



Ergonomia e fatores humanos aplicados ao design de interações  
em veículos de duas rodas

Lídia Lemos

UMinho | 2023



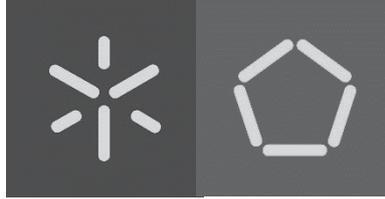
**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Lídia Daniela Lemos Ribeiro

**Ergonomia e fatores humanos aplicados  
ao design de interações em veículos de  
duas rodas**

outubro de 2023





**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Lídia Daniela Lemos Ribeiro

**Ergonomia e fatores humanos aplicados  
ao design de interação em veículos de  
duas rodas**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Humana

Trabalho realizado sob a orientação do

**Professor Doutor Néilson Bruno Martins Marques da  
Costa**

**Professor Doutor Álvaro Miguel do Céu Gramaxo  
Oliveira Sampaio**



## **DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos. Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada. Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

### ***Licença concedida aos utilizadores deste trabalho***



#### **Atribuição**

**CC BY**

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos, os que de forma direta ou indireta, contribuíram para que esta dissertação se realizasse.

Em primeiro lugar, ao meu orientador, Professor Nelson Costa, e ao meu coorientador, Professor Álvaro Sampaio, agradeço pelo apoio, disponibilidade, discussão de ideias e partilha de conhecimentos.

Em especial aos meus pais, Deolinda e João, à minha irmã Francisca, e ao meu namorado Pedro pelo apoio incondicional, amor e incentivo.

Aos meus amigos e família por me ajudarem a “ser borboleta e a voar”.

Obrigada a todos por acreditarem em mim.

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## **RESUMO**

### **Ergonomia e fatores humanos aplicados ao design de interação em veículos de duas rodas**

A vigente dissertação tem como objetivo principal compreender a importância da ergonomia e dos fatores humanos para o design de interações com veículos de duas rodas.

Para isso, foram abordados conteúdos que visam ajudar a compreensão do universo dos veículos de duas rodas e os seus conceitos, identificar as restrições ao nível dos conceitos de ergonomia e fatores humanos impostas aos condutores de veículos de duas rodas, perceber a forma como a ergonomia e fatores humanos podem influenciar a experiência de condução e estudar a eficiência das interações e carga cognitiva das mesmas com as interfaces homem-máquina (HMI) dos veículos de duas rodas.

Através do estudo dos conteúdos acima mencionados, foi possível criar um guião de recomendações de ergonomia e fatores humanos para veículos de duas rodas, com foco na melhoria da segurança durante a condução, aumento do conforto durante as interações e estudar os tipos de veículos de duas rodas motorizados mais adquiridos em Portugal e relacionar com as posturas em cada um deles.

Palavras-chave: Ergonomia, Engenharia de Fatores Humanos, Interações, Segurança

## **ABSTRACT**

### **Ergonomics and human factors applied to interaction design in two-wheeled vehicles**

The main aim of this dissertation is to understand the importance of ergonomics and human factors in the design of interactions with two-wheeled vehicles.

To this end, content has been covered which aims to help understand the world of two-wheeled vehicles and their concepts, identify the restrictions imposed on drivers of two-wheeled vehicles in terms of ergonomics and human factors, understand how ergonomics and human factors can influence the driving experience and study the efficiency of interactions and their cognitive load with the human-machine interfaces (HMI) of two-wheeled vehicles.

By studying the contents mentioned above, it was possible to create a guide of ergonomic and human factors recommendations for two-wheeled vehicles, with a focus on improving safety while driving, increasing comfort during interactions and studying the types of two-wheeled motorized vehicles most commonly purchased in Portugal and relating them to the postures in each of them.

Keywords: Ergonomics, Human Factors Engineering, Interactions, Safety

## ÍNDICE

Agradecimentos.....	2
Resumo.....	4
Abstract.....	5
Lista de Figuras.....	8
Lista de Tabelas .....	10
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimo .....	11
1. Introdução .....	13
1.1 Enquadramento e motivação .....	13
1.2 Objetivos.....	13
1.3 Estrutura de Dissertação .....	14
2. Estado da Arte .....	16
2.1 O universo dos veículos de duas rodas (TW) .....	16
2.1.1 Introdução à locomoção.....	16
2.1.2 Da bicicleta ao PTW.....	19
2.1.3 Motorização da mobilidade e micromobilidade .....	21
2.1.4 Os diferentes tipos de PTW e a sua utilização.....	23
2.1.5 Principais diferenças entre a utilização de um PTW .....	27
2.1.6 Componentes básicos de um PTW .....	28
2.2 Segurança de PTW.....	30
2.2.1 As características das pessoas envolvidas em acidentes PTW na UE.....	30
2.2.2 Possíveis causas de acidentes com PTW.....	40
2.2.3 Principais distrações tecnológicas ao conduzir um PTW.....	42
2.2.4 Multitarefa durante a condução de PTW .....	45
2.3 Engenharia humana aplicada à conceção das interações PTW .....	48
2.3.1 Importância dos fatores humanos na concessão de PTW.....	48
2.3.2 Postura durante a condução de PTW.....	52
2.3.3 Interações com PTW.....	59
2.3.4 Indicadores e controlos em PTW .....	61
2.3.5 Interfaces de PTW .....	66
3. Metodologia.....	69

4. Resultados e discussão .....	70
4.1 Tipos de PTW mais adquiridos em Portugal e as suas posturas .....	70
4.1.1 Tipos de PTW mais adquiridos em Portugal .....	70
4.1.2 Posturas nos PTW mais vendidos em Portugal .....	73
4.2 Guia de recomendações .....	79
5. Conclusões .....	85
Bibliografia .....	87

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cavalo como meio de locomoção (Freepik, 2023). .....	17
Figura 2. Comboio a vapor (Frimu Films, 2023). .....	18
Figura 3. Veículo autónomo da UBER (Diário de Notícias, 2016). .....	19
Figura 4. Bicicleta Michaux de 1864 (wikipedia, 2023).....	20
Figura 5. Bicicleta a Vapor (National Museum of American History, 2023). .....	21
Figura 6. Sportbike PTW, 10 de julho de 2023.....	24
Figura 7. Standard ou naked PTW, 10 de julho de 2023 .....	25
Figura 8. Dual sport PTW, 10 de julho de 2023.....	25
Figura 9. Cruisers PTW, 10 de julho de 2023.....	26
Figura 10. PTW de Turismo, 10 de julho de 2023 .....	26
Figura 11. Scooter, 10 de julho de 2023.....	27
Figura 12. Número anual de vítimas mortais de motociclos e sua percentagem no número total de vítimas mortais na EU27 2010-2018 (European Commision, 2020).....	31
Figura 13. Número anual de acidentes mortais com ciclomotores e sua percentagem no número total de acidentes mortais na UE27 2010-2018 (European Commision, 2020). .....	31
Figura 14. Número relativo e absoluto de mortes em motociclos e ciclomotores por país na UE27 2018 (European Commision, 2020).....	32
Figura 15. Distribuição das mortes de motociclistas, ciclomotores e todas as mortes por género na UE27 (European Commision, 2020).....	33
Figura 16. Distribuição das mortes de motociclistas e ciclomotores e de todas as mortes por grupo etário na UE27 (European Commision, 2020). .....	34
Figura 17 Distribuição das mortes por categorias etárias de 5 anos, por modo de transporte, na UE27 2010-2018 (European Commision, 2020). .....	35
Figura 18 Distribuição de vítimas mortais por modo de transporte em acidentes que envolvem peões, ciclistas, ciclomotores e motociclistas na UE27 2018 (European Commision, 2020). .....	35
Figura 19. Distribuição dos acidentes mortais entre os utilizadores de PTW por posição sentada no veículo na UE27 2010-2018 (European Commision, 2020). .....	36
Figura 20. Distribuição das mortes em motociclos e de todas as mortes por dia da semana e por hora na UE27 2018 (European Commision, 2020). .....	37

Figura 21. Distribuição mensal das mortes por modo de transporte, na UE27 2018 (European Commision, 2020). .....	37
Figura 22. Distribuição das mortes de motociclistas e ciclomotores e de todas as mortes por tipo de estrada na UE27 2010-2018 (European Commision, 2020).....	38
Figura 23 Distribuição das mortes em motociclos e ciclomotores e de todas as mortes por condições de superfície na UE27 2018 (European Commision, 2020). .....	39
Figura 24. Distribuição das mortes de motociclistas e ciclomotores e de todas as mortes por tipo de estrada na UE27 2010- 2018 (European Commision, 2020).....	40
Figura 25. Os domínios dos fatores humanos (adaptado de Lee & Wickens, 2017).....	48
Figura 26. Exemplo de mapa corporal, 10 de agosto de 2023.....	53
Figura 27. Exemplo de postura durante a condução de uma scooter (Drobotdean, 2023). .....	56
Figura 28. Exemplo de postura durante a condução de uma cruiser (User17512913, 2023). .....	56
Figura 29. Exemplo de postura durante a condução de um Dual sport (Jan Marc Staelens, 2023). ....	57
Figura 30. Exemplo de postura durante a condução de uma Sportbike (Azerbaijan stockers, 2023). ..	57
Figura 31. Exemplo de postura durante a condução de uma Standard (Motorcycle News, 2021). .....	58
Figura 32. Sistema interativo entre entre condutor-PTW- ambiente (adaptador de McInally, 2003 e Stedmon, 2010).....	60
Figura 33. Exemplo de indicador de velocidade e Rpm (Master 1305, 2023).....	62
Figura 34. Exemplo de indicadores luminosos em PTW (Standvirtual, 2023).....	63
Figura 35. Exemplo de diferentes tipos de controlos em PTW (Ricardo Lins, 2023). .....	64
Figura 36. Exemplo de localização espacial de controlos e indicadores em PTW (Jcomp, 2023).....	65
Figura 37. Exemplo de diferenças de textura em controlos de PTW (Vehicles Services, 2021). .....	66
Figura 38. Média (M), desvio padrão (SD) e alguns percentis para os dados antropométricos da população portuguesa (adaptado de Barroso & Gomes Da Costa, 2009). .....	74
Figura 39. Scooter - Honda PCX160, 10 de agosto de 2023. ....	75
Figura 40. Standard - Yamaha MT-07, 10 de agosto de 2023.....	76
Figura 41. Dual Sport - Yamaha Tenere 700, 10 de agosto de 2023. ....	77
Figura 42. Turismo - BMW R 1250 GS, 10 de agosto de 2023. ....	78
Figura 43. Fluxograma prisma preenchido (adaptaro de (Page et al., 2021).....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fatores primários que contribui para o acidente (adaptado de Acem, 2009).....	41
Tabela 2. Lista dos fatores importantes que afetam a postura do condutor (adaptado de Arunachalam et al., 2019).....	59
Tabela 3. PTW: Os 10 modelos mais vendidos - janeiro a abril de 2023. ....	71
Tabela 4. Os 10 modelos mais vendidos - janeiro a abril de 2022. ....	71

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMO**

ABS- sistema de anti bloqueio

ACAP- Associação do comercio automóvel de Portugal

ACEM- Associação dos Construtores Europeus de Motocicletas

ADM- Amplitude total de movimentos

CAD- Desenho Assistido por Computador

FEMA- Federação das Associações Europeias de Motociclistas

HMI- Interação homem-máquina

HSI- Interação do sistema com o homem

HCI- Interação homem-computador

LED- Díodos emissores de luz

ON-OFF -ligado-desligado

PTW- Veículos de duas rodas motorizados

TW- Veículos de duas rodas

UE- União europeia



## **1. Introdução**

Neste capítulo introdutório será apresentado o enquadramento e motivação para a elaboração desta dissertação, em seguida os principais objetivos e por último a estrutura da mesma.

### **1.1 Enquadramento e motivação**

Entre janeiro e outubro de 2021, verificou-se que 24,8% do total de vítimas de acidentes de viação (mortais e feridos) em Portugal Continental circulavam em motociclos ou ciclomotores e 7,7% em velocípedes o que representa uma percentagem total de 32,5% do total de vítimas (Autoridade nacional de segurança rodoviária, 2022).

O condutor e o veículo de duas rodas formam um sistema interativo que funciona num ambiente exigente (Abdul Manan et al., 2018), que é muito sensível a alterações inesperadas, podendo levar à perda de controlo do veículo e consequentemente resultar num acidente (Pieve et al., 2009). Outro fator importante que interfere na ocorrência de acidentes são as interfaces homem-máquina, que devem ser concebidos de forma que não interferir com a condução e/ou incomodar o condutor (Will, 2020).

Será que a forma como o condutor se senta; as dimensões do seu corpo e os alcances; a interação com os controlos e comandos afetam o sucesso da sua interação com o veículo? Se algum destes fatores estiver comprometido, pode aumentar a fadiga e grau de dificuldade de utilização e, portanto, a probabilidade de ocorrência de um acidente?

Nesse prisma, a vigente dissertação tem como objetivo principal compreender a importância da ergonomia e dos fatores humanos para o design de interações com veículos de duas rodas.

### **1.2 Objetivos**

Sustentados numa revisão crítica e sistemática da literatura, os objetivos desta dissertação são:

- Compreender o universo dos veículos de duas rodas e os seus conceitos;
- Identificar as restrições, ao nível dos conceitos de ergonomia e fatores humanos impostas aos condutores de veículos de duas rodas;
- Perceber a forma como a ergonomia e fatores humanos podem influenciar a experiência de condução;

- Identificar oportunidades de melhoria em design, facilitadoras da usabilidade nas tarefas, durante a condução de veículos de duas rodas.

O resultado esperado desta dissertação é:

- Criar um guião de recomendações de ergonomia e fatores humanos para veículos de duas rodas, de forma a melhorar a segurança durante a condução e aumentar o conforto da interação.

### **1.3 Estrutura de Dissertação**

A presente dissertação é composta por 5 capítulos sendo que o capítulo inicial fornece uma visão geral da declaração do problema, objetivos de investigação, e âmbito do estudo.

O segundo capítulo, "Estado da Arte", consiste em uma revisão abrangente da literatura existente relacionada ao tema da dissertação. Este capítulo é subdividido em três seções principais: O universo dos veículos de duas rodas (TW): Este subcapítulo examina a história dos veículos de duas rodas, desde a bicicleta até aos veículos de duas rodas com motor (PTWs) contemporâneos, começando com uma introdução à locomoção. Também discute a motorização da mobilidade e da micromobilidade, descreve os vários tipos de PTW e suas aplicações e enfatiza as principais distinções entre o uso de PTW. Também abordamos os componentes fundamentais de um PTW; Segurança de PTW: Este subcapítulo examina as características das vítimas de acidentes com PTW na União Europeia (UE), com foco na segurança dos PTW. Além disso, expõe os fatores de risco para acidentes com PTW, e aborda as principais distrações durante a condução; Engenharia humana aplicada à conceção das interações PTW: Este subcapítulo destaca a importância dos fatores humanos no design de interações dos PTW. E posteriormente aborda alguns campos da engenharia humana, tais como, as posturas durante a condução, as interações com PTW's, os Indicadores e controles de PTWs e as interfaces de PTWs.

O terceiro capítulo, "Metodologia", descreve a abordagem metodológica adotada para esta dissertação. Nele é detalhado o método de recolha e análise de dados.

O quarto capítulo é dedicado à apresentação e discussão dos resultados obtidos durante revisão. Inicialmente são apresentados os tipos PTWs mais adquiridos no contexto português e em seguida são estudados os tipos de posturas nesses PTW. E em seguida, é apresentado um Guia de recomendações

de ergonomia e fatores humanos para o design de interação em PTWs, consolidando as conclusões da revisão.

O quinto e último capítulo, "Conclusões", destaca as conclusões mais significativas e recapitula os objetivos. Além disso, este capítulo aborda limitações da dissertação e oferece um perspectivas para futuras investigações relacionadas ao tema.

## **2. Estado da Arte**

Neste capítulo é feita uma revisão do estado da arte sobre os PTW's. São exploradas três áreas que podem moldar o entendimento desses veículos e a sua interação com o ambiente e os seres humanos.

### **2.1 O universo dos veículos de duas rodas (TW)**

Neste subcapítulo, vai ser descrito o “universo” dos veículos de duas rodas. Começa por abordar a evolução da locomoção e no seu impacto no transporte individual. Traçou-se a linhagem da bicicleta, uma invenção inovadora que preparou o terreno para o desenvolvimento dos PTW's. De seguida, será aprofundada a motorização da mobilidade e o surgimento da micromobilidade, revelando os diferentes tipos de PTW's disponíveis e as suas finalidades específicas. Para além disso, serão analisadas as principais disparidades entre a utilização de um PTW e outros modos de transporte, bem como uma visão abrangente dos componentes básicos que formam um PTW.

#### 2.1.1 Introdução à locomoção

A locomoção tem sido essencial para o crescimento e avanço da sociedade humana desde os primeiros tipos de locomoção humana até aos modos de transporte contemporâneos.

Simple e movidos por músculos, as primeiras formas de locomoção humana foram as pernas que eram utilizadas para andar e correr. Posteriormente, o Homem passou a recorrer aos animais como meio de transporte (Alcoforado, 2021).

Durante séculos, os principais meios de transporte para além das próprias pernas eram cavalos (Figura 1), burros e bois, que eram treinados para mover tanto pessoas como carga (Andriacchi & Alexander, 2000).

Devido ao uso generalizado de cavalos para transporte na Idade Média, a sela foi criada, o que melhorou o conforto e a segurança da equitação. Podemos então dizer que a sela arcaica foi o primeiro objeto/design desenvolvido para facilitar a locomoção.



Figura 1. Cavalo como meio de locomoção (Freepik, 2023).

Mas foi com o desenvolvimento da roda em 3500 a.c. que o cenário começou a mudar, tornando possível a movimentação de pessoas e bens, assim como objetos de grande porte de forma ainda mais eficaz.

A Revolução Industrial, nos séculos XVIII e XIX, trouxe diversas mudanças significativas para o mundo e a locomoção não foi exceção. À medida que as máquinas a vapor foram sendo desenvolvidas, foram utilizadas para o funcionamento dos primeiros automóveis, navios e comboios (Figura 2), sendo que as utilizações destes meios de locomoção tornaram possível o transporte de pessoas e bens a velocidades e distâncias sem precedentes.



Figura 2. Comboio a vapor (Frimu Films, 2023).

A criação do automóvel, que rapidamente ultrapassou outras formas de transporte pessoal, foi desencadeada pelo advento do motor de combustão no final do século XIX. A par do desenvolvimento do automóvel esteve o do avião, sendo que este veio revolucionar a forma de locomoção, alterando radicalmente a forma como as pessoas viajavam em longas distâncias.

No século XX, fruto do desenvolvimento de novas tecnologias, novos modos de locomoção foram criados, tendo dado lugar a algo até então impossível. Com os programas de desenvolvimento daquela época foi possível a criação de equipamentos de locomoção que levam o Homem à Lua em segurança.

“Um pequeno passo para o homem um grande salto para a Humanidade”; frase dita por Neil Armstrong, astronauta norte-americano, o primeiro homem a pisar na Lua no artigo "Astrobiologia e as missões tripuladas para a colonização de Marte: alguns argumentos contra e a favor" (Bruns Caridade et al., n.d.).

Atualmente, existem protótipos de carros autónomos (Figura 3) que permitem o transporte de pessoas e bens sem necessidade de envolvimento humano, sendo estes o resultado dos avanços das tecnologias digitais computacionais. O desenvolvimento de novas tecnologias está em curso e a história da locomoção ainda está a mudar. É expectável, que enquanto os seres humanos continuarem a empurrar os limites da tecnologia, a história da locomoção continuará a ser uma área fascinante e dinâmica.



Figura 3. Veículo autônomo da UBER (Diário de Notícias, 2016).

### 2.1.2 Da bicicleta ao PTW

Os veículos de duas rodas (TW) têm uma longa história que se estende desde o início da utilização da propulsão animal pela humanidade para o transporte pessoal e comercial. As carruagens foram os primeiros veículos de duas rodas, e foram utilizados pela primeira vez no antigo Egito por volta de 2000 a.C.

Os veículos de duas rodas desenvolveram-se em todo o mundo nos séculos que se seguiram. A origem da bicicleta parece não estar bem definida (Gonzaga, 2006), mas acredita-se que o draisine, uma forma de bicicleta de equilíbrio desenvolvida na China no século XII, foi o primeiro veículo de duas rodas. Existem outras interpretações históricas que apontam para a possível origem da bicicleta na França por volta de 1790. Segundo essas interpretações, o conde francês Sivrac teria concebido a ideia de montar duas rodas com o mesmo diâmetro em uma estrutura de madeira alinhada.

Em ambos a casos o utilizar o equipamento, os pés do condutor levantaram-se do chão para o impulsionar para frente visto que o mesmo não tinha pedais.

A bicicleta moderna foi criada na década de 1860 pelo francês Michaux. Tinha duas rodas de tamanho idêntico, e a roda traseira era acionada por uma corrente que era movida pelos pedais. (Gonzaga, 2006). Como se pode observar na Figura 4, as bicicletas originais eram construídas de madeira pelo facto dos passeios nessas bicicletas serem considerados "doloroso", e eram apelidadas de "boneshakers". As

bicicletas começaram a ser produzidas de aço na década de 1870, e melhoraram no conforto e facilidade de utilização.



Figura 4. Bicicleta Michaux (wikipedia, 2023).

A primeira bicicleta com a capacidade de percorrer grandes distâncias foi a bicicleta movida a vapor que foi desenvolvida no século XIX como resultado do desenvolvimento do motor a vapor. No entanto, devido ao seu peso e lentidão, nunca foi amplamente utilizada.



Figura 5. Bicicleta a Vapor (National Museum of American History, 2023).

Os motociclos foram criados no início do século XX. Estes engenhos motorizados de duas rodas movimentavam-se muito mais rapidamente do que as bicicletas embora fossem volumosas e desafiantes de conduzir, rapidamente se desenvolveram até se tornarem nos veículos que conhecemos hoje.

