

ANÁLISE DE COMPORTAMENTOS DE RISCOS EM VEÍCULOS COM AUTOMAÇÃO PARCIAL

Rita Rordrigues^{1,2}, Ana Bastos¹ & Álvaro Seco¹

¹Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil, Rua Luís Reis Santos 3030-788, Coimbra, Portugal

²Autor correspondente email: Rita.Rodrigues@student.uc.pt

Sumário

A associação do Driver Behavior Questionnaire (DBQ) com comportamentos habitualmente adotados durante a condução parcialmente automatizada, potencializa a identificação do possível envolvimento com acidentes. O presente estudo apresenta uma análise exploratória da relação das subescalas do DBQ com indicadores ilustrativos do desempenho da condução. A recolha de dados, foi promovida em condições reais num veículo de automação parcial, previamente instrumentado. Os resultados indicam que indivíduos com pontuações altas em Violações e Erros circulam a maiores velocidades e acelerações, respetivamente. Para Lapsos não foram observados efeitos relevantes. Porém identificaram-se interações significativas quando o efeito da idade e género foi considerado.

Palavras-chave: Sinistralidade Rodoviária; *Driver Behavior Questionnaire*; Desempenho da condução; Automação Parcial.

1 INTRODUÇÃO

O comportamento praticado pelo condutor é a principal causa da sinistralidade rodoviária. De modo a reverter esta realidade bem vincada, as competências humanas inerentes à condução automóvel têm vindo a ser gradualmente substituídas pela tecnologia [1, 2]. No decurso deste processo espera-se que além de transformar a experiência de condução, a possa tornar mais segura, mais conveniente e eficiente [3]. Para classificar tal avanço tecnológico, a *Society of Automotive Engineers* (SAE) definiu uma escala de automação da condução, que varia do nível 0 (ou seja, sem automação) até ao nível 5 (automação total) [4]. Em essência, veículos com nível 1 e 2 de automação são equipados com Sistemas Avançados de Assistência ao Condutor (ADAS), enquanto que os de nível 3 e acima são controlados por Sistemas de Condução Automatizada (ADS) [5]. Contudo, no presente a maioria dos sistemas mais avançados disponíveis ao público enquadram-se no nível 2 – automação parcial. Estes incluem, por exemplo, o Autopilot da Tesla, o Super Cruise do Cadillac, o Pilot Assist da Volvo e o Drive Pilot da Mercedes-Benz.

Em particular, o nível 2 de automação representa uma mudança crucial - apesar de temporária - nos hábitos de condução normalmente praticados. Basicamente, mediante a automação de duas ou mais funções primárias de condução, o veículo consegue circular de forma automatizada em determinadas condições ambientais e rodoviárias (e.g., autoestradas), libertando o condutor de executar tais funções [4]. Ainda assim, os sistemas nesta fase são caracterizados por limitações técnicas (e.g., na deteção de marcas rodoviárias), o que implica que o condutor deve estar ativamente atento e pronto para assumir o controlo a qualquer momento [4]. Consequentemente, face ao crescente número de veículos de condução parcialmente automatizada na rede rodoviária, torna-se fundamental compreender os possíveis impactos da sua presença, a vários níveis de desempenho. Do ponto de vista da prevenção rodoviária, é urgente focar os efeitos subsequentes da automação na prática de comportamentos de risco, uma vez que possibilita desenvolver medidas direcionadas a grupos problemáticos. O termo comportamento de risco ilustra a prática de *Violações*, *Erros* e ou *Lapsos* durante a condução que resultam na exposição dos vários intervenientes a situações de perigo. Nesta linha de ação, o presente estudo explora o “*Driver Behavior Questionnaire* (DBQ)” como instrumento com potencial para identificar grupos de condutores com comportamentos de risco, em condução parcialmente automatizada.

O DBQ é uma das ferramentas mais utilizadas para avaliar a frequência com que são executados comportamentos inadequados durante a condução, tendo por base informações reportadas na primeira pessoa. A versão original consiste em 50 itens, classificados numa escala Likert entre 0 e 5. No âmbito deste estudo, a avaliação dos comportamentos foi feita utilizando a tradução em português do DBQ [6], que consiste em 24 itens, e que tal como o estudo inicial corrobora a existência de três fatores humanos: *Erros*, *Violações* e *Lapsos*. Os *Erros* representam ações que não são intencionais, enquanto as *Violações* são considerados desvios intencionais das boas práticas de condução, ao passo que, os *Lapsos* caracterizam eventos associados a problemas de atenção e a falhas de memória [7, 8].

São vários os estudos que validam o DBQ [9, 10], o que tem justificado a sua utilização recorrente, mesmo que parcial, em estudos de caracterização do comportamento do condutor [11], e a sua adaptação a diferentes contextos e países [12, 13]. Um dos propósitos básicos para a qual esta ferramenta foi concebida, é a previsão de acidentes [14, 15]. Neste âmbito, vários estudos relatam que o fator *Violações* é frequentemente correlacionado com a taxa de acidentes, enquanto que relativamente aos *Erros* e *Lapsos* observam-se correlações menores ou não significativas [16, 17]. Além destes, também a idade e o sexo tendem a apresentar correlações com as subescalas do questionário e com a ocorrência de acidentes. Condutores jovens e do sexo masculino são normalmente associados a pontuações elevadas em *Violações* pelo que são tendencialmente mais propensos a se envolverem em acidentes, enquanto que, por oposição, as mulheres e condutores idosos atingem pontuações superiores no fator *Erros* [8, 9], sendo que, os condutores do sexo feminino são também geralmente associados a pontuações altas em *Lapsos* [18,19].

