



LINHAS DE ORIENTAÇÃO

PARA UMA **INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**
ÉTICA, TRANSPARENTE, DE CONFIANÇA
E RESPONSÁVEL NOS MERCADOS DA
MOBILIDADE E DOS TRANSPORTES



EQUIPA TÉCNICA AMT

Ana Paula Vitorino
Hugo Oliveira
Rui Bebiano
Susana Baptista
Ana Miranda
Emídio Cândido
José Cruz
Márcia Calafate

EQUIPA TÉCNICA EXTERNA

Adolfo Mesquita Nunes
Francisco Ribeiro Ferreira



ÍNDICE

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	4
SUMÁRIO EXECUTIVO	5
A NECESSIDADE DE LINHAS DE ORIENTAÇÃO	7
O potencial transformador da Inteligência Artificial	8
IA e os desafios da urbanização	8
Transformações globais na mobilidade	10
IA como resposta à procura por soluções mais inteligentes e sustentáveis	11
Riscos e desafios da IA	11
O papel da AMT na regulação da IA nos mercados da mobilidade e dos transportes	12
Diretrizes para a IA ética, transparente, de confiança e responsável nos mercados da mobilidade e dos transportes	13
MERCADOS DA MOBILIDADE E DOS TRANSPORTES	15
Ecosistema Rodoviário	16
Ecosistema Ferroviário e Outros Sistemas de Transporte Guiado	16
Ecosistema Portuário, Marítimo e Vias Navegáveis Interiores	18
O QUE É IA?	19
IA NA MOBILIDADE E DOS TRANSPORTES	21
Ecosistema Rodoviário	23
Transporte de passageiros	23
Transporte de mercadorias	27
Infraestruturas	28
Mobilidade Partilhada	29
Ecosistema Ferroviário e Outros Sistemas de Transporte Guiado	30
Ecosistema Portuário, Marítimo e Vias Navegáveis Interiores	32
Transporte intermodal e multimodal	35
BENEFÍCIOS, DESAFIOS E RISCOS DA IA NOS MERCADOS DA MOBILIDADE E DOS TRANSPORTES	37
Benefícios e desafios	38
Riscos	44



PRINCÍPIOS PARA UTILIZAÇÃO ÉTICA, TRANSPARENTE, DE CONFIANÇA E RESPONSÁVEL DA IA	51
Transparência e explicabilidade	52
Responsabilização	54
Supervisão e intervenção humana	56
Equidade e não discriminação	58
Proteção da privacidade	59
Segurança	61
Sustentabilidade ambiental e social	62
Legalidade e conformidade jurídica	64
Respeito pela autonomia e proteção dos utilizadores	65
UMA ABORDAGEM ÉTICA E ESTRATÉGICA À IA	69
Estratégia e alinhamento	70
Objetivos e necessidade	71
Identificação de riscos	72
Qualidade dos dados	73
Equidade e acessibilidade	74
Autonomia humana	75
Privacidade	77
Responsabilidade	77
Supervisão humana e intervenção	78
Segurança	80
Transparência e Explicabilidade	81
Colaboração com reguladores	82
Conformidade legal	83
Código de ética e reflexão	83
Formação e capacitação	84
Documentação de erros e aprendizagem contínua	85
Etapas para uma abordagem ética e estratégica à IA	86
UMA ABORDAGEM DE CONFORMIDADE LEGAL E REGULATÓRIA	87
Uma conformidade que não se esgota no Regulamento IA	88
O papel regulatório da AMT	89
Regulamento IA e a abordagem baseada no risco	91
O risco elevado nos mercados da mobilidade e dos transportes	93



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AMT	Autoridade para a Mobilidade e os Transportes
EPRS	European Parliamentary Research Service
IA	Inteligência Artificial
IoT	Internet of Things
ITS	Intelligent Transport Systems (ou Sistemas de Transporte Inteligentes)
MaaS	Mobility-as-a-Service
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
RGPD	Regulamento Geral de Proteção de Dados



SUMÁRIO EXECUTIVO

A adoção da Inteligência Artificial nos mercados da mobilidade e dos transportes oferece oportunidades significativas para aumentar a eficiência dos sistemas de transporte, melhorar a experiência dos utilizadores e promover a sustentabilidade.

Contudo, o uso de IA levanta também desafios éticos e regulatórios que exigem atenção cuidadosa. A implementação descontrolada da IA pode trazer riscos como a discriminação algorítmica, a falta de transparência nas decisões automatizadas e a violação da privacidade dos dados, afetando diretamente os direitos dos cidadãos e a segurança das infraestruturas.

A implementação e utilização de IA não deve implicar a atribuição às máquinas de responsabilidade pelos seus resultados e decisões, isentando assim as pessoas e organizações. Pelo contrário, o desenvolvimento de uma IA ética, transparente, de confiança e responsável requer mais exigência e responsabilidade das pessoas e organizações envolvidas: na programação basilar dos algoritmos¹, na decisão de utilizar IA para uma determinada tarefa ou contexto, ou pelas próprias decisões e resultados produzidos pelos sistemas de IA utilizados.

A AMT, além de assegurar a regulação e supervisão técnica dos mercados que regula, desempenha também um papel crucial na promoção da concorrência e na defesa dos direitos dos consumidores. A sua responsabilidade estende-se à verificação contínua de como a IA impacta nos mercados da mobilidade e dos transportes.

A AMT reconhece a necessidade de criar diretrizes claras que orientem a aplicação responsável da IA nesses mercados, assegurando que a tecnologia serve o bem comum e protege os direitos fundamentais. Esta é uma tarefa que já motiva muitas organizações. Tem crescido o número de entidades públicas e privadas que elaboram e divulgam

princípios éticos para guiar o desenvolvimento e a utilização da IA².

A AMT reconhece que desenvolver sistemas de IA éticos, transparentes, de confiança e responsáveis, é uma tarefa complexa, mas necessária. Se cada entidade ou empresa procurar endereçar o problema de forma isolada, então os riscos do seu insucesso são significativamente maiores. Assim, trata-se de uma tarefa que exige a coordenação entre vários intervenientes públicos e privados, tanto nacionais como internacionais.

Estas Linhas de Orientação para uma IA Ética, Transparente, de Confiança e Responsável têm assim como principal objetivo estabelecer um quadro de princípios orientador para o desenvolvimento e utilização da IA nos mercados da mobilidade e dos transportes. Esta abordagem é amplamente considerada uma estratégia eficaz na prevenção e mitigação de riscos de forma proativa.

Os nove princípios delineados no documento orientam as práticas de desenvolvimento e utilização da IA, com o objetivo de mitigar os riscos associados e garantir a confiança pública nas tecnologias.

Estes princípios são:

1. **Transparência e explicabilidade:** A IA deve ser transparente, garantindo que as decisões automatizadas são compreensíveis para todas as partes envolvidas. Isso exige a explicabilidade dos algoritmos e a rastreabilidade dos processos decisórios, de modo a evitar que sistemas complexos sejam vistos como “caixas negras”, impossíveis de auditar.
2. **Responsabilização:** Deve ser claramente definida a responsabilidade pelas decisões tomadas pela IA, assegurando que existe rastreabilidade ao longo de todo o processo. A falta de mecanismos de auditoria e correção pode comprometer a confiança nos sistemas automatizados, sendo é

¹ Para uma identificação de tendências e perspetivas na formulação de políticas públicas sobre os impactos atuais e futuros de aplicações baseadas em IA e na regulação de algoritmos e seus efeitos, PEDRO MIGUEL FREITAS, “Inteligência Artificial e Regulação De Algoritmos.” *Inteligência Artificial e Regulação de algoritmos*, 2018: n. pag. Print.

² Neste âmbito, por exemplo, a multinacional de tecnologia Stratesys definiu quais serão as principais abordagens de IA que vão dominar 2024. Destaca-se, entre elas, a necessidade de implementação da ética, através de regulamentação. Notícia disponível online em <https://www.forbespt.com/inteligencia-artificial-as-8-tendencias-para-2024/> [consultado em 12/08/2024].



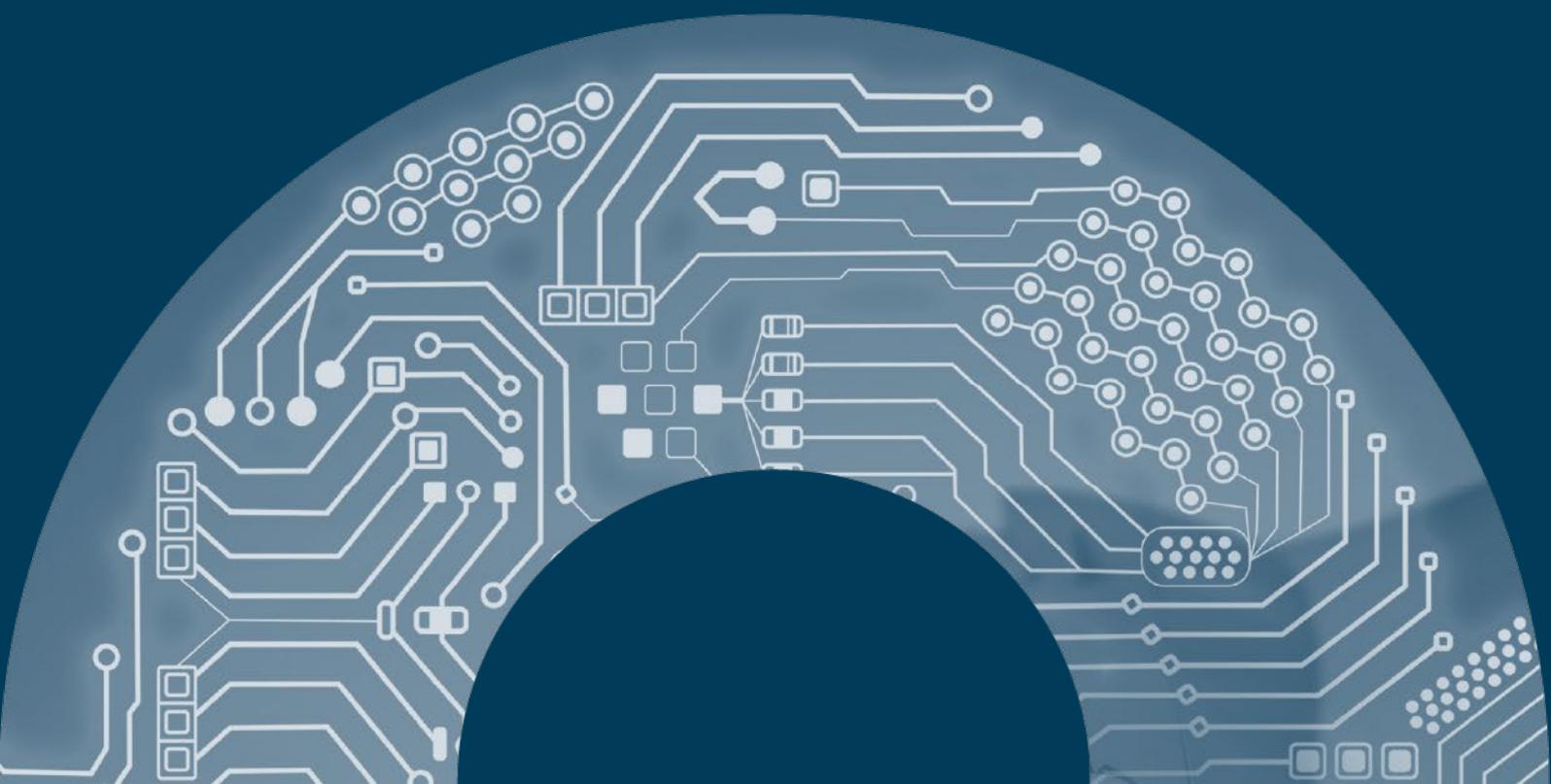
essencial que os envolvidos possam ser responsabilizados pelos resultados.

3. Supervisão e intervenção humana: A IA deve ser utilizada de forma que permita a intervenção humana em tempo real. A supervisão humana é crucial para evitar a dependência excessiva de sistemas automáticos e prevenir falhas catastróficas, garantindo que os humanos mantêm o controlo sobre as decisões mais críticas.
4. Equidade e não-discriminação: A IA deve ser desenhada e utilizada de forma a garantir decisões justas e imparciais, evitando qualquer tipo de enviesamento. A revisão contínua dos algoritmos e dos dados é essencial para assegurar que os sistemas de IA não perpetuam desigualdades ou discriminam grupos vulneráveis.
5. Proteção da privacidade: A proteção dos dados pessoais deve ser uma prioridade na implementação da IA, em conformidade com RGPD. A IA deve garantir que os dados são tratados de forma segura e transparente, prevenindo violações de privacidade e o uso indevido de informações pessoais.
6. Segurança: A segurança dos sistemas de IA deve ser assegurada, protegendo-os contra ciberataques e falhas que possam comprometer as infraestruturas. É necessário implementar redundâncias e planos de contingência para garantir que, em caso de falha, os sistemas podem ser rapidamente recuperados, sem prejuízo da segurança pública.
7. Sustentabilidade ambiental e social: A IA deve ser implementada de forma a minimizar o impacto ambiental e promover a inclusão social. O desenvolvimento de sistemas de IA deve contribuir para a redução das emissões de carbono e para uma mobilidade mais inclusiva, assegurando que os benefícios da tecnologia são acessíveis a todos os cidadãos.
8. Legalidade e conformidade jurídica: Todos os sistemas de IA devem estar em conformidade com as leis e regulamentos aplicáveis, tanto a nível nacional como internacional. É essencial garantir que as soluções tecnológicas respeitam as normas jurídicas em vigor, prevenindo possíveis sanções ou penalidades por incumprimento legal.
9. Respeito pela autonomia e proteção dos utilizadores: A IA deve respeitar a autonomia dos utilizadores, garantindo que estes mantêm o controlo sobre as suas escolhas e decisões. É fundamental que as tecnologias de IA promovam a transparência na personalização de serviços e assegurem que os utilizadores possam tomar decisões informadas.
10. Estes princípios são acompanhados por orientações práticas que visam assegurar a concretização deste quadro de princípios e que ajudam as organizações a verificar a sua conformidade.
11. Através destas Linhas de Orientação, a AMT reforça o seu compromisso com a promoção de uma IA ética e responsável, assegurando que a inovação nos mercados da mobilidade e dos transportes contribua para o progresso social e económico sem comprometer os direitos fundamentais dos cidadãos.
12. É importante lembrar, contudo, que as presentes Linhas de Orientação, tal como qualquer código de ética, nunca poderão “servir de substituto do próprio raciocínio ético, que deve permanecer sempre sensível a aspetos contextuais específicos, os quais não é possível apreender em orientações genéricas”³.

³ Grupo independente de peritos de alto nível sobre a inteligência artificial criado pela comissão europeia, “Orientações Éticas para uma IA de Confiança”, 8 de abril de 2019, p. 11.

1.

A NECESSIDADE DE LINHAS DE ORIENTAÇÃO





1. A NECESSIDADE DE LINHAS DE ORIENTAÇÃO

O potencial transformador da Inteligência Artificial

Os avanços na Inteligência Artificial (“IA”) oferecem a emocionante promessa de ajudar a humanidade a enfrentar alguns dos seus desafios mais urgentes. Esta tecnologia está a impulsionar e melhorar diversas ferramentas, aplicações, produtos e serviços, incluindo muitos que não são tradicionalmente considerados como IA, conferindo-lhes capacidades poderosas e úteis.

A IA é essencial para aumentar a produtividade e a criatividade das pessoas, impulsionar negócios de todas as dimensões, transformar setores, fomentar o crescimento económico e, assim, alterar a trajetória das economias nacionais e globais. Além disso, a IA tem o potencial de fazer avançar a ciência, ajudando a enfrentar desafios prementes da sociedade e contribuindo significativamente para a nossa prosperidade e bem-estar globais.

As raízes desta revolução remontam a meados do século XX, mas foi com o advento da aprendizagem automática (*machine learning*) no início dos anos 2000 e, mais recentemente, das técnicas de aprendizagem profunda (*deep learning*), que se deu um ponto de inflexão.

A chegada dos sistemas generativos (*generative AI* ou *GenAI*) evidenciou ainda mais a força inovadora e transformadora da IA, permitindo o desenvolvimento de processos de automação com uma facilidade de utilização sem precedentes.

Impulsionada por investimentos internacionais sem precedentes na história da computação, esta revolução rapidamente transcendeu o mundo académico e os centros de investigação, tornando-se um fenómeno social. O lançamento da plataforma *ChatGPT* pela *OpenAI* criou uma consciência

generalizada sobre o potencial de um paradigma digital capaz de criar, num futuro muito próximo, um novo modelo de apoio às atividades individuais em diversas áreas, conteúdos e aplicações.

Esta plataforma, lançada em novembro de 2022, alcançou cem milhões de utilizadores em apenas dois meses, superando os recordes de crescimento das redes sociais mais populares. Nos primeiros meses após o lançamento da referida plataforma, a McKinsey estimou que as funcionalidades da IA generativa poderiam acrescentar até 4,4 mil milhões de dólares à economia global anualmente⁴.

Prevê-se que o mercado mundial da IA cresça 15,8% por ano entre 2024 e 2030, chegando a 739 mil milhões de dólares dos Estados Unidos (680 mil milhões de euros) em 2030⁵.

Em Portugal, o investimento em IA deverá ultrapassar os 100 milhões de euros em 2024 em Portugal, de acordo com as previsões da consultora International Data Corporation (IDC)⁶.

O aumento do investimento público e privado em sistemas de IA tem registado um crescimento notável nos últimos anos, impulsionado também pela criação de espaços de experimentação e aceleração de tecnologias inovadoras. Prevê-se que, até 2030, a IA nos transportes acrescente 16 % ao PIB mundial, o equivalente a 11 biliões de euros⁷.

IA e os desafios da urbanização

A urbanização acelerada nas últimas décadas trouxe desafios substanciais para a gestão eficiente das cidades e dos territórios. O crescimento rápido da população urbana e a conseqüente pressão sobre as infraestruturas criam uma necessidade urgente de soluções inteligentes que possam garantir o bom funcionamento das cidades.

⁴ MCKINSEY & COMPANY, “The economic potential of generative AI: The next productivity frontier”, Report, 14 de junho de 2023, disponível online em <https://www.mckinsey.com/> [consultado em 12/08/2024].

⁵ De acordo com a informação da STATISTA MARKET INSIGHTS, disponível online em <https://www.statista.com/outlook/tmo/artificial-intelligence/worldwide#market-size> [consultado em 12/08/2024].

⁶ De acordo com o Jornal de Negócios. Notícia disponível online em <https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/tecnologias/detalhe/investimento-em-inteligencia-artificial-deve-ultrapassar-100-milhoes-em-2024-em-portugal> [consultado em 12/08/2024].

⁷ EPRS, “Artificial intelligence in road transport: Cost of non-Europe report”, Bruxelas, janeiro de 2021, PE654.212, p. 36.

É neste contexto que a IA se apresenta como uma ferramenta para a governança inteligente, oferecendo respostas eficazes para problemas complexos.

A IA distingue-se pela sua capacidade de processar e analisar grandes volumes de dados, como padrões de mobilidade, comportamento populacional, dados georreferenciados e alterações climáticas. Através dessas análises, as cidades podem otimizar o planeamento urbano e a utilização do espaço público, aumentando substancialmente a eficiência na gestão de infraestruturas. Além disso, a IA possibilita a criação de modelos de simulação em grande escala, capazes de projetar o impacto de decisões urbanísticas e de antecipar e mitigar crises, como desastres naturais ou congestionamentos graves⁸. Este poder preditivo contribui para uma gestão urbana proativa.

Entre os maiores desafios enfrentados pelas cidades, a gestão dos transportes e do trânsito destaca-se

como uma prioridade. O aumento da densidade populacional provoca um crescimento no número de veículos nas vias públicas, o que resulta em congestionamentos, atrasos e uma utilização ineficiente dos transportes públicos. A IA pode oferecer soluções que ajudam a reduzir esses problemas, otimizando rotas de transporte, prevendo padrões de tráfego e ajustando dinamicamente os horários de autocarros, comboios e outros meios de transporte.

Soluções baseadas em IA também permitem uma gestão mais eficiente do tráfego em tempo real, ajustando semáforos e desviando o tráfego para rotas alternativas em caso de acidentes ou picos de congestionamento. A otimização do transporte urbano não só melhora a experiência dos cidadãos, como também contribui para a redução das emissões de carbono, ajudando a construir cidades mais sustentáveis⁹.



⁸ JORGE MÁXIMO, "Inteligência artificial na governança urbana: Mitos e oportunidades", disponível online em: <https://smart-cities.pt/opiniao-entrevista/inteligencia-artificial-na-governanca-urbana-mitos-e-oportunidades-02-08/> [consultado em 12/08/2024]

⁹ No Fórum Transição Energética e Mobilidade em Portugal 2024, por exemplo, foi referido que os sistemas inteligentes das Câmaras do Porto, Aveiro e Braga já estão impregnados de tecnologias como a IA. No Porto, permitem trabalhar a informação

sobre a mobilidade e está a testar-se um sistema para detetar a poluição das ribeiras. Em Braga, transformou-se uma ineficiente central de camionagem num centro coordenador de transportes com plataformas eletrónicas, como as que existem nos aeroportos. Em Aveiro, usa-se a IA e o machine learning na tramitação normal de um vasto conjunto de processos, na gestão das redes de transportes municipal e intermunicipal, por exemplo. Notícia disponível online em: <https://www.jornaldenegocios.pt/negocios-iniciativas/eletronic-summit/detalhe/20240627-1105-as-plataformas-das-smart-cities-ou-das-tech-cities> [consultado em 12/08/2024].



Transformações globais na mobilidade

Para além dos desafios específicos da urbanização, os mercados de mobilidade e transportes enfrentam impactos profundos provocados por tendências globais, como a crescente interconexão entre cidades e países, a personalização dos serviços e a economia de partilha.

A globalização intensificou a complexidade da logística e das deslocações internacionais, exigindo uma coordenação mais eficaz e inteligente entre sistemas de transporte. À medida que as cadeias de fornecimento e a mobilidade transfronteiriça se tornam mais interligadas, a necessidade de integrar tecnologias que otimizem e prevejam fluxos torna-se crucial.

A IA desempenha um papel essencial nesse cenário, permitindo uma análise em tempo real de grandes volumes de dados sobre deslocações, trânsito, rotas comerciais e condições meteorológicas. A IA pode, por exemplo, melhorar a gestão de infraestruturas de transportes internacionais, otimizando rotas de mercadorias, reduzindo tempos de espera em portos e fronteiras, e garantindo que as redes de transporte respondem de forma ágil a mudanças nas condições globais. Assim, a IA pode contribuir para garantir a eficiência e a fluidez na interligação entre cidades e países, assegurando que a globalização não sobrecarrega as infraestruturas.

Além da globalização, a crescente consciencialização ambiental está a transformar o ecossistema da mobilidade¹⁰. As cidades e os operadores de transportes procuram soluções que não só melhorem a eficiência dos sistemas, mas também reduzam o impacto ambiental.

A IA, ao processar dados de trânsito, consumo energético e emissões, pode otimizar a utilização de veículos elétricos, promover rotas que minimizem o consumo de combustível e sugerir formas mais eficientes de gestão da mobilidade urbana. A análise preditiva permitida pela IA é vital para antecipar picos

de procura e implementar estratégias que reduzam o congestionamento e, conseqüentemente, as emissões de carbono.

Outro desafio central está na personalização e na flexibilidade dos serviços de mobilidade. A economia de partilha e os serviços *on-demand* ganharam protagonismo e os consumidores exigem cada vez mais soluções ajustadas às suas necessidades individuais.

A IA torna-se relevante nesta adaptação ao utilizador. Por meio de algoritmos avançados, a IA permite prever padrões de comportamento, adaptar a oferta de veículos ou transportes públicos às necessidades específicas e até criar experiências personalizadas, ajustadas ao perfil de cada utilizador. A gestão eficiente de frotas partilhadas e a adaptação dinâmica da oferta de serviços são possíveis devido à capacidade da IA de interpretar dados e ajustar em tempo real.

Além disso, a personalização de serviços vai de encontro à crescente demanda por práticas mais sustentáveis. A IA não apenas ajusta a oferta de transporte à procura, mas também incentiva comportamentos ambientalmente responsáveis, oferecendo opções de transporte que reduzem o impacto ecológico, como a partilha de viagens ou a escolha de rotas mais sustentáveis.

Por fim, com a IA, os operadores de transportes podem melhorar a integração entre diferentes modos de transporte, criando um ecossistema mais eficiente e fluido. A interligação de diferentes modos de transporte, designadamente para a chamada primeira e última milha, e das infraestruturas de transporte pode ser coordenada de forma inteligente, favorecendo a intermodalidade, principalmente nas áreas urbanas, garantindo que tanto o trânsito local quanto o fluxo global de pessoas e mercadorias funcionem de forma harmoniosa, sustentável e adaptada às exigências modernas.

¹⁰ EY PARTHENON "Future of mobility think tank - Novos rumos para a mobilidade em Portugal", setembro de 2021, disponível online em

https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/pt_pt/topics/automotive-and-transportation/ey-think-tank-mobilidade.pdf [consultado em 12/08/2024].



IA como resposta à procura por soluções mais inteligentes e sustentáveis

À medida que estas tendências se reforçam, a procura de soluções de transportes e mobilidade mais inteligentes, mais eficientes e sustentáveis torna-se imperativa: a integração de tecnologias de IA surge como uma solução promissora e é por isso que os mercados da mobilidade e dos transportes têm sido dos primeiros a adotar a IA¹¹. Nos mercados da mobilidade e dos transportes, as suas potencialidades são, por isso, inúmeras, sendo determinante para a automatização em todos os modos de transporte¹².

A própria Comissão Europeia reconhece, na sua Estratégia de Mobilidade Sustentável e Inteligente¹³, a importância da IA para colocar a União Europeia (UE) na vanguarda dos transportes, ambicionando “um ecossistema de IA tanto de excelência como de confiança”. Em particular no âmbito da sua Iniciativa Emblemática 7 – Inovação, Dados e Inteligência Artificial para uma Mobilidade mais Inteligente, tendo em vista impulsionar a investigação e implantação de tecnologias inovadoras e sustentáveis nos transportes, considera ser fundamental a existência de um ambiente propício ao desenvolvimento dessas tecnologias e serviços associados, bem como de todos os instrumentos legislativos para a sua validação, designadamente no sentido de facilitar ensaios e provas, tornando o quadro legislativo adequado à inovação e apoiando a implantação de soluções no mercado. Uma das dimensões particularmente relevante é que a IA é determinante para a automatização dos transportes em todos os modos de transportes, sendo para tal essencial apoiar instalações de ensaio e experimentação no domínio desta dimensão.

¹¹ DANIEL KÜPPER, et al., “AI in the Factory of the Future”, 18 de abril de 2018, disponível online em <https://www.bcg.com/publications/2018/artificial-intelligence-factory-future> [consultado em 07/08/2024]. Veja-se igualmente AI for Smart Cities, da consultora Bable, disponível online em <https://www.bable-smartcities.eu/explore/solutions/solution/ai-for-smart-cities.html> [consultado em 12/08/2024].

¹² Pareceres da AMT relativamente aos Regulamentos da Zonas Livres Tecnológicas (ZLT) de Matosinhos e Aveiro, respetivamente Parecer AMT/01/2023, Lisboa, 18 de janeiro de 2023, e Parecer AMT N.º 92/AMT/2023, disponíveis online em <https://www.amt-autoridade.pt/media/4632/parecer-92-2023-reg-zona-livre-tec-zlt-aveiro.pdf> [consultado em 12/08/2024].

O futuro do Ecossistema da Mobilidade e dos Transportes, no qual a IA desempenhará certamente um papel importante, deve ser orientado para a concretização de uma “Mobilidade Inteligente”, que seja simultaneamente: (i) mais inclusiva, quer na vertente da acessibilidade, inclusão e coesão territorial e social, quer na promoção da segurança individual e coletiva; (ii) mais eficiente, minimizando os desperdícios e maximizando a competitividade; e (iii) mais sustentável, integrando exigências financeiras, económicas, sociais e ambientais, alinhando-se com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas e com o Pacto Ecológico Europeu.

Riscos e desafios da IA

No entanto, com a promessa da IA, surgem também preocupações legítimas. Como acontece com qualquer tecnologia nova e em rápida evolução, a IA implica uma curva de aprendizagem acentuada, onde erros e impactos imprevistos são inevitáveis. No entanto, a escala e a aplicação da IA criam um ambiente de desafios único e sem precedentes.

Se, de um lado, as implicações da IA podem ser vistas como uma extensão das criadas pelas tecnologias de Big Data, a tecnologia de IA traz consigo não só a capacidade de processar grandes quantidades de dados, mas também de os utilizar para aprender, desenvolver modelos adaptativos e fazer previsões acionáveis¹⁴.

Os impactos de uma implementação e utilização negligente, mal-intencionada ou desajustada ao seu contexto são imprevisíveis, podendo afetar em grande escala direitos, liberdades e garantias estatuídos na Constituição da República Portuguesa (CRP), na Carta Europeia dos Direitos Fundamentais (CEDF) ou

¹³ Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões, “Estratégia de mobilidade sustentável e inteligente – pôr os transportes europeus na senda do futuro”, Bruxelas, 9 de dezembro de 2020, COM(2020) 789 final.

¹⁴ OFFICE OF THE VICTORIAN INFORMATION COMMISSIONER, “Artificial Intelligence and Privacy – Issues and Challenges”, disponível online em: <https://ovic.vic.gov.au/privacy/resources-for-organisations/artificial-intelligence-and-privacy-issues-andchallenges/#artificial-intelligence-in-the-public-sector> [consultado em 12/08/2024].

na Declaração Universal dos Direitos Humanos (DUDH).

Algumas das questões éticas e sociais típicas prendem-se com a privacidade dos utilizadores, a falta de segurança e vulnerabilidade perante ciberataques, os riscos de vigilância, de decisões opacas e enviesadas ou de discriminação e manipulação.

O papel da AMT na regulação da IA nos mercados da mobilidade e dos transportes

A Autoridade da Mobilidade e dos Transportes (AMT) é uma entidade reguladora, nos termos da Lei n.º 67/2013, de 28 de agosto, na sua redação atual, e com a missão, conforme definido nos seus estatutos aprovados em anexo ao Decreto-Lei n.º 78/2014, de 14 de maio, na sua redação atual, de regular e fiscalizar o ecossistema da mobilidade e dos transportes terrestres, por vias navegáveis interiores e respetivas infraestruturas, e da atividade económica dos portos comerciais e transportes marítimos, enquanto serviços de interesse económico geral e atividades baseadas em redes, através dos seus poderes de regulação, supervisão, fiscalização e sancionatórios, com atribuições em matéria de proteção dos direitos e interesses dos consumidores e de promoção e defesa da concorrência dos setores privado, público, cooperativo e social, nos termos desses estatutos e demais instrumentos jurídicos.

A AMT, assume, por natureza, uma função de regulação económica, devendo sempre procurar preservar o equilíbrio económico de um determinado mercado que não lograria ser obtido sem essa intervenção, o que deve passar por promover e defender o interesse público de uma mobilidade inclusiva, eficiente e sustentável, assim pugnando pela abrangência e coesão territorial e social, extensiva a todas as pessoas, e naturalmente também a mobilidade de bens, sempre garantindo elevados padrões de segurança; pelas exigências de competitividade, produtividade e combate ao desperdício; e pela integração das exigências ambientais, económicas, financeiras e sociais, focada em superar a corrosão do tempo e os ciclos

geodinâmicos da natureza, incluindo os efeitos das alterações climáticas, em sintonia com a Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas (ONU), para o Desenvolvimento Sustentável, o Pacto Ecológico Europeu e demais normativo nacional, da União Europeia (UE) e internacional que lhes dão sequência.

A AMT tem como missão promover uma mobilidade mais inclusiva, mais eficiente, mais segura,



descarbonizada, digital e acessível a todos. No Plano de Atividades da AMT para o ano de 2024, foi identificada como uma das três prioridades estratégicas “Promover a melhoria do enquadramento e da oferta dos mercados da mobilidade e dos transportes, incluindo a dinamização dos serviços digitais”.

Portanto, o papel da AMT vai para além da mera verificação de *compliance* ou conformidade legal, mas também o de ser ela própria um facilitador da

inovação, atuando numa perspetiva igualmente de promoção do equilíbrio e do desenvolvimento dos mercados e do bem-estar das pessoas e das empresas¹⁵.

Diretrizes para a IA ética, transparente, de confiança e responsável nos mercados da mobilidade e dos transportes

Num contexto de crescente dependência das soluções tecnológicas, em que a IA surge, já não como uma hipótese, mas como uma realidade, torna-se urgente estabelecer diretrizes claras que assegurem que a aplicação de IA nos mercados da

transporte. Além disso, o impacto económico de decisões mal informadas ou apressadas pode ser significativo, não só para as empresas, mas também para os consumidores e para a sociedade em geral.

Do ponto de vista político e regulatório, os governos e entidades reguladoras enfrentam o desafio de equilibrar a promoção da inovação com a necessidade de proteger o interesse público. A IA, quando mal utilizada, pode exacerbar desigualdades sociais, comprometer direitos fundamentais e criar riscos de segurança.

Assim, existe uma necessidade premente de orientar o desenvolvimento e a implementação de IA de forma



mobilidade e dos transportes seja feita de forma responsável, segura e ética.

A pressão da competitividade não pode justificar a adoção irrefletida de soluções de IA que possam comprometer a segurança dos cidadãos, a privacidade dos dados ou a equidade nos serviços de

a garantir que estas tecnologias contribuem positivamente para o bem-estar social, sem comprometer os valores e princípios fundamentais que regem as nossas sociedades. A criação de linhas de orientação robustas para uma IA responsável é um passo essencial para assegurar que a inovação tecnológica avança de forma segura e ética.

¹⁵ Na Súmula e Conclusões do 1.º Encontro das Entidades Reguladoras Portuguesas organizado pela AMT, Lisboa, 9 e 10 de maio de 2023, a Presidente da AMT destacou a importância das entidades reguladoras na defesa dos direitos dos cidadãos e na promoção da economia sustentável – disponível online em <https://www.amt-autoridade.pt/sumula> [consultado em 12/08/2024]. Numa das sessões desse 1.º

Encontro das Entidades Reguladoras Portuguesas, debateu-se precisamente a incorporação da inovação e da inteligência artificial no quadro da regulação inteligente do futuro. Os oradores refletiram sobre os desafios transversais colocados num período marcado pelo crescimento da inteligência artificial e o que tal acarreta em termos da sua regulação e no que diz respeito, por exemplo, à proteção de dados dos cidadãos.



É nesse contexto que surgem as presentes Linhas de Orientação para uma Inteligência Artificial ética, transparente, de confiança e responsável nos mercados da Mobilidade e dos Transportes (“Linhas de Orientação”).

Evidentemente que estas são Linhas de Orientação transversais, que correspondem a uma aproximação ao tema, e que manifestamente não prejudicam intervenções futuras da AMT, focadas, do ponto de vista técnico, em cada mercado específico.

Com elas, a AMT procura fornecer um enquadramento adequado para as partes interessadas no desenvolvimento ou utilização de sistemas de IA nos mercados da mobilidade e dos transportes, promovendo o uso seguro e ético da IA, protegendo os direitos dos consumidores e assegurando a conformidade com as regulamentações existentes¹⁶.

Para este efeito, começaremos por clarificar o que deve ser entendido por IA e delinearemos um conjunto de aplicações reais e potenciais da IA nos diferentes modos de transporte. De seguida, elencaremos os principais benefícios, desafios e riscos da aplicação de IA na mobilidade e nos transportes que devem ser considerados pelos operadores, após os quais delinearemos 9 princípios

para a utilização ética, transparente, de confiança e responsável da IA no ecossistema.

Por fim, esboçaremos duas linhas de abordagem que nos parecem essenciais para garantir o cumprimento desses princípios: uma abordagem ética e estratégica à IA e uma abordagem de conformidade legal e regulatória.

Ao desenvolver estas Linhas de Orientação, foi dada especial atenção à garantia de que as mesmas estavam alinhadas, designadamente, com os seguintes instrumentos¹⁷:

“Orientações Éticas para uma IA de Confiança”, de 8 de abril de 2019, publicadas pelo Grupo Independente de Peritos de Alto Nível sobre a Inteligência Artificial criado pela Comissão Europeia (doravante as “Orientações IA de Confiança”¹⁸).

“*Recommendation of the Council on Artificial Intelligence*”, adotada a 21 de maio de 2019 e revista a 3 de maio de 2024, adotada pelos países da Organização para a Cooperação e para o Desenvolvimento Económico (doravante “Recomendações OCDE”¹⁹).

¹⁶ Merecem especial referência, e sem carácter exaustivo, o Regulamento (UE) 2017/2394 relativo à cooperação entre as autoridades nacionais responsáveis pela aplicação da legislação em matéria de proteção dos consumidores (e o Decreto-Lei n.º 71/2021, de 11 de agosto, que assegura a execução desse Regulamento), a Diretiva 2005/29/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de maio de 2005, relativa às práticas comerciais desleais das empresas face aos consumidores no mercado interno (e o Decreto-Lei n.º 57/2008, de 26 de março, que a transpõe), a Diretiva 2006/123/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de dezembro de 2006, relativa aos serviços no mercado interno (e os Decretos-Lei n.º 92/2010, de 26 de julho, e n.º 181/2012, de 6 de agosto, que a transpõem), o Regulamento (CE) n.º 1371/2007, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2007, relativo aos direitos e obrigações dos passageiros dos serviços ferroviários, o Regulamento (UE) n.º 1177/2010, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de novembro de 2010, relativo aos direitos dos passageiros do transporte marítimo e por vias navegáveis interiores (e o Decreto-Lei n.º 7/2014, de 15 de janeiro, que assegura a execução desse Regulamento), o Regulamento (UE) n.º 181/2011, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de fevereiro de 2011, respeitante aos direitos dos passageiros no transporte de autocarro (e o Decreto-Lei n.º 9/2015, de 15 de janeiro, que estabelece as condições que devem ser observadas no contrato de transporte rodoviário de passageiros e bagagens, em serviços regulares, bem como o regime sancionatório pelo incumprimento das normas desse Regulamento) e a Diretiva 2013/11/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de maio de 2013, sobre a resolução alternativa de litígios de consumo (e a Lei n.º 144/2015, de 8 de setembro, que a transpõe).

