

Fatores Socioeconômicos e Desigualdade na Mobilidade de Curta Distância aos Serviços Urbanos de Curitiba

Matheus I. de Almeida¹, Ricardo Lüders¹, Luiz Gomes-Jr¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Curitiba – PR – Brazil

matheusalmeida@alunos.utfpr.edu.br, {luders, lcjunior}@utfpr.edu.br

Abstract. *This paper investigates how temporal accessibility to urban points of interest in Curitiba relates to socioeconomic indicators. The analysis examines walking access times to main points of interest and compares these results with factors such as economic activity and education. Through a regression model (Experiment 1) quantifying the impact of socioeconomic variables on access times, complemented by sociospatial clustering analysis (Experiment 2) identifying priority intervention areas, this study demonstrates how structural inequalities manifest in urban accessibility and proposes a replicable methodology of analysis.*

Resumo. *Este artigo investiga como a acessibilidade temporal a pontos de interesse urbano em Curitiba relaciona-se com indicadores socioeconômicos. A análise considera os tempos de acesso aos principais pontos de interesse através de caminhada e compara esses resultados com fatores como atividade econômica e escolaridade dos habitantes. Através de um modelo de regressão (Experimento 1) que quantificou o impacto de variáveis socioeconômicas nos tempos de acesso, complementado por uma análise de clusterização socioespacial (Experimento 2) que identificou territórios prioritários para intervenções, este estudo demonstra como desigualdades estruturais se manifestam na acessibilidade urbana e propõe uma metodologia replicável de análise.*

1. Introdução

A acessibilidade urbana é tradicionalmente avaliada por métricas que privilegiam a eficiência das redes de transporte, muitas vezes desconsiderando como desigualdades socioespaciais moldam o acesso a serviços cotidianos. Como demonstram [Fol and Gallez 2014], essa abordagem falha em capturar barreiras enfrentadas por populações vulneráveis, especialmente em cidades marcadas por segregação espacial. As autoras argumentam que análises de acessibilidade devem integrar não apenas infraestrutura, mas também a distribuição de serviços essenciais e características da população.

Este artigo propõe uma análise integrada, combinando um modelo de regressão (Experimento 1) com clusterização socioespacial (Experimento 2) para identificar perfis de desigualdade no acesso a pé em Curitiba. Enquanto o Experimento 1 quantifica o impacto de variáveis socioeconômicas nos tempos de acesso, o Experimento 2 identifica padrões espaciais, revelando territórios onde políticas públicas devem ser priorizadas. Além de integrar abordagens metodológicas complementares, este estudo oferece evidências sobre justiça espacial ao demonstrar como desigualdades socioeconômicas

moldam a acessibilidade temporal a pé, revelando territórios prioritários para intervenção urbana e oferecendo um modelo que combina técnicas quantitativas e espaciais de forma replicável.

O artigo está organizado em quatro seções principais. Na Seção 2, estudos prévios sobre acessibilidade urbana e análises socioespaciais são revisados. A Seção 3 detalha os dois experimentos conduzidos: (1) análise de regressão para identificar fatores socioeconômicos associados ao tempo de acesso e (2) clusterização baseada em PCA para mapear padrões espaciais. A Seção 4, apresenta os coeficientes significativos do modelo de regressão e uma caracterização dos clusters identificados. Por fim, contribuições, limitações e direções futuras são discutidas na Seção 5.

2. Trabalhos Relacionados

O estudo de [Bruno et al. 2024] propõe uma metodologia para avaliar o nível de acessibilidade a serviços essenciais em cidades ao redor do mundo a partir do conceito de cidade de 15 minutos. A pesquisa mostra que mesmo em cidades com infraestrutura razoável, a distribuição desigual de serviços e a variação na densidade populacional geram disparidades significativas no acesso. Ao quantificar essas diferenças e propor cenários de redistribuição, os autores oferecem contribuições relevantes para análises de acessibilidade urbana. Esses achados se conectam diretamente com os objetivos deste trabalho, que busca identificar desigualdades espaciais no acesso a serviços em Curitiba.

