

Transição para uma Mobilidade Urbana Sustentável: A contribuição da IA para a Seleção de Frotas de Autocarros em Portugal

Ana Borges, Wellington Alves, Géremi G. Dranka & Willian Machado
CIICESI/ESTG, Politécnico do Porto (Portugal)

Sumário executivo

O processo de descarbonização das frotas de autocarros é cada vez mais essencial para os compromissos climáticos de Portugal, mas a maioria dos municípios e operadores planeia esta transição sem evidência suficiente nem ferramentas para agir. O projeto OPTIMOB-@I.PT desenvolveu métodos de análise e software de código aberto para colmatar essa lacuna, utilizando dados reais de utilização do Porto (STCP) e de Zurique. Os resultados mostram, primeiro, que investir em mais serviço atrai mais passageiros, num efeito medível (cerca de 1% mais procura por cada 10% mais serviço) que dá aos decisores uma base concreta para o investimento; segundo, que esse efeito varia consoante o território, o que recomenda investir de forma diferenciada e não com uma regra única; e, terceiro, o projeto disponibilizou o PID-Transit, uma ferramenta gratuita, e o primeiro material de formação em português sobre as normas europeias NeTEx e GTFS, que ajuda operadores de qualquer dimensão a cumprir o Regulamento (UE) 2024/490. Em conjunto, estes resultados dão aos decisores a evidência e os instrumentos para acelerar uma transição de frota eficiente e justa.

Recomendações

- Considerar o reforço da oferta de serviço como instrumento de descarbonização: a relação medida entre serviço e procura permite estimar, à partida, quantos passageiros se ganham com cada investimento na rede;
- Priorizar o investimento de forma diferenciada no território, concentrando recursos onde geram mais procura e maior benefício social, em vez de aplicar uma regra única a todo o país;
- Adotar e apoiar ferramentas de dados abertas e normalizadas, como o PID-Transit, para que operadores de pequena e média dimensão cumpram o Regulamento (UE) 2024/490 e integrem o sistema europeu de informação multimodal;
- Considerar as decisões de compra de frota com base em métodos multicritério que pondere de forma transparente custo, emissões e impacto social das tecnologias diesel, elétrica, híbrida e de hidrogénio.

Destinatário(s) do policy brief

IMT e AMT; municípios e autoridades metropolitanas de transportes; operadores de transporte público; e as áreas governativas do Ambiente e Ação Climática e das Infraestruturas e Mobilidade.

Introdução e Enquadramento do Problema

O setor dos transportes é responsável por cerca de um quarto das emissões globais de gases com efeito de estufa, e a maior parte dos

veículos ainda depende de combustíveis fósseis. Por isso, descarbonizar as frotas de transporte público é uma peça central dos



compromissos climáticos de Portugal, nomeadamente do Plano Nacional Energia e Clima (PNEC 2030) e da meta de neutralidade carbónica em 2050, em linha com o quadro europeu. Os autocarros urbanos, pela sua presença em todas as cidades e pela frequência com que circulam, são uma das alavancas mais imediatas dessa transição. Municípios e operadores estão sob pressão crescente para renovar as frotas e alargar a oferta, mas a maioria não dispõe de evidência nem de ferramentas que apoiem estas decisões. Faltam respostas a duas perguntas práticas. i) Quanto vale, em mais passageiros,

investir em mais serviço? Sem essa resposta, os investimentos são decididos sobre estimativas frágeis. ii) Como cumprir as novas obrigações europeias de partilha de dados de transporte, quando a maioria dos operadores guarda essa informação em formatos próprios e não normalizados? Estas duas lacunas, uma de evidência e outra de dados, atrasam decisões com impacto direto nas emissões e no serviço prestado às populações. O projeto OPTIMOB-@I.PT foi concebido para responder a ambas, reunindo evidência sobre a procura e desenvolvendo ferramentas práticas para os operadores.

Principais Resultados

Para perceber como a oferta de serviço influencia a procura, o projeto analisou dados reais de utilização de nove linhas urbanas de autocarro (Zurique, 2020 a 2022), combinando métodos de inteligência artificial e modelos estatísticos. Três resultados destacam-se pela sua utilidade para as políticas públicas.