Os veículos com duas rodas continuam o seu desenvolvimento atualmente, sempre na procura de melhoria da eficiência dos mesmos com uma preocupação cada vez mais direcionada para a eficiência e sustentabilidade.

As pessoas utilizam mais frequentemente motociclos e bicicletas elétricas à medida que procuram opções de transporte mais sustentáveis. Além disso, à medida que a tecnologia de autocondução (condução autónoma) avança, é previsível que em breve vejamos veículos de duas rodas com condução autónoma. Os veículos de duas rodas têm uma longa e intrigante história e é certo que continuarão a ser cruciais para o transporte durante muitas gerações.

### 2.1.3 Motorização da mobilidade e micromobilidade

A mobilidade possui um papel fundamental no desenvolvimento da sociedade. O desenvolvimento socioeconómico de um país, região ou cidade é diretamente correlacionado com a disponibilidade de bons pontos de acesso e modos de transporte para pessoas e bens. Um dos principais fatores que impulsionam o crescimento da economia são os sistemas de mobilidade individual e coletiva que

permitem à sociedade participar ativamente na produção e no consumo de bens e serviços (Azevedo, 2017). Por outro lado, um dos principais fatores da motorização dessa mesma mobilidade tem sido o crescimento económico, uma vez que o aumento dos rendimentos tem levado a um aumento da procura de transporte pessoal. Isto tem sido particularmente pronunciado nas economias emergentes, onde a crescente classe média levou a um aumento da propriedade e utilização do automóvel.

O termo “motorização da mobilidade” descreve a tendência crescente de utilização de veículos motorizados para o transporte, especialmente nas cidades. Muitas causas, tais como expansão económica, urbanização e avanços no sistema de transportes têm contribuído para esta tendência.

Devido à sua maior velocidade e conveniência em comparação com modos de transporte não motorizados como a marcha ou a bicicleta, os veículos motorizados como carros e motocicletas tornaram-se mais populares.

A motorização da mobilidade também tem, no entanto, um impacto social e ambiental consideravelmente negativo. Os veículos motorizados podem aumentar o congestionamento do tráfego e os acidentes, bem como contribuir para a poluição atmosférica, emissões de gases com efeito de estufa e alterações climáticas. A utilização do transporte motorizado pode também resultar numa perda de espaço aberto, uma vez que os parques de estacionamento e as autoestradas ocupam espaço valioso que poderia ser utilizado para outras aplicações (Peralta, 2019).

As vantagens dos veículos de duas rodas em relação a outros meios de transporte são inúmeras. Os condutores podem deslocar-se facilmente através do tráfego, graças à sua excelente manobrabilidade, utilizam menos combustível do que a maioria dos veículos de quatro rodas e apresentam maior facilidade de estacionamento, dada a “pequena” dimensão. Os veículos de duas rodas são também uma opção muito apreciada para lazer e desporto, com uma variedade de versões construídas para tudo, desde passeios lentos a corridas de alta velocidade (Agiu et al., 2021a).

“Em áreas congestionadas, os motociclos levam aproximadamente 16 a 48% menos tempo para cobrir a mesma viagem urbana que um carro; ... os motociclos médios consomem entre 55% e 81% menos combustível do que os carros no mesmo trajeto e requerem menos recursos para fabrico” (A European Agenda for Motorcycle Safety, 2009, pag.11).

Porém, os veículos descritos continuam a associar-se a alguns problemas específicos, nomeadamente: a falta de segurança e conforto durante a sua utilização, pela exposição total do corpo às condições climatéricas, como também, uma exigência superior de controlo corporal, quando comparados ao automóvel ou transportes públicos.

“O motociclo elétrico é uma das melhores opções de mobilidade em Portugal, principalmente nos grandes centros urbanos” (Azevedo, 2017). A questão da falta de "conforto" do motociclo é atenuada pelas condições climáticas do país– em 2022 verificou-se 222 dias sem precipitação na região do Porto (PORDATA, 2022).

Os motociclos elétricos estão a tornar-se cada vez mais apreciadas como um substituto mais ecológico e eficaz para as motos a combustão convencionais. Sistemas de travagem anti-bloqueio e controlo de tração são dois exemplos de equipamento de segurança de ponta que são mais populares, aumentando a segurança dos condutores e diminuindo a probabilidade de acidentes.

O mundo dos veículos de duas rodas não está, no entanto, isento de dificuldades. Devido à falta de barreiras de proteção e ao maior perigo de ferimentos do condutor, os acidentes que envolvem veículos de duas rodas podem ser mais graves do que os que envolvem veículos de quatro rodas (Agius et al., 2021a).

O aumento da motorização da mobilidade e da micromobilidade são dois fenómenos inter-relacionados que vão diretamente de encontro aos padrões e necessidades de transporte da sociedade moderna. A tendência em desenvolvimento de modos de transporte mais compactos, leves e amigos do ambiente e a motorização da mobilidade, realçam a tendência crescente da nossa sociedade de dependência de veículos pequenos, rápidos e ágeis.

#### 2.1.4 Os diferentes tipos de PTW e a sua utilização

O mundo dos PTW é vasto e diversificado, com uma variedade de veículos fabricados para várias utilizações, ambientes e gostos. Os veículos de duas rodas a motor de hoje vêm numa grande variedade, satisfazendo as necessidades dos condutores com vários estilos de vida, interesses e orçamentos.

Com base na sua conceção, função e utilização prevista, os PTW podem ser divididos, em diversas variedades. Seguem-se as seis categorias principais de PTW's em baixo (Domino, 2009):

**Sportbike:** As PTW desportivas (Figura 6) são construídas para a velocidades maiores oferecendo uma experiência de condução estimulante e emocionante, mas muitas vezes o condutor precisa de uma capacidade de condução mais elevado do que outros tipos de PTW. Têm uma posição de condução inclinada para a frente e um design aerodinâmico e agressivo (Azevedo, 2017). Motores potentes, configurações de suspensão sofisticadas e travões de alto desempenho são frequentemente encontrados nas PTW desportivas.

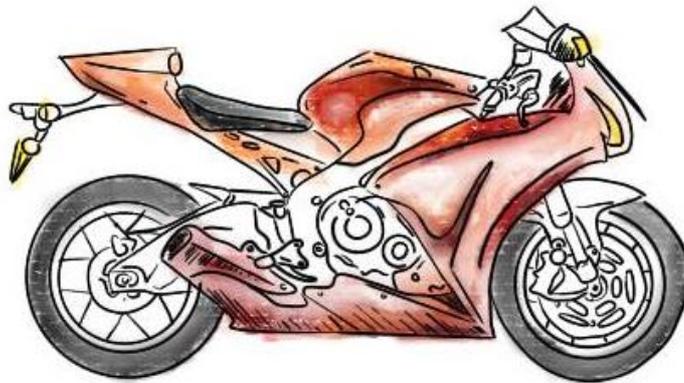


Figura 6. Sportbike PTW, 10 de julho de 2023

**Standard ou naked:** As bicicletas standard (Figura 7), normalmente designadas por naked bikes, distinguem-se pelos seus motores expostos, posição de assento vertical e design simples. Estas PTW

proporcionam uma experiência de condução flexível e podem ser utilizadas para condução desportiva, passeios e deslocações pendulares.

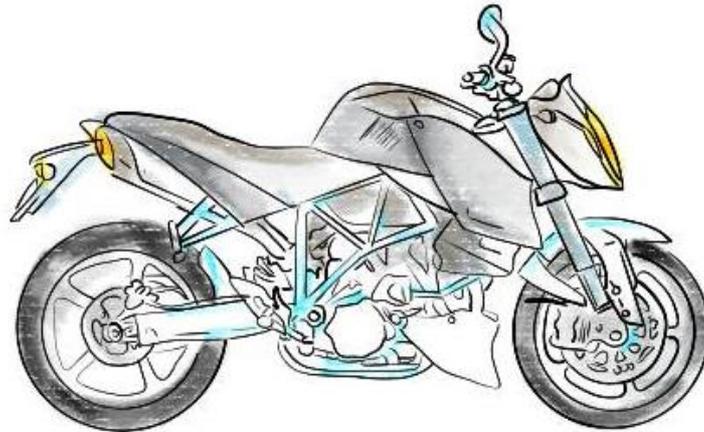


Figura 7. Standard ou naked PTW, 10 de julho de 2023

**Dual sport:** Este modelo pode ser utilizado tanto em estradas pavimentadas como em trilhos todo-terreno são designados por Dual sport (desporto duplo, motociclos de dupla finalidade ou motos de aventura). A suspensão de longo curso, os pneus com saliências e o design leve são algumas das suas características off-road. Estes PTW são ideais para os condutores que gostam de conduzir em estrada e fora delas (Figura 8).



Figura 8. Dual sport PTW, 10 de julho de 2023

**Cruisers:** A postura de condução descontraída, a baixa altura do assento e a ênfase no conforto são características das cruisers (Figura 9). São as melhores para viagens longas em autoestrada devido ao seu habitual motor V-twin.



Figura 9. Cruisers PTW, 10 de julho de 2023

**Turismo:** Este PTW são feitos para viagens de longa distância e oferecem conforto e armazenamento para viagens longas (Figura 10). Têm frequentemente motores mais potentes, bancos mais confortáveis, e comodidades de ponta como controlo de cruzeiro e suspensão elétrica.

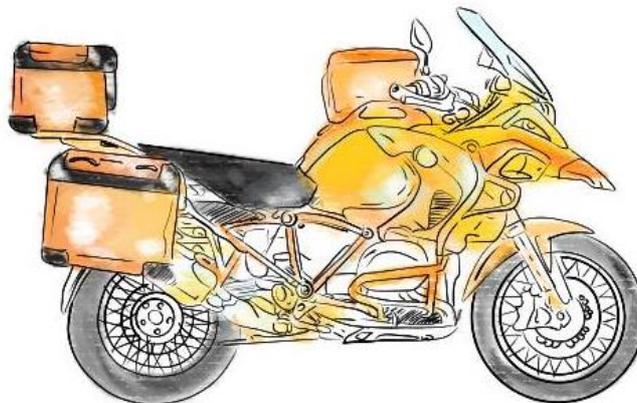


Figura 10. PTW de Turismo, 10 de julho de 2023

**Scoter:** Para deslocações de curtas distâncias, as scooters são uma forma comum de transporte nas cidades. São uma opção popular, uma vez que são leves, compactas e simples de serem conduzidas. Em comparação com outros PTW, as scooters têm normalmente motores mais pequenos e menos

potência, mas ainda assim são muito eficientes em termos consumo de combustível e uma opção menos dispendiosa do que os carros tradicionais (Figura 11).



Figura 11. Scooter, 10 de julho de 2023

Estas são apenas algumas dos vários tipos de PTW existentes. Existem mais categorias e subtipos dentro de cada categoria com base no tamanho do motor, na aplicação pretendida e em determinadas características.

#### 2.1.5 Principais diferenças entre a utilização de um PTW

Entre a utilização de um PTW para recreação e para o transporte urbano, há uma série de diferenças significativas e neste capítulo iremos abordar algumas dessas diferenças.

As motos maiores e mais potentes são tipicamente utilizadas para fins recreativos, enquanto que as scooters e ciclomotores mais pequenos e ágeis são mais frequentemente utilizados para o transporte urbano. Isto deve-se ao facto de que nas cidades, as capacidades de estacionamento e gestão de tráfego são mais cruciais do que a velocidade ou força bruta (Peralta, 2019).

“Até há poucos anos as indústrias de automóveis e de motos tinham poucos pontos de contacto. Mas com a fabricação da “scooter” de conceção muito próxima da do automóvel, põem-se agora problemas comuns. Há para começar, a proteção que a scooter parece assegurar; o estilo da carroçagem tão na moda, em chapa moldada pelos bons fabricantes,

no entanto parece esquecer tudo o que seja técnica. (...) o scootorista não gosta, em geral, de se preocupar com a mecânica e de aturar as maçadas que a ela se ligam. Assim como o automobilista médio, não quer nem se dar ao trabalho de mudar as velas ou mudar o óleo dos travões. (...) Os construtores de scooters mostram o caminho que a moto deverá também seguir em breve. (...) Se bem que nos últimos tempos a scooter se tenha esforçado para se tornar um instrumento de grande turismo, não se pensa que procure atingir velocidades muito elevadas e que a cilindrada ultrapasse os 250cc.”(MotoRevista nº 2, 1955, pag. 27).

Quando se utiliza um PTW para lazer, diversão e recreação são frequentemente os principais objetivos, enquanto que para o transporte urbano o objetivo é deslocar-se o mais rápida e convenientemente possível. Porque para isso, os condutores de lazer podem optar por percursos mais pitorescos ou difíceis, enquanto os condutores urbanos podem preferir o percurso mais curto e direto. Isto pode ter um impacto em fatores como o planeamento de rotas e a velocidade.

O nível de risco e as preocupações de segurança podem também diferir entre o uso urbano e recreativo. Enquanto os condutores podem correr maiores riscos e alargar os limites dos seus PTW quando conduzem para fins recreativos, quando se trata de mobilidade urbana, a segurança é frequentemente uma prioridade fundamental devido à maior densidade de tráfego e riscos potenciais.

#### 2.1.6 Componentes básicos de um PTW

Um PTW é constituído por várias partes, cada uma com a sua função única. As principais partes de um PTW são as seguintes:

**Quadro:** O quadro é a estrutura principal, a base do PTW, e fornece o apoio estrutural e estabilidade para o veículo. A estrutura é tipicamente feita de metal, como aço ou alumínio, e é concebida para absorver choques e vibrações enquanto mantém a estabilidade do veículo.

**Motor:** O motor é a fonte de energia do PTW, gere a energia necessária para conduzir o veículo. Os motores PTW variam em tamanho e potência, desde pequenos motores de 50cc até motores maiores e mais potentes de 1000cc ou mais.

**Rodas e Pneus:** As rodas e os pneus, proporcionando tração e estabilidade na estrada. Os pneus PTW são especificamente concebidos para proporcionar aderência, ao mesmo tempo que são duráveis e resistentes ao desgaste.

**Suspensão:** O sistema de suspensão é responsável pela absorção de choques e vibrações, de forma a manter a estabilidade e o equilíbrio. Os sistemas de suspensão PTW podem variar na conceção, desde os tradicionais sistemas de molas e amortecedores a sistemas elétricos de suspensão mais avançados.

**Travões:** Os travões são características críticas de segurança de qualquer PTW, proporcionando a capacidade de abrandar ou parar o veículo quando necessário.

**Sistema elétrico:** O sistema elétrico inclui a bateria, ignição, iluminação, e outros componentes eletrónicos. O sistema elétrico alimenta as luzes, indicadores, e outros acessórios, e é responsável pelo arranque do motor.

**Controlos:** Os controlos de um PTW são utilizados para operar o veículo. Os controlos incluem o guiador, apoios para os pés e pedais e os instrumentos, tais como o velocímetro, o indicador de combustível e o display, que fornecem informações essenciais ao condutor.

## 2.2 Segurança de PTW

A condução de PTW apresenta uma série de desafios e riscos, exigindo uma compreensão profunda dos fatores que contribuem para acidentes e distrações durante a condução. Este capítulo tem como objetivo explorar vários aspetos relacionados com a segurança na condução de PTWs.

Inicialmente, serão abordadas as características das pessoas envolvidas em acidentes com PTWs na União Europeia (UE). Serão analisados fatores como idade, sexo, estação do ano, dia da semana, entre outros, de forma a identificar as principais características dos envolvidos nos acidentes.

Posteriormente, serão apresentados os fatores que podem levar a acidentes com PTWs e as principais distrações tecnológicas enfrentadas condutores PTW.

Por fim, será abordada a questão da multitarefa durante a condução e as várias perspetivas sobre este assunto os seus desafios e as suas consequências.

Ao explorar esses tópicos, este capítulo fornecerá uma visão abrangente sobre segurança de PTW.

### 2.2.1 As características das pessoas envolvidas em acidentes PTW na UE

“Juntamente com os peões e os ciclistas, os motociclistas e os ciclomotores fazem parte do grupo dos utilizadores vulneráveis da estrada” (European Commission, 2020).

De acordo com a Comissão Europeia (2020), os veículos de duas rodas motorizados (PTW) englobam os ciclomotores e motociclos. Um ciclomotor é definido como um veículo a motor de duas ou três rodas que possui um motor com cilindrada máxima de 50 de cilindrada e velocidade máxima de até 45 km/h. Já um motociclo é um veículo a motor de duas ou três rodas com motor até 125 de cilindrada ou velocidade máxima superior a 45 km/h. Ambos os tipos de veículos podem ser equipados com motores elétricos.

O tamanho do cilindro, a massa, a velocidade e o tipo de utilização são apenas algumas das distinções entre os condutores de motociclos e ciclomotores. Devido a estas diferenças, esta análise será feita separadamente para cada uma das categorias.

De acordo com as informações mais recentes fornecidas pela Comissão Europeia e demonstradas na Figura 12 e Figura 13, os condutores de motocicletas e ciclomotores, representaram, respetivamente 15,5% e 2,9% de todas as mortes no trânsito na UE em 2018. Por conseguinte, quando se consideram todas as mortes na estrada, os condutores de PTW são responsáveis por quase uma em cada cinco mortes.

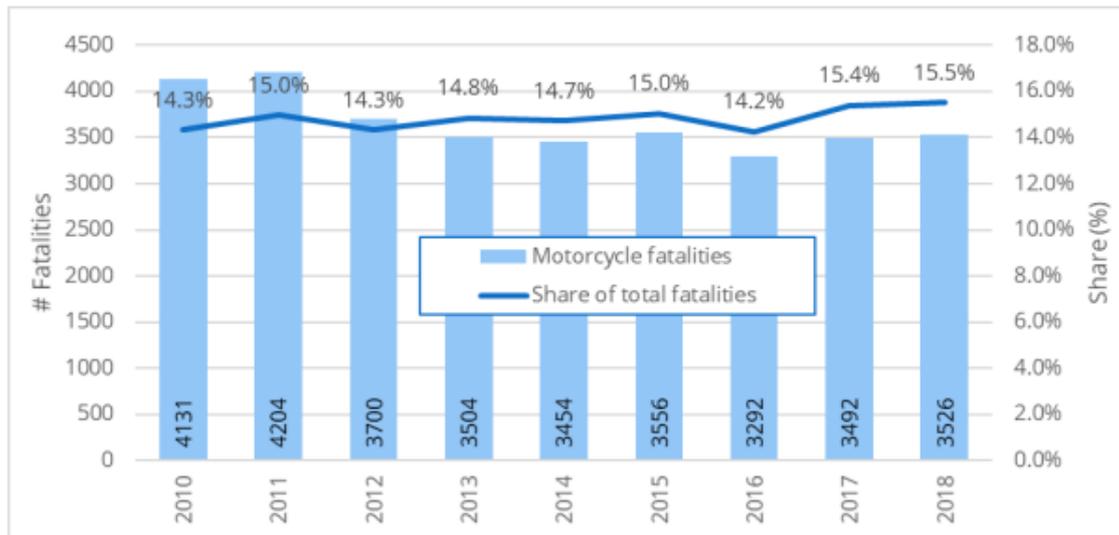


Figura 12. Número anual de vítimas mortais de motocicletas e sua percentagem no número total de vítimas mortais na UE27 2010-2018 (European Commission, 2020).

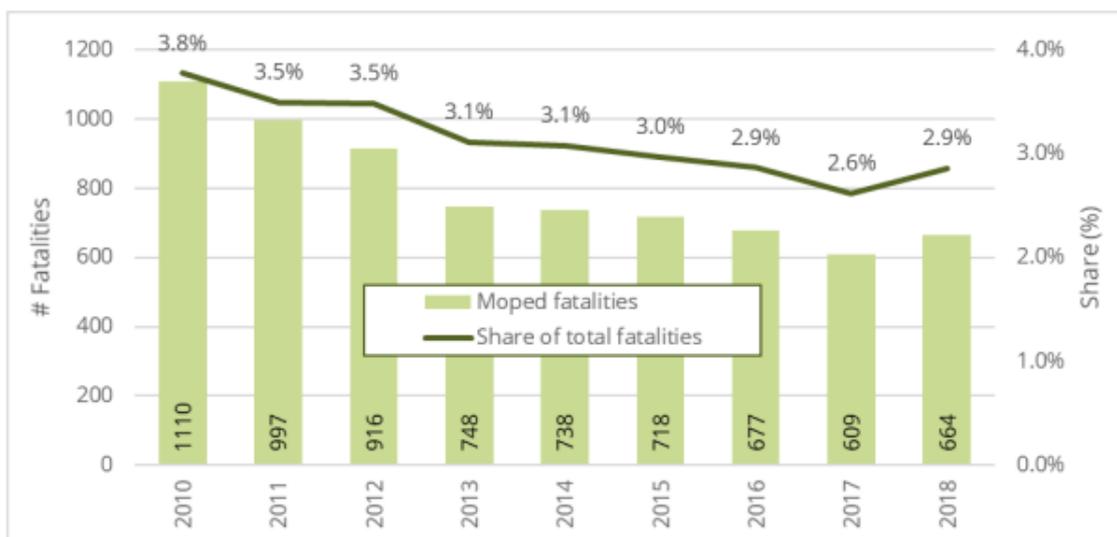


Figura 13. Número anual de acidentes mortais com ciclomotores e sua percentagem no número total de acidentes mortais na UE27 2010-2018 (European Commission, 2020).

Como demonstrado na Figura 14, em média 16% dos condutores de PTW vítimas de acidentes fatais eram condutores de ciclomotores. Este valor é bastante superior em países como Portugal (27%) e Países Baixos (42%). Neste último caso, a percentagem tão elevada pode estar relacionada com a legislação do

país, que permite a condução ciclomotores até 25 km/h sem a utilização de capacete (ao contrário de Portugal e da maioria dos países da EU).