[Nicoletti et al. 2022] apresentam uma análise baseada em dados abertos para investigar como diferentes perfis demográficos acessam a infraestrutura urbana. O estudo, feito em dez grandes cidades do mundo, mostra que comunidades mais vulneráveis têm menos acesso a serviços essenciais. A metodologia cruza dados de infraestrutura e dados socioeconômicos, permitindo identificar de forma clara as desigualdades espaciais. Este trabalho é relevante pois oferece uma base para compreender como condições socioeconômicas distintas impactam a acessibilidade espacial. Também destaca que a integração de análises espaciais e socioeconômicas podem revelar dinâmicas internas de desigualdade em centros urbanos.

[Adorno et al. 2025] combinam técnicas de clusterização espacial e regressão geograficamente ponderada (GWR) para analisar desigualdades na acessibilidade a áreas verdes urbanas em Goiânia. O estudo identifica agrupamentos de baixa acessibilidade e correlaciona-os com variáveis socioeconômicas, evidenciando como características demográficas e territoriais impactam o acesso a espaços públicos. A abordagem metodológica proposta é altamente relevante para este trabalho, que também busca investigar a relação entre desigualdades socioeconômicas e acessibilidade urbana por meio de técnicas espaciais.

Ainda, [Araujo et al. 2025] analisam como gênero e renda afetam a acessibilidade em Curitiba por meio de simulações individuais baseadas em agentes. O estudo mostra que mulheres de baixa renda têm mais dificuldade de acesso a oportunidades, mesmo em regiões centrais. A abordagem revela desigualdades que não aparecem em análises convencionais, o que reforça a importância de considerar múltiplos recortes sociais neste trabalho. Considera-se a possibilidade de incorporar, futuramente, abordagens similares de simulação baseada em agentes para aprofundar a compreensão das dinâmicas locais de acessibilidade.

Embora os estudos revisados compartilhem o interesse por desigualdades na acessibilidade urbana, este trabalho foca especificamente em acessibilidade temporal a pé e na integração de métodos globais (regressão) e locais (clusterização espacial). Essa abordagem permite capturar tanto padrões gerais da relação entre fatores socioeconômicos e acessibilidade quanto heterogeneidades intramunicipais, oferecendo um diagnóstico espacial com potencial para orientar políticas urbanas precisas, superando limitações de análises puramente teóricas ou baseadas em simulações.

3. Metodologia

3.1. Origem e Processamento dos Dados

Foram utilizadas duas fontes de dados para a realização das análises. A primeira trata-se de uma camada de dados geográficos ainda não publicada que é resultado de uma pesquisa realizada pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (Ippuc) baseada no artigo de [Bruno et al. 2024]. Esta camada contém uma malha geométrica que subdivide a cidade em hexágonos de lado igual a 200 metros. Cada hexágono tem como atributo principal o tempo médio de caminhada através da malha viária necessário para alcançar os serviços urbanos mais próximos. Esses serviços são denominados Pontos de Interesse (POIs) e estão categorizados de acordo com a natureza da atividade prestada: Alimentação, Comércio, Cultura, Educação, Esporte e Lazer, Saúde, Serviços, Religião e Transporte. A Figura 1 apresenta os tempos de acesso intraurbano representados pela malha hexagonal.

