

Estudo da demanda por micromobilidade elétrica em Itajubá-MG.

Leonardo Rosa Guimarães – leonardo07@unifei.edu.br
Josiane Palma Lima – jplima@unifei.edu.br

Palavras-chave: demanda, micromobilidade, comportamento, logística.

1. INTRODUÇÃO:

O presente estudo tem como objetivo principal analisar os fatores que influenciam a demanda por micromobilidade elétrica no município de Itajubá-MG, com ênfase em patinetes e bicicletas elétricas. Busca-se compreender o perfil dos usuários potenciais, suas percepções em relação à infraestrutura urbana, à segurança e à sustentabilidade, bem como identificar as barreiras que limitam o uso desses modos de transporte. Além disso, o estudo pretende fornecer subsídios para políticas públicas e estratégias empresariais voltadas à mobilidade urbana sustentável.

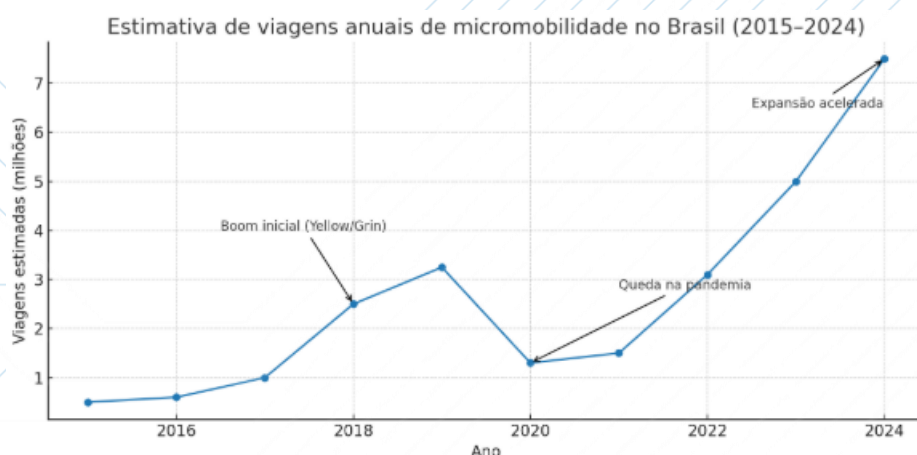
O transporte urbano abrange os deslocamentos de pessoas e mercadorias dentro das cidades, motivados por atividades como trabalho, estudo, consumo e lazer. Segundo Wee et al. (2014), a demanda por viagens é derivada de outras necessidades cotidianas. Nesse contexto, Mancini e Silva (2010) destacam que o planejamento de transporte é essencial para garantir o acesso da população a bens e serviços. Já a micromobilidade, que inclui meios leves e individuais como bicicletas e patinetes, busca reduzir os impactos ambientais dos veículos motorizados e atender deslocamentos curtos, especialmente de primeira e última milha (IEMA, 2019).

A mobilidade urbana vem se tornando cada vez mais individualizada e sustentável (COHEN; SHAHEEN, 2018), baseada em sistemas que permitem ao usuário acessar diferentes meios de transporte conforme sua necessidade (SHAHEEN et al., 2020). Essa tendência é especialmente perceptível entre os públicos mais jovens (LE VINE; POLAK, 2015). Nesse cenário, a micromobilidade destaca-se por reduzir emissões e ruídos, além de otimizar o uso do espaço urbano (GÖSSLING, 2020). O avanço de veículos elétricos,

como bicicletas e patinetes, reforça esse caráter sustentável ao substituir os combustíveis fósseis pela energia elétrica (FEARNLEY et al., 2020).

