de segurança, o Euro NCAP recorre a bonecos (manequins de aço e borracha) que simulam os mais variados passageiros. Em todos os testes é utilizado um boneco a partir do qual são aferidas as intensidades das lesões que um ser humano poderia eventualmente sofrer. Cada um pode ter um custo superior a 100 mil euros. A figura seguinte ilustra dois dos modelos utilizados na simulação de acidentes.



Fonte: <http://www.euroncap.com>.

**Figura 1: Manequim Hybrid III e ES-2.**

A cabeça é feita de alumínio e coberta de borracha. No interior encontram-se três acelerómetros, fornecendo cada um informações sobre as forças a que o cérebro fica submetido num acidente. No pescoço é colocado um dispositivo que mede as forças a que este está sujeito durante um impacto. Nas costelas de aço do manequim "Hybrid III" encontra-se um equipamento que regista as forças aplicadas na caixa

torácica num impacto frontal. Já o manequim utilizado para simular impactos laterais, “ES-2”, está equipado com três costelas diferentes que registam a compressão do tórax e a velocidade dessa compressão. Equipamentos semelhantes (de medição de forças e velocidade do impacto) são colocados no abdómen, pélvis, coxa, pernas, tornozelos e pés.

Graças aos seus ensaios de colisão rigorosos, o Euro NCAP tornou-se rapidamente um impulsionador dos maiores avanços na segurança dos novos veículos. O sucesso nos testes do Euro NCAP contribui para o incremento na fiabilidade da marca que, conseqüentemente, terá mais hipóteses de ser bem sucedida (Euro NCAP, 2014).

Apresenta-se, de seguida, uma breve descrição dos testes de segurança realizados pelo Euro NCAP.

### **Sistema de travagem de emergência**

O sistema de assistência de travagem disponível no mercado divide-se em duas categorias: sistemas de baixa velocidade (cidade) e de alta velocidade (inter-urbanas). A função travagem automática permite acionar os travões sem qualquer reação do condutor quando existe perigo iminente de colisão com o carro da frente. O alerta de colisão dianteira traduz-se num sinal sonoro e o sistema de travões será acionado pelo condutor. Estes testes são realizados com um robô de travagem que reage com o aviso da mesma maneira que um automobilista. Como refere o Dr. Michiel Van Ratingen, secretário geral do Euro NCAP, “Acreditamos que esta tecnologia é muito importante e muito preciosa nas estradas europeias.” (Euro NCAP, 2014).

### **Impacto frontal**

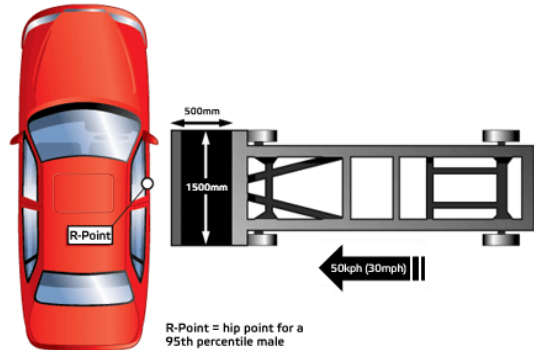
O teste de impacto frontal de dois automóveis é simulado com uma velocidade de cerca de 55km/h, uma vez que, segundo o Euro NCAP, há estudos que mostram que uma parte significativa de acidentes graves e fatais ocorrem com velocidades próximas dos 55km/h. Os testes mostram que são mais valiosos os *airbags* que constituem um suporte estável para a cabeça do ocupante e os cintos de segurança que impedem que o peito seja projetado para o volante. Uma vez que o cinto de segurança não é capaz



de impedir que os joelhos choquem com o *tablier*, o Euro NCAP aconselha aos fabricantes a remoção de materiais rígidos das zonas onde os joelhos possam embater.

### Impacto lateral

Cerca de um quarto dos acidentes graves têm origem em colisões laterais (Euro NCAP, 2014). A colisão lateral pode ocorrer quando um automóvel colide com outro ou com um objeto fixo, tal como um poste ou uma árvore. Para simular os danos provocados por este tipo de acidentes, é colocado um boneco no



Fonte: <http://www.euroncap.com>.

Figura 2: Impacto lateral.

banco do condutor. No caso de impacto com um objeto, o automóvel testado é impelido lateralmente para um poste relativamente estreito, de modo a que haja uma maior penetração no carro. Segundo o Euro NCAP, têm-se verificado grandes melhorias no desempenho dos automóveis neste tipo de acidentes, tendo a colocação de *airbags* laterais contribuído para o facto. De forma a incentivar a instalação de dispositivos de proteção, o teste é realizado apenas em automóveis que dispõem de *airbags* de proteção ou outras tecnologias de proteção da cabeça.

### Whiplash (Golpe de chicote)

*Whiplash*, também conhecido em Portugal como “Golpe de chicote”, é um traumatismo causado por movimentos bruscos do pescoço num acidente de viação ou mesmo numa travagem mais brusca. Pode ocorrer em todas as direções de impacto, sendo mais frequentemente observada em impactos traseiros (Ratingen *et al.*, 2009). É a lesão mais comum em acidentes rodoviários com cerca de dois milhões de registos por ano na Europa (não são incluídos nas estatísticas os casos em que o problema não se manifesta no imediato e os casos em que não é necessário atendimento policial ou reboque) (Ratingen *et al.*, 2009). Constitui um problema sério com imensas implicações para o indivíduo e para a sociedade pois, além do sofrimento pessoal, implica elevados custos (Watanabe *et al.*, 2000).

Segundo Carmen Rodarius, uma investigadora na área de segurança de veículos, um bom assento pode proteger o ocupante se suportar conjuntamente as costas e o pescoço, reduzindo a curva “S” entre a cabeça e as costas e, conseqüentemente, o risco de lesão. Se o assento do automóvel for mau, ele apenas suportará as costas deixando a cabeça e pescoço mexerem-se livremente (Euro NCAP, 2014). Além disso, poucas pessoas seguem as recomendações de posicionamento do encosto de cabeça e falham no seu ajustamento (o encosto deve ser subido de forma a que fique mais alto que o topo da cabeça) (Minton *et al.*, 2000).

O Euro NCAP integrou os testes de proteção cervical no programa de testes de colisão traseira em 2009. O desempenho do automóvel é avaliado através da colocação de um boneco sentado num assento em passageira móvel, submetido a diversas severidades. O resultado do teste é baseado nos aspetos geométricos do banco do



Fonte: <http://www.euroncap.com>.

Figura 3: Whiplash test.

condutor e passageiro, no tamanho e forma do apoio da cabeça e a sua proximidade ao ocupante, assim como no desempenho dinâmico do banco e do apoio de cabeça durante um teste de colisão. Este procedimento pretende promover melhorias no *design* do assento, apoio de cabeça e sua facilidade de ajuste (Euro NCAP, 2014).

### Segurança de crianças

De acordo com o Euro NCAP, mais de mil crianças morrem todos os anos nas estradas europeias, ocupando o lugar de passageiros de veículos motorizados em cerca de metade dos casos. O resultado dos testes constituem um contributo para a melhoria das condições de instalação e segurança das cadeiras de transporte de crianças (Euro NCAP, 2014).

Para avaliar este parâmetro, são instaladas algumas das cadeiras mais utilizadas e que têm demonstrado proporcionar uma boa proteção em testes independentes. Numa parte da avaliação, o Euro NCAP



Fonte: <http://www.euroncap.com>.

Figura 4: Transporte de crianças.

avalia a forma como as cadeiras das crianças são acomodadas no automóvel, a sua estabilidade, o comprimento do assento, comprimento do cinto de segurança e sua acessibilidade. Verifica se a cadeira de criança pode ser devidamente instalada em todos os lugares adequados do veículo (que devem estar indicados no manual) e se é possível a colocação das cadeiras de criança voltadas para trás. Na outra parte da avaliação, são colocados bonecos no banco do automóvel, devidamente instalados segundo as recomendações de segurança. O veículo é sujeito a colisões e os movimentos da cabeça, pescoço e peito são os critérios principais na atribuição da classificação. São atribuídos tantos mais pontos quanto menores forem os movimentos. São também atribuídos pontos se o manequim se mantiver no interior do veículo durante o acidente.

A avaliação tem em conta cadeiras de transporte adequadas a várias idades e peso da criança. A verificação da instalação da cadeira de criança substitui a avaliação das instruções efetuada entre 2003 e 2012.

O Euro NCAP atribui pontos adicionais se o veículo fornecer outros recursos que se considerem relevantes na segurança do transporte das crianças, tais como a desativação do *airbag* do banco da frente com instruções claras, assentos integrados, entre outros.

### **Segurança de peões**

Segundo o Euro NCAP, as mortes de peões representam 14% das mortes registadas em acidentes rodoviários na Europa, sendo fundamental incentivar a melhoria de sistemas de segurança para travar as inúmeras perdas humanas e os traumas emocionais e psicológicos que carregam os automobilistas que feriram (fatalmente ou não) um peão. A inclusão da pontuação obtida nos testes de segurança de peões, na classificação em estrelas em 2009, visa contribuir para a melhoria do desempenho nesta área.

Para classificar os automóveis nesta área, são simulados acidentes envolvendo peões adultos e crianças. Como é difícil simular o acidente com um manequim completo, pois é difícil de prever o ponto de impacto da cabeça, o Euro NCAP realiza os testes por partes, ou seja, um teste simula e avalia o impacto da parte inferior da perna com o para-choques, outro avalia o impacto da anca com o capô e, por fim, um

outro avalia o impacto da cabeça com o capô. A pontuação atribuída nesta área resulta da prestação do automóvel nos vários testes. Dos testes efetuados conclui-se que o impacto não é tão grave quando atinge a perna longe do joelho e quando a força do impacto é espalhada por uma longa área da perna. Devem ser evitadas estruturas rígidas desnecessárias na parte frontal do automóvel.



**Figura 5: Segurança de peões.**

Atualmente já há veículos que dispõem de *airbag* externo ou de um capô que levanta em caso de acidente envolvendo um peão, reduzindo a força de impacto da cabeça e a gravidade da lesão. Em veículos equipados com este sistema, o Euro NCAP verifica se os sensores são capazes de



**Figura 6: Segurança de peões.**

acionar o sistema de levantamento do capô, de uma forma eficaz e suficientemente rápida, para fornecer proteção antes de a cabeça entrar em contacto com o capô.

### **Sistema de controlo eletrónico de estabilidade**

O sistema de controlo eletrónico de estabilidade varia entre os vários países da União Europeia e entre as diversas marcas. No seu desenvolvimento os fabricantes realizam vários testes de forma a verificar a sua resposta em diversas circunstâncias: diferentes velocidades, distintas condições da estrada, diferentes manobras e diferentes respostas do condutor. Os estudos dos acidentes reais têm demonstrado que os automóveis com sistema eletrónico de estabilidade estão envolvidos em menos acidentes e menos graves do que os veículos que não têm esse sistema disponível. No entanto, não foi ainda possível diferenciar a segurança oferecida entre os diferentes tipos de sistemas eletrónicos de estabilidade.

Para avaliar este sistema, o Euro NCAP sujeita os automóveis a velocidades de 80km/h com rotações bruscas do volante até 270° e verifica se, após a manobra de direção, o carro permanece estável e segue a trajetória inicial.

### **Lembretes de cinto de segurança**

O cinto de segurança é fundamental em qualquer veículo e as estatísticas confirmam que grande parte dos acidentes em que os ocupantes não se faziam acompanhar do cinto de segurança terminam em lesões graves e fatais. Os estudos mostram também que os ocupantes são mais propensos a viagens sem cinto de segurança quando o automóvel não está equipado com um sinal de alerta de falta de cinto (Euro NCAP, 2014).

O Euro NCAP avalia a intensidade e duração do sinal sonoro, a posição e clareza do aviso visual, verifica em quantos lugares está disponível o lembrete de falta de cinto, verifica se o cinto responde de forma adequada e tenta recriar todos os cenários possíveis a que um ocupante pode ser sujeito sem cinto.

### **Sistema de assistência de velocidade**

Como é do conhecimento geral, o excesso de velocidade, voluntário ou involuntário, é um fator que muito contribui para a sinistralidade. A circulação dentro dos limites de velocidade esperados para o local, além de poder prevenir acidentes, contribui para a minimização dos danos. Neste sentido, o Euro NCAP avalia e incentiva a instalação de equipamentos que auxiliem o condutor, tais como: (1) informar o condutor sobre a velocidade atual (é comparada a indicação da velocidade dada com a velocidade real); (2) emitir um aviso quando o limite de velocidade é ultrapassado (é avaliada a clareza/intensidade do aviso e verificado se é emitido na altura correta); (3) impedir que o automóvel exceda o limite de velocidade estabelecido (o Euro NCAP verifica se a velocidade definida pelo controlador não é ultrapassada) (Euro NCAP, 2014).

São diversos os estudos que comparam os resultados dos testes realizados pelo Euro NCAP com as consequências de acidentes reais verificados. Por exemplo, Lie *et al.* (2001) realizaram, tendo em conta os dados policiais, um estudo comparativo dos resultados dos testes do Euro NCAP com os dados de acidentes e lesões no mundo real, tendo concluído que existe, no geral, uma relação entre a classificação em estrelas Euro NCAP e os dados policiais.

Conclusões semelhantes foram retiradas por Fails e Minton (2001), onde a análise comparativa revelou uma boa concordância entre os resultados do Euro NCAP e os dados reais. A proteção à colisão, identificada nos testes, é muitas vezes visível na vida real e o dano causado é realista quando comparado com os acidentes.

Num outro estudo comparativo realizado por Lie e Tingvall (2002), onde não foram consideradas as classificações obtidas na área de crianças e peões, concluiu-se que os veículos classificados com três ou quatro estrelas eram aproximadamente 30% mais seguros quando comparados com veículos avaliados com duas estrelas ou sem classificação.

Mais tarde, tendo também em conta dados policiais e dados de segurança, Kullgren *et al.* (2010) concluíram que os ocupantes dos veículos classificados com cinco estrelas Euro NCAP apresentam menor risco de ferimento quando comparados com os ocupantes de veículos classificados com duas estrelas. Essa diferença de risco é de cerca de 10% ( $\pm 2,5\%$ ). Para ferimentos graves e fatais, a diferença encontrada foi de 23% ( $\pm 8\%$ ) e para ferimentos apenas fatais, 68% ( $\pm 32\%$ ), ou seja, a mais significativa.

Em suma, em todos os artigos consultados foi encontrada uma boa relação entre os resultados publicados pelo Euro NCAP e o que realmente acontece na vida real. Além disso, há também uma boa concordância entre o estado dos veículos após os testes de colisão simulados pelo Euro NCAP e os danos observados em acidentes reais.

## **2. População, amostra e variáveis; escolha do *software***

Neste capítulo é definida a população e a amostra, são elencadas as variáveis consideradas no estudo, são apresentadas as principais dificuldades e limitações encontradas durante a sua elaboração e é justificada a escolha do *software*.

### **2.1. População e amostra**

Nesta análise estatística, a população em estudo é o conjunto de todos os modelos de automóveis lançados na Europa nos anos de 2010, 2011, 2012 e 2013. A amostra é constituída pelos automóveis testados pelo Euro NCAP nesse período. É importante aqui salientar que, embora a amostragem realizada pelo Euro NCAP não seja, do ponto de vista teórico, puramente aleatória, existe um aparente esforço deste organismo na garantia da representatividade da amostra. Neste sentido, com a devida prudência, assume-se que cada um dos automóveis do conjunto de todos os modelos lançados na Europa nos anos de 2010, 2011, 2012 e 2013 teve igual probabilidade (diferente de zero) de pertencer a esta amostra.

### **2.2. Variáveis**

As variáveis em estudo foram recolhidas no sítio Web do Euro NCAP ([www.euroncap.com](http://www.euroncap.com)) em dezembro de 2013, com exceção da variável preço que foi obtida no Guia do Automóvel ([www.guiadoautomovel.pt](http://www.guiadoautomovel.pt)) a 20 de Dezembro de 2013.

Os automóveis considerados na amostra foram devidamente caracterizados através da marca, modelo, classe, tipo de combustível, ano de teste, pontuação relativa à segurança de adultos (%), pontuação relativa à segurança de crianças (%),

pontuação relativa à segurança de peões (%), pontuação relativa a equipamentos de segurança (%) e classificação em estrelas (de uma a cinco).

### **2.3. Limitações do estudo**

Na informação disponibilizada pelo Euro NCAP, há oito automóveis que se encontram no separador dos resultados referentes ao ano de 2011, mas são datados em 2012. Tal justifica-se pelo facto de estes terem sido testados ao longo do ano 2011, mas o resultado apenas ter sido publicado no ano 2012 e já de acordo com os novos protocolos. Assim, optou-se por colocar esses dados no ano de 2012.

No *site* do Euro NCAP não é disponibilizada a especificação completa de todos os automóveis, o que dificultou a obtenção dos preços. Nessas situações, considerou-se o preço final mais baixo para o modelo do automóvel em causa.

De 2010 para 2011 nenhum parâmetro da avaliação foi alterado pelo que os resultados podem ser comparados. Em 2012 os critérios de atribuição da pontuação foram significativamente alterados na área de proteção de peões. Assim, os automóveis têm de ter uma pontuação mais elevada para obter a pontuação de quatro ou cinco estrelas e, por isso, os dados não podem ser diretamente comparados com os anos anteriores. Em 2013 é, novamente, elevado o grau de exigência. Os critérios utilizados pelo Euro NCAP tornaram-se mais rígidos, de modo a refletir os riscos de acidentes na vida real, pelo que os dados não são também diretamente comparáveis com os anos anteriores. Em particular, foi elevada a exigência nos testes na área de proteção de crianças, proteção de peões e foi incluído o sistema de assistência de velocidade inteligente na ponderação da classificação.

### **2.4. Escolha do *software***

Para a concretização deste estudo foram utilizados vários métodos estatísticos que envolvem um elevado número de cálculos, havendo por isso a necessidade de recorrer a diferente *software*, mais concretamente ao SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versão 20, e ao MATLAB, versão R2009a.

Optou-se pelo SPSS, sobretudo, por ser prático e adequado à grande parte dos cálculos estatísticos envolvidos neste estudo. É um *software* estatístico muito utilizado



em ciência, nomeadamente nas áreas da Saúde, Ciências Sociais e Humanas, Educação, Tecnologias, Direito, Economia, entre outras. Possui um ambiente gráfico apelativo, permite tratar variáveis de diferentes tipos e também desenvolver todo o processo de investigação (Laureano e Botelho, 2010).

O MATLAB facilitou o desenvolvimento da questão 4.6. É uma ferramenta computacional de alto nível, voltada para o cálculo numérico, utilizada nas mais diversas áreas da ciência (Morais e Vieira, 2006).

### **3. Análise Descritiva**

A estatística descritiva consiste na recolha, análise e interpretação de dados através da criação de instrumentos adequados, tais como gráficos, tabelas ou medidas amostrais.

Neste capítulo é feita uma análise exploratória que visa sumariar e descrever os atributos mais proeminentes dos dados.

### 3.1. Marca e classe dos automóveis testados

Ao longo dos quatro anos em estudo foram testados automóveis de 38 marcas diferentes e de diversas classes (*Supermini, Small Family Car, Large Family Car, Executive, Small MPV, Large MPV, Small off-road 4x4, Large off-road 4x4, Pick-up e Business and Family Vans*). A marca e classe dos automóveis são variáveis qualitativas. Segue-se a tabela de frequências e o gráfico de barras para a descrição das marcas dos automóveis testados nos quatro anos em estudo.