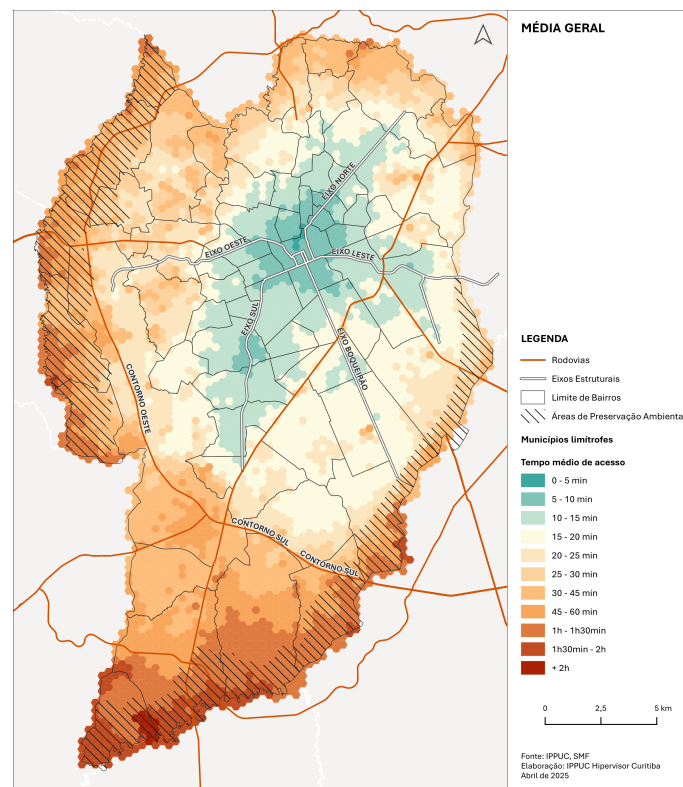


Figura 1. Tempos de Acesso Intraurbano (Ippuc).

A segunda fonte de dados utilizada consiste nos dados do Índice de Desenvol-

vimento Humano Municipal (IDHM)¹ da Região Metropolitana de Curitiba publicados pelo Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Estes dados foram integrados a malha hexagonal de tempos de acesso do Ippuc seguindo o critério de maior sobreposição espacial, atribuindo a cada hexágono o valor da região censitária com maior intersecção de área. Nestes dados estão presentes variáveis socioeconômicas, como por exemplo: renda, escolaridade, setor produtivo do trabalho, acesso a serviços de saneamento, mortalidade, entre outros.

3.2. Seleção de Variáveis

Após o processamento das duas fontes de dados, realizou-se uma seleção de variáveis partindo de um conjunto de 292 fatores, sendo 60 relacionados a tempos de acesso a pé (geral e por categorias). Esta etapa consistiu na eliminação de variáveis multicolineares. Aquelas com correlação de Pearson absoluto superior a 0,9 foram removidas, mantendo-se apenas uma representante de cada par altamente correlacionado.

3.3. Modelagem

A partir das variáveis selecionadas, foi então ajustado um modelo de regressão Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) com o tempo de acesso como variável resposta. A finalidade da regressão foi compreender a influência das variáveis socioeconômicas nos tempos médios de acesso intraurbano. Também foi realizado o teste Durbin-Watson para validar a não autocorrelação entre os resíduos do modelo. Todo esse processo compôs o Experimento 1 da pesquisa, com resultados descritos na Seção 4.

Além do modelo de regressão ajustado, realizou-se uma análise de clusterização. Como etapa preparatória, foi conduzida a redução de dimensionalidade usando Análise de Componentes Principais (PCA) com as variáveis padronizadas via Escore-Z. Esta etapa visou a remoção de redundâncias nas variáveis de entrada e a redução de ruídos. Aqui, a variável tempo de acesso foi incluída antes do processamento. O objetivo da clusterização foi segmentar a área urbana em grupos com perfis heterogêneos, onde cada cluster apresentasse diferenças marcantes no tempo médio de acesso e nas características socioeconômicas. O algoritmo utilizado foi o *KMeans* e a escolha do número de clusters foi feita através do método do cotovelo, analisando-se a inércia para k entre 2 e 10. Esta etapa de investigação foi denominada como Experimento 2.

4. Resultados e Discussões

Os experimentos desenvolvidos neste trabalho têm o intuito de verificar como variáveis socioeconômicas podem influenciar os tempos de acesso a pé aos pontos de interesse urbanos.

4.1. Experimento 1 - Análise de Regressão

O Experimento 1 resultou em um modelo de regressão linear com coeficiente de determinação (R^2) de 0,73. Dentre as variáveis analisadas, 30 demonstraram efeitos estatisticamente significativos ($p < 0,005$). A Tabela 1 (Apêndice A) detalha essas variáveis, incluindo seus nomes e descrições. A Figura 2 apresenta os coeficientes e seus intervalos de confiança de 95%, ordenados por magnitude de efeito. É importante destacar que as

¹Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/acervo/biblioteca>

variáveis não foram padronizadas neste experimento. Portanto, embora a magnitude dos coeficientes não permita comparação direta sobre a influência relativa entre as variáveis, a direção do efeito (positiva ou negativa) mantém-se como um resultado relevante para a interpretação.