Primeiro, mais serviço traduz-se em mais passageiros, e esse efeito é mensurável. Tendo em conta que os operadores tendem a reforçar o serviço onde a procura já está a aumentar, a análise isolou o efeito próprio da oferta: em média, um aumento de 10% no serviço (quilómetros percorridos) corresponde a um aumento de cerca de 1% na procura nas linhas em causa. O efeito é modesto, mas consistente e estatisticamente sólido, e dá aos decisores uma base concreta para estimar o retorno, em passageiros, de cada reforço de serviço antes de o financiar.

Em segundo lugar, este efeito não é igual em toda a cidade. O impacto de reforçar o serviço depende das características de cada zona, como a proporção de famílias sem automóvel ou o perfil da população residente. A mesma aposta em serviço rende mais passageiros nuns territórios do que noutros, o que recomenda investir de forma diferenciada, e não com uma regra única para todo o país.

Terceiro, a procura tem muita memória: o número de passageiros de hoje é o melhor indicador do número de passageiros de amanhã. Quedas de procura, como a provocada pela pandemia de COVID-19, não

se recuperam sozinhas e exigem investimento contínuo no serviço para serem revertidas. As características do território definem o potencial de longo prazo de cada linha, mas não as variações de curto prazo, pelo que faz sentido combinar o reforço do serviço com políticas de uso do solo.

Importa ser transparente quanto ao alcance desta evidência: uma vez que provém de uma cidade de referência, com dados de elevada qualidade, e refere-se ao efeito de curto a médio prazo nas linhas analisadas. A dimensão exata do efeito varia entre territórios, pelo que a sua aplicação a casos portugueses ganha solidez quando calibrada com dados locais.

A normalização dos dados é uma condição de base para este tipo de planeamento. O Regulamento Delegado (UE) 2024/490 passou a exigir que os operadores publiquem os seus dados, de forma normalizada, no Ponto de Acesso Nacional, segundo as normas europeias NeTEx e GTFS. As ferramentas disponíveis são, porém, dispersas, pouco flexíveis e quase sempre documentadas apenas em inglês, o que deixa os operadores de menor porte sem um caminho simples para cumprir a lei.

Para responder a esta necessidade, o projeto desenvolveu o PID-Transit, uma ferramenta de código aberto que organiza, valida e exporta os dados de transporte nos formatos exigidos (GTFS e NeTEx), a partir de uma única base de dados (Figura 1). Aplicada a uma rede real, com 71 linhas, 2 550 paragens e mais de 12

000 circulações diárias, produziu zero erros face aos validadores oficiais e reduziu em 30% os alertas de qualidade dos dados, sem

qualquer correção manual. Inclui ainda o primeiro material de formação em português sobre estas normas.

Figura 1 – Fluxo do PID-Transit, da recolha de dados dispersos à exportação em formatos conformes (GTFS e NeTEx) para o Ponto de Acesso Nacional.



Fonte: projeto [OPTIMOB-@I.PT](https://optimob-i.pt).

Implicações Políticas e Recomendações Futuras

Os resultados traduzem-se em medidas concretas em três horizontes temporais (Figura 2). No curto prazo, a dependência da relação entre o serviço e a procura pode ser utilizada na avaliação de investimentos. Como o efeito foi medido e não suposto, planeadores e autoridades orçamentais podem comparar diferentes cenários de reforço de serviço pelo número de passageiros que se espera ganhar, e justificar o investimento na rede como uma forma eficiente de atrair utilizadores e reduzir emissões. Pelo efeito variar entre as zonas, o investimento deve concentrar-se onde gera mais procura e maior benefício social.

No curto prazo, o prazo do Regulamento (UE) 2024/490 é a obrigação mais premente para muitos operadores. Adotar uma ferramenta normalizada, como o PID-Transit, permite cumprir as obrigações no Ponto de Acesso Nacional a baixo custo e integrar o sistema europeu de informação de viagens, do qual ficam de fora os operadores não conformes. Para além de cumprir a lei, os dados

normalizados são a condição para o planeamento baseado em evidências. O IMT e a AMT podem acelerar este processo recomendando ou apoiando ferramentas abertas e a respetiva formação em português.