**Tabela 1: Marcas dos automóveis.**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Audi	4	2,7	2,7	2,7
Citroën	8	5,3	5,3	8,0
Nissan	6	4,0	4,0	12,0
Suzuki	2	1,3	1,3	13,3
Alfa Romeo	1	,7	,7	14,0
Honda	3	2,0	2,0	16,0
Seat	5	3,3	3,3	19,3
VW	9	6,0	6,0	25,3
BMW	6	4,0	4,0	29,3
Jaguar	2	1,3	1,3	30,7
Mercedes-Benz	9	6,0	6,0	36,7
Ford	10	6,7	6,7	43,3
Kia	7	4,7	4,7	48,0
Landwind	1	,7	,7	48,7
Mini	1	,7	,7	49,3
Opel	6	4,0	4,0	53,3
Toyota	6	4,0	4,0	57,3
Hyundai	7	4,7	4,7	62,0
Mazda	4	2,7	2,7	64,7
Chevrolet	6	4,0	4,0	68,7
Fiat	4	2,7	2,7	71,3
Mitsubishi	5	3,3	3,3	74,7
Lexus	2	1,3	1,3	76,0
MG	1	,7	,7	76,7
Renault	4	2,7	2,7	79,3
Subaru	2	1,3	1,3	80,7
Geely Emgrand	1	,7	,7	81,3
Peugeot	7	4,7	4,7	86,0
Volvo	3	2,0	2,0	88,0
Lancia	2	1,3	1,3	89,3
Dacia	3	2,0	2,0	91,3
Land Rover	2	1,3	1,3	92,7
Jeep	3	2,0	2,0	94,7
Skoda	3	2,0	2,0	96,7
Isuzu	2	1,3	1,3	98,0
Qorus	1	,7	,7	98,7
Infiniti	1	,7	,7	99,3
Maserati	1	,7	,7	100,0
Total	150	100,0	100,0	

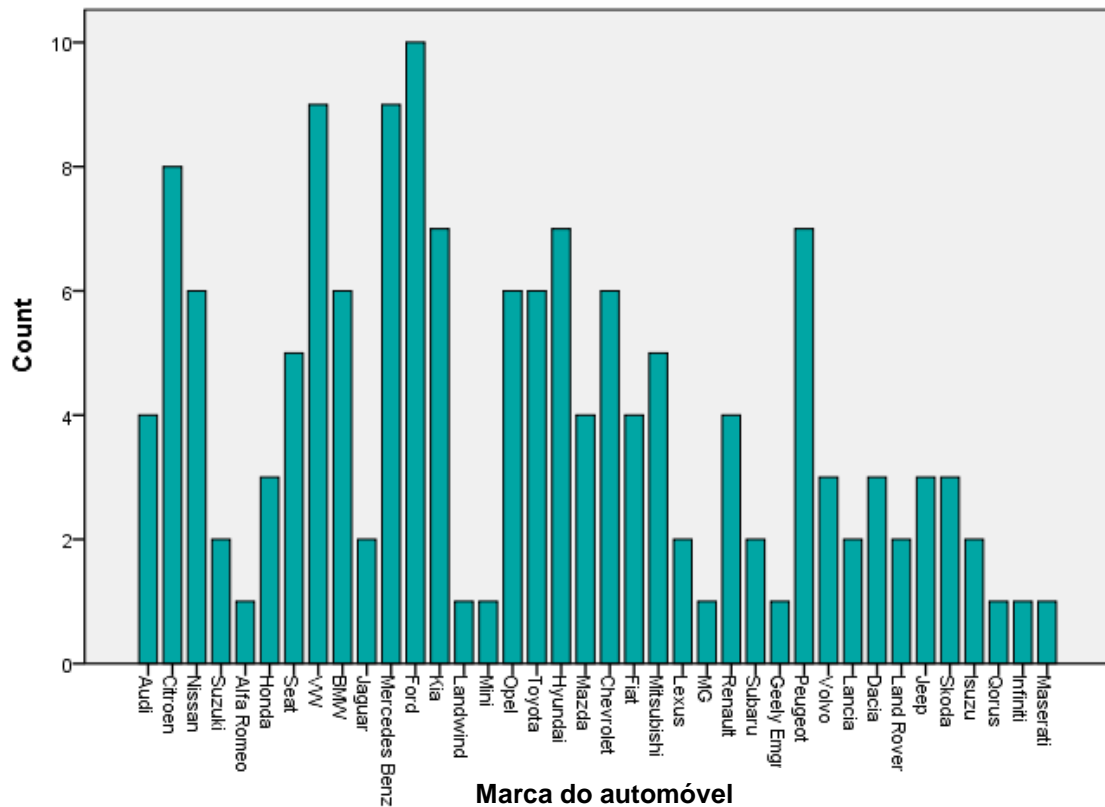


Figura 7: Marcas dos automóveis.

Consultando a tabela de frequências relativa às marcas dos automóveis (Tabela 1) e respetivo gráfico de barras (Figura 7), verifica-se que a *Ford* foi a marca com mais modelos testados pelo Euro NCAP, mais concretamente, dez automóveis, o que corresponde a 6,7% dos automóveis testados no período em análise. As marcas com menos modelos avaliados foram a *Alfa Romeo*, *Landwind*, *Mini*, *MG*, *Geely Emgrand*, *Qorus*, *Infiniti* e *Maserati*, com apenas um modelo analisado.

Tabela 2: Classe dos automóveis.				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Supermini	29	19,3	19,3	19,3
Small Family Car	41	27,3	27,3	46,7
Large Family Car	12	8,0	8,0	54,7
Executive	8	5,3	5,3	60,0
Small MPV	21	14,0	14,0	74,0
Large MPV	5	3,3	3,3	77,3
Small off-road 4x4	20	13,3	13,3	90,7
Large off-road 4x4	4	2,7	2,7	93,3
Pick-up	3	2,0	2,0	95,3
Business and Family Vans	7	4,7	4,7	100,0
Total	150	100,0	100,0	

No decorrer dos quatro anos foram avaliados pelo Euro NCAP 150 modelos de automóveis pertencentes a dez classes. Pode verificar-se, a partir da tabela de frequências (Tabela 2), que a classe dos pequenos carros familiares (*Small Family Car*) foi a classe em que mais modelos foram testados, seguida da dos pequenos carros (*Supermini*). Com menos carros analisados estão as classes *Pick-up*, com três modelos avaliados, os grandes jipes (*Large off-road 4x4*) com quatro e os grandes monovolumes (*Large MPV*) com cinco, o que corresponde a uma percentagem de 2,0%, 2,7% e 3,3%, respetivamente.

### 3.2. Distribuição da classificação das estrelas

A classificação em estrelas é uma variável quantitativa discreta que atribui a cada automóvel testado uma classificação de 1 a 5. Encontram-se, de seguida, uma tabela com estatísticas resumidas da classificação em estrelas dos veículos testados, por ano, os respetivos gráficos circulares e os diagramas de extremos e quartis, por classe.

Tabela 3: Classificação em estrelas.					
Ano	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
2010	27	2	5	4,52	,753
2011	46	4	5	4,74	,444
2012	44	2	5	4,48	,952
2013	33	3	5	4,64	,603

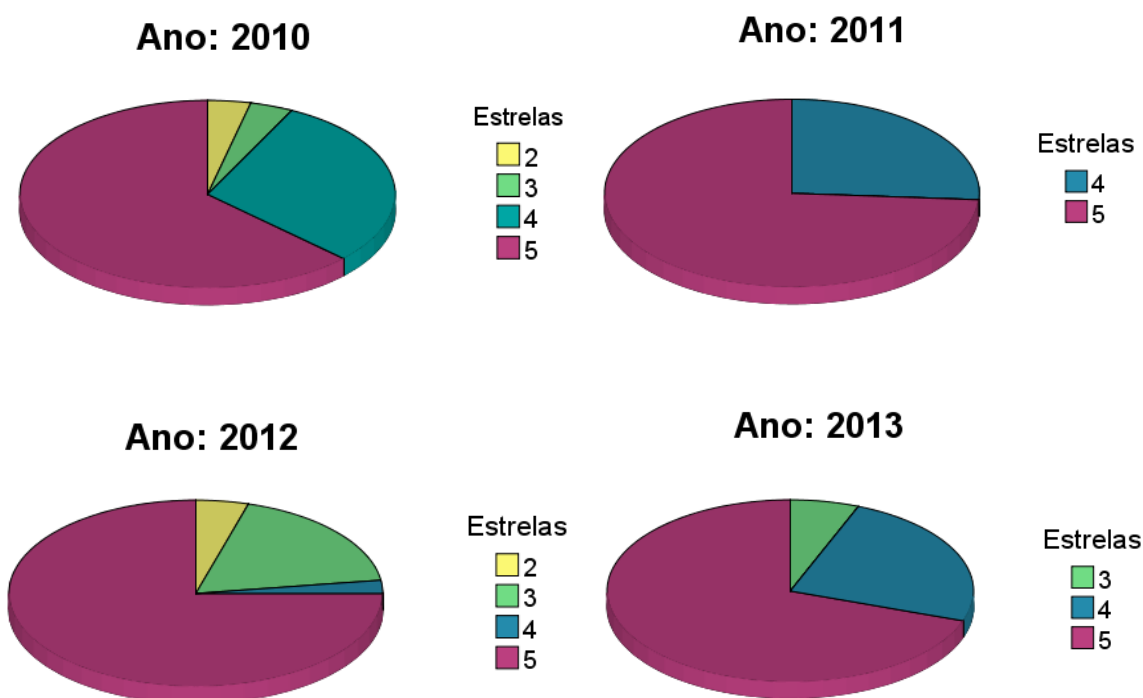


Figura 8: Classificação em estrelas.

Da informação obtida, verifica-se que a classificação mais registada em todos os anos foi a de cinco estrelas e que, nos quatro anos em análise, a média da classificação obtida foi de, aproximadamente, 4,6 estrelas. Como os patamares de exigência foram elevados, os dados não são diretamente comparáveis de ano para ano. Todavia, é de realçar que, apesar da classificação no ano de 2013 ser a mais exigente dos quatro

anos, a classificação mais baixa atribuída foi de três estrelas e dos 33 veículos avaliados, 23 atingiram a classificação máxima de cinco estrelas. Segundo Serrano (2014), a grande surpresa do ano 2013 foi o teste do *Mercedes-Benz CITAN Kombi*, que se ficou pelas três estrelas. Sendo a *Mercedes-Benz* uma marca reputada no mundo automóvel, não se esperava tal classificação, mesmo tendo em atenção que se trata de um veículo comercial.

Segue-se um gráfico comparativo da classificação em estrelas, por classe.

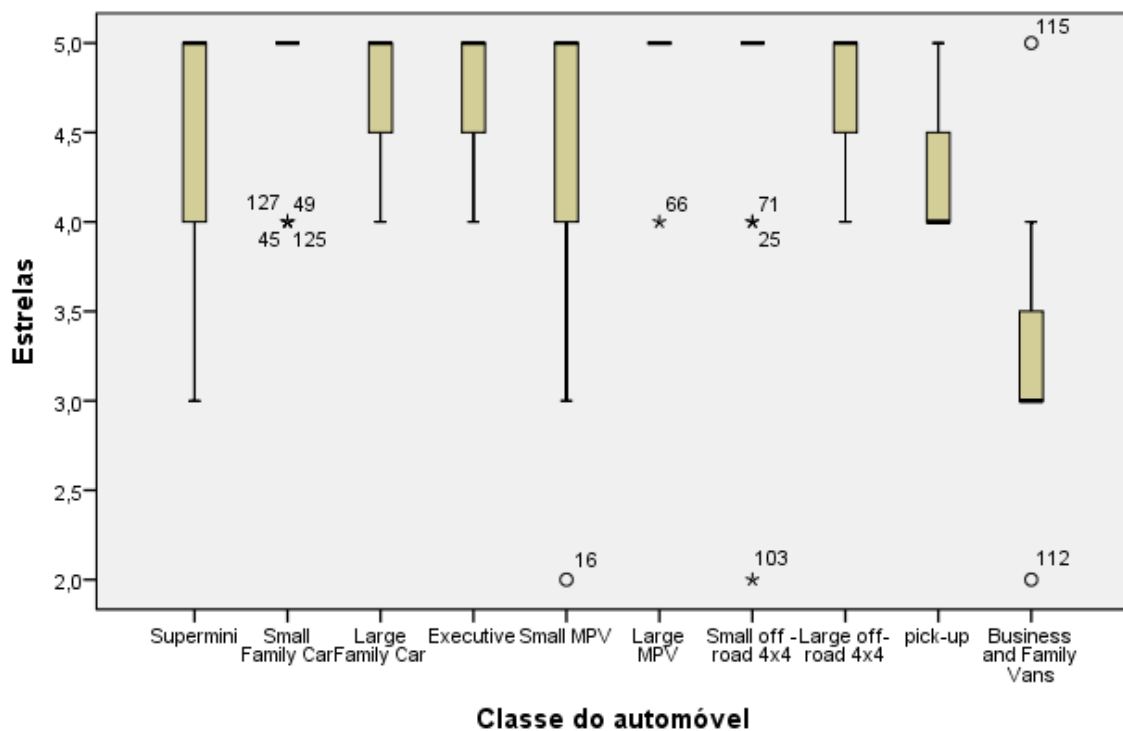


Figura 9: Classificação em estrelas, por classe.

É interessante verificar que, não obstante a diversidade de classificações, qualquer uma das classes de automóvel tem pelo menos um modelo testado com a classificação máxima de cinco estrelas. É de realçar a má classificação das carrinhas familiares e de negócios onde se destaca pela positiva a *Ford Transit Custom* em 2012 (*outlier* com a etiqueta 115 na Figura 9), a única carrinha a conseguir atingir o patamar máximo de classificação em estrelas do Euro NCAP.

### 3.3. Pontuação relativa à segurança de adultos

A pontuação relativa à segurança de adultos (%) é uma variável quantitativa contínua. O seu cálculo tem em conta a pontuação obtida nos testes de impacto frontal, traseiro, lateral e *side impact pole*. Segue-se um estudo comparativo da classificação alcançada neste parâmetro nos quatro anos e nas diversas classes.

#### 3.3.1. Pontuação relativa à segurança de adultos, por ano

**Tabela 4: Pontuação relativa à segurança de adultos (%), por ano.**

##### Ano: 2010

			Statistic	Std. Error
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	Mean		85,11	2,507
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	79,96	
		Upper Bound	90,26	
	5% Trimmed Mean		86,94	
	Median		89,00	
	Variance		169,718	
	Std. Deviation		13,028	
	Minimum		34	
	Maximum		97	
	Range		63	
	Interquartile Range		10	
	Skewness		-2,734	,448
	Kurtosis		9,032	,872

##### Ano: 2011

			Statistic	Std. Error
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	Mean		86,91	1,083
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	84,73	
		Upper Bound	89,10	
	5% Trimmed Mean		87,18	
	Median		89,00	
	Variance		53,992	
	Std. Deviation		7,348	
	Minimum		72	
	Maximum		97	
	Range		25	
	Interquartile Range		10	
	Skewness		-,738	,350
	Kurtosis		-,490	,688



**Ano: 2012**

			Statistic	Std. Error
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	Mean		84,75	1,958
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	80,80	
		Upper Bound	88,70	
	5% Trimmed Mean		85,68	
	Median		91,00	
	Variance		168,610	
	Std. Deviation		12,985	
	Minimum		55	
	Maximum		96	
	Range		41	
	Interquartile Range		17	
	Skewness		-1,212	,357
	Kurtosis		-,043	,702

**Ano: 2013**

			Statistic	Std. Error
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	Mean		88,58	1,098
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	86,34	
		Upper Bound	90,81	
	5% Trimmed Mean		89,23	
	Median		91,00	
	Variance		39,814	
	Std. Deviation		6,310	
	Minimum		68	
	Maximum		95	
	Range		27	
	Interquartile Range		7	
	Skewness		-1,658	,409
	Kurtosis		2,784	,798

Na tabela encontram-se os valores de algumas medidas amostrais de localização central (média, mediana e média aparada a 5%), localização relativa (mínimo e máximo), dispersão (amplitude, amplitude inter-quartil, desvio-padrão e variância), assimetria e kurtose. Todas estas medidas permitem uma descrição da pontuação relativa à segurança de adultos, através de características numéricas que sumariam a informação disponível.

Verifica-se que, para qualquer um dos anos, o valor da média é inferior ao valor da mediana e da moda. Em 2010 e 2011, as pontuações da moda e mediana são ambas

89 e os valores da média em 2010 e 2011 são 85,11 e 86,91 pontos, respetivamente. Em 2012 a moda é o valor mais elevado (94), seguido da mediana (91) e por fim a média (84,75). O mesmo acontece em 2013, sendo a moda de 92 pontos, a mediana 91 e a média 88,58. Esta comparação denuncia a existência de assimetria negativa, isto é, uma concentração de frequências para valores mais elevados da amostra. Esta análise é corroborada pelo valor de *Skewness* (coeficiente de assimetria), uma vez que o seu valor é negativo. A assimetria negativa verificada é relevante para os anos de 2010, 2012 e 2013, pois o valor absoluto deste coeficiente é superior ao triplo do valor do seu erro (esta é uma regra empírica).

Seguem-se os diagramas de extremos e quartis comparativos da pontuação obtida em relação à segurança de adultos nos quatro anos em estudo. Estes diagramas dão indicações no que respeita à localização central, quartis, extremos, dispersão, simetria e existência (ou não) de *outliers*. O uso da mesma escala para todos os diagramas de extremos e quartis permite ter uma ideia global das diferenças entre os quatro anos.

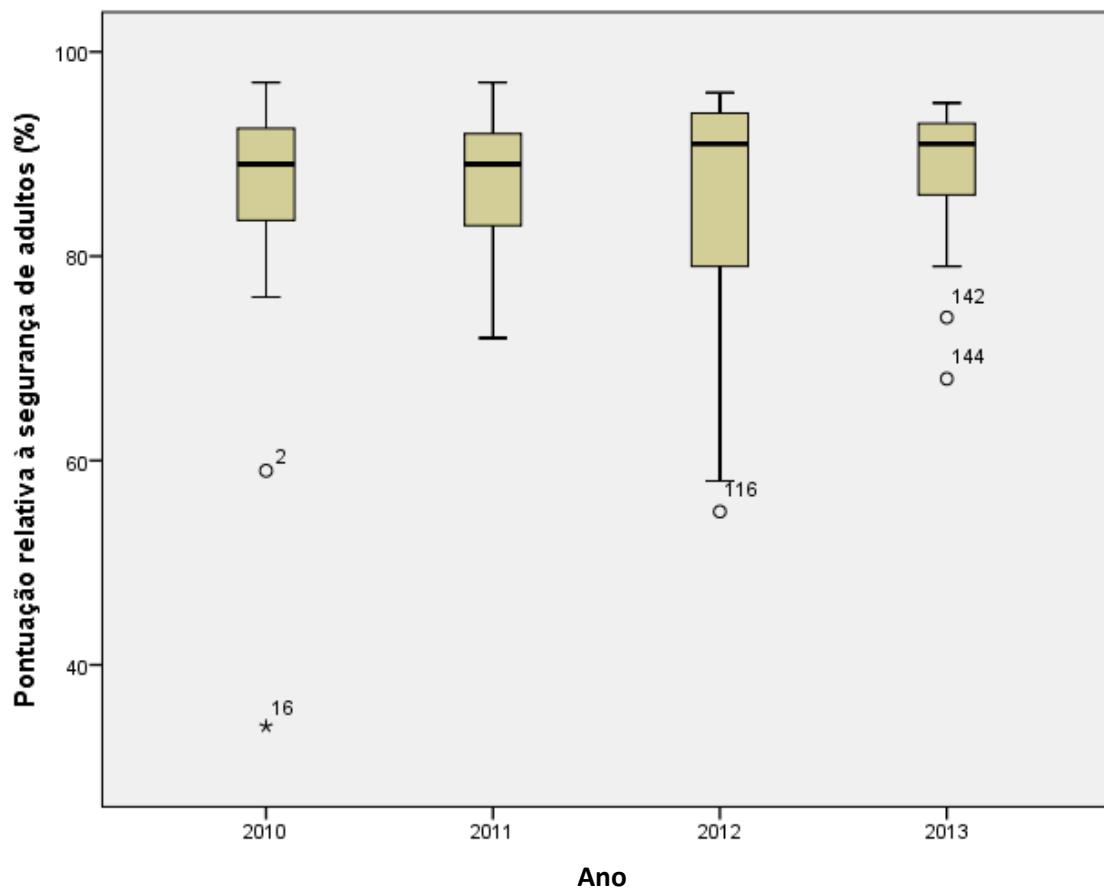


Figura 10: Pontuação relativa à segurança de adultos.

Por observação dos diagramas de extremos e quartis, pode constatar-se que as medianas observadas nos quatro anos são idênticas. É no ano 2010 que se verifica uma maior amplitude dos dados. Tal deve-se à existência de um *outlier* na posição 16, *Landwind CV9*, a primeira marca Chinesa a ser comercializada na Europa e que se salienta pela má prestação neste teste. O *outlier* é considerado severo uma vez que a sua pontuação (34) se encontra abaixo da segunda barreira inferior de *outliers* ( $1^{\circ}Q - 3 \times (3^{\circ}Q - 1^{\circ}Q) = 83 - 3 \times (93 - 83) = 53$ ). Verifica-se a presença de outros quatro *outliers* que, contudo, não são considerados severos. No gráfico produzido pelo SPSS, os *outliers* são identificados através do símbolo "o" e os *outliers* severos através do símbolo "\*\*\*".

O ano 2011 é o que apresenta menor amplitude e o que evidencia menor assimetria negativa, evidência esta que é corroborada pelo coeficiente de assimetria fornecido na Tabela 4. Tal como denunciam os valores negativos dos coeficientes de assimetria disponíveis na Tabela 4, os diagramas evidenciam uma concentração de frequências na zona dos maiores valores da amostra.

### 3.3.2. Pontuação relativa à segurança de adultos, por classe

Outra análise pertinente é a comparação das pontuações obtidas relativamente à segurança de adultos nas várias classes de automóveis. Segue-se uma tabela que sumaria algumas medidas de localização e dispersão de interesse.

**Tabela 5: Pontuação relativa à segurança de adultos, por classe.**

#### Supermini

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	29	59	95	83,55	9,241

#### Small Family Car

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	41	72	97	90,41	5,757

#### Large Family Car

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	12	75	95	89,58	6,585

#### Executive

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	8	78	95	86,63	6,610

#### Small MPV

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	21	34	97	84,43	14,257

#### Large MPV

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	5	79	96	89,00	7,714

**Small off-road 4x4**

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	20	61	94	87,50	8,256

**Large off-road 4x4**

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	4	81	96	91,00	7,071

**Pick-up**

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	3	83	96	88,33	6,807

**Business and Family Vans**

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	7	55	84	64,71	11,644

Observando a Tabela 5 verifica-se que a maior média relativa à segurança de adultos pertence aos grandes jipes, enquanto que as carrinhas familiares e de negócios são as que apresentam menor média neste parâmetro. Pode também observar-se que a pontuação mais elevada é obtida em automóveis da classe *Small MPV* e *Small Family Car*, nomeadamente o *Mercedes-Benz Class B (2010)* e o *Alfa Romeo Giulietta (2010)*, ambos com a pontuação de 97% na proteção de adultos. É curioso constatar que a pontuação mais baixa é de 34% e é também relativa a um automóvel da classe *Small MPV (Landwind CV9)*, sendo assim a classe que apresenta maior amplitude dos dados.