¹⁷ Estas Linhas de Orientação são manifestamente tributárias da reflexão constante de qualquer um desses instrumentos. No entanto, a AMT sente uma necessidade específica de adaptar e aplicar esses instrumentos (e os princípios deles constantes) ao contexto particular dos mercados da mobilidade e dos transportes. Estes mercados apresentam desafios únicos que exigem uma abordagem mais direcionada e específica. Além disso, estas Linhas de Orientação não só adaptam as orientações gerais já existentes, mas

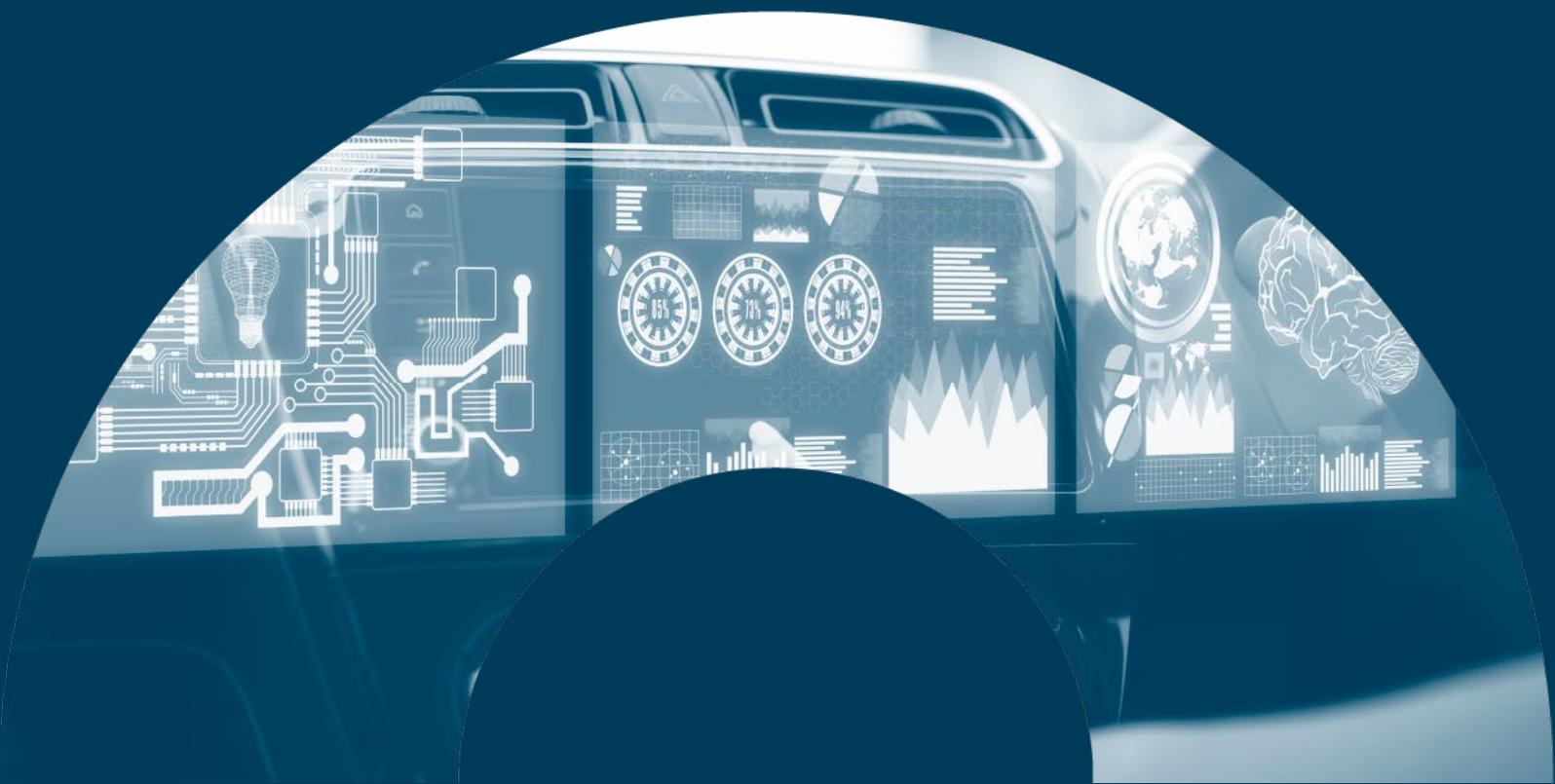
também vão mais além, ao identificar aplicações concretas da IA nestes mercados, ao discutir os benefícios e riscos específicos, e ao propor um conjunto de princípios éticos ajustados às realidades práticas da mobilidade e dos transportes. Ao delinear uma abordagem ética, estratégica, e de conformidade legal e regulatória, estas Linhas de Orientação oferecem uma ferramenta essencial para operadores, reguladores e outros *stakeholders*, garantindo que a aplicação da IA nestes mercados seja não apenas inovadora e eficiente, mas também ética, transparente, de confiança e responsável.

¹⁸ Publicadas pelo Grupo Independente de Peritos de Alto Nível sobre a Inteligência Artificial, criado pela Comissão Europeia, estas orientações têm como objetivo garantir que o desenvolvimento e a utilização da IA na União Europeia sejam éticos e responsáveis. O documento propõe que uma IA de confiança deve cumprir três condições fundamentais: ser lícita, isto é, respeitar todas as leis e regulamentos aplicáveis; ser ética, assegurando o respeito pelos valores éticos e direitos fundamentais; e ser sólida, ou seja, tecnicamente robusta e fiável. Para operacionalizar estes princípios, o documento define sete requisitos chave: ação e supervisão humanas, robustez técnica e segurança, privacidade e gestão de dados, transparência, diversidade, não discriminação e equidade, bem-estar social e ambiental, e responsabilidade.

¹⁹ Adotadas pelos países da OCDE, estas recomendações oferecem um conjunto de princípios para a conceção e implementação de sistemas de IA. As recomendações sublinham a importância de a IA ser desenvolvida e utilizada de acordo com valores democráticos, direitos humanos e inclusão. Em 2024, o documento foi revisto para integrar as mais recentes inovações tecnológicas e para responder a novos desafios que surgiram com a rápida evolução da IA. As recomendações abordam também a necessidade de garantir a transparência e a responsabilidade, promover a segurança e a robustez dos sistemas de IA, e apoiar a cooperação internacional no desenvolvimento de normas e boas práticas.

2.

MERCADOS DA MOBILIDADE E DOS TRANSPORTES





2. MERCADOS DA MOBILIDADE E DOS TRANSPORTES

Conforme referido, a AMT é a entidade responsável pela regulação e supervisão dos mercados da mobilidade e dos transportes em Portugal. Este capítulo visa descrever genericamente os três principais modos de transporte sob a alçada da AMT e sobre as quais incidem estas Linhas de Orientação: rodoviário, ferroviário e outros sistemas guiados, e marítimo, fluvial e portuário.

Ecosistema Rodoviário

No Ecosistema Rodoviário, destacamos os seguintes grupos de entidades reguladas:

1. As empresas gestoras das infraestruturas rodoviárias do Continente e Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira, designadamente as empresas concessionárias e subconcessionárias de autoestradas, os fornecedores do Sistema Eletrónico Europeu de Portagens (SEEP) e as Entidades de Cobrança de Portagens;
2. As empresas que desenvolvem atividades auxiliares e complementares aos transportes, devendo aqui destacar-se as Escolas de Condução e outras entidades formadoras homologadas para a obtenção de Certificados de Aptidão Profissional para diversos profissionais da área dos transportes, os Centros de Exames Públicos e Privados, bem como os Centros de Inspeção Técnica de Veículos (CITV);
3. As empresas de aluguer de veículos sem condutor, sejam veículos ligeiros de passageiros (*rent-a-car*), sejam veículos de duas rodas com e sem motor (*sharing*), sejam veículos de transporte de mercadorias (*rent-a-cargo*);
4. As empresas prestadoras de serviços de transporte de mercadorias e de passageiros, incluindo as empresas de transporte rodoviário de passageiros, nomeadamente, os operadores de serviço público de transporte de passageiros, bem como as empresas de transporte em táxi e ainda

os operadores de transporte em veículo descaracterizado a partir de plataforma eletrónica (TVDE);

5. As entidades gestoras de sistemas e serviços inteligentes de transporte, designadamente, as de sistemas de bilhética e de suporte à mobilidade, incluindo os operadores de plataformas eletrónicas.

Já quanto às infraestruturas deste ecossistema, estas envolvem:

1. A Rede Rodoviária Nacional (Itinerários Principais (IP), Itinerários Complementares (IC) e Estradas Nacionais (EN));
2. A Rede de Estradas Regionais (RER);
3. A Rede Rodoviária Municipal (RRM) e as Redes Viárias Regionais das Regiões Autónomas.

Ecosistema Ferroviário e Outros Sistemas de Transporte Guiado

1. No Ecosistema Ferroviário e Outros Sistemas de Transporte Guiado, consideram-se as seguintes entidades reguladas:
2. A empresa gestora da infraestrutura ferroviária pesada, ou seja, a Rede Ferroviária Nacional e as instalações de serviço;
3. Os operadores de transporte público de passageiros, que se dividem em quatro segmentos distintos: o serviço de longo curso, o serviço regional, o transporte urbano e o serviço internacional;
4. Os operadores de transporte ferroviário de mercadorias;
5. Os operadores dos sistemas de metro, metro ligeiro de superfície e elétricos urbanos, responsáveis, geralmente, pela exploração de forma verticalmente integrada, em que a entidade que assegura a gestão da infraestrutura é a mesma que realiza e explora o serviço de transporte;





6. As empresas dos sistemas de transporte por cabo, também explorados de forma integrada, incluindo os funiculares, os teleféricos e os telesquis.

Já quanto às infraestruturas deste ecossistema, estas incluem a rede ferroviária nacional bem como as redes dos sistemas integrados (sistemas em que a entidade que assegura a gestão da infraestrutura é a mesma que realiza e explora o serviço de transporte). Estes últimos incluem os metropolitanos e elétricos urbanos).

Por fim, são ainda objeto da regulação da AMT: as empresas de formação e de manutenção de transportes ferroviários ou de outros transportes guiados, bem como os operadores das instalações de serviço, onde se prestam serviços conexos com o transporte ferroviário de passageiros e mercadorias, como terminais de mercadorias, oficinas de manutenção, instalações portuárias, abastecimento de combustíveis, etc.

Ecosistema Portuário, Marítimo e Vias Navegáveis Interiores

No Ecosistema Portuário, Marítimo e Vias Navegáveis Interiores, as entidades reguladas podem ser desagregadas em diversos grupos:

1. As Administrações Portuárias que são as entidades responsáveis pela administração e gestão das infraestruturas dos portos marítimos e em vias navegáveis interiores. Estas entidades assumem ainda poderes de Autoridade Portuária, às quais incumbe a competência em matérias de segurança e proteção marítima, portuária e ambiental;
2. As empresas prestadoras de serviços e atividades portuárias, que podem ser as próprias Administrações Portuárias, ou entidades terceiras, mediante licenciamento ou concessão. Estes serviços incluem, entre outros, a movimentação de carga, serviço de passageiros, pilotagem, reboque, amarração, recolha de resíduos e abastecimento de navios;

3. Os armadores e gestores de navios de:

- Transporte Marítimo de Longo Curso ou Intercontinental (*Deep Sea Shipping*);
- Transporte Marítimo de Curta Distância (*Short Sea Shipping*);
- Transporte por vias navegáveis interiores.

4. As empresas de transporte fluvial de passageiros em serviço público

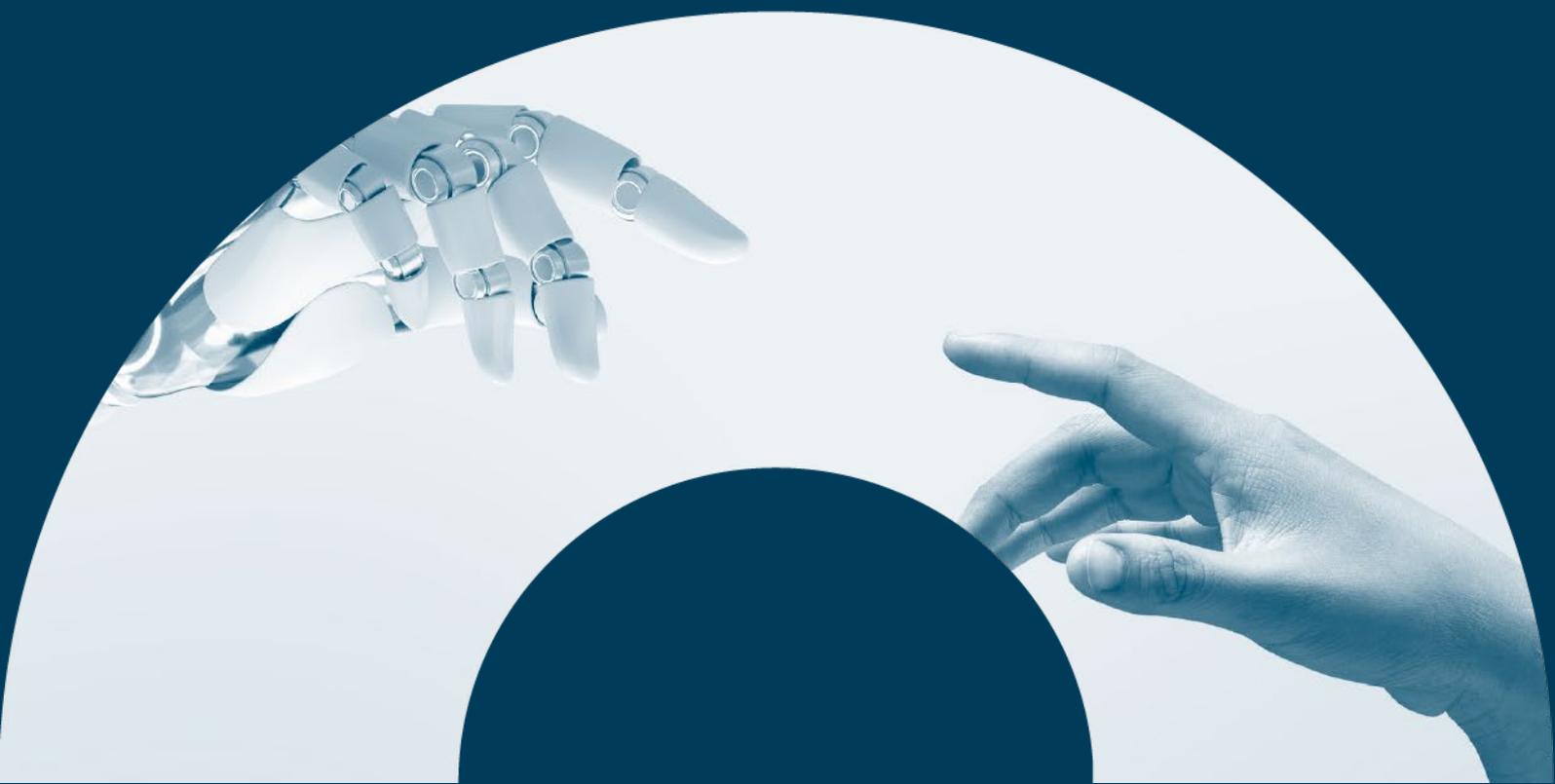
Já quanto à infraestrutura deste ecossistema, esta inclui os portos comerciais, fluviais e marítimos, do continente e das Regiões Autónomas.

As principais operadoras são as Administrações Portuárias— entidades gestoras dos portos responsáveis pela administração e gestão das infraestruturas portuárias e pela execução de uma ou mais das seguintes tarefas no porto em questão: gestão do tráfego portuário e coordenação das atividades dos operadores.

As Administrações Portuárias exercem também poderes de Autoridades Portuárias a quem incumbe a competência em matérias de segurança marítima, portuária e ambiental. Simultaneamente, são monitorizados pela AMT diversos serviços e atividades portuárias e conexos, que podem ser prestados pelas Administrações Portuárias ou por entidades terceiras: Concessionários da atividade de movimentação de carga / Operadores portuários; Empresas de trabalho portuário; Operadores de serviços a passageiros; Empresas de amarração; Empresas de reboque; Serviços de pilotagem; outros prestadores de serviços, como a recolha de resíduos, fornecimento de energia, água, bancas e mantimentos, armazenagem, saneamento, abastecimento de combustível ou dragagem.

3.

O QUE É A
IA ?



3. O QUE É A IA?

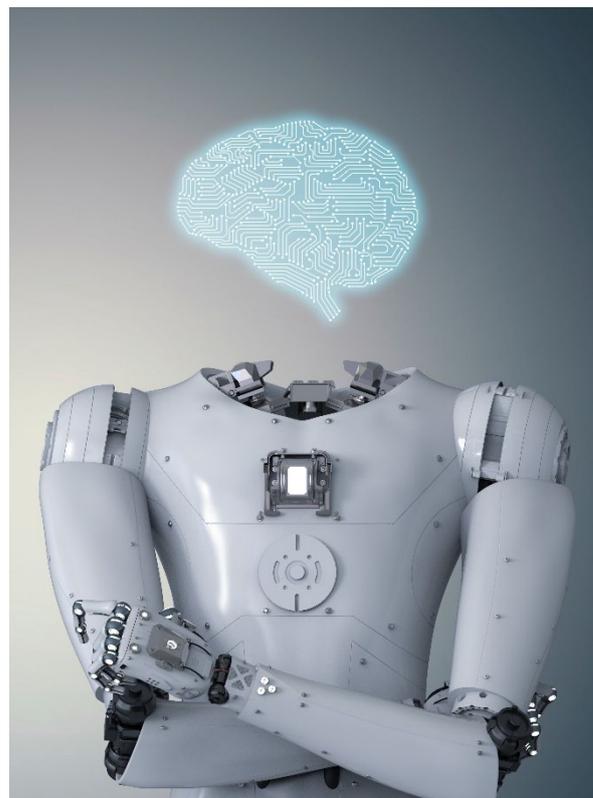
A IA é frequentemente identificada com o ramo da ciência computacional que se ocupa do desenvolvimento de sistemas computacionais capazes de realizar tarefas que normalmente são associadas à inteligência humana e através da recriação do próprio processo de inteligência humana.

Assim, são associados à IA uma série de técnicas (com destaque para as técnicas de *machine learning* ou *deep learning* e de *Natural Language Processing*), modelos (como *Large Language Models* ou Redes Neurais) e um conjunto muito variado de aplicações (desde capacidades de classificação e clusterização de informação, análise de texto, traduções automáticas, análises preditivas, reconhecimento visual ou auditivo ou capacidades motoras através da sua aplicação na robótica).

No entanto, o recentemente aprovado Regulamento Europeu sobre a Inteligência Artificial²⁰ (doravante o “Regulamento IA” ou “Regulamento”) traz uma definição de IA mais abrangente: define o “sistema de IA” como “um sistema baseado em máquinas concebido para funcionar com níveis de autonomia variáveis, e que pode apresentar capacidade de adaptação após a implantação e que, para objetivos explícitos ou implícitos, e com base nos dados de entrada que recebe, infere a forma de gerar resultados, tais como previsões, conteúdos, recomendações ou decisões que podem influenciar ambientes físicos ou virtuais”.

Assim, a definição de sistema de IA para efeitos do Regulamento passa a assentar em duas características essenciais: (i) a autonomia dos sistemas e (ii) a sua capacidade de realizar inferências e produzir resultados com base nelas.

A abrangência desta definição, que está alinhada com as propostas desenvolvidas por peritos no seio da OCDE, é crucial para garantir que todas as formas de IA, independentemente da técnica subjacente,



estejam sujeitas às mesmas normas e regulamentos, promovendo assim a segurança, a transparência e a responsabilidade.

Uma definição importante dentro da IA e cujo crescimento temos assistido nos últimos anos é a referente à designada “IA generativa”. Por oposição à “IA preditiva”, que é treinada e desenhada para detetar padrões, classificar ou fazer previsões a partir de dados previamente fornecidos, a IA generativa foca-se na criação de conteúdos novos e originais, como texto, imagens, vídeos ou outros a partir de inputs dos utilizadores e de dados não estruturados com os quais é treinada.

Os modelos utilizados para o desenvolvimento de IA generativa são objeto de uma classificação e sujeitos a obrigações particulares no âmbito do Regulamento IA, enquanto “modelos de IA de finalidade geral”.

²⁰ Regulamento (UE) 2024/1689 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de junho de 2024, que cria regras harmonizadas em matéria de inteligência artificial e altera diversos diplomas europeus.

4.

A IA NA MOBILIDADE E NOS TRANSPORTES





4. IA NA MOBILIDADE E NOS TRANSPORTES

A IA tem evoluído rapidamente na mobilidade e nos transportes.

Inicialmente, a IA foi implementada no âmbito do transporte rodoviário para automatizar funções básicas, como o controlo de semáforos e o planeamento de rotas. Já na década de 90 se utilizavam redes neuronais para o planeamento, conceção e modelação de vias de trânsito. No entanto, a capacidade de aceder a uma enorme quantidade de dados e utilizar algoritmos avançados de aprendizagem automática abriu novas e promissoras possibilidades²¹, em crescimento acelerado²², tudo com o objetivo de estabelecer um planeamento eficaz das rotas, otimizar a carga, melhorar a flexibilidade e a transparência utilizando dados.

Nos últimos 20 anos, com o surgimento de tecnologias de IA capazes de analisar dados gerados pelos utilizadores e veículos, foram desenvolvidos vários sistemas de informação para logística, roteamento, mapeamento e planeamento. Esses sistemas melhoraram a capacidade de processar dados, permitindo um planeamento mais eficiente do transporte, a otimização de processos de envios e

rotas de entregas, a criação de assistência inteligente em tempo real e levando à criação de sistemas de transporte inteligentes (ITS).

Hoje, o seu potencial é amplamente reconhecido e aplicado de forma transversal, seja nos veículos de transporte²³, abrangendo praticamente todos os modos de transporte – rodoviário, ferroviário, marítimo e por vias navegáveis interiores, tanto para passageiros como para mercadorias, seja nas infraestruturas e respetivos equipamentos e sistemas²⁴. As razões para o seu sucesso envolvem o desenvolvimento de redes e sistemas de comunicação sofisticados, a *Internet of Things* (IoT), bem como os avanços tecnológicos nos próprios meios de transporte. Muitos estudos demonstram as vantagens da IA nestes mercados²⁵. Por exemplo, os sensores de tráfego na estrada estão a ser transformados em agentes inteligentes que detetam automaticamente acidentes e preveem as condições de circulação futuras²⁶. As redes neuronais artificiais, por exemplo, são utilizadas no planeamento rodoviário²⁷, nos transportes públicos²⁸, na deteção de incidentes de tráfego²⁹, e na previsão das condições de tráfego³⁰. Os algoritmos genéticos são utilizados no desenho de redes urbanas de transportes³¹. E a otimização por colónia de formigas,

²¹ RUSUL ABDULJABBAR, et al., "Applications of Artificial Intelligence in Transport: An Overview", in *Sustainability*, 2019, Volume 11 (n.º 1), disponível online em <https://doi.org/10.3390/su11010189> [consultado em 12/08/2024] – de onde se retiraram muitos dos casos de uso aqui citados.

²² Ver, por exemplo, o "Gartner Magic Quadrant for Transportation Management Systems", de 30 de março de 2021, pp. 3-4, disponível online em <https://www.gartner.com/en/documents/400019> [consultado em 09/08/2024].

²³ Deverá ser considerado no seu sentido abrangente, incluindo designadamente veículos rodoviários, material circulante no domínio ferroviário e de outros sistemas de transporte guiado, e embarcações/navios no âmbito dos transportes marítimo e por vias navegáveis interiores.

²⁴ FRANCISCO DE RHODES SÉRGIO resume de que forma as tecnologias digitais estão a transformar a mobilidade, promovendo soluções mais inteligentes e sustentáveis. A mobilidade conectada (Connected and Automated Mobility) permite a comunicação entre veículos e infraestruturas, melhorando a segurança e eficiência, enquanto a Mobilidade como Serviço (MaaS) integra diferentes modos de transporte numa única plataforma, facilitando o planeamento e pagamento de viagens. A mobilidade orientada por dados utiliza grandes volumes de informação para otimizar o tráfego e a gestão de transportes, e a mobilidade partilhada e micromobilidade reduzem a necessidade de veículos próprios e emissões, melhorando a acessibilidade urbana. Além disso, os veículos autónomos eliminam a necessidade de um condutor humano, aumentando a segurança e reduzindo congestionamentos, enquanto os gémeos digitais permitem simular e testar veículos em ambientes virtuais, garantindo maior confiabilidade antes da construção. Estas inovações estão a revolucionar a mobilidade urbana, tornando-a mais eficiente, segura e ambientalmente responsável. FRANCISCO DE RHODES SÉRGIO, "O Papel do Digital numa Mobilidade Sustentável", disponível online em <https://sedes.pt/wp-content/uploads/2023/12/Position-Paper-5-2023.pdf> [consultado em 12/08/2024]

²⁵ RUSUL ABDULJABBAR, et al., "Applications of Artificial Intelligence in Transport: An Overview", in *Sustainability*, 2019, Volume 11(1), 189.

²⁶ FRANZISKA KLÜGL, ANA L.C. BAZZAN, SASCHA OSSOWSKI, "Agents in traffic and transportation", in *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 18, Issue 1, fevereiro de 2010, pp. 69–70, disponível online em <https://doi.org/10.1016/j.trc.2009.08.002> [consultado em 12/08/2024].

²⁷ ERDEM DOĞAN, ALI PAYIDAR AKGÜNGÖR, "Forecasting highway casualties under the effect of railway development policy in Turkey using artificial neural networks", in *Neural Computing and Application*, Volume 22, abril de 2013, pp. 869–877

²⁸ SURATNA BUDALAKOTI, ASHOK N. SRIVASTAVA, MATTHEW ERIC OTEY, "Anomaly detection and diagnosis algorithms for discrete symbol sequences with applications to airline safety", in *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, Volume 39(1), fevereiro de 2009, pp. 101–113.

²⁹ HUSSEIN DIA, GEOFF ROSE, "Development and evaluation of neural network freeway incident detection models using field data", in *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 5, Issue 5, outubro de 1997, pp. 313–331.

³⁰ ROHAN MORE, et. al., "Road traffic prediction and congestion control using Artificial Neural Networks", in *Proceedings of the 2016 International Conference on Computing, Analytics and Security Trends (CAST)*, dezembro de 2016, pp. 52–57.

³¹ HALIM CEYLAN, MICHAEL G.H BELL, "Traffic signal timing optimisation based on genetic algorithm approach, including drivers' routing", in *Transportation Research Part B: Methodological*, Volume 38, Issue 4, maio de 2004, pp. 329–342.



algoritmo de IA inspirado no comportamento de formigas reais que seguem o seu caminho desde o ninho até à fonte de alimento³², tem sido reconhecida como uma solução promissora para a definição de rotas inteligentes³³ e para a otimização de rotas nos transportes³⁴.

É difícil definir qual a abordagem mais promissora nestes mercados, assim como prever com exatidão quanto longe pode ir a promessa da IA nestes mercados. Depende em grande medida da evolução tecnológica. Mas o que é certo é que a promessa existe, que a possibilidade de incorporar aplicações de IA nestes mercados está em curso, está em investigação, está em desenvolvimento nuns casos, em piloto noutros e, em alguns outros, em plena utilização.

De seguida dar-se-á conta, a título meramente indicativo e exemplificativo, de algumas promessas e concretizações da incorporação da IA nos mercados da mobilidade e dos transportes.

O objetivo não é o de listar tudo o que existe ou está em análise, mas tão somente dar conta do impacto que a IA pode ter nestes mercados para, depois, dar conta dos desafios e riscos que a incorporação de IA representa.

Ecosistema Rodoviário

O verdadeiro potencial da IA nos transportes vai além da sua utilização nos meios de transporte para uso pessoal, tendo alcance significativo nos transportes públicos, de mercadorias e logística. A IA também está a ser utilizada para desenvolver novos modelos de negócio, como serviços de mobilidade sob pedido, onde os utilizadores podem solicitar transporte

personalizado através de uma aplicação móvel. A IA também está a ser utilizada para desenvolver novos modelos de negócio, como serviços de mobilidade sob pedido, onde os utilizadores podem solicitar transporte personalizado através de uma aplicação móvel. Dividiremos as diversas aplicações da IA no mercado do transporte rodoviário entre aplicações ao transporte de passageiros, ao transporte de mercadorias, infraestruturas e mobilidade partilhada.

Transporte de passageiros

Veículos autónomos: a IA abriu níveis inteiramente novos de cooperação entre os vários utentes da estrada³⁵. A IA é um dos principais impulsionadores e desbloqueadores dos veículos autónomos, ou seja, veículos capazes de se deslocarem sem o apoio e a orientação de um condutor humano³⁶. Apesar dos desafios que ainda apresentam nos direitos individuais à autonomia, saúde, integridade física ou privacidade, os veículos automatizados oferecem muitos benefícios, como o aumento da segurança rodoviária, redução do congestionamento e dos tempos de viagem e redução das emissões, além de maior eficiência no consumo de combustível. Prevê-se que os veículos autónomos venham a alterar significativamente o modo de funcionamento dos sistemas de transporte em todo o mundo, assim como se prevê que alterem os padrões de deslocação das pessoas, resultando em diferentes estruturas sociais e formas urbanas. Os veículos autónomos são compostos por dois componentes principais: hardware e software. O hardware inclui atuadores, sensores e um sistema informático, enquanto o software abrange módulos de navegação, algoritmos de localização e sistemas de deteção de objetos em movimento³⁷. Estes veículos utilizam tecnologias de

³² MARCO DORIGO, et al., "Ant Colony Optimization and Swarm Intelligence: 6th International Conference (ANTS 2008)", Bruxelas: Springer-Verlag, janeiro de 2008.

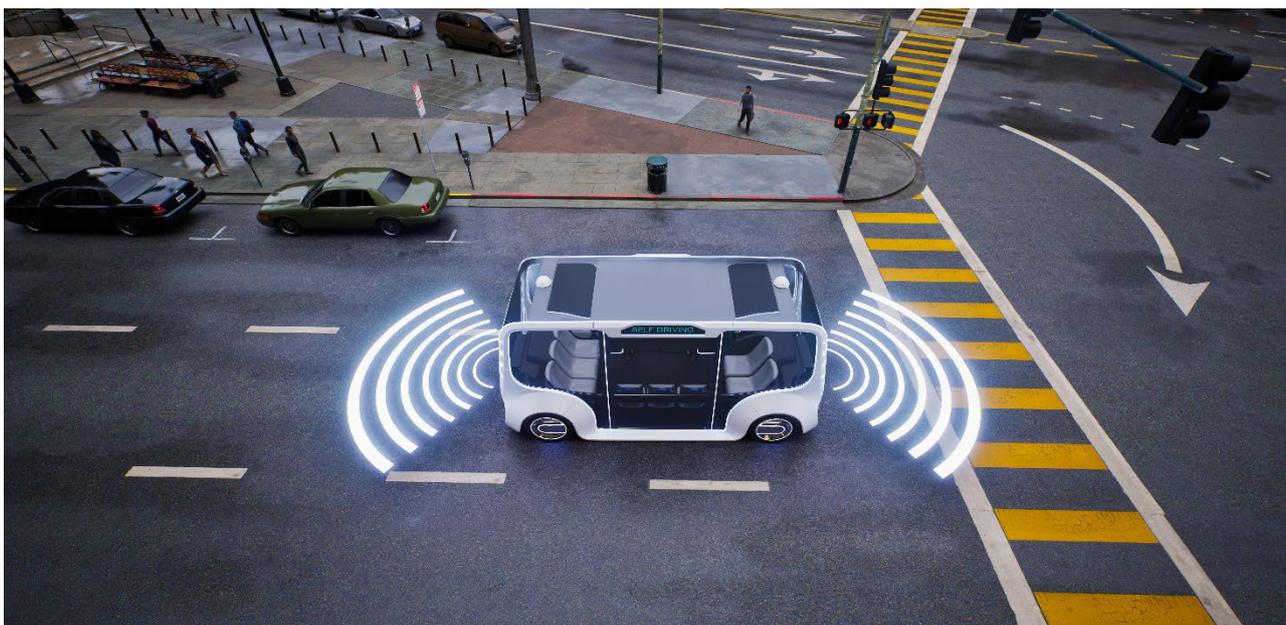
³³ SI YUAN WEN, YING LI, "Fastest Complete Vehicle Routing Problem Using Learning Multiple Ant Colony Algorithm", in *Advanced Materials Research*, Volumes 217-218, março de 2011, pp. 1044-1049.

³⁴ CENGİZ KAHRAMAN, "Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Applications with Recent Developments", da série *Springer Optimization and Its Applications*, volume 16, Berlim: Springer, janeiro de 2008.

³⁵ EPRS, "Artificial intelligence in transport: Current and future developments, opportunities and challenges", Bruxelas, março de 2021, PE 635.609.

³⁶ WENWEN ZHANG, et al., "Exploring the impact of shared autonomous vehicles on urban parking demand: An agent-based simulation approach", in *Sustainable Cities and Society*, Volume 19, julho de 2015, pp. 34-45.

³⁷ Z. J. CHONG, et al., "Autonomy for Mobility on Demand". In *Intelligent Autonomous Systems 12*, Volume 1: Proceedings of the 12th International Conference IAS-12, Held June 26-29, 2012, Jeju Island, Korea [coord. S. Lee, et al.] Berlim/Heidelberg: Springer, 2013



sensores e comunicação entre veículos para operar de forma segura, evitando obstáculos e pedestres, graças à inteligência artificial e a câmaras 3D³⁸. A tecnologia também está a ser aplicada na criação de autocarros automatizados, como o Olli³⁹, o iBus⁴⁰ ou o Alpha Bus⁴¹. Ou seja, tecnologias de IA são utilizadas em praticamente todas as componentes do sistema que permitem a automatização da condução de veículos. Os dados recolhidos através de câmaras, radar, LiDAR e do sistema de controlo do veículo são utilizados por sistemas de IA para compreender o ambiente físico em redor do veículo, prever incidentes e aconselhar o condutor ou tomar medidas. As tecnologias de IA incluem a visão por computador para interpretar imagens e a aprendizagem profunda e as redes neuronais para melhorar os algoritmos de formação e realizar testes virtuais para melhorar a capacidade de resposta do veículo. Algumas destas tecnologias apenas assumem determinadas funções

de condução (como o estacionamento ou a assistência à condução), outras destinam-se a prescindir completamente de um condutor, ainda que, para já, a sua disponibilização ao público em geral pareça estar distante⁴².

Supervisão e assistência ao condutor: Os sistemas de IA integrados nos veículos podem incluir certas funcionalidades que permitem reconhecer certos comportamentos ou emoções do condutor, analisando dados de câmaras no interior dos veículos para identificar comportamentos de risco, como sonolência e distração, alertando os condutores para evitar acidentes⁴³.

Deteção e gestão de acidentes: A atempada identificação da hora, do local e da gravidade de um acidente é uma ambição antiga, não só para proteger pessoas e bens, mas também para ajudar os gestores

³⁸ JAMES MANYIKA, et al., "Disruptive Technologies: Advances That Will Transform Life, Business, and the Global Economy", McKinsey Global Institute, maio de 2013, p. 163, disponível online em <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/disruptive-technologies> [consultado em 12/08/2024].

³⁹ JEFFREY BAUSCH, "Local Motors and IBM Pave the Way for the Future of Automobiles", disponível online em <https://www.electronicproducts.com/local-motors-and-ibm-pave-the-way-for-the-future-of-automobiles/> [consultado em 12/08/2024].

⁴⁰ Wei Han, et al, "Architecture of iBus: A Self-Driving Bus for Public Roads", SAE Technical Paper, março de 2017, disponível online em <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2017-01-0067/> [consultado em 12/08/2024].

⁴¹ "Self-Driving Bus Goes on World's First Trial Run on Public Road", disponível online em http://www.chinadaily.com.cn/china/2017-12/03/content_35179951.htm [consultado em 12/08/2024].

⁴² RENEE AUTUMN RAY, "Undersating AI in Transportation", ENO Center for Transportation, agosto de 2023, disponível online em <https://enotrans.org/wp-content/uploads/2023/08/AI-and-Transportation.pdf>, <https://mindtitan.com/resources/blog/ai-in-transportation/> [consultado em 12/08/2024].

⁴³ SUDEEP SRIVASTAVA, "AI in Transportation – 10 Benefits and Use Cases for Modern Enterprises", dezembro de 2023, disponível online em <https://appinventiv.com/blog/ai-in-transportation/> [consultado em 12/08/2024] e AUTOCAR PRO NEWS DESK, "Cipia to provide new Chery models with driver monitoring system software", março de 2023, disponível online em <https://www.autocarpro.in/news-international/cipia-to-provide-new-chery-models-with-driver-monitoring-system-software-114535> [consultado em 12/08/2024].



de tráfego a reduzir o congestionamento. Algoritmos baseados em redes neuronais que utilizam dados de sensores nas estradas para medir o fluxo de tráfego antes e depois de um incidente podem ser uma ajuda nesse desiderato, ultrapassando as limitações das técnicas estatísticas. Há vários exemplos de algoritmos de rede neuronais testados para detetar acidentes numa autoestrada⁴⁴ ou presença de objetos em tempo real⁴⁵. Sistemas avançados de IA com capacidade de reconhecimento do ambiente e obstáculos à sua volta permitem mitigar riscos de acidentes rodoviários. Simultaneamente, alguns sistemas são capazes de identificar e comunicar a existência de ocorrências, a sua localização e severidade, permitindo uma resposta de emergência rápida e eficaz⁴⁶.

Previsão de acidentes: A IA pode ser determinante na prevenção de acidentes rodoviários urbanos e na redução dos seus impactos. Como as causas dos acidentes variam conforme o local e o momento, a IA pode analisar padrões espaciais e temporais em bases de dados de acidentes e identificar tendências para as quais se podem criar estratégias de mitigação. Por exemplo, um estudo utilizou uma rede neuronal para prever o risco de acidentes de viação, analisando padrões espaciais e temporais numa base de dados de acidentes em Pequim, na China, e os resultados mostraram que este método era eficaz e que pode ser usado para alertar as pessoas sobre locais perigosos⁴⁷. Noutro estudo, os autores descobriram que técnicas de aprendizagem automática podem identificar padrões ocultos valiosos em dados históricos de acidentes⁴⁸. Nos Emirados Árabes

Unidos recorreu-se à IA para estudar os fatores mais associados à gravidade fatal de um acidente⁴⁹. E começam a ser construídas soluções para ajudar as pessoas a medir o nível de segurança das vias e locais. Por exemplo, há modelos que utilizam dados provenientes de ciclistas para estimar uma pontuação de segurança para as estradas, analisando imagens para detetar potenciais perigos para os ciclistas⁵⁰.