No médio prazo, municípios e operadores vão tomar decisões de compra que definirão a frota para a próxima década. O projeto disponibiliza um método que pondera em conjunto os vários critérios de custo, emissões e impacto social para comparar, de forma transparente, as tecnologias diesel, elétrica, híbrida e de hidrogénio, tornando explícitas as prioridades e identificando escolhas que se mantêm acertadas em diferentes cenários.

Transversal a tudo isto, a normalização dos dados dos operadores não é um pormenor técnico: é a condição que torna possível planejar com base em evidências, colaborar na investigação e cumprir a regulamentação. Deve, por isso, ser tratada como prioridade nas decisões de financiamento e de regulação.

Figura 2 – Os três contributos de política do projeto, os atores a que se destinam e os horizontes temporais em que se aplicam.



Fonte: projeto [OPTIMOB-@I.PT](https://optimob-i.pt).

Conclusão

O OPTIMOB-@I.PT mostra que descarbonizar as frotas urbanas de autocarros pode ser apoiado por evidências e por ferramentas práticas e gratuitas. O projeto demonstrou que investir em mais serviço atrai mais passageiros, e que esse efeito varia consoante o território; criou uma ferramenta de código aberto que ajuda os operadores a cumprir as novas obrigações europeias de dados; e desenvolveu um método estruturado para apoiar a compra de novas frotas.

Estes contributos servem diferentes destinatários e momentos: a autoridade que avalia este ano um reforço de serviço, o operador que enfrenta um prazo legal, e o município que planeia a frota para a próxima década. A abordagem é transferível para qualquer município português quando existam dados disponíveis, e as parcerias com equipas de investigação no Brasil e na Coreia do Sul abrem caminho para alargar o trabalho a uma comparação internacional.

References / Referências (exemplo de apresentação)

Estanislau, M., Borges, A., Alves, W., Machado, W., & Dranka, G. (2026). Dynamics in Urban Bus Transportation: A Machine Learning Approach. 6th ICITBT, Tirana. International Journal of Innovative Technology and Interdisciplinary Sciences (E-ISSN: 2613-7305).

Pedroso, A. E., Alves, W., & Borges, A. (2026). PID-Transit: Open-Source Code and Documentation for Enabling GTFS and NeTEx Compliance in Transit Agencies. Submetido a revista internacional com revisão por pares.

Henriques, A. C., Borges, A., Alves, W., et al. (2026). Towards a Framework for Sustainable Urban Bus Fleet Selection. 7th ICEE,

University of Porto, 18 a 19 de junho de 2026 (ISI Web of Science).

Pedroso, A. E., Alves, W., Borges, A., et al. (2026). From Collection to Strategic Planning: A Conceptual Data Pipeline Framework for Public Transportation Forecasting. 7th ICEE, University of Porto (ISI Web of Science).

Estanislau, M., Borges, A., Alves, W., et al. (2026). Predicting Bus Occupancy Using Machine Learning: The Importance of Incorporating Territory's Characteristics. 7th ICEE, University of Porto (ISI Web of Science).



COMO CITAR ESTE DOCUMENTO

Borges, A., Alves, W., Dranka, G. G., Machado, W. (2026). *Descarbonizar a Mobilidade Urbana: Evidência e Ferramentas de IA para as Frotas de Autocarros em Portugal*. S4P-25 Policy Brief 8045/2025. PLANAPP – Centro de Planeamento e de Avaliação de Políticas Públicas.

CONTACTO

science4policy@planapp.gov.pt

COPYRIGHT

© PLANAPP, 2026



[Ciência para as políticas públicas](#)



[PLANAPP](#)



[Newsletter](#)



[PLANAPP](#)



[@planapp](#)



[PLANAPP podcasts](#)



Este *policy brief* foi desenvolvido no âmbito do Science4Policy 2025 (S4P-25: Concurso de Estudos de Ciência para as Políticas Públicas, uma iniciativa do Centro de Planeamento e de Avaliação de Políticas Públicas (PLANAPP), em colaboração com a Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), financiada pelo Plano de Recuperação e Resiliência de Portugal. Linha temática S4P-25/21: Modelar cenários de alteração do parque rodoviário rumo à descarbonização.

O conteúdo é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula nem compromete o PLANAPP nem a FCT.