Contudo, a investigação publicada centra-se na análise de comportamentos associados à condução manual, desconhecendo-se a existência de estudos aplicados à condução parcialmente automatizada. Por um lado, é possível argumentar que esta ferramenta não foi desenvolvida para avaliar comportamentos em condução parcialmente automatizada. Por outro lado, veículos providos de tais sistemas ainda se mantêm acessíveis a um nível limitado da população, o que inviabiliza tais estudos.

Um campo de investigação que tem recebido pouca atenção, e que apresenta uma forma de contornar estes obstáculos, é a análise de relações entre as pontuações obtidas no DBQ com medições que caracterizam o comportamento do condutor, durante a condução em ambiente real (e.g., velocidade). Apesar de haver pouca literatura publicada neste contexto, os resultados indicam que o fator *Violações* relaciona-se significativamente com a velocidade praticada, enquanto que os *Lapsos* e *Erros* não expõem efeitos significativos com esta variável [20, 21]. Porém, este tipo de análise proporciona uma visão detalhada do comportamento adotado durante a condução, ao mesmo tempo que revela potenciais relações com as subescalas do DBQ e o envolvimento do condutor em acidentes. Portanto, são necessários mais estudos para averiguar se tais comportamentos de risco, todavia, também se verificam sob automação parcial [22].

Nesta linha de ação, o presente estudo contribui para a compreensão atual de como a condução em automação parcial se relaciona com comportamentos de risco, através de uma análise exploratória. Teoricamente, a obtenção de medidas representativas do ato de condução requer a recolha e processamento de dados em cada momento da deslocação [23]. No entanto, a literatura suporta que, ao se focar nos hábitos de condução de um indivíduo, é possível deduzir como este usualmente conduz, e naturalmente qual é o comportamento espectável durante a condução [24]. Um método frequentemente utilizado para recolha de tais informações comportamentais e que garante realismo é a utilização de um veículo instrumentado. Ainda assim, este é um processo dispendioso e não está acessível em grande escala. Nesse sentido, a Mercedes-Benz proporcionou a oportunidade de realizar observações sob condições reais de tráfego, com um veículo de automação parcial. Este foi equipado com diversos sensores e equipamentos que permitiram registar de forma sistemática um conjunto de variáveis de interesse [25].

Tendo por base a divisão de itens do DBQ apresentada para a população Portuguesa em [6], foram determinadas as pontuações da amostra, em *Erros*, *Lapsos* e *Violações*. A análise hierárquica de clusters, é um algoritmo capaz de agrupar uma amostra de pequena ou grande dimensão, de tal forma, em que os indivíduos do mesmo grupo são semelhantes entre si, mas suficientemente diferentes de outros clusters [26]. Portanto, através deste procedimento, as pontuações obtidas foram divididas em uma escala de pontuações altas e baixas. Os grupos resultantes desta análise foram então comparados em termos de valores médios com os indicadores do desempenho em condução parcialmente automatizada. Por fim, conclusões foram estabelecidas com base na interpretação das relações significantes, bem como pela comparação com comportamentos de risco observados durante a revisão literária.

2 METODOLOGIA

A recolha de dados realizada neste estudo envolve observações da condução de um veículo instrumentado sob condições reais de tráfego. Esta seção apresenta a formulação da experiência e descreve os respetivos procedimentos.

2.1 Percurso

A localização ideal para a realização da experiência foi decidida do ponto de vista financeiro e em perspetiva com as recomendações do Manual de Utilizador da Mercedes-Benz. Os dois circuitos selecionados situam-se na cidade de Coimbra, Portugal. O primeiro abrange o IC2, estendendo-se ao longo de 5,0 kms, entre o Nó de Fornos e a Ponte Açude. O segundo circuito, igualmente com a extensão de 5 kms, abrangeu um trecho da designada Via Rápida de Taveiro entre a Ponte Açude e o Nó de Taveiro. A existência de nós nas extremidades do circuito facilitou as manobras de inversão de marcha e a materialização de um circuito contínuo. O tráfego no IC2 é fluído e com forte presença de viaturas pesadas. Ao longo do circuito a velocidade máxima legal varia entre 80 e os 100 km/h. Por sua vez, a via rápida de Taveiro compreende tráfego com características mais urbanas, onde a velocidade máxima e mínima é de 90 e 80 km/h, respetivamente.