Reconhecimento de matrículas: O reconhecimento de matrículas baseado em IA é amplamente utilizado para a aplicação das regras de condução, análise do fluxo de tráfego, sistemas de portagens ou para recuperação de veículos roubados.

Otimização do transporte público rodoviário: A IA pode trazer muitos benefícios para a gestão e para os utilizadores de transportes públicos, permitindo um acompanhamento a tempo real das necessidades da procura, a otimização automatizada de rotas ou a monitorização do cumprimento das obrigações de serviço público⁵¹.

A previsão da procura de passageiros nos transportes públicos com base em dados de viagens anteriores e em informações ambientais tornou-se ainda mais eficiente com o acesso a grandes volumes de dados e redes neuronais artificiais, permitindo processos eficazes de seleção de pontos de recolha⁵². O algoritmo de colónia de formigas tem sido proposto para gerir os horários dos autocarros, otimizando a programação dos condutores de forma eficiente e

⁴⁴ HUSSEIN DIA, GEOFF ROSE, "Development and evaluation of neural network freeway incident detection models ...", pp. 313–331.

⁴⁵ MILOS STOJIMENOVIC, "Real Time Machine Learning Based Car Detection in Images With Fast Training", in *Machine Vision and Applications*, Volume 17(3), agosto de 2006, pp. 163–172.

⁴⁶ OLIA RUDKOVSKA, "AI in Transportation: Common Use Cases Shaping the Industry", dezembro de 2023, disponível online em <https://euristiq.com/ai-in-transportation/> [consultado em 12/08/2024].

⁴⁷ HONGLEI REN, et al., "A Deep Learning Approach to the Citywide Traffic Accident Risk Prediction". In "Proceedings of the 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)", IEEE, novembro de 2018.

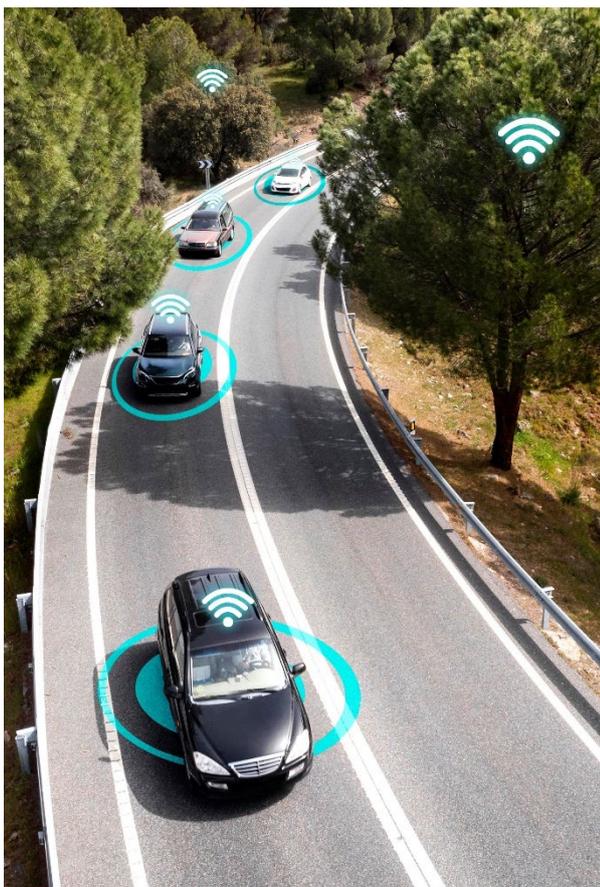
⁴⁸ SANIKOMMU VASAVI, "Extracting Hidden Patterns Within Road Accident Data Using Machine Learning Techniques". In *Information and Communication Technology: Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 625, [coord. D. Mishra, et al.] Singapura: Springer, outubro de 2018, pp. 13–22.

⁴⁹ MADHAR M. TAAMNEH, SHARAF ALKHEDER, SALAH TAAMNEH, "Data Mining Techniques for Traffic Accident Modeling and Prediction in the United Arab Emirates". In *Journal of Transportation Safety & Security*, Volume 9, Issue 2, 2017, pp. 146–166.

⁵⁰ "Cycle AI: utilização de inteligência artificial para uma mobilidade mais segura nas cidades", disponível online em <https://www.velo-city2021.com/pt/blog/cycle-ai-utilizacao-de-inteligencia-artificial-para-uma-mobilidade-mais-segura-nas-cidades/#> [consultado em 12/08/2024].

⁵¹ NUNO MENDES, "Como Pode a Inteligência Artificial Apoiar os Operadores de Transportes Públicos?", setembro de 2023, disponível online em <https://stratioautomotive.com/pt-pt/inteligencia-artificial-transportes-publicos/> [consultado em 12/08/2024].

⁵² NAOTO MUKAI, TOYOHIDE WATANABE, JUN FENG, "Route Optimization Using Q-Learning for On-Demand Bus Systems". In *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems. KES 2008. Lecture Notes in Computer Science*, vol 5178, Berlin/Heidelberg: Springer, 2008; pp. 567–574.



fiável⁵³, assim como se propõe que as redes neuronais artificiais possam ajudar a reduzir o tempo de espera dos passageiros ao prever os tempos de chegada dos autocarros⁵⁴. Em Hong Kong, a ScanVIS, o maior operador de transportes públicos rodoviário de Hong Kong, usa 5G e IA para contar em tempo real

os passageiros nos autocarros, uma solução que se destina não só aos utentes, que procuram alternativas aos transportes lotados, mas também ao operador, que ajusta instantaneamente a oferta à procura dos seus serviços⁵⁵. Em Braga, a IA está a ser usada num projeto piloto para ajudar a detetar estacionamento ilegal nas paragens de autocarro⁵⁶. E há várias iniciativas globais para melhorar a eficiência dos autocarros convencionais e oferecer um serviço conveniente aos utilizadores: a Optibus, por exemplo, lançou uma solução de otimização pontual baseada em IA para ajudar os operadores de transportes públicos a reduzir atrasos e fornecer um serviço pontual⁵⁷ e o sistema baseado em IA utilizado pela rede de transportes públicos de Singapura ajusta dinamicamente os horários dos autocarros com base em dados em tempo real⁵⁸. Outra área em que a IA tem mostrado grandes potencialidades diz respeito à localização automática de veículos (AVL) para melhorar a eficiência dos transportes públicos, gerir operações e melhorar a qualidade dos serviços. Este sistema usa sinais GPS para localizar veículos em tempo real, detetar problemas, informar os veículos sobre alterações e gerir rotas alternativas. Além disso, fornece informações aos passageiros através de apps em seus dispositivos móveis⁵⁹. Um exemplo de sistema AVL com GPS é o iBus em Londres⁶⁰. Estes sistemas AVL são potencialmente melhorados com a integração de técnicas de aprendizagem automática que permitem melhorar a gestão da rede de transportes, seja no planeamento de horários de autocarros⁶¹, seja no desenho de novas rotas e a

⁵³ JIHUI MA, et al., "Fairness in optimizing bus-crew scheduling process". In PLOS ONE 12(11), novembro de 2017, disponível online em <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0187623> [consultado em 12/08/2024].

⁵⁴ R. JEONG, R. RILETT, "Bus arrival time prediction using artificial neural network model". In Proceedings of the 7th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, IEEE, novembro de 2004, pp. 988-993.

⁵⁵ Revolutionizing Public Transportation: A Data-Driven Transformation Leveraging AI and 5G Technologies for Hong Kong's Largest Bus Company, disponível online em https://www.scanvis-ai.com/images/downloads/CustomStories/ScanVIS_Case_Study_-_KMB_Project_-_FINAL.pdf [consultado em 12/08/2024].

⁵⁶ Informação disponível online em: <https://www.cm-braga.pt/pt/0201/home/noticias/item/item-1-18387#:~:text=O%20Munic%C3%ADpio%20de%20Braga%20e%20a> [consultado em 12/08/2024].

⁵⁷ "Improving service punctuality for passengers using optimization algorithms", setembro de 2023, disponível online em <https://optibus.com/case/improving-service-punctuality-for-passengers-using-optimization-algorithms/> [consultado em 12/08/2024].

⁵⁸ LUCÍA BURBANO, "Why, two decades on, Singapore's Intelligent Transport System is considered the best in the world", maio de 2024, disponível online em <https://www.tomorrowcity/transportation-technology-singapores-intelligent-transport-system/> [consultado em 12/08/2024].

⁵⁹ BENEDETTO BARABINO, MASSIMO DI FRANCESCO, SARA MOZZONI, "Rethinking bus punctuality by integrating Automatic Vehicle Location data and passenger patterns". In Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 75, maio de 2015, pp. 84-95.

⁶⁰ "New generation of iBus set to enhance bus travel in London", março de 2024, disponível online em <https://tfl.gov.uk/info-for/media/press-releases/2024/march/new-generation-of-ibus-set-to-enhance-bus-travel-in-london> [consultado em 12/08/2024].

⁶¹ JOÃO MENDES-MOREIRA, et al. "Validating the coverage of bus schedules: A Machine Learning approach". In Information Sciences, Volume 293, fevereiro de 2015, pp. 299-313 e JIHED KHIARI, et al., "Automated setting of Bus schedule coverage using



programação dos autocarros e na previsão de futura procura de passageiros nas paragens e rotas de autocarro⁶². De referir ainda um estudo, em que os autores exploram formas de prever, em tempo real, quantas pessoas estão à espera nas paragens de autocarro e quantos passageiros estão a bordo. Esta informação é muito útil para os operadores, pois permite-lhes gerir as viagens de forma mais eficiente. Além disso, ajuda os utilizadores a escolher a melhor rota durante as horas de maior trânsito⁶³.

Transporte de mercadorias

O transporte rodoviário de mercadorias é, porventura, das áreas onde o impacto da IA pode ser mais significativo, permitindo melhorar a eficiência dos processos, através de recursos de previsão, de forma a impulsionar um fluxo de automação inteligente⁶⁴.

Entre as principais aplicações, podemos destacar:

Veículos autónomos: Também no transporte de mercadorias se verifica a possibilidade de transporte sem condutor. A tecnologia atual já permite operar camiões automatizados, oferecendo grandes economias de custos para empresas e consumidores⁶⁵. Um estudo do International Transport Forum descreve quatro cenários. O Cenário Base prevê zero adoção de camiões sem condutor nas próximas duas décadas. O Cenário Conservador assume a introdução gradual da tecnologia a partir de 2030, em mercados de longa distância e algumas cidades. O Cenário Regulamentado prevê a permissão desta tecnologia em rotas de longa distância desde 2028 e em cidades desde 2030. O

Cenário Disruptivo assume a implementação da tecnologia em rotas de longa distância a partir de 2021 e em cidades desde 2022⁶⁶.

Gestão de Frotas inteligente: Com a integração da IA, os veículos de transporte rodoviário de mercadorias transformam-se em pontos de dados avançados, desempenhando um papel central no ecossistema de gestão de frotas. Esta tecnologia permite aos gestores monitorizar não apenas a localização dos veículos, mas também uma ampla gama de fatores e métricas das deslocações em tempo real. Além disso, os veículos inteligentes reduzem a necessidade de comunicação constante entre condutores e gestores, facilitando a operação e tornando-a mais eficiente⁶⁷.

Otimização da entrega em última milha (*last mile*): A última milha é o passo final do processo de entrega de mercadorias e implica o transporte do último centro de transporte para o seu destino final. Apesar de representar uma distância relativamente curta do percurso total, as entregas em última milha, sobretudo em meio urbano, são marcadas por atrasos e diversos obstáculos, constituindo cerca de 53% do tempo total dos envios.

O desenvolvimento de redes de logística que utilizem IA, nomeadamente na otimização de rotas e previsão de obstáculos em tempo real permite otimizar estes processos⁶⁸.

“Platooning” de camiões: A IA também torna possível o acoplamento de vários veículos pesados de mercadorias a uma distância mínima uns dos outros (*platooning*)⁶⁹, permitindo-lhes acelerar ou travar automática e simultaneamente. Enquanto o veículo

unsupervised machine learning. In *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*, Cham: Springer, abril de 2016, pp. 552–564.

⁶² PATROKLOS SAMARAS, et al., “A prediction model of passenger demand using AVL and APC data from a bus fleet”. In *PCI '15: Proceedings of the 19th Panhellenic Conference on Informatics*, outubro de 2015, pp. 129–134.

⁶³ XIAO-YANG LIU, et al. “Deep Reinforcement Learning for Intelligent Transportation Systems”. Dezembro de 2018, disponível online em https://www.researchgate.net/publication/329388067_Deep_Reinforcement_Learning_or_Intelligent_Transportation_Systems [consultado em 12/08/2024].

⁶⁴ DIOGO PEDRO ROQUE, “Transformação Digital no Setor do Transporte Rodoviário de Mercadorias em Portugal”, 2022.

⁶⁵ ERTRAC, “Long Distance Freight Transport - A roadmap for System integration of Road Transport”, 2019, disponível online em: <https://www.ertrac.org/wp-content/up->

<loads/2022/07/ERTRAC-Long-duty-Freight-Transport-Roadmap-2019.pdf> [consultado em 12/08/2024].

⁶⁶ ITF, “Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport”, *International Transport Forum Policy Papers* 32, 2017, OECD Publishing.

⁶⁷ EKIM SARIBARDAK, “Understanding The Future Of Generative AI In Fleet Management”, abril de 2024,

⁶⁸ OLIA RUDKOVSKA, “AI in Transportation: Common Use Cases Shaping the Industry”, dezembro de 2023, disponível online em <https://euristiq.com/ai-in-transportation/> [consultado em 12/08/2024]

⁶⁹ ANA ISABEL PEREIRA, “Estudo do impacto da tecnologia no transporte sustentável de mercadorias”, 2022



pesado de mercadorias líder é conduzido por um condutor humano, os condutores dos veículos que o seguem podem estar presentes apenas em situações de tráfego complexas (como rotundas), incidentes inesperados ou condução dentro de centros urbanos⁷⁰.

Infraestruturas

Gestão de tráfego: Os sistemas de gestão de tráfego baseados em IA surgiram como uma tecnologia fundamental para a modernização das infraestruturas urbanas. Estes sistemas visam aliviar o congestionamento e melhorar a experiência de condução através de uma variedade de tecnologias e sistemas de comunicação e oferecem melhorias significativas em termos de segurança, eficiência e redução de congestionamentos, através da recolha de dados em tempo real. Processando dados de sensores embutidos nas estradas, câmaras e outros dispositivos IoT, a IA permite transformar os sensores de tráfego em agentes inteligentes, capazes de identificar riscos de problemas de tráfego, antes que ocorram, ajustando os tempos de sinalização e notificando os utilizadores sobre rotas alternativas e acidentes⁷¹. Eles captam dados relevantes que podem ser integrados na tecnologia de aprendizagem automática. Por exemplo, abordagens de *deep learning* têm sido utilizadas para otimizar em tempo real as políticas de controlo do tráfego em sistemas de grande escala⁷². Algoritmos genéticos também têm sido aplicados para controlar automaticamente os sinais de trânsito nos cruzamentos. Um caso prático é o sistema ITS “NeverStop”, que utilizou sensores

RFID e demonstrou ser eficaz na redução dos tempos médios de espera dos veículos⁷³. Um outro projeto, o “iLU” visa melhorar a mobilidade em Lisboa a partir da análise de dados da circulação automóvel e de transportes públicos, procurando descobrir padrões de circulação na cidade, antecipar problemas e fazer recomendações dirigidas à Câmara Municipal de Lisboa para que possa melhorar a gestão e a operacionalização da mobilidade de pessoas e viaturas na cidade. Não só a autarquia poderá melhorar o planeamento da circulação na cidade em caso de obras, acidentes ou grandes eventos, por exemplo, mas também as pessoas poderão escolher a alternativa mais acertada para se deslocarem na cidade⁷⁴.

Além disso, as redes neuronais artificiais têm mostrado grande potencial no controlo do tráfego por semáforos, gerindo as estradas de forma mais eficiente com base em dados simulados microscópicos, permitindo não só controlar os semáforos de forma mais eficaz, mas também prever futuros congestionamentos de tráfego⁷⁵.

Previsão de tráfego: Os sistemas de previsão inteligentes utilizam dados históricos de sensores nas estradas, que são processados por algoritmos de aprendizagem automática e IA para fazer previsões em tempo real, a curto e longo prazo⁷⁶. Por exemplo, é possível utilizar dados demográficos e geográficos para prever a procura futura de mobilidade⁷⁷. Esta estimativa da procura é importante para tomar uma decisão sobre o planeamento e as técnicas futuras que são mais necessárias para gerir um sistema de transportes mais eficaz.

⁷⁰ EPRS, “Artificial intelligence in transport: Current and future developments, opportunities and challenges”, Bruxelas, março de 2021, PE 635.609, p. 4.

⁷¹ É o caso do Traffic Analytics desenvolvido pela Siemens Mobility, cfr. Comunicado de Imprensa de 15 Janeiro 2019, disponível online em <https://press.siemens.com/pt/pt/comunicadodeimprensa/siemens-portugal-revoluciona-analise-de-dados-de-trafego-rodoviario> [consultado em 12/08/2024]. Ver também RUSUL ABDULJABBAR, et al., “Applications of Artificial Intelligence in Transport...”, p. 3.

⁷² XIAO-YANG LIU, et al. “Deep Reinforcement Learning for Intelligent Transportation Systems”. Dezembro de 2018, disponível online em https://www.researchgate.net/publication/329388067_Deep_Reinforcement_Learning_for_Intelligent_Transportation_Systems [consultado em 12/08/2024].

⁷³ CHAO WANG, et al. “Soft computing in big data intelligent transportation systems. In Applied Soft Computing, Volume 38, janeiro de 2016, pp. 1099-1108.

⁷⁴ Investigadores aplicam inteligência artificial às emergências médicas e à Mobilidade, disponível online em <https://24.sapo.pt/tecnologia/artigos/investigadores-aplicam-inteligencia-artificial-as-emergencias-medicas-e-a-mobilidade>.

⁷⁵ MIN CHEE CHOY, D. SRINIVASAN, RUEY LONG CHEU, “Cooperative, hybrid agent architecture for real-time traffic signal control”. In Transactions on Systems Man and Cybernetics - Part A Systems and Humans, volume 33(5), outubro de 2003, pp. 597-607.

⁷⁶ ATUL MAHAMUNI, Internet of Things, machine learning, and artificial intelligence in the modern supply chain and transportation. In Defense Transportation Journal, Volume 74, n.º 1, fevereiro de 2018, pp. 14-17.

⁷⁷ MAXIMILIAN HELD, et al., “Future mobility demand estimation based on sociodemographic information: A data-driven approach using machine learning algorithms”. In Proceedings of the 18th Swiss Transport Research Conference (STRC 2018), Ascona: STRC, maio de 2018, pp. 1-26.

Gestão de estacionamento: A IA facilita a gestão de estacionamento e a sua adoção pelos operadores de parques e espaços de estacionamento pode permitir a simplificação e melhoria das operações. Sistemas de câmaras equipadas com IA são capazes de identificar os veículos em circulação, bem como as vagas disponíveis, permitindo construir um mapa em tempo real das vagas disponíveis e ajudar os condutores a encontrar estacionamento facilmente, reduzindo o tempo de procura e a frustração⁷⁸.

Manutenção preditiva e gestão de ativos: vem-se consolidando a tendência para passar da manutenção corretiva ou preventiva para a preditiva, com o objetivo de reduzir os custos globais de manutenção. Sensores IoT recolhem dados em tempo real sobre o desempenho de equipamentos, e algoritmos de IA analisam esses dados para identificar padrões e anomalias, prevenindo falhas.

Com *machine learning*, esses algoritmos tornam-se mais precisos. A IA Generativa, como o GPT-4, pode



analisar dados não estruturados, prever falhas e automatizar processos de manutenção. Além disso, oferece assistência no processo de tomada de decisões e facilita a manutenção preditiva em ambientes onde sensores e IoT são limitados. Através da monitorização da condição dos autocarros, por exemplo, é possível prever falhas e garantir que os autocarros não interrompem o seu serviço, contribuindo para uma melhor fiabilidade do transporte e para elevar a confiança e experiência dos passageiros. Uma empresa portuguesa, com sede em Coimbra, anunciou recentemente uma colaboração estratégica com a SBS Transit para aumentar a fiabilidade dos transportes públicos em Singapura através da implementação de tecnologia de manutenção preditiva em toda a frota de autocarros. Este projeto permitirá minimizar o tempo de inatividade dos autocarros, reduzir os custos de operação, e melhorar a experiência dos passageiros⁷⁹.

Mobilidade Partilhada

Os sistemas de mobilidade partilhada, seja de automóveis (como as plataformas TVDE), bicicletas ou trotinetes, exponenciados pelo surgimento de aplicações móveis, vieram aumentar a capacidade de recolher grandes quantidades de dados, que a IA pode utilizar para prever a procura de passageiros de forma eficaz e evitar viagens em vazio, o que ajuda a reduzir o congestionamento e o consumo de energia e de combustível. E de facto, os prestadores de serviços de mobilidade desenvolvem algoritmos complexos assentes em IA que permitem o funcionamento eficiente de redes e serviços de *carpooling*, partilha de veículos ou de outros meios de transporte.

Matching entre utilizadores e veículos: os algoritmos de IA permitem a combinação rápida e eficaz entre os utilizadores e veículos ou condutores disponíveis, reduzindo os tempos de espera e melhorando a eficiência do serviço. Para além da otimização de

⁷⁸ THOMAS DOPPLER, "Navegando nos novos horizontes do estacionamento: Dos sistemas baseados em bilhetes à mobilidade baseada em IA", disponível em <https://www.skidata.com/pt-pt/skidata-blog/ai-based-mobility> [consultado em 12/08/2024].

⁷⁹ "Mais de 3000 autocarros de Singapura operam com tecnologia de Coimbra", disponível online em <https://www.ipn.pt/noticias/noticia/3705?uri=%2F> [consultado em 12/08/2024].



rotas observada em serviços como os da Lyft⁸⁰, este processo de *matching* é um componente fundamental para melhorar e personalizar a experiência do utilizador⁸¹.

Gestão de operações eficiente: Ferramentas de IA permitem aos operadores de sistemas de mobilidade partilhada com condutores planear os itinerários de forma eficiente, estimar com precisão o tempo de viagem, incluindo as horas de recolha e de entrega, bem como prever e gerir eventuais eventos que gerem aumentos ou reduções espontâneas da procura ou da oferta⁸². Um estudo permitiu prever a procura de serviços de táxi em Tóquio, utilizando redes neuronais. Os dados foram recolhidos a partir do sistema Taxi Probe, onde os táxis estavam equipados com sensores que registam informações como a localização. Os resultados mostraram que os dados históricos de procura de 4 horas proporcionaram uma melhor precisão de previsão⁸³. Igualmente, podem sugerir destinos aos condutores com base no histórico de viagens dos utilizadores e introduzir preços dinâmicos que se adaptem aos montantes que previsivelmente os utilizadores estão dispostos a pagar, considerando o destino, a hora do dia e a localização. Além disso, as plataformas podem utilizar IA para identificar e impedir atividades fraudulentas por parte dos condutores.

» Otimização dos serviços de *car-sharing*: O futuro da mobilidade partilhada inclui carros sem condutor, que utilizam IA e tecnologias de sensores. Estas frotas autónomas são mais rentáveis e poderão substituir até 6,2 milhões de condutores em todo o mundo até

2030⁸⁴. No caso dos sistemas de *car-sharing* sem motorista, os sistemas de IA podem ser utilizados para prever as necessidades de carregamento e/ou manutenção dos veículos partilhados, garantindo a fiabilidade e a segurança dos utilizadores, e reduzindo os tempos de paragem inesperados⁸⁵, bem como auxiliar as cidades a distribuir adequadamente os veículos pelo território⁸⁶.

Preços dinâmicos: A IA nas plataformas de mobilidade, como TVDE, tem permitido a implementação de sistemas de preços dinâmicos⁸⁷. Estes sistemas ajustam automaticamente os preços das viagens em tempo real, com base na procura, tráfego, condições meteorológicas e disponibilidade de veículos. A utilização de algoritmos de IA permite otimizar a distribuição de veículos, garantindo que a oferta responde rapidamente às flutuações da procura. Adicionalmente, a IA analisa grandes volumes de dados para prever momentos de pico de procura, ajustando proativamente os preços e assegurando uma alocação mais eficiente dos recursos disponíveis.

Ecosistema Ferroviário e Outros Sistemas de Transporte Guiado

Existem muitas aplicações onde a IA pode ter um grande impacto no mercado ferroviário⁸⁸, permitindo melhorar os atrasos na chegada de comboios, reduzir os custos de manutenção tradicionais de comboios e da infraestrutura, e melhorar a experiência do cliente⁸⁹. O aumento do número de dispositivos IoT, a

⁸⁰ SARAH CONLISK, "How Lyft uses AI to get you where you want to go, faster", agosto de 2023, <https://www.lyft.com/blog/posts/how-lyft-uses-ai-to-get-you-where-you-want-to-go-faster> [consultado em 09/08/2024].

⁸¹ "From Predictive to Generative – How Michelangelo Accelerates Uber's AI Journey", disponível online em https://www.uber.com/en-PT/blog/from-predictive-to-generative-ai/?uclid_id=11f3d1a2-91d9-43d9-9405-dc08ac30533b [consultado em 12/08/2024].

⁸² RUSUL ABDULJABBAR, et al., "Applications of Artificial Intelligence in Transport...", p. 9.

⁸³ NAOITO MUKAI, NAOITO YODEN, "Taxi demand forecasting based on taxi probe data by neural network". In Intelligent Interactive Multimedia: Systems and Service. Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services (IISS 2012), Berlim/Heidelberg: Springer, maio de 2012; pp. 589–597

⁸⁴ "AI in the Sharing Economy", agosto de 2018, disponível online em <https://insidebigdata.com/2018/08/02/ai-sharing-economy/> [consultado em 08/08/2024].

⁸⁵ BERND OVERMAAT, "carValoo – the AI for more transparency when it comes to car sharing", disponível online em <https://www.thyssenkrupp.com/en/stories/carvaloo-the-ai-for-more-transparency-when-it-comes-to-car-sharing> [consultado em 08/08/2024].

⁸⁶ "AI4CITIES: using AI for the optimal distribution of shared mobility vehicles", disponível online em <https://rebelgroup.com/en/projects/ai4cities-using-ai-for-the-optimal-distribution-of-shared-mobility-vehicles/> [consultado em 08/08/2024].

⁸⁷ Chiwei Yan, et al. "Dynamic Pricing and Matching in Ride-Hailing Platforms", outubro de 2018, Naval Research Logistics, Forthcoming.

⁸⁸ KLAUS SCHWAB, "The Fourth Industrial Revolution, What It Means and How to Respond", dezembro de 2015, disponível online em <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution> [consultado em 10/08/2024].

⁸⁹ JOÃO FRANCISCO GOMES PINTO, "The impact of artificial intelligence in the rail industry" [Dissertação de mestrado, Iscte - Instituto Universitário de Lisboa]. Repositório do Iscte. <http://hdl.handle.net/10071/25014>.



disponibilidade de dados e a capacidade computacional (juntamente com a redução dos custos da tecnologia) criam as condições ideais para a aplicação de técnicas de IA neste mercado.

Condução e o controlo autónomo⁹⁰: ao contrário das estradas, a operação automática de comboios é uma realidade há quase 40 anos. O primeiro metro sem condutor do mundo entrou em funcionamento na cidade francesa de Lille, em 1983. A automação refere-se ao processo em que a responsabilidade pela gestão da operação é transferida do condutor para o sistema de controlo do comboio. Algoritmos capazes de tomar decisões em tempo real e conectados permitem a automatização do funcionamento dos transportes em condições de segurança⁹¹. Existem vários níveis de automação, definidos conforme as funções operacionais são atribuídas ao pessoal ou ao sistema. Por exemplo, o Grau de Automação 0 corresponde à operação à vista, como num elétrico no trânsito urbano. O Grau de Automação 4 refere-se a veículos totalmente automáticos, sem qualquer tripulação a bordo. Estes sistemas são usados principalmente em linhas de metro, onde as redes são menos complexas e costumam operar com comboios idênticos. Graças ao sistema de túneis, trata-se de uma infraestrutura fechada com influências externas controladas. De acordo com a *International Association of Public Transport (UITP)*, no final de 2020, existiam linhas de metro totalmente automatizadas em 48 cidades, que vão de Salvador no Brasil, a Singapura, passando por Barcelona ou Budapeste. O número total de linhas com Grau de Automação 4 (GoA4) aumentou de 62 para 80 entre 2017 e 2020. Metros totalmente automatizados

representaram 10% da nova infraestrutura de metro nesse período e 8% do total até ao final de 2020⁹².

Roteamento e programação inteligentes: tal como no transporte rodoviário, a recolha de dados e o uso de algoritmos de IA permitem ajudar a analisar dados relacionados com rotas de viagem, comportamento de peões e passageiros, mitigação do uso de energia, poluição, congestionamento de tráfego e bem como melhorar a segurança dos passageiros. São várias as propostas de utilização de IA, que têm passado por aplicações de *machine learning* na previsão de fluxo urbano⁹³, na definição de horários dos comboios⁹⁴, na identificação de padrões de atraso para estimar os níveis de atraso tanto para as linhas ferroviárias de passageiros como para as redes de transporte de mercadorias⁹⁵; da mesma forma que se tem proposto a utilização de big data para sistemas ferroviários inteligentes⁹⁶, assim defendido o potencial da otimização por enxame de partículas para ferrovias⁹⁷.

Por exemplo, a Deutsche Bahn alemã implementou sistemas de IA na operação de certos comboios regionais, capazes de responder adequadamente a imprevistos e irregularidades e, por exemplo, adaptar e decidir em frações de segundo qual o comboio que deve passar primeiro por uma secção⁹⁸. Durante a pandemia, o Metro do Panamá usou IA para fornecer às operadoras e autoridades de transporte ferramentas avançadas de gestão do fluxo de passageiros. A solução permite que os operadores ajustem a sua oferta de forma simples e em tempo real, em conformidade com os diversos protocolos de distanciamento social e para evitar concentrações de

⁹⁰ DAVID BURROUGHS, "The Future of Intelligence is Artificial", setembro de 2019, disponível online em https://www.railjournal.com/in_depth/future-intelligence-artificial/ [consultado em 10/08/2024].

⁹¹ CLAUS BAHLMANN, "Putting the AI on Rails, disponível online em <https://www.mobility.siemens.com/global/en/company/thought-leadership-> [consultado em 25/07/2024].

⁹² Automated metros, disponível online em: <https://www.uitp.org/topics/automated-metros/>.

⁹³ PENG XIE, et al., "Urban flow prediction from spatiotemporal data using machine learning: A survey". In *Information Fusion*, Volume 59(6), julho de 2020, pp. 1-12.

⁹⁴ SHRIPAD SALSINGIKAR, N. RANGARAJ, "Reinforcement learning for train movement planning at railway stations". In *Adaptive and Learning Agents Workshop*, 2020

⁹⁵ PU WANG, QING-PENG ZHANG, "Train delay analysis and prediction based on big data fusion". In *Transportation Safety and Environment*, julho de 2019, Volume 1 (1), pp. 79-88.

⁹⁶ FAEZE GHOFRANI, et al., "Recent applications of big data analytics in railway transportation systems: A survey". In *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 90, maio de 2018, pp. 226-246.

⁹⁷ QING WU, COLIN COLE, TIM MCSWEENEY, "Applications of particle swarm optimization in the railway domain". In *International Journal of Rail Transportation*, Volume 4(3), abril de 2016, 167-190.

⁹⁸ "Artificial intelligence at DB", disponível online em https://www.deutschebahn.com/en/artificial_intelligence-6935068 [consultado em 25/07/2024].



peças, que surgiram devido à pandemia da Covid-19⁹⁹.

Manutenção preditiva e gestão de ativos: vem-se consolidando a tendência para passar da manutenção corretiva ou preventiva para a preditiva, a fim de reduzir os custos globais de manutenção. Essencialmente, dada a quantidade de novos dados disponíveis, o objetivo é avançar para métodos orientados por dados que se baseiam em dados históricos e/ou em tempo real, a fim de diagnosticar falhas¹⁰⁰ e defeitos¹⁰¹ para os poder prever e evitar¹⁰², recomendando intervenções de manutenção e melhoria, melhorando o desempenho dos ativos e reduzindo os custos e o tempo de inatividade¹⁰³. As técnicas de IA permitem que os engenheiros de manutenção realizem atividades de inspeção e diagnóstico de forma mais eficiente em termos de custos, tempo e precisão na deteção de avarias, apoiando também o planeamento dinâmico de atividades e a automatização da manutenção¹⁰⁴. Em Portugal, por exemplo, está a desenvolver-se um projeto, denominado ScanCAT, que visa potenciar a utilização de tecnologias de IA na deteção de anomalias em isoladores de catenária com recurso a videografia¹⁰⁵. A União Europeia atribuiu mais de 2,3 mil milhões de euros para o desenvolvimento de transportes inteligentes, verdes e integrados no período de 2014-2020, no âmbito da Iniciativa Horizonte 2020¹⁰⁶. Esta iniciativa inclui vários projetos de investigação relacionados com a aplicação de IA em sistemas de transporte, incluindo o programa Shift2Rail que é a primeira iniciativa ferroviária

européia focada na inovação e desenvolvimento de soluções orientadas para o mercado, através da aceleração da integração de novas e avançadas tecnologias em produtos e soluções inovadoras no contexto do transporte ferroviário¹⁰⁷.

Ecosistema Portuário, Marítimo e Vias Navegáveis Interiores

O transporte marítimo e as operações portuárias têm assistido a uma grande transformação nos últimos anos, na qual as tecnologias de *Big Data*, *IoT*, *blockchain* e de IA¹⁰⁸ têm tido um papel considerável. Entre as principais tendências encontramos o crescimento do tráfego dos contentores e concomitante necessidade de adaptação dos portos, o aumento do tráfego marítimo e dos riscos de segurança (na dupla vertente de *safety & security*), ou o aumento da dimensão dos navios e da pressão que exercem sobre as envolventes portuárias. O aumento da consciência ambiental impôs a obrigação de adaptação a regras mais ecológicas no contexto de uma concorrência internacional feroz no ecossistema marítimo mundial.

Entre as aplicações de IA neste mercado, podemos encontrar:

Navegação autónoma: tal como nos restantes mercados, também nos transportes marítimo e por vias navegáveis interiores, se tem avançado na automatização da navegação através de sistemas de

⁹⁹ "Alstom oferece solução de inteligência artificial para garantir o distanciamento e a segurança dos passageiros em trens e estações", disponível online em: <https://www.alstom.com/pt/press-releases-news/2020/6/alstom-oferece-solucao-de-inteligencia-artificial-para-garantir-o> [consultado em 25/07/2024].

¹⁰⁰ LEE JONGUK, et al., "Fault detection and diagnosis of railway point machines by sound analysis", In *Sensors*, Volume 16, 549.

¹⁰¹ YUNUS SANTUR, MEHMET KARAKÖSE, ERHAN AKIN, "Learning based experimental approach for condition monitoring using laser cameras in railway tracks". In *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers*, Volume 4 (Special Issue 1), dezembro de 2016, pp. 1-5.

¹⁰² JUN S. LEE, et al., "Prediction of track deterioration using maintenance data and machine learning schemes". In *Journal of Transportation Engineering Part A: Systems*, Volume 144(9), setembro de 2018.

¹⁰³ TOM MACAULAY, "How TfL is using predictive analytics to keep the Underground moving", fevereiro de 2018, disponível online em <https://www.computerworld.com/article/1655414/how-tfl-is-using-predictive-analytics-to-keep-the-underground-moving.html> [consultado em 12/08/2024]. A propósito de uma aplicação para reconhecimento automático de peças de manutenção necessárias,

<https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rail-services/spare-part-services/easy-spare-idea.html> [consultado em 12/08/2024].

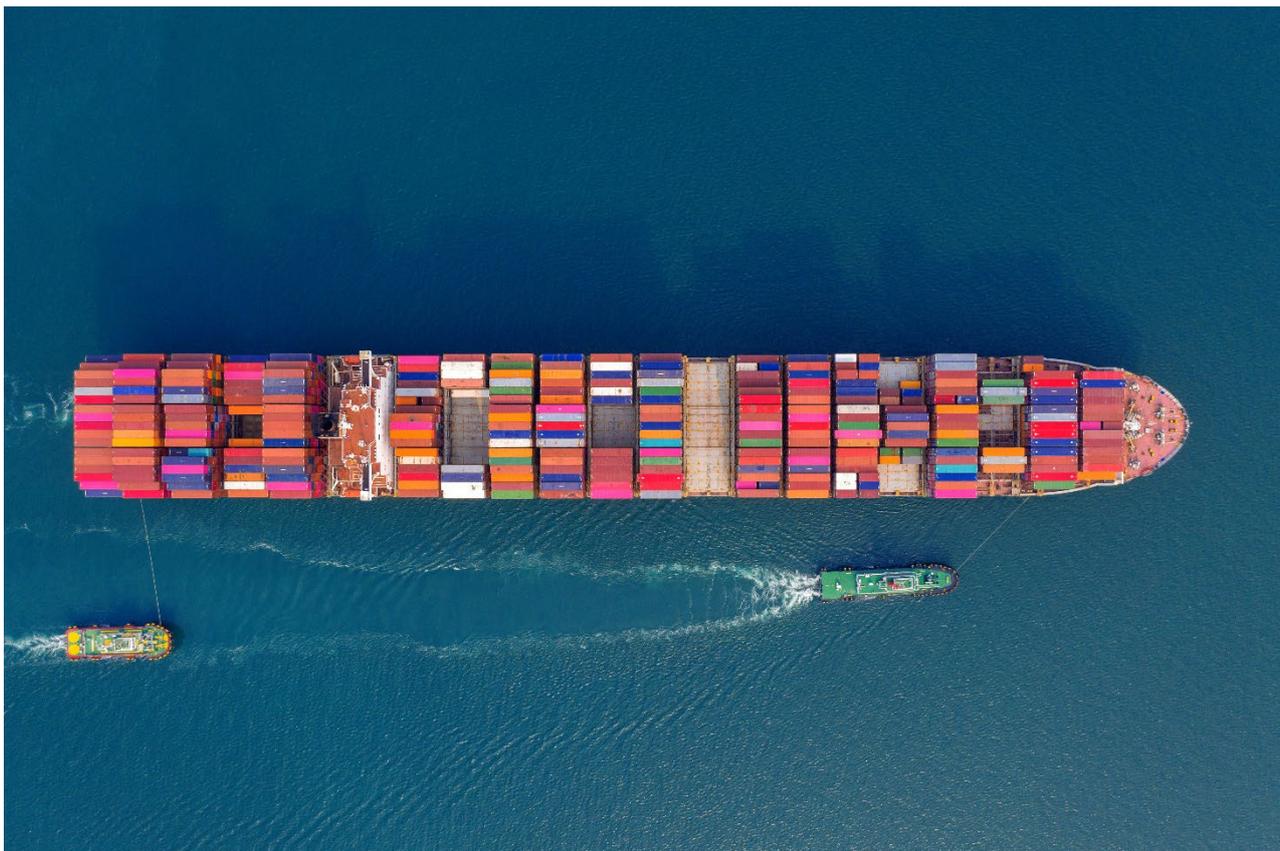
¹⁰⁴ HAKAN GULER, "Optimisation of railway track maintenance and renewal works by genetic algorithms". In *Gradevinar*, volume 12, dezembro de 2016, pp. 979-993.