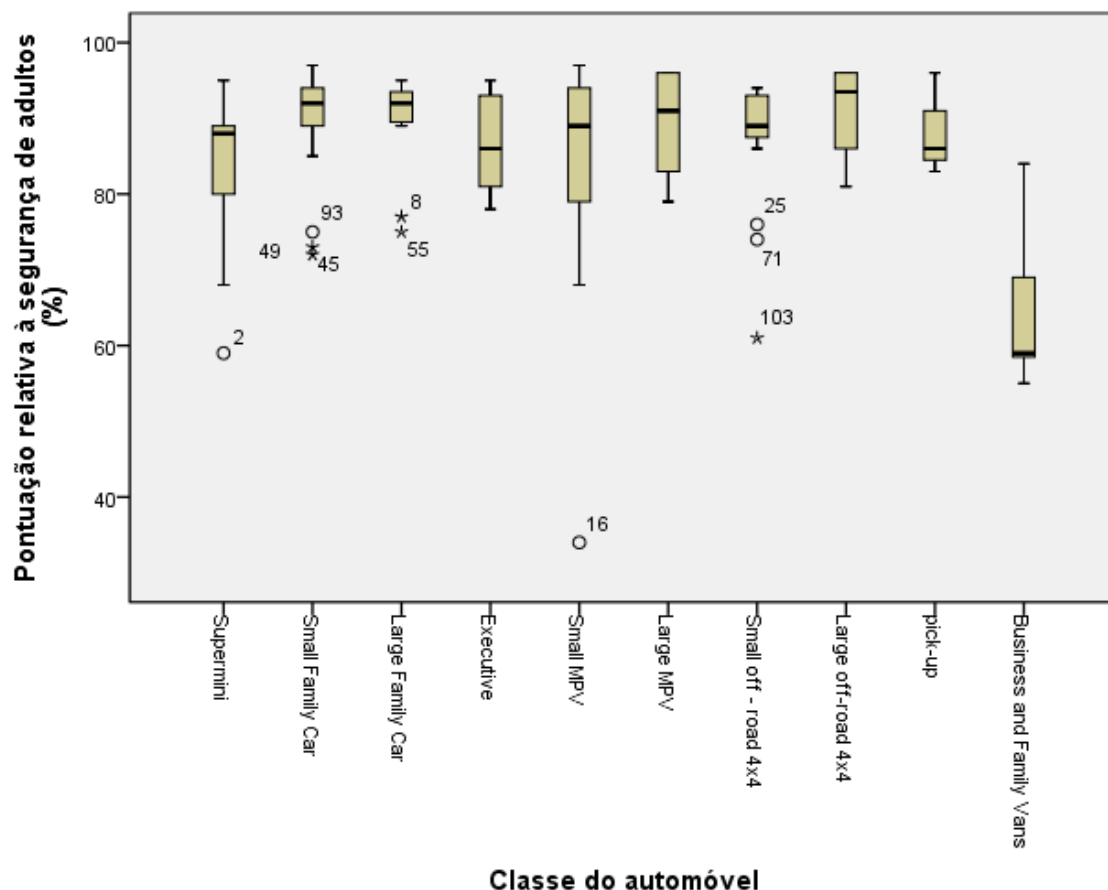


Figura 11: Pontuação relativa à segurança de adultos, por classe.

A Figura 11 ilustra uma análise comparativa da pontuação relativa à segurança de adultos nas várias classes em estudo. A classe que apresenta menor variabilidade é a das carrinhas *Pick-up* e a que apresenta maior dispersão de valores é, como já foi visto atrás, a *Small MPV* devido ao *outlier* que se encontra na posição 16 (*Landwind CV9*). Se não existissem os dois *outliers* severos, nomeadamente os veículos que se encontram nas posições 8 e 55 (*Seat Exeo* e *Geely Emgrand EC7*), a classe com menor amplitude seria a *Large Family Car*.

É de realçar o facto positivo dos valores se concentrarem na zona das pontuações mais elevadas. À exceção do veículo *Landwind CV9*, todos obtiveram pontuações acima dos 50% neste parâmetro.

### 3.4. Pontuação relativa à segurança de crianças (%)

A pontuação relativa à segurança de crianças é uma variável quantitativa contínua. A ponderação da classificação inclui a avaliação das instruções fornecidas, a facilidade e segurança da instalação de cadeiras adequadas a crianças com 18 meses e três anos e a avaliação baseada no veículo (comprimento do cinto de segurança, profundidade do assento, entre outros).

Quando a dimensão da amostra é reduzida, tal como neste caso, a análise descritiva dos dados pode ser facilitada recorrendo ao diagrama caule e folhas. Este diagrama é um método semigráfico que permite uma observação do aspeto global dos dados sem perda de informação. Através dele é possível identificar simetrias vs. assimetrias, presença de valores anormalmente altos ou baixos e existência de valores em torno dos quais se concentram os restantes.

Seguem-se os diagramas de caule e folhas das classificações relativas à segurança de crianças nos quatro anos em estudo.

#### Ano 2010

```
Frequency      Stem & Leaf
              3,00 Extremes      (= < 64)
                ,00          6 .
              2,00          6 . 56
              1,00          7 . 4
              8,00          7 . 56777999
              8,00          8 . 00112333
              5,00          8 . 55568

Stem width:           10
Each leaf:            1 case(s)
```

#### Ano 2011

```
Frequency      Stem & Leaf
              2,00 Extremes      (= < 67)
              1,00          6 . 9
              2,00          7 . 13
             12,00          7 . 578888888999
             19,00          8 . 0000011122333333344
              8,00          8 . 55666779
              2,00          9 . 00

Stem width:           10
Each leaf:            1 case(s)
```

### Ano 2012

Frequency	Stem &	Leaf
1,00	6 .	7
3,00	7 .	333
8,00	7 .	55567889
13,00	8 .	0012233333444
13,00	8 .	6666666778999
6,00	9 .	000012

Stem width: 10  
Each leaf: 1 case(s)

### Ano 2013

Frequency	Stem &	Leaf
1,00	6 .	9
4,00	7 .	2244
10,00	7 .	56777999999
10,00	8 .	0011122244
8,00	8 .	55556678

Stem width: 10  
Each leaf: 1 case(s)

**Figura 12: Pontuação relativa à segurança de crianças nos quatro anos em estudo.**

Nos diagramas de caule e folhas representados, encontra-se à esquerda a frequência absoluta de cada caule, seguida do algarismo das dezenas (caule) e das unidades (folha) de cada observação.

Da análise dos diagramas é possível concluir que nos anos 2010, 2011 e 2013 a pontuação relativa à proteção de crianças encontra-se mais concentrada entre os valores 75 e 84, enquanto que em 2012 a concentração é maior entre o 80 e o 89. Verifica-se nos quatro anos uma maior concentração de observações nos valores mais elevados, o que denuncia a existência de assimetria negativa da distribuição de frequências da pontuação relativa à segurança de crianças. Esta é, indubitavelmente, uma boa notícia, embora fosse desejável que esta evidência fosse ainda mais acentuada.



### 3.5. Pontuação relativa à segurança de peões (%)

A pontuação relativa à segurança de peões é uma variável quantitativa contínua. No seu cálculo são tidas em conta as pontuações obtidas nos testes de proteção de cabeça, pélvis e pernas. Esta variável apenas é diretamente comparável nos anos de 2010 e 2011.

Segue-se uma tabela que reúne algumas estatísticas relativas a esta variável, assim como os diagramas de extremos e quartis para cada classe e ano.

**Tabela 6 : Pontuação relativa à segurança de peões, por ano e classe.**

#### Ano: 2010

Classe do automóvel	N	Range	Minimum	Maximum	Mean
Supermini	4	13	49	62	56,00
Small Family Car	3	28	43	71	59,00
Large Family Car	2	4	50	54	52,00
Executive	3	35	43	78	60,00
Small MPV	8	38	31	69	54,75
Large MPV	1	0	46	46	46,00
Small off-road 4x4	5	21	43	64	51,40
Pick-up	1	0	47	47	47,00

#### Ano: 2011

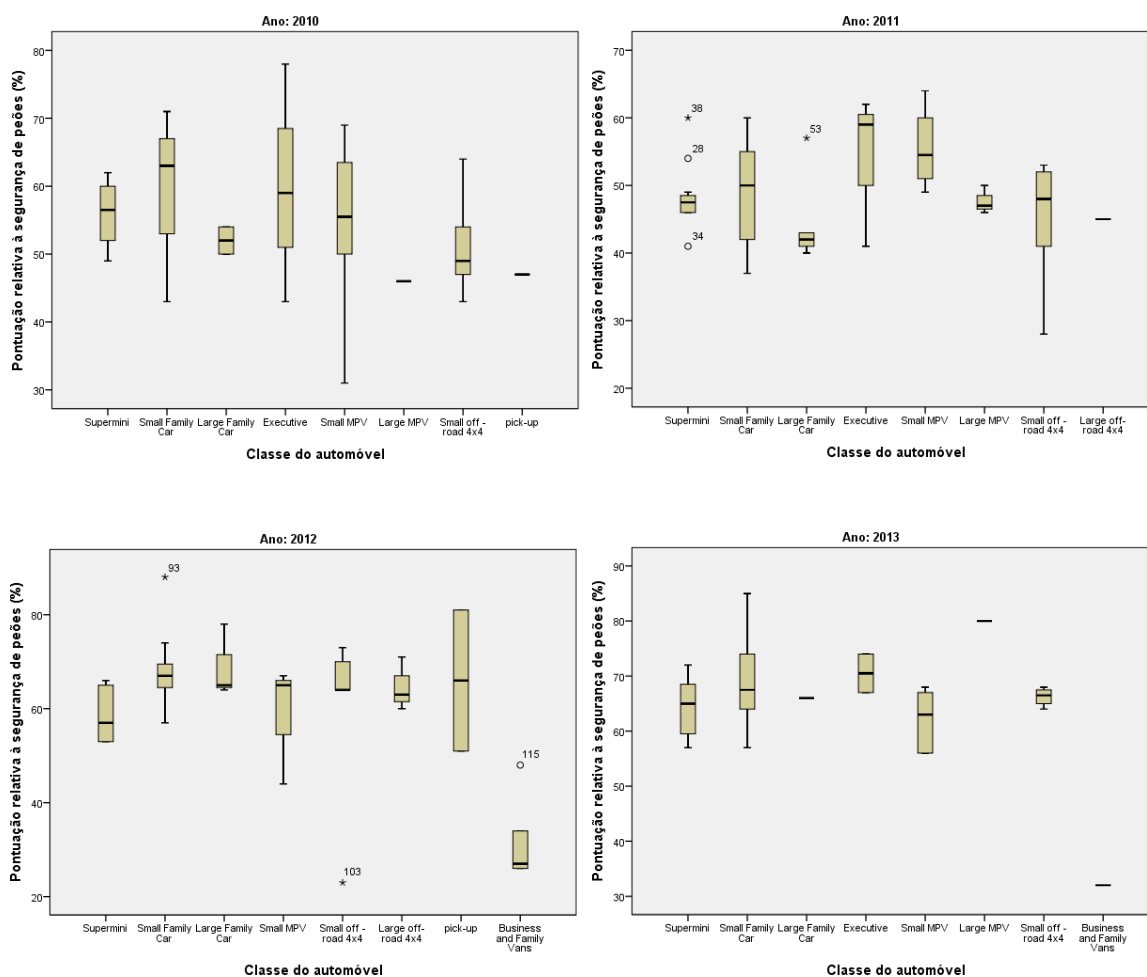
Classe do automóvel	N	Range	Minimum	Maximum	Mean
Supermini	12	19	41	60	48,25
Small Family Car	13	23	37	60	49,00
Large Family Car	5	17	40	57	44,60
Executive	3	21	41	62	54,00
Small MPV	4	15	49	64	55,50
Large MPV	3	4	46	50	47,67
Small off-road 4x4	5	25	28	53	44,40
Large off-road 4x4	1	0	45	45	45,00

#### Ano: 2012

Classe do automóvel	N	Range	Minimum	Maximum	Mean
Supermini	6	13	53	66	58,50
Small Family Car	15	31	57	88	68,00
Large Family Car	3	14	64	78	69,00
Small MPV	3	23	44	67	58,67
Small off-road 4x4	6	50	23	73	59,67
Large off-road 4x4	3	11	60	71	64,67
Pick-up	2	30	51	81	66,00
Business and Family Vans	6	22	26	48	31,33

**Ano: 2013**

Classe do automóvel	N	Range	Minimum	Maximum	Mean
Supermini	7	15	57	72	64,29
Small Family Car	10	28	57	85	68,60
Large Family Car	2	0	66	66	66,00
Executive	2	7	67	74	70,50
Small MPV	6	12	56	68	62,17
Large MPV	1	0	80	80	80,00
Small off-road 4x4	4	4	64	68	66,25
Business and Family Vans	1	0	32	32	32,00



**Figura 13: Pontuação relativa à segurança de peões, por ano e classe.**

Por observação dos diagramas de extremos e quartis (Figura 13), destaca-se, pela negativa, a pontuação das carrinhas familiares e de negócios. Consultando as tabelas, que complementam a informação contida nos diagramas, verifica-se que no ano 2012 foram analisados seis veículos dessa classe, tendo sido obtida uma média de 31,33%, e no ano 2013 apenas um veículo que obteve também uma pontuação baixa (32%) neste parâmetro. Nos anos de 2010 e 2011 não foi testado nenhum veículo dessa classe. A média mais alta (80%) pertence à classe *Large MPV* no ano 2013, seguida da *Executive* (70,5%) relativa ao mesmo ano. Nos anos 2010, 2011 e 2012 as pontuações relativas a este parâmetro são inferiores a 70% para qualquer classe.

O veículo que ocupa a posição 93, *Volvo V40*, da categoria *Small Family Car*, foi o que registou uma pontuação mais elevada (88%) na área de segurança de peões.

### 3.6. Pontuação relativa a equipamentos de segurança (%)

Tal como a pontuação relativa à proteção de adultos, crianças e peões, a pontuação relativa a equipamentos de segurança é uma variável quantitativa contínua e encontra-se expressa em percentagem. Na ponderação da pontuação incluem-se os lembretes de cinto de segurança do condutor e passageiros, controlo eletrónico de estabilidade e sistema de assistência de velocidade (tido em conta a partir de 2013). Em 2013, a pontuação relativa ao parâmetro sistema de assistência de velocidade passou a ser diferenciada consoante o tipo de assistência (*standard*, sistema de informação de limite de velocidade e sistema de assistência de velocidade).

Segue-se um diagrama de extremos e quartis comparativo dos quatro anos, uma tabela de frequências e uma tabela de estatísticas descritivas.

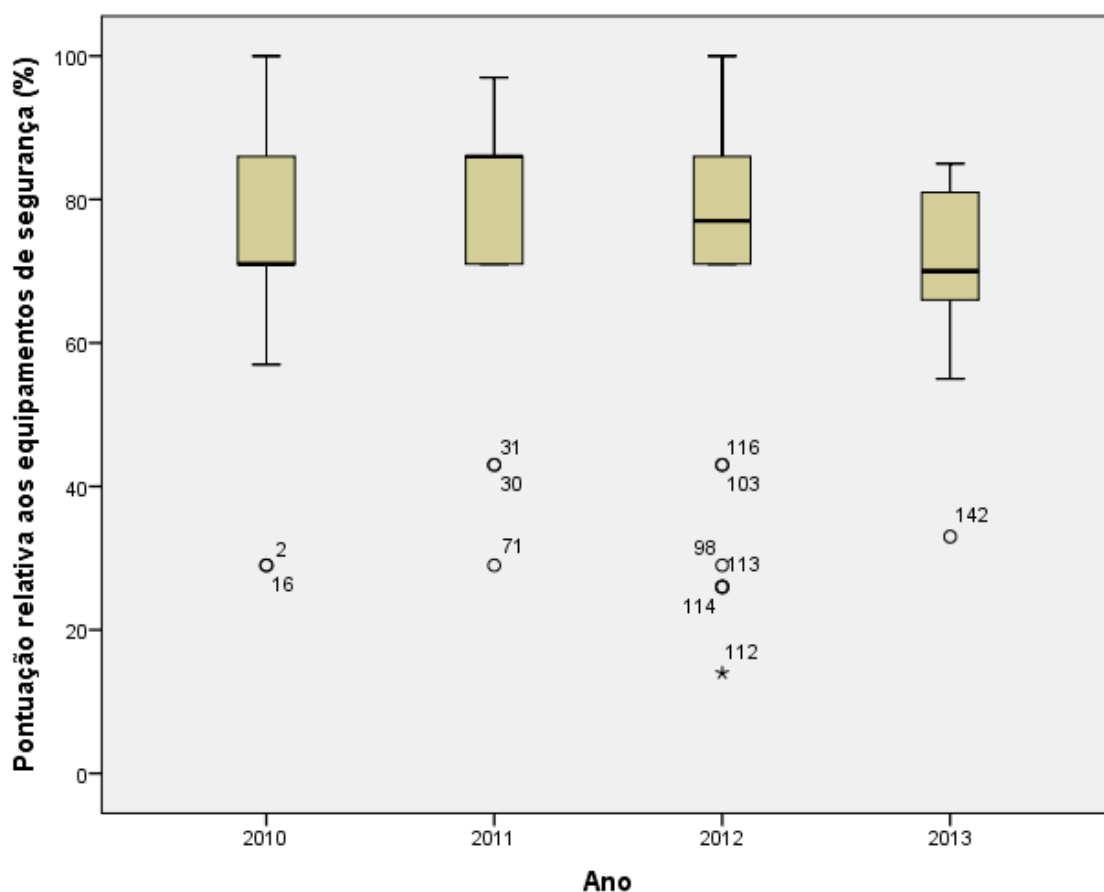


Figura 14: Pontuação relativa aos equipamentos de segurança (%).

**Tabela 7: Tabela de frequências da pontuação obtida em equipamentos de segurança, por ano.**

Ano	Pontuação	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
2010	29	2	7,4	7,4	7,4
	57	3	11,1	11,1	18,5
	71	11	40,7	40,7	59,3
	84	1	3,7	3,7	63,0
	86	8	29,6	29,6	92,6
	97	1	3,7	3,7	96,3
	100	1	3,7	3,7	100,0
	Total	27	100,0	100,0	
2011	29	1	2,2	2,2	2,2
	43	2	4,3	4,3	6,5
	71	18	39,1	39,1	45,7
	84	1	2,2	2,2	47,8
	86	20	43,5	43,5	91,3
	93	1	2,2	2,2	93,5
	97	3	6,5	6,5	100,0
	Total	46	100,0	100,0	
2012	14	1	2,3	2,3	2,3
	26	3	6,8	6,8	9,1
	29	1	2,3	2,3	11,4
	43	2	4,5	4,5	15,9
	71	15	34,1	34,1	50,0
	83	1	2,3	2,3	52,3
	84	1	2,3	2,3	54,5
	86	13	29,5	29,5	84,1
	99	1	2,3	2,3	86,4
	100	6	13,6	13,6	100,0
	Total	44	100,0	100,0	
2013	33	1	3,0	3,0	3,0
	55	5	15,2	15,2	18,2
	57	1	3,0	3,0	21,2
	66	6	18,2	18,2	39,4
	70	4	12,1	12,1	51,5
	74	1	3,0	3,0	54,5
	81	14	42,4	42,4	97,0
	85	1	3,0	3,0	100,0
	Total	33	100,0	100,0	

Tabela 8: Estatísticas da pontuação relativa a equipamentos de segurança, por ano.					
Ano	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
2010	27	29	100	73,30	16,938
2011	46	29	97	77,85	13,627
2012	44	14	100	74,00	22,271
2013	33	33	85	70,73	12,089

Antes de proceder à análise dos diagramas e tabelas obtidos, é de lembrar que apenas são diretamente comparáveis as pontuações dos anos de 2010, 2011 e 2012. Apesar de se verificar uma tendência de diminuição das pontuações, tal pode dever-se ao facto de ter sido aumentado o nível de exigência neste parâmetro.

Note-se que apesar de ser usual organizar dados quantitativos contínuos em tabelas de frequências com os dados agrupados em classes, neste caso, optou-se por não o fazer pois, embora seja contínua, a variável possui observações somente para alguns valores, pelo que a tabela de frequências é aceitável.

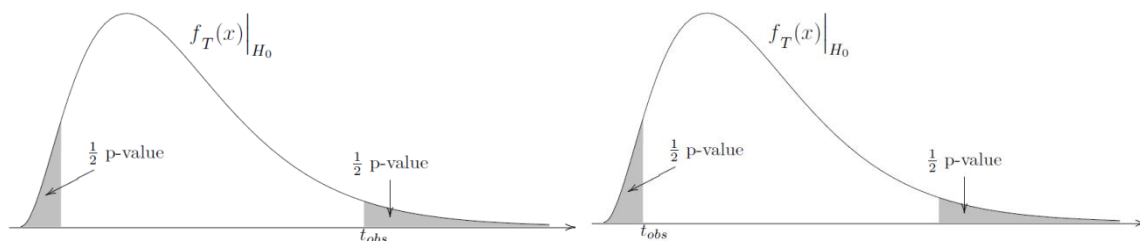
Passando à análise dos dados, e por observação da Figura 14, é de salientar a existência de 12 *outliers*, sendo um deles considerado severo, *Renault Trafic* (posição 112), o que denuncia a má prestação do automóvel neste teste. De qualquer forma, com ou sem esse *outlier*, é o ano 2012 que apresenta uma maior amplitude. No ano de 2010 verifica-se que o valor do primeiro quartil é igual ao valor da mediana, enquanto que em 2011 são iguais os valores da mediana e do terceiro quartil. É no ano 2013 que a distribuição das pontuações, embora assimétrica, mais se aproxima de uma distribuição simétrica.