2.2 Amostra

Este estudo compreende uma amostra com 26 indivíduos, que foram selecionados através de um inquérito tendo por base os seguintes critérios: residir em Coimbra há mais de um ano de forma a se sentir familiarizado com a área onde decorreram os testes experimentais; possuir carta de condução há três ou mais anos e conduzir diariamente de forma a garantir a criação de uma amostra experiente de condutores. A amostra contém 19 homens e 7 mulheres entre os 25 e 66 anos ($M = 44,50 \pm 18,85$), que conduzem assiduamente há pelo menos 1 ano ($M = 23,04 \pm 14,19$).

2.3 Veículo Instrumentado

Um Mercedes-Benz Classe E, provido com o sistema Drive Pilot (DP), foi instrumentado. Quando o DP está ativado permite manter uma distância selecionada em relação ao veículo da frente, como também poderá segui-los, mantendo, acelerando e/ou desacelerando a velocidade. Em condições de circulação livre o veículo mantém-se em circulação automatizada, adotando uma velocidade definida pelo utilizador e ajustando, sempre que necessário, a sua posição na faixa da rodagem. A viatura foi equipada com um *datalogger* (DL1 MK3 / CLUB) da *Race Technology Ltd* (Fig. 1) que permitiu armazenar de forma sincronizada toda a informação recolhida. A este foi acoplado um acelerómetro de 6g que, combinado com um GPS de 20Hz, permitiu recolher a posição geográfica, velocidades e acelerações nas 3 dimensões. Os dados foram registados com uma frequência de 100 Hz, assegurando uma precisão posicional aproximada a 3m (erro circular) e um erro na medição da velocidade inferior a 0,1 km/h. Foram instaladas duas câmaras de ação dentro do veículo. Uma permitiu registar o enquadramento do veículo na zona frontal, enquanto a outra, situada no interior do veículo e provida de áudio, procurou registar a interação do motorista com a interface da máquina. Ambas as câmaras gravam com um ângulo de 170° e têm uma resolução de 4k ultra HD.



Fig.1. Equipamento instalado: Esquerda – câmara de enquadramento frontal (1) e da interação do condutor (2), *datalogger* (3) e antena GPS (4); Direita – Posicionamento das câmaras de vídeo.

2.4 Procedimento

À priori foram recolhidas as respostas dos condutores ao DBQ e a um questionário sociodemográfico. Antes da experiência os participantes assinaram um termo de consentimento, seguido de uma sessão de esclarecimento e demonstração da operação dos sistemas do veículo instrumentado. Os participantes foram informados de que os sistemas têm limitações, pelo que deveriam intervir sempre que necessário. Os testes de campo ocorreram em 10 dias consecutivos, entre 23 de junho e 3 de julho de 2017, das 9:00 às 20:00 horas, com duração total de 3 horas por pessoa. Para encorajar os participantes a dirigir o mais naturalmente possível, antes da experiência e de acordo com estudos anteriores foi proporcionado uma longa sessão de familiarização com a viatura (pelo menos 10 km). Esta realizou-se antes dos testes principais de condução numa estrada perto do circuito experimental. Na presença de um investigador, sentado no banco do passageiro para fornecer orientação sobre a rota e a operação dos sistemas automatizados, os participantes foram solicitados a completar uma volta, enquanto operavam manualmente o veículo; e posteriormente três voltas ao circuito com o DP ligado. As duas voltas iniciais durante a condução automatizada proporcionaram a habituação dos condutores à circulação autónoma, enquanto a terceira volta descreve o comportamento adotado.

2.5 Processamento e Análise dos Dados

Os dados recolhidos e armazenados no *datalogger* juntamente com as imagens vídeo foram importados para o *software Analysis da Race Technology*, que suportou um processo exaustivo de sincronização e redução de informação. Através da manipulação do *software* foram obtidos os seguintes parâmetros: velocidades, acelerações e distâncias de segurança médias. Os dados tratados no âmbito do presente artigo correspondem a cerca de 20 minutos em condução parcialmente automatizada, referentes à terceira volta ao circuito.

3 ANÁLISE ESTATÍSTICA E RESULTADOS

Toda a análise estatística foi realizada com o SPSS versão 23.0. A divisão de itens do DBQ foi elaborada tendo por base um trabalho recentemente efetuado para a população portuguesa [6], que consiste em três fatores *Erros*, *Lapsos* e *Violações*. Durante toda a análise cada fator foi analisado isoladamente, pois cada um deles tem diferentes origens psicológicas e desta forma permite avaliar o seu efeito de forma isolada.

3.1 Divisão de grupos baseado na análise hierárquica de clusters

Inicialmente a amostra foi dividida em grupos de pontuações altas e baixas, através da divisão hierárquica em clusters pelo método de *Ward* [26]. Este procedimento garantiu uma divisão robusta, e evitou uma redução da amostra, comparativamente a métodos tradicionais. A distribuição resultante dos participantes por grupos de pontuações baixas e altas, classificados por idade e género, está exposto no Quadro 1.

Quadro 1. Grupos de pontuações altas e baixas para os fatores do DBQ em função do género e idade.