¹⁰⁵ "IP desenvolve projeto ScanCAT", disponível online em <https://www.infraestruturasdeportugal.pt/pt-pt/ip-desenvolve-projeto-scan-cat> [consultado em 12/08/2024]

¹⁰⁶ Informação disponível online em <https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020> [consultado em 12/08/2024].

¹⁰⁷ "About S2R", disponível online em <https://shift2rail.org/about-shift2rail/> [consultado em 12/08/2024].

¹⁰⁸ ITF, "Information Sharing for Efficient Maritime Logistics", *International Transport Forum Policy Papers* 57, 2018, OECD Publishing.



IA. Os *Unmanned Surface Vehicles* (USV) são veículos autônomos que operam na superfície da água sem guarnição¹⁰⁹. Utilizando sistemas de decisão automatizados a bordo e controlados remotamente, os navios autônomos podem operar de forma independente durante viagens¹¹⁰. Em 2018, a Rolls-Royce e o operador de ferry finlandês Finferries apresentaram um ferry totalmente autônomo chamado Falco, concebido para percorrer pequenos trechos e monitorizado por um operador a cerca de 50 quilômetros de distância durante a demonstração inicial da sua autonomia¹¹¹. Outro projeto atualmente em curso é o Yara Birkeland, um navio porta-contentores de 80 metros de comprimento concebido para transportar fertilizantes em viagens autônomas e

totalmente alimentado por eletricidade¹¹². A UE está atualmente a financiar o projeto AUTOSHIP para desenvolver dois navios autônomos—um para o transporte marítimo de curta distância e outro para as vias navegáveis interiores¹¹³.

Otimização das operações a bordo de embarcações: os dados sobre o desempenho dos navios e os sistemas de navegação podem ajudar as empresas de transporte marítimo a monitorizar o desempenho dos navios e a tomar as medidas necessárias para melhorar a eficiência operacional dos navios¹¹⁴. A IA tem sido utilizada para melhorar o auxílio à tomada de decisão e a eficiência da navegação e demais operações a bordo pela tripulação, analisando em

¹⁰⁹ DANIEL FILIPE LOPES BALSINHA, "Navegação autônoma segura em ambientes marítimos densos".

¹¹⁰ NCC FINLAND, "Towards safer navigation and fully automated vessels with AI technologies", fevereiro de 2024, disponível em <https://www.eurocc-access.eu/towards-safer-navigation-and-fully-automated-vessels-with-ai-technologies/> [consultado em 08/08/2024].

¹¹¹ "Rolls-Royce and Finferries demonstrate world's first Fully Autonomous Ferry", dezembro de 2018, disponível online em <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2018/03-12-2018-rr-and-finferries-demonstrate-worlds-first-fully-autonomous-ferry.aspx> [consultado em 12/08/2024].

¹¹² ASLE SKREDDERBERGET, "The first ever zero emission, autonomous ship", disponível online em <https://www.yara.com/knowledge-grows/game-changer-for-the-environment/> [consultado em 12/08/2024].

¹¹³ "Autoship – About", disponível online em <https://www.autoship-project.eu/> [consultado em 12/08/2024].

¹¹⁴ MARIS MIROVIC, MARIO MILICEVIC, INES OBRADOVIC, "Big Data in the Maritime Industry." In Naše More, Volume 65 (1), março de 2018, pp. 56–62.



tempo real variáveis como correntes, condições meteorológicas e de mar, e velocidade através da água. Por exemplo, algumas empresas têm desenvolvido sistemas de bordo baseados em IA que permitem otimizar a operação dos navios, designadamente de ferries, contribuindo significativamente para um aumento da consciência situacional, redução do consumo de combustível e emissões¹¹⁵. A otimização da velocidade tem sido utilizada para aumentar a eficiência energética dos navios que transportam mercadorias e passageiros entre portos específicos¹¹⁶.

Gestão de Tráfego Marítimo e em Vias Navegáveis Interiores: sistemas de monitorização do tráfego de navios e serviços de informação fluvial (RIS)¹¹⁷ baseados em IA processam dados de sensores, radares e sistemas de identificação automática (AIS) para controlar o tráfego e prevenir acidentes, bem como otimizar rotas e prever atrasos causados por condições meteorológicas adversas ou congestionamento de tráfego¹¹⁸. Para além da otimização da velocidade, a eficiência energética pode ser alcançada através do planeamento inteligente das rotas marítimas. Um modelo híbrido melhorado para o planeamento inteligente de rotas marítimas através de algoritmos genéticos demonstrou as possibilidades de otimização do consumo de energia no planeamento de rotas marítimas¹¹⁹. Uma parceria entre a Orient Overseas Container Line (OOCL) e a Microsoft tem permitido à OOCL utilizar o grande volume de dados gerados pela

sua frota para poder prever melhor quando é que os navios vão chegar ao cais, coordenando melhor a atividade portuária¹²⁰. O projeto MAP-BORealis da Drift&Noise utiliza dados de satélite para otimizar a rota através do Oceano Ártico e poupar tempo e recursos¹²¹.

Prevenção e Gestão de Acidentes: a IA melhora a segurança ao detetar anomalias nas operações marítimas, facilitando a gestão de acidentes e riscos ambientais. Sistemas de reconhecimento de imagem e monitorização contínuo ajudam a identificar navios mesmo quando os transmissores AIS estão desligados¹²². O projeto Orca AI visa fornecer sistemas de assistência para portos e navios offshore, combinando dados de sensores de câmaras térmicas e de ultra-baixa luminosidade para acrescentar reconhecimento de imagem a sistemas de posicionamento e radares marítimos. Este reconhecimento de imagem é alimentado por um algoritmo de *machine learning* permitindo evitar colisões e a sobrecarga de informação na ponte do navio quando navega em vias navegáveis movimentadas¹²³.

Manutenção preditiva e gestão de ativos: também aqui se assiste à tendência para passar da manutenção corretiva ou preventiva para a preditiva. A tecnologia

de IA pode utilizar dados históricos para determinar intervalos de manutenção e prever o estado de peças individuais ou de sistemas inteiros e avaliar o nível de

¹¹⁵ MARGARIDA LOPES, “Startup islandesa de tecnologia para o setor marítimo vai entrar em Portugal (e contratar)”, maio de 2024, disponível online em <https://hrportugal.sapo.pt/startup-islandesa-de-tecnologia-para-o-setor-maritimo-vai-entrar-em-portugal-e-contratar/> [consultado em 12/08/2024].

¹¹⁶ JASMINE SIU LEE LAM, XIUNIAN ZHANG, “Innovative solutions for enhancing customer value in liner shipping”. In Transport Policy, Volume 82, outubro de 2019, pp. 88–95.

¹¹⁷ Sujeitos aliás a regulamentação europeia, nomeadamente a Diretiva 2005/44/CE, que estabelece um quadro para a introdução RIS, o Regulamento (UE) 2019/1744, que define especificações técnicas detalhadas para as notificações eletrónicas usadas na navegação interior, o Regulamento de Execução (UE) 2019/838, que define especificações técnicas detalhadas para os sistemas de localização e seguimento de embarcações ou o Regulamento (CE) 414/2007, que define diretrizes técnicas para a planificação, introdução e operação dos RIS.

¹¹⁸ “Another step in the development of AI applications in IMS”, disponível online em <https://www.emsa.europa.eu/newsroom/latest-news/item/5044-another-step-in-the-development-of-ai-applications-in-ims.html> [consultado em 12/08/2024] e “Ondas Digitais: O Impacto da IA e da IoT no Monitoramento do Tráfego Marítimo”, disponível online em <https://www.marketresearchintellect.com/pt/blog/digital-waves-the-impact-of-ai-and-iot-on-marine-traffic-monitoring/> [consultado em 12/08/2024].

¹¹⁹ STEFAN KUHLEMANN, KEVIN TIERNEY, “A genetic algorithm for finding realistic sea routes considering the weather”, In Journal of Heuristics, Volume 26, julho de 2020, pp. 801–825.

¹²⁰ GEOFF SPENCER, “AI and cargo shipping: Full speed ahead for global maritime trade”, disponível online em <https://news.microsoft.com/apac/features/ai-and-cargo-shipping-full-speed-ahead-for-global-maritime-trade/> [consultado em 12/08/2024].

¹²¹ “MAP-BORealis — Automatic route optimization in sea-ice covered oceans by means of satellite remote sensing”, disponível online em <https://driftnoise.com/mapborealis.html> [consultado em 12/08/2024].

¹²² EPRS, “Artificial intelligence in transport: Current and future developments, opportunities and challenges”, Bruxelas, março de 2021, PE 635.609.

¹²³ ANDREW TUNNICLIFFE, “Using AI to navigate the tricky topic of ship navigation”, julho de 2019, disponível online em <https://www.ship-technology.com/features/ship-navigation-system/> [consultado em 12/08/2024].



manutenção de que irão necessitar. O Expert Insight da Wärtsilä é um sistema que monitoriza os motores dos navios do fabricante finlandês e foi concebido para prestar assistência proactiva às equipas de manutenção¹²⁴.

Operações Portuárias Inteligentes: Portos inteligentes utilizam IA para otimizar o uso de guindastes e veículos, planear a disponibilidade de atracação e realizar a manutenção preditiva dos equipamentos¹²⁵. Exemplos incluem a plataforma de otimização de escalas no porto de Roterdão, que reduz o tempo de espera dos navios e melhora a eficiência energética¹²⁶ ou a utilização da rede 5G pelo Porto de Aveiro para monitorizar e gerir a suas operações em tempo real¹²⁷. O porto de Antuérpia também está a experimentar um sistema que utiliza dados AIS e câmaras adicionais para localizar a posição dos navios no porto e otimizar o fluxo de tráfego e evitar congestionamentos¹²⁸.

Vigilância marítima: a vigilância marítima dá apoio a políticas de segurança marítima e de verificação de abastecimento ilegal de combustível¹²⁹. A IA está a ser usada nos sistemas de vigilância visual¹³⁰. Modelos de redes neuronais baseadas em *deep learning* melhoram a precisão do reconhecimento visual e da verificação de navios marítimos. Por exemplo, o projeto FOCUS EYE da Mitsui OSK Lines¹³¹ cujo sistema reconhece os navios com precisão utilizando câmaras de alta resolução e uma unidade de processamento gráfico. O Porto de Singapura e a IBM

colaboram num projeto denominado SAFER, que utiliza uma abordagem de aprendizagem automática para prever a hora de chegada dos navios, potenciais pontos críticos de tráfego, comportamentos invulgares dos navios e abastecimento ilegal de combustível¹³². Em Portugal, a primeira Zona Livre Tecnológica (ZLT Infante D. Henrique) reconhecida pelo Governo português vai testar, em mar aberto e circunstâncias reais, sistemas de segurança e de defesa não tripulados e outras tecnologias, em ambientes de subsuperfícies, superfície (terrestre e molhado) e aéreo.

Transporte intermodal e multimodal

Sistemas de Bilhética inteligentes: Em particular no transporte público, os sistemas de bilhética inteligentes e integrados, alimentados por IA, têm melhorado significativamente a experiência dos utilizadores. Estes sistemas utilizam dados de diferentes fontes para prever a procura e ajustar a oferta de serviços em tempo real, reunindo informação e serviços de mobilidade num único espaço. Além disso, permitem a implementação de tarifas dinâmicas, que podem incentivar o uso do transporte público fora dos horários de pico, distribuindo melhor a lotação e reduzindo a superlotação¹³³.

¹²⁴ “Wärtsilä Expert Insight available for 2-stroke engines and scrubbers”, julho de 2020, disponível online em <https://www.wartsila.com/media/news/10-07-2020-wartsila-expert-insight-available-for-2-stroke-engines-and-scrubbers-3270398> [consultado em 12/08/2024].

¹²⁵ LEONARD HEILIG, STEFAN VOSS, “Information Systems in Seaports: a Categorization and Overview”, In Information Technology and Management, Volume 18(n.º 3), setembro de 2017, pp. 179–201.

¹²⁶ “The Digital Port”, disponível online em <https://www.portofrotterdam.com/en/to-do-port/futureland/the-digital-port> [consultado em 12/08/2024].

¹²⁷ Porto de Aveiro integra 5G e IA para otimizar a gestão de carga”, julho de 2022, disponível online em <https://www.smartplanet.pt/news/iot-and-redes/porto-de-aveiro-integra-5g-e-ia-para-otimizar-a-gestao-de-carga> [consultado em 12/08/2024].

¹²⁸ LUKA RIESTER, “How is the Port of Antwerp optimising logistics with data science?”, dezembro de 2018, atualizado em abril de 2022, disponível online em <https://en.blog.businessdecision.com/how-is-the-port-of-antwerp-optimising-logistics-with-data-science/> [consultado em 12/08/2024].

¹²⁹ DONG YANG, et al., “How big data enriches maritime research – a critical review of Automatic Identification System (AIS) data applications”. In Transport Reviews, Volume 39 (n.º 6), pp. 755–773.

¹³⁰ BERKAN SOLMAZ, et al., “Fine-grained recognition of maritime vessels and land vehicles by deep feature embedding”. In IET Computer Vision, Volume 12 (n.º 8), julho de 2018, pp. 1121–1132.

¹³¹ “MOL Starts Demonstration Test of Vessel Image Recognition System Using AI Technology on Nippon Maru”, setembro de 2019, disponível online em <https://www.mol.co.jp/en/pr/2019/19057.html> [consultado em 12/08/2024].

¹³² “MPA-IBM project SAFER: Sense-making analytics for maritime event recognition”, janeiro de 2019, disponível online em <https://research.ibm.com/publications/mpa-ibm-project-safer-sense-making-analytics-for-maritime-event-recognition> [consultado em 12/08/2024].

¹³³ “Sistema Integrado de Bilhetes e Informação para a Mobilidade Inteligente”, disponível online em <https://www.bable-smartcities.eu/pt/explorar/casos-de-uso/caso-de-uso/integrated-ticketing-and-information-system-for-smart-mobility.html> e “DAKIMO - Data and AI as enablers for sustainable, intermodal mobility”, disponível online em <https://www.i0sb.fraunhofer.de/en/projects-and-products/dakimo.html> [ambos consultados em 12/08/2024].



Planeamento urbano e infraestruturas: O planeamento de transportes tem como objetivo identificar as necessidades da comunidade e decidir sobre a melhor abordagem para satisfazer essa procura, considerando simultaneamente o impacto social, ambiental e económico. Já na década de 90 se utilizavam redes neuronais para o planeamento, conceção e modelação de vias de trânsito. No entanto, a capacidade de aceder a uma enorme quantidade de dados e utilizar algoritmos avançados de aprendizagem automática trouxe novas possibilidades ao planeamento urbano e dos sistemas de transporte, que têm registado um crescimento significativo¹³⁴. Nos últimos 20 anos, com o surgimento de tecnologias de IA capazes de analisar dados gerados pelos utilizadores e veículos, foram desenvolvidos vários sistemas de informação para logística, roteamento, mapeamento e planeamento. Esses sistemas melhoraram a capacidade de processar dados, permitindo um planeamento mais eficiente do transporte e levando à criação e desenvolvimento de diversos ITS. A IA é utilizada para desenhar redes que respondem adequadamente às necessidades da comunidade, facilitando melhorias e expansões nas infraestruturas existentes e melhorando a eficiência¹³⁵.

Integração da gestão de infraestruturas: Plataformas e serviços desenvolvidos a partir de tecnologias de IA podem ser cruciais para agregar e processar dados em tempo real sobre os operadores de diferentes tipos de redes de infraestrutura (transporte rodoviário, ferroviário e outros sistemas de transporte guiado, marítimo, por vias navegáveis interiores, aéreo, e até mesmo do setor elétrico ou infraestruturas digitais). Esta integração permite uma gestão eficiente e uma resposta mais articulada a situações de crise ou necessidade¹³⁶.

Mobility as a Service (MaaS): O conceito de Mobilidade como um Serviço (MaaS) surgiu com o aumento dos serviços de transporte nas cidades, para designar um sistema inovador capaz de combinar de forma inteligente e eficiente vários modos de transporte, oferecendo serviços de mobilidade adaptados às necessidades das pessoas¹³⁷. Por exemplo, o Whim, uma aplicação lançada em Helsínquia em 2015, integra serviços como transportes públicos, táxis, partilha de bicicletas e aluguer de automóveis. O Kyyti, também da Finlândia, oferece uma plataforma de transportes responsiva à procura, que permite planear e reservar soluções personalizadas para municípios e operadores de transporte¹³⁸. Um sistema *MaaS inteligente* pode oferecer soluções mais sustentáveis do que outras soluções de transporte desagregadas, tornando as deslocações mais convenientes e oferecendo serviços de mobilidade flexíveis, económicos, fiáveis e sustentáveis. A utilização de IA ajuda a desenvolver e gerir serviços de mobilidade avançados, aproveitando os dados de localização e tempo registados frequentemente por dispositivos como smartphones, veículos de micromobilidade (que motivaram aliás, da parte da AMT, a emissão de Linhas de Orientação sobre a Regulação da Micromobilidade Partilhada¹³⁹), computadores de bordo de veículos ou sistemas de navegação baseados em aplicações, e poderá ter um papel decisivo em garantir o compromisso com os objetivos de sustentabilidade¹⁴⁰.

¹³⁴ RUSUL ABDULJABBAR, et al., "Applications of Artificial Intelligence in Transport...", pp. 3-4. Para dados sobre o crescimento destas aplicações, consultar, por exemplo, o "Gartner Magic Quadrant for Transportation Management Systems", de 30 de março de 2021, disponível online em <https://www.gartner.com/en/documents/4000019> [consultado em 09/08/2024].

¹³⁵ JAM CANDA, "AI in Urban Planning and Smart City Development", abril de 2024, disponível online em <https://medium.com/@jam.canda/ai-in-urban-planning-and-smart-city-development-6cfc3e87181>. [consultado em 12/08/2024].

¹³⁶ "Micro.ai – Infrastructure", disponível online em <https://micro.ai/solutions/infrastructure> [consultado em 12/08/2024].

¹³⁷ WARWICK GOODALL, et al., "The rise of mobility as a service – Reshaping how urbanites get around". In Deloitte Review, Issue 20, 2017, pp. 112–129

¹³⁸ IRG-RAIL "Mobility as a Service (MaaS) – An Overview. Independent Regulators' Group – Rail", 2022.

¹³⁹ Disponível online em: https://www.amt-autoridade.pt/media/4491/amt05012023_.pdf

¹⁴⁰ ERIKETTI SERVOU, FRAUKE BEHRENDT, MAJA HORST, "Data, AI and governance in MaaS – Leading to sustainable mobility?". In Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, Volume 19, maio de 2023, 100806.

5.

BENEFÍCIOS, DESAFIOS E RISCOS DA IA NOS MERCADOS DA MOBILIDADES E DOS TRANSPORTES





5. BENEFÍCIOS, DESAFIOS E RISCOS DA IA NOS MERCADOS DA MOBILIDADE E DOS TRANSPORTES

Benefícios e desafios

Os benefícios resultantes da aplicação da IA nos mercados da mobilidade e dos transportes são múltiplos e variados. No entanto, tanto o desenvolvimento como a implementação e utilização de sistemas de IA enfrentam diversos desafios, transversais aos diversos modos de transporte e serviços em que são utilizados. Entre os principais benefícios e riscos que devem ser considerados pelos operadores dos referidos mercados, destacamos os seguintes:

Benefícios:

1. Eficiência

A IA pode gerar melhorias substanciais na eficiência operacional em todas as fases dos processos de mobilidade e transporte. Automatizando tarefas, como a gestão de rotas, a manutenção preditiva e as operações logísticas, a IA permite uma execução mais rápida, precisa e económica. Por exemplo, as ferramentas de IA podem ser usadas para otimizar a utilização de frotas, garantindo que os veículos são utilizados de forma eficiente, minimizando custos operacionais e o tempo de inatividade. No caso do transporte público, a IA pode ajustar dinamicamente os horários dos autocarros e metros com base na procura em tempo real, reduzindo o tempo de espera dos passageiros e evitando excesso de oferta durante as horas de menor tráfego. Além disso, nas cadeias de abastecimento, os algoritmos de IA podem otimizar rotas de entrega, integrando variáveis como condições meteorológicas, tráfego e restrições de horários, o que resulta numa redução significativa de emissões de CO2 e custos operacionais. Além disso, a IA pode ser utilizada na coordenação de operações logísticas em portos, permitindo que a movimentação

¹⁴¹ O erro humano estará envolvido em mais de 90% dos acidentes nas estradas da UE, cfr. EPRS, "Artificial Intelligence in Transport...", p. 5.

de cargas seja otimizada com base em fatores como as condições meteorológicas e a disponibilidade de infraestruturas. Outra aplicação relevante é a otimização dos períodos de manutenção de infraestruturas, onde a IA pode prever quando uma linha férrea ou via rodoviária precisa de ser inspecionada ou reparada, evitando interrupções inesperadas e prolongando a vida útil dos ativos. Esta eficiência não só melhora a competitividade das empresas, como também contribui para um serviço de transporte mais fiável e acessível para os utilizadores.

2. Segurança

A segurança é outra grande vantagem proporcionada pela IA. A capacidade da IA de processar grandes volumes de dados em tempo real permite a deteção precoce de anomalias e uma resposta rápida a situações potencialmente perigosas, reduzindo o risco de erro humano, que é uma das principais causas de acidentes¹⁴¹. Em veículos autónomos, por exemplo, os sistemas de IA podem monitorizar o ambiente em redor do veículo, detetando outros veículos, peões e obstáculos na via, ajustando a condução em tempo real para evitar colisões. Além disso, a IA pode ser utilizada para monitorizar a integridade das vias rodoviárias ou ferroviárias, detetando desgastes ou falhas mecânicas antes que estas se tornem críticas, permitindo a implementação de medidas preventivas que aumentam a segurança operacional. Por fim, a IA pode ser ainda utilizada para prever e mitigar catástrofes naturais em zonas de risco¹⁴², auxiliando no planeamento e na execução de evacuações e na alocação eficiente de recursos.

3. Sustentabilidade

Ao promover transportes mais eficientes e com menor impacto ambiental, a IA contribui para a sustentabilidade ambiental e para a aceleração da eficiência energética. Ao otimizar o uso de recursos

¹⁴² É o caso das ferramentas da Google baseadas em IA e destinada a prever inundações, incêndios e calor extremo, cfr. Yossi Matias, "How we're using AI to combat floods, wildfires and extreme heat", outubro de 2023, disponível online em <https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/google-ai-climate-change-solutions/> [consultado em 12/08/2024].



como combustível e energia, e ao reduzir emissões através de uma gestão mais eficiente de tráfego e rotas, a IA contribui diretamente para a diminuição do impacto ambiental das operações de transporte. Por exemplo, sistemas de gestão de tráfego urbano baseados em IA podem reduzir congestionamentos ao coordenar semáforos em tempo real, diminuindo assim o consumo de combustível e as emissões de gases poluentes. No transporte marítimo, a IA pode ajudar a otimizar rotas de navios para minimizar o consumo de combustível, reduzindo significativamente a pegada de carbono da indústria. A IA também pode ser utilizada para gerir a energia em terminais de transporte, como estações ferroviárias, ajustando automaticamente o uso de energia em função da procura, o que reduz o desperdício. Outro exemplo é a utilização de IA em sistemas de partilha de veículos elétricos, onde a gestão inteligente da rede de carregamento pode assegurar que os veículos estão sempre disponíveis e prontos para uso, maximizando a eficiência energética. Ainda no transporte ferroviário e marítimo, a IA pode ajustar a velocidade dos comboios e navios para otimizar o uso de energia, garantindo uma operação mais ecológica e eficiente¹⁴³.

4. Personalização da experiência do utilizador

A capacidade da IA de processar grandes volumes de dados em tempo real permite uma personalização sem precedentes dos serviços de mobilidade. Utilizando informações sobre preferências, hábitos e necessidades dos utilizadores, os sistemas de IA podem fornecer experiências de transporte altamente personalizadas. Nos sistemas de transporte público, a IA pode fornecer recomendações de viagens personalizadas, sugerindo a melhor combinação de autocarros, comboios e bicicletas partilhadas para chegar ao destino desejado de forma mais eficiente. Além disso, em serviços de transporte, seja TVDE seja táxi, como táxis ou veículos partilhados, a IA pode ajustar automaticamente as preferências de conforto do veículo, como a temperatura ou a música ambiente, de acordo com o histórico de preferências

¹⁴³ Herman Scheepers, "AI: The missing link for hitting transport net-zero targets?", maio de 2024, disponível online em <https://www.openaccessgovernment.org/ai-the-missing-link-for-hitting-transport-net-zero-targets/177275/> [consultado em 12/08/2024].

do utilizador. No turismo, a IA pode ser usada para criar itinerários personalizados de acordo com os interesses e o tempo disponível do viajante, integrando diferentes modos de transporte e atividades turísticas. Em Helsínquia¹⁴⁴, por exemplo, a IA é utilizada para recomendar rotas personalizadas em transportes públicos, melhorando a conveniência e a satisfação do utilizador. Esta personalização pode estender-se a outras áreas, como a oferta de serviços adicionais ou a adaptação de veículos para necessidades específicas.

5. Acessibilidade

A IA pode ser uma ferramenta poderosa para aumentar a acessibilidade e promover a inclusão social nos sistemas de transporte. Em cidades onde a geografia ou a densidade populacional complicam a acessibilidade, a IA pode ser utilizada para planejar e adaptar rotas de transporte público que melhor sirvam as populações vulneráveis, assim como adaptar o acesso aos transportes públicos, tendo em conta o estado das ruas, passeios e acessos mecânicos. Outra aplicação é o desenvolvimento de veículos autónomos especificamente adaptados para pessoas com deficiências, permitindo-lhes uma mobilidade independente. Além disso, a IA pode ser utilizada para criar sistemas de informação acessíveis, como assistentes virtuais que fornecem informações em tempo real sobre horários e acessibilidade em diferentes idiomas e formatos, como texto ou voz, garantindo que todos os utilizadores podem aceder aos serviços de transporte de maneira equitativa.

6. Planeamento Urbano

A IA é uma ferramenta poderosa para o planeamento urbano, permitindo que as cidades sejam desenvolvidas de forma mais inteligente e sustentável. Por exemplo, a IA pode ser utilizada para analisar dados de tráfego e prever o impacto de novos projetos de infraestrutura, permitindo aos decisores

¹⁴⁴ "Using smart data to improve Helsinki's bus system", disponível online em <https://www.cgi.com/en/case-study/using-smart-data-improve-helsinki-bus-system> [consultado em 12/08/2024].



tomar decisões mais informadas. A IA também pode ajudar a otimizar o uso do espaço urbano, como a distribuição de zonas de estacionamento, reduzindo o congestionamento e promovendo um fluxo de tráfego mais suave. Outro exemplo é a capacidade da IA de integrar dados de diversas fontes, como sensores de qualidade do ar e de tráfego, para criar mapas dinâmicos que ajudem a gerir melhor os recursos urbanos e a melhorar a qualidade de vida dos cidadãos.

7. Multimodalidade

A IA facilita a integração de diferentes modos de transporte num único sistema, promovendo o conceito de “*Mobility as a Service*” (MaaS). Isto significa que os utilizadores podem facilmente combinar vários tipos de transporte (como autocarros, comboios, bicicletas partilhadas) para uma viagem mais eficiente e conveniente, através da informação e coordenação de dados relativos a vários serviços de transporte público com plataformas digitais de partilha, onde a IA pode sugerir a melhor combinação de modos de transporte para uma viagem específica. A IA também pode ser usada para gerir *hubs* de transporte multimodal, como estações que combinam autocarros, comboios e bicicletas partilhadas, assegurando que as transições entre modos são mais suaves e mais eficientes. Outra aplicação é a integração de sistemas de pagamento em várias plataformas de transporte, permitindo que os utilizadores paguem por uma viagem que envolve vários modos de transporte com um único bilhete ou aplicação.

8. Inovação e desenvolvimento tecnológico

A implementação de IA nos transportes impulsiona a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias. Por exemplo, a IA está na base do desenvolvimento de novos sistemas de transporte, como os veículos aéreos urbanos (drones), que podem transformar a logística e o transporte de passageiros em áreas metropolitanas. A IA também está a ser utilizada para desenvolver novos modelos de negócio, como serviços de mobilidade sob pedido, onde os

utilizadores podem solicitar transporte personalizado através de uma aplicação móvel. Além disso, a IA está a estimular a inovação no design de infraestruturas de transporte, permitindo a criação de estradas inteligentes que se comunicam com veículos autónomos para otimizar a segurança e a eficiência do tráfego. Esta inovação pode levar ao surgimento de novos modelos de negócio e de serviços. Ao estimular o desenvolvimento de tecnologias emergentes, a IA também cria oportunidades para as empresas se posicionarem na vanguarda da transformação digital nos mercados da mobilidade e dos transportes.

Desafios

1. Qualidade e Disponibilidade dos Dados

Para que os sistemas de IA funcionem eficazmente, é necessário dispor de grandes volumes de dados de alta qualidade. Um dos principais desafios para a implementação eficaz de sistemas de IA nos mercados da mobilidade e dos transportes é a disponibilidade e qualidade dos dados. Muitos sistemas de transporte ainda dependem de infraestruturas legadas que não foram concebidas para recolher e partilhar dados de forma eficiente. Este desafio é agravado pela necessidade de integrar dados de múltiplas fontes, como sensores de veículos, câmaras de tráfego e dispositivos móveis, o que pode levar a problemas de compatibilidade e inconsistência. Além disso, questões de privacidade podem limitar a capacidade de recolher dados detalhados sobre os utilizadores, o que é essencial para o treino de modelos de IA precisos. Outro aspeto a considerar é a necessidade de dados em tempo real, que requerem infraestruturas robustas de conectividade e armazenamento, algo que nem sempre está disponível em todas as regiões.

2. Infraestrutura, Conectividade e Cibersegurança

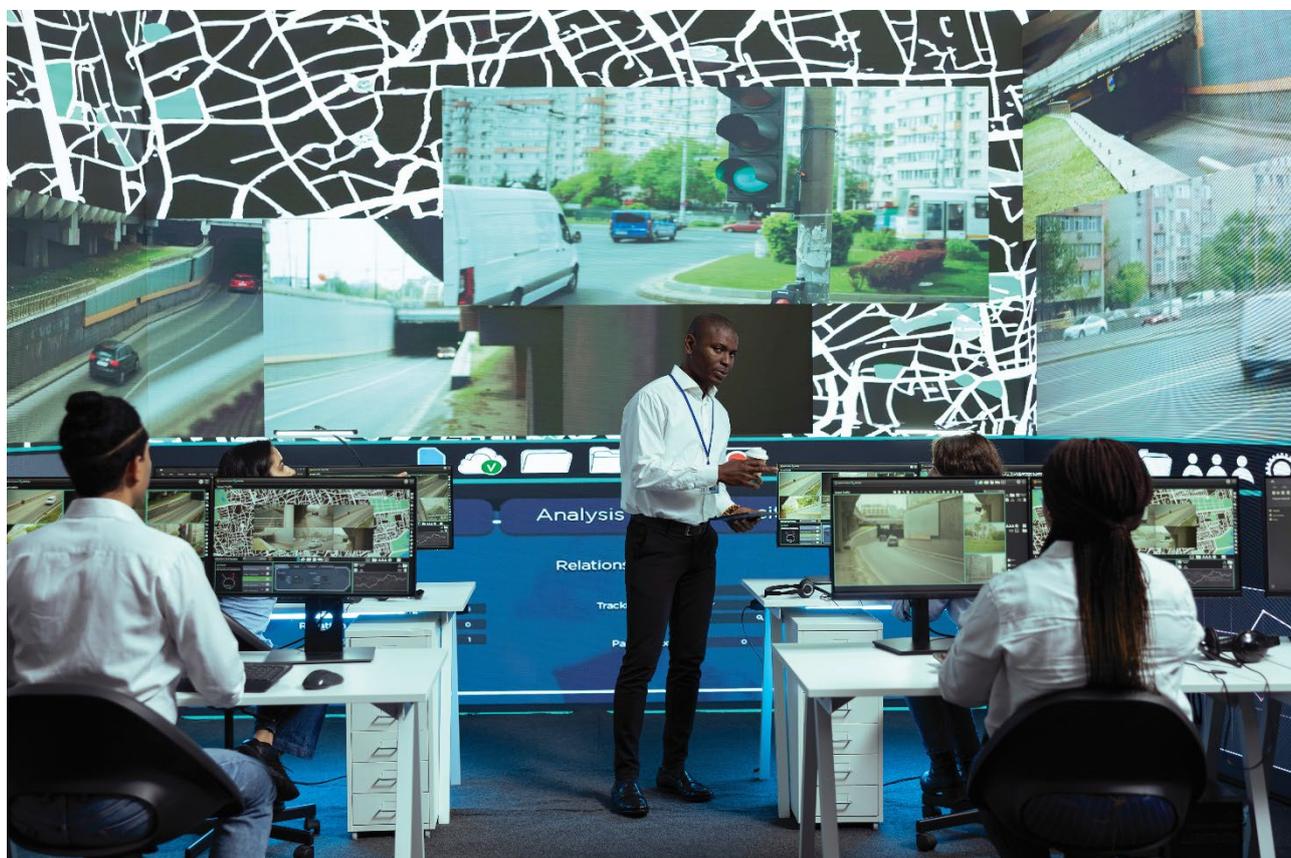
A implementação de IA nos mercados da mobilidade e dos transportes exige infraestruturas tecnológicas avançadas e conectividade robusta, o que pode ser um desafio considerável. A necessidade de processar grandes volumes de dados em tempo real requer

investimentos substanciais em sensores avançados, redes de comunicação de alta capacidade e sistemas de armazenamento eficientes. Estas exigências são especialmente críticas em áreas rurais ou menos desenvolvidas, onde a conectividade pode ser limitada, colocando em risco a eficácia de soluções baseadas em IA. A interconetividade entre veículos, infraestruturas e centros de controlo, essencial para a automação, aumenta também a vulnerabilidade a ciberataques, tornando a cibersegurança uma prioridade central para garantir a segurança e resiliência dos sistemas. A IA desempenha um papel fundamental na manutenção preditiva, monitorizando infraestruturas críticas, como vias-féreas, pontes e túneis, para detetar sinais de desgaste e evitar falhas antes que ocorram.

No entanto, falhas tecnológicas ou imprecisões nos dados podem ter consequências graves, como descarrilamentos ou colapsos de infraestruturas, especialmente quando se trata de infraestruturas críticas nacionais, como estipulado no Decreto-Lei n.º 20/2022 de 28 de janeiro. Estes ativos incluem aeroportos, centrais elétricas, barragens, e redes

ferroviárias, cuja interrupção pode ter um impacto devastador para o país. Desde 2015, o registo e a proteção destas infraestruturas são parte da Estratégia Nacional de Combate ao Terrorismo, coordenada pelo Sistema de Segurança Interna. Note-se aliás que o Regime Jurídico da Segurança do Ciberespaço (Lei n.º 46/2018, de 13 de agosto, que transpõe a Diretiva (UE) 2016/1148, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de julho de 2016 aplica-se também aos operadores de infraestruturas críticas e aos operadores de serviços essenciais.

Erros na gestão preditiva, quer por falhas de conectividade, quer por ataques cibernéticos, podem causar interrupções severas nos serviços de transporte, ou até resultar em acidentes graves. A complexidade destes riscos reforça a necessidade de uma cibersegurança rigorosa, abrangendo proteção de dados, monitorização contínua e atualizações frequentes das infraestruturas digitais. O Regime Jurídico da Segurança do Ciberespaço (Lei n.º 46/2018, de 13 de agosto), que transpõe a Diretiva (UE) 2016/1148, aplica-se também a operadores de infraestruturas críticas e de serviços essenciais,





sublinhando a urgência de manter padrões elevados de ciberproteção e resiliência face às ameaças emergentes.

3. Responsabilidade

A questão da responsabilidade legal em caso de falhas ou acidentes envolvendo IA é uma das mais complexas e desafiantes. Quando um veículo autónomo está envolvido num acidente, determinar quem é o responsável - se o fabricante do veículo, o programador do software, ou o utilizador - pode ser extremamente difícil. O mesmo se passa com a integração da IA em sistemas de manutenção ou gestão. Este problema é ainda mais complicado em sistemas de IA que operam de forma autónoma sem supervisão humana constante, como sistemas de gestão de tráfego inteligentes. A futura Diretiva de Responsabilidade da IA da UE¹⁴⁵ será fundamental para clarificar estas questões, mas a sua implementação prática exigirá um esforço coordenado entre legisladores, reguladores e a indústria. Além disso, questões éticas como a transparência dos algoritmos e a equidade no acesso aos benefícios da IA são igualmente cruciais e requerem uma consideração cuidadosa para garantir que os sistemas de IA são utilizados de forma responsável.

4. Falta de Competências e Formação

A adoção da IA na mobilidade e transportes enfrenta desafios significativos relacionados com a falta de competências especializadas nas equipas atuais. O desenvolvimento e implementação de soluções de IA exigem conhecimentos avançados em ciência de dados, aprendizagem automática e engenharia de software, além de um entendimento profundo dos mercados da mobilidade e dos transportes. No entanto, há uma escassez de profissionais qualificados, o que pode não só atrasar a adoção dessas tecnologias como também aumentar os custos associados ao recrutamento e formação.