Fazendo uma análise conjunta da Tabela 7 e da Tabela 8, observa-se que a melhor média neste parâmetro é a de 2011. Obtiveram uma pontuação inferior a 50%, nos anos 2010, 2011, 2012 e 2013, respetivamente, 7,4%, 6,5%, 15,9% e 3,0% dos veículos. Por outro lado, somente 7,4%, 8,7% e 15,9% dos veículos obtiveram pontuação superior a 90% nos anos de 2010, 2011 e 2012, respetivamente. Em 2013 nenhum veículo obteve pontuação superior a 85%. É também interessante constatar que, nos quatro anos analisados, a pontuação máxima foi atingida em 2010 por um único veículo (*BMW 530d*) e por seis veículos em 2012 (*Opel Mokka*, *Volvo V40*, *Volvo V60 2.0 diesel*, *Volvo V60 Plug-In Hybrid*, *Ford Kuga* e *Mitsubishi Outlander*).

## 4. Análise Inferencial

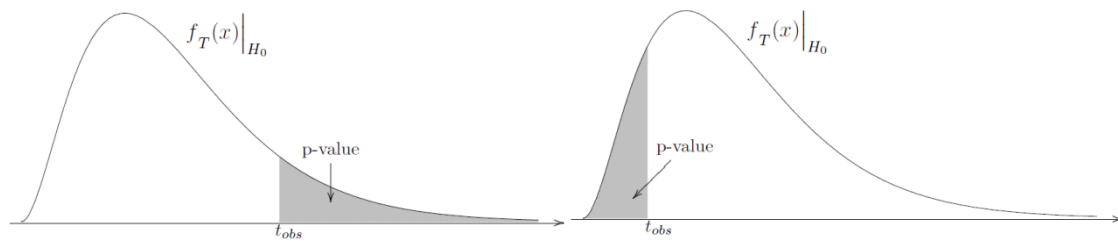
A inferência estatística integra um conjunto de técnicas que permitem fazer ilações acerca de uma característica desconhecida da população, estimar valores e efetuar testes que validem, ou não, uma hipótese formulada (Coelho *et al.*, 2008, Cap. 1). A comparação de parâmetros populacionais (média, mediana, proporção, variância, etc.) é um tipo de inferência estatística bastante útil para testar a influência de diferentes fatores na resposta de uma determinada variável. Para tal, as duas metodologias usuais são os testes paramétricos e os testes não paramétricos. Os testes paramétricos exigem que a forma da distribuição da população seja conhecida (a distribuição normal é a mais utilizada). Qualquer inferência delineada sobre determinadas hipóteses estabelecidas vai no sentido da rejeição ou não rejeição da hipótese nula especificada. A este processo está associado um determinado nível de significância  $\alpha$ , para o qual se rejeita a hipótese nula caso o valor da estatística de teste pertença à região de rejeição. Sobre a problemática de decisão em testes de hipóteses, recomenda-se a leitura de Murteira *et al.* (2010), pp. 395-409. Mais detalhes sobre testes de hipóteses podem ser consultados em Hall *et al.* (2011), pp. 151-181 e em Maroco (2010), pp. 69-75.

As figuras seguintes ilustram o cálculo do *p-value* de um teste de hipóteses:



Fonte: Hall *et al.* (2011), pp. 152-153.

Figura 15: *p-value* num teste bilateral com estatística de teste observada ( $t_{obs}$ ) elevada e reduzida.



Fonte: Hall et al. (2011), pp.151-152.

**Figura 16:  $p$ -value num teste unilateral à direita e à esquerda.**

No procedimento para a realização de um teste de hipóteses de tamanho  $\alpha$  com base no  $p$ -value, rejeita-se a hipótese nula,  $H_0$ , se  $p\text{-value} \leq \alpha$ . Recordar-se que o  $p$ -value é, simplesmente, a probabilidade de se observar um valor da estatística de teste tanto ou mais afastado do que o valor observado na amostra ( $t_{obs}$ ), assumindo, naturalmente, que  $H_0$  é verdadeira (e.g., Hall et al. (2011), p. 146).

A comparação de médias de duas populações foi conseguida pelo teste t descrito pela primeira vez por William S. Gosset em 1908 e publicado sob o pseudónimo de “Student”. Porém, os testes  $t$ -Student para comparação de duas médias populacionais podem tornar-se insuficientes, nomeadamente quando existem mais de duas populações a comparar. Aplicar mais do que um  $t$ -test aumentaria o erro de tipo I (rejeição da hipótese nula, sendo esta a hipótese verdadeira). Este obstáculo foi ultrapassado por Sir Ronald Fisher (Fisher, 1935) que estabeleceu as bases para o teste ANOVA (*Analysis Of Variance*). O modelo ANOVA permite a comparação de médias de três ou mais populações sem aumento do erro de tipo I e usa a variância como base de comparação (Maroco, 2010, p. 154).

Quando não é possível validar as condições de aplicação dos testes paramétricos, utilizam-se os testes não paramétricos que surgem como um processo de colmatar problemas de difícil resolução no campo da Estatística Paramétrica, tendo neste trabalho constituído uma metodologia essencial, dadas as características inerentes à amostra (Maroco, 2010, p. 213).

Os testes não paramétricos permitem delinear conclusões sobre a população de onde provêm os dados sem que seja necessária a especificação da função de distribuição em causa (daí serem também conhecidos por *distribution-free tests*). Um pressuposto importante que é usualmente necessário é o da independência das



observações. É de salientar que quando o objetivo é analisar a tendência ou localização central de uma população, um dos principais objetivos deste trabalho, a média é o representante da população num teste paramétrico, enquanto que em contexto não paramétrico passa a ser a mediana.

Em contexto não paramétrico, o teste U de *Mann-Whitney* surge como uma alternativa ao teste *t-Student* de comparação de médias e o teste de *Kruskal-Wallis* como alternativa não paramétrica ao modelo de ANOVA paramétrico.

Os testes não paramétricos são, de modo geral, menos potentes que os testes paramétricos, sendo o seu uso apropriado quando não é possível validar as condições de aplicação dos testes paramétricos. Por exemplo, no caso em que as distribuições das populações são normais, a eficiência do teste de U de *Mann-Whitney* é 95,5% da eficiência do teste *t-Student* (Maroco, 2010, Cap. 7).

#### 4.1. Existem diferenças estatísticas significativas na pontuação obtida na variável segurança de peões nos anos 2010 e 2011?

Para responder a esta questão, define-se o seguinte teste de hipóteses

$$H_0 : \mu_{2010} - \mu_{2011} = 0 \quad \text{vs.} \quad H_1 : \mu_{2010} - \mu_{2011} \neq 0,$$

em que  $\mu$  representa a média populacional da pontuação obtida na variável segurança de peões.

Em primeiro lugar é necessário verificar se estão ou não reunidas as condições de aplicação de um teste t para comparação de médias: amostras independentes, cada uma constituída por observações independentes e retiradas da mesma população, e normalidade das populações.

Para testar se uma variável em estudo provém de uma população com uma distribuição normal, utiliza-se, comumente, o teste de *Kolmogorov-Smirnov* para amostras de grande dimensão. O SPSS produz também o *p-value* para o teste de *Shapiro-Wilk*, sendo este mais apropriado e preferível para amostras de reduzida dimensão. Neste trabalho, considera-se como pequena uma amostra de dimensão inferior a 30 observações.

O teste de *Kolmogorov-Smirnov* foi desenvolvido na década de 1930 e permite averiguar se determinada amostra provém de uma população contínua com a distribuição especificada na hipótese nula. Este teste tem como estatística de teste

$$D = \sup_{x \in \mathbb{R}} |F_n(x) - F(x)|,$$

onde  $\sup$  designa o supremo e  $|F_n(x) - F(x)|$  representa a distância entre a função de distribuição empírica,  $F_n(x)$ , e a função de distribuição especificada na hipótese nula,  $F(x)$ , daí a utilização da letra D (distância). Tais distâncias deverão ser pequenas para todos os valores de  $x$ . É importante referir que o teste de *Kolmogorov-Smirnov* assume que os parâmetros da distribuição em teste são conhecidos, o que raramente acontece na prática, onde os parâmetros são estimados a partir da amostra. Para colmatar esta dificuldade, Hubert Lilliefors apresentou uma correção a este teste para o caso em que se pretende averiguar a normalidade. Esta correção está implementada

no SPSS e é utilizada ao longo deste trabalho (Hall *et al.*, 2011, pp. 204-207; Lilliefors, 1967; Shapiro e Wilk, 1965).

Neste estudo, para a amostra relativa ao ano 2010, o teste adequado é o de *Shapiro-Wilk* uma vez que a amostra tem dimensão reduzida ( $n=27<30$ ) e para a amostra relativa ao ano de 2011, o teste a implementar é o de *Kolmogorov-Smirnov* uma vez que a dimensão da amostra ( $n=46$ ) é superior a 30.

Assim, nos testes de normalidade, pretende-se testar

$$H_0 : X \sim N(\mu; \sigma^2) \text{ vs. } H_1 : X \not\sim N(\mu; \sigma^2),$$

onde

$X$  representa a amostra em estudo,

$\mu$  representa a média populacional e

$\sigma^2$  representa a variância populacional.

Além dos testes de normalidade, seguem-se também os histogramas das pontuações obtidas na segurança de peões nesses dois anos, os diagramas de extremos e quartis e os *Q-Q Plots*, que sustentam a conclusão obtida através dos testes de *Kolmogorov-Smirnov* (com correção de Lilliefors) e *Shapiro-Wilk*.

**Tabela 9: Testes de normalidade (pontuação relativa à segurança de peões).**

		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pontuação relativa à segurança de peões (%)	2010	,117	27	,200*	,981	27	,880
	2011	,085	46	,200*	,976	46	,467

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

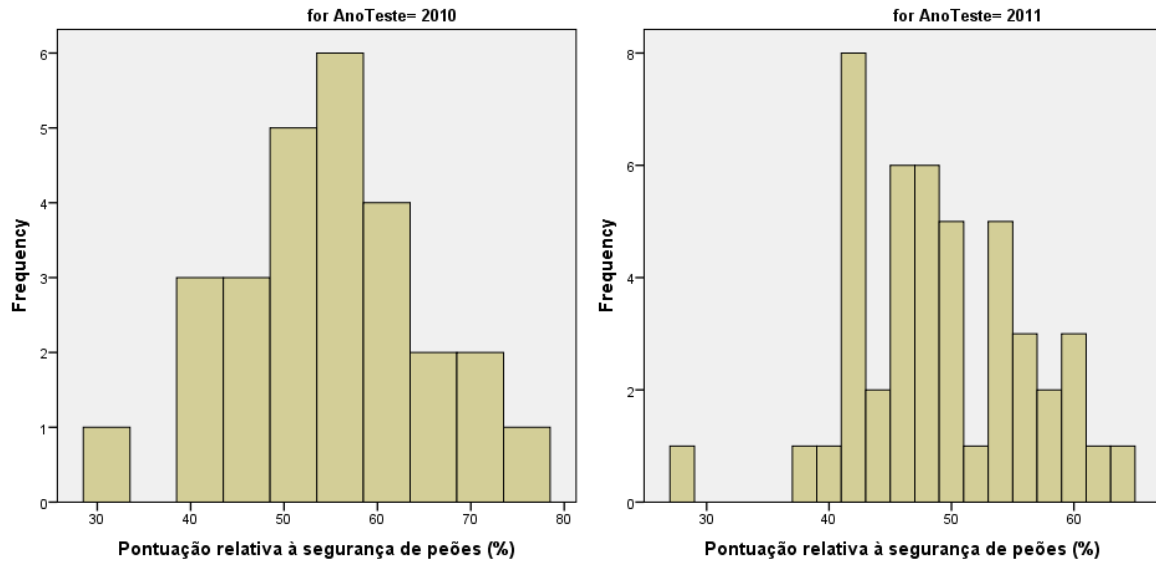


Figura 17: Histogramas das pontuações relativas à segurança de peões nos anos de 2010 e 2011.

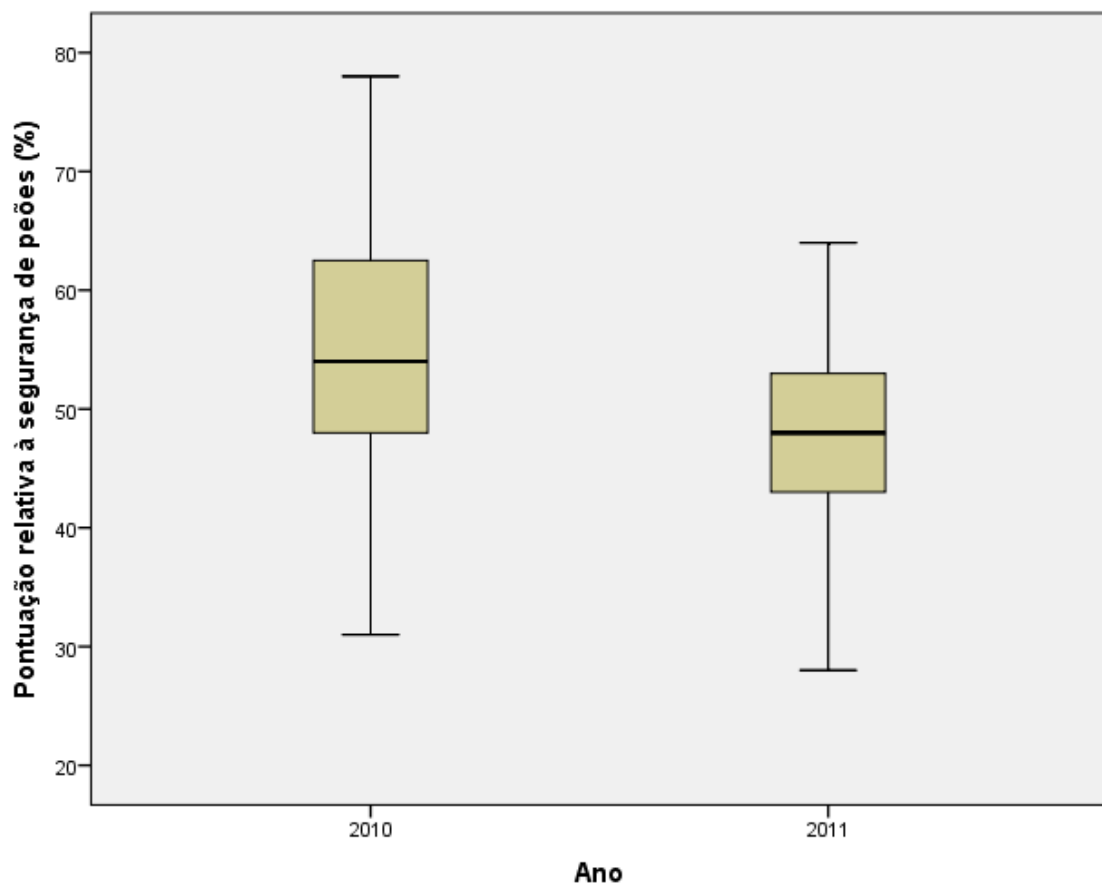
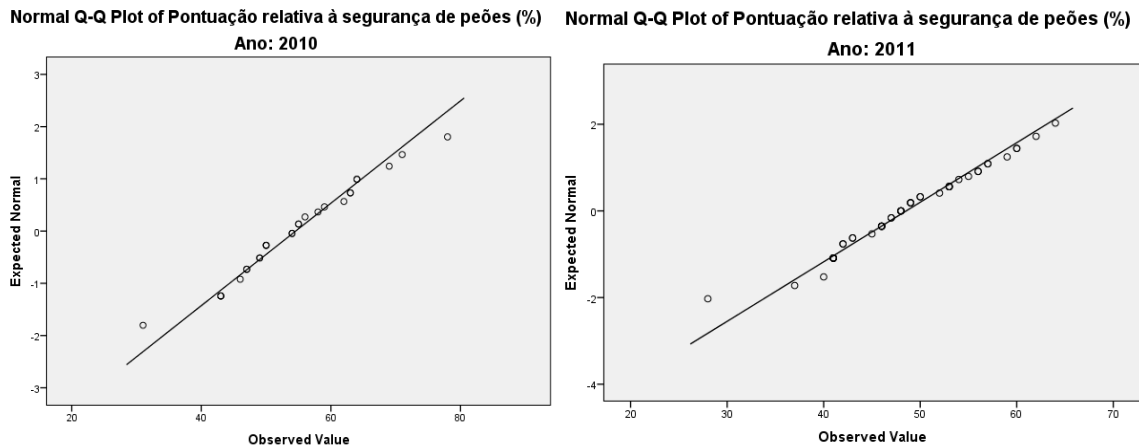


Figura 18: Diagramas de extremos e quartis das pontuações relativas à segurança de peões.



**Figura 19: Normal Q-Q Plots da pontuação relativa à segurança de peões nos anos de 2010 e 2011.**

Analisando os resultados obtidos a evidência estatística é favorável à hipótese nula de normalidade. Os resultados do teste de *Shapiro-Wilk* para o ano 2010 e de *Kolmogorov-Smirnov* para o ano 2011 apontam no sentido da normalidade uma vez que os *p-values* (0,88 e 0,20 respectivamente) são elevados (superiores aos níveis usuais de significância, nomeadamente 1%, 5% e 10%). A mesma conclusão é sugerida por uma análise preliminar a partir da observação dos histogramas (Figura 17), dos diagramas de extremos e quartis para cada um dos anos (Figura 18) e dos *Q-Q Plots* (Figura 19). Nos anos de 2010 e 2011, os histogramas apresentam distribuições de frequências que se podem considerar simétricas em torno da média amostral e em “forma de sino”, o que é condizente com a distribuição normal. A mesma tendência de reduzida assimetria é observada nos diagramas de extremos e quartis relativos a esses dois anos. Os *Q-Q Plots* revelam uma elevada sobreposição entre os quantis amostrais e os quantis da distribuição normal.

Assim, validado o pressuposto da normalidade, e tendo em conta os objetivos e a especificidade dos dados, procede-se à aplicação do teste paramétrico *t-Student* para comparação de médias nas duas populações. Existem diversas variações deste teste, nomeadamente para amostras independentes e amostras emparelhadas, com variâncias populacionais conhecidas e desconhecidas, assumindo-se estas como iguais ou diferentes. No caso em estudo, as amostras são independentes e as variâncias desconhecidas.

Neste caso, se as variâncias populacionais forem consideradas homogêneas (por exemplo, recorrendo ao teste de *Levene*) a estatística de teste é dada por

$$T = \frac{(\bar{X}_{2010} - \bar{X}_{2011}) - (\mu_{2010} - \mu_{2011})}{S \sqrt{\frac{1}{n_{2010}} + \frac{1}{n_{2011}}}} \sim t_{n_{2010} + n_{2011} - 2},$$

onde  $S = \sqrt{\frac{(n_{2010} - 1)S_{2010}'^2 + (n_{2011} - 1)S_{2011}'^2}{n_{2010} + n_{2011} - 2}}$  é habitualmente conhecido por desvio padrão conjunto.

Se as variâncias populacionais forem consideradas diferentes, a estatística de teste aproximada é

$$T = \frac{(\bar{X}_{2010} - \bar{X}_{2011}) - (\mu_{2010} - \mu_{2011})}{\sqrt{\frac{S_{2010}'^2}{n_{2010}} + \frac{S_{2011}'^2}{n_{2011}}}} \sim t_{gl},$$

onde,  $gl = \frac{\left(\frac{S_{2010}'^2}{n_{2010}} + \frac{S_{2011}'^2}{n_{2011}}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_{2010}'^2}{n_{2010}}\right)^2}{n_{2010} - 1} + \frac{\left(\frac{S_{2011}'^2}{n_{2011}}\right)^2}{n_{2011} - 1}}$  (se  $gl$  não for inteiro, deve considerar-se a parte inteira do resultado).

Mais detalhes podem ser consultados em Coelho *et al.* (2008), Cap. 5, em Guimarães e Cabral (1997), Cap. 11 e em Murteira *et al.* (2010), Cap. 7.

Retome-se o estudo em que se pretende testar se as médias das duas populações (2010 e 2011) são ou não significativamente diferentes (é de lembrar que a pontuação obtida para essa variável apenas é diretamente comparável nesses dois anos, devido à introdução de alterações nos anos de 2012 e 2013).

Segue-se o *output* do teste *t-Student* produzido pelo SPSS.

**Tabela 10: Teste de *t-Student*.**

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	3,321	,073	2,929	71	,005	6,012	2,052	1,920	10,104
Equal variances not assumed			2,687	41,686	,010	6,012	2,237	1,496	10,528

É necessário agora investigar se as variâncias populacionais se podem assumir como iguais ou não. O teste de *Levene* (Tabela 10) permite tomar esta decisão facilmente, evitando a realização manual do teste para a razão de variâncias. As hipóteses do teste são

$$H_0 : \sigma_{2010}^2 = \sigma_{2011}^2 \quad \text{vs.} \quad H_1 : \sigma_{2010}^2 \neq \sigma_{2011}^2,$$

onde  $\sigma^2$  representa a variância populacional (Maroco, 2010, p. 136).

Para níveis de significância inferiores a 7,3% (onde se incluem os usuais 1% e 5%), não se rejeita  $H_0$ , uma vez que o *p-value* do teste de *Levene* é, aproximadamente, 0,073. Logo, com base nestas amostras e aos níveis de significância especificados, não há razão para acreditar que as variâncias das duas populações sejam diferentes. Assim, a análise do *p-value* do teste *t-Student* deve ser realizada tendo em atenção a informação disponibilizada na linha *Equal variances assumed*.