		ERROS		VIOLAÇÕES		LAPSOS	
		Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto
Género	Masculino	11.5%	53.8%	11.5%	61.5%	50.0%	23.1%
	Feminino	7.7%	26.9%	19.2%	7.7%	19.2%	7.7%
Grupos Etários	25-41	11.5%	42.3%	23.1%	26.9%	34.6%	15.4%
	42-55	7.7%	38.5%	7.7%	42.3%	34.6%	15.4%
Número de casos		5	21	8	18	18	8

O *Fisher's exact test* foi aplicado para averiguar se as variáveis demográficas (idade, género, escolaridade, número de acidentes, etc.) se relacionam com cada grupo do DBQ. Apenas o fator *Violações* mostrou estar relacionado significativamente com o género ($p = 0.014$), pelo que observando o quadro 1 é notória a diferença entre géneros. Além deste, foi igualmente encontrada significância com indivíduos que reportaram ter estado envolvidos em acidentes, enquanto condutores da viatura sinistrada ($p = 0.014$).

3.2 Comparações entre comportamentos

Inicialmente, o *Shapiro-Wilk test* foi aplicado às medições do desempenho na condução parcialmente automatizada, resultante dos subgrupos para cada fator do DBQ. Os resultados indicam que, com a exceção das acelerações médias, a distribuição das restantes variáveis exibe uma distribuição normal, entre grupos.

Para explorar a relação entre os comportamentos de risco reportados e os indicadores do desempenho durante a condução automatizada foram introduzidos como variáveis dependentes as velocidades e distâncias de segurança no *Independent Samplest T-Test*, onde os subgrupos de *Erros*, *Lapsos* e *Violações* foram inseridos como variáveis independentes. Da comparação entre os valores médios de cada variável resulta que para *Lapsos* não foi encontrada qualquer relação significativa com os indicadores do desempenho em condução. No entanto, houve uma diferença estatisticamente significativa nas velocidades entre os subgrupos de *Violações*, ($t(24)=1.810$, $p=0.083$). Observando o Quadro 2, é determinado que os participantes que obtiveram pontuações altas, praticaram velocidades superiores àquelas executadas por indivíduos que obtiveram pontuações baixas. De forma análoga o *Mann-Whitney U test* suporta que as distribuições das acelerações, entre os grupos de pontuações em *Erros*, não são iguais ($U=18.000$ $p=0.023$). Participantes com pontuações altas em *Erros* exibiram uma mediana ($Mdn=0.958$) superior àquela observada na categoria de pontuações baixas ($Mdn=0.904$). Portanto, através da presente análise é possível constatar que existem associações significativas com comportamentos de risco entre condutores que obtiveram pontuações altas nos fatores *Violações* e *Erros*.

Quadro 2. Relação entre as pontuações altas e baixas do DBQ com indicadores da condução.

	ERROS		VIOLAÇÕES		LAPSOS	
	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto
Aceleração média (m/s^2)	[0.906 (0.036)	0.946]* (0.096)	0.949 (0.060)	0.927 (0.111)	0.926 (0.103)	0.965 (0.306)
Velocidade média (km/h)	84.870 (9.717)	89.375 (7.138)	[83.518 (8.037)	91.151]** (6.219)	87.258 (7.341)	91.322 (8.202)
Distância de Segurança média (m)	38.700 (8.7507)	38.286 (8.034)	41.111 (9.610)	36.824 (8.589)	39.556 (8.093)	35.688 (7.573)

Nota: as entradas da tabela são as médias por grupo e correspondente desvio padrão em parênteses.

*. A correlação é significativa ao nível 0,05 (2-tailed). **. A correlação é significativa ao nível 0,1 (2-tailed).

Adicionalmente, e como durante a condução o comportamento geralmente adotado varia em função dos diferentes grupos demográficos, foi conduzido uma análise *three-way ANOVA* em que além dos grupos com pontuações baixas/altas do DBQ, incluiu a idade e o género como variáveis independentes, considerando apenas as velocidades e distâncias de segurança como variáveis dependentes.

Da análise entre as variáveis demográficas, grupos do DBQ, e indicadores recolhidos com o veículo instrumentado, resultaram algumas relações importantes. No entanto, a interação do fator *Violações* x género x grupos etários com as velocidades e ou distâncias de segurança, não foi computada. Este deve-se aos graus de liberdade resultantes da divisão da amostra em grupos. Em relação aos subgrupos do fator *Erros* a análise não revelou quaisquer iterações significativas.

Por outro lado, *Lapsos* x idade x género interagem significativamente com a velocidade ($F(1,18)=7.935$ $p=.011$). Para explorar este resultado foi realizada a análise de efeitos simples. Desta surge que o género e idades entre 25 e 41 anos não tiveram um efeito pertinente na velocidade. De forma similar, para participantes do sexo masculino com idades acima dos 41 anos a interação também não é significativa. Porém, torna-se relevante entre indivíduos do sexo feminino ($F(1,18)=8.410$ $p=.010$), onde mulheres com pontuações altas em *Lapsos* adotaram velocidades superiores ($M=103.584$ $SD=6.983$) às que obtiveram pontuações baixas ($M=77.958$ $SD=6.983$). Considerando os resultados obtidos, é possível concluir que, em particular condutores do sexo feminino adotaram velocidades associadas a um comportamento de risco.

Dado que a investigação de possíveis associações significativas considerando o efeito das variáveis demográficas não foi executada para todos os indicadores da condução, procedeu-se à análise de correlações.