¹⁴⁵ Proposta de Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à adaptação das regras de responsabilidade civil extracontratual à inteligência artificial, de 28 de setembro de 2022, COM(2022) 496 final.

Adicionalmente, a rápida evolução da IA obriga os trabalhadores a uma constante atualização, colocando pressão sobre as empresas, que precisam de equilibrar o investimento em formação contínua com as exigências operacionais diárias, o que não deixa de criar muitas vezes receio nas equipas e empresas de que a IA possa vir a comprometer postos de trabalho.

A formação adequada é ainda mais crítica, pois a falta de preparação dos operadores pode comprometer a segurança dos sistemas de IA, dado que falhas ou imprecisões podem não ser detetadas e corrigidas atempadamente, resultando em incidentes. Esta questão sublinha a necessidade urgente de investir em programas de formação contínua, adaptados à evolução rápida da tecnologia, para garantir que a IA é utilizada de forma segura e eficiente. Além disso, a instabilidade no trabalho e o receio de ser substituído pela IA podem exacerbar a resistência à sua adoção por parte dos profissionais, criando um ambiente de insegurança laboral e aumentando a necessidade de programas de requalificação e apoio.

Outro fator determinante é a qualidade e disponibilidade de dados e em tempo real, essenciais para o funcionamento eficaz da IA nos transportes. Atualmente, tanto os operadores como as autoridades de transporte encontram-se em níveis de capacitação muito distintos e frequentemente insuficientes, limitando a capacidade de gerar, processar e utilizar dados de forma eficiente. Apesar dos progressos feitos na última década, muitas entidades, tanto públicas como privadas, ainda enfrentam uma falta de competências humanas e técnicas que lhes permita dispor de dados em tempo real de qualidade, essenciais para a otimização dos sistemas de transporte baseados em IA.

5. Implicações Laborais

Prevê-se que a IA contribua para a criação de novos empregos, para o desaparecimento de outros e para a modificação da maioria¹⁴⁶. Enquanto a automação e

¹⁴⁶ EPRS Briefing, p. 5. Segundo um estudo sobre o impacto da IA no mercado de trabalho português, divulgado pela consultora de recrutamento Randstad, em 10 anos, a IA poderá levar à perda líquida de 80,3 mil empregos em Portugal, que se traduzem na automatização de 481 mil postos de trabalho e na criação de 400 mil. As contas



os sistemas autónomos podem eliminar certas funções, como as de condutores de veículos de transporte, também criam oportunidades em áreas como a manutenção de sistemas de IA, a análise de dados e a supervisão de operações automatizadas. Contudo, essa transição exigirá um esforço significativo em termos de requalificação e formação contínua, para garantir que os trabalhadores possam adaptar-se às novas funções. A falta de preparação para estas mudanças pode resultar em desemprego e numa desvalorização das qualificações, o que torna essencial o desenvolvimento de políticas de formação e apoio à transição laboral.

6. Custo e Retorno do Investimento

A implementação da IA nos transportes envolve investimentos iniciais consideráveis em infraestrutura tecnológica, desenvolvimento de software, consumo de energia, formação e manutenção contínua. Estes investimentos são muitas vezes necessários para modernizar infraestruturas e garantir que os sistemas de IA funcionam de maneira eficaz e segura. Contudo, demonstrar o retorno do investimento (ROI) pode ser um desafio, especialmente em indústrias com margens reduzidas.

Embora a IA prometa ganhos significativos em termos de eficiência operacional, sustentabilidade e redução de custos a longo prazo, é importante que as empresas desenvolvam estratégias claras para justificar estes investimentos junto das partes interessadas, demonstrando o impacto positivo ao longo do tempo.

Além disso, é importante destacar a situação das pequenas e médias empresas (PME), que representam uma parte significativa dos transportes, particularmente no transporte rodoviário. Para estas empresas, o desafio não está apenas nas margens de lucro reduzidas, mas também na escassez de capital disponível para realizar os investimentos necessários em tecnologia. Muitas PME enfrentam a realidade de não ter os recursos financeiros suficientes para implementar soluções de IA, o que pode colocar em

risco a sua competitividade face a grandes empresas que conseguem absorver os custos iniciais.

7. Fiabilidade e segurança

A fiabilidade dos sistemas de IA nos mercados da mobilidade e dos transportes é crucial não só para ganhar a confiança do público, mas também para assegurar adesão de empresários, reguladores e decisores públicos. A adoção generalizada de tecnologias como veículos autónomos, sistemas de gestão de tráfego e manutenção preditiva depende da capacidade de provar que estas soluções são seguras e eficazes. A confiança dos empresários é vital para o investimento em tecnologias de IA, pois qualquer falha pode resultar em perdas financeiras significativas e danos reputacionais. Do mesmo modo, os reguladores precisam de garantias robustas de que os sistemas de IA cumprem todos os requisitos legais e regulamentares, desde logo as normas de segurança e operacionais, o que exige testes rigorosos e validações contínuas. Por fim, os decisores públicos, ao planejar infraestruturas e políticas de mobilidade, baseiam-se na confiança de que estas tecnologias melhoram efetivamente a segurança e a eficiência sem comprometer a integridade do sistema de transportes. Qualquer falha pode comprometer a adoção dessas inovações, tornando essencial que a fiabilidade seja assegurada em todos os níveis para facilitar a transição para um ecossistema de mobilidade mais avançado e seguro.

8. Subcontratação e dependência de terceiros

Muitas organizações dependem de fornecedores externos para o desenvolvimento e operação de sistemas de IA. Esta dependência pode levar a uma perda de controlo sobre aspetos cruciais, como a qualidade do software, a segurança dos dados e a conformidade com as normas regulamentares. A subcontratação pode introduzir riscos adicionais, especialmente quando os fornecedores utilizam soluções de “*black box*” ou quando as práticas de gestão de risco não estão alinhadas com as da

constam de um estudo. Estudo disponível online <https://www.randstad.pt/randstad-research/o-impacto-da-inteligencia-artificial/> [consultado em 12/08/2024].



organização contratante. Além disso, problemas na relação com terceiros podem dificultar a identificação de responsabilidades em caso de falhas ou problemas de desempenho, complicando a resolução de incidentes e a manutenção da confiança do público e dos utilizadores finais.

Riscos

Como vimos, a implementação de sistemas de IA nos mercados da mobilidade e dos transportes oferece inúmeras vantagens, mas também sérios desafios para os vários agentes destes mercados, sejam entidades públicas ou privadas, sejam de carácter mais operacional ou regulatório que os pretendem desenvolver e implementar.

A natureza complexa e potencialmente opaca dos sistemas de IA exige uma avaliação rigorosa dos riscos associados à sua implementação. A IA tem a capacidade de processar enormes quantidades de dados, propor ou tomar decisões automáticas e influenciar de forma direta a vida dos indivíduos. Por isso, quando estas tecnologias não são adequadamente reguladas e monitorizadas, os riscos para a privacidade, segurança e equidade podem escalar rapidamente, afetando negativamente tanto os utilizadores quanto a sociedade em geral. Por isso, é fundamental as organizações estejam atentos e proativos na identificação e mitigação desses riscos. Entre os principais riscos da IA nos mercados da mobilidade e dos transportes, estão os seguintes:

a) Vulnerabilidade a ciberataques

À medida que os sistemas de IA se tornam mais integrados nas redes de transporte, a necessidade de medidas robustas de cibersegurança torna-se primordial. De acordo com o relatório da Agência da UE para a Cibersegurança (ENISA), as principais ameaças ao ecossistema da mobilidade e dos transportes prendem-se com ataques de *ransomware*, ameaças relacionadas com o roubo e o comprometimento de dados, software malicioso,

ataques DDoS (*Distributed Denial-of-Service*), *phishing* e ataques às cadeias de abastecimento¹⁴⁷. O Observatório de Cibersegurança do Centro Nacional de Cibersegurança (CNCS), no seu Relatório “Tecnologias Emergentes”¹⁴⁸, disponibiliza uma análise sobre cinco tecnologias que podem ajudar a formar o presente e o futuro tecnológicos, entre as quais a IA, demonstrando que estas são potenciadoras de um aumento da superfície e vetores de ataque cibernético, revelando-se como áreas críticas que importam uma especial atenção em matéria de cibersegurança.

Com os ativos de transporte cada vez mais interligados através de sensores, sistemas de comunicação e processamento de dados, aumenta a superfície de ataque disponível para agentes maliciosos.

Por exemplo, um ataque a um sistema de gestão de tráfego, ou um sistema de manutenção preditiva, controlado por IA pode causar caos numa cidade inteira, manipulando os sinais de trânsito para criar engarrafamentos massivos ou, pior, provocar colisões.

Outro risco é o comprometimento de sistemas de bilhética inteligente, onde cibercriminosos podem roubar dados de pagamento ou bloquear o acesso dos utilizadores ao serviço.

Além disso, um ataque a sistemas de transporte autónomos, como autocarros ou comboios, pode resultar na perda de controlo desses veículos, colocando em risco a vida dos passageiros e transeuntes.

A manipulação de dados em tempo real em sistemas logísticos pode provocar falhas na cadeia de abastecimento, causando prejuízos económicos significativos e desabastecimento em áreas críticas.

A implementação de medidas robustas de cibersegurança é, portanto, vital para proteger a privacidade dos utilizadores, garantir a integridade

¹⁴⁷ “ENISA Transport Threat Landscape: Transport Setor”, março de 2023, disponível online em <https://www.enisa.europa.eu/news/understanding-cyber-threats-in-transport> [consultado em 12/08/2024].

¹⁴⁸ CNCS, “Tecnologias emergentes”, 2023, disponível online em <https://www.cncs.gov.pt/docs/rel-tecemer2023-observ-cncc.pdf> [consultado em 12/08/2024].



das operações de transporte e evitar que incidentes cibernéticos causem danos de grande escala.

b) Preconceitos e discriminação

A IA permite analisar dados demográficos, padrões de deslocação e outras informações, ajudando a desenhar sistemas de transporte mais eficientes e sustentáveis. Isto inclui a integração de várias opções de mobilidade, como transporte público, partilha de bicicletas e micromobilidade, para otimizar a utilização dos recursos disponíveis. No entanto, isso pode replicar e amplificar desigualdades e discriminações existentes ao analisarem dados e padrões sociais.

Os modelos de IA são desenvolvidos e configurados por determinados criadores, que podem inadvertidamente incorporar os seus próprios preconceitos nos sistemas.

Além disso, os conjuntos de dados utilizados para treinar estes modelos podem não representar adequadamente todos os grupos populacionais, resultando em decisões tendenciosas que afetam negativamente grupos de utilizadores determinados.

Por exemplo, nos sistemas de transporte público, como autocarros e comboios inteligentes, ou em plataformas eletrónicas de transporte de passageiros, a IA pode ser usada para otimizar rotas e prever a procura. No entanto, se os dados utilizados para treinar esses sistemas não representarem adequadamente todas as comunidades, algumas áreas podem ser negligenciadas, resultando em serviços menos eficientes ou menos frequentes para essas populações.

Um exemplo adicional seria a discriminação baseada em género em sistemas de IA que, ao analisar padrões históricos de comportamento, acabam por favorecer ou penalizar condutores de determinadas identidades de género nas plataformas de mobilidade.

Outro exemplo pode ocorrer quando um sistema de IA, usado para definir as zonas mais lucrativas para o serviço de táxis, TVDE ou outro semelhante, decide

reduzir a cobertura em áreas com maior densidade de minorias étnicas, devido a dados históricos de menor consumo, exacerbando a exclusão social. Além disso, sistemas de IA que ajustam automaticamente as tarifas de transporte com base em padrões de utilização podem inadvertidamente criar barreiras económicas para grupos de menores rendimentos, dificultando ainda mais o seu acesso a serviços essenciais.

Outro risco pode surgir se a IA for utilizada para prever a “confiabilidade” de passageiros com base em dados demográficos, levando a discriminações injustificadas no acesso a serviços premium ou preferenciais.

Finalmente, um sistema de transporte público que usa IA para planeamento urbano pode priorizar novas infraestruturas em áreas economicamente mais prósperas, deixando as comunidades menos abastadas com um serviço de inferior qualidade ou frequência.

c) Questões de equidade e acessibilidade

Um dos principais riscos associados à implementação de sistemas de IA nos transportes é a potencial incapacidade de garantir o acesso equitativo a todos os indivíduos.

Se os sistemas não forem concebidos com base em conjuntos de dados suficientemente diversificados, há o risco de exacerbarem desigualdades já existentes, particularmente entre populações já marginalizadas ou com barreiras de acesso.

Por exemplo, em áreas onde a criminalidade é mais elevada, um sistema de IA que defina rotas de transporte público apenas com base em critérios de eficiência económica pode resultar na exclusão dessas comunidades, limitando ainda mais o seu acesso a serviços essenciais.

Outro cenário possível é o desenvolvimento de sistemas de IA que priorizem a operação em áreas de



maior rendimento económico, negligenciando zonas rurais ou periferias, o que pode levar a uma marginalização adicional dessas populações.

Além disso, em locais onde a densidade populacional é baixa, a IA pode decidir reduzir ou eliminar certos serviços de transporte, com base numa análise puramente económica, ignorando as necessidades fundamentais de mobilidade dessas comunidades.

A acessibilidade tecnológica é outra preocupação significativa, já que certas populações com menor literacia digital podem ter dificuldade em aceder a sistemas de transporte que privilegiam meios de acesso estritamente digitais, reforçando os efeitos negativos de populações vítimas de infoexclusão.

Igualmente, sistemas de IA que não consideram as necessidades de pessoas com deficiência também podem agravar a exclusão, ao não assegurar a acessibilidade universal.

É crucial que os sistemas de IA utilizados na mobilidade e nos transportes sejam concebidos para promover a igualdade de acesso, garantindo que

todas as comunidades, independentemente da sua condição social, geográfica ou nível de literacia digital, tenham um transporte justo e acessível.

d) Resultados não fiáveis, não seguros ou de má qualidade

A qualidade dos conjuntos de dados existentes pode influenciar fortemente o desempenho e a precisão dos modelos de IA, o que, como vimos, é um grande desafio nos mercados da mobilidade e dos transportes.

Conjuntos de dados enviesados ou incompletos podem resultar em previsões de IA enviesadas ou inexatas, com consequências significativas no mundo real. A implementação irresponsável de sistemas de IA pode resultar em produtos de baixa qualidade, inseguros ou pouco fiáveis. Estes resultados podem comprometer a segurança e o bem-estar dos utilizadores, minar a confiança na tecnologia e desperdiçar recursos públicos em soluções ineficazes ou prejudiciais.



Na manutenção preditiva de veículos de carga, por exemplo, uma má gestão de dados e práticas de implementação negligentes podem resultar em falhas dos sistemas de IA, levando a diagnósticos incorretos. Isto pode causar avarias inesperadas, colocando em risco a segurança dos condutores e a integridade das mercadorias.

Por exemplo, um sistema de IA responsável pela monitorização das condições da infraestrutura pode falhar em detetar sinais de desgaste ou degradação, resultando em acidentes graves ou colapsos de pontes, por não ter identificado a necessidade de manutenção atempadamente.

Além disso, um sistema de IA que gere a sinalização em redes ferroviárias pode, devido a erros nos dados ou falhas nos algoritmos, enviar indicações incorretas, resultando em colisões de comboios ou descarrilamentos.

Outro risco poderia envolver sistemas de IA que monitorizam em tempo real as condições de carga dos camiões: um erro de leitura ou processamento pode levar a uma má distribuição da carga, provocando acidentes rodoviários.

Noutro exemplo, há o risco de a IA negligenciar a consideração de características específicas e da diversidade de desafios de transporte entre comunidades, já que o desenvolvimento de um sistema de IA a partir de conjuntos de dados restritos podem levar o sistema de IA a concluir que certas soluções de transporte específicas de uma comunidade podem ser aplicadas universalmente.

e) Monopolização de dados e vigilância

A crescente utilização de *Big Data* e IA tem reservado uma posição privilegiada de certos operadores no ecossistema de dados da mobilidade e dos transportes.

Este cenário pode levar à monopolização de dados, onde grandes plataformas de serviços de mobilidade

ou fabricantes de veículos detêm o controlo de um conjunto vastíssimo de dados e informações dos utilizadores, incluindo dados pessoais e informações sensíveis.

Essa posição privilegiada pode ser usada para manipular o mercado, restringir a concorrência e influenciar decisões políticas, criando desequilíbrios que beneficiam os seus próprios interesses em detrimento do bem comum.

Por exemplo, uma grande plataforma de transporte pode utilizar os dados recolhidos para ajustar as tarifas de forma a eliminar a concorrência de operadores menores, tornando-se dominante no mercado.

Outro risco é a possibilidade de grandes operadores utilizarem os dados para personalizar serviços de forma a maximizar os lucros, sem considerar o impacto social ou económico nas comunidades locais.

Além disso, a monitorização detalhada dos movimentos e comportamentos das pessoas pode levar a uma erosão da privacidade e à criação de perfis que são utilizados para influenciar ou manipular o comportamento dos utilizadores, sem o seu consentimento explícito¹⁴⁹.

A centralização do poder em torno de dados por parte de poucas entidades também pode dificultar a entrada de novos operadores no mercado, limitando a inovação e perpetuando práticas monopolistas. É essencial que a conformidade com a legislação de proteção de dados e concorrência seja rigorosamente assegurada para evitar esses riscos.

f) Desempenho sob condições extremas

À medida que os sistemas de IA se tornam mais integrados nas redes de transporte, cresce a necessidade de implementar medidas robustas de cibersegurança e garantir a sua capacidade de operar em condições extremas. Embora eficazes em

¹⁴⁹ ORDEM DOS PSICÓLOGOS PORTUGUESES, "Contributo Científico OPP – O Factor Humano na Inteligência Artificial – Recomendações Estratégicas para a

Sustentabilidade", 2023, disponível online em https://www.ordemdospsicologos.pt/ficheiros/documentos/opp_ofactorhumanonainteligenciaartificial.pdf [consultado em 12/08/2024].



cenários normais, os sistemas de IA podem enfrentar sérias dificuldades quando confrontados com situações imprevistas, como condições meteorológicas adversas, desastres naturais ou obstáculos inesperados. Esta limitação pode comprometer a segurança e a fiabilidade das infraestruturas de transporte.

Por exemplo, em situações de nevoeiro intenso, um sistema de navegação autónoma pode falhar em detetar corretamente os contornos da estrada, levando a desvios perigosos ou colisões. Em casos de inundações, a IA pode não ajustar as rotas de forma eficaz, expondo veículos e passageiros a riscos adicionais. Em situações mais graves, como terremotos ou incêndios florestais, os sistemas de IA podem falhar na previsão e gestão do fluxo de tráfego, resultando em congestionamentos e impedindo evacuações rápidas e seguras. Além disso, a incapacidade dos sistemas de IA em lidar com falhas súbitas de energia ou outros recursos críticos pode levar à interrupção de serviços essenciais de transporte, com consequências potencialmente graves para as populações afetadas.

Para mitigar estes riscos, é crucial assegurar que os sistemas de IA sejam suficientemente robustos e que existam medidas de contingência para lidar com condições extremas. Além disso, é fundamental que a IA funcione em interligação com outros serviços essenciais, como meteorologia, segurança pública, gestores de infraestruturas e proteção civil. A coordenação em tempo real entre estes serviços melhora significativamente a resposta a emergências e condições adversas, permitindo ajustes automáticos de rotas com base em alertas meteorológicos, uma gestão mais eficiente do tráfego em desastres naturais e evacuações mais rápidas e seguras.

Esta interligação reforça a resiliência e a fiabilidade dos sistemas de transporte, garantindo que as decisões tomadas pela IA sejam complementadas por dados críticos e atualizados, assegurando a segurança e eficiência em situações de risco elevado.

g) Violação de privacidade

A violação da privacidade dos utilizadores e condutores é um dos principais riscos da implementação da IA nos mercados da mobilidade e dos transportes.

Para funcionarem eficazmente nestes mercados, as aplicações de IA nestes mercados requerem a recolha e o tratamento de grandes quantidades de dados, muitos dos quais são considerados dados pessoais à luz do Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (RGPD)¹⁵⁰ e da legislação de proteção de dados.

Por exemplo, os veículos autónomos necessitam de uma vasta quantidade de dados para operar eficazmente, como os padrões de condução, os dados relativos a hábitos/ padrões de deslocação de passageiros (através da leitura de entradas e saídas dos transportes com utilização de títulos mensais) e outros dados de saúde dos condutores. Também o uso de IA para a gestão de cadeias de abastecimento e o rastreamento em tempo real de entregas pode pressupor a recolha e tratamento de grandes volumes de dados pessoais, muitas vezes sem o conhecimento ou consentimento dos indivíduos.

Haverá também, naturalmente, interesse dos prestadores de serviços em comercializar estes dados, nomeadamente para fins de publicidade dirigida. O tratamento destes dados pessoais sem o consentimento e garantias de segurança adequadas e a sua partilha com terceiros podem constituir sérias violações do direito dos indivíduos à privacidade.

Um operador de transportes pode decidir monitorizar os padrões de comportamento dos passageiros através de câmaras de vigilância alimentadas por IA em autocarros e comboios, para aumentar a segurança. No entanto, se essas gravações forem usadas para outros fins, como a análise de comportamento de consumo, sem o devido consentimento, isso constituiria uma grave violação do direito à privacidade. Outro exemplo seria a

¹⁵⁰ Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de abril de 2016 relativo à proteção das pessoas singulares no que diz respeito ao tratamento de dados pessoais e à livre circulação desses dados e que revoga a Diretiva 95/46/CE.

utilização de IA em sistemas de pagamento por reconhecimento facial em transportes públicos, que, se não forem geridos com os devidos cuidados, podem levar ao armazenamento indevido de dados biométricos sensíveis.

Há também o risco de que sistemas de IA usados para prever a procura de transporte em diferentes áreas possam rastrear movimentos pessoais de forma excessiva, criando perfis detalhados dos hábitos de deslocação dos indivíduos, o que comprometeria a sua privacidade.

Finalmente, uma aplicação de mobilidade que partilhe dados de localização dos utilizadores com terceiros para fins de marketing, sem o consentimento explícito destes, pode comprometer a privacidade e segurança dos indivíduos, o que consubstanciaria uma prática ilegal, tendo em conta que o consentimento do titular de dados pessoais é essencial para o tratamento dos mesmos.

h) Resultados não transparentes, inexplicáveis ou injustificáveis

Muitos modelos de IA operam através de processos complexos que escapam à compreensão humana, tornando os resultados opacos – são as designadas “*black boxes*”.

No caso dos algoritmos treinados através de técnicas de aprendizagem autos supervisionada ou não supervisionada, certas decisões podem ser de difícil compreensão e explicação, mesmo para os próprios criadores. Quanto mais complexos forem os algoritmos e quanto mais crítica for a segurança da aplicação, mais necessária é a transparência e a explicação dos resultados.

Esta falta de transparência pode ser problemática em aplicações de mobilidade e transportes, onde decisões automatizadas afetam diretamente a segurança e a integridade física dos utilizadores, bem como o acesso a serviços públicos essenciais.

Nos sistemas de bilhética inteligente em transportes públicos, por exemplo, a IA pode ser usada para definir preços dinâmicos com base na procura e em

vários outros fatores. No entanto, se os critérios e algoritmos usados para definir esses preços não forem transparentes, os utilizadores podem sentir-se injustiçados quando confrontados com aumentos de preços inesperados ou inconsistentes.



Por exemplo, um sistema de IA que decide automaticamente quando e onde aumentar o número de autocarros em circulação pode fazê-lo com base em dados que não são compreendidos ou verificáveis pelos gestores do sistema, levando a decisões que podem parecer arbitrárias para o público.

Um outro exemplo surge quando uma IA determina que uma ponte ou túnel deve ser fechado por razões de segurança, mas sem fornecer uma explicação clara aos responsáveis técnicos, o que pode causar confusão e atrasos desnecessários.

Em plataformas de mobilidade, um sistema de IA que ajusta tarifas em tempo real pode não conseguir explicar aos condutores e passageiros qual a razão para que certas viagens sejam repentinamente mais caras ou baratas, o que pode levar a percepções de manipulação injusta.

Outro exemplo poderia envolver um sistema de IA que, sem explicação clara, decide alterar as rotas de camiões de mercadorias, causando atrasos e aumento de custos operacionais, sem que os operadores possam compreender ou contestar a lógica por trás dessa decisão.

Finalmente, em sistemas de navegação autónoma, um sistema de IA que toma decisões inexplicáveis sobre rotas em tempo real pode levar a colisões ou outros incidentes, especialmente em situações onde os condutores não compreendem as mudanças abruptas nas instruções.

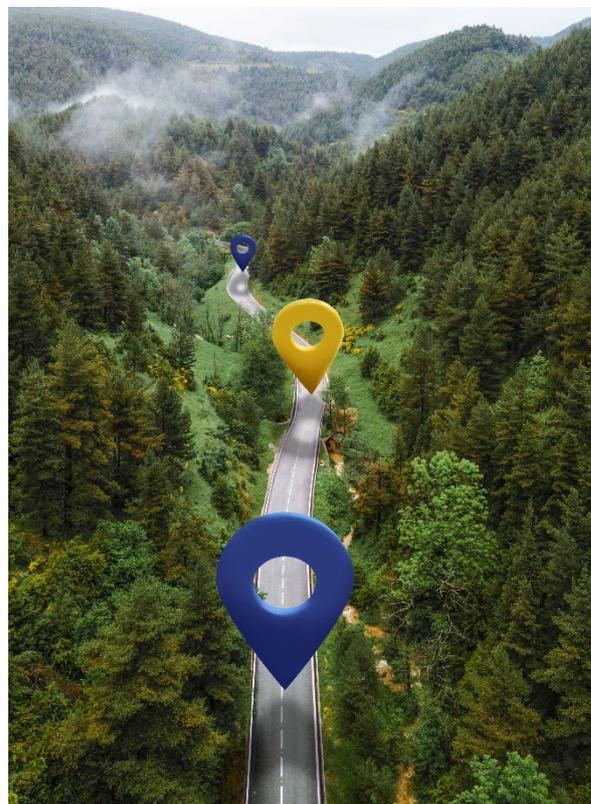
i) Dependência excessiva da tecnologia e negação da autonomia

A crescente dependência da IA pode levar a uma redução significativa da capacidade humana de tomar decisões críticas, especialmente em emergências. A confiança total em sistemas automatizados pode resultar em falhas catastróficas quando a tecnologia não funciona como esperado. A ausência de intervenção humana adequada em momentos cruciais pode agravar incidentes que, de outro modo, poderiam ser mitigados por uma ação rápida e decisiva.

Quando as decisões importantes sobre o funcionamento de produtos e serviços de mobilidade são delegadas a sistemas de IA, os cidadãos enfrentam também um desafio significativo: compreender as decisões tomadas e responsabilizar as entidades envolvidas. A automação de funções anteriormente realizadas por humanos dificulta a atribuição de responsabilidades, o que pode comprometer a autonomia dos utilizadores e limitar o exercício dos seus direitos, sobretudo quando ocorrem resultados desfavoráveis ou prejudiciais. Por exemplo, no caso de uma falha num veículo

autónomo que resulte numa colisão, os passageiros podem não ter a capacidade de intervir para evitar danos que poderiam ter sido prevenidos por uma resposta humana. Além disso, um sistema de IA que controla automaticamente o tráfego urbano pode causar engarrafamentos ou até acidentes em caso de falhas técnicas, sem que haja uma intervenção humana eficaz e atempada para corrigir a situação. Outro exemplo é a navegação autónoma que ajusta rotas automaticamente para evitar congestionamentos, mas que inadvertidamente pode conduzir os utilizadores para áreas inseguras ou com infraestrutura inadequada, sem que os mesmos possam questionar ou alterar a rota sugerida.

Este cenário sublinha a necessidade urgente de cartografia adequada e constantemente atualizada, para evitar que sistemas de navegação levem os utilizadores a trajetos indesejados ou perigosos. A precisão na representação de vias e a identificação de áreas com menor segurança ou capacidade limitada são essenciais para garantir que a tecnologia serve os interesses dos cidadãos sem colocar em risco a sua segurança ou autonomia.



6.

PRINCÍPIOS PARA UTILIZAÇÃO ÉTICA, TRANSPARENTE, DE CONFIANÇA E RESPONSÁVEL DA IA





6. PRINCÍPIOS PARA UTILIZAÇÃO ÉTICA, TRANSPARENTE, DE CONFIANÇA E RESPONSÁVEL DA IA

A governação responsável da IA requer um conjunto abrangente de princípios destinados a garantir que os sistemas de inteligência artificial são concebidos e utilizados de forma transparente, justa, responsável, não enviesada, inclusiva e que respeitam os direitos humanos.

Estes princípios formam a base para quadros éticos que fornecem orientações sobre como implementar tecnologias de IA de forma responsável, especialmente nas cidades inteligentes e na mobilidade e transportes.

Transparência e explicabilidade

A transparência e a explicabilidade são fundamentais para assegurar que a utilização da IA nos mercados da mobilidade e dos transportes seja feita de forma ética, transparente, de confiança e responsável. Estes conceitos promovem a confiança nos sistemas de IA e garantem que todos os envolvidos — desde utilizadores comuns a reguladores — compreendem como as decisões são tomadas e como estas impactam o ambiente em que vivemos e nos movimentamos diariamente.

Quando falamos de transparência, referimo-nos à necessidade de tornar visível o processo pelo qual os sistemas de IA tomam decisões e aprendem a adaptar-se ao seu ambiente. Isso inclui a forma como os dados são geridos, analisados e utilizados para gerar resultados.

Para que a IA seja verdadeiramente transparente, é essencial que o seu funcionamento possa ser descrito, inspecionado e, idealmente, reproduzido por outros.

Esta clareza é mais simples nos modelos tradicionais de IA, onde os algoritmos seguem regras pré-determinadas (*“rule-based AI”*), mas torna-se mais complexa nos sistemas modernos, que aprendem e evoluem autonomamente

a partir de grandes quantidades de dados. Nestes casos, a transparência não se limita ao funcionamento interno dos algoritmos, mas também à governação dos dados que os alimentam, assegurando que são utilizados de forma ética e segura.

Garantir essa transparência é um desafio, especialmente pela necessidade de proteger os direitos de propriedade intelectual dos desenvolvedores de IA.

Embora seja importante proteger os algoritmos e códigos-fonte, é essencial que existam mecanismos para explicar, inspecionar e reproduzir as decisões tomadas – nomeadamente pelos reguladores.

Mesmo quando os processos técnicos são complexos (*“black boxes”*), medidas como a documentação detalhada dos dados e processos podem garantir a transparência, permitindo rastrear o ciclo de desenvolvimento e decisão do sistema de IA.

A explicabilidade refere-se à capacidade de comunicar claramente como um sistema de IA funciona.

Garante que todos - desde utilizadores a reguladores - compreendem como e porquê as decisões são tomadas.

Esta clareza é essencial para aumentar a aceitação e a confiança nas soluções de IA. A explicabilidade é também determinante em situações críticas, onde as decisões dos sistemas de IA precisam ser justificadas e compreendidas, permitindo a tomada de decisões informadas. E, claro, essa clareza permite a fiscalização e verificação regulatória pelas autoridades competentes.

Transparência e explicabilidade devem ser asseguradas em duas fases:

1. Antes da decisão: garantindo clareza sobre as capacidades do sistema, o seu nível de precisão e limitações.
2. Após a decisão: através de processos de verificação e auditoria.



Na fase pré-decisão, é importante que toda a documentação técnica esteja acessível em repositórios de livre acesso, permitindo aos utilizadores compreender o funcionamento e as limitações do sistema. Na fase pós-decisão, a explicabilidade permite verificar se o sistema atuou conforme o esperado e antecipar possíveis consequências de futuras ações. Mais do que entender as questões técnicas dos algoritmos, é fundamental garantir que o processo de tomada de decisão seja claro e auditável.

Na mobilidade e transportes, a transparência e explicabilidade são ainda mais necessárias devido ao impacto direto que estas tecnologias têm na vida quotidiana das pessoas e na segurança pública.

Reguladores e autoridades precisam de ter uma compreensão clara de como os sistemas de IA tomam decisões, para garantir que estas estão em conformidade com as normas regulamentares e com as normas de segurança e operacionais.

Todos os envolvidos nos mercados da mobilidade e transportes devem estar preparados para explicar aos utilizadores e aos reguladores como é que os algoritmos funcionam, especialmente em áreas como formação e gestão de preços, otimização de rotas e resposta a incidentes.

Por exemplo, num sistema de transporte público que utiliza IA para otimizar rotas e horários, é fundamental que os operadores, passageiros e reguladores compreendam os critérios utilizados. O mesmo se aplica aos mecanismos de formação de preços, não só mas também em plataformas de mobilidade partilhada, onde a IA desempenha um papel relevante: é essencial que esses processos sejam transparentes e auditáveis.

A perceção de justiça e clareza nas decisões é vital para a aceitação destas soluções, especialmente quando afetam o dia-a-dia de muitas pessoas.

Passageiros devem ser informados de como e porquê as decisões são tomadas, compreendendo que se baseiam em dados concretos e têm como objetivo melhorar a experiência de utilizador.

Autoridades precisam de avaliar se as decisões estão em conformidade com as obrigações legais e regulamentares, assegurando a segurança de todos os envolvidos.

A explicabilidade é igualmente importante em cenários onde os operadores precisam de fornecer respostas rápidas e claras aos utilizadores.

Em plataformas de mobilidade partilhada, onde a IA ajusta os preços com base na procura e oferta, é vital que motoristas, passageiros e reguladores compreendam as razões por detrás das variações de preços. A transparência neste processo não só evita percepções de exploração, mas também garante que os utilizadores continuam a confiar no serviço e que os reguladores verifiquem que ele cumpre as regulamentações aplicáveis.

A documentação técnica dos algoritmos de IA desempenha um papel fundamental na manutenção da confiança e na regulação eficaz.

Ela permite que terceiros - reguladores ou investigadores - possam auditar os sistemas e verificar a conformidade com as normas de segurança. Por exemplo, num sistema de gestão de tráfego que utiliza IA para controlar semáforos, é essencial que exista um registo transparente do funcionamento dos algoritmos, garantindo que as decisões maximizam a eficiência sem comprometer a segurança.

O mesmo se aplica ao transporte marítimo, onde a IA gere portos com base em critérios claros, assegurando segurança e evitando distorções de concorrência.

No caso dos veículos autónomos, a transparência é ainda mais crítica. Se um veículo autónomo tomar uma decisão que resulte num acidente, os dados subjacentes e o raciocínio do algoritmo devem estar facilmente acessíveis para investigação e análise. Isto aumenta a segurança e constrói a confiança do público nestas tecnologias.

A comunicação com os utilizadores finais deve ser sempre clara e acessível. Em cidades com sistemas

de bilhética inteligentes, os passageiros devem entender como os é que seus dados de viagem são utilizados e como é que as tarifas são calculadas. Por exemplo, explicar que a tarifa variável ao longo do dia é baseada em dados históricos de procura pode garantir maior aceitação pelos passageiros e conformidade regulatória.

regulares e comunicação proativa sobre mudanças nos algoritmos de previsão de tráfego, que podem afetar a mobilidade nas cidades.

Desta forma, a confiança e a segurança permanecem no centro da evolução da IA nos mercados da mobilidade e dos transportes.



A gestão dos dados recolhidos também deve ser transparente. Em sistemas como o reconhecimento de matrículas para portagens, os dados dos utilizadores devem ser tratados com privacidade, com a sua utilização claramente explicada.

No transporte ferroviário, onde a IA monitoriza o estado da infraestrutura para manutenção preditiva, é essencial que exista um registo transparente dos algoritmos para garantir que as decisões maximizam a eficiência sem comprometer a segurança.

Por fim, a transparência deve ser uma prática contínua, desde a implementação até à atualização dos sistemas de IA. Isso implica atualizações

Responsabilização

Para garantir que a utilização da IA nos mercados da mobilidade e dos transportes seja feita de maneira ética e responsável, é necessário estabelecer mecanismos robustos de responsabilização, tanto para os desenvolvedores como para os utilizadores.

A responsabilidade nunca pode ser transferida para as máquinas; deve haver sempre uma pessoa ou entidade claramente identificável que responda por qualquer decisão ou ação tomada por um sistema de IA. Assim, em caso de falha ou erro, é crucial que seja possível rastrear a origem do problema e determinar



quem é responsável, seja durante o desenvolvimento, implementação ou operação do sistema.

Este conceito de responsabilidade exige não só a identificação clara de quem presta contas, mas também a assunção desse compromisso por todas as entidades envolvidas no desenvolvimento e utilização dos sistemas de IA.

Cada empresa ou organização deve garantir que existe sempre uma figura responsável pelas operações e pelas consequências das decisões tomadas pelos sistemas que utiliza ou desenvolve.

Além disso, a gestão de risco desempenha um papel central na responsabilização. A gestão de risco é uma prática contínua que envolve a identificação, avaliação e mitigação de problemas potenciais antes que estes possam causar impacto significativo. Isto inclui não apenas riscos técnicos, mas também riscos éticos e operacionais, que devem ser monitorizados ao longo de todo o ciclo de vida dos sistemas de IA. A responsabilidade pela gestão de risco deve ser claramente atribuída, de modo a permitir a implementação de medidas preventivas e corretivas de forma eficaz.

Outro aspeto essencial da responsabilização é a possibilidade de realizar auditorias em qualquer fase do ciclo de operações de um sistema de IA, desde a origem dos dados até à sua utilização final. Em cada etapa, deve estar claro quem é responsável pelo bom funcionamento do sistema e pela sua conformidade com a legislação e regulamentação, ou, na sua ausência, com as melhores práticas aceites.

Além disso, é igualmente importante identificar, avaliar e mitigar os impactos negativos causados pelos sistemas de IA, comunicando de forma clara os resultados e as ações tomadas.

Esse esforço de responsabilização deve ser liderado por quem monitoriza continuamente o sistema durante as fases de desenvolvimento e operação, fornecendo suporte aos utilizadores e supervisionando riscos éticos, tanto antes como depois de o sistema entrar em serviço.

Esses mecanismos devem estar fortemente ligados à gestão de risco e ao rastreio completo dos procedimentos e resultados, permitindo que terceiros possam auditar e compreender as decisões tomadas.

Na mobilidade e transportes, a responsabilidade dos sistemas de IA é essencial para garantir a segurança e confiança dos utilizadores. As decisões automatizadas devem ser justas, seguras e conformes às normas regulamentares.