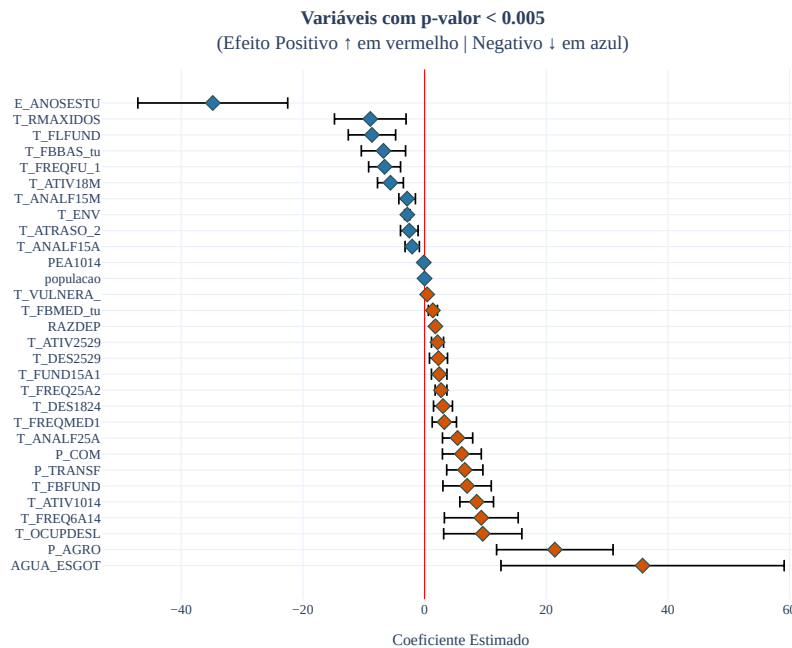


Figura 2. Efeito das variáveis no tempo de acesso (IC95%).

O modelo identificou doze variáveis com associação negativa com o tempo de acesso, indicando que maiores valores nestes indicadores correspondem a menores tempos de deslocamento. Sete entre as doze variáveis com efeito negativo sugerem que áreas com melhores indicadores educacionais e maior participação econômica tendem a apresentar melhor acessibilidade urbana, sendo elas: (1) expectativa de anos de estudo aos 18 anos, (2) taxa de frequência líquida ao ensino fundamental, (3) taxa de frequência bruta ao ensino básico, (4) percentual da população de 15 a 17 anos frequentando o ensino fundamental, (5) taxa de pessoas maiores de 18 anos economicamente ativas, (6) taxa de envelhecimento e (7) tamanho da população.

O modelo também identificou cinco variáveis com indicadores sociais adversos que, paradoxalmente, apresentaram associação negativa com o tempo de acesso: (i) percentual de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e dependentes de idosos, (ii) taxa de analfabetismo na população com mais de 15 anos, (iii) percentual de estudantes de 6 a 17 anos com atraso idade-série maior que 2 anos, (iv) taxa de analfabetismo na população de 15 a 17 anos, e (v) população economicamente ativa de 10 a 14 anos. Esses resultados aparentemente contraintuitivos podem sugerir tanto um artefato espacial (com a concentração dessas condições em áreas próximas a regiões centrais mais servidas por POIs) quanto a necessidade de investigar outros mecanismos subjacentes não capturados pelo modelo atual.

Dezoito variáveis apresentaram associação positiva com o tempo de acesso, sendo as mais intuitivas aquelas relacionadas a vulnerabilidades estruturais: (a) indicadores de

inatividade juvenil, (b) razão de dependência demográfica (proporção de pessoas economicamente dependentes – crianças e idosos – em relação à população em idade ativa – entre 15 e 64 anos), (c) analfabetismo em adultos jovens (25-29 anos), e (d) concentração ocupacional em setores primários e comércio e taxa de desemprego de pessoas de 25 a 29 anos. Complementando esse perfil, destacam-se (e) trabalho infantil (atividade 10-14 anos) e (f) precariedade domiciliar (infraestrutura sanitária inadequada e longos tempos de deslocamento). Esses resultados confirmam expectativas teóricas sobre a penalidade de acessibilidade temporal em territórios com inserção econômica precária.