Esta permite complementar os resultados até aqui encontrados, mas também possibilita corroborar os comportamentos de risco já identificados. Porém, este tipo de análise requer variáveis contínuas. Neste sentido a existência de correlações foi investigada, entre as escalas de pontuações obtidas cada fator do DBQ com as medições do comportamento praticado, durante a condução parcialmente automatizada. A análise foi formalizada através de dois coeficientes de correlação, *Spearman* e *Pearson*, estando os respetivos resultados no Quadro 3.

Quadro 3. Correlações entre a performance em condução com as pontuações de cada fator do DBQ.

			VIOLAÇÕES	ERROS	LAPSOS
Pearson Correlation	Velocidades	Correlação de Pearson	0.503**	0.248	0.258
		Sig. (2-tailed)	0.009	0.221	0.203
		N	26	26	26
Pearson Correlation	Distâncias de Segurança	Correlação de Pearson	0.063	0.123	-0.204
		Sig. (2-tailed)	0.760	0.549	0.318
		N	26	26	26
Spearman's rho	Acelerações	Coefficiente de Correlação	0.240	0.407*	-0.278
		Sig. (2-tailed)	0.238	0.039	0.169
		N	26	26	26

*. A correlação é significativa ao nível 0,05 (2-tailed). **. A correlação é significativa ao nível 0,01 (2-tailed).

Conforme expectável é possível observar a existência de uma correlação positiva entre as pontuações em *Erros* e em *Violações* com as acelerações e velocidades, respetivamente. De forma consistente com a literatura, considerou-se que as correlações significativas entre variáveis ≥ 0.20 são aceitáveis, ≥ 0.30 são moderadas e ≥ 0.50 são fortes [27]. Portanto, a correlação entre o fator *Violações* e as velocidades é forte, enquanto que, entre o fator *Erros* e acelerações, é moderada. Adicionalmente, pela análise de correlações *Point-Biserial*, surge que o fator *Violações* correlaciona-se moderadamente com género ($r_{pb} = -.346$ $p = .083$). Sendo género uma variável que compreende apenas os valores 0 - Homens e 1 - Mulheres, depreende-se que quanto maior as pontuações em *Violações* menor o valor de género. Logo, este resultado demonstra uma vez mais, a prevalência de comportamentos de risco entre participantes com pontuações altas em *Violações*, acrescentando que este comportamento é pertinente entre condutores do sexo masculino. Com respeito às restantes variáveis, a análise não revelou quaisquer relações com os grupos de idade e ou género.

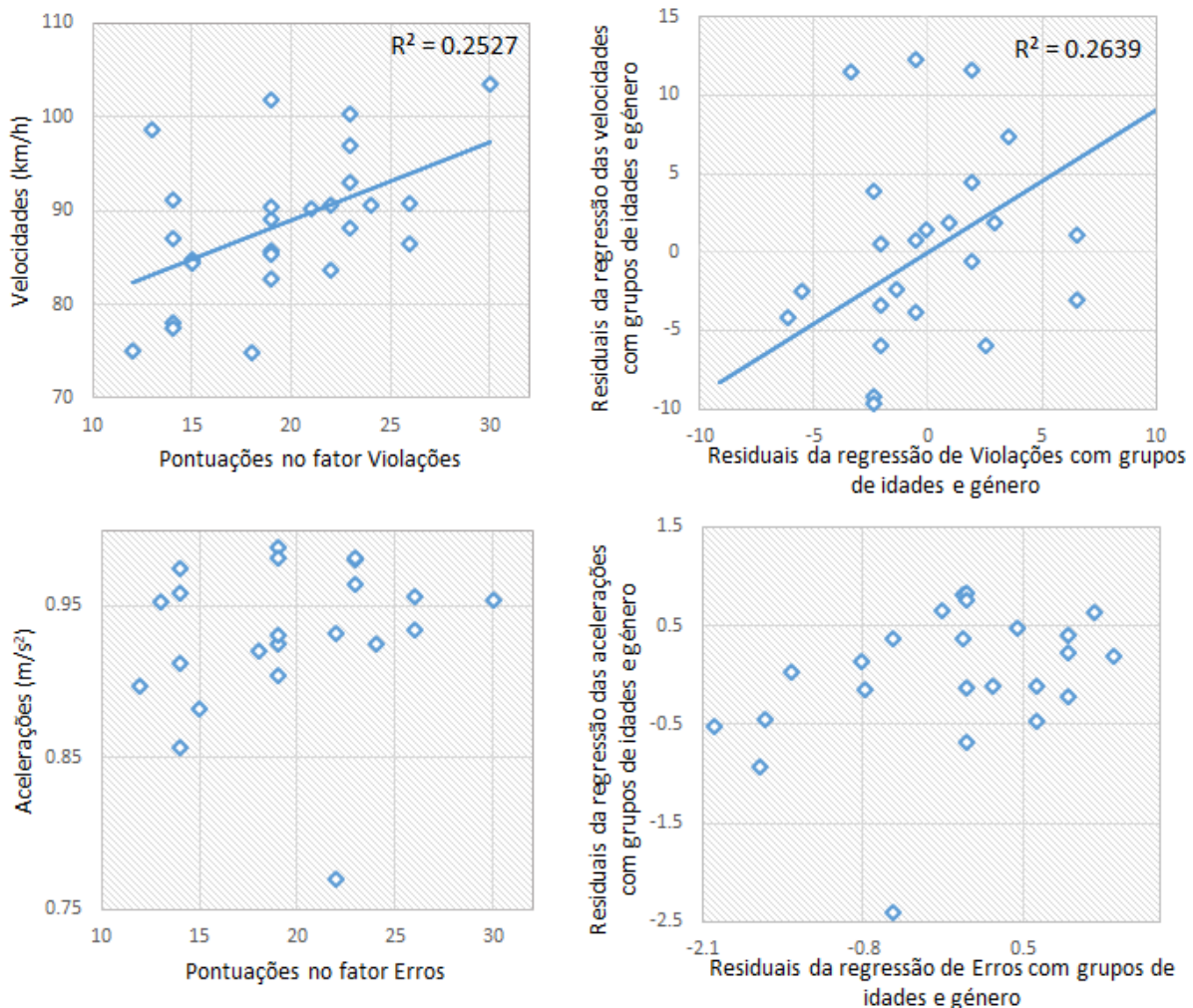
Por fim, foi também investigado a influência dos grupos etários e género nas relações expostas pelo Quadro 3. Para esse efeito, conduziu-se uma correlação parcial paramétrica e não paramétrica, consoante a natureza dos dados em análise. Nesta, as velocidades, acelerações, distâncias de segurança e pontuações em *Erros*, *Lapsos* e *Violações* foram controlados por idades e género. Os resultados obtidos através deste procedimento estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 4. Correlações parciais considerando género e grupos de idades como variáveis de controlo.