Considerando agora, por simplicidade, o procedimento de decisão baseado no *p-value* do teste *t-Student*, uma vez que o seu valor (0,005) é inferior a qualquer um dos níveis de significância usuais, rejeita-se a hipótese nula de igualdade de médias, ou seja, há razões para acreditar que a média da pontuação relativa à segurança de peões é significativamente diferente nos dois anos.

Da Tabela 10 observa-se também que o intervalo de confiança a 95% para a diferença de médias populacionais entre as pontuações obtidas na segurança de peões nos anos de 2010 e 2011 é dado por

$$IC_{95\%}(\mu_{2010} - \mu_{2011}) = (1,920; 10,104).$$

Como o valor zero (valor especificado em  $H_0 : \mu_{2010} - \mu_{2011} = 0$ ) não pertence ao intervalo de confiança, rejeita-se a hipótese nula de igualdade de médias e a conclusão é, naturalmente, igual àquela que foi obtida recorrendo à interpretação do *p-value* (considerando  $\alpha = 5\%$ ).

Deste modo, é conveniente averiguar qual dos anos obteve melhor pontuação média, o que, atendendo aos valores das médias amostrais verificadas, se traduz no seguinte teste de hipóteses unilateral

$$H_0 : \mu_{2010} - \mu_{2011} = 0 \quad \text{vs.} \quad H_1 : \mu_{2010} - \mu_{2011} > 0.$$

O valor do *p-value* obtido para este teste ( $0,0050:2=0,0025$ , uma vez que as amostras apontam no sentido da hipótese alternativa) é inferior aos níveis de significância usuais. A ilação que se pode retirar é a de que, com base nestas amostras, a pontuação média relativa à segurança de peões é mais elevada no ano 2010, o que já era uma suspeita por observação do gráfico da Figura 18. Note-se que, apesar de nestes diagramas estarem representadas as medianas e não as médias amostrais, uma vez que os diagramas são quase simétricos, isto significa que as médias e as medianas amostrais são semelhantes em cada ano. Logo, com base nestes diagramas, seria razoável levantar a suspeita de que a média populacional poderia ser mais elevada em 2010 do que em 2011, conjetura essa que conduziu à realização do teste de hipóteses unilateral anterior e que veio corroborar essa suspeita inicial.



## 4.2. Existem diferenças estatísticas significativas na pontuação relativa ao impacto frontal nas marcas *Citroën*, *VW* e *Mercedes-Benz*?

*Citroën*, *VW* e *Mercedes-Benz* são três das marcas com mais modelos testados pelo Euro NCAP ao longo dos últimos quatro anos. Pretende-se testar se existem diferenças estatísticas significativas na segurança dessas três marcas, em relação ao impacto frontal, originando o teste de hipóteses

$$H_0 : \mu_{\text{Citroën}} = \mu_{\text{VW}} = \mu_{\text{Mercedes-Benz}} = \mu \quad \text{vs.} \quad H_1 : \mu_i \neq \mu,$$

pelo menos para um valor de  $i$ , com  $i = \text{Citroën}, \text{VW}, \text{Mercedes-Benz}$ . O parâmetro  $\mu$  representa a média populacional da pontuação obtida no impacto frontal.

Um método adequado ao estudo desta questão é a Análise de Variância (ANOVA) com um fator, cujo modelo pressupõe que cada observação pode ser modelada por

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}, \quad i = 1, \dots, g, \quad j = 1, \dots, n,$$

onde,

$Y_{ij}$  representa cada uma das  $j$  observações do tratamento  $i$ ;

$\mu$  é a média populacional de todos os grupos;

$\alpha_i$  é o efeito do tratamento  $i$ , isto é, a parte da variabilidade que pode ser imputada ao facto de cada uma das amostras ter sido objeto de um tratamento diferente, e

$\varepsilon_{ij}$  representa o erro aleatório associado a cada observação.

Segundo Hall *et al.* (2011), pp. 240-241, os cálculos da ANOVA podem ser esquematizados no quadro seguinte:

Tabela 11: Quadro resumo dos cálculos da ANOVA.					
Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Médias quadráticas	$F_0$	$p$ -value
Entre grupos (fator)	$SS_G$	$g - 1$	$MS_G$	$\frac{MS_G}{MS_E}$	$P(F > F_0   H_0)$
Dentro dos grupos (residual)	$SS_E$	$g(n - 1)$	$MS_E$		
Total	$SS_T$	$gn - 1$			

onde,

$$SS_G = n \sum_{i=1}^g (\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})^2 = \text{soma dos quadrados entre grupos};$$

$$SS_E = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.})^2 = \text{soma dos quadrados dentro de cada grupo};$$

$$SS_T = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2 = \text{soma dos quadrados total}.$$

No modelo de ANOVA assume-se que os erros são normalmente distribuídos com média nula e variância constante, ou seja,  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ , pelo que cada grupo é visto como uma amostra aleatória proveniente de uma população  $N(\mu_i, \sigma^2)$ . A estatística de teste é dada por

$$F = \frac{MS_G}{MS_E} \sim F_{g-1; g(n-1)}.$$

Mais detalhes podem ser consultados em Hall *et al.* (2011), p. 240, em Afonso e Nunes (2011), pp. 332-334 e em Murteira *et al.* (2010), pp. 439-446.

A Tabela 12 apresenta os resultados dos testes de normalidade implementados.

**Tabela 12: Testes de normalidade (pontuação relativa ao impacto frontal).**

Marca do automóvel		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pontuação relativa ao impacto frontal	Citroën	,192	8	,200*	,911	8	,364
	VW	,239	9	,148	,887	9	,187
	Mercedes-Benz	,230	9	,186	,837	9	,053

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Como as amostras são de reduzida dimensão (oito, nove e nove observações), o teste de normalidade recomendado é o de *Shapiro-Wilk*. Fixando o nível de significância nos 5%, com base nestas amostras e tendo em conta a informação baseada no *p-value*, não se rejeita a hipótese nula de normalidade, uma vez que os valores dos *p-values* (0,364, 0,187 e 0,053) são superiores a 0,05. Não existindo suspeitas de ausência de normalidade, considera-se o pressuposto validado.

Segue-se agora o teste de homogeneidade das variâncias. As hipóteses a testar são

$$H_0 : \sigma_{\text{Citroën}}^2 = \sigma_{\text{VW}}^2 = \sigma_{\text{Mercedes-Benz}}^2 \quad \text{vs.} \quad H_1 : \exists_{i,j} : \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2,$$

com  $i, j = \text{Citroën}, \text{VW}, \text{Mercedes-Benz}$  e  $i \neq j$ , onde  $\sigma^2$  representa a variância populacional.

**Tabela 13: Teste de homogeneidade de variâncias (pontuação relativa ao impacto frontal).**

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,183	2	23	,324

A Tabela 13 é relativa ao teste de *Levene*, um teste implementado no SPSS para averiguar a homogeneidade de variâncias populacionais. Com base na informação destas amostras, a análise do valor do *p-value* (0,324) conduz à não rejeição da hipótese nula de igualdade de variâncias populacionais ao nível de significância usual de 5% (fixado anteriormente nos testes de normalidade).

Validados os pressupostos para a realização de uma ANOVA com um fator, procede-se à sua aplicação. A Tabela 14 resume os cálculos realizados.

**Tabela 14: ANOVA.**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8,544	2	4,272	1,733	,199
Within Groups	56,706	23	2,465		
Total	65,250	25			

Como o *p-value* da ANOVA é de aproximadamente 0,199, não se rejeita a hipótese nula de igualdade de médias para os níveis usuais de significância pelo que, com base nestas amostras, não há razões para acreditar em diferenças significativas na segurança em embates frontais nas diferentes marcas.

Todavia, uma vez que as amostras são de reduzida dimensão, é prudente repetir o teste de hipóteses num contexto não paramétrico recorrendo-se, para tal, ao teste de *Kruskal-Wallis*, uma alternativa não paramétrica ao modelo ANOVA. Os detalhes deste teste podem ser consultados na secção 4.4. deste trabalho.

Retomem-se as hipóteses a testar, nas quais agora, em detrimento da média populacional, é testada a mediana populacional

$$H_0 : \mu_{\text{Citroën}} = \mu_{\text{VW}} = \mu_{\text{Mercedes-Benz}} = \mu \quad \text{vs.} \quad H_1 : \mu_i \neq \mu,$$

pelo menos para um valor de  $i$ , com  $i = \text{Citroën}, \text{VW}, \text{Mercedes-Benz}$ . O parâmetro  $\mu$  representa a mediana populacional da pontuação obtida no impacto frontal.

**Tabela 15: Teste de *Kruskal-Wallis* (pontuação relativa ao impacto frontal).**

	Marca do automóvel	N	Mean Rank
Pontuação relativa ao impacto frontal	Citroën	8	9,69
	VW	9	15,83
	Mercedes-Benz	9	14,56
	Total	26	

**Tabela 16: Teste de *Kruskal-Wallis* (pontuação relativa ao impacto frontal).**

	Pontuação relativa ao impacto frontal
Chi-Square	3,011
df	2
Asymp. Sig.	,222

A análise do *p-value* do teste de *Kruskal-Wallis* na Tabela 16 conduz à não rejeição da hipótese nula de igualdade de medianas, pois o valor do *p-value* assintótico (0,222) é superior aos níveis usuais de significância, o que vai de encontro à conclusão obtida em contexto paramétrico.

Atendendo aos resultados obtidos, não obstante a reduzida dimensão das amostras, existe evidência estatística que suporta a convicção da ausência de diferenças estatísticas significativas, em termos de localização central, das pontuações obtidas em impacto frontal entre as três marcas de automóveis consideradas.

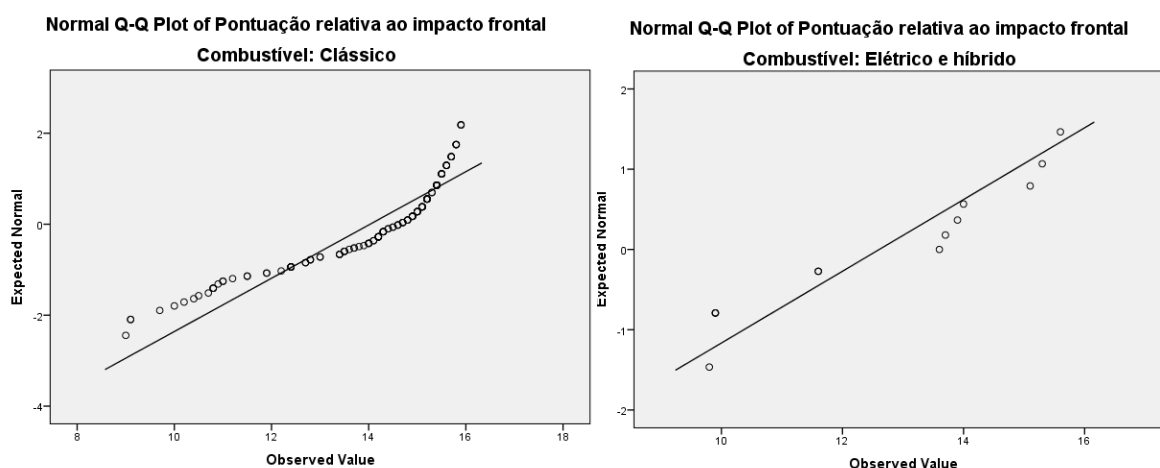
### 4.3. São os automóveis elétricos e híbridos menos seguros que os seus congéneres tradicionais no que concerne a colisões frontais?

Sendo os automóveis de combustível elétrico e híbrido relativamente recentes no mercado, é pertinente verificar se existem diferenças em termos de segurança comparativamente com os automóveis de combustível clássico. Para tal, e com o objetivo de escolher o método adequado, inicia-se o estudo pelos testes de normalidade.

**Tabela 17: Testes de normalidade (pontuação relativa ao impacto frontal).**

Combustível		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pontuação relativa ao impacto frontal	Clássico	,175	137	,000	,849	137	,000
	Elétrico e híbrido	,210	13	,122	,868	13	,049

a. Lilliefors Significance Correction



**Figura 20: Normal Q-Q Plots da pontuação relativa ao impacto frontal nos automóveis de combustível clássico e nos automóveis de combustível elétrico e híbrido.**

Através do *p-value* obtido na tabela relativa ao teste de *Kolmogorov-Smirnov* (adequado para amostras de grande dimensão), rejeita-se a hipótese nula de normalidade para a pontuação relativa ao impacto frontal nos automóveis de combustível clássico e para qualquer nível de significância usual, pois o *p-value* é aproximadamente zero. Como a amostra relativa aos automóveis de combustível

elétrico e híbrido é de reduzida dimensão ( $n=13$ ), o teste recomendado é o de *Shapiro-Wilk*, que conduz também à rejeição da hipótese nula de normalidade para níveis de significância superiores ou iguais a 4,9%, onde se incluem os usuais 5% e 10%. A suspeita de ausência de normalidade intensifica-se na comparação dos quantis amostrais com os quantis da distribuição normal (Figura 20) onde é notório o afastamento dos pontos em relação às retas. Assim, uma vez que a normalidade não é validada para os dois tipos de combustível, a comparação de tendências centrais entre a pontuação obtida nos impactos frontais para automóveis com combustível clássico e automóveis elétricos e híbridos deve ser realizada num contexto não paramétrico, sendo o teste U de *Mann-Whitney* apropriado para este caso.

O teste U de *Mann-Whitney* constitui uma boa alternativa ao teste *t-Student* para comparação de médias quando não se pode assumir a normalidade dos dados. O teste foi desenvolvido por Wilcoxon (1945) para comparar as tendências centrais de duas amostras independentes de tamanhos iguais. Mais tarde, Mann e Whitney (1947) generalizaram a técnica para amostras de tamanhos diferentes.

Relembre-se que, num contexto não paramétrico, a mediana passa a ser o representante da localização, ou seja, enquanto que o teste *t-Student* compara as médias populacionais com base em duas amostras aleatórias independentes, o teste U de *Mann-Whitney* compara as medianas (centro de localização) das duas populações.

O teste baseia-se nas ordens (*ranks*) das observações das amostras combinadas (neste teste, tal como na maioria dos testes não paramétricos, em vez das observações disponíveis intervirem diretamente no cálculo da estatística de teste, aparecem substituídas pela posição (*rank*) que ocupam na amostra global depois de ordenada). No primeiro passo, ordenam-se as  $n$  observações por ordem crescente, assinalando o grupo a que pertencem. Em caso de empate, a ordem é dada pela média das ordens das observações que lhe corresponderiam se não fossem empates. A estatística de teste U de *Mann-Whitney* é definida como o número de vezes que uma observação da primeira amostra precede uma observação da segunda amostra ( $U_1$ ) ou pelo número de vezes que uma observação da segunda amostra precede uma observação da primeira amostra ( $U_2$ ).

A estatística de teste é dada por  $U = \min(U_1, U_2)$ . Para amostras de reduzida dimensão, compara-se o valor observado da estatística de teste com o valor tabelado (Tabela de *Mann-Whitney*). Para amostras de dimensão suficientemente elevada, de tal modo que a Tabela de *Mann-Whitney* já não abrange tais valores, recorre-se a uma aproximação à distribuição normal *standard*. A estatística de teste é dada por

$$Z = \frac{U - \mu_v}{\sigma_v},$$

onde

$$\mu_v = \frac{n_1 n_2}{2} \text{ e } \sigma_v = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n + 1)}{12}},$$

sendo

$n_1$  a dimensão da amostra menor e

$n_2$  a dimensão da amostra maior.

Mais detalhes acerca deste teste podem ser consultados em Maroco (2010), pp. 219-221 e em Hall *et al.* (2011), pp. 221-225.

Retome-se a questão colocada inicialmente e que se reflete no teste de hipóteses

$$H_0 : \mu_{\text{clássico}} = \mu_{\text{elétrico e híbrido}} \text{ vs. } H_1 : \mu_{\text{clássico}} \neq \mu_{\text{elétrico e híbrido}}$$

onde  $\mu$  representa a mediana populacional da pontuação obtida relativa ao impacto frontal.

**Tabela 18: Teste U de Mann-Whitney (pontuação relativa ao impacto frontal).**

	Combustível	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Pontuação relativa ao impacto frontal	Clássico	137	78,07	10695,00
	Elétrico e híbrido	13	48,46	630,00
	Total	150		

**Tabela 19: Teste U de Mann-Whitney (pontuação relativa ao impacto frontal).**

	Pontuação relativa ao impacto frontal
Mann-Whitney U	539,000
Wilcoxon W	630,000
Z	-2,350
Asymp. Sig. (2-tailed)	,019

Analisando o *output* obtido pelo SPSS (Tabelas 18 e 19), não se rejeita a hipótese nula de igualdade das medianas populacionais para o nível de significância usual de 1%, uma vez que o valor do *p-value* assintótico obtido (0,019) é superior a 0,010. Já para os níveis usuais de significância de 5% e 10%, rejeita-se a hipótese nula de igualdade de medianas, uma vez que o valor do *p-value* assintótico é inferior a 0,05 e 0,10. A conclusão obtida é diferente para níveis de significância diferentes, o que não é de estranhar (em suma, rejeita-se  $H_0$  para níveis de significância superiores ou iguais a 1,9%). Quanto menor for o nível de significância, maior é o grau de confiança da conclusão obtida e para tal é necessário que a amostra aponte de forma perentória no sentido da conclusão. Observando a Tabela 18, verifica-se uma tendência para que as pontuações relativas ao impacto frontal sejam mais elevadas nos automóveis com combustível clássico, uma vez a média dos *ranks* é mais alta para esse tipo de automóveis. Note-se que, atendendo à reduzida dimensão da amostra de automóveis elétricos e híbridos, não é aconselhável comparar a soma dos *ranks*. Seguem-se os gráficos de extremos e quartis comparativos da pontuação obtida nos testes de impacto frontal (em %), nos automóveis de combustível clássico e nos automóveis elétricos e híbridos.



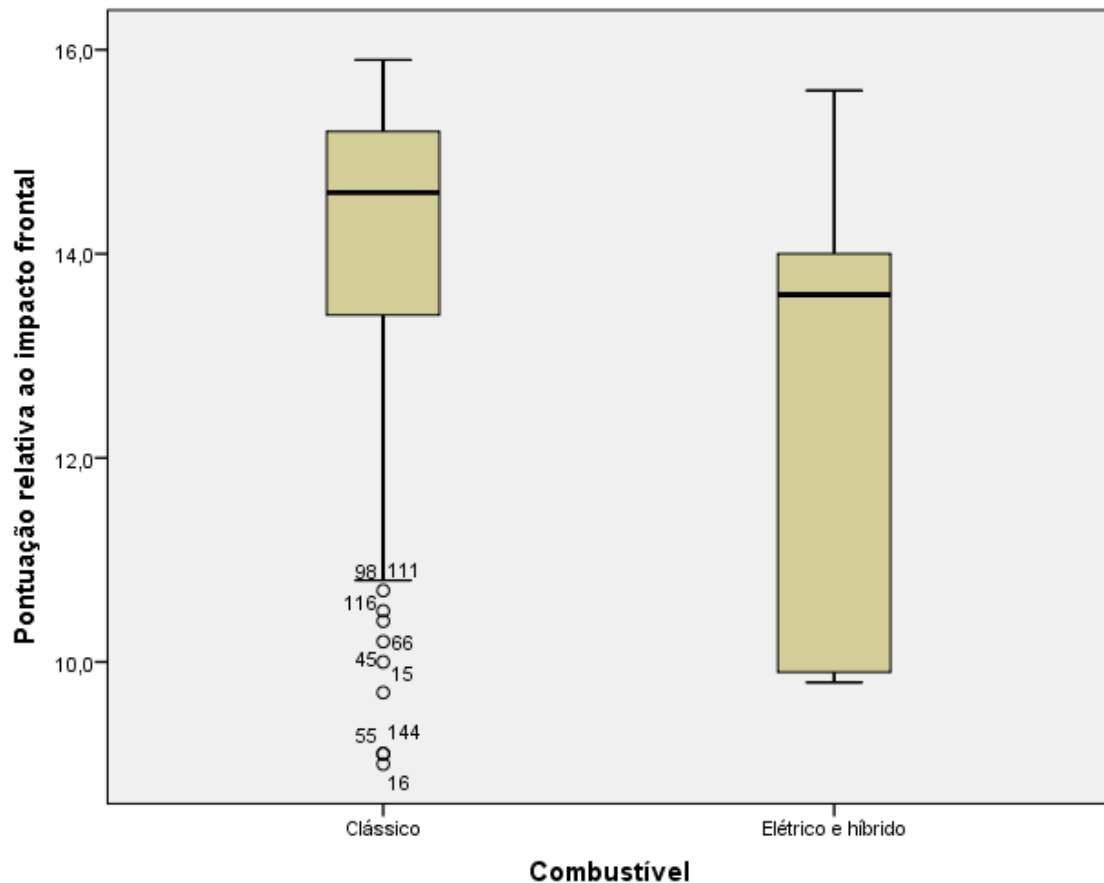


Figura 21: Pontuação relativa ao impacto frontal em automóveis de combustível clássico e elétricos e híbridos.