Dado o recente crescimento e as perspectivas de utilização destes veículos, gráfico 1, a micromobilidade, deverá desempenhar um papel importante na mobilidade urbana (Tuncer & Brown, 2020; Younes e outros, 2020), com implicações importantes para a habitabilidade e sustentabilidade urbana. Os patinetes elétricos têm alguns impactos positivos no transporte urbano e na sustentabilidade. Christoforou et al. (2021) destacam que esses serviços de mobilidade podem contribuir potencialmente para reduzir o uso de automóveis particulares, substituindo assim viagens com apenas um ocupante e mitigando suas externalidades negativas relacionadas, como o congestionamento nas estradas.

Gráfico 1 – Estimativa de viagens anuais de Micromobilidade no Brasil (2015-2024)



Fonte: Elaborado pelo autor (2025), a partir de Tembici (2025), Agência Brasil (2022), Abraciclo (2023), Descarbonize (2020) e Moovit (2020)

As trotinetes elétricas podem substituir ou complementar o uso de carros, transporte público e modos ativos, reforçando seu potencial para apoiar políticas sustentáveis (FTI, 2021). Em áreas com maior uso de automóveis, esses veículos ajudam a reduzir congestionamentos e permitem deslocamentos mais ágeis de ou para o transporte público, ampliando a distância percorrida em relação ao deslocamento a pé (IGNACCOLO, 2000).

2. DESENVOLVIMENTO

Esta pesquisa dialoga com estudos recentes sobre mobilidade sustentável e comportamento do usuário, como os de Fishman (2020) e Shaheen et al. (2019), que destacam o papel da micromobilidade no redesenho dos sistemas urbanos. Também se relaciona com pesquisas nacionais sobre o uso de patinetes e bicicletas elétricas em centros urbanos, contribuindo para preencher a lacuna de investigações em cidades de porte médio, frequentemente negligenciadas na literatura.

Segundo Cauchick Miguel et al. (2010), pesquisas em Engenharia de Produção podem ser classificadas por natureza, objetivos, abordagem e método. Nesse contexto, a presente investigação é uma pesquisa aplicada, voltada à solução de problemas concretos, como o entendimento das variáveis relacionadas à demanda por micromobilidade, gerando resultados com aplicação prática (SANTOS; PARRA FILHO, 2012).

Este estudo adota uma abordagem quantitativa, utilizando técnicas estatísticas para o tratamento e interpretação dos dados provenientes de questionário aplicado, mantendo postura neutra frente ao fenômeno investigado (APPOLINÁRIO, 2013). Quanto ao objetivo, caracteriza-se como descritivo-explicativo, ao buscar propor estratégias baseadas na identificação e análise de clusters, visando aprimorar resultados já discutidos na literatura (BERTRAND; FRANSOO, 2002). Metodologicamente, enquadra-se como uma Modelagem Matemática e Computacional, por empregar “técnicas matemáticas de pesquisa em formulários de respostas para descrever o funcionamento de um sistema produtivo” e “técnicas computacionais para simular o funcionamento de sistemas produtivos a partir de modelos matemáticos” (CAUCHICK MIGUEL et al., 2010, p. 64).

O principal objetivo é analisar como variáveis latentes — que não podem ser observadas diretamente, mas são inferidas de variáveis observáveis (ARTI, 2024) — influenciam a escolha do modo de transporte, diferenciando usuários e não usuários de micromobilidade. Para isso, serão utilizadas escalas do tipo Likert para identificar as variáveis latentes e modelos preditivos de aprendizado de máquina para avaliar o impacto dessas variáveis sobre os padrões de uso.

O questionário utilizado nesta pesquisa foi estruturado em três blocos temáticos principais, de forma a garantir a coerência das análises estatísticas subsequentes e a facilitar a mensuração de diferentes dimensões relacionadas à micromobilidade urbana. Essa divisão permitiu organizar as perguntas de forma lógica, agrupando-as conforme a natureza das informações coletadas — sejam elas descritivas, comportamentais ou perceptivas.

O questionário foi estruturado em três blocos: perfil sociodemográfico e comportamental dos respondentes, comportamento de deslocamento (uso de transporte público e patinetes elétricos) e atitudes/percepções em escala Likert sobre segurança, acessibilidade, sustentabilidade, intenção de uso, barreiras e custo-benefício. Esses dados serão analisados por AFE, AFC e clusterização para investigar relações entre atitudes e comportamento de uso.