Por exemplo, qualquer decisão tomada por um sistema de IA, seja na otimização de rotas ou na gestão de tráfego, deve ser rastreável e passível de explicação detalhada. Se um veículo autónomo estiver envolvido num acidente, deve ser possível rastrear essa decisão até aos algoritmos e dados específicos utilizados, permitindo uma auditoria completa e independente.

Essa capacidade de auditoria não deve ser exceção, mas sim uma prática comum em todas as fases de desenvolvimento e operação dos sistemas de IA, sempre com uma clara identificação dos responsáveis.

Além disso, as empresas que utilizam IA devem ser capazes de demonstrar que as suas decisões se baseiam em dados fiáveis e que não discriminam injustamente certos grupos de utilizadores.

Por exemplo, uma plataforma de mobilidade partilhada que utiliza IA para ajustar os preços de acordo com a procura deve ser capaz de explicar claramente como esses preços são definidos, garantindo que não criam barreiras de acesso para determinados utilizadores.

Se surgirem preocupações sobre equidade ou acessibilidade, uma análise independente pode avaliar se o sistema de IA está a operar de forma justa. Em caso de problemas, deve haver sempre uma entidade responsável pela correção e comunicação das medidas adotadas.

É igualmente importante que os operadores de sistemas de transporte estabeleçam mecanismos



claros para reportar e corrigir falhas ou injustiças resultantes de decisões automatizadas.

Se um sistema de gestão de tráfego baseado em IA provocar congestionamentos inesperados ou atrasos em determinadas áreas, deve haver um processo ágil para identificar a causa, corrigir o problema e comunicar as ações tomadas às pessoas afetadas.

No caso de um sistema ferroviário em que a IA gere a circulação dos comboios, se ocorrerem atrasos ou falhas, os operadores devem estar preparados para responder de forma rápida e transparente.

Há várias aplicações de IA em uso na mobilidade que levantam questões de privacidade e segurança de dados. Um exemplo é a recolha de dados provenientes de passes ou bilhetes personalizados, que geram grandes volumes de informações pessoais. Estes dados, se não forem devidamente protegidos, podem ser explorados de forma maliciosa, colocando em risco a privacidade dos utilizadores. As empresas que desenvolvem e implementam IA nestes mercados devem garantir que os seus sistemas operam em conformidade com as normas de segurança e proteção de dados, assegurando que a informação recolhida está protegida contra acessos não autorizados.

Em casos mais avançados, como a implementação de reconhecimento facial para controlo de acessos em transportes públicos, é ainda mais crucial que as empresas assegurem o respeito pela privacidade e a proteção dos dados, prevenindo a sua exploração indevida. Esta responsabilidade vai além do técnico e inclui também uma dimensão ética.

As empresas precisam de garantir que as decisões automatizadas não criam injustiças. Por exemplo, uma plataforma de mobilidade que ajusta as tarifas de viagem dinamicamente deve garantir que os preços não se tornam inacessíveis para determinados grupos, assumindo a responsabilidade de proporcionar acesso justo a todos. Num sistema ferroviário, um sistema de IA que gere a venda de bilhetes deve ser concebido para evitar aumentos de preços injustificados durante períodos de alta

procura, garantindo que o transporte permanece acessível a todos os passageiros.

A capacidade de corrigir erros de forma rápida e eficaz é outra dimensão essencial da responsabilização. Se um sistema de IA cometer um erro, como atribuir erradamente uma infração de trânsito num sistema de reconhecimento de matrículas, deve haver um processo claro para corrigir e compensar a pessoa afetada. Este tipo de mecanismo é igualmente importante em sistemas de controlo de embarque automatizados, onde um erro na identificação de passageiros pode causar transtornos significativos se não for corrigido prontamente.

Finalmente, as empresas e organizações que operam nos transportes devem colaborar estreitamente com reguladores e outras partes interessadas para garantir que os sistemas de IA são auditados regularmente e que qualquer preocupação levantada seja abordada de forma transparente e responsável. Esta colaboração incentiva a inovação sem comprometer a segurança e a justiça.

A responsabilização, entendida desta forma, é essencial para manter a confiança do público nas tecnologias de IA e garantir o desenvolvimento sustentável e ético dos mercados da mobilidade e dos transportes.

Supervisão e intervenção humana

Nos mercados da mobilidade e dos transportes, a autonomia e supervisão humanas são essenciais para garantir a confiança nos sistemas de IA e assegurar que não comprometem a autodeterminação, os direitos, liberdades e garantias dos indivíduos, bem como a sua segurança.

A intervenção humana não é apenas um complemento necessário, mas sim uma salvaguarda que assegura que a tecnologia serve como uma ferramenta auxiliar, e nunca como um substituto das capacidades humanas.

Em todas as vertentes, desde o transporte público até às infraestruturas - rodoviárias, ferroviárias, portuárias, aeroportuárias, plataformas logísticas,



gares intermodais e outros interfaces - , é essencial que os seres humanos mantenham a capacidade de tomar decisões informadas e responsáveis, prevenindo as designadas “alucinações da máquina” - situações em que a IA pode errar sem uma supervisão humana para corrigir o curso. A tecnologia deve, por isso, ser desenhada para não só apoiar, mas capacitar a intervenção humana, permitindo que esta possa rever, questionar e, quando necessário, alterar as decisões tomadas pelos sistemas de IA. Esta capacidade é especialmente importante em situações de alto impacto que envolvam a segurança de pessoas e infraestruturas.

Esta supervisão humana deve estar integrada desde o início, já na conceção do próprio sistema de IA. A capacidade de um ser humano intervir, contestar ou mesmo anular as decisões da IA não é apenas desejável, é fundamental.

Este princípio é também refletido no Regulamento IA para sistemas de alto risco, que estabelece que os sistemas de IA devem incluir “mecanismos para orientar e informar uma pessoa singular incumbida da supervisão humana de forma que tome decisões informadas sobre se, quando e como intervir, a fim de evitar consequências negativas ou riscos, ou a que pare o sistema se não funcionar como previsto”.

É essencial que haja sempre uma pessoa responsável, com autoridade e capacidade para interromper o sistema por meio de um botão ou dispositivo de emergência que permita suspender o funcionamento do sistema de forma segura.

Neste contexto, é fundamental que a IA nunca substitua o ser humano na tomada de decisões ou na execução de ações sem o consentimento explícito e informado.

Nenhum sistema autónomo de IA deve ter a capacidade de ultrapassar ou ignorar uma decisão humana sem a aprovação clara e consciente, e deve ser sempre garantido que um ser humano possa retomar o controlo total a qualquer momento.

A possibilidade de corrigir ou anular qualquer processo em curso é essencial para assegurar a

responsabilidade e a segurança, reforçando a primazia do julgamento humano sobre a ação automatizada. Este princípio garante não apenas a transparência e a confiança no uso da IA, mas também a proteção dos direitos dos utilizadores e a mitigação de riscos associados à automação.

Esta supervisão humana deve estender-se a todas as fases do ciclo de vida dos sistemas de IA, desde o desenvolvimento até à operação contínua, garantindo que as decisões tomadas pela IA são justas, seguras e conformes aos enquadramentos regulatórios. As empresas e organizações responsáveis por esses sistemas devem garantir que os profissionais envolvidos possuem as competências, formação e autoridade necessárias para identificar e mitigar potenciais vieses e erros algorítmicos.

No transporte público, a supervisão humana é importante para garantir que as rotas e horários definidos por sistemas de IA atendam de forma justa e eficiente às necessidades de todas as comunidades, promovendo um serviço inclusivo e equitativo.

Além disso, a segurança dos passageiros e a integridade das operações devem ser sempre prioridades, exigindo que os operadores humanos possam intervir prontamente em caso de falhas ou emergências. Num sistema de condução autónoma, por exemplo, os operadores devem ter a capacidade de assumir o controlo manual do veículo em situações críticas, como condições meteorológicas adversas ou falhas técnicas inesperadas.

De forma semelhante, nos transportes marítimos, a supervisão humana é importante para garantir que, em caso de problemas na navegação assistida por IA, os comandantes ou mestres na navegação possam tomar as decisões necessárias para assegurar a segurança da tripulação, dos passageiros e da carga.

A supervisão humana também deve estar presente em sistemas de gestão de tráfego, onde a IA pode otimizar o fluxo de veículos em tempo real, mas os operadores humanos devem ser capazes de monitorizar o sistema e intervir se detetarem padrões



de tráfego anómalos que a IA não consiga resolver adequadamente, como emergências ou acidentes.

No contexto das infraestruturas, a supervisão humana é importante tanto na gestão da infraestrutura como na gestão do serviço. Na gestão da infraestrutura, a IA é frequentemente utilizada para monitorizar e manter vias-férreas, rodoviárias e outros ativos críticos, recorrendo à manutenção preditiva para identificar potenciais falhas antes que ocorram. No entanto, a intervenção humana é essencial para validar estas previsões e garantir que a integridade da infraestrutura é preservada, corrigindo eventuais falhas dos sistemas automatizados.

Na gestão do serviço, que inclui, por exemplo, a circulação de veículos ou comboios e a coordenação de horários, a IA pode otimizar a eficiência e reduzir atrasos. Contudo, a supervisão humana é necessária para assegurar que, em caso de falha dos sistemas ou imprevistos, os operadores possam ajustar as operações de forma rápida e segura, minimizando o impacto nos passageiros.

A formação contínua dos operadores humanos é um elemento-chave para assegurar que possuem as competências adequadas para supervisionar e intervir nos sistemas de IA, particularmente em cenários críticos onde a segurança é uma preocupação central. As empresas devem implementar programas de formação rigorosos e atualizados, adaptados ao papel crescente da IA nos sistemas de transporte. Estes programas de formação devem abranger não só o domínio técnico dos sistemas de IA, mas também a capacidade de identificar e mitigar potenciais riscos ou erros algorítmicos.

A supervisão humana robusta nos sistemas de IA na mobilidade e transportes não só protege os utilizadores e a integridade das infraestruturas, mas também fortalece a confiança pública nas novas tecnologias, promovendo uma adoção mais ampla e sustentável, bem como uma maior coesão territorial, económica e social. Em última análise, a combinação de IA e supervisão humana resulta em sistemas de transporte mais eficientes, seguros e justos.

Equidade e não discriminação

A equidade e a não discriminação são princípios essenciais que devem nortear o desenvolvimento e a aplicação de sistemas de IA nos mercados da mobilidade e dos transportes.

Estes princípios garantem que os sistemas de IA tomam decisões justas e imparciais, assegurando que todos os utilizadores têm acesso equitativo aos serviços, independentemente da sua localização, condição socioeconómica, género ou etnia. Não se trata apenas de uma questão ética; é também fundamental para a preservação dos direitos individuais e para o funcionamento de uma sociedade justa.

Quando um sistema de IA apresenta preconceitos ou enviesamentos, pode gerar resultados injustos e discriminatórios, perpetuando e ampliando desigualdades existentes. Esses erros podem ter origem no desenho e desenvolvimento do algoritmo, nas decisões tomadas durante a codificação, ou na recolha, seleção e utilização dos dados que alimentam o sistema. Assim, é indispensável identificar e eliminar esses vieses desde as primeiras fases de desenvolvimento do sistema, garantindo que a IA opera de forma justa e equitativa.

A prevenção de preconceitos deve começar logo na fase de recolha e seleção dos dados utilizados desde os dados de treino até aos de validação e testagem.

As empresas que desenvolvem sistemas de IA têm a responsabilidade de garantir que esses conjuntos de dados são rigorosamente auditados, abrangendo uma representação diversa e completa de pessoas e situações. Isto é especialmente importante quando os dados são recolhidos automaticamente ou adquiridos a fornecedores externos.

Por exemplo, ao otimizar rotas de transporte público, é vital que a IA considere as necessidades de todas as comunidades, incluindo aquelas localizadas em áreas menos favorecidas, para evitar a exclusão de qualquer grupo. A monitorização contínua dos sistemas de IA também desempenha um papel



fundamental na identificação e correção de qualquer viés que possa surgir com o tempo.

Além disso, os sistemas de IA devem ser desenvolvidos com um profundo respeito pelas diferenças culturais e linguísticas, assegurando que todos os utilizadores podem aceder aos serviços de forma equitativa. Em ambientes multiculturais, por exemplo, a IA utilizada em serviços de mobilidade deve estar apta a lidar com uma variedade de idiomas e modos de comunicação, de forma a evitar que barreiras linguísticas impeçam certos grupos de aceder aos serviços.

A IA utilizada no atendimento ou em contacto direto com os utilizadores deve ser sensível a estas diferenças culturais e pessoais, evitando suposições baseadas em perfis ou estereótipos. Um sistema de IA não deve inferir automaticamente preferências ou comportamentos com base em características superficiais como o nome, aparência ou localização geográfica, pois tais inferências podem levar a preconceitos e discriminação.

Os sistemas de IA que interagem com o público devem ser desenhados para responder de forma personalizada e inclusiva, garantindo que cada utilizador é tratado como um indivíduo único. Isso inclui a capacidade de reconhecer e adaptar-se a diferentes estilos de comunicação e preferências, assegurando que todos os utilizadores, independentemente das suas diferenças culturais ou pessoais, têm uma experiência de serviço justa e acessível.

A utilização de IA para a atribuição de veículos, planeamento da oferta ou definição de preços dinâmicos deve ser transparente e justa, assegurando que não haja preconceitos ou exclusões injustificadas.

Por exemplo, é imperativo que os algoritmos de IA em plataformas de mobilidade não discriminem utilizadores com base em critérios como etnia ou género ou condição socioeconómica. Os algoritmos que utilizam dados pessoais e geográficos para a formação de preços não devem permitir discriminação, seja direta ou indireta. Por exemplo,

através de preços excessivos em áreas vulneráveis ou desfavorecidas economicamente.

As empresas devem realizar auditorias regulares para garantir que os seus sistemas não perpetuam preconceitos ou estereótipos.

As políticas de acessibilidade devem ser integradas desde o início no desenho dos sistemas de IA. Nos sistemas de transporte público, por exemplo, isso pode incluir o desenvolvimento de funcionalidades que atendam às necessidades de pessoas com mobilidade reduzida, garantindo que as rotas e horários otimizados pela IA são inclusivos e acessíveis a todos. Um exemplo concreto seria um sistema de IA que prioriza a acessibilidade a paragens de autocarro para pessoas em cadeiras de rodas ou com outras limitações físicas.

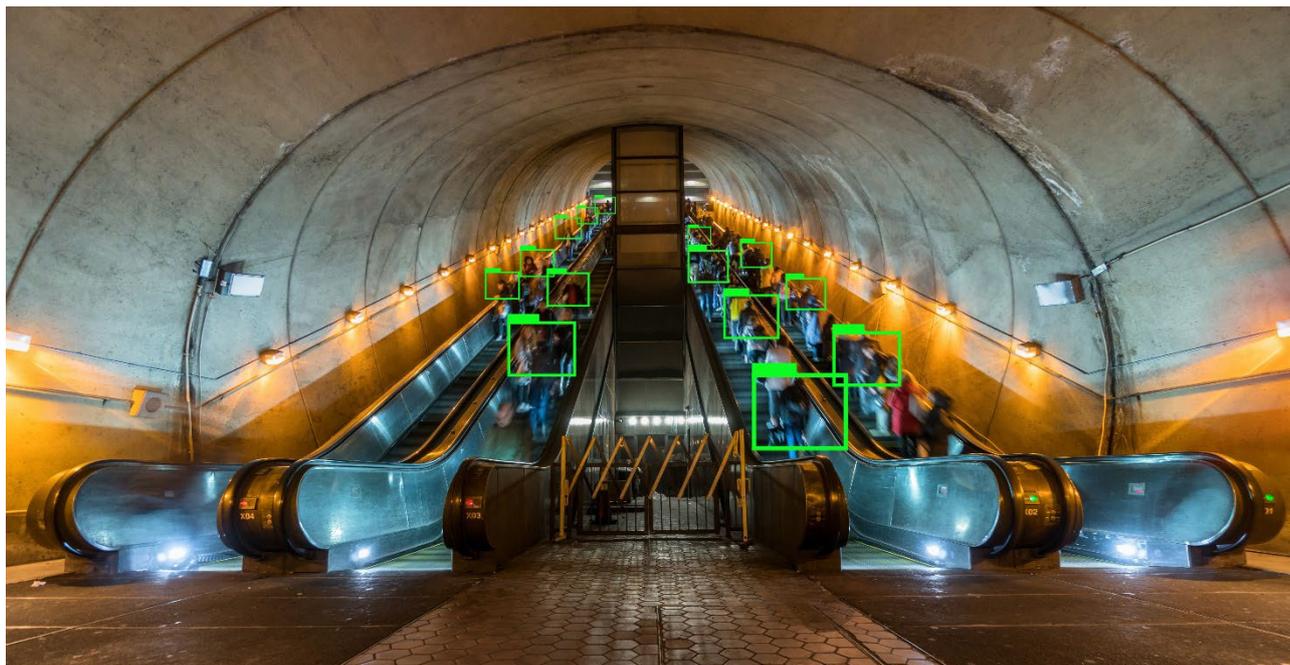
Finalmente, é essencial que existam mecanismos de feedback contínuo que permitam aos utilizadores reportar problemas e sugerir melhorias nos sistemas de IA. Isso assegura que as suas experiências e necessidades são levadas em consideração, permitindo que os sistemas de IA evoluam para se tornarem mais inclusivos e justos.

Proteção da privacidade

A proteção da privacidade é um elemento essencial na utilização responsável da IA, especialmente na mobilidade e transportes, onde diariamente se recolhem e processam vastas quantidades de dados pessoais.

Estes dados, que podem incluir desde informações detalhadas sobre a localização em tempo real dos utilizadores até às suas preferências de viagem, necessitam de ser tratados com a máxima precaução e protegidos de acessos não autorizados. Garantir a privacidade num contexto digital envolve assegurar que cada indivíduo mantém controlo sobre a forma como os seus dados são recolhidos, armazenados, utilizados e partilhados.

Para garantir que a privacidade é efetivamente protegida, o desenvolvimento de sistemas de IA deve ser orientado por um compromisso profundo com a



salvaguarda dos dados pessoais, respeitando sempre os direitos dos seus titulares. Este compromisso passa por informar os utilizadores de forma clara sobre como os seus dados serão utilizados, assegurar que podem dar ou recusar o seu consentimento de maneira livre e informada, e por lhes permitir que solicitem a eliminação dos seus dados a qualquer momento.

O consentimento dos titulares dos dados deve ser dado de forma explícita, informada e, mais importante ainda, deve poder ser retirado a qualquer momento. As organizações têm o dever de serem transparentes nas suas práticas de recolha, armazenamento e utilização de dados, oferecendo aos utilizadores informações claras e acessíveis e adotando políticas robustas de governação dos seus dados.

Desde o início, a privacidade deve estar integrada no desenho dos sistemas de IA, seguindo o princípio de “*privacy by design*”. Por exemplo, em sistemas de bilhética inteligente que utilizam IA para prever a procura, a recolha de dados deve ser restrita à informação estritamente necessária para o funcionamento do sistema, evitando a recolha excessiva de dados. Nos sistemas de transportes que monitorizam o fluxo de passageiros, a privacidade pode ser assegurada através da anonimização dos

dados, garantindo que os padrões de deslocação não revelam informações pessoais dos utilizadores.

Além disso, é fundamental que as organizações implementem medidas de segurança rigorosas para proteger os dados pessoais contra acessos não autorizados. Isto inclui a utilização de técnicas avançadas de encriptação, controlos de acesso restritos e a realização de auditorias regulares para garantir que as práticas de segurança são efetivamente seguidas.

Proteger a privacidade implica também garantir que os dados pessoais não são utilizados para fins que possam comprometer a autonomia ou segurança dos utilizadores. Em plataformas de mobilidade, a IA pode ser utilizada para prever a procura e ajustar os preços, mas deve haver salvaguardas rigorosas para garantir que esses dados não são usados de forma a discriminar ou explorar os utilizadores.

A transparência em relação às práticas de recolha e utilização de dados é igualmente essencial. As plataformas de mobilidade devem fornecer informações claras e acessíveis sobre que tipos de dados estão a ser recolhidos, como são utilizados e com quem são partilhados. Um exemplo disto seria uma aplicação de partilha de bicicletas que explica aos utilizadores que os dados de localização são



utilizados para otimizar a distribuição das bicicletas na cidade, mas que esses dados são anonimizados para proteger a identidade dos utilizadores.

Finalmente, é vital que as empresas estejam prontas para responder rapidamente a quaisquer violações de privacidade.

Isso inclui a criação de planos de resposta a incidentes de segurança que garantam que, em caso de violação de dados, os utilizadores são imediatamente informados e que todas as medidas necessárias são tomadas para mitigar os danos. A transparência e a responsabilidade na gestão da privacidade são elementos fundamentais para construir e manter a confiança dos utilizadores nas tecnologias de IA, assegurando que estas são aplicadas de forma segura e responsável, protegendo tanto os dados como os direitos individuais.

Segurança

A segurança dos sistemas de IA na mobilidade e transportes é de extrema importância, dado o impacto direto que estas tecnologias podem ter na vida e na segurança das pessoas. A integração de IA em veículos autónomos, sistemas de gestão de tráfego e outras infraestruturas essenciais exige um compromisso rigoroso e contínuo com a segurança, pois qualquer falha nestes sistemas pode ter consequências graves, desde acidentes até interrupções significativas nos serviços.

Para abordar a segurança de forma abrangente, é necessário considerar várias dimensões interligadas: proteção da vida humana, robustez e fiabilidade dos sistemas, cibersegurança e gestão de riscos.

Antes de mais, a salvaguarda da vida humana deve ser a prioridade principal. Os sistemas de IA devem ser concebidos de forma a garantir que nenhuma decisão ou ação autónoma possa comprometer a vida ou a integridade física dos indivíduos. Qualquer decisão autónoma com potencial para causar dano deve ser evitada, e, caso uma situação de risco surja durante a operação, o sistema deve ser capaz de

interromper automaticamente a ação em curso para proteger as pessoas envolvidas.

Outra dimensão essencial é a cibersegurança. Na mobilidade e dos transportes, onde infraestruturas críticas como as redes de gestão de tráfego podem ser alvo de ataques cibernéticos, é vital seguir os mais elevados padrões de segurança digital. A proteção contra ciberataques deve incluir o desenvolvimento de defesas robustas, como *firewalls*, sistemas de deteção de intrusões e proteção contra *malware*, complementados por testes rigorosos sob diferentes condições. A monitorização contínua e as atualizações regulares dos sistemas são fundamentais para detetar e prevenir novas ameaças.

A segurança não se limita à proteção dos sistemas em si, mas também abrange a segurança dos dados utilizados e gerados pelos sistemas de IA. A integridade dos dados é vital para garantir que os sistemas de IA operam de forma fiável e segura. A implementação de técnicas de encriptação, controlos de acesso rigorosos e práticas sólidas de segurança de dados é crucial para evitar que informações sensíveis sejam comprometidas.

A IA também desempenha um papel fundamental na manutenção preditiva e na deteção precoce de falhas. A capacidade da IA para monitorizar infraestruturas e identificar sinais de desgaste ou avarias antes que estas se tornem críticas pode salvar vidas. Contudo, a eficácia desta abordagem depende inteiramente da segurança dos dados. Se os dados forem comprometidos, a deteção de falhas pode falhar, colocando vidas em risco.

Para além da deteção e prevenção, é igualmente importante implementar medidas que permitam mitigar os efeitos de ataques cibernéticos bem-sucedidos. A formação contínua sobre cibersegurança é essencial para prevenir erros humanos que possam comprometer os sistemas. Os profissionais envolvidos na operação e desenvolvimento de sistemas de IA para mobilidade devem ser educados sobre as melhores práticas de segurança e atualizados sobre novas ameaças.

Além disso, a implementação de redundâncias e planos de recuperação de desastres é fundamental para assegurar a continuidade dos serviços de transporte em caso de falhas nos sistemas de IA. Estas medidas garantem que, mesmo em situações adversas, os serviços de mobilidade não sejam interrompidos de forma significativa.

Por fim, é imperativo que os sistemas de IA na mobilidade cumpram rigorosamente todas as regulamentações de segurança aplicáveis, incluindo normas nacionais e internacionais. A conformidade com estas normas é essencial para garantir que as soluções de transporte baseadas em IA são seguras e fiáveis. Também é fundamental que os mecanismos

não deve ser uma consideração secundária, mas sim um elemento central em todas as soluções de IA desenvolvidas para estes mercados. Estes sistemas precisam de ser desenhados com a finalidade de não apenas melhorar a eficiência dos serviços, mas também de criar impactos positivos tangíveis na qualidade de vida dos cidadãos e no meio ambiente. A IA, quando usada de forma responsável, pode ser uma poderosa aliada na transição para uma sociedade mais justa, inclusiva e ambientalmente consciente.

A IA tem um papel fundamental na transição energética e na luta contra as alterações climáticas. Por exemplo, ao ser implementada em sistemas de



de proteção e autopreservação dos sistemas de IA não coloquem em risco a vida e segurança das pessoas, assegurando sempre que a operação do sistema nunca se sobrepõe à segurança dos utilizadores.

Sustentabilidade ambiental e social

Na mobilidade e nos transportes, a IA deve proporcionar um benefício claro para a comunidade e para o planeta. A sustentabilidade ambiental e social

transporte público, a IA pode otimizar rotas, incentivando a adesão aos transportes públicos, reduzindo o congestionamento e diminuindo as emissões de carbono, o que contribui para um ambiente mais limpo e sustentável. Imagine-se um sistema de autocarros que, graças à IA, ajusta automaticamente os horários em resposta ao tráfego em tempo real, minimizando assim o tempo de espera dos passageiros e o consumo de combustível. No transporte ferroviário, a IA pode ser utilizada para ajustar a utilização de energia nas locomotivas,



calibrando a velocidade e a aceleração com base no perfil da linha e na carga transportada, resultando numa operação mais eficiente e com menor consumo energético.

No entanto, o impacto positivo da IA na sustentabilidade não ocorre automaticamente. Este objetivo deve ser incorporado desde o início em todas as fases de desenvolvimento e implementação dos sistemas de IA.

É também importante estar ciente de que a utilização intensiva de IA pode representar um risco ambiental, devido ao elevado consumo de energia necessário para operar grandes sistemas de dados. Por exemplo, os centros de dados que suportam a IA podem consumir quantidades significativas de eletricidade, contribuindo para a emissão de gases com efeito de estufa, especialmente se essa energia não for proveniente de fontes renováveis.

Por isso, antes de se implementar sistemas de IA com impacto ambiental, é essencial realizar avaliações rigorosas dos seus efeitos, complementadas por estratégias de auditoria contínua. Essas avaliações devem considerar não apenas os benefícios operacionais, mas também os possíveis custos ambientais, como o aumento do consumo de energia. No contexto do transporte marítimo, por exemplo, a IA pode ser utilizada para otimizar as rotas dos navios, reduzindo o consumo de combustível. Contudo, é necessário garantir que essa otimização não comprometa a biodiversidade marinha, evitando que as rotas desviadas afetem áreas ecologicamente sensíveis.

Os algoritmos utilizados pela IA devem ser desenvolvidos com uma clara consciência dos impactos ambientais, priorizando soluções que minimizem a pegada ecológica sem comprometer a segurança e considerando, ao mesmo tempo, fatores operacionais, sociais e económicos. No caso das plataformas de mobilidade partilhada, os algoritmos podem ser desenhados para incentivar a partilha de viagens, reduzindo assim o número total de veículos nas estradas e, conseqüentemente, as emissões totais.

Além do impacto ambiental, a IA tem um grande potencial para melhorar a inclusão social e reduzir desigualdades. Ao garantir que todas as populações, incluindo as mais vulneráveis e sub-representadas, têm acesso a serviços de transporte eficientes e acessíveis, a IA pode contribuir para uma mobilidade mais equitativa. Por exemplo, a IA pode ser utilizada para ajustar as tarifas de transporte, assegurando que são acessíveis a todos, independentemente da condição socioeconómica dos utilizadores, promovendo assim uma maior justiça social.

Para alcançar esses resultados, é essencial que os impactos sociais da implementação de sistemas de IA sejam cuidadosamente geridos e avaliados. A realização de consultas públicas e avaliações de impacto social antes da implementação de novos sistemas é uma prática fundamental para garantir que as necessidades e perspetivas de todos os grupos da sociedade são devidamente consideradas.

Por exemplo, ao planear um sistema de IA que optimize as rotas de transporte público, é crucial avaliar como essas mudanças irão afetar as comunidades locais, especialmente aquelas em áreas menos favorecidas, assegurando que as soluções propostas melhorem a qualidade de vida.

Um exemplo adicional de IA a promover a inclusão seria a utilização de tecnologia para melhorar o acesso a transportes em áreas rurais ou periféricas, onde a oferta de serviços é muitas vezes limitada. A IA pode ser utilizada para prever a procura e ajustar a disponibilidade de serviços, garantindo que mesmo as comunidades mais isoladas tenham acesso a uma mobilidade de qualidade.

Por fim, garantir que os sistemas de IA na mobilidade são concebidos com o objetivo de promover uma transição justa e sustentável é essencial para assegurar que todos os membros da sociedade beneficiam dos avanços tecnológicos. Esta abordagem não só melhora a eficiência e a sustentabilidade dos transportes, mas também fortalece a confiança pública nas tecnologias de IA, assegurando que estas são utilizadas para o bem comum.



Ao adotar estes princípios, os sistemas de IA podem tornar-se verdadeiros catalisadores de uma mobilidade mais sustentável, equitativa e resiliente, contribuindo para um futuro onde a tecnologia está alinhada com os valores da responsabilidade ambiental e social.

Legalidade e conformidade jurídica

A legalidade e conformidade jurídica da utilização de IA nos mercados da mobilidade e dos transportes são fundamentais para garantir que os sistemas desenvolvidos e implementados operam de forma segura, ética e responsável, e que a utilização de IA em nada colide com o enquadramento jurídico e regulatório aplicável. Dada a natureza regulamentada destes mercados, é decisivo que qualquer aplicação de IA seja meticulosamente avaliada em relação às obrigações legais existentes, assegurando que a inovação tecnológica não compromete os direitos fundamentais ou a segurança dos utilizadores.

O princípio da legalidade exige que as pessoas e organizações responsáveis pelo desenvolvimento, implementação e utilização de sistemas de IA atuem sempre em conformidade com a legislação vigente, os regulamentos específicos do mercado e as normas aplicáveis.

O recente Regulamento de IA estabelece um quadro comum para o desenvolvimento e utilização de sistemas de IA no território da UE, impondo diversas obrigações aos operadores envolvidos nas várias fases do desenvolvimento e implementação destes sistemas. Em especial, o Regulamento introduz um quadro de avaliação de conformidade específico para sistemas de IA considerados de “risco elevado”, o que inclui muitos dos utilizados nos mercados da mobilidade e dos transportes.

Além do Regulamento IA, os sistemas de IA devem respeitar a legislação de proteção de dados pessoais, em particular o RGPD. A conformidade com o RGPD é essencial, especialmente dado que os sistemas de IA operam frequentemente com grandes volumes de dados sensíveis, como a localização dos utilizadores ou as suas preferências de viagem. Por exemplo,

numa aplicação de partilha de veículos, é imperativo que os dados dos utilizadores sejam recolhidos e processados de acordo com os requisitos do RGPD, assegurando que a privacidade dos utilizadores é protegida em todas as etapas.

No entanto, a conformidade jurídica vai além do cumprimento do Regulamento IA e do RGPD. Os mercados da mobilidade e dos transportes são altamente regulados, com um vasto conjunto de normas que abrangem desde a segurança rodoviária até à proteção dos direitos dos passageiros. É importante que as organizações garantam que a utilização de IA não apenas respeita estas normas, mas também que as consequências das suas decisões automatizadas são continuamente avaliadas em relação a estas obrigações. Por exemplo, num sistema de gestão de tráfego que utiliza IA para otimizar os fluxos de veículos, é necessário garantir que as decisões tomadas não violam as regulamentações locais de trânsito ou as normas de segurança rodoviária.

A conformidade com a legislação também implica a adesão a normas que protegem os direitos dos indivíduos, como a Constituição da República Portuguesa, a Carta dos Direitos Fundamentais da União Europeia e a Declaração Universal dos Direitos Humanos. Estes instrumentos estabelecem garantias fundamentais que não podem ser comprometidas pela utilização de IA, como o direito à privacidade, a igualdade de tratamento e a proteção contra discriminação. Por exemplo, num sistema que utiliza IA para gerir a venda de bilhetes, é necessário garantir que o algoritmo não favorece injustamente certos grupos de utilizadores, respeitando assim os princípios de igualdade e não discriminação.

Para assegurar a conformidade, as organizações devem implementar processos robustos de avaliação e auditoria dos seus sistemas de IA. Isto inclui a realização de avaliações de impacto regulatório que examinem como os sistemas de IA se alinham com as obrigações legais e regulamentares, bem como a manutenção de registos detalhados das fases de desenvolvimento e operação desses sistemas. A documentação completa deve estar sempre disponível para auditorias externas, permitindo uma



verificação independente da conformidade legal dos sistemas.

Adicionalmente, é fundamental que as organizações se mantenham atentas aos desenvolvimentos legislativos e regulamentares. A rápida adaptação a novas leis e normas é determinante num ambiente regulatório em constante evolução.

A participação em fóruns de discussão e grupos de trabalho que visam a criação de políticas públicas e regulamentações para IA é outra estratégia importante. Ao envolver-se nestes processos, as organizações não só contribuem para a formação de um ambiente regulatório equilibrado, que promove a inovação ao mesmo tempo que protege os direitos individuais, como também se posicionam na vanguarda da conformidade jurídica.

Em suma, a legalidade e a conformidade jurídica na utilização de IA nos mercados da mobilidade e dos transportes exigem um compromisso contínuo com o cumprimento das leis e regulamentos aplicáveis. As organizações devem garantir que cada aspeto dos seus sistemas de IA é avaliado em conformidade com as normas legais, desde a conceção inicial até à operação diária, promovendo assim um ambiente seguro e legalmente robusto para a aplicação de tecnologias emergentes nos transportes.

Respeito pela autonomia e proteção dos utilizadores

No contexto da utilização de IA nos mercados da mobilidade e dos transportes, o respeito pela autonomia e a proteção dos consumidores são princípios fundamentais que devem guiar o desenvolvimento e a implementação destas tecnologias. A IA, com o seu poder de transformação, oferece a possibilidade de melhorar significativamente a experiência dos utilizadores, desde a otimização de rotas até à personalização de serviços. No entanto, é essencial que essa transformação ocorra de forma a respeitar a autonomia dos indivíduos e proteger os seus direitos enquanto consumidores.

Um aspeto central do respeito pela autonomia é garantir que os consumidores mantêm o controlo sobre as suas escolhas e decisões, mesmo quando utilizam sistemas alimentados por IA. Por exemplo, numa aplicação de transporte partilhado, o utilizador deve ter a liberdade de escolher entre diferentes opções de viagem, sem que o algoritmo force ou condicione excessivamente uma decisão com base em perfis ou dados preditivos. A IA pode sugerir rotas ou modos de transporte alternativos, mas a decisão final deve sempre caber ao utilizador, garantindo que este não se sinta manipulado ou limitado pelas recomendações automatizadas.

À medida que a IA acompanha a atividade online, as compras, a utilização de serviços de mobilidade e transportes, e até mesmo as interações nas redes sociais, tem a capacidade de construir um perfil detalhado sobre o indivíduo. Este perfil pode ser utilizado para influenciar as escolhas do consumidor em múltiplas áreas da vida, incluindo aquelas que pertencem ao foro íntimo da pessoa. Tal capacidade de influência levanta sérias preocupações sobre o livre arbítrio e a autonomia individual, especialmente em mercados ou serviços dominados por poucas empresas de grande dimensão. É, por isso, urgente mitigar este fenómeno, garantindo que os consumidores têm sempre consciência de que estão a interagir com um sistema de IA e que as sugestões ou decisões apresentadas são o resultado de processos automatizados.

A proteção dos consumidores implica assegurar que as decisões tomadas pelos sistemas de IA sejam transparentes e compreensíveis. Os utilizadores devem ser informados sobre como e por que razão as decisões foram tomadas, especialmente em situações que afetem diretamente os seus direitos ou segurança. Por exemplo, se um sistema de IA num veículo autónomo decidir alterar a rota devido a uma previsão de tráfego intenso, o condutor deve ser informado de forma clara sobre os motivos dessa decisão e ter a possibilidade de aceitar ou recusar a sugestão. A transparência na tomada de decisões não só protege a autonomia dos consumidores, como também reforça a confiança na tecnologia.





Outro aspeto relevante é a proteção contra práticas comerciais abusivas que possam surgir com a utilização de IA. A personalização excessiva, baseada em perfis detalhados de utilizadores, pode, em alguns casos, levar à discriminação ou exploração dos consumidores. Por exemplo, uma aplicação de transporte pode ajustar dinamicamente os preços com base na localização ou no comportamento de compra do utilizador, resultando em tarifas mais altas para certos indivíduos.

A proteção dos dados pessoais é outro elemento central na defesa da autonomia e dos direitos dos consumidores. Apesar dos sistemas de IA dependerem fortemente de dados para operar eficazmente, é fundamental que os dados dos utilizadores sejam recolhidos, armazenados e utilizados de forma segura e conforme as leis de proteção de dados, como o RGPD. Por exemplo, uma aplicação de mobilidade que rastreia a localização dos utilizadores em tempo real deve assegurar que esses dados são anonimizados e protegidos contra acessos não autorizados. Além disso, os utilizadores devem ter o direito de aceder, corrigir ou eliminar os seus dados pessoais, reforçando a sua autonomia sobre a informação que partilham.

É igualmente crucial que, ao desenvolver produtos e serviços que utilizem IA, se assegure que os utilizadores que interagem com estes sistemas não vejam prejudicados os seus direitos de tomar decisões informadas e livres. A IA não deve restringir a capacidade dos consumidores de comparar diversas ofertas alternativas, nem influenciar indevidamente as suas escolhas. Por exemplo, num cenário onde a IA sugere diferentes serviços de transporte, deve ser garantido que os consumidores têm acesso a todas as informações necessárias para comparar alternativas de forma justa e equilibrada.