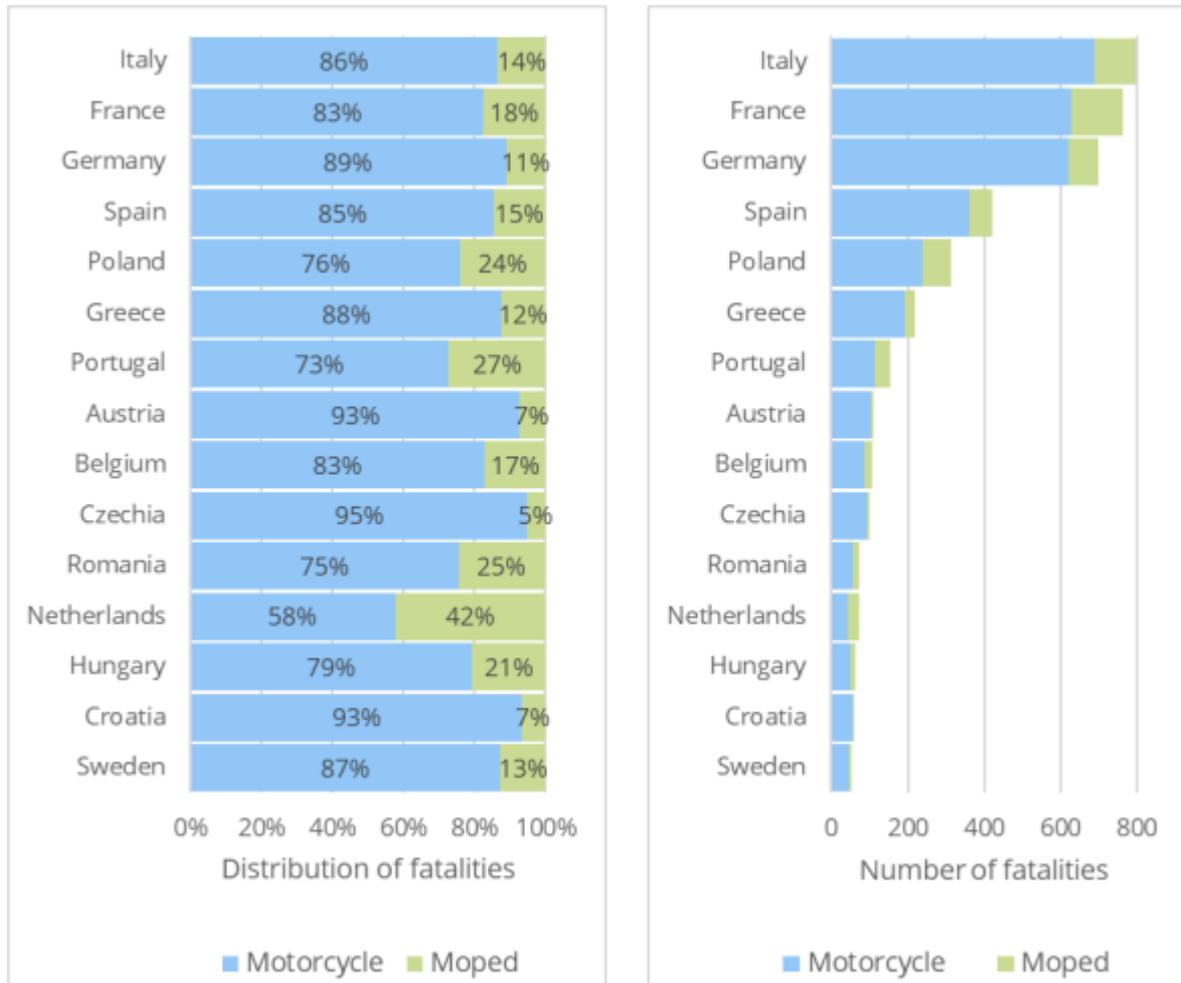


Figura 14. Número relativo e absoluto de mortes em motocicletas e ciclomotores por país na UE27 2018 (European Commission, 2020).

Em 2018, 76% de todas as mortes registadas nas estradas da UE envolviam homens. É igualmente crucial recordar que esta proporção é significativamente maior entre os condutores de PTW, atingindo 91% para os condutores de ciclomotores e 94% para os condutores de motocicletas, como se pode ver na Figura 15.

Estes números sublinham o facto dos homens constituírem a maioria das vítimas mortais em acidentes rodoviários e mostram a necessidade de abordar questões específicas das suas necessidades em termos de segurança rodoviária.

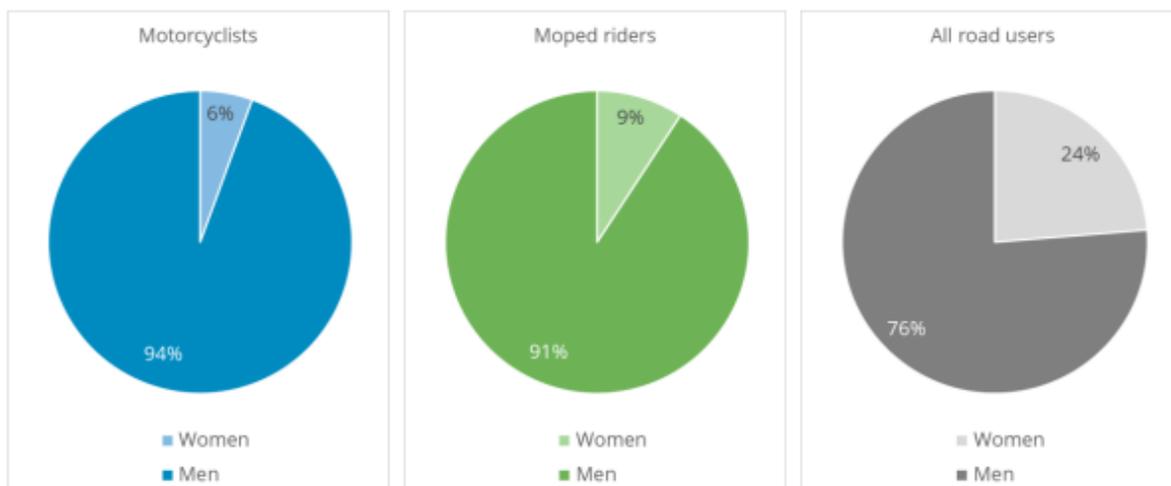


Figura 15. Distribuição das mortes de motociclistas, ciclomotores e todas as mortes por género na UE27 (European Commission, 2020).

A faixa etária entre os 25 e os 64 anos, representa, 77% dos condutores de motociclos e 50% dos condutores de ciclomotores envolvidos em acidentes fatais, como se pode constar na Figura 16.

A proporção de condutores com mais de 65 anos está a aumentar, enquanto a proporção de condutores com menos de 24 anos está a diminuir em ambos os modos de transporte.

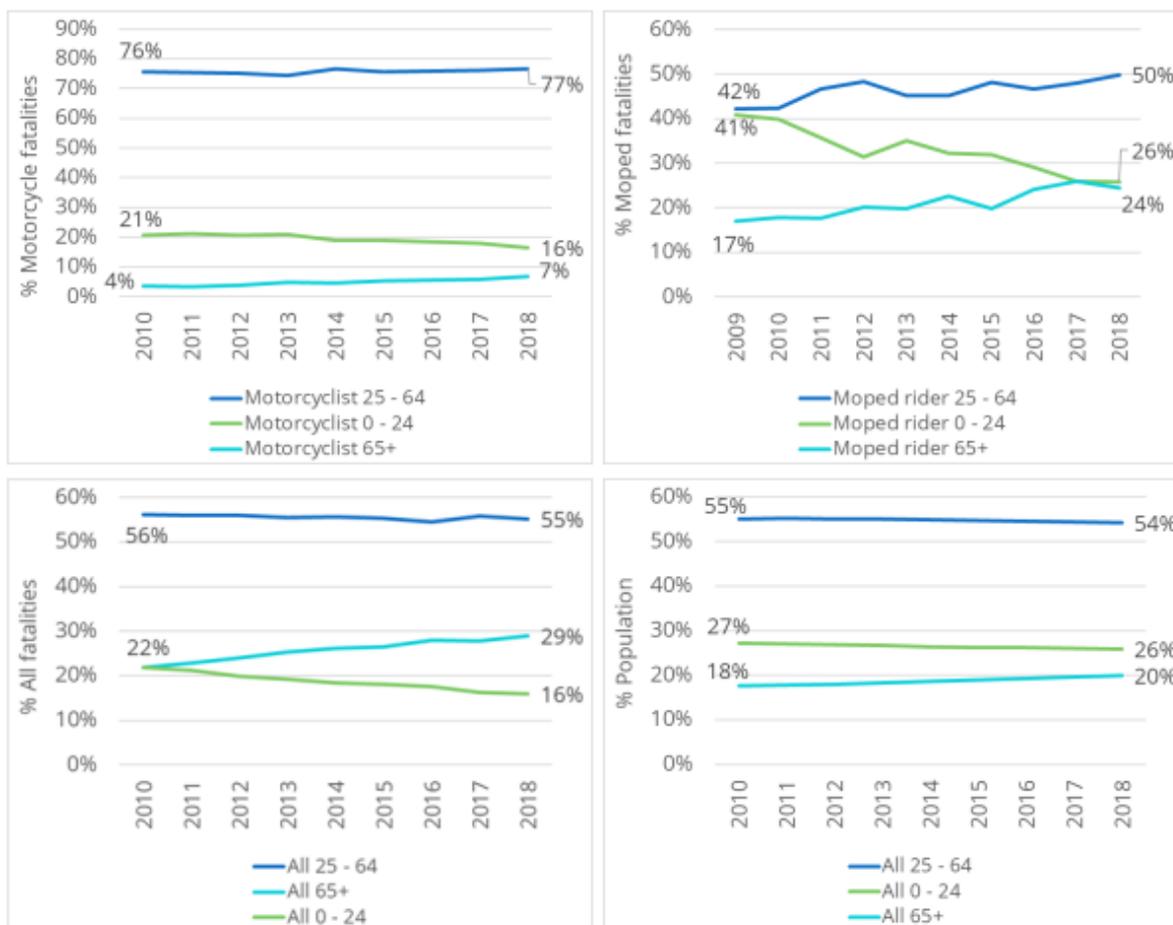


Figura 16. Distribuição das mortes de motociclistas e ciclomotores e de todas as mortes por grupo etário na UE27 (European Commission, 2020).

A distribuição das vítimas mortais de motociclos e ciclomotores por idade é apresentada com mais pormenor na Figura 16.

Em termos de mortes, os condutores de ciclomotores registam um pico elevado entre os 15 e os 19 anos, enquanto os motociclistas registam um pico na casa dos vinte anos. Antes da taxa de acidentes mortais com ciclomotores atingir um patamar, o pico diminui acentuadamente até à idade de 25 a 29 anos.

Como se pode observar na Figura 17, no caso dos condutores de motociclos existe um pico de mortalidade aos vinte e poucos anos.

Os condutores de motociclos apresentam uma distribuição de mortes significativamente diferente, quando comparados com outros utilizadores vulneráveis da estrada, como os peões e os ciclistas, cujo número de mortes aumenta com a idade.

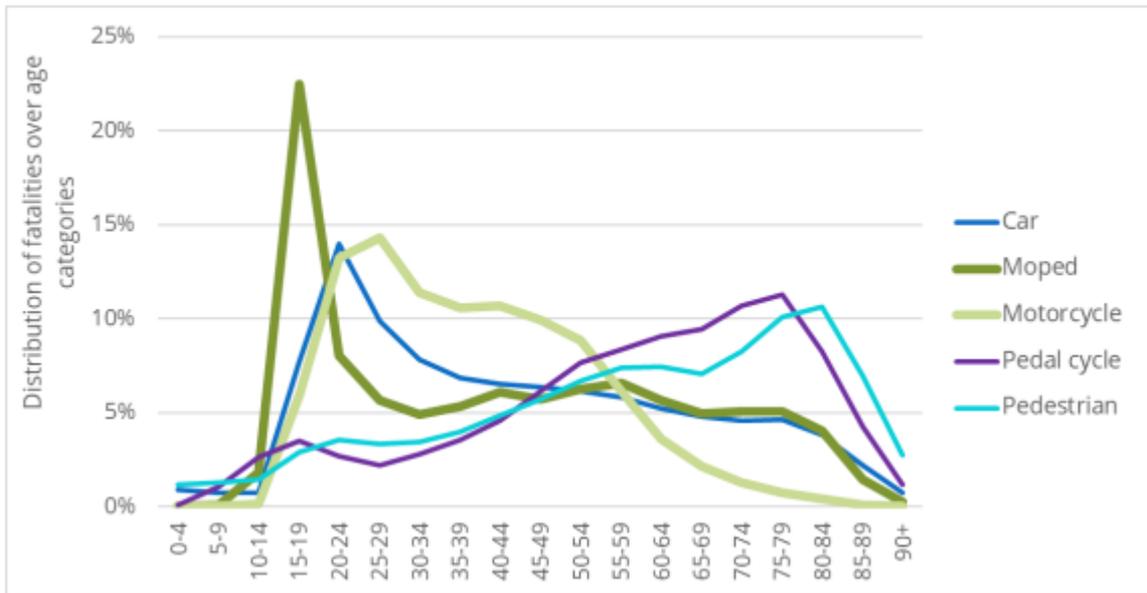


Figura 17 Distribuição das mortes por categorias etárias de 5 anos, por modo de transporte, na UE27 2010-2018 (European Commission, 2020).

As proporções de motociclistas e condutores de ciclomotores mortos em colisões unilaterais (colisões que envolvem apenas um veículo e sem pedestres) em 2018 foram de 36% e 33%, respetivamente (mais detalhes na Figura 18). Em todos os acidentes que envolvem condutores de PTW, mais de 90% das pessoas que perderam a vida foram os próprios condutores dos veículos.

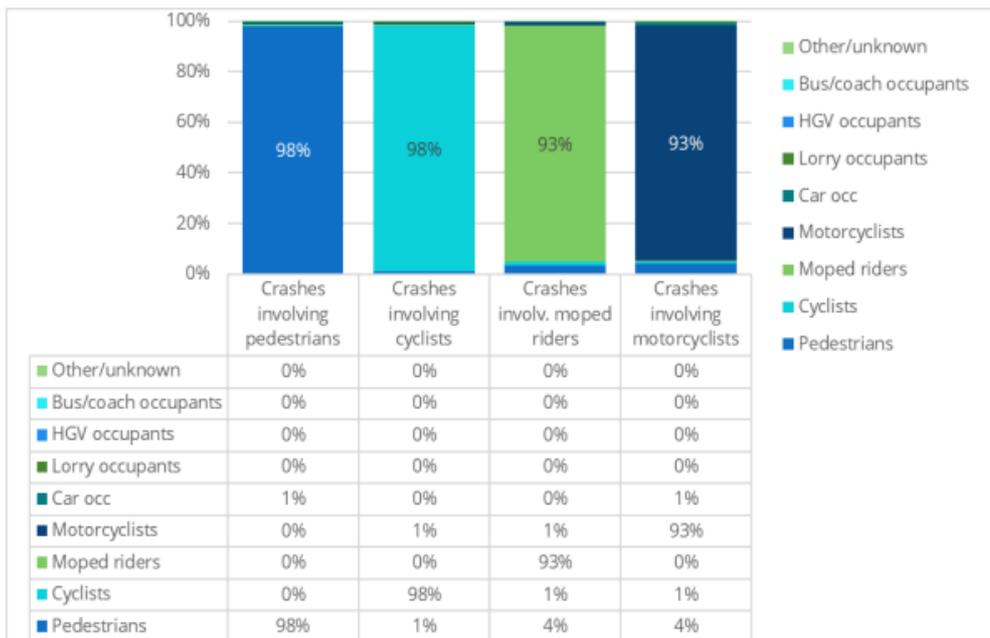


Figura 18 Distribuição de vítimas mortais por modo de transporte em acidentes que envolvem peões, ciclistas, ciclomotores e motociclistas na UE27 2018 (European Commission, 2020).

Em relação ao papel do assento dos utilizadores de PTW falecidos, é importante notar que os dados contidos na base de dados CARE são muito escassos. No entanto, os poucos dados (apresentados na Figura 19) parecem sugerir que os passageiros representam apenas uma pequena parte das mortes.

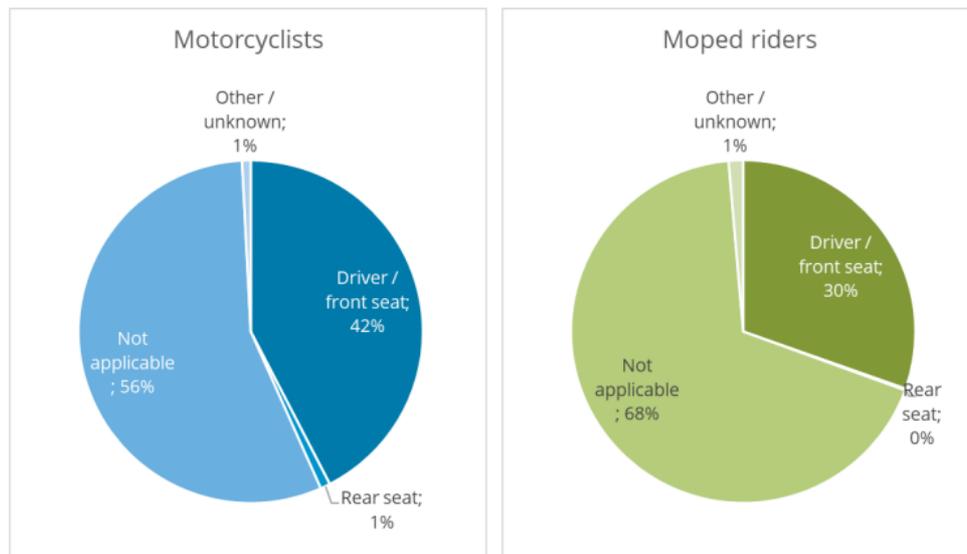


Figura 19. Distribuição dos acidentes mortais entre os utilizadores de PTW por posição sentada no veículo na UE27 2010-2018 (European Commission, 2020).

Como demonstra a Figura 20, os motociclistas têm muito mais probabilidades de se envolverem em acidentes mortais durante o dia e ao fim-de-semana, de acordo com a distribuição dos acidentes mortais com motociclos por dia da semana e por hora.

Comparando-os com todas as mortes na estrada durante a semana de trabalho, têm menos probabilidades de se envolverem num acidente mortal de manhã, mas têm probabilidades semelhantes de se envolverem num acidente à tarde.

Com base na análise, é importante destacar que, na sua maioria, o uso de motocicletas durante os períodos de fim de semana é voltado para atividades recreativas. Diante desse contexto, é possível afirmar que a utilização de motocicletas para fins recreativos apresenta um maior risco de acidentes fatais.

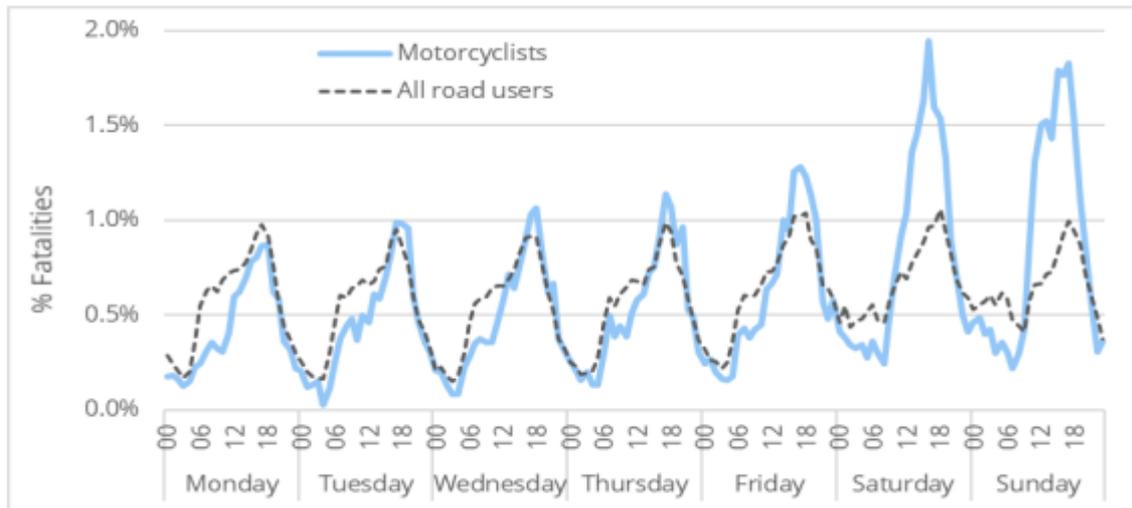


Figura 20. Distribuição das mortes em motocicletas e de todas as mortes por dia da semana e por hora na UE27 2018 (European Commission, 2020).

Os motociclistas apresentam uma variação sazonal notável no que diz respeito à distribuição das mortes por meio de transporte ao longo do ano, sendo o número de vítimas mortais significativamente inferior no Inverno e superior na Primavera e no Verão. Há 6,5 vezes mais mortes de motociclistas em julho do que em fevereiro, como se pode observar na Figura 21. Semelhante à tendência sazonal para as mortes em motocicletas, embora menos, é o padrão para as mortes em ciclomotores e bicicletas. Mais uma vez, isto pode ser o resultado da forma como estes veículos são conduzidos.

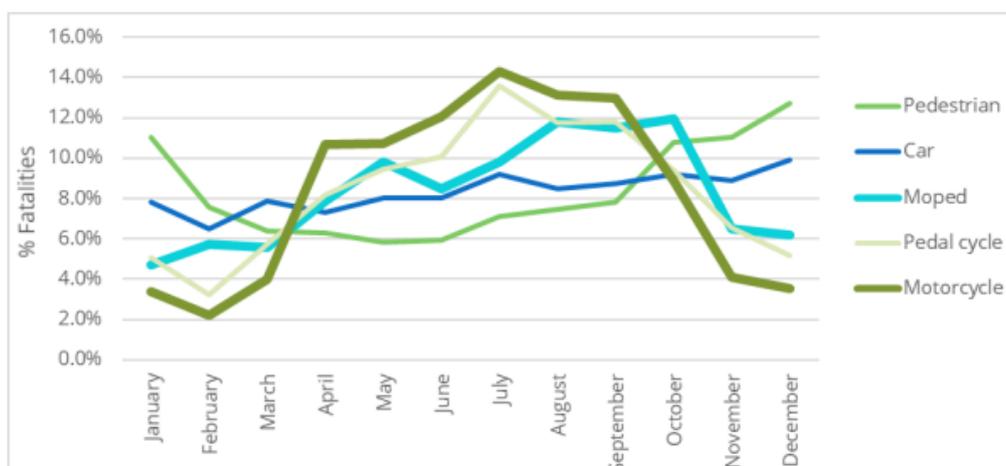


Figura 21. Distribuição mensal das mortes por modo de transporte, na UE27 2018 (European Commission, 2020).