Variáveis de Controlo			VIOLAÇÕES	ERROS	LAPSOS
	Velocidades	Correlação de Pearson	0.514*	0.232	0.245
		Sig. (2-tailed)	0.010	0.275	0.248
		df	22	22	22
Género x Grupos Etários	Distâncias de Segurança	Correlação de Pearson	-0.044	0.045	-0.256
		Sig. (2-tailed)	0.839	0.836	0.227
		df	22	22	22
	Acelerações	Rho Coeficiente de Correlação	0.277	0.436*	0.282
		Sig. (2-tailed)	0.190	0.033	0.182
		df	22	22	22

*. A correlação é significativa ao nível 0,05 (2-tailed).

A correlação parcial realizada, indica que há uma correlação positiva e forte entre as pontuações em *Violações* e velocidades estatisticamente significante, enquanto considerando os grupos etários e gêneros como variáveis de controlo. No entanto, comparando com as correlações de ordem zero (Quadro 3) é indicado que a idade e género tiveram influência, mas pouca, quando controlando a relação entre as pontuações em *Violações* e velocidades (ver figura 2).



**Fig.2 Em cima – Correlação de *Pearson* Vs Correlação Parcial para *Violações* e velocidades;
Em baixo – Correlação de *Spearman* Vs Correlação Parcial entre *Erros* e acelerações.**

De forma idêntica, a análise confirma que a correlação das pontuações em *Erros* com as acelerações é também estatisticamente significante, sendo a força desta relação moderada e positiva, quando controlando as idades e gêneros. Contudo, comparando com as correlações obtidas sem considerar variáveis de controlo é indicado que os grupos etários x gêneros exercem alguma influência na relação entre as pontuações em *Erros* e acelerações (ver figura 2). Tendo por base estes resultados, é possível concluir que pontuações altas em *Erros* e no fator *Violações* estão associadas com comportamentos de risco, mesmo quando é considerando a influência das idades e género.

4 DISCUSSÃO & CONCLUSÕES

No presente estudo foram examinadas relações entre comportamentos de risco reportados através do DBQ e indicadores do desempenho em condução parcialmente automatizada, obtidos durante uma experiência em condições reais de circulação com um veículo instrumentado. As métricas específicas do desempenho da

condução incluíram velocidades, acelerações e distâncias de segurança. Por outro lado, os comportamentos reportados abrangem práticas relacionadas com *Violações, Erros e Lapsos*.

Considerando os resultados da análise exploratória levada a cabo neste estudo, foram identificados possíveis grupos problemáticos, durante a condução parcialmente automatizada.

Para a escala de *Violações*, os indivíduos que obtiveram pontuações altas conduziram em média a 7.6 km/h acima do que aqueles que obtiveram pontuações baixas. Este resultado é, portanto, consistente com os comportamentos reportados na literatura. O grupo de pontuações altas em *Violações* está associado a um estilo de condução mais agressivo, e, em particular, é executado maioritariamente por indivíduos do sexo masculino. Adicionalmente e comprovando o envolvimento em acidentes, está também a correlação entre as variáveis demográficas e o fator *Violações*. Indivíduos que reportaram ter estado envolvidos em acidentes, enquanto condutores da viatura sinistrada, estão correlacionados positivamente com pontuações altas em *Violações* ($\rho=0.470$, $p=0.015$). Além disso, a relação entre o fator *Violações* e velocidades é significativa mesmo quando considerando o controlo das idades e género.