A aplicação do questionário ocorrerá em Itajubá-MG, município com 97.334 habitantes e densidade populacional de 329,2 hab/km² (IBGE, 2023). As técnicas de K-means e regressão linear múltipla serão utilizadas de forma complementar: o primeiro para agrupar respondentes com percepções semelhantes e o segundo para avaliar relações entre variáveis latentes e o comportamento de uso, fortalecendo a análise quantitativa proposta.

O K-means é uma técnica de clusterização ou agrupamento, utilizada para segmentar os respondentes em grupos com base em suas semelhanças em variáveis contínuas, como os scores fatoriais confirmatórios obtidos na AFC. Seu objetivo é explorar padrões e perfis dentro da amostra, sem indicar relações causais entre variáveis. Por exemplo, em uma pesquisa sobre micromobilidade, o K-means pode agrupar usuários em clusters distintos, como aqueles que percebem alta segurança e boa infraestrutura, aqueles que priorizam baixo custo, e aqueles com percepções intermediárias, permitindo a identificação de perfis de comportamento e percepção dos serviços. Por outro lado, a regressão linear múltipla é uma técnica inferencial e explicativa, que busca avaliar como variáveis independentes influenciam uma variável dependente. No mesmo estudo, os fatores latentes de segurança, infraestrutura e custo poderiam ser utilizados para prever a intenção de uso do patinete elétrico, permitindo quantificar o efeito de cada fator sobre o comportamento dos usuários. Assim, enquanto o K-means foca em descobrir grupos de respondentes semelhantes, a

regressão foca em entender relações e efeitos entre variáveis, mostrando quais fatores têm maior influência na variável de interesse.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora a pesquisa ainda se encontre em fase de qualificação, espera-se que os resultados revelem fatores latentes significativos que influenciam a intenção de uso e a adoção da micromobilidade elétrica em Itajubá-MG. A análise fatorial deverá identificar dimensões subjacentes relacionadas à percepção de segurança, infraestrutura, sustentabilidade, custo e acessibilidade, permitindo compreender como essas variáveis se organizam entre os respondentes.

Com base na aplicação do K-means, prevê-se a formação de grupos distintos de usuários e não usuários, diferenciados por seus perfis sociodemográficos e atitudes frente à micromobilidade. Já a regressão linear múltipla e os modelos preditivos de aprendizado de máquina deverão indicar quais variáveis exercem maior influência na intenção de uso, possibilitando o desenvolvimento de estratégias de incentivo e melhoria de políticas públicas voltadas à mobilidade sustentável.

De modo geral, espera-se que os resultados contribuam para uma compreensão mais ampla da demanda por micromobilidade elétrica, reforçando o papel desse modal na redução de emissões e descongestionamento urbano, além de apoiar a formulação de políticas municipais baseadas em evidências quantitativas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo busca contribuir para a compreensão dos fatores que influenciam a demanda por micromobilidade elétrica em Itajubá-MG, abordando aspectos comportamentais, perceptivos e estruturais que afetam a adoção desse tipo de transporte. Ao utilizar técnicas estatísticas e de aprendizado de máquina, espera-se alcançar resultados consistentes que auxiliem na identificação de perfis de usuários e nas relações entre variáveis latentes e o comportamento de uso.

Embora a pesquisa ainda se encontre em fase de qualificação, sua relevância reside na integração entre métodos quantitativos avançados e o contexto urbano local, oferecendo subsídios para a formulação de políticas públicas de mobilidade sustentável e para o planejamento de soluções mais acessíveis e eficientes.