Como demonstra a Figura 22, a percentagem de motociclistas nas estradas rurais em 2018 é de 57% (em comparação com 36% nas estradas urbanas); a percentagem de condutores nas estradas rurais em 2018 é de ciclomotores é de 46% (em comparação com 53% nas estradas urbanas).

81% de todas as mortes no trânsito aconteceram na estrada, contra 74% e 68%, respetivamente, para motociclistas e ciclomotores.

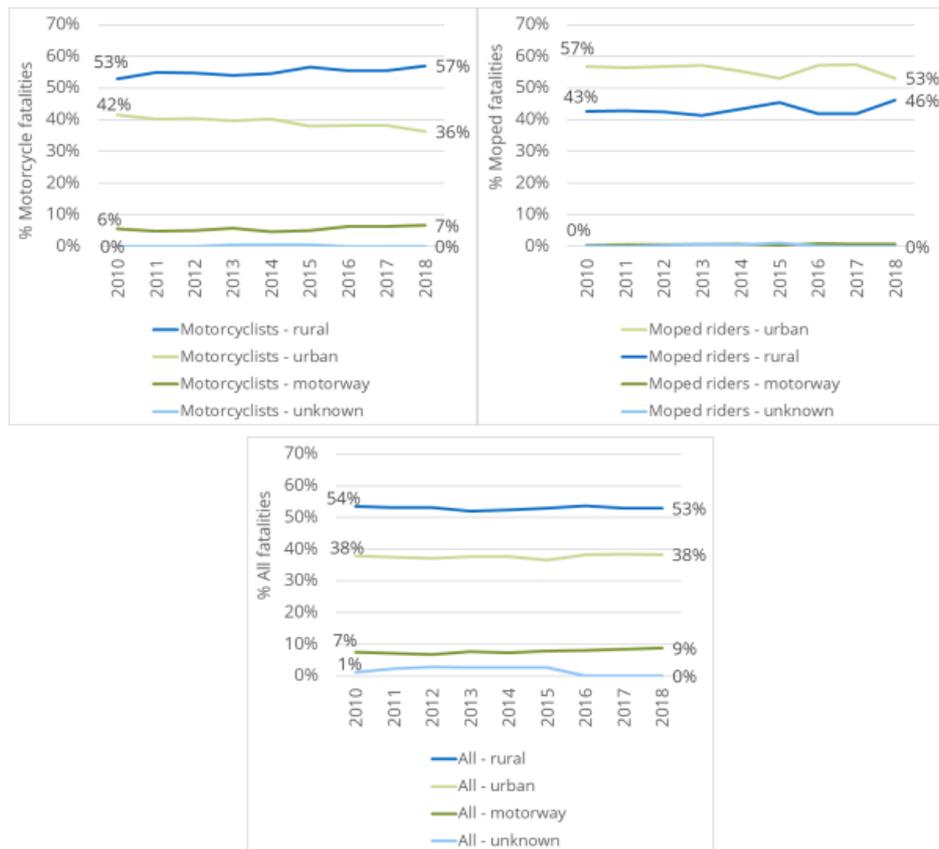


Figura 22. Distribuição das mortes de motociclistas e ciclomotores e de todas as mortes por tipo de estrada na UE27 2010-2018 (European Commission, 2020).

A maioria dos acidentes fatais que envolvem motociclistas e ciclomotores ocorreu em condições de pavimento seco, representando 92% e 86% das mortes, respetivamente. Na Figura 23 detalhe mais a condições de superfície durante acidentes fatais.

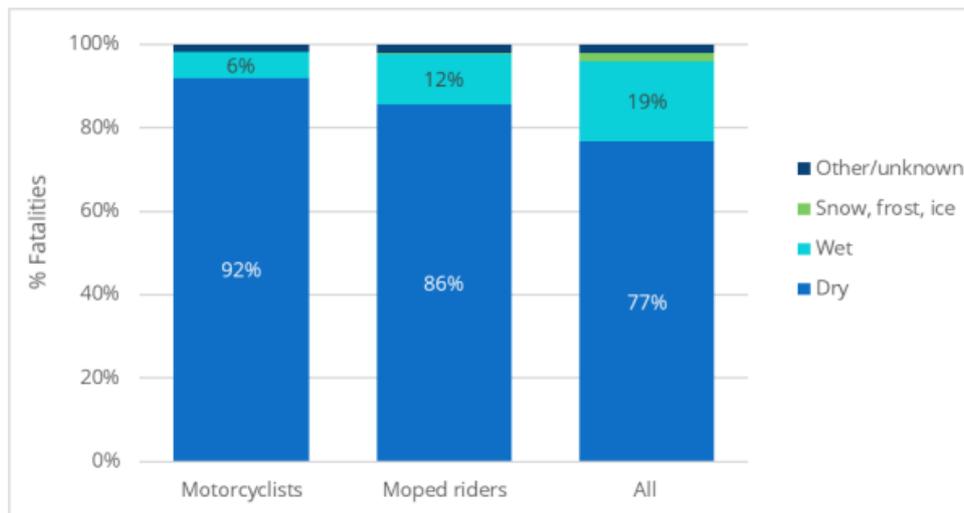


Figura 23 Distribuição das mortes em motociclos e ciclomotores e de todas as mortes por condições de superfície na UE27 2018 (European Commission, 2020).

A maioria das mortes na estrada em 2018 ocorreu em estradas rurais (53%), seguidas das estradas urbanas (38%) e das autoestradas (9%). Na Figura 24 pode reparar-se que a distribuição dos óbitos entre os motociclistas é bastante comparável à distribuição total em termos de tipo de estrada. As mortes de ciclomotores nas estradas rurais são ligeiramente menos frequentes do que nas estradas urbanas (53% nas estradas urbanas contra 46%).

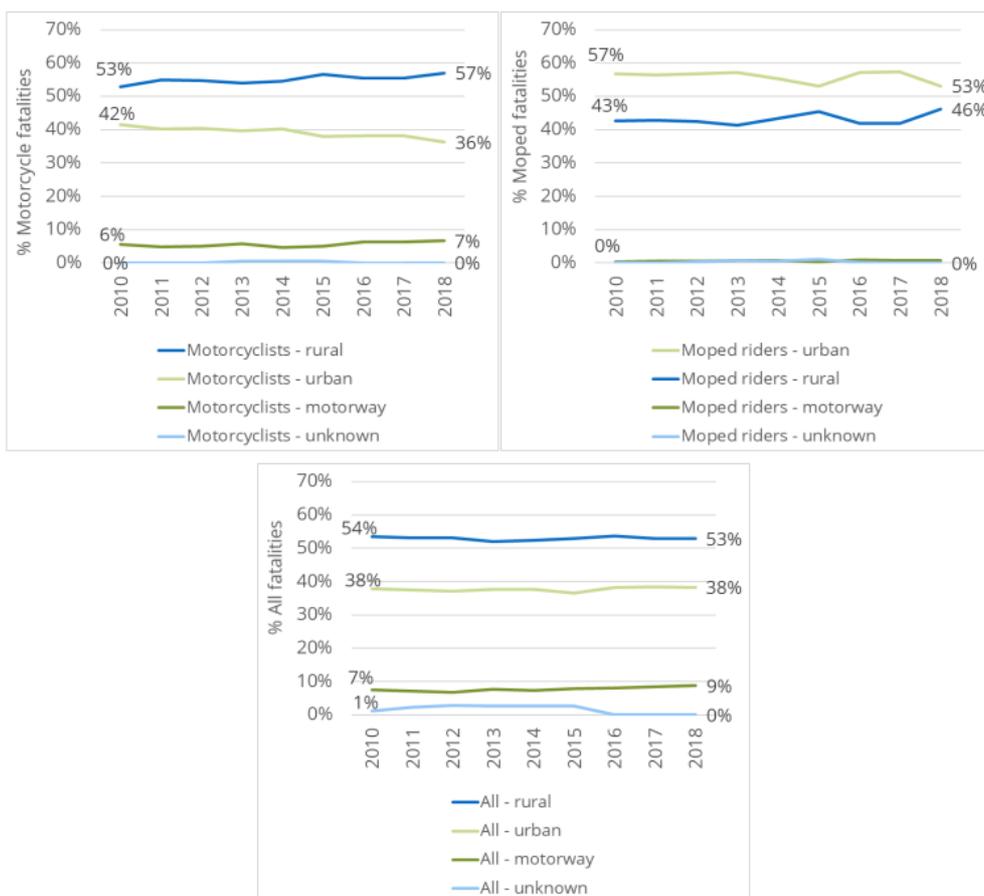


Figura 24. Distribuição das mortes de motociclistas e ciclomotores e de todas as mortes por tipo de estrada na UE27 2010- 2018 (European Commission, 2020).

### 2.2.2 Possíveis causas de acidentes com PTW

Segundo uma investigação aprofundada de acidentes que envolveram PTW da Association des Constructeurs Européens de Motocycles (Acem, 2009) as categorias gerais de fatores contribuintes para acidentes com PTW são Humano- Condutor do PTW, Humano- Condutor de outro veículo, Veículo, Ambiental e Outras falhas.

Os PTW como veículos foram identificados como o principal fator de causa em menos de 0,5% de todos os casos.

O ambiente foi considerado como o principal fator contribuinte para o acidente em 7,7% dos casos.

Como demonstra a tabela 1, os fatores humanos foram codificados como o principal fator contribuinte para o acidente em cerca de 87,9% de todos os casos (ou seja, 37,4% + 50,5%), o que indica que os condutores de veículos são os principais responsáveis pela causa do acidente (Acem, 2009).

Tabela 1. Fatores primários que contribui para o acidente (adaptado de Acem, 2009).

<b>Fatores primários</b>	<b>Porcentagem</b>
Humano- Condutor do PTW	37,4
Humano- Condutor de outro veículo	50,5
Veículo	0,3
Ambiental	7,7
Outras falhas	4,1

Como indicado anteriormente, a atividade humana é a principal causa da grande maioria dos acidentes com PTW e para compreender melhor esses fatores as falhas são definidas de acordo com as definições fornecidas pela Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Económicos da seguinte forma: falha de percepção, falha de compreensão, falha de decisão e falha de reação.

Em 36,6% dos casos, o principal fator contribuinte foi uma falha de percepção por parte do condutor do veículos sendo esse um dos principais fatores primários que contribuem para acidentes (Acem, 2009).

Outros fatores contribuintes primários são:

**Excesso de velocidade:** o excesso de velocidade é um fator importante nos acidentes PTW, pois reduz a capacidade do motociclista de reagir a perigos e aumenta a probabilidade de perder o controle do veículo (Abdul Manan et al., 2018). Sendo identificada como um fator contributivo para os PTWs em 18,0% dos casos e como fator contributivo para os outros veículos em 4,8% dos casos.

**Mau funcionamento do veículo:** Problemas mecânicos com o PTW, como falha de travões ou o rebentamento de pneu, também podem contribuir para acidentes. 3,7% dos casos acompanhados pelo estudo da ACEM envolveram um problema com os pneus do PTW e 1,2% um problema com os travões.

**Outras pessoas e/ou condutores:** os acidentes também podem ser causados por outras pessoas na estrada, como motoristas que não obedecem ou conduzem de forma imprudente, mas também por atitudes imprevisíveis de piões que exigem uma rápida tomada de decisões.

“Em 10,6% dos casos, a desatenção do condutor do veículo ligeiro de passageiros esteve presente e contribuiu para a causa do acidente. 27,7% dos condutores de veículos ligeiros de passageiros e 62,9% dos condutores de veículos pesados cometeram um erro no scanner de tráfego que contribuiu para o acidente” (Acem, 2009).

**Condições climáticas adversas:** condições climáticas adversas, como chuva, neve e gelo, podem criar condições perigosas nas estradas, dificultando o controle dos veículos pelos condutores e aumentando o risco de acidentes. As condições climáticas também podem impactar na visibilidade. Ao contrário dos automóveis, os PTW não têm um para-brisas ou tejadilho completo, o que pode limitar a visibilidade do condutor. “As condições meteorológicas foram um fator contributivo ou um evento precipitante para o PTW em 7,4% dos casos” (Acem, 2009).

**Inexperiência:** condutores inexperientes podem não ter as habilidades e conhecimentos necessários para lidar com uma PTW na estrada, levando a acidentes.

“Em geral, os condutores com mais experiência têm menos probabilidades de serem o principal fator principal de um acidente” (Acem, 2009).

**Más condições da estrada:** más condições da estrada, como buracos, detritos e superfícies irregulares, também podem contribuir para acidentes (Jimenez et al., 2015), pois podem fazer com que o condutor perca o controle do veículo (Abdul et al., 2018; Clabaux et al., 2012).

**Fatores individuais:** fatores individuais como stress, ansiedade, condução sob a influência de álcool e angústia emocional podem causar sérias distrações enquanto se conduz. Estes elementos podem tornar mais difícil para os condutores prestarem atenção à estrada, o que aumenta a probabilidade de ocorrência de acidentes.

“Quando os condutores acidentados foram comparados com a população exposta, os dados demonstraram que o consumo de álcool aumentava o risco de acidente...32,2% dos condutores de PTW e 40,6% dos condutores de OV adotaram estratégias de trânsito incorretas que contribuíram para o acidente” (Acem, 2009).

**Condução distraída:** desrespeito do código da estrada, distrações como o uso de telemóveis, comer ou beber, ajustar os controlos podem ser perigosas quando se conduz um PTW onde apenas um lapso momentâneo de atenção pode resultar num acidente grave (Jimenez et al., 2015).

Acem (2019) afirma que “As infrações ao código do tráfego foram frequentemente assinaladas, em 8% dos casos para os condutores de PTW”.

### 2.2.3 Principais distrações tecnológicas ao conduzir um PTW

O futuro da tecnologia parece promissor para melhorar a segurança dos motociclos. Várias organizações, incluindo organizações governamentais, empresas do setor privado e instituições académicas, concentram os seus esforços na criação, teste e comercialização de novas tecnologias destinadas a melhorar a segurança rodoviária.

Conduzir um PTW exige um elevado nível de concentração e foco. Mesmo as distrações modestas podem aumentar grandemente o risco de acidentes e ferimentos.

Para os condutores de PTW, os aparelhos e dispositivos tecnológicos são uma importante fonte de distração. Segundo um inquérito realizado pela Federação Europeia de Associações de Motociclistas os motociclistas não se sentem ameaçados em conta quando o assunto é inovações tecnológicas para PTW (FEMA, 2016.)

Por isso, essa mesma federação elaborou um inquérito onde recolheu a opinião dos motociclistas sobre 53 inovações para PTW distintas (algumas delas em fase de protótipo na época e outras já amplamente inseridas no mercado) e com base nessas opiniões elaborou duas listas de forma a responder à seguinte questão: Como é que os motociclistas classificam estas inovações como sendo úteis ou perigosas para a condução de motociclos?

O top 10 das inovações tecnológicas úteis para os motociclistas segundo esse inquérito foram:

1. (Curva) ABS (sistema de travagem anti bloqueio)
2. Capacete que melhora a visibilidade (prevenção do embaciamento da viseira através do aquecimento ou da desumidificação)
3. Controlo da pressão e da temperatura dos pneus
4. Melhoria da visão (reforço do contraste em condições climatéricas de má visibilidade)
5. Assistência à travagem (aplicação da pressão máxima de travagem em situações de emergência)
6. Sistemas de travagem interligados (acionamento dos travões dianteiro e traseiro também quando apenas um é ativado)
7. Sistemas de corte de travagem sensíveis ao impacto
8. Diagnóstico do motociclo (problemas mecânicos e técnicos)
9. Iluminação frontal adaptativa (projeção do feixe de luz nas curvas)

10. Controlo automático da estabilidade (prevenção da patinagem da roda traseira e do levantamento da roda dianteira)

O top 10 das inovações tecnológicas perigosas para os motociclistas é o seguinte:

1. Visualização de informações sobre o motociclo no visor do capacete
2. Limitação inteligente da velocidade (alerta e/ou intervém quando o limite de velocidade indicado é excedido; impedir a aceleração acima do limite de velocidade indicado)
3. Aviso e intervenção automática quando a velocidade de cruzeiro definida é excedida
4. Luzes estroboscópicas intermitentes contínuas, ligadas/desligadas, para maior visibilidade
5. Ecrã retrovisor em tempo real na viseira do capacete ou no para-brisas
6. Controlo de velocidade de cruzeiro adaptativo (manutenção de uma distância fixa em relação ao veículo da frente)
7. Aviso de afastamento da faixa de rodagem (ao mudar de faixa)
8. Ecrã frontal com informações sobre o veículo no para-brisas
9. Prevenção de colisões em cruzamentos (através de veículos que transmitem a velocidade, a localização e a direção de marcha a balizas na berma da estrada)
10. Aviso de velocidade nas curvas (aviso baseado no GPS de demasiada inclinação/velocidade numa curva próxima)

A principal razão apresentada no inquérito pelos motociclistas para considerarem as inovações tecnológicas perigosas é que, durante a condução, exige uma interação ativa. E que isso poderia levar a uma sobrecarga de informação e a distração o que seria perigoso durante a condução.

Um ponto importante de referir é que no final do artigo é mencionado que “os motociclistas consideram mais perigosos os sistemas de comunicação entre o motociclo e a infraestrutura rodoviária destinados a intervir automaticamente na condução sem que o motociclista tenha qualquer controlo”(FEMA, 2016) mas referiram 8 sistemas de comunicação entre o motociclo e a infraestrutura no top das inovações tecnológicas úteis para os motociclistas enquanto apenas 4 no top das inovações tecnológicas perigosas para os motociclistas.

#### 2.2.4 Multitarefa durante a condução de PTW

Uma das atividades diárias mais difíceis é a condução. Os condutores têm de prestar atenção simultaneamente aos controlos do veículo, como o velocímetro ou os sistemas de navegação, enquanto prestam atenção à área circundante e aos outros utilizadores da estrada e a peões, a fim de manobrar o tráfego em segurança. Por conseguinte, não é surpreendente que os erros humanos sejam responsáveis pela maioria dos acidentes de viação. Uma das principais causas de erro humano é a sobrecarga cognitiva durante a condução (Engström et al., 2017).

Utilizar um telemóvel, ajustar o GPS ou rádio, comer ou beber e conversar com outros passageiros são todos exemplos de multitarefa durante a condução que podem sobrecarregar o condutor. Estas atividades podem desviar o foco do condutor da estrada e dificultar a sua capacidade de responder a mudanças rápidas.

A perceção visual, a perceção auditiva, a memória declarativa, a memória de trabalho (Baddeley, 2012) chamada de executivo central e (Oberauer, 2002) de foco de atenção são os recursos mais importantes para a condução (e outras tarefas relacionadas).

Os investigadores que estudam a memória de trabalho durante a condução centram-se frequentemente em distratores visuais que impõem uma carga de trabalho adicional aos condutores, uma vez que considerada fulcral para a condução. Consequentemente, a literatura aborda muito os efeitos negativos da distração visual no desempenho da condução (Li et al., 2018 ; Papantoniou et al., 2017).

As distrações cognitivas esgotam os recursos cognitivos do condutor e interferem com a tarefa de conduzir ao nível do processamento da informação, tal como as distrações visuais que desviam o olhar do condutor da estrada e tiram partido dos limites da sensibilidade humana. Mesmo quando as tarefas secundárias exigem apenas requisitos visuais mínimos, a condução continua a ser afetada (Tsimhoni, 2004). Isto sugere que a condução utiliza uma variedade de recursos cognitivos que são afetados por qualquer tipo de distrações cognitivas.

Entretanto tem surgido estudos mais recentes que relatam que, níveis ligeiramente superiores de memória de trabalho também podem melhorar o desempenho da condução quando a tarefa de condução é monótona (Nijboer et al., 2016b).

Defendendo que, “os recursos nem sempre são necessários a tempo inteiro; é aceitável desviar o olhar da estrada por breves instantes. De acordo com a cognição em cadeia, os recursos são atribuídos às tarefas com base em dois princípios: avareza e polidez” (Nijboer et al., 2016a).

De acordo com o princípio da avidez, uma tarefa pode utilizar um recurso se este não estiver a ser utilizado por outra tarefa no momento em que é necessário, mas tem de esperar se estiver. Enquanto que o princípio da cortesia defende que uma tarefa deve ceder um recurso assim que ele não for mais necessário.

“Por exemplo, a condução de rotina não requer a utilização da memória de trabalho. Assim, uma tarefa secundária, como uma conversa que requer memória de trabalho, não interfere com a condução. No entanto, se a situação de condução mudar de uma forma que exija memória de trabalho, por exemplo, planear como atravessar um cruzamento complexo, a tarefa de conversação pode interferir com a condução porque não abandona a memória de trabalho suficientemente cedo” (Nijboer et al., 2016a).

A memória de trabalho é utilizada para criar representações de curto prazo que serão necessárias em breve, como os pontos principais de uma discussão ou o resultado de operações aritméticas incompletas (Nijboer et al., 2016a).

Quando não há trânsito, o condutor não utiliza muito a memória de trabalho porque é mais fácil para o condutor lembrar-se de pormenores relativos ao estado atual do veículo

No entanto, num tráfego intenso, o condutor tem dificuldade em manter uma imagem mental exata dos veículos e espaços que o rodeiam. Por isso, a memória de trabalho para a tarefa secundária tem de ser sacrificada quando o condutor é obrigado a concentrar-se na tarefa de condução. Como essa alteração súbita pode causar grandes interrupções do fluxo cognitivo o condutor pode, por vezes, ter relutância em fazê-lo, o que pode resultar em escolhas potencialmente arriscadas.