Com respeito ao fator *Erros*, observou-se que os participantes enquadrados no grupo de pontuações altas, exerceram em condução parcialmente automatizada acelerações maiores (0.946 m/s^2) do que aqueles com pontuações baixas (0.906 m/s^2). É de salientar que os padrões de relacionamento para o fator *Erros* persistem mesmo quando a influência de grupos etários e género é tida em consideração. Note-se que durante a execução dos testes dois participantes do sexo masculino com 63 e 67 anos estiveram envolvidos em acidentes. Como para estes dois casos os dados recolhidos com o veículo instrumentado estavam incompletos toda a informação foi removida do estudo. Contudo, a análise das respostas obtidas no DBQ permitiu constatar que os participantes obtiveram pontuações altas em *Erros*, e ambos admitiram que a causa do acidente foi “erro humano”. Portanto, para o fator *Erros* também foram identificados padrões análogos com a literatura sobre a previsão de acidentes. Neste contexto, a amostra de condutores estudada corrobora comportamentos de risco entre indivíduos que apresentam pontuações altas em *Erros*.

Relativamente ao fator *Lapsos* não foram observadas quaisquer relações com os indicadores estudados. Contudo, ao analisar o efeito das interações entre idade, género, com os subgrupos do fator *Lapsos*, foram identificadas relações significativas com os indicadores do desempenho da condução. Portanto, observou-se que mulheres com idades superiores a 41 anos adotaram em média uma velocidade elevada, isto é mais 25 km/h do que as mulheres no mesmo grupo etário associadas com pontuações baixas. Este resultado sugere que, durante a supervisão da operação automatizada da viatura, os indivíduos do sexo feminino inseridos numa faixa etária elevada adotaram uma postura de risco, em vez de uma condução tipicamente orientada para a segurança e respeitosa das regras de tráfego [18]. Contudo, este resultado foi apenas verificado pela análise entre grupos com pontuações altas e baixas. Sendo que através do estudo de correlações, esta tendência não foi identificada.

Portanto, em suma o presente estudo identifica possíveis associações com comportamentos de risco, em que, a análise efetuada vem ressaltar que a adaptação à condução automatizada não é igual nem desejada por todos os condutores. Ainda assim, estes resultados poderão estar ligados à natureza e dimensão da base de dados recolhida, pelo que se sugere que em trabalhos futuros a investigação se alargue ao estudo de comportamentos relativos a participantes com experiência de condução sob automação parcial, considerando se possível amostras com dimensões maiores e compreendendo em simultâneo, grupos etários e de géneros, proporcionais.

Note-se que, em condução parcialmente automatizada são valorizadas as capacidades de interação com a máquina, enquanto que as capacidades psicomotoras perdem relevância. Os condutores ficam livres operar o veículo e passam a estar envolvidos na supervisão, mas interagindo com a interface do veículo perante duas funções principais: (a) alterações de autoridade, (b) gestão e feedback [1]. Uma vez que tal transição se reflete em comportamentos de risco, torna-se fundamental para a análise abordar medidas que previnam o envolvimento em acidentes. Neste sentido, torna-se elementar garantir que o utilizador esteja ciente dos limites do sistema de automação, bem como dos respetivos tempos de intervenção para ser capaz de assumir o controle do veículo quando necessário [28]. Assim, é crucial do ponto de vista da segurança rodoviária a disseminação de tal informação. Além disso, à medida que o nível de automação aumenta, e o condutor torna-se cada vez mais o supervisor da operação dos sistemas, a literatura sugere que seja incorporada na carta de condução uma categoria específica referente à condução autónoma [1]. Consequentemente, isto implicaria que sejam difundidos novos métodos de aprendizagem e formação [29]. Somente os indivíduos detentores dessa categoria poderiam ser considerados aptos para conduzirem veículos com sistemas que permitem a operação autónoma do veículo.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Mercedes Benz a disponibilização graciosa de um veículo, apoio e formação disponibilizada. Agradece-se ainda a todos os participantes, colegas e colaboradores envolvidos neste estudo. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CITTA - Centro de Investigação do Território, Transportes e Ambiente, e pela ARDITI - Agência Regional para o Desenvolvimento da Investigação Tecnologia e Inovação através do Projeto M1420 - 09-5369-FSE-000001 - Ph.D. Bolsa de estudos.