Tal como a Tabela 18, a Figura 21 evidencia a situação desfavorável dos automóveis de combustível elétrico e híbrido, quando confrontada com a pontuação obtida pelos automóveis de combustível clássico. Assim, é conveniente testar

$$H_0 : \mu_{\text{clássico}} - \mu_{\text{elétrico e híbrido}} = 0 \quad \text{vs.} \quad H_1 : \mu_{\text{clássico}} - \mu_{\text{elétrico e híbrido}} > 0.$$

Sendo este um teste unilateral, como as amostras apontam no sentido da hipótese alternativa, o valor do *p-value* é metade do valor obtido no teste bilateral,  $p\text{-value} = 0,019 : 2 = 0,0095$ , que, sendo inferior aos níveis usuais de significância, conduz à rejeição da hipótese nula e permite concluir que há evidência estatística de que a pontuação mediana relativa ao impacto frontal é mais elevada nos automóveis de combustível clássico.

É de realçar que foram testados 137 automóveis de combustível clássico e apenas 13 elétricos e híbridos, pelo que as conclusões aqui obtidas devem ser observadas com a devida prudência.

#### 4.4. Existem diferenças estatísticas significativas na segurança de ocupantes adultos nos quatro anos em estudo?

Dos quatro parâmetros avaliados pelo Euro NCAP, o teste de segurança de ocupantes adultos foi o único que não sofreu alterações nos quatro anos em estudo, tornando-se pertinente e de todo o interesse a comparação das pontuações obtidas pelos modelos avaliados nos quatro anos. Esta questão dá origem ao seguinte teste de hipóteses

$$H_0 : \mu_{2010} = \mu_{2011} = \mu_{2012} = \mu_{2013} = \mu \text{ vs. } H_1 : \mu_i \neq \mu,$$

pelo menos para um valor de  $i$  ( $i = 2010, 2011, 2012$  e  $2013$ ), onde  $\mu$  representa um parâmetro de localização da pontuação relativa à segurança de ocupantes adultos.

Mais uma vez, começa-se por testar a normalidade das populações de onde estas amostras aleatórias foram extraídas, de forma a escolher a metodologia a adotar.

**Tabela 20: Testes de normalidade (pontuação relativa à segurança de adultos).**

Ano		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	2010	,213	27	,003	,707	27	,000
	2011	,155	46	,007	,905	46	,001
	2012	,258	44	,000	,764	44	,000
	2013	,190	33	,004	,824	33	,000

a. Lilliefors Significance Correction

Tendo a amostra respeitante ao ano 2010 uma dimensão reduzida, deve interpretar-se o valor do *p-value* obtido no teste de *Shapiro-Wilk*, que conduz à rejeição da hipótese nula de normalidade para qualquer nível de significância usual. Para os restantes anos, o teste adequado é o de *Kolmogorov-Smirnov* que conduz também à rejeição da hipótese nula de normalidade.

Este pressuposto é corroborado pelos histogramas com as respetivas curvas normais (Figura 22). A mesma conclusão pode ser retirada a partir dos diagramas de extremos e quartis (Figura 10) e dos *Q-Q Plots* (Figura 23).

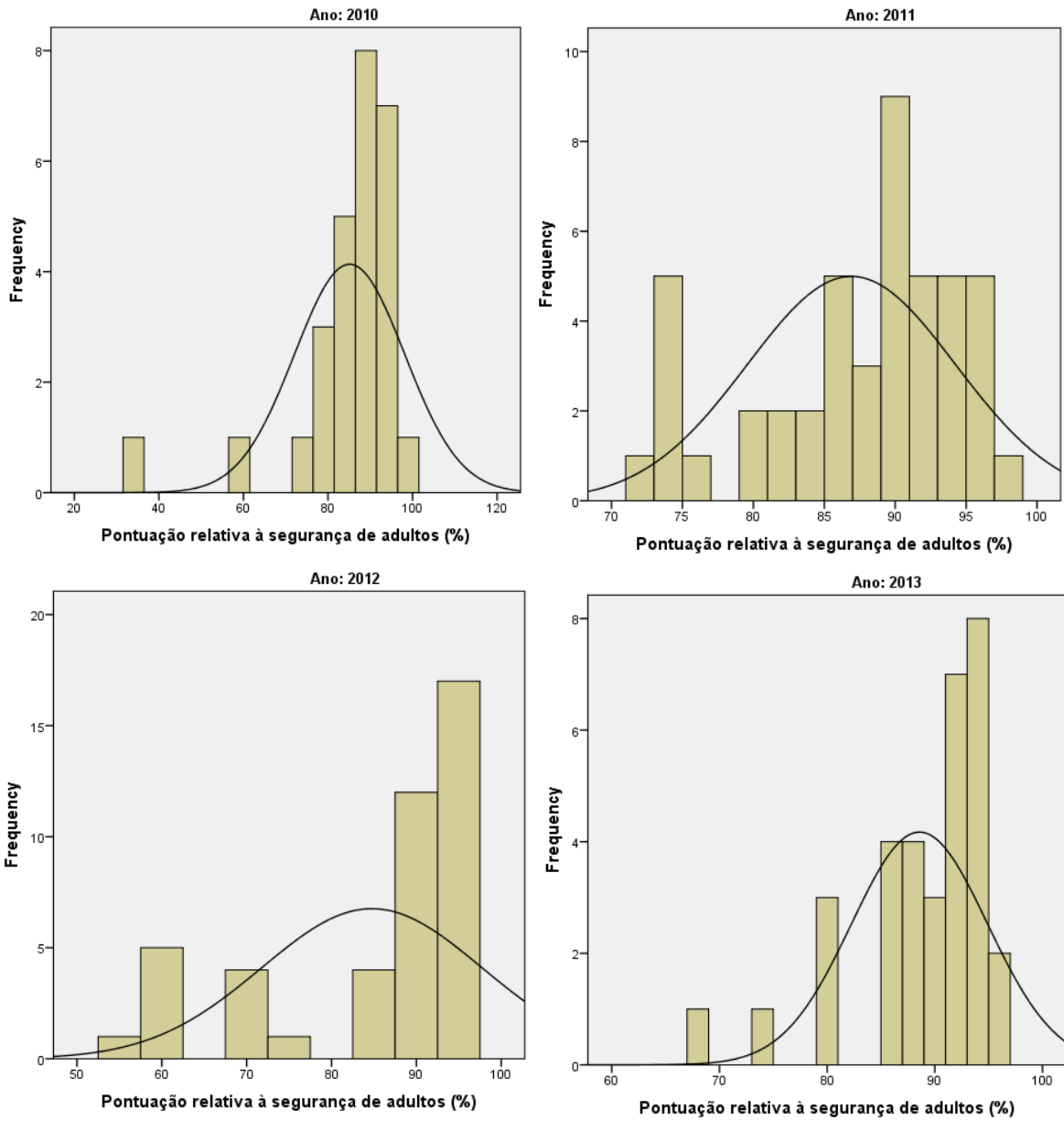
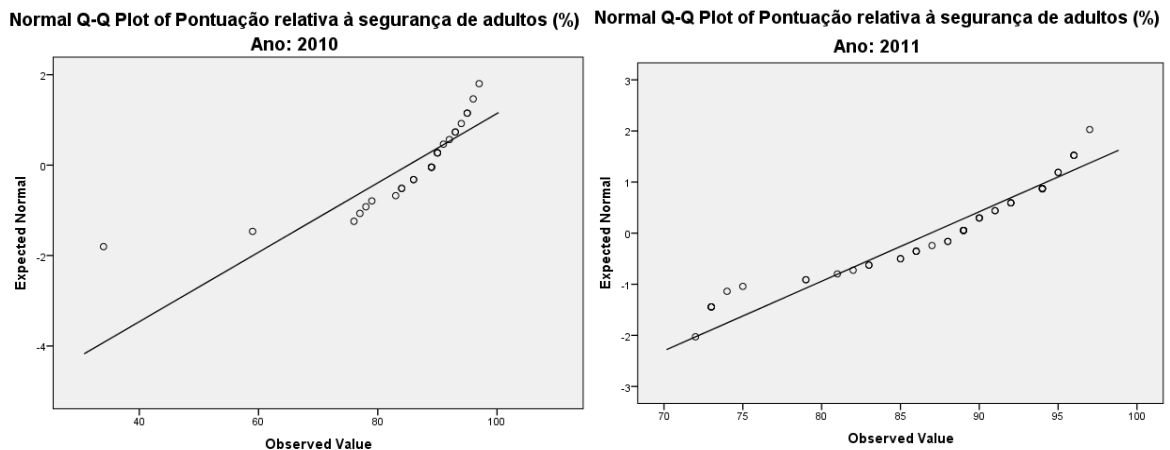


Figura 22: Histogramas e respectivas curvas normais da percentagem obtida para a proteção de adultos, por ano.



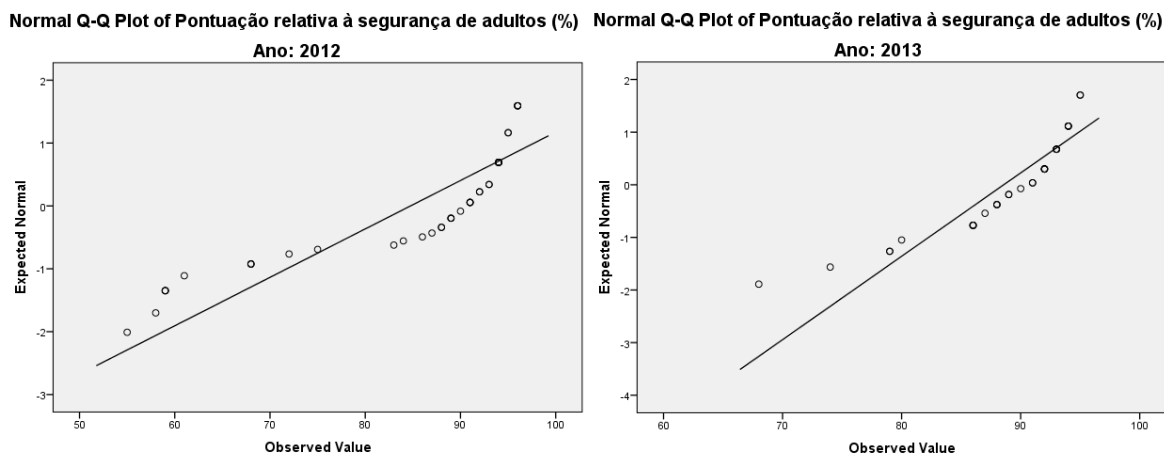


Figura 23: Normal Q-Q Plots da pontuação relativa à segurança de adultos nos quatro anos em estudo.

Uma vez que os dados contrariam fortemente a hipótese de normalidade, não estão reunidas as condições para aplicação de testes paramétricos, recorrendo-se, como alternativa, aos testes não paramétricos. Sendo o número de anos a comparar igual a quatro (quatro amostras independentes), o teste de *Kruskal-Wallis* é adequado a este estudo.

O teste de *Kruskal-Wallis* pode ser visto como uma generalização do teste U de *Mann-Whitney* e pode ser considerado como uma alternativa não paramétrica aos modelos ANOVA, sendo por isso também conhecido por *Kruskal-Wallis one way ANOVA* (Kruskal e Wallis, 1952), ou seja, permite detetar diferenças significativas entre os valores centrais de três ou mais populações, quando estas não são modeladas por uma distribuição normal.

Este teste pressupõe que as distribuições dos grupos são contínuas e apenas diferem na localização. O modelo pode escrever-se na forma

$$Y_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij}, \quad i = 1, \dots, g, \quad j = 1, \dots, n_j,$$

onde os erros  $\varepsilon_{ij}$  são v.a.'s contínuas com a mesma distribuição e  $\mu_i$  representa a mediana do grupo  $i$ .

O procedimento do teste de *Kruskal-Wallis* pode ser resumido da seguinte forma:

- 1) Ordenar as observações das diferentes amostras num único grupo atribuindo-lhes ordens, mas mantendo a informação da amostra de origem;
- 2) Calcular  $R_i$  de cada amostra (soma das ordens);
- 3) Calcular o valor da estatística do teste.

A estatística de teste é dada por

$$T = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^g \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N-1),$$

onde  $N = \sum_{i=1}^g n_i$  representa o total de observações envolvidas no estudo. Sob determinadas condições (Hall *et al.*, 2011, p. 256), a estatística de teste  $T$  possui distribuição (aproximada)  $\chi^2$  com  $g-1$  graus de liberdade.

Se houver observações repetidas, atribui-se a ordem média às observações empatadas e a estatística de teste passa a ter a seguinte expressão

$$T = \frac{1}{S^2} \left( \sum_{i=1}^g \frac{R_i^2}{n_i} - \frac{N(N+1)^2}{4} \right),$$

onde  $S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} R_{ij}^2 - \frac{N(N+1)^2}{4}$  e  $R_{ij}$  representa a ordem da observação  $Y_{ij}$ .

Mais detalhes podem ser consultados em Hall *et al.* (2011), pp. 255-258 e em Afonso e Nunes (2011), pp. 392-396.

Segue-se a aplicação do teste de *Kruskal-Wallis* para testar se existem diferenças estatísticas significativas nas medianas populacionais da variável pontuação relativa à segurança de adultos, nos quatro anos em estudo.

**Tabela 21: Teste de *Kruskal-Wallis* (pontuação relativa à segurança de adultos).**

	Ano	N	Mean Rank
Pontuação relativa à segurança de adultos (%)	2010	27	71,80
	2011	46	72,29
	2012	44	77,69
	2013	33	80,08
	Total	150	

**Tabela 22: Teste de *Kruskal-Wallis* (pontuação relativa à segurança de adultos).**

	Pontuação relativa à segurança de adultos (%)
Chi-Square	,929
df	3
Asymp. Sig.	,818

Da análise do teste de *Kruskal-Wallis* conclui-se que as medianas da pontuação obtida na segurança de adultos, para os modelos de automóveis lançados na Europa entre 2010 e 2013, não são consideradas significativamente diferentes nos quatro anos em estudo, uma vez que o *p-value* assintótico do teste (0,818) na Tabela 22 é superior aos níveis de significância usuais, não havendo portanto razões para rejeitar a hipótese nula de igualdade de medianas populacionais. Os diagramas de extremos e quartis da pontuação relativa à segurança de adultos (Figura 10), onde se observa a pouca oscilação dos valores centrais das amostras, já deixavam antever este desfecho na análise inferencial.

#### 4.5. Existem diferenças estatísticas significativas entre as classes de automóvel mais vendidas no que concerne à proteção em embates frontais?

O embate frontal é uma configuração de acidente frequente e muitas vezes com graves consequências. Comparar a pontuação obtida na proteção em embates frontais entre as diferentes classes de automóvel é certamente do interesse de muitos automobilistas. No entanto, nestes quatro anos em estudo, existem classes com poucos modelos testados, como é o caso das *Pick-up* com apenas três modelos avaliados. Assim, optou-se por fazer o estudo com as classes onde foram testados 20 ou mais modelos. Para tal foram consideradas as seguintes hipóteses, nula e alternativa, respetivamente

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu \text{ vs. } H_1 : \mu_i \neq \mu,$$

pelo menos para um valor de  $i$  ( $i = 1, 2, 3$  e  $4$ ), onde  $\mu$  representa um parâmetro de localização da pontuação relativa a embates frontais e  $i$  identifica a classe considerada, sendo

- 1-Supermini,
- 2-Small Family Car,
- 3-Small MPV,
- 4-Small off-road 4x4.

Para definir a metodologia adequada à realização do teste de hipóteses anterior, averigua-se a normalidade das populações em estudo recorrendo aos testes usuais de normalidade (*Kolmogorov-Smirnov* com correção de Lilliefors e *Shapiro-Wilk*) e a diagramas de extremos e quartis.

**Tabela 23: Testes de normalidade (pontuação relativa ao impacto frontal).**

Classe do automóvel		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pontuação relativa ao impacto frontal	Supermini	,202	29	,004	,869	29	,002
	Small Family Car	,245	41	,000	,709	41	,000
	Small MPV	,175	21	,091	,880	21	,015
	Small off-road 4x4	,173	20	,118	,860	20	,008

a. Lilliefors Significance Correction

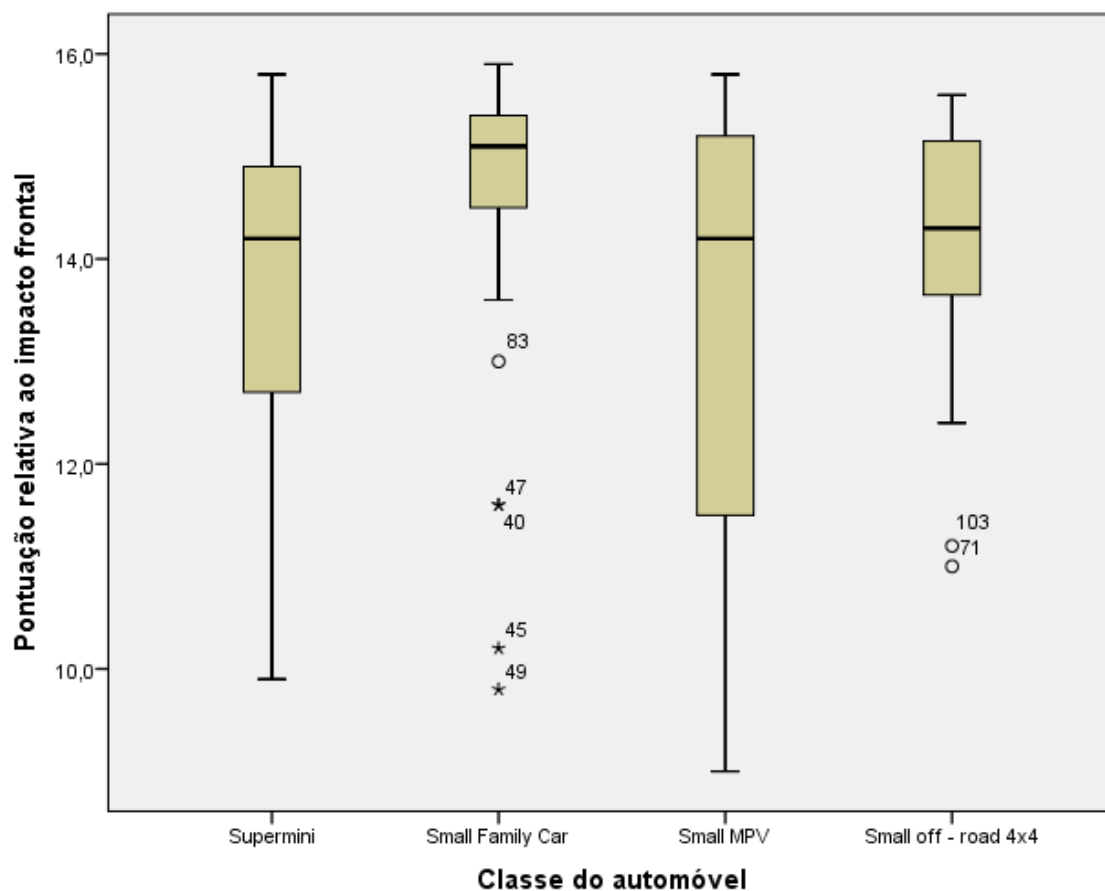


Figura 24: Pontuação relativa ao impacto frontal, por classe.

A inexistência de simetria nos *boxplots* comparativos da Figura 24 sugere a ausência de normalidade das respectivas populações em estudo, mas esta conjectura carece de uma análise estatística mais rigorosa através de testes de normalidade. Com base na informação da Tabela 23 e aos níveis usuais de significância, verifica-se que os testes de ajustamento conduzem à rejeição das hipóteses nulas de normalidade de cada uma das populações em estudo (à exceção da classe *Small MPV* para  $\alpha = 1\%$ ), corroborando assim a suspeita inicial.

Uma vez que a hipótese de normalidade não é suportada pelas análises anteriores, realiza-se o teste para comparação de localizações centrais em contexto não paramétrico, sendo escolhido o teste de *Kruskal-Wallis* para esse efeito.



**Tabela 24: Teste de *Kruskal-Wallis* (pontuação relativa ao impacto frontal).**

	Classe do automóvel	N	Mean Rank
Pontuação relativa ao impacto frontal	Supermini	29	46,43
	Small Family Car	41	68,62
	Small MPV	21	48,57
	Small off-road 4x4	20	51,80
	Total	111	

**Tabela 25: Teste de *Kruskal-Wallis* (pontuação relativa ao impacto frontal).**

	Pontuação relativa ao impacto frontal
Chi-Square	10,349
df	3
Asymp. Sig.	,016

Consultando a Tabela 25 e atendendo ao valor do *p-value* assintótico do teste de *Kruskal-Wallis* (0,016), existem duas conclusões possíveis: para os níveis de significância superiores ou iguais a 1,6% (onde se incluem os usuais 5% e 10%) e para os níveis de significância inferiores a 1,6% (onde se inclui o usual 1%).

No primeiro caso, rejeita-se a hipótese nula de igualdade de medianas populacionais da pontuação relativa ao impacto frontal nas quatro classes em estudo, enquanto que no segundo caso não se rejeita a hipótese nula, ou seja, não há razões para acreditar em diferenças estatísticas significativas nas medianas populacionais da pontuação relativa ao impacto frontal entre as diferentes classes. Esta duplicidade de conclusões em função do nível de significância assumido sugere precaução na observação da respetiva conclusão considerada.