É fundamental compreender esta dinâmica da memória de trabalho e a forma como o tráfego afeta a carga cognitiva dos condutores. Com base nestas descobertas, podem ser criadas táticas e tecnologias

para ajudar os condutores a satisfazer as exigências da condução em várias situações de trânsito, incentivando assim uma condução mais segura e bem sucedida.

## 2.3 Engenharia humana aplicada à concepção das interações PTW

Um acidente, ou quase acidente, geralmente representa uma perda de controle, um lapso na habilidade de condução ou um aspecto de distração do condutor (Stedmon et al., 2010).

A fim de aumentar a segurança das interações de PTW, os princípios da engenharia humana desempenham um papel significativo na sua concepção.

Este capítulo tem como objetivo levar o leitor a compreender como maximizar os conceitos de engenharia humana podem aumentar a segurança e a eficácia das interações PTW.

### 2.3.1 Importância dos fatores humanos na concessão de PTW

Segundo o livro - “Designing for People: An introduction to human factors engineering”, os domínios dos fatores humanos estão representados na Figura 25.

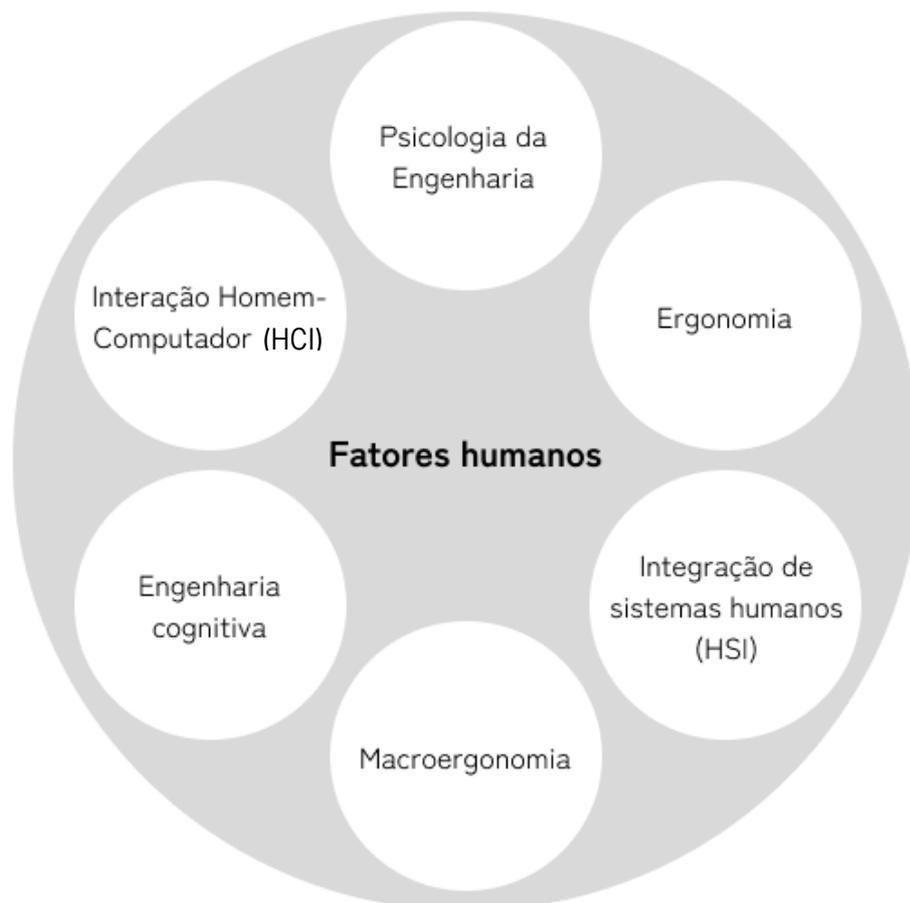


Figura 25. Os domínios dos fatores humanos (adaptado de Lee & Wickens, 2017).

Quando o autor refere ergonomia física refere-se ao estudo das características anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas relacionadas com a atividade física. Entre as várias vertentes destacam-se a postura de trabalho, movimentos repetitivos, manuseamento de objetos e materiais, organização do ambiente de trabalho, segurança e saúde

Devido às exigências físicas de conduzir um motociclo, a antropometria e ergonomia adequadas são particularmente cruciais para os seus condutores. Um motociclo mal construído pode-se tornar difícil ou mesmo inseguro para os seus condutores manterem uma boa postura e equilíbrio enquanto conduzem o veículo. Um motociclo construído a pensar nos requisitos físicos do seu condutor pode ajudar a diminuir a fadiga, aumentar o conforto e melhorar o desempenho geral.

Uma área significativa da engenharia humana habituada ao design PTW é a ergonomia. A conceção de ferramentas e espaços de trabalho que acomodam as capacidades físicas e mentais dos utilizadores é conhecida como ergonomia. Na conceção PTW, a ergonomia esforça-se por assegurar que os comandos, tais como os travões, o acelerador e a direção, estão no local adequado e são fáceis de operar. A postura do cavaleiro, o tamanho do corpo e a amplitude de movimento são todos levados em consideração. O conforto do condutor e a sua capacidade de operar a motocicleta ou scooter, por exemplo, podem ser grandemente afetados pela localização das cavilhas dos pés, guiador, e altura do assento.

Transporto esse conceito para o mundo dos PWT, as probabilidades de cometer erros de condução aumentam quando os condutores adotam posturas ergonómicas deficientes, devido a fadiga muscular, dor ou dormência (RoSPA Road Safety Research Common Motorcycle Crash Causes, 2017). Stedmon et al. (2012) no artigo 'MotorcycleSim: a user-centred approach in developing a simulador for motorcycle ergonomics and rider human factors research' argumentam que estes cenários surgem principalmente porque o tipo de PTW dita quem o conduz e concluíram que a adaptação do condutor ao motociclo conduz a uma má aplicação ergonómica (Stedmon et al., 2012). A situação agrava-se à medida que os condutores envelhecem e a força muscular, as capacidades cognitivas, a coordenação, a aderência e a liberdade geral de movimentos do pescoço e dos membros se deterioram (Groeger, 2000). A dor, a fadiga e o desconforto são sintomas de produtos ou sistemas que requerem atenção ergonómica na sua fase de conceção (Agius et al., 2021b).

Outra componente crucial da engenharia humana utilizada na conceção de PTW é a antropometria. Segundo o Dicionário Priberam da Língua Português, a antropometria define-se como a parte da antropologia que estuda o corpo humano considerado em relação às suas dimensões.

No design PTW a antropometria é usada para garantir que o veículo se adapte a uma variedade de tipos de corpos. Também tem em consideração as roupas e equipamentos de segurança do condutor, tais como capacetes e casacos, que podem limitar o alcance e movimentos do condutor e reduzir a sua visibilidade.

Por exemplo, um PTW feito para um condutor mais alto terá o guiador colocado mais afastado do condutor e o assento mais alto. O assento será mais baixo e o guiador será mais próximo do condutor de o condutor for mais baixo. O condutor pode manusear o motociclo de forma segura e agradável, graças a estas alterações.

A Macroergonomia que também é conhecida como Ergonomia organizacional e está diretamente relacionada com a otimização de sistemas organizacionais, políticas e processuais, e impõe-se em áreas diversas como: gestão de recursos humanos, organização do tempo laboral, trabalho cooperativo e gestão da qualidade.

A Psicologia da Engenharia e a Engenharia Cognitiva são duas disciplinas intimamente relacionadas no domínio dos fatores humanos, mas têm focos e perspetivas distintos (Lee & Wickens, 2017).

Outra área da engenharia humana que pode ser utilizada para melhorar o design PTW é a psicologia cognitiva. Segundo a Inforpédia a psicologia cognitiva é a vertente da psicologia que salienta a importância das cognições como reguladoras do comportamento humano.

No design PTW, a psicologia cognitiva procura assegurar que os ecrãs e os sistemas de comunicação sejam simples de compreender e utilizar, mesmo em cenários complexos e dinâmicos. Por exemplo, mesmo com pouca luz ou a alta velocidade, o velocímetro, o indicador de combustível e as luzes de aviso devem ser discerníveis e simples de ler.

A psicologia cognitiva procura que os equipamentos sejam intuitivos, simples de utilizar e não devem desviar o foco de atenção do condutor da estrada.

A Psicologia da Engenharia, também conhecida como Psicologia dos Fatores Humanos, ocupa-se do estudo do comportamento humano, da cognição e da perceção no que se refere à conceção e funcionamento de sistemas e produtos. Aplica princípios psicológicos e métodos de investigação para compreender como os seres humanos interagem com a tecnologia e como otimizar a conceção de sistemas para utilização humana. A Psicologia da Engenharia considera uma vasta gama de fatores,

incluindo as capacidades, limitações e preferências humanas, com o objetivo de melhorar a segurança, a eficiência e a experiência do utilizador.

Por outro lado, a Engenharia Cognitiva enfatiza especificamente os aspetos cognitivos do desempenho humano e da tomada de decisões na conceção de sistemas complexos. Centra-se na compreensão e melhoria da cognição humana, no processamento da informação, nas estratégias de tomada de decisões e nas capacidades de resolução de problemas. A Engenharia Cognitiva tem como objetivo desenvolver conceções e interfaces que se alinhem com os processos cognitivos humanos, reduzindo a carga de trabalho cognitivo, melhorando a precisão das decisões e melhorando o desempenho global do sistema.

Embora ambas as disciplinas partilhem o objetivo comum de otimizar a interação homem-sistema, diferem nas suas ênfases específicas. A Psicologia da Engenharia tem uma perspetiva mais ampla, abrangendo não só os aspetos cognitivos, mas também os fatores perceptivos, físicos e sociais que influenciam o desempenho humano. Considera toda a gama do comportamento humano e da psicologia em relação à conceção de sistemas. A Engenharia Cognitiva, por outro lado, centra-se nos processos cognitivos e na tomada de decisões, com um enfoque particular na compreensão e melhoria do desempenho cognitivo em sistemas complexos.

A sobrecarga do processamento cognitivo resulta na fadiga mental do condutor, reduzindo assim o seu estado de alerta (Stedmon et al., 2012). As distrações podem manifestar-se através de posições de condução desconfortáveis, fadiga física, dor ou dormência (Agius et al., 2021a). Outras distrações devem-se ao design esmagador do cockpit ou à má posição dos comandos da moto, como espelhos, acelerador e alavancas de travagem (Stedmon et al., 2012). A maioria dos condutores experientes tende a sentir-se demasiado confiante. O excesso de confiança leva à desatenção e à falta de cuidado e os motociclistas que apresentam este comportamento são particularmente vulneráveis a lesões graves ou fatais associadas à velocidade excessiva. Hancock et al. (2006) argumentam que os condutores de motociclos com estas vulnerabilidades precisam de ser tidos em conta durante a conceção de PTW. Conceber um PTW com motor de baixa potência ou pneus largos (para melhor estabilidade na estrada) para os condutores que procuram emoção é fundamental para os ajudar a conduzir em segurança.

A Interação Homem-Computador (IHC) é o estudo da forma como as pessoas interagem com os sistemas informáticos. Implica a criação e investigação de interfaces e interações do utilizador que promovam

uma interação e comunicação produtivas e bem-sucedidas entre pessoas e computadores. Ao ter em conta elementos como a usabilidade, a experiência do utilizador e a satisfação do utilizador, a IHC procura conceber interfaces intuitivas e de fácil utilização. Para criar interfaces centradas no utilizador que facilitem a interação homem-computador, é necessário compreender as necessidades, os processos cognitivos e os comportamentos do utilizador.

O termo Integração de sistemas humanos (HSI) refere-se à integração das pessoas em sistemas sociotécnicos complexos de um ponto de vista alargado. Implica ter em conta a forma como as pessoas, a tecnologia, os processos e os fatores organizacionais interagem. O objetivo é criar sistemas que tenham efetivamente em conta as capacidades, os limites e as exigências humanas, maximizando simultaneamente o desempenho global do sistema integrado. A análise das variáveis humanas a vários níveis, como o individual, o de equipa, o organizacional e o social, bem como as interações e interdependências entre estes vários elementos, são necessárias para a integração dos sistemas humanos.

Em conclusão, a integração de sistemas humanos adota uma abordagem mais completa que tem em conta o aspeto humano no contexto de sistemas complexos para além da simples interface informática, ao passo que a IHC se centra particularmente na interação entre os seres humanos e os sistemas informáticos. Implica ter em conta o ambiente sociotécnico mais vasto e maximizar as interações entre as pessoas e os diferentes componentes do sistema, a fim de melhorar o desempenho global do sistema e o bem-estar humano.

### 2.3.2 Postura durante a condução de PTW

A Associação Internacional de Ergonomia define a ergonomia como a área científica que estuda como projetar e otimizar o bem-estar humano durante a interação com produtos industriais. Neste contexto, os PTWs apresentam-se como um problema complicado para os ergonomistas, porque é um local com uma área restrita na qual os ajustes são muito limitados tendo em conta as várias necessidades dos condutores de PTW (Robertson & Minter, 1996).

Existem vários fatores humanos associados aos acidentes com PTW, incluindo fadiga postural durante a condução, conduzir embriagado e falta de treino ou habilidade. Embora existam várias causas para o

acidente, a postura desconfortável ao conduzir é um dos principais fatores que contribuem para a fadiga muscular dos condutores de PTW (Balasubramanian & Jagannath, 2014).

Neste contexto, é extremamente difícil identificar o fator mais relevante que afeta a postura de condução e, portanto, desconforto/fadiga (Ma'arof et al., 2015).

Para compreender e determinar uma postura confortável e/ou ideal para andar de PTW, é importante perceber: as diferentes posturas adotadas pelos condutores em cada tipo de PTW, os fatores que afetam ou são responsáveis pela postura adotada pelo condutor, as ferramentas e métodos disponíveis para avaliar sua postura e os bancos de dados disponíveis sobre a antropometria dos condutores de PTW, amplitude total de movimentos (ADM) e os ângulos articulares do corpo durante a percepção de conforto/desconforto; previsão de postura; e meios para reduzir o desconforto postural produzido durante a condução do veículo (Arunachalam et al., 2019).

Existem vários métodos para avaliar o conforto e o desconforto dos condutores. Alguns desses métodos incluem a utilização da escala contínua (que vai do extremo conforto ao extremo desconforto) e a consideração das duas extremidades como estados discretos (que significam presença ou ausência de conforto). O método subjetivo mais comum para avaliar o desconforto é usar um mapa corporal (Figura 26).

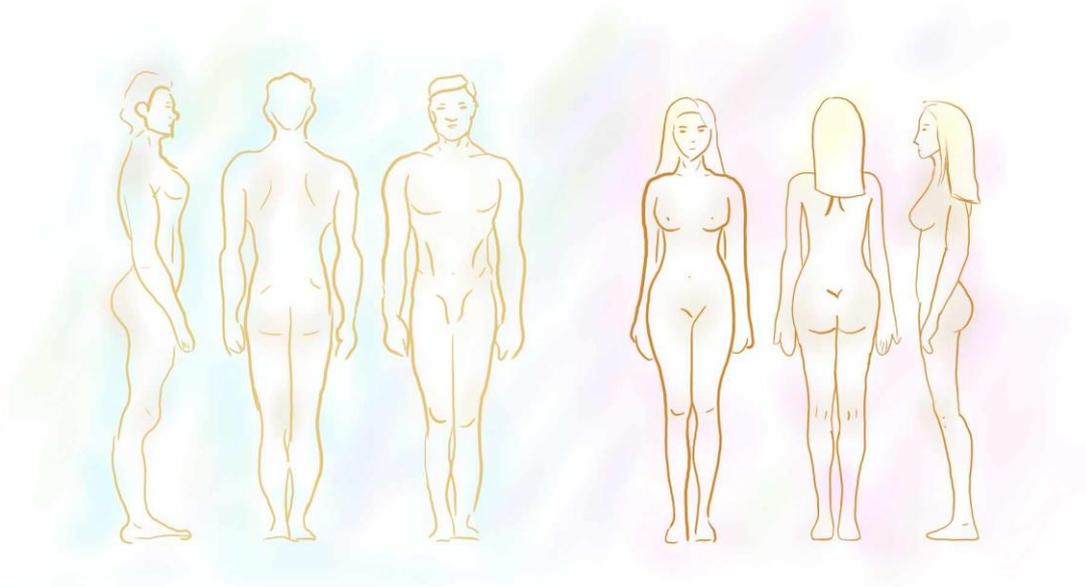


Figura 26. Exemplo de mapa corporal, 10 de agosto de 2023.

Robertson e Minter (1996) (Robertson & Minter, 1996) numa pesquisa antropométrica com 140 condutores de PTW no Reino Unido descobriram que a população total de condutores de PTW no Reino Unido era significativamente diferente da população em geral do Reino Unido. Além disso, eles notaram uma variação significativa na posição frontal do joelho do condutor ao conduzir o PTW.

Dores nas costas, braços, cotovelos e punhos e dores nas coxas são as dores mais relatadas (Rajhans, 2011). Isso aponta para uma posição apertada ao conduzir o PTW e, portanto, justifica o ponto de que é uma área restrita com o mínimo de ajuste possível.

Além disso, os condutores de PTW relataram que sentiam desconforto, principalmente, na parte superior do corpo (pescoço ou cabeça, ombro, parte superior das costas, braço e mão, região lombar e nádegas), mas a maioria não disse que sentia desconforto na parte inferior do corpo (joelho, gêmeo, tornozelo e pés; - Rajhans, 2011).

A experiência de desconforto aumentará com a idade e com o tempo de condução, pois o poder de cura do corpo diminui com a idade.

Durante uma pesquisa Rajhans (2011) constatou que os condutores mudam de postura na maior parte do tempo durante a condução. A única razão para isso é o desconforto sentido durante a condução de PTW. O que me levantou a questão “como a ausência de desconforto pode levar a monotonia e acidentes, será o desconforto assim tão mau? Os PTW não deveriam ter um nível de desconforto proposital?”.

A postura adotada pelo condutor depende de suas características físicas (antropometria, idade, sexo, etc.), experiência de condução, duração da condução, etc. Ao projetar um PTW com o objetivo de fornecer uma postura de condução confortável, os dados antropométricos são uma componente importante.

Alguns desses dados são a estatura, altura interna da perna ou virilha, altura do joelho, comprimento da nádega ao joelho e largura da anca (Robertson & Minter, 1996). Alguns designers também usam outras medidas antropométricas, como a altura do tronco, a circunferência da coxa, o comprimento do poplíteo até as nádegas e as dimensões da abertura do joelho (Paiman et al., 2014).

Para projetar PTW para a população-alvo de utilizadores, é necessário ter dados antropométricos específicos do país ou região onde os mesmos serão utilizados/adquiridos. No entanto, na maioria dos países do mundo não há banco de dados desse tipo. O uso de dados antropométricos da população como representação da população de condutores de PTW pode ter consequências significativas. Por exemplo, como os centros de massa variam entre as pessoas, os dados antropométricos afetarão diretamente a altura de queda durante um acidente (Arunachalam et al., 2019).

O estilo de vida do condutor também pode influenciar na postura adotada durante a condução. Por exemplo, o peso do condutor e o seu IMC é um fator importante para determinar o conforto postural do condutor (Arunachalam et al., 2019).

Condutores de PTW adolescentes ou com poucos anos de experiência de condução são mais propensos a erros de trânsito e violações das regras de trânsito. Sendo assim, a idade e as experiências de condução têm correlação negativa com os comportamentos de velocidade dos condutores (Özkan et al., 2012).

O stress pessoal do motociclista e o comportamento de condução também estão altamente associados ao excesso de velocidade ou condução mais arriscada (Watson et al., 2007).

Os fatores ambientais também são importantes, como podemos ver no caso da aceleração/desaceleração, onde o comportamento do condutor depende de condições das estradas, fluxo de tráfego, condições climáticas e outros fatores ambientais.

A postura do condutor de PTW também é influenciada por diferentes tipos de estrada ou terreno, como acidentado, plano ou inclinado. O sistema de amortecimento tem a capacidade de minimizar a vibração causada pelas condições da estrada. Os terrenos mais acidentados, como estradas de cascalho ou arenosas, podem fazer com que o sistema de suspensão funcione mal. O impacto da vibração nos condutores não depende apenas do amortecedor, mas também do tipo de pneus e das características giroscópicas e aerodinâmicas (Arunachalam et al., 2019).

Nur Athirah Diyana et al. (2017) revelam que as lesões musculoesqueléticas, particularmente na parte inferior das costas, pescoço e ombro, podem ser causados por posturas sentadas estáticas e exposições à vibração do PTW.

O tipo de PTW também afeta a postura dos condutores. Por exemplo, a postura dos condutores de motociclos cruiser é cuidadosamente inclinada para trás com suporte, alterando-se apenas nos momentos de travagem (J.F. Lenkeit, 2011).

Em baixo apresento algumas imagens de posturas adotadas durante a condução de diferentes PTW.



Figura 27. Exemplo de postura durante a condução de uma scooter (Drobotdean, 2023).



Figura 28. Exemplo de postura durante a condução de uma cruiser (User17512913, 2023).



Figura 29. Exemplo de postura durante a condução de um Dual sport (Jan Marc Staelens, 2023).



Figura 30. Exemplo de postura durante a condução de uma Sportbike (Azerbaijan stockers, 2023).



Figura 31. Exemplo de postura durante a condução de uma Standard (Motorcycle News, 2021).

Segundo a revisão da literatura de Arunachalam et al. (2019) foi criada uma tabela com algumas variáveis associadas à postura adotada pelo condutor de PTW. Com base no grau de associação com a postura de condução, as variáveis foram categorizadas em dois grupos (fatores primários e secundários) como se pode ver na Tabela 2.

Tabela 2. Lista dos fatores importantes que afetam a postura do condutor (adaptado de Arunachalam et al., 2019).