6 REFERÊNCIAS

1. M. Saffarian, J. C. F. de Winter, and R. Happee, "Automated Driving: Human-Factors Issues and Design Solutions," *Proc. Hum. Factors Ergon. Soc. Annu. Meet.*, vol. 56, no. 1, pp. 2296–2300, 2012.
2. C. D. Wickens, J. G. Hollands, S. Banbury, and R. Parasuraman, *Engineering Psychology and Human Performance*. 2015.
3. A. Shaout, D. Colella, and S. Awad, "Advanced Driver Assistance Systems - Past, present and future," *Comput. Eng. Conf. (ICENCO), 2011 Seventh Int.*, pp. 72–82, 2011.
4. SAE International, U.S. Department of Transportation's New Policy on Automated Vehicles Adopts SAE International's Levels of Automation for Defining Driving Automation in On-Road Motor Vehicles, *SAE international*. p. 1, 2016.
5. A. N.H.T.S., "Automated driving systems. A vision for safety." Consultado em www.nhtsa.gov/document/automated-driving-systems-20-voluntary-guidance.pdf, 2017.
6. J. F. Dourado, A. T. Pereira, V. Nogueira, A. M. C. Bastos Silva, and A. J. M. Seco, "Personality and driver behaviour questionnaire : Correlational exploratory study," no. 1990, pp. 787–793, 2017.
7. J. Reason, A. Manstead, S. Stephen, J. Baxter, and K. Campbell, "Errors and violations on the roads: A real distinction?," *Ergonomics*, 1990.
8. J. P. Correia, "Traços De Personalidade, Estados Emocionais E Condução: Um Estudo Comparativo Entre Condutores De Ambos Os Sexos," p. 228, 2014.
9. A. P. V. Den Beukel, M. C. V. Der Voort, and A. O. Eger, "Towards a Framework for Testing Drivers' Interaction with Partially Automated Driving," in *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC, 2015*, vol. 2015–Octob, pp. 1902–1907.
10. S. M. Casner, E. L. Hutchins, and D. Norman, "The challenges of partially automated driving," *Commun. ACM*, vol. 59, no. 5, pp. 70–77, 2016.
11. U. U. af Wählberg, A.E., C. U. Dorn, L., and U. of C. Kline, T., "The Manchester Driver Behaviour Questionnaire as a predictor of road traffic accidents," *Theor. Issues Ergon. Sci.*, 2011.
12. L. M. Martinussen, L. Hakamies-Blomqvist, M. Møller, T. Özkan, and T. Lajunen, "Age, gender, mileage and the DBQ: The validity of the Driver Behavior Questionnaire in different driver groups," *Accid. Anal. Prev.*, 2013.
13. M. Smorti and G. Silvia, "Exploring the factor structure and psychometric properties of the Manchester Driver Behavior Questionnaire (DBQ) in an Italian sample.," vol. 23, no. 2, pp. 185–202, 2016.
14. J. C. F. de Winter, D. Dodou, and N. A. Stanton, "A quarter of a century of the DBQ: some supplementary notes on its validity with regard to accidents," *Ergonomics*. 2015.
15. A. E. Af Wählberg, P. Barraclough, and J. Freeman, "The Driver Behaviour Questionnaire as accident predictor; A methodological re-meta-analysis," *J. Safety Res.*, 2015.
16. F. Lucidi, A. M. Giannini, R. Sgalla, L. Mallia, A. Devoto, and S. Reichmann, "Young novice driver subtypes: Relationship to driving violations, errors and lapses," *Accid. Anal. Prev.*, 2010.
17. R. Rowe, G. D. Roman, F. P. McKenna, E. Barker, and D. Poulter, "Measuring errors and violations on the road: A bifactor modeling approach to the Driver Behavior Questionnaire," *Accid. Anal. Prev.*, 2015.

18. T. Özkan, T. Lajunen, & H. Summala, Driver Behaviour Questionnaire: A follow-up study. *Accident Analysis & Prevention*, 38(2), 386-395, 2006.
19. R. Rowe, G. D. Roman, F. P. McKenna, E. Barker, & D. Poulter, Measuring errors and violations on the road: A bifactor modeling approach to the Driver Behavior Questionnaire. *Accident Analysis & Prevention*, 74, 118–125, 2016.
20. N. Zhao, B. Mehler, B. Reimer, L. A. D'Ambrosio, A. Mehler, and J. F. Coughlin, An investigation of the relationship between the driving behavior questionnaire and objective measures of highway driving behavior, *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.*, 2012.
21. S. Helman and N. Reed, Validation of the driver behaviour questionnaire using behavioural data from an instrumented vehicle and high-fidelity driving simulator, *Accid. Anal. Prev.*, 2015.
22. V. Milanés, S. E. Shladover, J. Spring, C. Nowakowski, H. Kawazoe, & M. Nakamura, Cooperative Adaptive Cruise Control in Real Traffic Situations. *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, 15(1), 296-305, 2014.
23. S. W. Chen, C. Y. Fang, and C. T. Tien, Driving behaviour modelling system based on graph construction, *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, 2013.
24. P. M. Valero-Mora *et al.*, Is naturalistic driving research possible with highly instrumented cars? Lessons learnt in three research centres, *Accid. Anal. Prev.*, 2013.
25. T. A. Dingus *et al.*, Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 2016.
26. D. S. Wilks, Cluster Analysis. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, 603–616. doi:10.1016/b978-0-12-385022-5.00015-4, 2011.
27. J. Cohen, *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1988.
28. J. Pauwelussen and P. J. Feenstra, Driver behavior analysis during ACC activation and deactivation in a real traffic environment, *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 2010.
29. M. C. Panou, E. D. Bekiaris, and A. A. Toulou, ADAS module in driving simulation for training young drivers, in *Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2010 13th International IEEE Conference on*, 2010.