#### **4.6. É possível estabelecer um modelo de regressão linear para quantificar a influência dos quatro principais indicadores de segurança (adultos, crianças, peões e equipamentos) sobre o preço dos automóveis da classe *Supermini* em Portugal?**

De uma forma sucinta, a análise de regressão é uma técnica que permite estudar a dependência de uma variável em função de uma ou mais variáveis. O termo “regressão” foi utilizado pela primeira vez por Francis Galton num estudo sobre a altura de pais e respetivos filhos, onde demonstrou que a altura dos filhos tende a deslocar-se ou a “regredir” para a média da população. Mais tarde, Karl Pearson confirmou a lei de regressão de Galton ao verificar, tendo por base mil registos de alturas de indivíduos, que a altura média dos filhos de um grupo de pais altos era inferior à altura de seus pais e que a altura média dos filhos de um grupo de pais baixos era superior à altura de seus pais (Maroco, 2010, Cap. 14; Murteira *et al.*, 2010, Cap. 10).

Entre os vários tipos de relações que se podem estabelecer, encontra-se a regressão linear que permite estudar a dependência de uma variável, a variável dependente, em relação a uma (Modelo de Regressão Simples) ou mais (Modelo de Regressão Múltipla) variáveis, as variáveis explicativas ou regressores, através de um modelo linear. No entanto, é de referir que quando se demonstra que a variação de uma variável está associada à variação da(s) outra(s), pode dizer-se que as variáveis estão correlacionadas, mas isso não significa que tenham uma relação de causa-efeito.

Na tentativa de estabelecer um modelo de regressão linear para quantificar a influência dos quatro principais indicadores de segurança sobre o preço dos automóveis da classe mencionada, assume-se o seguinte modelo de regressão teórico

$$y_i = b_0 + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + b_3x_{3i} + b_4x_{4i} + e_i,$$

$i = 1, 2, \dots, 29$ , no qual,

$y$  representa a variável preço (em milhares de euros);

$x_1$  representa a pontuação relativa à segurança de adultos;

$x_2$  representa a pontuação relativa à segurança de crianças;

$x_3$  representa a pontuação relativa à segurança de peões;

$x_4$  representa a pontuação relativa a equipamentos de segurança.

Na verificação dos pressupostos do modelo de regressão linear constatou-se que um deles é violado: a ausência de colinearidade. Como o número de condição (rácio entre o maior e o menor valor singular da matriz dos regressores) é elevadíssimo ( $\approx 2400$ ), elege-se o método da máxima entropia generalizada (Golan *et al.*, 1996) para estimar o modelo, em detrimento do método dos mínimos quadrados.

O conceito de “entropia” foi introduzido no século XIX no âmbito da termodinâmica. Mais tarde, a noção de entropia ressurge com outra interpretação na área das telecomunicações por Shannon (1948), hoje considerado por muitos como o fundador da teoria da informação. Esta noção de entropia como medida de informação ou incerteza é hoje usada em variadíssimas áreas científicas. Na aplicação e desenvolvimento da entropia e suas variantes são de realçar as noções de incerteza, de informação e de "distância" ou "divergência" entre distribuições de probabilidade como principais tópicos no desenvolvimento da inferência estatística. O princípio de máxima entropia (e suas generalizações) é particularmente útil na estimação de problemas mal-postos. Recomenda-se a leitura de Dionísio *et al.* (2006), Eruygun (2005), Jaynes (2003) e Mittelhammer *et al.* (2013) para detalhes adicionais sobre este tema.

Para avaliar a estabilidade do estimador de máxima entropia generalizada e, assim, refutar uma das suas principais críticas, foram testados diferentes suportes para os parâmetros do modelo, tendo-se verificado alguma sensibilidade, somente, nas estimativas obtidas para a constante do modelo de regressão. Com base nesta análise preliminar, foi considerado para todos os parâmetros do modelo o suporte  $[-100, -50, 0, 50, 100]$  e, recorrendo à regra  $3\sigma$  e ao desvio padrão da variável dependente, o suporte considerado para os erros foi  $[-18, -9, 0, 9, 18]$ .

A tabela seguinte apresenta as estimativas obtidas e os intervalos de confiança (método do percentil com reamostragem dos resíduos em 10000 iterações) para os parâmetros do modelo.

**Tabela 26: Estimativas e intervalos de confiança para os parâmetros do modelo.**

$\hat{b}_0 \approx 4.72$	$IC_{95\%}(b_0) \approx (-8.45, 20.61)$
$\hat{b}_1 \approx -0.28$	$IC_{95\%}(b_1) \approx (-0.54, -0.02)$
$\hat{b}_2 \approx 0.24$	$IC_{95\%}(b_2) \approx (-0.08, 0.55)$
$\hat{b}_3 \approx 0.08$	$IC_{95\%}(b_3) \approx (-0.14, 0.31)$
$\hat{b}_4 \approx 0.15$	$IC_{95\%}(b_4) \approx (0.01, 0.28)$

Uma primeira conclusão é a de que somente 20% da variabilidade da variável preço em torno da sua média é explicada pelo modelo estimado. Este é um valor reduzido e que reflete a pouca influência destas variáveis de segurança na definição do preço dos automóveis na classe *Supermini* em Portugal (com base nesta amostra e modelo de regressão aqui assumido). Esta informação relativa ao coeficiente de determinação é corroborada pelo valor da entropia normalizada próximo de um.

Uma segunda ilação é a de que, ao nível de significância de 5%, somente os coeficientes  $b_1$  e  $b_4$  podem ser considerados estatisticamente significativos, ou seja, significativamente diferentes de zero. Isto significa que, com base nesta amostra e ao nível de significância de 5%, a variável preço depende linearmente apenas das variáveis “Pontuação relativa à segurança de adultos” e “Pontuação relativa aos equipamentos de segurança”, ou seja, somente estas variáveis são relevantes no modelo de regressão especificado.

Por último, e como conclusões finais, duas surpresas: a primeira, pelo facto dos indicadores de segurança relativos a crianças e peões não serem, segundo este modelo e com base nesta amostra, relevantes na definição do preço desta classe de automóveis; a segunda reside no sinal do coeficiente  $b_1$ , pois o sinal negativo estimado indica que, em média, um aumento da pontuação relativa à segurança de adultos conduz a uma diminuição do preço dos automóveis desta classe (*ceteris paribus*).

É importante aqui relembrar que o *site* do Euro NCAP nem sempre disponibiliza a especificação completa de todos os automóveis, pelo que, tal como referido no Capítulo 2, nestes casos foi considerado o preço final mais baixo do modelo em causa. Esta limitação do estudo pode influenciar a análise deste modelo de regressão, pelo que as conclusões aqui apresentadas devem ser observadas com prudência.

#### 4.7. Pode assumir-se que as variáveis classe do automóvel e número de estrelas alcançadas nos testes Euro NCAP são independentes?

Para responder a esta questão foram excluídos da análise os automóveis classificados com duas ou três estrelas uma vez que, na amostra estudada, existem poucos automóveis nestas condições (3 e 11 automóveis, respetivamente). Para além desta exclusão, procedeu-se a uma redefinição nas classes dos automóveis, onde “Pequeno” inclui as classes originais *Supermini* e *Small Family Car*, “Grande” inclui *Large Family Car*, *Executive* e *Business and Family Vans*, “MPV” inclui *Small MPV* e *Large MPV* e, finalmente, “Off-road” inclui as três classes originais *Small off-road*, *Large off-road* e *Pick-up*.

O teste de independência do Qui-Quadrado é útil, por exemplo, quando se pretende averiguar a eventual existência de associação entre dois atributos, sendo portanto adequado a esta situação em estudo. Usualmente, os dados são organizados em tabelas de contingência.

A estatística de teste é dada por

$$X^2 = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^C \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}},$$

onde

$C$  é o número de colunas da tabela de contingência;

$L$  é o número de linhas da tabela de contingência;

$O_{ij}$  representa a frequência observada;

$E_{ij}$  representa a frequência esperada, pelo que  $E_{ij} = \frac{L_i \times C_j}{N}$ , em que  $L_i$  e  $C_j$  se referem aos totais das linhas e colunas, respetivamente.

A estatística de teste  $X^2$  tem distribuição assintótica  $\chi^2$  com  $(L-1)(C-1)$  graus de liberdade. Detalhes adicionais deste tema podem ser consultados em Murteira *et al.* (2010), pp. 469-479, em Maroco (2010), pp. 103-108 e em Keller (2009), Cap. 15.

As tabelas seguintes contêm a informação cruzada das variáveis consideradas e os resultados do teste do Qui-Quadrado.

**Tabela 27: Tabela de contingência.**

		Número de estrelas alcançadas		Total
		4 estrelas	5 estrelas	
Classe do automóvel	Pequeno	14	52	66
	Grande	6	16	22
	MPV	4	18	22
	Off-road	5	21	26
	Total	29	107	136

**Tabela 28: Tabela de contingência.**

		Número de estrelas alcançadas		Total	
		4 estrelas	5 estrelas		
Classe do automóvel	Pequeno	Count	14	52	66
		Expected Count	14,1	51,9	66,0
		Residual	-,1	,1	
		Adjusted Residual	,0	,0	
	Grande	Count	6	16	22
		Expected Count	4,7	17,3	22,0
		Residual	1,3	-1,3	
		Adjusted Residual	,7	-,7	
	MPV	Count	4	18	22
		Expected Count	4,7	17,3	22,0
		Residual	-,7	,7	
		Adjusted Residual	-,4	,4	
	Off-road	Count	5	21	26
		Expected Count	5,5	20,5	26,0
		Residual	-,5	,5	
		Adjusted Residual	-,3	,3	
Total	Count	29	107	136	
	Expected Count	29,0	107,0	136,0	

Tabela 29: Teste do Qui-Quadrado.			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	,662 <sup>a</sup>	3	,882
Likelihood Ratio	,641	3	,887
Linear-by-Linear Association	,090	1	,764
N of Valid Cases	136		

a. 2 cells (25,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 4,69.

As hipóteses em teste, subjacentes à questão formulada, são

$$H_0: p_{ij} = p_i \cdot p_j, \forall (i, j) \text{ vs. } H_1: p_{ij} \neq p_i \cdot p_j,$$

para algum par  $(i, j)$ , onde  $p_{ij}$  é a probabilidade da célula  $(L_i, C_j)$ ,  $p_i$  e  $p_j$  são as respetivas probabilidades marginais, considerando a classificação na população. O valor elevado do *p-value* ( $\approx 0.882$ ) sustenta a hipótese de independência entre as variáveis estudadas. Assim, com base nesta amostra, pode assumir-se a inexistência de associação, na população em estudo, entre a classe do automóvel e o número de estrelas alcançadas nos testes do Euro NCAP. Esta é, de algum modo, uma conclusão surpreendente, uma vez que subsiste frequentemente na opinião pública a ideia de que os automóveis “pequenos” são menos seguros. Naturalmente que o conceito de “segurança” é aqui aferido somente pelo número de estrelas alcançadas nos testes do Euro NCAP.

Como nota final refere-se apenas que, não obstante existirem duas células com frequências esperadas inferiores a 5, considera-se válido o teste do Qui-Quadrado.

## Conclusão

O grande aumento da circulação automóvel e da sinistralidade motivou a análise estatística realizada neste trabalho aos testes de segurança automóvel do Euro NCAP. Recorrendo a métodos estatísticos adequados, este trabalho tenta dar resposta a algumas questões relacionadas com a segurança dos automóveis.

É surpreendente a complexidade do tema e a quantidade de informação existente, as inúmeras estatísticas sobre segurança rodoviária e os vários artigos que comparam os resultados do Euro NCAP com o que acontece na vida real. No entanto, existe pouca informação em língua portuguesa quando comparada com a disponível em língua inglesa, o que dificultou a compreensão de alguns termos técnicos do mundo automóvel e tornou a execução deste trabalho mais morosa. O processo de importação de dados do *site* do Euro NCAP para o SPSS foi também um processo moroso. Os conhecimentos prévios sobre estatística e a capacidade de tratar informação adquiridos ao longo do curso, complementados com a muita pesquisa que permitiu aprofundar e assimilar novos conhecimentos, tiveram grande valor na elaboração desta dissertação. Apesar de todo o esforço exigido, a sua realização foi gratificante e enriquecedora.

Com base na revisão da literatura, na amostra em estudo e de acordo com a análise estatística efetuada, de uma forma sucinta, conclui-se que:

- as médias populacionais da pontuação obtida na área da segurança de peões são consideradas significativamente diferentes nos anos de 2010 e 2011, sendo possível inferir que a pontuação média populacional de 2010 é superior à pontuação média populacional de 2011;

- em termos de localização central, não há razões para acreditar em diferenças estatísticas significativas na pontuação relativa ao impacto frontal nas marcas *Citroën*, *VW* e *Mercedes-Benz*;

- a pontuação mediana relativa ao impacto frontal na população estudada é mais elevada nos automóveis de combustível clássico do que nos automóveis elétricos e híbridos;



- não há evidência estatística para acreditar em diferenças significativas nas medianas populacionais das pontuações obtidas na segurança de adultos nos quatro anos em estudo;

- para níveis de significância superiores ou iguais a 1,6%, rejeita-se a hipótese de igualdade de medianas populacionais da pontuação obtida no impacto frontal nas quatro classes em estudo (*Supermini, Small Family Car, Small MPV, Small off-road 4x4*);

- das quatro principais variáveis de segurança, o preço dos automóveis em Portugal na classe *Supermini* depende linearmente apenas das variáveis relativas à segurança de adultos e aos equipamentos de segurança;

- não há relação entre a classe do automóvel e a segurança (aferida através da classificação em estrelas disponibilizada pelo Euro NCAP).

A segurança automóvel está, felizmente, em constante desenvolvimento. Atualmente, os novos carros são muito mais seguros do que eram há uma década atrás e continuarão certamente a sê-lo cada vez mais.

Dada a potencialidade do tema, relativamente a investigação futura decorrente das características deste estudo que envolvem, por um lado, o tipo de problema abordado e, por outro lado, as suas limitações, há linhas de investigação que se deixam em aberto e que se julga útil referir. Assim, para trabalhos futuros sugere-se:

- o estudo da relação entre o preço (antes e após impostos) e a segurança dos veículos para as diversas classes;

- o estudo da relação entre o peso e a prestação dos veículos nos vários impactos;

- a repetição dos estudos que envolvam automóveis de combustível elétrico ou híbrido (uma vez que até à data da recolha de dados para este trabalho, o Euro NCAP tinha avaliado apenas 13 automóveis com essas características).

Salienta-se a expectativa de que este trabalho possa, de algum modo, contribuir para um melhor conhecimento das estatísticas relativas a algumas questões de segurança automóvel, sensibilizar e alertar para a importância da escolha de um automóvel seguro.

No final, a satisfação por poder compreender melhor os percursos do passado e os caminhos que se abrem no presente, para construir um futuro onde a morte nas estradas deixe de acontecer.

## Bibliografia

**Afonso, A. e Nunes, C.** (2011), *Estatística e Probabilidades*, Escolar Editora, Lisboa.

**ANSR**, Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, disponível em <http://www.ansr.pt>; consultado a 1 de junho de 2014.

**Campos, A.** (2014), Mortes nas estradas diminuem, mas Portugal continua acima da média da União Europeia, *Público*, consultado a 27 de Setembro de 2014 em <http://www.publico.pt/sociedade/noticia/mortes-nas-estradas-diminuem-mas-portugal-continua-acima-da-media-da-uniao-europeia-1630457>.

**Coelho, J., Cunha, L. e Martins, I.** (2008), *Inferência Estatística*, Edições Sílabo, Lisboa.

**Dionísio, A., Menezes, R. e Mendes, D.** (2006), *O princípio da entropia máxima*, Edições Sílabo, Lisboa.

**Eruygur, H.** (2005), Generalized maximum entropy (GME) estimator: formulation and a monte carlo study, *Munich Personal RePEc Archive*, consultado a 2 de junho de 2014 em <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/12459/>.

**Euro NCAP**, European New Car Assessment Programme, disponível em <http://www.euroncap.com>; consultado entre novembro de 2013 e setembro de 2014.

**Fails, A. e Minton, R.** (2001), Comparison of Euro NCAP assessments with injury causation in accidents, 319, *NHTSA, national highway traffic safety administration*, consultado a 1 de Setembro de 2014 em <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv17/Proceed/00034.pdf>.

**Fisher, R. A.** (1935), The Logic of Inductive Inference, *Journal of the Royal Statistical Society*, 98(1): 39-82.

**Golan, A., Judge, G. e Miller, D.** (1996), *Maximum Entropy Econometrics: Robust Estimation with Limited Data*, John Wiley & Sons, Chichester.

**Guimarães, R. C. e Cabral, J. A.** (1997), *Estatística*, Mc Graw Hill, Lisboa.

**Hall, A., Neves, C. e Pereira, A.** (2011), *Grande Maratona de Estatística no SPSS*, Escolar Editora, Lisboa.

**Jaynes, E. T.** (2003), *Probability Theory - The Logic of Science*, Cambridge University Press, Cambridge.

**Keller, G.** (2009), *Managerial Statistics Abreviated*, 8th edition, Cengage Learning, Toronto.

**Kruskal, W. H. e Wallis W. A.** (1952), Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis, *Journal of the American Statistical Association*, 47(260): 583-621.

**Kullgren, A., Lie, A. e Tingvall, C.** (2010), Comparison between Euro NCAP test results and real-world crash data, *Traffic Injury Prevention*, 11(6): 587-93.

**Laureano, R. e Botelho, M.** (2010), *SPSS - O meu manual de consulta rápida*, 1ª Edição, Edições Sílabo, Lisboa.

**Lie, A., Kullgren, A. e Tingvall, C.** (2001), Comparison of Euro NCAP test results with Folksam car model safety ratings, 277, *Euro NCAP*, consultado a 1 de Setembro de 2014 em [http://www.euroncap.com/files/ESV\\_paper\\_2001---57a2e10b-23a9-4ffb-88e5-a17b21f8923c.pdf](http://www.euroncap.com/files/ESV_paper_2001---57a2e10b-23a9-4ffb-88e5-a17b21f8923c.pdf).

**Lie, A. e Tingvall, C.** (2002), How do Euro NCAP results correlate with real-life injury risks? A paired comparison study of car-to-car crashes, *Traffic Injury Prevention*, 3: 288-293.

**Lilliefors, H. W.** (1967), On the Kolmogorov-Smirnov Test for Normality with Mean and Variance Unknown, *Journal of the American Statistical Association*, 62(318): 399-402.

**Mann, H. B. e Whitney, D. R.** (1947), On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other, *The Annals of Mathematical Statistics*, 18(1): 50-60.

**Maroco, J.** (2010), *Análise Estatística com utilização do SPSS*, 3ª Edição, Edições Sílabo, Lisboa.

**Minton, R., Murray, P., Stephenson, W. e Galasko, C. S. B.** (2000), Whiplash Injury - are current head restraints doing their job?, *Accident Analysis & Prevention*, 32(2): 177-185.

**Mittelhammer, R., Cardell, N. e Marsh, T.** (2013), The Data-Constrained Generalized Maximum Entropy Estimator of the GLM: Asymptotic Theory and Inference, *Entropy*, 15: 1756-1775.

**Morais, V. e Vieira, C.** (2006), *MATLAB 7&6*, FCA - Editora de Informática, Lisboa.

**Murteira, B., Ribeiro, C. S., Silva, J. A. e Pimenta, C.** (2010), *Introdução à Estatística*, Escolar Editora, Lisboa.

**Ratingen, M., Ellway, J., Avery, M., Gloyns, P., Sandner, V. e Versmissen, T.** (2009), The Euro NCAP Whiplash test, 09-0231, *Euro NCAP*, consultado a 2 de Setembro de 2014 em [http://www.euroncap.com/files/Paper\\_09-0231---0-155567f6-80a9-4d6d-91b6-e1ca2656b132.pdf](http://www.euroncap.com/files/Paper_09-0231---0-155567f6-80a9-4d6d-91b6-e1ca2656b132.pdf).

**Serrano, A.** (2014), Novas estatísticas de testes de segurança levantam a questão: O que faz os carros serem seguros?, *Circula Seguro*, consultado a 29 de agosto de 2014 em <http://www.circulaseguro.pt/estatisticas/novas-estatisticas-de-testes-de-seguranca-levantam-questao-o-que-faz-os-carros-serem-seguros>.

**Shannon, C. E.** (1948), A mathematical theory of communication, *The Bell System Technical Journal*, 27(3): 379-423.

**Shapiro, S. S. e Wilk, M. B.** (1965), An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples), *Biometrika*, 52(3/4): 591-611.

**Watanabe, Y., Ichikawa, H., Kayama, O., Ono, K., Keneoka, K. e Inami, S.** (2000), Influence of seat characteristics on occupant motion in low rear-end impacts, *Accident Analysis & Prevention*, 32(2): 243-250.