Fatores importantes do estudo da postura do motociclista		Categoria
Condutor	Idade	Fatores primários
	Peso	Fatores secundários
	Antropometria	Fatores secundários
	Amplitude de movimento	Fatores secundários
	IMC	Fatores secundários
	Horas de condução	Fatores secundários
	Experiência de condução	Fatores primários
	Experiência de condução recente	Fatores secundários
	Comportamento emocional	Fatores primários
	Padrão de comportamento sentado	Fatores primários
	Roupa	Fatores secundários
PTW	Dimensão dos componentes de interface	Fatores secundários
	Localização dos componentes da interface	Fatores secundários
	Dimensão da base da roda	Fatores secundários
	Idade da motocicleta	Fatores secundários
	Sistemas de suspensão eficientes	Fatores secundários
	Eficiência dos pneus	Fatores primários
	Forma aerodinâmica	Fatores primários
	Capacidade do motor	Fatores primários
Ambiente	Condições de estrada	Fatores secundários
	Condição do tempo	Fatores secundários
	Condições de tráfego	Fatores primários

### 2.3.3 Interações com PTW

Os condutores e os PTWs interagem com o sistema de tráfego e rodoviário de maneiras diferentes dos outros tipos de veículos (Stedmon et al., 2010). Por exemplo, estudos mostram que os condutores de PTW parecem ter respostas de travagem mais rápidas do que os condutores de automóveis. Isso é o caso porque os PTW geralmente não têm a mesma capacidade de travagem dos automóveis (Stedmon et al., 2010). Também utilizam o espaço rodoviário de uma forma diferente dos outros tipos de veículos. As diferenças nas capacidades dos PTW em comparação com outros veículos podem afetar a maneira como os outros condutores podem perceber comportamentos arriscados ou agressivos.

A forma como as interações PTW são concebidas pode ter um impacto significativo na segurança e na usabilidade. As interações PTW abrangem uma variedade de interações, como canais de comunicação, materiais de formação, ecrãs e controlos. Um sistema interativo deve avisar o condutor ao identificar situações potencialmente perigosas. Segundo McNally (2003) e Stedmon (2010), o sistema deve transmitir informações de forma eficiente ao condutor. Como demonstra a Figura 32, os três elementos essenciais do desempenho do sistema interativo são: o PTW, o condutor e o ambiente.

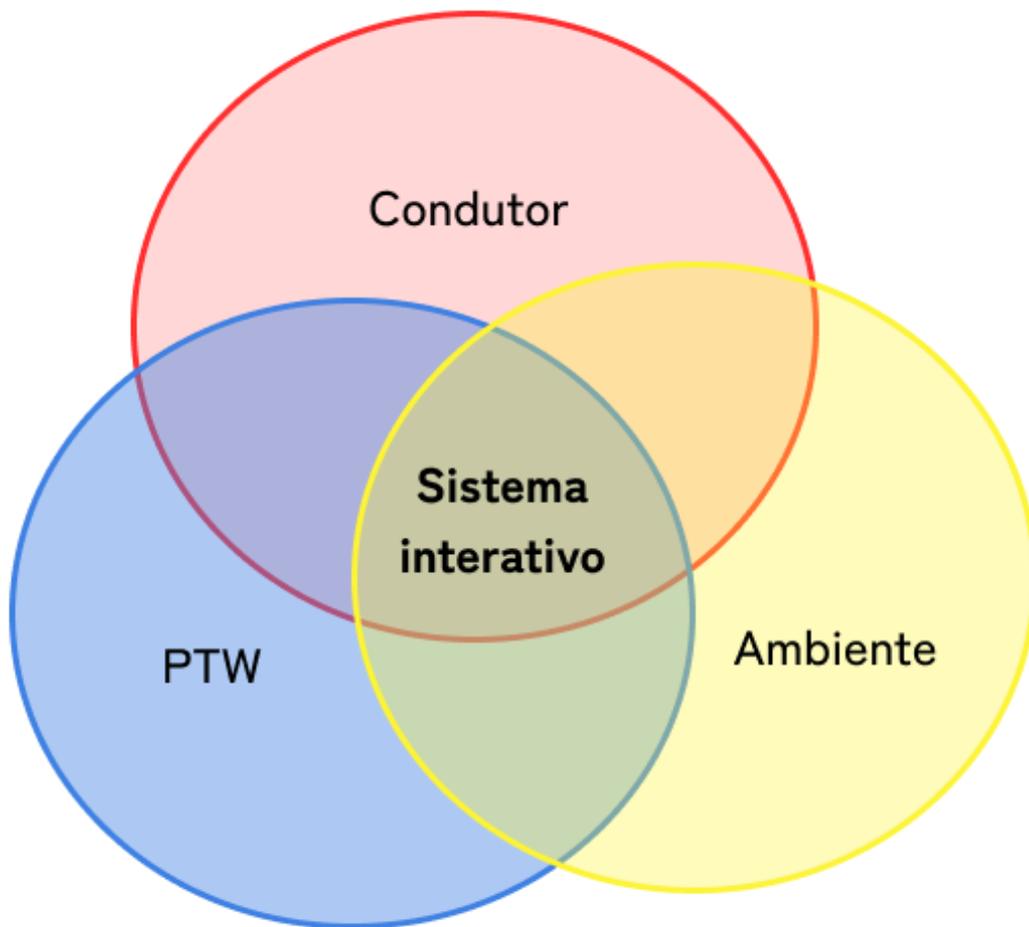


Figura 32. Sistema interativo entre entre condutor-PTW- ambiente (adaptador de McInally, 2003 e Stedmon, 2010).

O requisito PTW está diretamente relacionado às características técnicas e conceituais do sistema.

O requisito condutor está mais relacionado à percepção humana e à capacidade de entender e reagir adequadamente durante o curto período de tempo que os eventos iminentes permitem (Baldanzini et al., 2011). Por exemplo, ao conceber ecrãs, tais como velocímetros e luzes de aviso, é importante pensar em como alertar rápida e claramente os condutores para informações importantes.

Os dados físicos, a experiência, a vigilância e a fadiga, os comportamentos de risco que pode assumir, o esforço físico e mental são todos considerados neste aspeto do comportamento.

O ambiente em que o condutor está inserido deve ser considerado no design de interação. O termo ambiente inclui informações da estrada; conforto térmico e hidratação; condições de tráfego, outros utilizadores da estrada, tipo de estrada e estado da superfície.

Esta interação homem-máquina (HMI) (entre o condutor, o motociclo e o ambiente) deve levar em consideração várias coisas, como a forma como o condutor processa as informações que o rodeiam; como a formação e a experiência do condutor afetam sua capacidade de controlar o motociclo e interagir com o ambiente em constante mudança; e as circunstâncias que podem impedir o condutor de conduzir em segurança. Portanto, podemos concluir que o condutor e o PTW são um sistema interativo que funciona em condições de segurança extremamente críticas (Stedmon et al., 2010).

As interações dos sistemas com o condutor devem ser discretas e não intrusivas, bem como compreensíveis e amigáveis para que sejam claras e simples de utilizar, de forma a:

- Avisar o motociclista atempadamente e em segurança sobre possíveis perigos num futuro próximo;
- Obter uma elevada aceitação dos avisos ao condutor com elevados níveis de utilidade percebida e satisfação do utilizador;
- Manter a distração tão baixa quanto possível através do desenvolvimento de estímulos de aviso altamente intuitivos (Bekiaris, 2008).

#### 2.3.4 Indicadores e controlos em PTW

Os componentes essenciais da comunicação entre o PTW e o condutor são indicadores e controlos. Cada um deles serve como uma estrada de comunicação vital para uma condução segura e produtiva.

Ao mesmo tempo em que os indicadores fornecem informações pertinentes ao condutor (comunicação no sentido máquina-homem), os controlos permitem que o condutor tenha um impacto direto no funcionamento do veículo (comunicação no sentido homem-máquina).

##### **Indicadores**

Os indicadores são essenciais para transmitir informações e torná-las visíveis e perceptíveis para o condutor, permitindo que eles identifiquem rapidamente as circunstâncias e condições do PTW (Kroemer, 2015). Além disso, é essencial que os indicadores indiquem claramente o que o condutor deve fazer. Por exemplo, um indicador que avise sobre a necessidade de abastecimento de combustível ou verificação da pressão dos pneus.

Os indicadores podem fornecer informações dinâmicas ou estáticas. A informação que muda com o tempo, como velocidade, rotação do motor ou nível de combustível, é chamada de informação dinâmica (Figura 33). Por outro lado, dados estáticos não mudam ao longo do tempo, como é o caso da matrícula.



Figura 33. Exemplo de indicador de velocidade e Rpm (Master 1305, 2023).

Além disso, os indicadores podem ser organizados de acordo com o conteúdo que transmitem:

- Informações quantitativas: são valores numéricos instantâneos, como é o caso dos contaquilômetros.
- Informações qualitativas: serve para mostrar tendências e taxas de variação, os dados qualitativos fornecem valores aproximados.
- Informação de estado: mostram a condição do sistema. Como é o caso das luzes de aviso de óleo, luzes de aviso de temperatura do motor e quatro-piscas (Figura 34).



Figura 34. Exemplo de indicadores luminosos em PTW (Standvirtual, 2023).

A escolha do tipo de indicador depende das condições de condução e do tipo de informação a ser transmitida. A apresentação visual transmite informações de forma rápida e fácil e usa recursos como luzes, mostradores e ecrãs. A apresentação acústica usa alarmes para alertar sobre situações críticas. A apresentação tátil pode alertar o condutor sobre situações particulares usando vibrações no guiador.

## Controlos

Os controlos permitem que o condutor controle diretamente o comportamento e as operações do PTW. Eles foram construídos para atender a dois objetivos complementares: funcionar adequadamente quando utilizados corretamente e ser ergonomicamente adequado às capacidades humanas.

A concepção ergonômica dos controles, que leva em consideração as dimensões e a amplitude dos movimentos do corpo humano, esta diretamente relacionada à sua eficácia. Os botões e manípulos devem estar posicionados entre a altura dos ombros e dos cotovelos para que sejam facilmente alcançáveis e visíveis. Além disso, a anatomia humana determina a quantidade de espaço e distância necessárias entre os controles.

Com base na eficiência com que transmitem informações, os controles podem ser categorizados em vários tipos. A capacidade de transmitir dados discretos ou contínuos é uma base para classificação. Estes dispositivos vão desde interruptores ON-OFF até botões rotativos de regulação contínua, manivelas, tela de toque e alavancas, todos projetados para realizar tarefas de controle específicas (Kroemer, 2015, 2017).



Figura 35. Exemplo de diferentes tipos de controles em PTW (Ricardo Lins, 2023).

A disposição dos manípulos, incluindo o acelerador e o travão, perto do punho do PTW é um exemplo de adequação dos controles à função. Essa configuração permite que o condutor encontre facilmente esses controles importantes sem deslocar as mãos do guidador em demasia. Além disso, os botões de buzina

e luzes estão frequentemente nas proximidades do punho, o que permite que o condutor acione facilmente essas funções sem comprometer a estabilidade do veículo (Figura 36).



Figura 36. Exemplo de localização espacial de controles e indicadores em PTW (Jcomp, 2023).

No contexto de PTW, os pedais também desempenham um papel fundamental, principalmente em PTWs com mudanças manuais. A localização adequada do pedal de mudanças, por exemplo, permite que o condutor as altere de forma mais suave e precisa a mudança. Da mesma forma, o pedal de travão traseiro deve ser posicionado de maneira que o condutor possa aplicar a força necessária para uma travagem, sem comprometer o equilíbrio.

As diferenças visuais e táteis também são importantes para o controle das PTWs. Por exemplo, os manípulos de aceleração e travagem geralmente têm texturas diferentes dos botões de controle de luzes

ou piscas (Figura 37). Isso permite que o condutor identifique facilmente cada função, mesmo sem olhar diretamente para os controles.



Figura 37. Exemplo de diferenças de textura em controles de PTW (Vehicles Services, 2021).

Em relação à resistência ao movimento, temos o exemplo dos manipuladores de aceleração e travagem. Eles devem ser projetados para oferecer a quantidade certa de resistência para evitar ativações acidentais. As demais recomendações serão sintetizadas no guia de recomendações finais.

### 2.3.5 Interfaces de PTW

A partir dos anos 80, os displays "eletrônicos" passaram a exibir imagens geradas por computador ou dispositivos de estado sólido usando diodos emissores de luz (LEDs). Atualmente, os displays são essenciais para informar sobre o estado dos equipamentos.

Esses equipamentos podem codificar os dados de várias maneiras (Kroemer, 2015):

- Forma: A forma dos elementos gráficos, como escalas retas, circulares ou curvas, afeta na interpretação visual e tátil.
- Alfanumérica: Quando letras, números, palavras, abreviações e símbolos são usados, as informações são codificadas de forma simples e compreensível.

- Imagens e Ícones: Uso de representações gráficas, incluindo figuras realistas e ícones abstratos, facilita a rápida compreensão de informações.
- Cores e Tons: A diferença e a ênfase são aumentadas com cores contrastantes, como preto, branco e cinza.
- Combinação de elementos: A identificação e a compreensão melhoram quando formas, cores e ícones são combinados.

Os displays monocromáticos geralmente contêm apenas uma cor como verde, amarelo, âmbar, laranja ou branco. Várias cores devem ser facilmente distinguidas quando aparecerem no mesmo display. É recomendável exibir três ou quatro cores diferentes fortemente contrastantes com o fundo, preferivelmente vermelho, verde, amarelo, laranja, ciano ou roxo. Muitas vezes é melhor começar com um contraste, como preto e branco, e depois adicionar cores de forma parcimoniosa.

Apesar do grande número de fatores que impactam o uso de displays coloridos, no livro *Human Factors in Product Design*, Cushman e Rosenberg (1991) estabeleceram padrões para o uso de cores em displays. Algumas das recomendações dos autores são as seguintes:

- A cor azul, idealmente dessaturada, é ideal para formas e fundos grandes. No entanto, o azul não deve ser utilizado em formas pequenas, linhas finas ou texto;
- Deve haver contraste entre a cor dos caracteres alfanuméricos e a cor do fundo.
- Quando são usadas cores, essa deve associar-se à forma como uma linha redundante. Por exemplo, todos os símbolos amarelos são triângulos, todos os símbolos verdes são círculos e todos os símbolos vermelhos são quadrados.
- O tamanho dos objetos codificados por cores deve aumentar proporcionalmente à quantidade de cores disponíveis.
- As cores vermelho e verde não devem ser usadas para símbolos e formas pequenas.
- O uso de cores opostas (vermelho, verde, amarelo e azul) próximas umas das outras ou em relação a um objeto ou fundo pode ser bom ou mau. Não há padrões universais, ou seja, as soluções são individuais para cada situação.
- Evitar a exibição simultânea de várias cores altamente saturadas e de espectro extremo.

O design visual é um componente crucial dos displays para PTWs. A escolha cuidadosa de formas, fontes de texto, gráficos, condições de iluminação e ambiente torna a informação transmitida mais fácil de entender.

Para melhorar a comunicação dos displays, foram estabelecidas algumas "regras fundamentais", incluindo o seguinte (Kroemer, 2017):

- Exibir apenas as informações necessárias para o bom desempenho da tarefa.
- Fornecer informações precisas necessárias para as ações e decisões do operador e apresentar informações de maneira fácil de entender, acessível e útil.
- Configurar o display para que qualquer falha ou mau funcionamento seja percebido imediatamente.

Os condutores devem ser capazes de utilizar rapidamente e facilmente o número limitado de controles e exibições dos displays do PTW, mantendo a atenção no trânsito. Como resultado, as interfaces devem ser fáceis de usar e as informações devem ser simples e fáceis de entender.

A disposição dos controles e a visualização deve ser feita de acordo com os seguintes padrões para garantir uma interação precisa e eficaz (Kroemer, 2015, 2017):

- O display deve estar frente do condutor.
- Se o operador estiver sentado ou em pé, os controles devem estar próximos à altura do cotovelo, enquanto os displays devem estar abaixo ou ao nível dos olhos.
- Os displays devem estar próximos aos controles correspondentes para facilitar ajustes rápidos e erros menores.

### 3. Metodologia

A justificação e descrição da metodologia utilizada nesta dissertação está dividida em duas secções: método de revisão sistemática de literatura, critérios de revisão e análise qualitativa.

De modo a obter uma base sólida de conhecimento e de fundamentação para os factos apresentados nesta dissertação, foi efetuada uma revisão sistemática e aprofundada da literatura relativa ao tema aqui explorado. Após a identificação da necessidade de uma revisão sistemática de literatura, define-se o objetivo da investigação e, a partir daí, já é possível começar uma pesquisa com qualidade.

O estudo de revisão sistemática foi realizado de acordo com a metodologia PRISMA Statement (Page et al., 2021), uma ferramenta desenvolvida para ajudar os autores de revisões sistemáticas, a fim de garantir uma informação exata e abrangente sobre os seus resultados.

De ressaltar que esta pesquisa irá incluir métodos qualitativos e quantitativos.

Para começar uma pesquisa na base de dados é necessário ter uma ou mais palavra(s)-chave. Esta(s) deve(m) conter palavras que remetam para o objetivo definido, de forma a facilitar a procura de estudos primários. Sendo assim, foram definidas as palavras-chave a utilizar para efetuar a pesquisa, sendo estas motorcycle, ergonomics, interaction, safety, human factors e PTW e utilizadas na base de dados Scopus.

As combinações de palavras-chaves utilizadas foram as seguintes:

- 1) motorcycle, ergonomics
- 2) motorcycle, ergonomics, interaction
- 3) motorcycle, safety, human factors
- 4) human factors, PTW

Para além de palavras-chave, também é de notar a existência de filtros. Neste caso foram definidos existem dois filtros, que são direcionados para o resultado ser mais próximo do pretendido e consequentemente afinam o número de estudos a extrair. O primeiro refere-se a limitar a procura somente a artigos em inglês, enquanto que o segundo limita a pesquisa a artigos compreendidos entre os anos de 2014 e 2023.

Esta pesquisa bibliográfica foi complementada com uma triagem de listas de referências dos artigos e algumas vezes com uma análise de citações.

## **4. Resultados e discussão**

O presente capítulo, tem como objetivo compilar os resultados da revisão sistemática da literatura concernente ao tema da dissertação. Este capítulo foi dividido em dois subcapítulos, onde o subcapítulo inicial examina os diversos tipos de PTW mais adquiridos no contexto nacional, debruçando-se sobre as nuances das posturas assumidas durante a condução. No segundo subcapítulo, são apresentados dois Guias de Recomendações, fundamentados nos insights extraídos da revisão sistemática da literatura.

### **4.1 Tipos de PTW mais adquiridos em Portugal e as suas posturas**

O panorama da mobilidade está em constante evolução, e os PTW são uma opção de deslocação de diversos condutores em Portugal. Este capítulo visa explorar os tipos de PTW mais adquiridos e as posturas que os condutores adotam durante a condução desses veículos. Para isso este capítulo desdobra-se em dois subcapítulos: "Tipos de PTW mais Adquiridos em Portugal" e "Posturas nos PTW mais Vendidos em Portugal".

Ao desvendar as preferências dos consumidores em relação a esses PTW, procura-se não apenas analisar como eles se incorporam no tecido social e influenciam as posturas dos utilizadores como também ter visão do papel dos PTW na mobilidade portuguesa contemporânea.

#### 4.1.1 Tipos de PTW mais adquiridos em Portugal

Neste capítulo, realizaremos uma análise comparativa dos tipos de PTW mais adquiridos em Portugal. O objetivo é compreender as preferências dos consumidores em relação aos tipos de PTW mais adquiridos e consequentemente perceber as posturas mais adotadas durante a condução.

Os dados foram fornecidos pelo Departamento Económico-Estatístico da ACAP (Associação do Comércio Automóvel de Portugal) sob a forma de um documento excel chamado “tabela dos 50 modelos de motociclos mais vendidos” que foi fornecido para esta tese.

A ACAP é uma Associação Empresarial Privada que representa, há mais de 100 anos, a nível nacional, a globalidade do Sector Automóvel. Pelo reconhecimento do mérito da ação desenvolvida, a ACAP foi agraciada como Membro Honorário da Ordem do Mérito Agrícola e Industrial na Classe de Mérito Industrial e foi-lhe ainda reconhecido “Estatuto de Entidade de Utilidade Pública”.

Após análise do documento fornecido pela ACAP, concluí que seria mais interessante a análise somente dos 10 modelos mais vendidos (Tabela 3), constituindo estes 32,38% dos motociclos mais vendidos em entre janeiro e abril de 2022 e 31,78 do período homologado de 2023.

Os dados revelam os seguintes modelos de PTW como sendo os mais comprados em Portugal entre janeiro e abril de 2023:

Tabela 3. PTW: Os 10 modelos mais vendidos - janeiro a abril de 2023.

Modelo	Unidades	% Mercado	Tipo	Cilindrada (cc)
HONDA PCX 125	1339	10,34	Scoter	125
YAMAHA NMAX 125	588	4,55	Scoter	125
HONDA NC750X	378	2,92	Turismo	745
YAMAHA TÉNÉRÉ 700	337	2,61	Dual Sport	689
BMW R 1250 GS	334	2,58	Turismo	1254
HONDA ADV350	284	2,20	Scoter	330
HONDA NSC110	262	2,03	Scoter	109
YAMAHA MT-07	231	1,79	Standard	689
HONDA CBF125	228	1,76	Standard	124
HONDA NSS125	204	1,58	Scoter	125

Segundo as estatísticas, os modelos de PTW mais adquiridos em Portugal entre janeiro e abril de 2023 foram os seguintes:

Tabela 4. Os 10 modelos mais vendidos - janeiro a abril de 2022.

Modelo	Unidades	% Mercado	Tipo	Cilindrada (cc)
HONDA PCX 125	1207	10,27	Scoter	125
HONDA CB650R	342	2,91	Standard	649
BMW R 1250 GS	340	2,89	Turismo	1254
YAMAHA NMAX 125	317	2,70	Scoter	125
YAMAHA TÉNÉRÉ 700	303	2,58	Dual Sport	689

HONDA NC750X	276	2,35	Turismo	745
YAMAHA MT-07	268	2,28	Standard	689
HONDA NSC110	243	2,07	Scooter	109
HONDA CRF1100	223	1,90	Dual Sport	1084
HONDA CBF125	215	1,83	Standard	124

Nesta secção será feita uma análise comparativa dos dados relativos aos PTW mais populares em Portugal entre o período de janeiro a abril de 2023 e 2022 com o objetivo de identificar tendências e mudanças ao longo destes dois anos.