Em etapas futuras, a aplicação do questionário e a análise dos dados deverão consolidar as hipóteses propostas, permitindo a elaboração de estratégias práticas voltadas à ampliação do uso da micromobilidade elétrica e à redução dos impactos ambientais e do congestionamento urbano. Assim, o estudo pretende contribuir tanto para o avanço científico na área de mobilidade quanto para o desenvolvimento sustentável das cidades de médio porte brasileiras.

AGRADECIMENTOS:

Agradecimento à CAPES, ao CNPq e à FAPEMIG pelo apoio financeiro concedido aos projetos que subsidiaram o desenvolvimento deste trabalho. Reconhece-se, também, a relevância das políticas públicas de fomento à pesquisa e à formação científica no Brasil, que tornam possíveis iniciativas como esta.

REFERÊNCIAS:

APPOLINÁRIO, F. *Metodologia da ciência - filosofia e prática da pesquisa*. 2. ed., 2013.

ARTI, JAMES K. Latent variable: o que é e exemplos. Invezz, 21 jun. 2024. Disponível em: <https://invezz.com/definitions/latent-variable/>. Acesso em: 26 jun. 2025.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modelling. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 241–264, 2002.

CAUCHICK MIGUEL, P. A.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; et al. *Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. Rio de Janeiro, 2010.

CHRISTOFOROU, Z.; DE BORTOLI, A.; GIOLDASIS, C.; SEIDOWSKY, R. Who is using e-scooters and how? Evidence from Paris. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 92, p. 102708, 2021. DOI: 10.1016/j.trd.2021.102708.

FEARNLEY, N. Micromobility — Regulatory challenges and opportunities. In: PAULSSON, A.; SØRENSEN, C. H. (Eds.). *Shaping Smart Mobility Futures: Governance and policy instruments in times of sustainability transitions*. Emerald (editora do volume), 2020.

FISHMAN, E. *Bike Share*. New York: Routledge, 2020.

IBGE. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua) — resultados 2023*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 26 jun. 2025.

IGNACCOLO, M. Environmental capacity: noise pollution at Catania-Fontanarossa international airport. *Journal of Air Transport Management*, v. 6, n. 4, p. 191–199, 2000. DOI: 10.1016/S0969-6997(00)00013-2.

LE VINE, S.; POLAK, J. Introduction to special issue: New directions in shared-mobility research. *Transportation*, v. 42, n. 3, p. 407–411, 2015. DOI: 10.1007/s11116-015-9603-4.

MANCINI, M. T.; SILVA, A. N. R. Development and application of I_SUM: an index of sustainable urban mobility. *Transport Policy*, v. 17, p. 188–197, 2010.

PARRA FILHO, D.; SANTOS, J. A. *Metodologia científica*. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

SCHERMELLEH-ENGEL, K.; MOOSBRUGGER, H. Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of Psychological Research Online*, v. 8, n. 2, p. 23–74, 2020. Disponível em: <https://www.psychometrika.org>. Acesso em: 26 jun. 2025.

SHAHEEN, S.; COHEN, A. *Shared micromobility policy toolkit: Docked and dockless bike and scooter sharing*. Transportation Sustainability Research Center – UC Berkeley, 2019. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/00k897b5>. Acesso em: 26 jun. 2025.

TUNCER, S.; LAURIER, E.; BROWN, B.; LICOPPE, C. Notes on the practices and appearances of e-scooter users in public space. *Journal of Transport Geography*, v. 85, p. 102702, 2020. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102702.

WEE, B. van; MOKHTARIAN, P. L.; PIERS, L. Travel and ICT: impacts on travel behaviour. *Transport Reviews*, v. 34, n. 4, p. 501–506, 2014.

YOUNES, H.; ZOU, Z.; WU, J.; BAIOCCHI, G. Comparing the temporal determinants of dockless scooter-share and station-based bike-share in Washington, D.C. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 134, p. 308–320, 2020. DOI: 10.1016/j.tra.2020.02.021.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE – IEMA. *Micromobilidade no Brasil*. São Paulo: IEMA, 2019. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/micromobilidade-no-brasil>. Acesso em: 20 set. 2025.