Dentre essas dezoito variáveis, cinco apresentaram associações positivas que contrariam hipóteses iniciais: (g) taxa de frequência bruta ao ensino médio regular, (h) percentual de jovens de 18-24 anos no ensino médio regular, (i) taxa de frequência bruta ao ensino fundamental regular, (j) taxa de atendimento escolar (6-14 anos) e (k) taxa de atividade econômica (25-29 anos). Esses resultados inesperados destacam a complexidade da relação entre indicadores socioeconômicos e acessibilidade temporal urbana, revelando tanto limitações do modelo linear quanto mecanismos subjacentes não capturados pela análise. Esses resultados podem ser melhor compreendidos através da análise de clusterização desenvolvida no Experimento 2 que examina como a combinação dessas variáveis se distribui no território e compara as médias dos tempos de acesso entre os clusters identificados.

4.2. Experimento 2 - Análise de Clusterização

A clusterização foi realizada nas duas primeiras componentes principais (PC1 e PC2), que juntas explicam 63,2% da variância total. Para interpretar os clusters, examinamos as cargas (loadings) das variáveis originais nas componentes PC1 e PC2, como mostra a Figura 3. A primeira componente (PC1), responsável por 44,8% da variância, está fortemente correlacionada com variáveis socioeconômicas, como renda e escolaridade, consolidando-se como um eixo de estratificação social. Já a segunda componente (PC2), que explica 18,4% da variância, associa-se predominantemente ao tempo de acesso a POIs em diferentes categorias (variáveis A1 – A64), revelando um eixo de acessibilidade temporal.

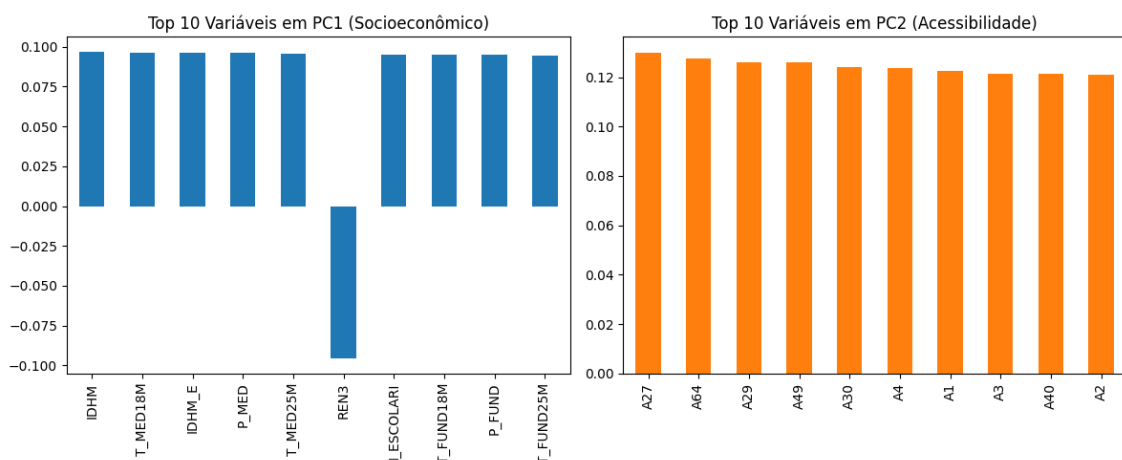


Figura 3. Cargas das 10 variáveis mais influentes nas componentes principais PC1 e PC2.

O método do cotovelo indicou $k=4$ como um número adequado de clusters, cuja distribuição espacial é apresentada na Figura 4. A análise revela quatro padrões territoriais distintos: o **Cluster 1 (Alto)** concentra-se em regiões centrais e bairros planejados, exibindo altas cargas positivas em PC1; o **Cluster 2 (Médio)** ocupa áreas adjacentes ao centro, com valores intermediários em ambas as componentes; o **Cluster 3 (Baixo)** caracteriza periferias consolidadas, marcadas por baixos valores em PC1 e PC2; enquanto o **Cluster 4 (Rural)** identifica periferias distantes de baixa densidade populacional, com cargas moderadamente baixas em PC1 e negativas em PC2, sugerindo vulnerabilidades socioespaciais moderadas e elevados tempos de acesso.