A análise comparativa dos dados demonstra que, embora as avaliações dos modelos tenham mudado algumas vezes ao longo do tempo, as preferências gerais dos consumidores permaneceram consistentes ao longo dos anos. Em ambas as listas de modelos mais vendidos, a marca "HONDA" manteve uma presença significativa, o que demonstra a sua contínua influência na indústria automóvel portuguesa. Em ambos os anos analisados, o modelo "HONDA PCX 125" mantém constantemente o primeiro lugar.

Embora a categorização dos modelos tenha variado entre os dois anos, os modelos de motos mais comuns permaneceram os mesmos. Os consumidores em Portugal ainda têm uma clara preferência por Scooters, motociclos do tipo Turismo e Dual Sport.

A presença constante de motociclos do tipo "Dual Sport" (por exemplo, "YAMAHA TÉNÉRÉ 700" e "HONDA CRF1100") indica um interesse duradouro dos consumidores por motociclos versáteis, capazes de lidar com diversos tipos de condições de estrada.

Ambos os gráficos mostraram uma popularidade contínua para as cilindradas de 125 cm<sup>3</sup> e 689 cm<sup>3</sup>, indicando que os clientes portugueses continuam a preferir PTW com estas especificações de cilindrada.

No que diz respeito a mudanças e tendências, é notável a ascensão do modelo "YAMAHA NMAX 125" para a segunda posição em 2023, em contraste com a sua quarta colocação em 2022, o que mostra um grande impulso na sua popularidade. Além disso, a forte presença do modelo "BMW R 1250 GS" em ambas as listas demonstram que os compradores continuam interessados em motociclos do tipo Turismo, com cilindradas maiores.

A inclusão do modelo "HONDA ADV350" na lista de 2023 sugere um potencial aumento na procura de scooters deste modelo.

Embora as posições dos modelos tenham variado entre os dois anos, a estabilidade nas preferências dos consumidores pelos tipos predominantes de motociclos sugere uma consistência notável nas suas escolhas ao longo do tempo. A presença contínua de PTW do tipo "Dual Sport" destaca a importância da versatilidade para os consumidores portugueses, que valorizam motociclos capazes de enfrentar uma variedade de condições de estrada.

É importante referir que, com base nos dados apresentados, não podemos concluir com segurança que existe uma preferência intrínseca por PTW de cilindrada mais baixa entre os consumidores em Portugal. Uma explicação plausível para a maior proporção de aquisições de PTW de cilindrada mais baixa é a tendência de que modelos com cilindradas mais elevadas geralmente tenham um custo mais elevado. Essa diferença de preço pode limitar o acesso do "grande público" a PTW de maior cilindrada, devido às restrições nos orçamentos dos compradores.

Portanto, não podemos afirmar com certeza que os clientes portugueses estão menos interessados em PTWs de maior cilindrada; em vez disso, podemos apenas observar que eles adquirem menos unidades desse tipo de PTW.

No futuro, faz sentido considerar a implementação de métodos de investigação mais aprofundados, como a aplicação de questionários e estudos de mercado de forma a separar os fatores financeiros e económicos das preferências inatas. Como isso, seria possível ter uma melhor compreensão mercado de PTW em Portugal, o que, por sua vez, ajudaria a indústria a compreender melhor os clientes e posteriormente a aplicar as diversas áreas da engenharia humana.

#### 4.1.2 Posturas nos PTW mais vendidos em Portugal

Neste capítulo, será feita a análise das distintas posturas adotadas pelos condutores nos diversos PTW mencionados e estudados no capítulo anterior. A análise das posturas levou em consideração um condutor hipotético do sexo masculino, uma vez que, como discutido anteriormente, este é o grupo predominante no que diz respeito à utilização de motociclos em Portugal. Foi então assumido, como

referência, uma estatura média de 169 cm, com base nos dados obtidos na Figura 38 (Barroso & Gomes Da Costa, 2009).

É importante notar que a Figura 38, embora seja o dado mais recente disponível, está desatualizada e pode não representar adequadamente a altura média dos homens portugueses nos tempos atuais. Portanto, é importante considerar esta limitação na interpretação dos resultados.

Como referido anteriormente existe também a possibilidade dos condutores de PTW não serem representativos da população portuguesa como um todo. Portanto, seria útil em trabalhos futuros criar uma base de dados de medidas antropométricas de condutores de PTW para basear mais solidamente os resultados de futuras pesquisas.

Dimensões	População Masculina						População Feminina					
	M	DP	P <sub>1</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>99</sub>	M	DP	P <sub>1</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>99</sub>
Estatura	1690	76	1514	1566	1814	1866	1565	66	1411	1456	1674	1719
Altura dos olhos	1585	74	1412	1463	1707	1758	1465	66	1311	1356	1574	1619
Altura do ombro	1395	65	1245	1289	1501	1545	1295	56	1165	1203	1387	1425
Altura do punho	735	43	635	664	806	835	685	40	592	620	750	778
Altura do cotovelo	1050	51	931	966	1134	1169	965	46	859	890	1040	1071
Distância cotovelo-punho	350	18	308	320	380	392	320	17	280	292	348	360
Alcance funcional anterior	730	62	584	627	833	876	675	33	597	620	730	753
Alcance funcional vertical (de pé)	2030	94	1810	1875	2185	2250	1860	85	1661	1719	2000	2058
Altura sentado	920	37	833	859	981	1007	865	35	783	807	923	947
Altura dos olhos (relação ao assento)	810	34	730	754	866	890	760	35	679	703	817	841
Altura lombar (relação ao assento)	215	20	169	183	247	261	220	20	174	187	253	266
Espessura máxima da coxa	175	17	134	146	204	216	165	15	130	140	190	200
Altura do joelho	525	30	455	475	575	595	480	27	416	435	525	544
Altura do poplíteo	400	26	341	358	442	459	365	23	312	327	403	418
Comprimento coxa-poplíteo	485	32	410	432	538	560	470	30	401	421	520	540
Comprimento máximo da coxa	590	33	513	536	644	667	570	32	496	518	622	644
Espessura do peito	265	23	211	227	303	319	275	30	206	226	324	344
Espessura abdominal	265	32	191	213	317	339	260	36	177	201	319	343
Alcance funcional vertical (sentado)	1250	55	1123	1160	1340	1377	1165	57	1033	1072	1258	1297
Distância ombro-assento	630	33	552	575	685	708	595	34	516	539	650	673
Distância cotovelo-assento	255	30	185	206	304	325	250	28	185	204	296	315
Largura de ombros (biacromial)	335	22	284	299	371	386	300	25	243	260	341	358
Largura de ombros (bideltóide)	475	30	404	425	525	546	445	31	373	394	496	517
Largura das ancas	380	24	323	340	420	437	400	27	337	355	445	463
Peso (kg)	74	11	48	56	92	100	64	10	41	48	80	87

Figura 38. Média (M), desvio padrão (SD) e alguns percentis para os dados antropométricos da população portuguesa (adaptado de Barroso & Gomes Da Costa, 2009).

Compreender a ergonomia e o conforto do condutor é crucial para detetar potenciais problemas de design e segurança, assim como reconhecer as posturas dos condutores durante a condução de um PTWs mais vendidos em Portugal. A maneira como os condutores se posicionam nos seus motociclos

pode influenciar diretamente a capacidade de manobrar, a visibilidade na estrada e a capacidade de reagir a situações de emergência.

Os diagramas subsequentes resultam de simulações realizadas no website <https://motonomics.com/simulator> a 10 de agosto de 2023, com o propósito de ilustrar a posição adotada pelo condutor durante a condução. Optou-se por selecionar uma imagem representativa para cada categoria de PTW, uma vez que se verificou que as posturas não variam consideravelmente entre os modelos pertencentes à mesma categoria.

As variações posturais entre os PTW refletem vários objetivos e comportamentos de condução, proporcionam aos condutores escolhas que atendam às suas necessidades e preferências individuais.



Figura 39. Scooter - Honda PCX160, 10 de agosto de 2023.

O assento de uma scooter é amplo e baixo, e permite que o condutor se acomode com os pés apoiados no chão quando a scooter está parada. Isso oferece estabilidade e confiança ao condutor durante paradas frequentes no trânsito urbano (Figura 39).

Durante a condução das scooters, as pernas do motociclista ficam estendidas para a frente numa posição relaxada, eliminando a necessidade de dobrar as pernas.

Os braços do condutor permanecem praticamente estendidos em direção ao volante da scooter, com as mãos posicionadas próximas ao corpo. A parte superior do corpo, incluindo o tronco, mantém uma postura ereta e vertical, sem inclinação excessiva para a frente.

Além disso, os pés do condutor repousam em uma plataforma plana localizada na parte dianteira da scooter.



Figura 40. Standard - Yamaha MT-07, 10 de agosto de 2023

Os condutores de motocicletas do tipo Standard adotam uma postura de condução distintiva que combina conforto e versatilidade (Figura 40). O assento dessas motos é estreito e está posicionado a uma altura intermediária, permitindo que o motociclista toque o solo com os pés, embora não completamente. Durante a condução, as pernas dos motociclistas ficam dobradas. Os braços ficam ligeiramente flexionados para alcançar o guidão.

Em comparação com motocicletas do tipo scooter, a postura em um Standard envolve um tronco ligeiramente inclinado para a frente, mantendo, no entanto, uma postura relativamente ereta.



Figura 41. Dual Sport - Yamaha Tenere 700, 10 de agosto de 2023.

Os motocicletos Dual Sport são conhecidos por sua versatilidade, projetados para oferecer desempenho tanto em estradas pavimentadas quanto em terrenos off-road, o que naturalmente influencia a postura de condução (Figura 41).

Os assentos desses motocicletos são altos e estreitos, de forma a permitir que o condutor tenha a flexibilidade de ficar em pé quando necessário.

Quando sentado, as pernas dos motociclistas ficam dobradas em um ângulo mais acentuado, refletindo a necessidade de maior flexibilidade durante a condução off-road.

A postura do tronco pode variar. Quando o motociclista está em pé, o tronco tende a estar mais inclinado para a frente para absorver os impactos e lidar com terrenos acidentados. No entanto, ao sentar-se na moto em estradas pavimentadas, o tronco fica ereto.

A posição dos pés é especialmente flexível em motocicletos Dual Sport. Em terrenos off-road, o motociclista frequentemente fica em pé nos pedais para absorver impactos, obter maior controle e enfrentar obstáculos com facilidade. Em estradas pavimentadas, os pés estão posicionados nos pedais de forma tradicional.



Figura 42. Turismo - BMW R 1250 GS, 10 de agosto de 2023.

Motociclos de turismo são especialmente projetados para viagens de longa distância, priorizando o conforto do motociclista (Figura 42).

Os assentos dessas motos são largos e macios, proporcionando suporte adequado mesmo durante longos períodos de condução. Além disso, os motociclistas geralmente têm a opção de ajustar a altura do assento de acordo.

Durante a condução em motocicletas de turismo, as pernas dos motociclistas permanecem em uma posição relaxada, com os joelhos ligeiramente dobrados. Os braços dos motociclistas também permanecem relaxados, sem a necessidade de grande esforço físico para manter o controle da moto.

A postura do tronco permanece ereta.

Em relação à posição dos pés, os motociclistas de turismo geralmente os posicionam nos pedais ou descansos dos pés, com espaço suficiente para movimentar as pernas, o que é particularmente importante em viagens longas.

## 4.2 Guia de recomendações

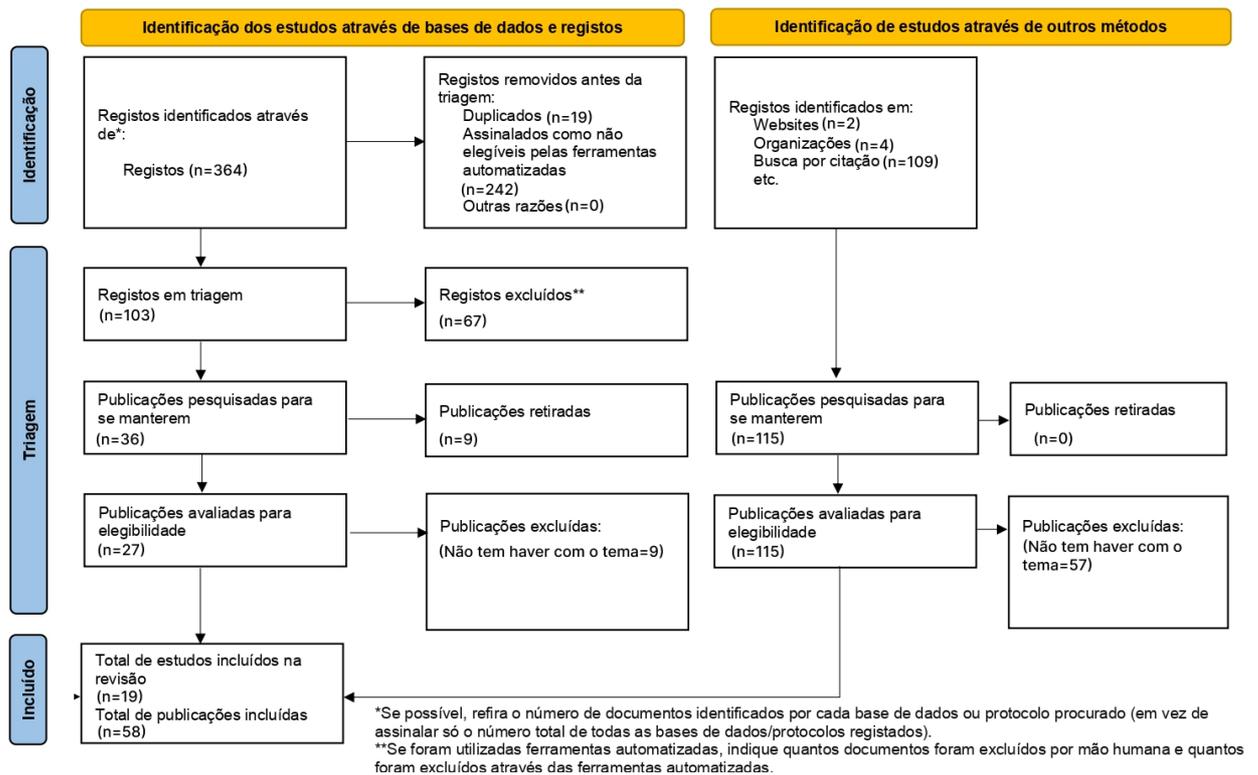
Neste capítulo, são apresentados dois guias abrangentes de recomendações de ergonomia e fatores humanos para o design de veículos de duas rodas motorizadas. Neles são sintetizadas as principais recomendações e conclusões resultantes da revisão sistemática da literatura.

Durante a revisão sistemática da literatura obtiveram-se 364 artigos após a pesquisa na barra de pesquisa pelas palavras-chave (Figura 43), sendo 19 destes duplicados e 242 assinalados como elegíveis, obtendo-se um resultado de 103 artigos correspondentes aos critérios pretendidos. Partindo dos 103 artigos mencionados acima e filtrando pelo critério de o título e a secção de Abstract enquadrarem-se com o tema, foram eliminados 67 artigos tendo-se atingido o número de 36 artigos dos quais mais 9 foram excluídos devido a não estarem disponíveis para acesso. O número obtido foi 27 publicações avaliadas para elegibilidade dos quais, após uma leitura atenta dos 27 artigos, 8 foram eliminados por não se enquadrarem diretamente com o tema totalizando 19 artigos incluídos na revisão.

Finalmente, através da identificação de estudos através de outros métodos, foram estudados os artigos presentes nas bibliografias dos 19 artigos mencionados acima obtendo-se 115 artigos dos quais 57 foram eliminados, ou seja, 58 artigos adicionais foram adicionados.

Todo este processo totaliza 56 artigos (19 + 58).

PRISMA 2020 Fluxograma para novas revisões sistemáticas que incluem buscas em bases de dados, protocolos e outras fontes



Traduzido por: Verónica Abreu\*, Sónia Gonçalves-Lopes\*, José Luís Sousa\* e Verónica Oliveira / \*ESS Jean Piaget - Vila Nova de Gaia - Portugal  
 de: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

Para mais informações, visite: <http://www.prisma-statement.org/>

Figura 43. Fluxograma prisma preenchido (adaptado de (Page et al., 2021).

#### 4.2.1 Guia de recomendações de engenharia humana para PTW

Este guia abrange uma variedade de recomendações destinadas a melhorar a segurança, o conforto e a eficiência da interação entre o condutor e o PTW. As áreas-chave incluem ruído e vibração, emoções na condução, indicadores e controlos.

#### Ruído e Vibração:

- O ruído excessivo e a vibração indesejada podem levar à fadiga do condutor e prejudicar a concentração. É imperativo adotar medidas para minimizar esses efeitos indesejados. O uso de materiais de isolamento adequados e técnicas de design que reduzem a transmissão de ruído e vibração para o interior do veículo é essencial. Além disso, os sistemas de suspensão e amortecimento devem ser projetados para absorver choques e vibrações da estrada, de forma a proporcionar uma condução mais suave.
- Durante o processo de desenvolvimento, é fundamental realizar testes e medições de vibração no veículo. Isso ajuda a identificar quaisquer fontes de vibração excessiva que possam afetar

negativamente o conforto do condutor. A identificação precoce dessas fontes permite a implementação de medidas corretivas, como o ajuste da geometria da suspensão ou a adição de amortecedores adicionais.

- O contato direto do condutor com o veículo, como o guidador e o assento, pode torná-lo mais suscetível à vibração. Portanto, deve considera-se a inclusão de sistemas de isolamento de vibração nesses pontos de contato para reduzir a transmissão de vibração ao corpo do condutor.
- Considerar a implementação de sistemas de feedback háptico no guidador ou nos controles para alertar o condutor sobre condições de vibração anormais, como trepidação excessiva ou irregularidades na estrada. Esses sistemas podem melhorar a percepção do condutor e aumentar a segurança.

### **Emoções na Condução e Fatores Psicológicos e Sociais:**

O artigo “A decision consequence-based model to understand the phenomena in motorcycle engineering design from a human factor's perspective” (Agius et al., 2021b) aponta os seguintes aspectos relacionados com a temática das emoções durante a condução e Fatores Psicológicos e Sociais:

- Ao projetar motocicletas, é fundamental reconhecer que os condutores experimentam emoções ao interagir com seus veículos. Portanto, o design emocional do veículo, criando uma experiência de condução agradável e cativante.
- Promover a conscientização sobre fatores psicológicos e sociais, como fadiga, estresse e influências externas na segurança.
- Reforçar o papel do design emocional do veículo na criação de uma experiência de condução agradável, considerando também as preferências e expectativas dos condutores em diferentes faixas etárias e culturas.
- As reações emocionais a um produto ocorrem em três níveis: visceral, comportamental e reflexivo. O nível visceral aborda as reações instintivas, como a atração ou repulsa que um motociclo pode gerar.

O nível comportamental lida com as expectativas e percepções dos clientes em relação ao produto. A estética, o estilo e a aparência do motociclo desempenham um papel crucial nesse nível emocional.

O nível reflexivo é consciente e envolve a personalidade inscrita no produto. Nesse sentido, a ergonomia desempenha um papel importante, pois afeta a experiência do condutor ao longo do tempo.

Os designers de PTW devem reconhecer a interação entre esses três níveis emocionais e como eles podem impactar a satisfação do utilizador e a aceitação do produto.

### **Indicadores e Controlos:**

Kroemer (2015) aponta os seguintes aspetos relacionados com os indicadores e controlos:

- Certificar-se de que os indicadores e controlos essenciais são de fácil visualização e alcance durante a condução.
- Utilizar indicadores de fácil compreensão, com ícones intuitivos e símbolos universais.
- Evitar a sobrecarga de informações no painel de instrumentos, priorizando os indicadores mais relevantes.
- Garantir a retroiluminação adequada dos indicadores para uma visibilidade clara, tanto durante o dia quanto à noite.
- Levantar em consideração que a maioria dos condutores são homens, com idades entre. Isso sugere que os indicadores e controlos devem ser projetados com foco nas preferências e características demográficas predominantes, como o gênero e a faixa etária.
- Considerar a localização desses indicadores e controlos garantindo que estejam posicionados de forma acessível e não obstruam a visão do condutor.
- Integrar sistemas de áudio e entretenimento com interfaces de fácil utilização, de forma a permitir o controle por meio de botões no guidador.
- Ter em consideração que as expectativas populares de movimentos entre controlo e display são influenciadas por experiências anteriores, mas podem variar.
- Certificar que o guidador não bloqueie a visão dos indicadores ou dos espelhos retrovisores em nenhuma posição de ajuste.

#### 4.2.2 Guia de recomendações para interfaces de PTW

A criação de interfaces visuais eficazes para exibições eletrónicas é essencial para a comunicação clara e precisa entre operador e o sistema. Várias diretrizes podem ser seguidas para otimizar a qualidade e usabilidade das exibições eletrónicas. Em baixo são apresentadas algumas:

### **Seleção de Formatos e Escalas**

Em relação à seleção de formatos e escalas os autores Hancock (2006) e Thom (1995) apontam os seguintes aspetos:

- É geralmente preferível utilizar um ponteiro em movimento em vez de uma escala móvel. A escala pode ser reta (disposta horizontal ou verticalmente), curva ou circular.
- As escalas devem ser simples e desobstruídas, com graduações e numerações projetadas para leituras corretas e rápidas.
- Os numerais devem estar localizados fora das marcações da escala para evitar obstrução pelo ponteiro.
- O ponteiro deve terminar com a sua ponta diretamente sobre a marcação desejada.
- A densidade das marcações na escala deve ser adequada à capacidade de leitura do operador, com todas as principais marcas numeradas.
- Intervalos de uma, cinco ou dez unidades entre as principais marcas facilitam a compreensão das progressões.