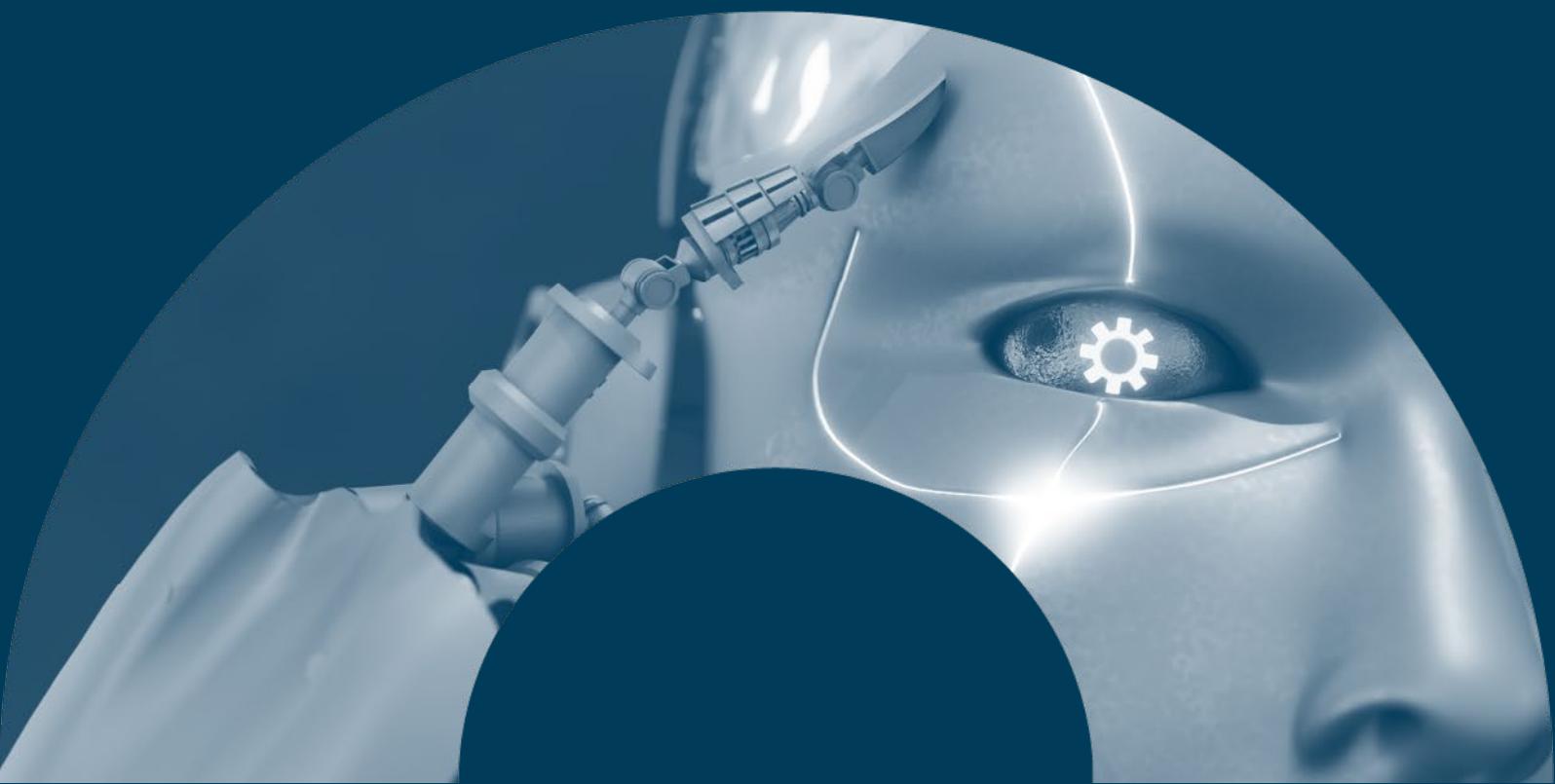
Finalmente, devem ser salvaguardados os direitos dos passageiros nos diferentes modos de transporte e em viagens multimodais, tal como consagrados em diversos instrumentos legislativos europeus. A utilização de IA na mobilidade não deve, em nenhum caso, comprometer estes direitos, mas sim reforçá-los. Por exemplo, a IA pode ser utilizada para garantir que os passageiros têm acesso a informações precisas e em tempo real sobre as suas viagens, permitindo-lhes exercer plenamente os seus direitos, como o direito a reembolsos ou compensações em caso de atrasos ou cancelamentos.



Princípio	Descrição	Riscos / Desafios Críticos
Transparência e Explicabilidade	Tornar visível e compreensível o processo de decisão da IA, desde os dados até aos resultados.	Algoritmos complexos (“ <i>black box</i> ”) tornam difícil explicar decisões; necessidade de rastreabilidade total.
Responsabilização	Definir claramente quem é responsável por cada decisão da IA e garantir rastreabilidade.	Falta de rastreabilidade, ausência de mecanismos claros de auditoria e correção.
Supervisão e Intervenção Humana	Garantir que humanos mantêm controlo sobre a IA, com capacidade de intervenção em tempo real.	Dependência excessiva de IA sem mecanismos de intervenção rápida; “falhas catastróficas” sem supervisão humana.
Equidade e Não Discriminação	Assegurar que a IA toma decisões justas e imparciais, sem enviesamentos.	Dados ou algoritmos enviesados podem discriminar grupos vulneráveis; revisão contínua necessária.
Proteção da Privacidade	Garantir que os dados são geridos de forma segura e em conformidade com RGPD e outras leis.	Risco de violação de privacidade, exploração indevida de dados pessoais, consentimento inadequado.
Segurança	Proteger os sistemas de IA contra falhas e ciberataques que comprometam a segurança.	Ataques cibernéticos podem comprometer infraestruturas críticas; necessidade de redundâncias e planos de contingência.
Sustentabilidade Ambiental e Social	Minimizar o impacto ambiental e promover a inclusão social através da IA.	Alto consumo energético dos sistemas de IA; falha em incluir comunidades vulneráveis.
Legalidade e Conformidade Jurídica	Assegurar que a IA cumpre todas as leis e regulamentos aplicáveis (ex: RGPD, Regulamento IA).	Falta de alinhamento com regulação pode resultar em sanções severas.
Respeito pela Autonomia e Proteção dos Utilizadores	IA deve respeitar o livre arbítrio e as escolhas informadas dos utilizadores.	Risco de manipulação das decisões dos utilizadores; necessidade de transparência total na personalização.

7.

UMA ABORDAGEM ÉTICA E ESTRATÉGICA À IA





7. UMA ABORDAGEM ÉTICA E ESTRATÉGICA À IA

Os sistemas de IA podem trazer inúmeros benefícios. No entanto, atendendo aos riscos que a sua utilização envolve, estes devem ser desenvolvidos e implementados no âmbito de um enquadramento estratégico que reflita os objetivos da utilização da IA e que se centre nas pessoas, que pretende beneficiar.

A subordinação da utilização de IA a uma orientação ética e estratégica, que espelhe os princípios que acabámos de descrever, permitirá aos operadores não só aproveitar as oportunidades e benefícios da IA, como mitigar riscos desnecessários sem comprometer a dimensão humana, salvaguardando valores como a dignidade, a autonomia e a autodeterminação das pessoas que com ele se relacionem.

Para alcançar uma IA de confiança é necessário cumprir a legislação, mas não só. A legislação nem sempre acompanha a rapidez da evolução tecnológica estando muitas vezes desfasada do mesmo, não se adequando, pura e simplesmente, ao tratamento de certas questões. Por conseguinte, para os sistemas de IA serem confiáveis, devem também ser éticos e estar em harmonia com normas éticas.

Este guião destina-se a servir como um recurso para ajudar as organizações que pretendem alinhar a utilização da IA com os princípios éticos estabelecidos. Este é um guião orientador e que necessita de ser adaptado às circunstâncias e condições de cada organização e bem assim à finalidade e concreta utilização dos sistemas de IA. Embora abrangente, este guião não substitui uma avaliação detalhada e contínua de conformidade regulatória e legal, que é essencial para assegurar que a IA é utilizada de forma responsável e benéfica para todos os intervenientes.

Estratégia e alinhamento

Esta secção deve servir como uma estrutura orientadora para as organizações definirem, monitorizarem e ajustarem as suas estratégias de IA de forma proativa.

Para operacionalizar estas questões, sugerem-se os seguintes passos:

1. A organização deve criar um documento de estratégia de IA que estabeleça os principais objetivos para a utilização da IA. Este documento deve também definir o escopo de aplicação, especificando em que áreas a IA será utilizada (por exemplo, operações logísticas, atendimento ao cliente, manutenção preditiva). Além disso, devem ser identificados os impactos esperados, tanto positivos (como a redução de custos ou aumento da satisfação dos utilizadores) quanto negativos (como potenciais riscos éticos ou de segurança). Este documento deve ser revisto e atualizado anualmente e partilhado com todos os departamentos relevantes para garantir alinhamento e clareza.
2. A estratégia de IA deve ser revista periodicamente, para garantir que continua a alinhar-se com os avanços tecnológicos, conformidade com regulamentos, e práticas éticas emergentes. Esta revisão deve ser realizada por uma equipa multidisciplinar, incluindo especialistas em IA, conformidade legal, ética e segurança. A equipa deve adaptar a estratégia rapidamente a qualquer mudança no cenário regulatório ou tecnológico, como a introdução de novas regulações ou a disponibilidade de tecnologias mais avançadas.
3. A organização deve estabelecer métricas específicas e mensuráveis que permitam avaliar o impacto da IA em áreas-chave, como a redução de custos operacionais, o aumento da eficiência, a satisfação dos utilizadores ou a mitigação de riscos éticos e de segurança. Estas métricas devem ser monitorizadas de forma contínua e reportadas a todos os níveis da organização para garantir que a IA está a gerar os resultados esperados.
4. Os resultados das avaliações de impacto da IA, tanto positivos quanto negativos, devem ser integrados diretamente no processo de tomada de decisão da organização. Isso inclui a adaptação de operações com base nos resultados e a implementação de medidas corretivas, caso



sejam identificados riscos ou problemas. Esta abordagem garante que a organização ajusta as suas operações com base em dados concretos e está preparada para mitigar riscos identificados.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:

- A organização tem uma estratégia claramente definida para a utilização da IA, que inclui os objetivos a serem alcançados, o escopo de aplicação e os impactos esperados, tanto positivos quanto negativos?
- Esta estratégia é periodicamente revista e ajustada para garantir que continua a alinhar-se com os objetivos éticos e legais, bem como com os avanços tecnológicos?
- Existem métricas estabelecidas para avaliar a eficácia e os impactos da IA na organização e na sociedade?
- Como são utilizados os resultados dessas avaliações para informar futuras decisões?

Objetivos e necessidade

Esta secção deve orientar as organizações a clarificar e justificar os objetivos da implementação da IA, assegurando que o sistema é desenvolvido de forma a gerar benefícios claros, promover a inclusão social e a sustentabilidade.

Para tornar estas questões operacionais, sugerem-se os seguintes passos:

1. As organizações devem começar por estabelecer objetivos específicos e mensuráveis para a implementação da IA, como aumentar a eficiência operacional em X%, reduzir custos em Y% ou melhorar a segurança do serviço através da diminuição de incidentes em Z%. Estes objetivos devem ser documentados num plano estratégico de IA, onde cada meta é acompanhada de indicadores que permitam avaliar o progresso. Além disso, é essencial que a organização explore

métodos alternativos para alcançar os mesmos objetivos com menos riscos, como a adoção de tecnologias mais simples ou métodos tradicionais que possam evitar certos desafios éticos da IA.

2. O sistema de IA deve ser projetado para gerar benefícios tangíveis para os utilizadores, como reduzir o tempo de espera em serviços de transporte em X minutos ou melhorar o acesso a serviços em áreas rurais. Estes benefícios devem ser mensuráveis e comunicados de forma clara a todas as partes interessadas, através de relatórios, *dashboards* ou canais de comunicação interna e externa. Um plano de comunicação estruturado deve garantir que tanto os utilizadores finais como os gestores internos compreendem como a IA contribui para a melhoria dos serviços
3. Para minimizar a pegada ecológica e maximizar a eficiência energética, as organizações devem implementar métricas ambientais que monitorizem e reportem regularmente o impacto da IA. Estas métricas podem incluir indicadores como a redução no consumo de energia dos servidores de IA ou a diminuição das emissões de carbono associadas ao uso da tecnologia.
4. O sistema de IA deve ser projetado para garantir acesso equitativo aos seus benefícios, independentemente da localização geográfica, condição socioeconómica ou necessidades especiais dos utilizadores. Isto pode ser alcançado através da definição de políticas de acessibilidade que garantam que o sistema é inclusivo para todos os grupos, incluindo minorias e pessoas com deficiência. O impacto da IA em diferentes comunidades deve ser monitorizado regularmente, com ajustes feitos para garantir que não há exclusão ou marginalização de certos grupos.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:

- Quais os objetivos que se pretende alcançar com a implementação da IA? Existem métodos alternativos que possam atingir este objetivo e que envolvam menos riscos?

- O sistema de IA foi concebido para gerar benefícios claros para os utilizadores e para a sociedade em geral? Esses benefícios foram claramente identificados e comunicados?
- O desenvolvimento e a operação do sistema de IA contribuem para a sustentabilidade ambiental, minimizando a pegada ecológica e promovendo a eficiência energética?
- Foram realizadas avaliações de impacto ambiental antes da implementação do sistema de IA? Como são auditados e monitorizados esses impactos ao longo do tempo?
- O sistema de IA promove a inclusão social, garantindo que todos os utilizadores, independentemente da sua localização ou condição socioeconómica, têm acesso aos benefícios da tecnologia?

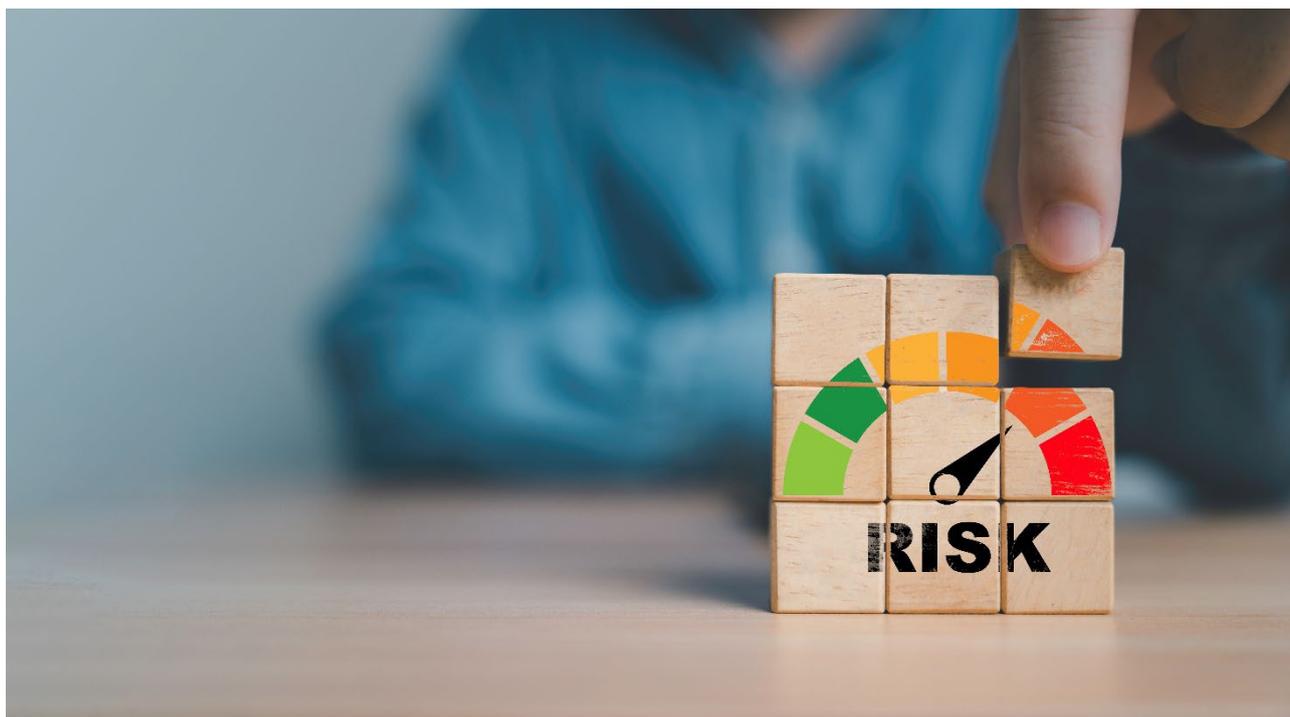
Identificação de riscos

Esta seção deve orientar as organizações a avaliar de forma proativa os riscos associados à implementação de sistemas de IA, assegurando que esses riscos são

devidamente quantificados, monitorizados e mitigados ao longo de todo o ciclo de vida do sistema.

Para operacionalizar estes aspetos, sugerem-se os seguintes passos:

1. As organizações devem mapear os riscos específicos que a implementação da IA pode trazer, incluindo aqueles relacionados com direitos fundamentais (como discriminação ou falta de transparência), privacidade (como recolha e uso indevido de dados pessoais) e segurança (como falhas no sistema ou ataques cibernéticos). A análise desses riscos deve ser estruturada de forma a quantificar a probabilidade de ocorrência e o impacto potencial (magnitude), tanto em termos de danos operacionais como na confiança dos utilizadores.
2. As organizações devem considerar não apenas os custos financeiros diretos, como multas, perda de receita ou despesas associadas a falhas técnicas, mas também os custos intangíveis, como a perda de confiança dos utilizadores ou danos reputacionais que podem surgir do mau funcionamento do sistema de IA. Estes custos devem ser incorporados no plano de gestão





financeira e reputacional da organização, assegurando que os recursos necessários estão disponíveis para mitigar esses efeitos.

3. A organização deve desenvolver um plano de gestão de riscos que inclua etapas detalhadas para a identificação, avaliação e mitigação de riscos ao longo do ciclo de vida do sistema de IA. Este plano deve ser dinâmico, ou seja, capaz de ser ajustado conforme surjam novas ameaças ou vulnerabilidades. O plano deve especificar claramente as funções e responsabilidades de cada equipa na mitigação dos riscos e prever um mecanismo de monitorização contínua para assegurar a prontidão de resposta.
4. A análise de risco deve contemplar potenciais formas de ataque ao sistema, incluindo poluição de dados (entrada de dados errados ou manipulados), danos a infraestruturas físicas (se a IA estiver ligada a sistemas físicos, como sensores ou robótica) e ciberataques (roubo de dados ou manipulação dos algoritmos). A organização deve implementar medidas de segurança robustas, como *firewalls*, encriptação de dados, backups regulares e monitorização constante de possíveis anomalias, para garantir a integridade e resiliência dos sistemas.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:

- Quais os principais riscos identificados, incluindo os riscos para os direitos fundamentais, privacidade e segurança? Foram esses riscos quantificados em termos de probabilidade e magnitude?
- Foram identificados os custos potenciais, tanto monetários quanto não monetários (como a perda de confiança dos utilizadores), associados ao mau funcionamento do sistema de IA?
- Existe um plano claro para a gestão de riscos, que inclua a identificação, avaliação e mitigação de riscos ao longo de todo o ciclo de vida do sistema de IA?

- A análise de risco inclui potenciais formas de ataque a que o sistema de IA pode ser vulnerável, como poluição de dados, infraestruturas físicas ou ciberataques?

Qualidade dos dados

Esta seção deve orientar as organizações a assegurarem-se de que os dados utilizados pelos sistemas de IA são precisos, representativos e livres de enviesamentos, garantindo decisões justas e seguras.

Para operacionalizar estas questões, sugerem-se os seguintes passos:

1. As organizações devem verificar que os dados utilizados pelo sistema de IA cobrem a diversidade necessária, evitando enviesamentos que possam conduzir a discriminações. Recomenda-se a criação de uma política de dados que assegure a representatividade dos dados com base em variáveis como género, etnia, localização e outras características relevantes para o contexto de aplicação da IA. Além disso, deve-se implementar um processo de amostragem periódica dos dados para garantir que continuam atualizados e representativos.
2. A organização deve integrar ferramentas de deteção de enviesamentos que monitorizem o funcionamento do sistema em tempo real, comparando os resultados com padrões justos e imparciais. Estes mecanismos devem ser complementados por auditorias regulares ao sistema de IA, assegurando que, quando um viés é identificado, são aplicadas correções imediatas, como o ajuste de algoritmos ou a remoção de dados problemáticos.
3. Para proteger a integridade dos dados, devem ser implementadas medidas de encriptação para os dados recolhidos e armazenados, e definidas políticas de acesso controlado, garantindo que apenas pessoas autorizadas podem aceder ou modificar os dados. Adicionalmente, devem ser adotados protocolos de backup regulares para

prevenir a perda de dados em caso de falhas técnicas ou ciberataques.

4. O sistema de IA deve incorporar processos automáticos de monitorização da qualidade dos dados, como verificações periódicas para identificar dados obsoletos, incompletos ou incorretos. Sempre que se identificarem compromissos na qualidade dos dados, devem ser aplicadas medidas corretivas, como a limpeza ou atualização dos conjuntos de dados, para garantir que o sistema continua a operar de forma precisa e justa.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:

- Os dados utilizados pela IA são completos, representativos e livres de enviesamentos que possam conduzir a discriminações ou erros?
- Quais são os mecanismos implementados para evitar que o sistema perpetue vieses ou tome decisões injustas?
- Como se garante a integridade e a segurança dos dados recolhidos e utilizados?
- O sistema de IA inclui processos para verificar a qualidade e a integridade dos dados ao longo do tempo, e medidas para prevenir ou corrigir compromissos na qualidade dos dados?

Equidade e acessibilidade

Esta seção deve orientar as organizações a garantir que o sistema de IA é concebido e implementado de forma inclusiva, prevenindo discriminações e assegurando o acesso equitativo a todos as pessoas.

Para operacionalizar estas questões, sugerem-se os seguintes passos:

1. A organização deve documentar uma definição clara de equidade adaptada ao contexto em que o sistema de IA será utilizado, abordando especificamente como essa definição será aplicada em termos de decisões e resultados.

Esta definição deve ser baseada em consultas com partes interessadas internas e externas, como grupos de utilizadores vulneráveis e especialistas em ética.

2. Antes do desenvolvimento do sistema de IA, a organização deve identificar os grupos de pessoas





que podem ser impactados, como mulheres, minorias étnicas, idosos ou pessoas com deficiência. As necessidades específicas desses grupos devem ser incorporadas no design do sistema, garantindo que ele não exclui ou prejudica esses utilizadores.

3. Os dados utilizados para treinar o sistema de IA devem ser representativos da diversidade da população. A organização deve realizar análises regulares para identificar eventuais enviesamentos nos dados e nos algoritmos e aplicar correções conforme necessário.
4. Implementando testes contínuos de robustez, a organização deve garantir que o sistema de IA desempenha bem em situações novas, avaliando o seu comportamento quando exposto a dados que não estavam presentes durante o treino, especialmente em relação a pessoas que podem estar sub-representadas nesses dados.
5. A organização deve assegurar que o sistema de IA é inclusivo e acessível, prevenindo a infoexclusão. Isto é especialmente importante em contextos como o transporte público, onde é necessário garantir que todos as pessoas, independentemente da sua localização ou condição socioeconómica, têm acesso equitativo aos benefícios do sistema.
6. Devem estar em vigor mecanismos de revisão contínua que permitam identificar e corrigir qualquer viés que surja ao longo do tempo.
7. Para garantir que a IA é concebida de forma inclusiva, a organização deve envolver pessoas de origens diversas em todas as fases de desenvolvimento, desde a conceção até à implementação.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:

- Considerando que a equidade pode ter muitas definições diferentes, a organização documentou a sua própria definição de equidade para o

contexto em que o sistema de IA vai ser implementado?

- Quais os grupos de pessoas que podem ser afetados pela utilização do sistema? Foram consideradas as necessidades específicas desses grupos na conceção do sistema?
- O sistema de IA foi concebido de forma a evitar discriminação ou enviesamentos que possam prejudicar certos grupos de pessoas, como mulheres, minorias étnicas ou pessoas com deficiência?
- Os dados utilizados para treinar o sistema de IA são representativos da diversidade da população? Como são identificados e mitigados eventuais vieses nos dados e nos algoritmos?
- Os sistemas de IA têm um bom desempenho quando expostos a dados nunca vistos, especialmente quando avaliam pessoas que não estão bem representadas nos dados de treino?
- Como se garante que a IA é inclusiva e acessível, prevenindo a infoexclusão e garantindo que todos as pessoas, especialmente em contextos de transporte público, têm acesso igualitário aos benefícios do sistema?
- Estão em vigor mecanismos que assegurem uma revisão contínua do sistema para corrigir qualquer viés que possa surgir ao longo do tempo?
- Foram incluídas pessoas de origens diversas ao longo de todo o ciclo de vida, incluindo os processos de conceção, desenvolvimento e implementação dos sistemas de IA?

Autonomia humana

Esta secção deve orientar as organizações a garantir que os sistemas de IA respeitam a autonomia dos utilizadores, permitindo que tomem decisões informadas, sem influência indevida ou manipulação.

Para operacionalizar estas questões, sugerem-se os seguintes passos:



1. A organização deve garantir que o sistema de IA permite que os utilizadores tomem decisões informadas, fornecendo informações claras e transparentes sobre as suas opções e as consequências dessas escolhas. O sistema deve ser desenhado de forma a não influenciar os utilizadores de maneira indevida ou manipuladora.
2. As pessoas devem ser claramente informadas de que estão a interagir com um sistema de IA, especialmente quando se trata de decisões automatizadas que afetam os seus direitos ou escolhas. Isso inclui a explicitação das bases para as decisões automatizadas, como os dados e algoritmos utilizados.
3. A organização deve garantir que os direitos dos passageiros são respeitados em todos os modos de transporte e em viagens multimodais, independentemente da utilização de IA. Isso inclui o direito à transparência, à privacidade e à equidade no acesso aos serviços.
4. O sistema de IA deve ser projetado de forma a evitar práticas que coajam, enganem ou manipulem os utilizadores. Isso implica garantir que o sistema não condiciona injustificadamente as escolhas dos utilizadores ou os seus direitos.
5. A organização deve implementar salvaguardas que protejam os direitos e liberdades das pessoas ao interagirem com o sistema de IA, especialmente para prevenir a exploração ou discriminação de grupos vulneráveis.
6. A organização deve garantir que as pessoas são informadas quando uma decisão, conteúdo ou conselho resulta de um processo algorítmico. Isso aumenta a transparência e permite que os utilizadores compreendam o papel da IA nas decisões que os afetam. Se o sistema de IA incluir *chatbots* ou agentes virtuais, as pessoas devem ser informadas de que estão a interagir com um agente não humano, para garantir que não são induzidos em erro.
7. A organização deve implementar e divulgar procedimentos claros pelos quais as pessoas

afetadas por uma decisão automatizada possam contestá-la ou pedir revisão, nomeadamente através de canais de recurso e contestação que lhes permitam apresentar queixas ou solicitar a revisão de decisões tomadas pelo sistema de IA, garantindo uma revisão justa e transparente.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:

- O sistema de IA respeita a autonomia das pessoas, permitindo-lhes tomar decisões informadas e sem ser influenciados de forma indevida ou manipuladora?
 - As pessoas são claramente informadas quando estão a interagir com um sistema de IA e das bases para as decisões automatizadas que lhes são apresentadas?
 - Como se garante que os direitos dos passageiros, consagrados em instrumentos legislativos europeus, são protegidos em todos os modos de transporte e em viagens multimodais?
 - O sistema está pensado para evitar práticas que possam coagir, enganar, manipular ou condicionar injustificadamente as suas escolhas e direitos?
 - Como são garantidos os direitos e liberdades das pessoas ao interagirem com o sistema? Existem salvaguardas para prevenir a exploração ou discriminação de grupos vulneráveis?
 - Considerou se o sistema de IA deveria comunicar utilizadores às pessoas que uma decisão, conteúdo, conselho ou resultado provém de uma decisão algorítmica?
1. Se o sistema de IA incluir um *chatbot*, as pessoas foram informadas de que estão a interagir com um agente não humano?
 2. Foram definidos e divulgados procedimentos através dos quais as pessoas afetadas pela IA possam contestar uma decisão específica que lhes diga respeito?



Privacidade

Esta secção deve orientar as organizações a garantir que as políticas de privacidade relacionadas com os sistemas de IA são transparentes, respeitam a legislação e asseguram que os utilizadores têm controlo total sobre os seus dados pessoais.

Para operacionalizar estas questões, sugerem-se os seguintes passos:

1. A organização deve comunicar uma política de privacidade acessível e em linguagem clara, onde sejam especificadas as finalidades de tratamento dos dados e as proteções de segurança, e fornecer uma versão detalhada para as pessoas que queiram mais informação técnica, garantindo igualmente total conformidade com o RGPD.
2. As pessoas devem ter total controlo sobre os seus dados pessoais, incluindo a capacidade de dar ou retirar consentimento para o seu tratamento e de solicitar a eliminação dos seus dados a qualquer momento. O sistema deve permitir que essas operações sejam facilmente executadas, garantindo que as pessoas possam gerir as suas preferências de forma autónoma.
3. A organização deve assegurar que os dados pessoais recolhidos são utilizados apenas para os fins explícitos definidos e acordados com os utilizadores, evitando qualquer uso que comprometa a privacidade ou segurança. Qualquer novo uso dos dados deve requerer consentimento adicional.
4. O sistema de IA deve incluir mecanismos robustos que garantam a validação do consentimento dos utilizadores, a rastreabilidade dos dados recolhidos e a possibilidade de revogação do consentimento quando aplicável. Isso assegura que os utilizadores mantêm controlo total sobre os seus dados e que a organização está em conformidade com as melhores práticas de privacidade. Recomendação prática: Integrar um sistema de gestão de consentimentos que permita que cada utilizador acompanhe e atualize o consentimento fornecido para diferentes

finalidades, incluindo a opção de revogação e remoção de dados, com registo de todas as alterações feitas.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:

- As políticas de privacidade implementadas são transparentes e comunicadas de forma clara aos utilizadores às pessoas? Os dados pessoais são recolhidos e processados em conformidade com o RGPD?
- As pessoas têm o controlo sobre os seus dados, incluindo a capacidade de dar ou retirar consentimento e de solicitar a eliminação dos seus dados?
- Como se garante que os dados recolhidos são utilizados apenas para os fins explícitos e não para fins que possam comprometer a privacidade ou a segurança das pessoas?
- O sistema inclui mecanismos para assinalar e controlar dados pessoais em função do caso de utilização, como o consentimento válido e a possibilidade de revogação, quando aplicável?

Responsabilidade

Esta secção deve orientar as organizações a garantir que existem processos claros de responsabilização e supervisão no uso da IA, assegurando que os sistemas são auditáveis e os riscos são geridos de forma transparente.

Para operacionalizar estas questões, sugerem-se os seguintes passos:

1. A organização deve estabelecer um processo claro para identificar quem são os responsáveis humanos por cada decisão ou ação gerada pelo sistema de IA, garantindo que, em qualquer momento, é possível atribuir a responsabilidade a uma pessoa ou equipa específica. Isso ajuda a garantir que as decisões não são completamente



delegadas ao sistema, mas que há supervisão humana em todas as fases do processo.

2. A organização deve designar responsáveis específicos para supervisionar o sistema de IA em todas as fases do seu ciclo de vida, desde a conceção até à implementação e monitorização. Estes responsáveis devem estar devidamente qualificados e conscientes das suas funções.
3. A organização deve implementar processos que permitam rastrear a origem de qualquer erro ou mau funcionamento no sistema de IA e atribuir responsabilidades específicas às equipas ou indivíduos envolvidos, podendo por exemplo desenvolver um sistema de registo de eventos e erros, que permita rastrear todas as ações do sistema de IA, facilitando a identificação da origem de problemas e a atribuição de responsabilidades.
4. Deve existir um processo estruturado para identificar, avaliar e mitigar os riscos associados ao sistema de IA. Isso inclui garantir que todas as decisões tomadas pelo sistema podem ser auditadas e justificadas por uma entidade ou pessoa identificável.
5. A organização deve assegurar que possui seguros adequados que cubram os potenciais riscos associados ao funcionamento do sistema de IA, incluindo riscos de cibersegurança, erros no funcionamento e responsabilidade civil. Isso protege a organização contra potenciais prejuízos financeiros resultantes de falhas do sistema.
6. A organização deve estabelecer mecanismos que facilitem auditorias externas, realizadas por auditores independentes ou reguladores, garantindo que o sistema de IA é transparente e rastreável em todas as suas operações. Isso ajuda a garantir que os processos e os resultados do sistema são verificáveis.
7. Para sistemas de IA que envolvem decisões críticas, a organização deve considerar a realização de auditorias externas regulares para garantir que os sistemas cumprem normas éticas,

legais e técnicas significativas, e que estão em conformidade com as melhores práticas.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:

- Existe um processo claro para identificar os responsáveis humanos por cada decisão ou ação tomada pelo sistema de IA?
- Quem é responsável pela supervisão do sistema de IA em cada fase do seu ciclo de vida? Esses responsáveis estão conscientes das suas funções e possuem as qualificações necessárias?
- Em caso de erro ou mau funcionamento do sistema, é possível rastrear a origem do problema e atribuir responsabilidades específicas?
- Existe um processo claro para a identificação, avaliação e mitigação de riscos? Como se assegura que as decisões tomadas pelo sistema podem ser auditadas e justificadas por uma entidade ou pessoa identificável?
- A organização possui seguros adequados que cobrem potenciais riscos associados ao funcionamento do sistema de IA, incluindo riscos de cibersegurança e responsabilidade civil?
- Foram criados mecanismos para facilitar a auditoria do sistema por auditores externos e reguladores designadamente para garantir a rastreabilidade e o registo dos processos e resultados do sistema de IA?
- Para a utilização de sistemas de IA em decisões críticas, considerou-se uma auditoria externa dos sistemas de IA em questão como forma de garantir o cumprimento de normas significativas?

Supervisão humana e intervenção

Esta secção deve orientar as organizações a garantir que existem mecanismos adequados para a supervisão humana nos sistemas de IA, permitindo a intervenção em momentos críticos e assegurando a responsabilidade dos operadores.



Para operacionalizar estas questões, sugerem-se os seguintes passos:

1. A organização deve identificar momentos claramente definidos em que a intervenção humana é necessária para validar ou corrigir decisões tomadas pela IA, especialmente em situações críticas. Esses pontos de intervenção devem ser documentados e integrados no processo de operação da IA.
2. Os operadores humanos que supervisionam o sistema de IA devem receber formação adequada para compreender o funcionamento do sistema e estar preparados para interromper ou ajustar o seu funcionamento, especialmente em situações de alto impacto ou risco. Esses operadores devem também ter a autoridade necessária para tomar essas ações de correção ou ajuste sem restrições.
3. O sistema de IA deve ser concebido para complementar as decisões humanas, garantindo que a IA não substitua a responsabilidade dos operadores humanos, mas sim facilita a tomada de decisões informadas. Isso garante que os operadores mantêm o controlo total e a responsabilidade pelas decisões finais.
4. A organização deve considerar e definir o nível apropriado de controlo humano para o sistema de IA e para cada caso de utilização específico, levando em conta a criticidade das decisões envolvidas. Quanto maior o impacto de uma decisão, maior deve ser o nível de supervisão humana.
5. Devem ser criados mecanismos para permitir auditoria das decisões e operações da IA, com a possibilidade de correção imediata em casos de desvio da autonomia ou funcionamento indevido. Esses mecanismos devem ser integrados ao sistema para garantir que qualquer problema relacionado à governança da IA possa ser identificado e corrigido rapidamente.
6. Em sistemas de IA com autoaprendizagem ou maior autonomia, devem ser adotados



mecanismos específicos de controlo e supervisão que permitam monitorizar a evolução do sistema e garantir que não adote comportamentos imprevistos ou não éticos. Estes mecanismos devem incluir a capacidade de ajustar ou reverter alterações que o sistema possa ter aprendido de forma incorreta.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:

- Existem momentos claramente definidos em que a intervenção humana é necessária para validar ou corrigir decisões da IA? Como são garantidos os mecanismos de fácil intervenção em situações críticas?
- Os operadores humanos possuem a formação e autoridade necessárias para interromper ou ajustar o funcionamento da IA, especialmente em situações de alto impacto?
- O sistema de IA está desenhado para complementar a decisão humana, garantindo que a autonomia e responsabilidade dos operadores não são comprometidas?
- Foi considerado qual seria o nível adequado de controlo humano para o sistema de IA e o caso de utilização específicos?
- Foram criados mecanismos para permitir uma auditoria e corrigir questões relacionadas com a governação da autonomia da IA?
- Em sistemas de IA com autoaprendizagem ou autonomia, foram adotados mecanismos específicos de controlo e supervisão?

Segurança

Esta secção deve orientar as organizações a garantir que os sistemas de IA são projetados com foco na segurança, tanto em termos de proteção dos utilizadores e da integridade das infraestruturas, como na proteção contra ataques e acessos não autorizados.

Para operacionalizar estas questões, sugerem-se os seguintes passos:

1. O sistema de IA deve ser projetado de forma a evitar decisões que comprometam a segurança dos utilizadores e a integridade das infraestruturas. Isso implica a implementação de salvaguardas e limites claros nas decisões automatizadas, com foco na proteção dos elementos físicos e digitais envolvidos no sistema.
2. A organização deve implementar medidas robustas de cibersegurança para proteger o sistema de IA contra ataques cibernéticos e acessos não autorizados. Estas medidas devem incluir *firewalls*, encriptação de dados e autenticação multifator. Além disso, é necessária monitorização contínua para detetar e responder a ameaças de forma rápida.
3. A organização deve criar planos de contingência e redundância que assegurem a continuidade dos serviços em caso de falhas no sistema ou ciberataques. Isso inclui a implementação de servidores redundantes, backups regulares e a capacidade de recuperação rápida em caso de falhas ou desastres.
4. O sistema deve ser desenhado para manter a segurança operacional mesmo em emergências, como falhas no sistema ou ciberataques. As organizações devem estabelecer processos claros para gerir emergências e garantir que os serviços críticos permanecem operacionais.
5. Para proteger a integridade e privacidade dos dados processados pelo sistema de IA, devem ser utilizadas técnicas avançadas de encriptação e controlos de acesso rigorosos. Isto garante que os dados são protegidos contra acessos indevidos e alterações não autorizadas, respeitando os requisitos legais e de conformidade.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:

- O sistema de IA está desenhado para evitar decisões que possam comprometer a segurança



dos utilizadores e a integridade das infraestruturas?