**Wilcoxon, F.** (1945), Individual comparisons by ranking methods, *Biometrics Bulletin*, 1(6): 80-83.

## Anexo – Base de dados

IDCarro	Class a)	Make b)	Model	InfoModel	Stars	Fuel c)	AdultOccupant	ChildOccupant	Pedestrian	SafetyAssist	FrontallImpact	SideImpactCar	SideImpactPole	RearImpact	Ano	Preço
1	1	1	A1	1.2 TFSI Ambition LHD	5	1	90	79	49	86	14,9	6,9	7,5	2,9	2010	19188
2	1	2	Nemo	1.4 Hdi Combi Confort LHD	3	1	59	74	55	29	12,4	7,9	0,0	1,0	2010	18601
3	1	3	Micra	1.2 Visia LHD	4	1	84	79	58	57	12,7	7,7	7,1	2,7	2010	12250
4	1	4	Swift	1.2 GL LHD	5	1	94	82	62	71	15,7	7,9	7,3	3,1	2010	11950
5	2	5	Giulietta	1.6 LT JTD Distinctive LHD	5	1	97	85	63	86	15,4	8,0	7,9	3,4	2010	26377
6	2	2	C4	1.6 Hdi LHD	5	1	90	85	43	97	15,2	7,8	6,5	2,8	2010	23350
7	2	6	CR-Z	1.5l petrol electric hybrid	5	1	93	80	71	86	14,6	8,0	7,9	3,1	2010	26400
8	3	7	Exeo	1.6 Reference LHD	4	1	77	81	50	57	10,9	8,0	6,5	2,4	2010	---
9	3	8	Passat	1.9 diesel 'Trendline' LHD	4	1	91	77	54	71	14,0	8,0	7,3	3,3	2010	---
10	4	9	5 series	530 d, LHD	5	1	95	83	78	100	15,5	8,0	7,4	3,3	2010	73494
11	4	10	XF	3.0 diesel 'Premium Luxury' RHD	4	1	78	65	43	71	12,4	8,0	5,6	2,2	2010	80595
12	4	11	E-Class	CDI 'Avantgarde' LHD	5	1	86	77	59	86	13,9	8,0	6,7	2,5	2010	---
13	5	12	C-Max	1.6 TDCI 'Trend' LHD	5	1	92	83	50	71	14,4	8,0	7,1	3,7	2010	27035
14	5	12	Grand C-MAX	1.6 TDCI 'Trend' LHD	5	1	95	81	50	71	15,5	8,0	7,4	3,7	2010	28935
15	5	13	Venga	1.4 GLS, LHD	4	1	79	66	64	71	9,7	8,0	7,2	3,4	2010	---
16	5	14	CV9	2.0 LHD	2	1	34	45	31	29	9,0	3,4	0,0	0,0	2010	---
17	5	15	Countryman	1.6 diesel RHD	5	1	84	83	63	71	11,9	8,0	6,9	3,4	2010	---
18	5	3	Cube	1.6 'look', zen'Pack LHD	4	1	83	64	56	84	12,4	8,0	6,8	2,7	2010	---
19	5	16	Meriva	1.4 'Enjoy' LHD	5	1	89	77	55	86	14,2	8,0	6,5	3,3	2010	20620
20	5	17	Verso	2.0 D-4D mid grade LHD	5	1	89	75	69	86	14,9	8,0	6,8	2,2	2010	---
21	6	8	Sharan	2.0 diesel 'Trendline' LHD	5	1	96	80	46	71	15,4	8,0	7,5	3,6	2010	39235
22	7	13	Venga	1.4 GLS, LHD	5	1	89	85	64	71	13,5	8,0	7,2	3,4	2010	---
23	7	18	ix35	2.0 diesel 'style' LHD	5	1	90	88	54	71	15,2	7,5	6,6	3,0	2010	---

24	7	13	Sportage	2.0 diesel Ex LHD	5	1	93	86	49	86	15,1	8,0	7,0	3,2	2010	---
25	7	19	CX-7	2.2 diesel RHD	4	1	76	79	43	71	13,7	8,0	5,8	0,0	2010	---
26	7	11	Benz GLK	CDI base grade LHD	5	1	89	76	47	86	14,3	8,0	7,3	2,4	2010	---
27	9	8	Amorok	2.0 diesel LHD	4	1	86	64	47	57	14,0	8,0	6,0	2,8	2010	---
28	1	20	Aveo	1.2 lt LHD	5	1	95	87	54	93	15,4	8,0	7,8	3,1	2011	13900
29	1	2	C-zero	electric	4	2	73	78	48	86	9,9	7,0	6,0	3,3	2011	31098
30	1	21	Panda	1.2 `Easy` LHD	4	1	82	63	49	43	13,8	7,0	5,9	2,9	2011	11100
31	1	13	Picanto	1.0 Lx LHD	4	1	86	83	47	43	15,1	7,1	6,4	2,2	2011	9330
32	1	13	Rio	1.2 GLS LHD	5	1	92	84	46	86	15,0	7,5	7,4	3,3	2011	13700
33	1	22	i-MiEV	LHD	4	2	73	78	48	86	9,9	7,0	6,0	3,3	2011	27500
34	1	3	Juke	1.6 Acenta LHD	5	1	87	81	41	71	13,7	7,7	7,4	2,7	2011	19650
35	1	28	ion	electric	4	2	73	78	48	86	9,9	7,0	6,0	3,3	2011	30751
36	1	7	Mii up!	1,0 LHD	5	1	89	80	46	86	14,2	7,1	7,3	3,4	2011	9950
37	1	34	Citigo	1.0 LHD	5	1	89	80	46	86	14,2	7,1	7,3	3,4	2011	9983
38	1	17	Yaris	1.3 `Active` LHD	5	1	89	81	60	86	15,4	7,5	6,2	2,9	2011	14951
39	1	8	up!	1.0 LHD	5	1	89	90	46	86	14,2	7,1	7,3	3,4	2011	10698
40	2	20	Volt	1,4 electric, LHD	5	2	85	78	41	86	11,6	8,0	8,0	2,9	2011	42950
41	2	2	DS4	vti 1.6 base grade LHD	5	1	90	80	43	97	14,7	8,0	7,0	2,8	2011	25780
42	2	18	Veloster	1.6 GDI GLS LHD	5	1	96	89	49	71	15,5	8,0	8,0	3,2	2011	23700
43	2	23	CT200h	CDI LHD	5	2	94	84	55	86	15,1	8,0	7,1	3,5	2011	29900
44	2	11	C-Class Coupe	C220 CDI LHD	5	1	90	79	57	86	14,5	8,0	7,4	2,4	2011	46793
45	2	24	MG6	1.8 turbo RHD	4	1	73	71	42	71	10,2	6,8	7,4	2,0	2011	---
46	2	22	ASX	2wd 1.8 diesel `invite` LHD	5	1	86	78	60	71	14,0	8,0	6,0	2,9	2011	22000
47	2	16	Ampera	1.4 electric LHD	5	2	85	78	41	86	11,6	8,0	8,0	2,9	2011	38300
48	2	16	Astra GTC	1.4 petrol `sport` LHD	5	1	91	79	50	71	15,1	7,1	7,2	3,4	2011	20700
49	2	35	Fluence ZE	`expression` LHD	4	2	72	83	37	84	9,8	8,0	6,1	2,0	2011	26600
50	2	8	Beetle	1.2 TFSI LHD	5	1	92	90	53	86	14,3	8,0	7,6	3,2	2011	32803
51	2	8	Golf Cabriolet	1.2 TSI LHD	5	1	96	86	53	71	15,2	8,0	7,8	3,6	2011	29643

52	2	8	Jetta	1.2 TSI 'Trendline', LHD	5	1	94	86	56	71	15,2	8,0	7,1	3,3	2011	23385
53	3	20	Malibu	2.4 LTZ, LHD	5	1	94	83	57	71	15,5	8,0	7,0	3,3	2011	---
54	3	2	DS5	2.0 diesel level 1, LHD	5	1	89	83	40	97	14,7	8,0	6,6	2,9	2011	---
55	3	27	EC7	18 'Luxury', LHD	4	1	75	80	42	86	9,1	8,0	6,1	3,7	2011	---
56	3	18	i40	1.7 diesel 6LS, LHD	5	1	92	86	43	86	14,2	8,0	7,6	3,4	2011	---
57	3	28	508	1.6 diesel 'Active', LHD	5	1	90	87	41	97	14,6	7,7	6,9	3,2	2011	---
58	4	1	A6	2.0 diesel, LHD	5	1	91	83	41	86	14,9	7,5	7,0	3,3	2011	---
59	4	10	XF	3.0 diesel, LHD	4	1	79	73	62	71	12,4	8,0	5,6	2,5	2011	---
60	4	30	Thema	3.0 'Platinum', LHD	5	1	83	77	59	71	12,7	8,0	6,3	2,7	2011	---
61	5	20	Orlando	1.8 litre petrol LHD	5	1	95	79	49	71	15,7	8,0	7,2	3,5	2011	---
62	5	18	ix20	1.4. GLS, LHD	5	1	89	85	64	71	13,5	8,0	7,2	3,4	2011	---
63	5	11	B Class	B200 CDI, LHD	5	1	97	81	56	86	15,8	8,0	7,7	3,5	2011	---
64	5	16	Zafira Tourer	2.0 l diesel CDTI Enjoy, LHD	5	1	94	83	53	86	15,1	8,0	7,3	3,4	2011	---
65	6	21	Freemont	2.0 diesel 'Urban', LHD	5	1	83	82	50	71	12,2	8,0	6,6	3,2	2011	---
66	6	30	Voyager	2.8 l diesel, automatic, Platinum	4	1	79	67	47	71	10,0	8,0	7,9	2,6	2011	---
67	6	7	Alhambra	2.0 diesel	5	1	96	80	46	71	15,4	8,0	7,5	3,6	2011	---
68	7	1	Q3	2.0 diesel, LHD	5	1	94	85	52	86	15,2	8,0	7,2	3,2	2011	---
69	7	9	X3	2.0 disel	5	1	88	83	53	71	14,6	8,0	6,4	2,6	2011	---
70	7	20	Captiva	2.2 diesel LS, RHD	5	1	88	82	48	71	14,3	8,0	6,6	2,6	2011	---
71	7	31	Duster	Dci Louréate LHD	4	1	74	78	28	29	11,0	7,2	6,0	2,5	2011	---
72	7	32	Range Rover Evoque	2.2 diesel, RHD	5	1	86	75	41	86	12,4	8,0	7,9	2,8	2011	---
73	8	33	Grand Cherokee	3.0 diesel 'Limited', LHD	4	1	81	69	45	71	11,0	8,0	7,1	2,9	2011	---
74	1	2	C1	1.0, LHD	3	1	68	73	53	71	10,8	6,3	6,5	1,1	2012	10330
75	1	12	Fiesta	1.25 petrol 'Trend', LHD	5	1	91	86	65	71	14,9	8,0	7,0	3,1	2012	15235
76	1	28	107	1.0, LHD	3	1	68	73	53	71	10,8	6,3	6,5	1,1	2012	10458
77	1	28	208	1.4 diesel 'Active', LHD	5	1	88	78	61	83	14,2	7,9	7,0	2,7	2012	13303
78	1	25	Clio	1.0 base grade, LHD	5	1	88	89	66	99	14,9	8,0	6,4	2,5	2012	13800
79	1	17	Aygo	1.0 high grade, LHD	3	1	68	73	53	71	10,8	6,3	6,5	1,1	2012	9940



80	2	3	Leaf	80kw electric RHD	5	2	89	83	65	84	13,9	8,0	7,4	2,9	2012	---
81	2	9	1 series	116 LHD	5	1	91	83	63	86	15,4	7,9	6,5	3,0	2012	---
82	2	12	Focus	1.6 TDCI 'trend' LHD	5	1	92	82	72	71	15,0	7,6	7,2	3,3	2012	---
83	2	26	XV	2.0i LHD	5	1	86	90	64	86	13,0	8,0	6,4	3,4	2012	---
84	2	1	A3	1.4 'Attraction', LHD	5	1	95	87	74	86	15,4	8,0	7,6	3,2	2012	---
85	2	6	Civic	1.8 'Comfort', LHD	5	1	94	83	69	86	15,0	8,0	7,4	3,3	2012	---
86	2	18	i30	1.4 MPI, GLG, LHD	5	1	90	90	67	86	15,4	7,7	5,9	3,3	2012	---
87	2	13	Cee'd	1.4 MPI LX, LHD	5	1	89	88	61	86	15,2	8,0	5,8	3,1	2012	---
88	2	11	A Class	1.6 petrol 'Urban', LHD	5	1	93	81	57	86	14,8	8,0	7,3	3,3	2012	---
89	2	16	Mokka	1.7 diesel 'Enjoy', LHD	5	1	96	90	67	100	15,9	8,0	7,7	3,2	2012	---
90	2	7	Leon	1.6 TDI 'Reference', LHD	5	1	94	92	70	71	15,6	8,0	7,3	3,1	2012	---
91	2	7	Toledo	1.2, LHD	5	1	94	80	69	71	15,4	8,0	8,0	2,6	2012	---
92	2	34	Rapid	1.2 TSI 'Ambition', LHD	5	1	94	80	69	71	15,4	8,0	8,0	2,6	2012	---
93	2	29	V40	1.6 diesel 'Kinetic', LHD	5	1	75	75	88	100	15,7	8,0	8,0	3,5	2012	---
94	2	8	Golf	1.2 TSI 'Comfortline', LHD	5	1	89	89	65	71	15,9	8,0	6,8	3,3	2012	---
95	3	29	V60	2.0 diesel 'Momentum', LHD	5	2	94	82	64	100	15,3	8,0	6,9	3,6	2012	---
96	3	9	3 series	320 d, LHD	5	1	95	84	78	86	15,8	8,0	7,4	3,1	2012	---
97	3	29	V60 Plug-In Hybrid	2.4 diesel plug-in hybrid 'Momentum', LHD	5	1	93	83	65	100	14,3	8,0	7,5	3,6	2012	---
98	5	31	Lodgy	1.5 dCi 'Loureate'	3	1	72	77	44	29	10,7	7,3	6,4	1,5	2012	---
99	5	21	500L	1.4 petrol 'Easy' 4x2 LHD	5	1	94	78	65	71	15,6	8,0	7,7	2,3	2012	---
100	5	12	B-MAX	1.5 diesel 'Trend', LHD	5	1	92	84	67	71	14,7	8,0	7,0	3,2	2012	---
101	7	9	X1	2.0 diesel, LHD	5	1	87	86	64	71	14,0	8,0	6,9	2,5	2012	---
102	7	12	Kuga	2.0 diesel 'Trend', LHD	5	1	94	86	70	100	15,3	8,0	7,3	3,2	2012	---
103	7	33	Compass	2.2 diesel 'Limites', LHD	2	1	61	76	23	43	11,2	8,0	0,0	2,8	2012	---
104	7	19	CX-5	2.2 diesel 'Core', LHD	5	1	94	87	64	86	14,1	8,0	8,0	3,6	2012	---
105	7	22	Outlander	2.2 diesel 'Intense', LHD	5	1	94	83	64	100	15,6	8,0	6,9	3,3	2012	---
106	7	26	Forester	2.0 i - L, LHD	5	1	91	91	73	86	15,0	8,0	6,5	3,3	2012	---
107	8	11	M-Class	ML 350 Blue TEC 4 MATIC, LHD	5	1	96	75	60	86	15,3	8,0	7,7	3,4	2012	---

108	8	18	Sante Fe	2.2 diesel 5, LHD	5	1	96	89	71	86	15,6	8,0	7,8	3,0	2012	---
109	8	32	Range Rover	3.0 TD `Vogue`, LHD	5	1	91	84	63	86	15,2	8,0	7,3	2,1	2012	---
110	9	12	Ranger	2.3 diesel double cab, RHD	5	1	96	86	81	71	15,7	8,0	7,7	2,9	2012	---
111	9	35	D-Max	Crew Cab, 2.5 diesel, RHD	4	1	83	67	51	71	10,5	8,0	7,9	3,5	2012	---
112	10	25	Trafic	2.0 dCi Passenger `Expression`, LHD	2	1	58	79	28	14	12,8	8,0	0,0	0,0	2012	---
113	10	2	Jumpy	2.0 diesel, LHD	3	1	59	86	26	26	13,4	7,4	0,0	0,5	2012	---
114	10	21	Scudo	2.0 diesel, Combi, LHD	3	1	59	86	26	26	13,4	7,4	0,0	0,5	2012	---
115	10	12	Transit Custom	2.2 diesel `Trend` Kombi, LHD	5	1	84	90	48	71	12,8	8,0	7,1	2,4	2012	---
116	10	18	H-1	2.5 diesel GLS, LHD	3	1	55	75	34	43	10,4	7,8	0,0	1,4	2012	---
117	10	28	Expert	2.0 diesel, LHD	3	1	59	86	26	26	13,4	7,4	0,0	0,5	2012	---
118	1	31	Sandero	1.2 base, LHD	4	1	80	79	57	55	12,8	7,5	6,5	2,1	2013	11400
119	1	22	Space Star/Mirage	1.2, RHD	4	1	90	72	71	55	14,1	8,0	7,5	3,0	2013	13750
120	1	3	Note	1.2 `Acenta`, LHD	4	1	86	82	58	70	13,0	7,9	7,5	2,6	2013	16590
121	1	16	Adam	1.4 JAM, LHD	4	1	87	72	65	81	14,5	7,9	6,6	2,5	2013	15295
122	1	28	2008	1.2 vti `Active`, LHD	5	1	88	77	72	70	14,2	7,9	7,0	2,7	2013	17511
123	1	25	Captur	1.0 `Zen`, LHD	5	1	88	79	61	81	15,8	7,9	5,3	2,8	2013	15450
124	1	25	Zoe	Renault Zoe, LHD	5	2	89	80	66	85	15,6	8,0	5,8	2,9	2013	21750
125	2	9	i3	standar trim, LHD	4	2	86	81	57	55	13,6	8,0	6,6	2,8	2013	---
126	2	20	Trax	1.7 diesel `LT`, LHD	5	1	94	85	64	81	15,2	8,0	7,7	3,2	2013	---
127	2	12	Eco Sport	Titanium, LHD	4	1	93	77	58	55	15,1	8,0	7,5	3,1	2013	---
128	2	19	3	2.0 Core, LHD	5	1	93	86	85	81	15,4	8,0	6,6	3,7	2013	---
129	2	11	CLA-Class	200 `Urban`	5	1	91	75	74	81	15,2	8,0	6,5	3,3	2013	---
130	2	28	308	1.6 diesel, Level 2, LHD	5	1	92	79	64	81	14,8	8,0	7,1	3,3	2013	---
131	2	36	3 Sedan	1.6 T `Elegance`, LHD	5	1	95	87	77	81	15,8	8,0	7,4	3,2	2013	---
132	2	4	SX4	1.6 GL+, LHD	5	1	92	80	72	81	14,3	8,0	7,6	3,5	2013	---
133	2	17	Auris	1.6 mid grade, RHD	5	1	92	84	68	66	15,0	7,5	7,5	3,3	2013	---
134	2	17	Corolla	1.6 mid grade, RHD	5	1	94	82	67	66	15,1	8,0	7,4	3,4	2013	---
135	3	19	6	2.2 DE Wagon `Core` grade, LHD	5	1	92	77	66	81	14,4	7,5	7,9	3,6	2013	---

136	3	34	Octavia	1.6 `Ambition`, LHD	5	1	93	86	66	66	15,9	8,0	6,4	3,4	2013	---
137	4	37	Q50	2.2 d `Premium`, LHD	5	1	86	85	67	81	14,8	7,0	6,3	3,1	2013	---
138	4	38	Ghibli	3.0 diesel TDS, LHD	5	1	95	79	74	81	15,5	8,0	7,9	2,9	2013	---
139	5	2	C4 Picasso	DV6 `Comfort`, LHD	5	1	86	88	68	81	13,5	8,0	6,5	3,1	2013	---
140	5	12	Tourneo Connect	1.6. Trend, LHD	5	1	94	85	62	70	15,5	8,0	7,4	3,1	2013	---
141	5	13	Carens	1.7 diesel Ex, LHD	5	1	94	76	64	81	15,2	8,0	7,2	3,6	2013	---
142	5	11	CITAN kombi	109 Blue Efficiency `High` grade	3	1	74	69	56	33	11,5	7,3	5,2	2,6	2013	---
143	5	11	CITAN kombi (reassessment)	109 Blue Efficiency `High` grade	4	1	79	81	56	70	11,5	8,0	6,7	2,6	2013	---
144	5	3	Evalia	1.5 dCi Full Trim, LHD	3	1	68	81	67	55	9,1	7,7	6,0	1,8	2013	---
145	6	23	IS 300h	2.5 Hybrid, `Executive Plus`, RHD	5	2	91	85	80	66	14,0	8,0	7,5	3,5	2013	---
146	7	6	CR-V	2.2 diesel SE, RHD	5	1	93	74	68	66	14,9	8,0	7,2	3,4	2013	---
147	7	33	Cherokee	2.0 diesel `Longitude`, LHD	5	1	92	79	67	74	15,2	8,0	7,5	2,5	2013	---
148	7	22	Outlander PHEV	2.0 petrol plug-in hybrid `Intense+`, LHD	5	2	88	84	64	81	13,7	8,0	6,9	3,3	2013	---
149	7	17	RAV4	2.2 diesel, midgrade, LHD	5	1	89	82	66	66	13,6	8,0	7,6	3,1	2013	---
150	10	8	T5	Transporter Kombi	4	1	79	74	32	57	11,9	8,0	6,6	2,0	2013	---

a) 1- Supermini; 2- Small Family Car; 3- Large Family Car ; 4- Executive; 5- Small MPV; 6- Large MPV; 7 -Small off-road 4x4; 8- Large off-road 4x4; 9- Pick-up; 10- Business and Family Vans.

b) 1- Audi; 2- Citroën; 3- Nissan; 4- Suzuki; 5- Alfa Romeo; 6- Honda; 7- Seat; 8- VW; 9- BMW; 10- Jaguar; 11- Mercedes-Benz; 12 - Ford; 13- Kia; 14- Landwind; 15- Mini; 16- Opel; 17- Toyota; 18- Hyundai; 19- Mazda; 20- Chevrolet; 21- Fiat; 22- Mitsubishi; 23- Lexus; 24- MG; 25- Renault; 26- Subaru; 27- Geely Emgrand; 28- Peugeot; 29- Volvo; 30- Lancia; 31- Dacia; 32- Land Rover; 33- Jeep; 34- Skoda; 35- Isuzu; 36- Qorus; 37- Infiniti; 38- Maserati.

c) 1- Clásico; 2- Eléctrico e híbrido.