### **Cores do Ecrã e Posição dos Controlos:**

Kroemer (2015, 2017) aponta os seguintes aspetos relacionados com as cores do ecrã e a posição dos controlos:

- As exibições monocromáticas apresentam apenas uma cor, como verde, amarelo, âmbar, laranja ou branco. Quando várias cores são utilizadas, é essencial garantir fácil discriminação entre elas.
- Para exibições coloridas, é recomendado não utilizar mais do que três ou quatro cores simultaneamente. Cores contrastantes, como vermelho, verde, amarelo e laranja, são preferenciais.
- A seleção de cores deve ser baseada em contrastes, priorizando o preto e branco e adicionando cores com moderação para evitar sobrecarga visual.
- É importante evitar a excessiva complexidade e coloração em excesso em exibições eletrónicas, pois podem dificultar a leitura e distrair o condutor de sua tarefa principal.
- Considerar as preferências regionais e culturais ao escolher as cores do painel de instrumentos, tendo em consideração que a utilidade das funções e dispositivos varia entre os países.
- As cores selecionadas para o visor devem ser vividas e de fácil distinção mesmo em condições de pouca luz. Isso permite que o condutor reconheça rapidamente informações essenciais, como velocidade, combustível e luzes de aviso.
- O contraste é fundamental para destacar informações importantes no visor. Deve utilizar-se cores de alto contraste para garantir que os elementos cruciais se destaquem claramente em relação ao restante do visor. Isso contribui para a rápida identificação e reação do condutor.

- Evitar cores extremamente brilhantes ou chamativas que possam distrair o condutor. As cores escolhidas devem ser simples de ler, mesmo a uma distância considerável.

### **Priorização da Informação nas Interfaces:**

Relativamente à priorização da informação nas interfaces os artigos “New HMI concept for motorcycles-the saferider approach” (Diederichs et al., 2009a) e “Watch-over HMI for vulnerable road users’ protection” (Meinken et al., 2007) apontam os seguintes aspetos:

- Priorizar a exibição de informações críticas, como velocidade, combustível e alertas de segurança, em locais de destaque na interface.
- Ao projetar interfaces para sistemas de navegação e orientação, deve levar em consideração as necessidades específicas dos condutores de duas rodas motorizadas, incluindo informações relevantes sobre a rota, condições climáticas, alertas de pontos de perigo (black spots) e recalculação de rotas quando necessário.

### **Disposição de Controlos e Displays**

Os autores Baldanzini et al. (2011) e Kroemer (2015, 2017) apontam as seguintes conclusões e relação aos dispositivos de controlo e displays:

- Posicionar os controlos de forma lógica e acessível, evitando que o condutor tenha que desviar a atenção da estrada.
- Os controlos e displays devem ser organizados em painéis à frente do operador, alinhados com o plano medial do corpo.
- Os controlos devem estar próximos à altura do cotovelo, enquanto displays devem situar-se abaixo ou ao nível dos olhos, seja o operador sentado ou em pé.
- Os controlos utilizados com menor frequência ou displays menos relevantes podem ser posicionados em locais mais laterais ou acima.

## 5. Conclusões

A presente dissertação ajudou a compreender o universo dos veículos de duas rodas e os seus conceitos e utilizadores, abrangendo tanto o contexto europeu quanto o português, ao mesmo tempo que explorou a influência da ergonomia e dos fatores humanos na experiência de condução. Além disso, foram identificadas recomendações para o design de PTW, visando aprimorar a interação durante a condução desses veículos.

A principal conclusão é que a ergonomia e os fatores humanos devem ser considerados desde as fases iniciais do projeto de desenvolvimento de um PTW. Isso é essencial para assegurar uma interação eficaz entre o equipamento e o condutor, o que promove uma experiência de condução mais segura e simples. Adicionalmente, compreende-se que o design de interfaces para PTWs deve ser adaptado aos requisitos e preferências específicas de diferentes tipos de condutores. Os pilotos mais jovens, por exemplo, podem estar mais familiarizados com tecnologias e ter mais facilidade em interagir com a mesma, enquanto os condutores mais velhos podem preferir controles e exibições mais convencionais. (Diederichs et al., 2009b).

Aferiu-se também que existe uma variação nas dimensões entre indivíduos do sexo feminino e masculino, mesmo quando considerados percentis semelhantes, e que, com o aumento do número de mulheres que utilizam PTW, é importante ter em conta as dimensões femininas no design destes equipamentos. Portanto, ajustes da posição de condução do PTW devem ser possíveis para permitir que se altere a posição de condução de acordo com as necessidades (Rajhans, 2011).

Uma das principais limitações desta dissertação foi a falta de bases de dados antropométricas específicas de condutores de PTW que seriam extremamente importantes para determinar alcances e medidas recomendadas. Essa lacuna também dificulta o design proativo de PTW direcionados à população portuguesa. Sendo assim para trabalhos futuros seriam um tema muito relevante a investigar.

Sabendo que o estilo de vida de uma pessoa afeta a perseverança do conforto (Arunachalam et al., 2019) seria relevante aprofundar essa questão em trabalhos futuros. Isso também pode ajudar a determinar se o conforto absoluto está relacionado à redução da probabilidade de acidentes ou qual o nível e conforto ideal.

Além dos pontos abordados no decorrer desta dissertação, um PTW bem concebido também deve ser simples de manter e reparar. Isto pode reduzir o custo e o tempo necessários para a manutenção e reparação e consequentemente o risco de acidentes. Embora essa questão não tenha sido abordado nesta dissertação, é um campo importante a ser explorado em futuras pesquisas.

Espera-se, que esta dissertação sirva como um ponto de partida para investigadores, engenheiros e designers de PTWs, e que incentive investigações futuras sobre a engenharia humana no design de interações com PTWs e tópicos relacionados. Isso, por sua vez, pode contribuir significativamente para a melhoria contínua da segurança, conforto e eficácia dos veículos de duas rodas motorizados.

## BIBLIOGRAFIA

*A European Agenda for Motorcycle Safety*. (2023, Agosto 20). [www.fema-online.eu](http://www.fema-online.eu)

Abdul Manan, M. M., Várhelyi, A., Çelik, A. K., & Hashim, H. H. (2018). Road characteristics and environment factors associated with motorcycle fatal crashes in Malaysia. *IATSS Research*, 42(4), 207–220. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2017.11.001>

Acem. (2009). In-depth investigations of accidents involving powered two wheelers and bicycles – A European in-depht study. In *Int. Journal of Safety Research* (Vol. 76). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022437520301651>

Agius, S., Farrugia, P., & Francalanza, E. (2021a). A decision consequence-based model to understand the phenomena in motorcycle engineering design from a human factor's perspective. In *Int. J. Design Engineering* (Vol. 10, Issue 1). <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Agius, S., Farrugia, P., & Francalanza, E. (2021b). A decision consequence-based model to understand the phenomena in motorcycle engineering design from a human factor's perspective. In *Int. J. Design Engineering* (Vol. 10, Issue 1). <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Alcoforado, F. (2023, Setembro 16). *As revoluções nos meios de transporte desde a Pré-história à era Contemporânea e a sua evolução futura*. <https://pt.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%B5es-nos-meios-de-transporte-desde-pr%C3%A9-hist%C3%B3ria-alcoforado>.

Andriacchi, T. P., & Alexander, E. J. (2000). Studies of human locomotion: past, present and future. In *Journal of Biomechanics* (Vol. 33), 3-4.

Arunachalam, M., Mondal, C., Singh, G., & Karmakar, S. (2019). Motorcycle riding posture: A review. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 134, 390–399. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.10.019>

Arunachalam, M., Singh, A. K., & Karmakar, S. (2020). Determination of the key anthropometric and range of motion measurements for the ergonomic design of motorcycle. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 159. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107751>

Autoridade nacional de segurança rodoviária. (2023, Julho 27). *Relatório Outubro 2021*.

Azerbaijan stockers. (2023, setembro 14). *Exemplo de postura durante a condução de uma Sportbike*. [https://br.freepik.com/fotos-gratis/motociclismo-de-alta-velocidade-na-estrada-em-frente-a-floresta\\_7101488.htm#page=6&query=motos%20social%20media&position=11&from\\_view=keyword&track=ais](https://br.freepik.com/fotos-gratis/motociclismo-de-alta-velocidade-na-estrada-em-frente-a-floresta_7101488.htm#page=6&query=motos%20social%20media&position=11&from_view=keyword&track=ais)

- Azevedo, H. J. C. (2017). *Design de motociclo elétrico para reabilitação da marca Famel*. [Unpublished master's thesis]. Universidade de Aveiro.
- Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, *63*, 1–29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- Balasubramanian, V., & Jagannath, M. (2014). Detecting motorcycle rider local physical fatigue and discomfort using surface electromyography and seat interface pressure. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *22*, 150–158. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2013.12.010>
- Baldanzini, N., Bencini, G., & Pierini, M. (2011). Design and preliminary testing of an haptic handle for powered two wheelers. *European Transport Research Review*, *3*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s12544-010-0044-z>
- Barroso, M. P., & Gomes Da Costa, L. (2009). *Antropometria Ergonomia*. [Unpublished master's thesis]. Universidade do Minho.
- Bekiaris, E. (2008). *SAFERIDER- Advanced telematics for enhancing the safety and comfort of motorcycle riders*. 17th ITS World Congress. [https://www.researchgate.net/publication/322179630\\_An\\_HMI\\_Framework\\_for\\_DriverRider\\_States\\_Adaptive\\_Transitions\\_and\\_ADAS/citations](https://www.researchgate.net/publication/322179630_An_HMI_Framework_for_DriverRider_States_Adaptive_Transitions_and_ADAS/citations).
- Bruns Caridade, J., Leonardo do Nascimento Dias, B., & de Sá Mendes, T. (n.d.). Astrobiologia e as missões tripuladas para a colonização de Marte: alguns argumentos contra e a favor. *RECIMA21* *3*, 2021. <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i3.141>
- Clabaux, N., Brenac, T., Perrin, C., Magnin, J., Canu, B., & Van Elslande, P. (2012). Motorcyclists' speed and “looked-but-failed-to-see” accidents. *Accident Analysis and Prevention*, *49*, 73–77. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.07.013>
- Diário de Notícias. (2023, setembro 20). *Veículo autónomo da UBER*. <https://www.dn.pt/dinheiro/estados-unidos-avancam-com-regulacao-de-carros-sem-condutor-5398616.html>
- Diederichs, J. P. F., Fontana, M., & Bencini, G. (2009a). New HMI concept for motorcycles-the saferider approach. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 5639 LNAI*. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-02728-4\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02728-4_38)
- Diederichs, J. P. F., Fontana, M., & Bencini, G. (2009b). Saferider - riders needs and wants survey, *Information Society Technologies*, 1-6.

- Domino, K. (2009). *The Perfect Motorcycle: How to Choose, Find and Buy the Perfect New Or Used Bike*. (1st ed.). 671 Press.
- Drobotdean. (2023, setembro 14). *Exemplo de postura durante a condução de uma scooter*. [https://br.freepik.com/fotos-gratis/grave-jovem-barbudo-na-scooter-ao-ar-livre\\_7286880.htm#query=bicicleta%20motocicleta&position=15&from\\_view=search&track=ais](https://br.freepik.com/fotos-gratis/grave-jovem-barbudo-na-scooter-ao-ar-livre_7286880.htm#query=bicicleta%20motocicleta&position=15&from_view=search&track=ais)
- Engström, J., Markkula, G., Victor, T., & Merat, N. (2017). Effects of Cognitive Load on Driving Performance: The Cognitive Control Hypothesis. *Human Factors*, 59(5), 734–764. <https://doi.org/10.1177/0018720817690639>
- European Commission. (2020). European Road Safety Observatory. *Directorate-General for Mobility and Transport*. [https://road-safety.transport.ec.europa.eu/news-events/news/european-road-safety-observatory-2022-01-24\\_en](https://road-safety.transport.ec.europa.eu/news-events/news/european-road-safety-observatory-2022-01-24_en).
- FEMA. (2016). Motorcycle Safety and Accidents in Europe. *Federation of European Motorcyclists Associations*. [http://www.fema-online.eu/website/wpcontent/uploads/motorcycle\\_safety\\_and\\_accidents\\_europe\\_hdb\\_050816.pdf](http://www.fema-online.eu/website/wpcontent/uploads/motorcycle_safety_and_accidents_europe_hdb_050816.pdf)
- Freepik. (2023, setembro 14). *Cavalo como meio de locomoção*. [https://br.freepik.com/fotos-gratis/silheta-de-cowboy-com-cavalo-contraluz-quente\\_23987383.htm](https://br.freepik.com/fotos-gratis/silheta-de-cowboy-com-cavalo-contraluz-quente_23987383.htm)
- Frimu Films. (2023, outubro 14). *Comboio a vapor*. [https://www.freepik.com/free-photo/moving-steam-train-mocanita-with-passengers-romania\\_28092032.htm](https://www.freepik.com/free-photo/moving-steam-train-mocanita-with-passengers-romania_28092032.htm)
- Gonzaga, S. P. G. L. (2006). *Motociclos portugueses: um olhar do design sobre 50 anos de produção*. [Unpublished master's thesis]. Universidade de Aveiro.
- Groeger, J. (2000). *Understanding Driving: Applying Cognitive Psychology to a Complex Everyday Task*. (1st ed.). Routledge Taylor and Francis Group.
- Hancock, P., O.-G. T., T. D. (2006). *Human factors issues in motorcycle collisions*. (1st ed.). Handbook of Human Factors in Litigation. pp.512–536, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Jan Marc Staelens. (2023, junho 29). *Exemplo de postura durante a condução de uma Dual sport*. <https://gearjunkie.com/motors/dual-sport-vs-adventure-motorcycles>
- Jcomp. (2023, agosto 3). *Exemplo de localização espacial de controlos e indicadores em PTW*. [https://br.freepik.com/fotos-gratis/rider-motorbike-na-equitacao-da-estrada-se-divertindo-dirigindo-a-estrada-vazia\\_4670719.htm#query=asas%20moto&position=3&from\\_view=keyword&track=ais](https://br.freepik.com/fotos-gratis/rider-motorbike-na-equitacao-da-estrada-se-divertindo-dirigindo-a-estrada-vazia_4670719.htm#query=asas%20moto&position=3&from_view=keyword&track=ais)
- J.F. Lenkeit (2011). A Study of Motorcycle Rider Braking Control Behavior. *NHTSA*. <https://www.nhtsa.gov/document/study-motorcycle-rider-braking-control-behavior>

- Jimenez, A., Bocarejo, J. P., Zarama, R., & Yerpez, J. (2015). A case study analysis to examine motorcycle crashes in Bogota, Colombia. *Journal of Safety Research*, *52*, 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2014.12.005>
- Kroemer, K. H. E. (2023, julho 8). *Controls, Indicators and Panels*. <https://www.iloencyclopaedia.org/part-iv-66769/ergonomics-52353/work-systems-design/item/635-controls-indicators-and-panels-2>
- Kroemer, K. H. E. (2017). *Fitting the Human*. (7th ed.). Taylor and Francis Group. <https://doi.org/10.1201/9781315398389>.
- Lee, J. D., & Wickens, C. D. (2017). *Designing for People: An introduction to human factors engineering*. (3rd ed.). CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Li, Z., Bao, S., Kolmanovsky, I. V., & Yin, X. (2018). Visual-Manual distraction detection using driving performance indicators with naturalistic driving data. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *19*(8), 2528–2535. <https://doi.org/10.1109/TITS.2017.2754467>
- Ma'arof, M. I. N., Omar, A. R., Ahmad, I. N., Jaafar, R., Fauzi, W. M. S. W., Rahim, A. A., Rashid, H., & Mahmud, Z. (2015). The Motorcycle Design Parameter Database (MDPD) for Different Motorcycle Models. *Procedia Manufacturing*, *3*, 2581–2588. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.575>
- Master 1305. (2023, novembro 4). *Exemplo de indicador de velocidade e Rpm*. [https://www.freepik.com/free-photo/motorcycle-luxury-items-close-up-motorcycle-parts\\_7540245.htm](https://www.freepik.com/free-photo/motorcycle-luxury-items-close-up-motorcycle-parts_7540245.htm)
- Meinken, K., Montanari, R., Fowkes, M., & Mousadakou, A. (2007). WATCH-OVER HMI for vulnerable road users' protection. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 4555 LNCS (Issue PART 2)*. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-73281-5\\_52](https://doi.org/10.1007/978-3-540-73281-5_52)
- Motorcycle News. (2023, maio 17). *Exemplo de postura durante a condução de uma Standard*. <https://www.motorcyclenews.com/advice/best/naked-motorbikes/>
- National Museum of American History. (2023, abril 22). *Bicicleta a Vapor*. <https://americanhistory.si.edu/america-on-the-move/essays/motorcycles>
- Nijboer, M., Borst, J. P., van Rijn, H., & Taatgen, N. A. (2016a). Driving and multitasking: The good, the bad, and the dangerous. *Frontiers in Psychology*, *7*(NOV). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01718>

- Nijboer, M., Borst, J., van Rijn, H., & Taatgen, N. (2016b). Contrasting single and multi-component working-memory systems in dual tasking. *Cognitive Psychology*, *86*, 1–26. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2016.01.003>
- Oberauer, K. (2002). Access to Information in Working Memory: Exploring the Focus of Attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, *28*(3), 411–421. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.28.3.411>
- Özkan, T., Lajunen, T., Dogruyol, B., Yildirim, Z., & Çoymak, A. (2012). Motorcycle accidents, rider behaviour, and psychological models. *Accident Analysis and Prevention*, *49*, 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.03.009>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. In *The BMJ* (Vol. 372). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Paiman, N. F., Shabadin, A., Ariffin, A. H., Syazwan, S. M., & Azhar, H. (2014). Child motorcycle pillion rider anthropometric measurement. *Applied Mechanics and Materials*, *663*, 557–561. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.663.557>
- Papantoniou, P., Papadimitriou, E., & Yannis, G. (2017). Review of driving performance parameters critical for distracted driving research. *Transportation Research Procedia*, *25*, 1796–1805. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.148>
- Parnell, K. J., Banks, V. A., Allison, C. K., Plant, K. L., Beecroft, P., & Stanton, N. A. (2021). Designing flight deck applications: combining insight from end-users and ergonomists. *Cognition, Technology and Work*, *23*(2), 353–365. <https://doi.org/10.1007/s10111-020-00629-w>
- Peralta, T. J. C. (2019). *Abordagem geoespacial do sistema de circulação e estacionamento de motocicletas em Lisboa*. [Unpublished master's thesis]. Universidade de Lisboa.
- Pieve, M., Tesauri, F., & Spadoni, A. (2009). Mitigation accident risk in powered two wheelers domain: Improving effectiveness of human machine interface collision avoidance system in two wheelers. *Proceedings - 2009 2nd Conference on Human System Interactions, HSI '09*, 603–607. <https://doi.org/10.1109/HSI.2009.5091046>
- PORDATA. (2023, junho 19). *Número de dias sem chuva 2022*. <https://www.pordata.pt/portugal/numero+de+dias+sem+chuva-1071-10209>

- Rajhans, N. R. (2011). *Ergonomic Posture for Motorcycle Riding. International Conference on Innovative Science and Engineering Technology RAJKOT.*  
<https://www.researchgate.net/publication/260657740>
- Ricardo Lins. (2023, junho 28). *Exemplo de diferentes tipos de controlos em PTW.*  
<https://motos2023.com.br/guidao-de-moto/>
- Robertson, S. A., & Minter, A. (1996). *A study of some anthropometric characteristics of motorcycle riders.* Applied Ergonomics (Vol. 27, issue 4), 223-229,  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0003687096000075>
- RoSPA (2017). Road Safety Research Common motorcycle crash causes. *RoSPA*  
<https://www.rospace.com/rospaweb/docs/advice-services/road-safety/motorcyclists/common-motorcycle-crash-causes.pdf>
- Standvirtual. (2023, outubro 6). *Exemplo de indicadores luminosos em PTW.*  
<https://www.standvirtual.com/motos/anuncio/cf-moto-mt-650-ID8PsrTx.html>
- Stedmon, A. W., Brickell, E., Hancox, M., Noble, J., & Rice, D. (2012). MotorcycleSim: A user-centred approach in developing a simulator for motorcycle ergonomics and rider human factors research. *Advances in Transportation Studies*, 27, 31–48. <https://doi.org/10.4399/97888548486723>
- Stedmon, A. W., Crundall, D., Crundall, E., Ward, P., Van Loon, E., Ainojie, D., & Irune, A. (2010). Advanced Training & Rider Performance (Final report). *Institute of Advanced Motorists.*  
[https://www.iamroadsmart.com/docs/default-source/research-reports/iam-motorcycle-simulator-2010.pdf?sfvrsn=addffa50\\_2](https://www.iamroadsmart.com/docs/default-source/research-reports/iam-motorcycle-simulator-2010.pdf?sfvrsn=addffa50_2)
- Tsimhoni, O. S. D. G. P. (2004). Address Entry While Driving: Speech Recognition Versus a Touch-Screen Keyboard. *PubMed.* <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15709323/>
- User17512913. (2023, outubro 10). *Exemplo de postura durante a condução de uma cruiser .*  
[https://www.freepik.com/premium-photo/motorcyclist-helmet-road-motorcycle-rides-down-street\\_17603898.htm](https://www.freepik.com/premium-photo/motorcyclist-helmet-road-motorcycle-rides-down-street_17603898.htm)
- Vehicles Services. (2021, fevereiro 27). *Exemplo de diferenças de textura em controlos de PTW .*  
<https://vehiclesservices.net/motorcycles/the-yamaha-r1-motorcycle-innovative-energy-and-control.html>
- Watson, B., Tunnicliff, D., White, K., & Schonfeld, C. (2007). *Psychological and social factors influencing motorcycle rider intentions and behaviour.* Australian Transport Safety Bureau.  
[https://www.researchgate.net/publication/27469400\\_Psychological\\_and\\_social\\_factors\\_influencing\\_motorcycle\\_rider\\_intentions\\_and\\_behaviour](https://www.researchgate.net/publication/27469400_Psychological_and_social_factors_influencing_motorcycle_rider_intentions_and_behaviour)

Wikipedia. (2023, novembro 4). *Bicicleta Michaux de 1864*.

[https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Michaux\\_boneshaker.jpg](https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Michaux_boneshaker.jpg)

Will, S. (2020). Development of an assesment method for powerd two-wheeler human-machine interfaces. *WWW*. <https://www.researchgate.net/publication/344630556>