- Quais são as medidas de cibersegurança implementadas para proteger o sistema de IA contra ataques e acessos não autorizados? Como são monitorizadas e atualizadas essas medidas?
- Existem planos de contingência e redundâncias que permitam garantir a continuidade dos serviços em caso de falhas ou ciberataques? Como é assegurada a segurança operacional em situações de emergência?
- Como é garantida a segurança dos dados, incluindo técnicas de encriptação e controlo de acesso, para proteger a integridade e a privacidade dos dados processados pela IA?

Transparência e Explicabilidade

Esta secção deve orientar as organizações a garantir que os sistemas de IA são transparentes e as suas decisões são explicáveis de maneira clara e acessível.

Para operacionalizar estas questões, sugerem-se os seguintes passos:

1. A organização deve ser capaz de explicar de forma clara e acessível como o sistema de IA toma decisões. Isso inclui fornecer informações sobre os algoritmos utilizados, os dados processados e os critérios considerados na tomada de decisões. A explicação deve ser compreensível tanto para utilizadores técnicos como não técnicos, permitindo uma compreensão básica do funcionamento da IA.
2. Para garantir que as explicações são compreensíveis para todos, independentemente do seu nível de conhecimento técnico, a organização deve fornecer versões simplificadas e detalhadas das informações sobre o funcionamento do sistema. Essas versões devem ser adaptadas ao público-alvo, garantindo que os utilizadores têm uma visão clara e prática de como as decisões foram tomadas.

3. A organização deve garantir que existe documentação técnica suficiente que permita a inspeção dos processos de tomada de decisão da IA por terceiros, incluindo reguladores, investigadores independentes e auditores. Esta documentação deve detalhar os algoritmos utilizados, as fontes de dados e os parâmetros ajustados ao longo do tempo, permitindo que o sistema seja auditado e as decisões reproduzidas.
4. A organização deve estabelecer canais de comunicação claros para que utilizadores, reguladores e outras partes interessadas possam esclarecer dúvidas sobre o funcionamento da IA. Estes canais devem ser fáceis de aceder e garantir uma resposta rápida e precisa, ajudando a reforçar a confiança no sistema.
5. A transparência deve ser mantida ao longo de todo o ciclo de vida do sistema, desde o desenvolvimento até a operação e monitorização contínua. A organização deve garantir que quaisquer atualizações ou alterações ao sistema são documentadas e comunicadas às partes interessadas, assegurando que o sistema de IA permanece transparente e explicável.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:

- A organização é capaz de explicar de forma clara e acessível como o sistema de IA toma decisões?
- Como é garantido que as explicações são compreensíveis para todos os utilizadores, independentemente do seu nível de conhecimento técnico?
- Existe documentação técnica suficiente que permita a inspeção e reprodução dos processos de tomada de decisão da IA por terceiros, incluindo reguladores e investigadores independentes?
- Estão estabelecidos canais de comunicação claros e acessíveis para responder a dúvidas dos utilizadores e reguladores sobre o funcionamento da IA?

- Como é garantida a transparência contínua ao longo do ciclo de vida do sistema?

Colaboração com reguladores

Esta secção deve orientar as organizações a garantir uma comunicação eficaz e proativa com os reguladores, assegurando que os sistemas de IA cumprem todas as exigências regulamentares e que as atualizações normativas são integradas de forma contínua.

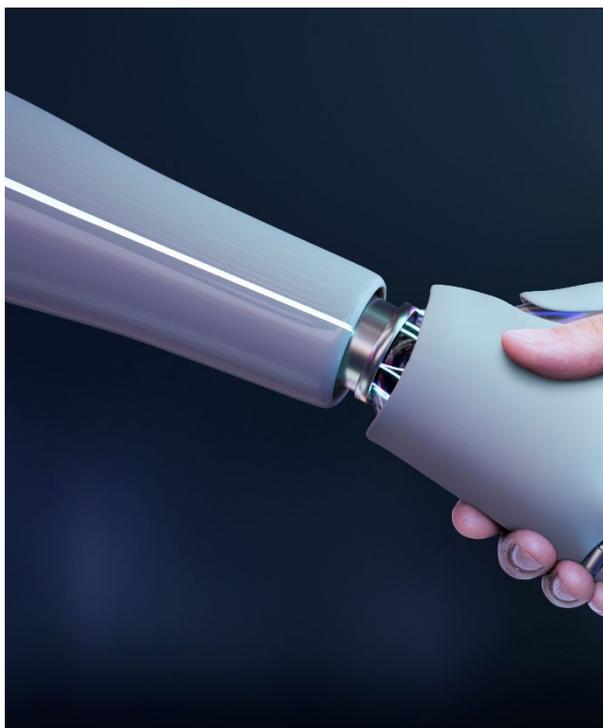
Para operacionalizar estas questões, sugerem-se os seguintes passos:

1. A organização deve estabelecer processos de comunicação regulares e proativos com os reguladores sobre o desenvolvimento e utilização dos sistemas de IA. Isso inclui a partilha de informações sobre as tecnologias utilizadas, atualizações de sistemas e conformidade regulatória, garantindo que os reguladores estão a par das operações da IA.
2. Devem existir processos estabelecidos para garantir que os sistemas de IA cumprem todas as exigências regulamentares, incluindo a realização

de auditorias regulares e a partilha de documentação técnica com as autoridades competentes. Esses processos devem ser formais e revistos periodicamente para garantir que a organização mantém a conformidade contínua.

3. A organização deve ter um sistema de monitorização contínua para garantir que está a par das mudanças nas regulamentações que afetam a IA, especialmente na mobilidade e transportes. Isso implica uma vigilância ativa de novos diplomas, diretrizes e recomendações que possam impactar o funcionamento do sistema.
4. A organização deve ter uma política interna formal que garanta a colaboração contínua com reguladores, incluindo a participação em consultas públicas e a integração de feedback regulamentar nos processos de desenvolvimento da IA. Esta política deve assegurar que as preocupações e sugestões dos reguladores são consideradas ao longo do ciclo de vida do sistema.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:





- A organização mantém uma comunicação regular e proactiva com os reguladores sobre o desenvolvimento e a utilização dos sistemas de IA?
- Existem processos estabelecidos para garantir que os sistemas de IA cumprem todas as exigências regulamentares, incluindo auditorias regulares e partilha de documentação técnica com as autoridades competentes?
- Como é que a organização assegura que está a acompanhar as mudanças nas regulamentações que afetam a IA nos mercados da mobilidade e dos transportes?
- Existe uma política interna que garante a colaboração contínua com reguladores, incluindo a participação em consultas públicas e a integração de feedback regulamentar nos processos de desenvolvimento de IA?

Conformidade legal

Esta secção deve orientar as organizações a garantir que os sistemas de IA são desenvolvidos e implementados em conformidade com todas as leis e regulamentos aplicáveis, bem como a assegurar a adaptação contínua a novas exigências legais.

Para operacionalizar estas questões, sugerem-se os seguintes passos:

1. A organização deve garantir que o sistema de IA foi desenvolvido e implementado em total conformidade com todas as leis e regulamentos aplicáveis, nomeadamente, mas não exclusivamente, o Regulamento IA e o RGPD.
2. A organização deve realizar avaliações de impacto regulatório para assegurar que a utilização da IA não viola normas legais ou regulamentares. Estas avaliações devem considerar o impacto do sistema em questões como privacidade, segurança dos dados e direitos dos passageiros, e identificar medidas para mitigar qualquer risco potencial.

3. A organização deve ter um processo estabelecido para realizar revisões periódicas das práticas de conformidade. Isso garante que o sistema de IA se adapta continuamente às novas exigências legais e regulatórias, acompanhando mudanças no cenário regulatório, tanto a nível nacional como internacional.
4. A organização deve dispor de documentação clara e completa que comprove a conformidade do sistema de IA com todas as normas legais e regulatórias. Esta documentação deve estar organizada e disponível para auditorias externas, permitindo a transparência e a verificação de que o sistema opera dentro dos parâmetros legais.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:

- O sistema de IA foi desenvolvido e implementado em conformidade com todas as leis e regulamentos aplicáveis, incluindo o Regulamento IA e o RGPD?
- A organização realizou avaliações de impacto regulatório para garantir que a utilização da IA não infringe normas legais ou regulatórias?
- Existe uma revisão periódica das práticas de conformidade para garantir que o sistema de IA se adapta a novas exigências legais e regulatórias?
- A organização dispõe de documentação que comprove a conformidade do sistema de IA com as normas legais, disponível para auditorias externas e consultas regulatórias?

Código de ética e reflexão

Esta secção deve orientar as organizações a garantir que o desenvolvimento e a utilização da IA seguem padrões éticos definidos, promovendo uma cultura de reflexão contínua e alinhamento com as melhores práticas éticas.

Para operacionalizar estas questões, sugerem-se os seguintes passos:



1. A organização deve ter um código de ética claramente definido que oriente o desenvolvimento, implementação e utilização de IA. Este código deve abordar questões como transparência, equidade, respeito pela privacidade e autonomia humana, garantindo que todos os envolvidos compreendem e estão comprometidos com esses princípios.
2. A organização deve participar ativamente em fóruns ou grupos de trabalho que discutem e desenvolvem melhores práticas éticas para a IA. Isso inclui colaboração com outras empresas, académicos e reguladores para manter-se atualizada com os mais recentes avanços e discussões sobre ética em IA, garantindo que as suas práticas estão alinhadas com os padrões mais elevados.
3. Deve existir uma pessoa ou equipa designada para monitorizar as questões éticas associadas ao sistema de IA ao longo de todo o seu ciclo de vida. Esta equipa deve ter a autoridade necessária para modificar ou até suspender o uso do sistema, se for identificado que está a violar princípios éticos. Essa monitorização deve ser contínua, assegurando que o sistema permanece em conformidade com os padrões éticos ao longo do tempo.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:

- Existe um código de ética claramente definido que oriente o desenvolvimento e a utilização da IA na organização? Como é assegurado que todos os envolvidos estão cientes e comprometidos com este código?
- A organização participa em fóruns ou grupos de trabalho que discutem e desenvolvem melhores práticas éticas para a IA? Como é garantido que as práticas da organização estão alinhadas com os mais altos padrões éticos?
- Existe uma pessoa ou equipa designada para monitorizar as questões éticas ao longo de todo o ciclo de vida do sistema de IA, com autoridade

para modificar ou suspender o uso do sistema se necessário?

Formação e capacitação

Esta secção deve orientar as organizações a garantir que todos os envolvidos na implementação e operação dos sistemas de IA estão devidamente formados em questões de ética e segurança, e que se sentem capacitados para abordar e resolver problemas éticos de forma contínua.

Para operacionalizar estas questões, sugerem-se os seguintes passos:

1. A organização deve garantir que todos os colaboradores e operadores envolvidos no desenvolvimento e uso da IA recebem formação adequada em ética e segurança, com foco em temas como privacidade, transparência, equidade e mitigação de riscos. Esta formação deve incluir também o desenvolvimento de pensamento crítico sobre as implicações éticas e sociais da IA, para que os envolvidos compreendam os impactos mais amplos do uso desta tecnologia.
2. A organização deve fomentar um ambiente de trabalho que capacite os operadores e gestores a identificar e resolver questões éticas relacionadas com a IA. Isso significa garantir que há um canal aberto para discutir preocupações éticas e assegurar que essas preocupações são tratadas de forma contínua e adequada. A gestão deve ser proativa na criação de uma cultura de responsabilidade ética em relação à IA.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:

- Todos os envolvidos na implementação e operação do sistema de IA receberam formação adequada em ética e segurança? A formação inclui o desenvolvimento do pensamento crítico em relação às implicações da IA?
- A organização proporciona um ambiente em que os operadores e gestores se sintam capacitados



para abordar e resolver questões éticas relacionadas com a IA? Como é garantido que estas questões são tratadas de forma adequada e contínua?

Documentação de erros e aprendizagem contínua

Esta secção deve orientar as organizações a garantir que os erros dos sistemas de IA são documentados, analisados e utilizados como base para uma melhoria contínua.

Para operacionalizar estas questões, sugerem-se os seguintes passos:

1. A organização deve garantir que todos os erros comuns são documentados de forma detalhada, com uma análise completa das suas causas e consequências. Esta documentação deve incluir uma investigação sobre os fatores que levaram ao erro e os impactos que teve nos utilizadores, na operação e nos resultados do sistema de IA.
2. Deve existir um processo estruturado que permita à organização aprender com os erros identificados, assegurando que são tomadas medidas para melhorar continuamente o sistema de IA. Este processo deve ser integrado nas rotinas de gestão de qualidade e melhoria contínua da organização.
3. A organização deve assegurar que, uma vez identificado e corrigido, o mesmo erro não se repete. Isso pode ser feito através da implementação de mudanças permanentes no sistema, incluindo revisões de algoritmos ou ajustamentos operacionais.
4. A organização deve ter mecanismos para monitorizar e avaliar a eficácia das correções implementadas após a identificação de erros, garantindo que as medidas adotadas realmente resolvem o problema e não criam novos desafios.
5. A organização deve fomentar uma cultura de aprendizagem contínua, onde os erros são vistos como oportunidades de melhoria, e os conhecimentos adquiridos são partilhados de

forma transversal em toda a organização. Isso garante que cada erro leva a uma evolução positiva do sistema e que todos os colaboradores contribuem para a melhoria.

6. A organização deve garantir que qualquer dano causado pelos sistemas de IA é investigado e reparado de forma adequada, adotando mecanismos para a aplicação efetiva de medidas corretivas. Isso é essencial para assegurar que os direitos humanos e o Estado de direito são respeitados tanto no mundo digital quanto no físico.

Estas perguntas ajudam a perceber se a organização está alinhada com os princípios éticos estabelecidos:

- Os erros comuns são documentados de forma detalhada, com uma análise das suas causas e consequências?
- Existe um processo estruturado para aprender com esses erros e melhorar continuamente o sistema?
- Como é assegurado que os mesmos erros não se repetem?
- Existem mecanismos para monitorizar e avaliar a eficácia das correções implementadas?
- A organização possui uma cultura de aprendizagem contínua, onde as falhas são vistas como oportunidades de melhoria e onde os conhecimentos adquiridos são partilhados e aplicados de forma transversal?
- A organização assegura que os danos causados pelos sistemas de IA são investigados e reparados, através da adoção de mecanismos de aplicação efetivos e de medidas corretivas, para garantir que os direitos humanos e o Estado de direito sejam respeitados no mundo digital e no mundo físico?



ETAPAS PARA UMA ABORDAGEM ÉTICA E ESTRATÉGICA DA IA

ETAPA	AÇÃO
1 Definir Estratégia e Alinhamento	Criar um documento estratégico que defina os principais objetivos, o escopo de aplicação e os impactos esperados da IA. Rever a estratégia anualmente.
2 Estabelecer Objetivos e Necessidade	Definir objetivos claros e mensuráveis (ex: eficiência operacional, redução de custos). Avaliar métodos alternativos com menos riscos.
3 Identificação e Gestão de Riscos	Mapear riscos (direitos fundamentais, privacidade, segurança, entre outros). Quantificar a probabilidade e o impacto dos riscos. Desenvolver um plano de gestão de riscos dinâmico.
4 Assegurar Qualidade dos Dados	Verificar se os dados são completos e representativos. Implementar ferramentas de detecção de enviesamentos e realizar auditorias regulares. Garantir a integridade e segurança dos dados.
5 Garantir Equidade e Inclusão	Definir uma política de equidade no uso da IA. Incorporar as necessidades de grupos vulneráveis no desenho do sistema. Realizar análises regulares para mitigar enviesamentos.
6 Respeitar a Autonomia Humana	Garantir que as pessoas são informadas sobre a utilização de IA. Implementar salvaguardas contra manipulação ou coação. Fornecer um mecanismo para contestar decisões automatizadas.
7 Garantir Privacidade	Desenvolver políticas de privacidade claras e transparentes. Garantir o controlo total das pessoas sobre os seus dados. Assegurar que os dados pessoais são utilizados apenas para os fins acordados.
8 Estabelecer Responsabilidade	Identificar responsáveis humanos para todas as decisões da IA. Implementar processos de auditoria e atribuição de responsabilidades em caso de falha. Assegurar a existência de seguros adequados para cobrir riscos associados à IA.
9 Supervisão Humana e Intervenção	Definir momentos de intervenção humana crítica. Garantir formação adequada dos operadores humanos. Manter o controlo humano nas decisões de IA, especialmente em situações de alto risco.
10 Garantir Segurança	Implementar salvaguardas para proteger pessoas e infraestruturas. Desenvolver medidas robustas de cibersegurança. Criar planos de contingência e redundância.
11 Transparência e Explicabilidade	Explicar de forma clara como o sistema de IA toma decisões. Fornecer versões simplificadas e detalhadas das explicações. Manter documentação técnica para permitir inspeções e auditorias.
12 Colaboração com Reguladores	Estabelecer uma comunicação regular e proativa com reguladores. Realizar auditorias regulares para garantir conformidade regulamentar. Manter uma política interna que garanta colaboração contínua com os reguladores.
13 Garantir Conformidade Legal	Assegurar que o sistema de IA cumpre o Regulamento IA, RGPD e outras normas legais. Realizar avaliações de impacto regulatório antes da implementação. Manter documentação de conformidade disponível para auditorias externas.
14 Código de Ética	Criar um código de ética que oriente o uso da IA. Participar em fóruns que discutem melhores práticas éticas. Designar uma equipa responsável pela monitorização de questões éticas.
15 Formação e Capacitação	Oferecer formação contínua em ética e segurança para todos os colaboradores envolvidos com a IA. Criar um ambiente onde gestores e operadores possam abordar questões éticas de forma proativa.
16 Documentação de Erros e Aprendizagem Contínua	Documentar detalhadamente todos os erros e falhas da IA. Implementar processos de aprendizagem contínua para corrigir e prevenir erros futuros. Assegurar que as medidas corretivas são eficazes.

8.

UMA ABORDAGEM DE CONFORMIDADE LEGAL E REGULATÓRIA





8. UMA ABORDAGEM DE CONFORMIDADE LEGAL E REGULATÓRIA

Um passo decisivo para garantir que a IA desenvolvida e utilizada nos transportes é transparente, responsável e de confiança, passa por garantir que esta está em conformidade com a legislação aplicável. Como referido, são diversas as normas regulamentares aplicáveis ao desenvolvimento e implementação destes sistemas, e de fontes variadas.

Uma conformidade que não se esgota no Regulamento IA

Em primeiro lugar, cumpre destacar a necessidade de assegurar a conformidade com o Regulamento IA, já em vigor, que estabelece um quadro comum para a utilização e o fornecimento de sistemas de IA na UE. Enquanto regulamento europeu, este diploma será aplicável diretamente em Portugal, sem necessidade de qualquer ato de transposição por parte do Estado Português.

Uma vez que os sistemas de IA são desenvolvidos a partir de grandes quantidades de dados, será também essencial garantir o cumprimento das disposições do RGPD relativas à proteção e ao tratamento de dados pessoais. Os operadores devem assegurar o cumprimento de várias disposições específicas do RGPD, como a licitude da recolha e do tratamento de dados (através, nomeadamente, de modelos de consentimento adequados), o cumprimento dos limites relativos ao tratamento e à partilha de dados pessoais com terceiros, bem como a minimização de dados (garantindo que apenas os dados estritamente necessários são recolhidos e processados) e a anonimização ou pseudonimização de dados

pessoais para proteger a identidade dos indivíduos. Além disso, é essencial implementar mecanismos robustos de segurança para proteger os dados contra acessos não autorizados e vazamentos, bem como assegurar o direito dos indivíduos de solicitar o acesso, a retificação, a oposição ou o apagamento dos seus dados pessoais.

No entanto, a conformidade legal e regulatória no contexto da IA nos mercados da mobilidade e dos transportes transcende a observância do Regulamento de IA, do RGPD ou de diretrizes técnicas específicas, como as previstas na Diretiva relativa aos sistemas de transporte inteligentes no transporte rodoviário (Diretiva 2010/40/UE, alterada, por último, a 20 de dezembro de 2023, também designada “Diretiva TIS”).

Embora estas normas ofereçam um quadro técnico para o desenvolvimento e implementação de soluções de IA, a regulação da IA abrange um conjunto muito mais amplo de aspetos que vão além da mera verificação de requisitos técnicos ou de governança.

De facto, a IA, sendo uma tecnologia disruptiva, gera impactos que ultrapassam em muito as questões técnicas, tocando em diversas áreas reguladas pela AMT.

A conformidade deve, pois, ser entendida numa perspetiva mais alargada, que inclui também a proteção dos utilizadores, a equidade nas decisões automatizadas e a promoção de uma concorrência saudável no mercado.

E deve, claro e evidentemente, ter em consideração o cumprimento de toda a legislação setorial, nacional e europeia¹⁵¹, consequência precisamente da

¹⁵¹ Entre os diplomas legais a que deve ser dada especial atenção, destaca-se, sem qualquer intuito exaustivo:

- Diretiva relativa aos sistemas de transporte inteligentes no transporte rodoviário (Diretiva 2010/40/UE, alterada, por último, a 20 de dezembro de 2023, também designada “Diretiva TIS”).
- Lei n.º 32/2013, de 10 de maio, que transpõe a Diretiva TIS para a ordem jurídica nacional.
- Decreto-Lei n.º 124-A/2018, de 31 de dezembro, que aprova o regime jurídico aplicável ao contrato de transporte ferroviário de passageiros, o regime jurídico aplicável à CP - Comboios de Portugal, E. P. E., e o regime de gestão e utilização da infraestrutura ferroviária nacional.

- O Regulamento (UE) 2019/881 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de abril de 2019, relativo à ENISA (Agência da União Europeia para a Cibersegurança) e à Pode-se remeter apenas certificação da cibersegurança das tecnologias da informação e comunicação e que revoga o Regulamento (UE) n.º 526/2013 (Regulamento Cibersegurança).
- Regulamento (UE) 2022/2065 do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de outubro de 2022 relativo a um mercado único para os serviços digitais e que altera a Diretiva 2000/31/CE (Regulamento dos Serviços Digitais)
- Regulamento (CE) n.º 1370/2007 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2007, relativo aos serviços públicos de transporte ferroviário e rodoviário de passageiros e que revoga os Regulamentos (CEE) n.º 1191/69 e (CEE) n.º 1107/70 do Conselho.



circunstância de a IA afetar potencialmente toda a atividade. Do site da AMT constam os principais diplomas de enquadramento legal dos modos de transporte abrangidos pela atividade reguladora da AMT¹⁵².

O papel regulatório da AMT

A AMT, conforme o seu mandato legal¹⁵³, não só assegura a regulação e supervisão técnica, mas também promove e defende a concorrência e os direitos dos consumidores nos mercados que regula, incluindo o transporte terrestre, ferroviário, portuário e marítimo.

Nos seus instrumentos de gestão, a AMT tem preconizado um modelo regulatório que:

1. Promova o suprimento de falhas de mercado e falhas de Estado e o equilíbrio dinâmico de várias racionalidades: investidores; profissionais / utilizadores / consumidores e / ou cidadãos; contribuintes e tendo por base um conhecimento compreensivo, atualizado e preditivo do Ecosistema da Mobilidade e dos Transportes;
2. Atenda aos desafios cruciais que se colocam no futuro do desenvolvimento sustentável das sociedades ocidentais, onde as transições ambiental, digital e energética têm um papel central;
3. Contribua para crescimento económico e o emprego, para a proteção e promoção do bem público da mobilidade eficiente, inclusiva, sustentável e inteligente para pessoas e mercadorias.
4. Promova atos regulatórios, assentes, em regras claras, assertivas, transparentes, com um elevado ciclo de vida, sindicáveis, sobre o que na realidade vai acontecendo nos mercados relevantes da

mobilidade, que promovam a competitividade, e, por outro lado, também na inovação e na antecipação de novos mercados;

5. Promova a competitividade tendo em conta o crescente grau de digitalização, que subscreve funções de inteligência indutoras da produtividade, da flexibilidade e de qualidade;
6. Promova a disseminação, pelo Ecosistema, das vantagens e das potencialidades da Digitalização;
7. Promova a qualificação do capital humano e a disponibilização de infraestruturas tecnológicas e sistemas de informação para garantir o cumprimento da missão da AMT como um todo, funcionando como facilitador na melhoria da qualidade dos serviços e da informação no Ecosistema;
8. Confira uma maior visibilidade à centralidade nas pessoas que, enquanto tal, são o cerne de toda a atuação da AMT no Ecosistema, contribuindo para elevados níveis de coesão ambiental, territorial, económica e social.

Mais tem defendido a AMT que:

1. O futuro do Ecosistema passa pela vaga de inovação tecnológica e de modelos empresariais revolucionários que está na origem de uma procura crescente de novos serviços de mobilidade, potenciando a resposta à necessidade premente de concretização de uma “mobilidade inteligente”, a par com as exigências de acessibilidade equitativa, conectividade alargada, neutralidade carbónica e de infraestruturas e equipamentos resilientes;
2. Os desafios da digitalização da economia da mobilidade, em que se procura incentivar os operadores do Ecosistema a adotarem

• Regulamentos europeus relativos aos direitos dos passageiros nos diversos modos de transporte: Regulamento (UE) 2021/782 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril de 2021, relativo aos direitos e obrigações dos passageiros dos serviços ferroviários (reformulação), o Regulamento (UE) n.º 181/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de fevereiro de 2011, respeitante aos direitos dos passageiros no transporte de autocarro e que altera o Regulamento (CE) n.º 2006/2004 e o Regulamento (UE) n.º 1177/2010 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de novembro de 2010, relativo aos direitos dos passageiros do transporte marítimo e por vias navegáveis interiores.

¹⁵² <https://www.amt-autoridade.pt/>. A legislação aí apresentada não é exaustiva e a AMT não se responsabiliza pela permanente atualização da legislação disponibilizada, a qual não dispensa a consulta do Diário da República e do Jornal Oficial da União Europeia.

¹⁵³ Em particular, artigos 5.º e 34.º dos Estatutos da AMT.



tecnologias e promoverem a inovação na exploração dos sistemas de transportes, ganham particular relevância num contexto em que a evolução de novos modelos económicos é mais rápida do que a capacidade de intervenção pública, o que impõe uma atuação de antecipação, rápida e de âmbito prospetivo;

3. As novas soluções de organização do transporte e a multimodalidade nos serviços de transporte de passageiros e mercadorias, infraestruturas e veículos criam oportunidades, mas também ameaças que urge antecipar e mitigar os seus diversos impactos sociais, económicos, territoriais e ambientais;
4. Os desafios relacionados com a defesa intransigente do consumidor/cliente, em que se procura garantir que num Ecossistema desigual, que evolui a diversas velocidades e com dificuldades estruturais, se possa enfrentar, ao mesmo tempo, os desafios da inovação tecnológica e do surgimento de modelos de negócio plurinacionais, reforçando a promoção da

defesa dos consumidores / utilizadores / passageiros em matérias de mobilidade e transportes;

5. A regulação tem um papel essencial na garantia do exercício de direitos fundamentais ou no acesso inclusivo a serviços essenciais, devendo avaliar de que forma poderá a inovação impulsionada pelas três transições constituir uma oportunidade e um desafio para a regulação, quais são os contributos da regulação para o crescimento económico, qual o impacto da IA na regulação e ainda se os cidadãos são verdadeiramente informados e exigentes no respeito pelos seus direitos.

Assim, a verificação da conformidade de IA nestes mercados deve ser encarada pelos vários agentes como uma questão regulatória complexa, que exige a avaliação contínua de como a IA pode influenciar a estrutura de mercado, a formação de preços, o acesso equitativo às infraestruturas e serviços, e a proteção dos utilizadores. Por exemplo, a utilização de IA em plataformas de mobilidade partilhada, ao permitir a definição de preços dinâmicos ou a



alocação de veículos, pode criar riscos de discriminação e exclusão de determinados grupos de utilizadores, o que exige a intervenção regulatória da AMT para garantir que o acesso é justo e não discriminatório.

Além disso, a conformidade com a regulação concorrencial é crucial para evitar que a IA se torne uma ferramenta de práticas anticompetitivas. A AMT tem a responsabilidade de garantir que a utilização de IA por operadores de transportes ou infraestruturas não distorce o mercado, nem favorece indevidamente determinados operadores em detrimento de outros, assegurando que o acesso à infraestrutura e aos serviços é livre, equitativo e não discriminatório. A aplicação de IA nos transportes, ao automatizar processos de gestão de tráfego ou de logística, pode gerar vantagens competitivas significativas para quem detém essas tecnologias, sendo necessário que a AMT verifique o cumprimento das normas de concorrência e de acesso.

Note-se que a AMT também tem o dever de fiscalizar como as tecnologias de IA afetam os direitos dos consumidores, a segurança e a qualidade dos serviços prestados. A IA pode otimizar o funcionamento de sistemas de transportes, mas é fundamental que essas otimizações não ocorram à custa da proteção dos consumidores. A AMT tem a missão de garantir que as práticas adotadas pelos operadores, sejam em termos de preços, de segurança ou de acessibilidade, estão em conformidade com as exigências legais e que, sempre que necessário, deve intervir para assegurar que os interesses dos cidadãos e dos utilizadores são protegidos.

Assim, a conformidade legal e regulatória em matéria de IA, assim como o papel da AMT, vai muito além da verificação técnica, abarcando uma supervisão regulatória robusta que abrange as questões concorrenciais, a equidade no acesso e a defesa dos direitos dos consumidores.

Como tem sido consistentemente afirmado pela AMT, esta pretende acompanhar a implementação de novas tecnologias, mas também atuar como agente facilitador da inovação.

Este é um desiderato igualmente interno. No seu Plano de Atividades para 2024, é estabelecido como objetivo “Aprofundar a transição e transformação digital da AMT (OO.2.5)”, seja para ganhar eficiência internamente, seja para acompanhar a evolução das empresas dos mercados regulados que supervisiona e regula, especialmente se tal transformação digital promove e defende a concorrência no mercado e beneficia o consumidor. Nesse contexto, e tendo em conta as presentes Linhas de Orientação, serão concretizados os mecanismos de articulação e entre procedimentos internos e externos de regulação e supervisão da aplicação da IA.

Face ao exposto, considera-se ser necessário estabelecer uma estratégia específica de implementação das regras transversais da IA na globalidade dos mercados da mobilidade e dos transportes, que procure orientar as empresas e os cidadãos na sua aplicação e utilização, dando cumprimento ao regulamento e salvaguardando a segurança e dos direitos fundamentais, em serviços e infraestruturas, sem prejudicar a inovação.

Importa estabelecer estas Linhas de Orientação para a atuação global de empresas em linha com a atuação da AMT, de forma coerente e holística, designadamente quanto a códigos de conduta e ética na utilização de inovações tecnológicas.

Regulamento IA e a abordagem baseada no risco

O Regulamento de IA representa o primeiro grande quadro legislativo da União Europeia que estabelece normas comuns para o uso de tecnologias de Inteligência Artificial. Enquanto regulamento europeu, tem aplicação direta em todos os Estados-membros, incluindo Portugal, sem necessidade de transposição legislativa por parte do Estado português, o que garante uniformidade na sua implementação.

Este regulamento adota uma abordagem baseada no risco, refletindo uma tendência crescente na regulação digital da União Europeia, sendo o risco entendido como a combinação da probabilidade de

ocorrência de danos com a gravidade desses danos¹⁵⁴.

A regulamentação e as obrigações impostas variam consoante o nível de risco que os sistemas de IA representam para a sociedade, segurança, direitos fundamentais e bem-estar dos indivíduos.

Importa salientar que as categorias de risco estabelecidas pelo Regulamento se referem às utilizações específicas dos sistemas de IA, e não às técnicas ou tecnologias subjacentes, nem à quantidade de pessoas afetadas. Em outras palavras, o foco regulatório está nas aplicações e utilizações concretas da IA, mais do que nas tecnologias em si. Esta perspetiva permite uma abordagem mais flexível e adaptada à realidade do mercado, na medida em que um mesmo sistema de IA pode ser classificado em diferentes níveis de risco, dependendo da sua aplicação.

O Regulamento distingue quatro níveis de risco: sistemas de IA de risco inaceitável, que são proibidos (artigo 5.º); sistemas de risco elevado (artigo 6.º); sistemas de risco limitado, sujeitos a obrigações de transparência (artigo 50.º); e sistemas de risco mínimo, que não são abrangidos pelo Regulamento, mas que permanecem sujeitos ao cumprimento de outra legislação aplicável.

Esta categorização implica a imposição de obrigações diferenciadas para prestadores, importadores, distribuidores e entidades responsáveis pela utilização e implementação dos sistemas de IA.

Não cabe aqui descrever as diversas classificações e as utilizações consideradas proibidas, de risco elevado ou de risco limitado, mas é importante salientar dois aspetos relevantes.

Em primeiro lugar, apesar de as práticas proibidas constarem de uma lista taxativa e relativamente



¹⁵⁴ Nos termos do n.º 2 do artigo 3.º do Regulamento IA (doravante todos os artigos e Anexos citados são referentes ao Regulamento IA).



específica, as definições utilizadas no Regulamento são relativamente latas e potencialmente aplicáveis aos vários agentes nos mercados da mobilidade e dos transportes. Evitar que os sistemas utilizados sejam enquadrados como práticas proibidas é uma tarefa essencial, particularmente porque estas disposições serão as primeiras a ser aplicáveis e o seu incumprimento gera coimas bastante elevadas¹⁵⁵.

Em segundo lugar, é fundamental realçar que muitos dos sistemas de IA utilizados no âmbito dos mercados da mobilidade e dos transportes poderão potencialmente vir a ser classificados como sistemas de “risco elevado”.

O risco elevado nos mercados da mobilidade e dos transportes

Muitas das utilizações associadas a sistemas de IA de risco elevado referem-se a domínios associados a esses mercados.

São de risco elevado, por exemplo, utilizações no âmbito das infraestruturas críticas¹⁵⁶ e do acesso a serviços e prestações públicos essenciais¹⁵⁷.

O Regulamento qualifica ainda como de risco elevado todos os sistemas de IA que se destinam a ser utilizados como produtos ou componentes de segurança de produtos abrangidos pela legislação de harmonização da UE enumerada no Anexo I do Regulamento, incluindo o Regulamento relativo à homologação e fiscalização de veículos a duas ou três rodas ou quadriciclos (Regulamento (UE) n.º 168/2013), a Diretiva relativa aos equipamentos marítimos (Diretiva 2014/90/EU), a Diretiva relativa à interoperabilidade do sistema ferroviário na UE (Diretiva (UE) 2016/797), o Regulamento relativo à homologação e à fiscalização do mercado dos veículos a motor e seus reboques, e dos sistemas, componentes e unidades técnicas destinados a esses veículos (Regulamento (UE) 2018/858) e o

regulamento que estabelece os requisitos para essa homologação (Regulamento (UE) 2019/2144) e a Diretiva sobre embarcações de recreio e motas de água (Diretiva 2013/53/EU).

Assim, os fornecedores ou responsáveis pela implementação destes sistemas ficarão sujeitos a uma obrigação de avaliação de conformidade que envolve aspetos técnicos e não técnicos, como condição para a sua introdução no mercado da UE.

Esta avaliação, realizada perante entidade verificadoras autorizadas, destina-se a garantir que o sistema cumpre com os seguintes requisitos:

1. Sistema de gestão de riscos: Devem estabelecer e documentar um sistema de gestão dos riscos, de forma sistemática e contínua ao longo do ciclo de vida do sistema de IA de risco elevado. Esse sistema deve incluir a identificação, análise, estimativa e avaliação dos riscos conhecidos e previsíveis, bem como a adoção de medidas adequadas de gestão dos riscos para os enfrentar.
2. Qualidade e governança de dados: Os dados utilizados para treino, testagem e validação do sistema de IA devem ser relevantes para o seu objetivo, representativos e isentos de erros e vieses, através de políticas adequadas de governança de dados.
3. Documentação técnica: Deve ser mantida e disponibilizada a documentação técnica que demonstre a conformidade do sistema de IA com os requisitos exigidos.
4. Registo de atividades: Devem manter um registo das operações do sistema de IA para garantir a rastreabilidade dos seus resultados. Além disso, os sistemas de IA de risco elevado devem tecnicamente permitir o registo automático de eventos (*logs*) ao longo do seu ciclo de vida.

¹⁵⁵ 35 milhões de euros ou até 7% do volume de negócios mundial total do exercício financeiro anterior (consoante o mais elevado) em caso de incumprimento das práticas proibidas de IA (n.º 3 do artigo 99.º).

¹⁵⁶ “Sistemas de IA concebidos para serem utilizados como componentes de segurança na gestão e no controlo de infraestruturas digitais críticas, do trânsito

rodoviário ou das redes de abastecimento de água, gás, aquecimento ou eletricidade” (n.º 2 do Anexo III).

¹⁵⁷ Sistemas de IA concebidos para assistir autoridades judiciais na investigação e interpretação de factos e de direito, para aplicação da lei ou utilização na resolução alternativa de litígios (n.º 8 do Anexo III).

5. **Transparência e prestação de informação:** Os prestadores devem garantir que a documentação dos sistemas de IA de risco elevado seja detalhada e acessível. Isto inclui informações sobre a metodologia, os algoritmos, as decisões de conceção e as capacidades e limitações do sistema, permitindo uma transparência total sobre a forma como o sistema funciona e os dados que utiliza. Os prestadores de sistemas de IA de alto risco devem também fornecer aos responsáveis pela implantação desses sistemas, informações claras e adequadas sobre as capacidades e limitações do sistema.

6. **Supervisão humana:** Deve existir supervisão humana do sistema para minimizar os riscos e permitir a intervenção em caso de mau funcionamento do sistema, a fim de atenuar os riscos de decisões autónomas erradas ou prejudiciais. Os operadores devem ser formados e ter a autoridade necessária para monitorizar e, se necessário, intervir ou desativar o sistema de IA.

7. **Robustez, exatidão e cibersegurança:** Devem garantir que o sistema de IA é robusto, exato e capaz de tratar erros ou incoerências durante o funcionamento. Em particular, podem ser aplicadas medidas para prevenir e responder a ataques destinados a manipular os dados de treino (*data poisoning*) ou de componentes pré-treinados utilizados no treino (*model poisoning*), entradas concebidas para levar o modelo de IA a cometer um erro, ataques de confidencialidade, etc.

Após a realização da avaliação de conformidade, é ainda necessário proceder ao registo do sistema na base de dados específica da UE.

Para além disso, as entidades públicas que sejam responsáveis pela implantação de sistemas de IA devem realizar uma avaliação de impacto nos direitos fundamentais destinada a garantir que a utilização do sistema de IA não conduz à discriminação e que respeita os direitos fundamentais.