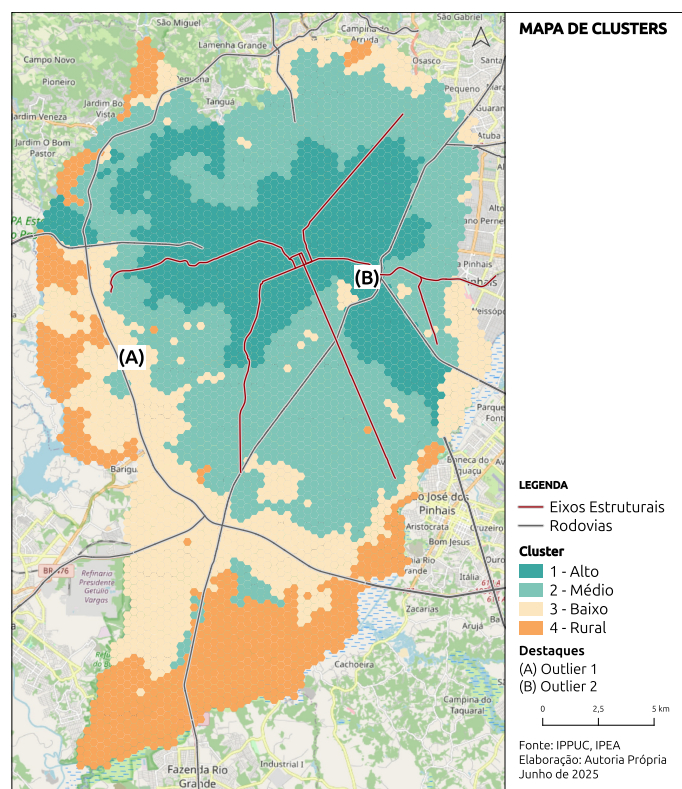


Figura 4. Distribuição espacial dos clusters.

Os boxplots presentes na Figura 5 revelam padrões claros de desigualdade entre os clusters. Para variáveis associadas a condições socioeconômicas favoráveis, como anos de estudo (E_ANOESTU) e frequência líquida ao ensino médio (T_FLMED), observa-se uma gradativa redução das medianas e ampliação da dispersão à medida que se avança do Cluster 1 para o Cluster 3. O Cluster 1 apresenta distribuições concentradas em valores altos (ex.: mediana ao redor de 12,5 anos de estudo), enquanto o Cluster 3 exibe maior variabilidade e valores significativamente inferiores (ex.: mediana ao redor de 11,2 anos), refletindo disparidades educacionais. Já variáveis como T_NESTUDA_ (taxa de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam e não trabalham e são vulneráveis a pobreza) e AGUA_ESGOT (acesso inadequado a água e esgoto) seguem o padrão inverso, com piores indicadores no Clusters 3, corroborando a associação entre privação material e exclusão de serviços básicos.

A dimensão espacial também é evidente. O tempo de acesso a serviços (tempo_acesso) é sistematicamente maior nos clusters periféricos (3 e 4), indicando que

parte da população enfrenta deslocamentos excessivos. Em contraste, a expectativa de vida (ESPVIDA) tem queda abrupta para o Cluster 3 e o percentual de pessoas em domicílios com paredes que não sejam de alvenaria ou madeira aparelhada (PAREDE) tem aumento neste mesmo grupo, sugerindo que a combinação de baixos indicadores socioeconômicos e acessibilidade limitada potencializa vulnerabilidades.

A análise revela dois outliers: (A) uma vila residencial inserida em zona industrial, com uma densidade de POIs maior que a observado no Cluster 3, incluindo equipamentos públicos de qualidade, e indicadores de educação e infraestrutura superiores aos do entorno imediato; e (B) um assentamento precário em região central, cuja desorganização urbana (falta de pavimentação, ausência de equipamentos públicos) neutraliza completamente as vantagens da localização, aprofundando a exclusão socioespacial.

Distribuição de Variáveis por Cluster Socioeconômico

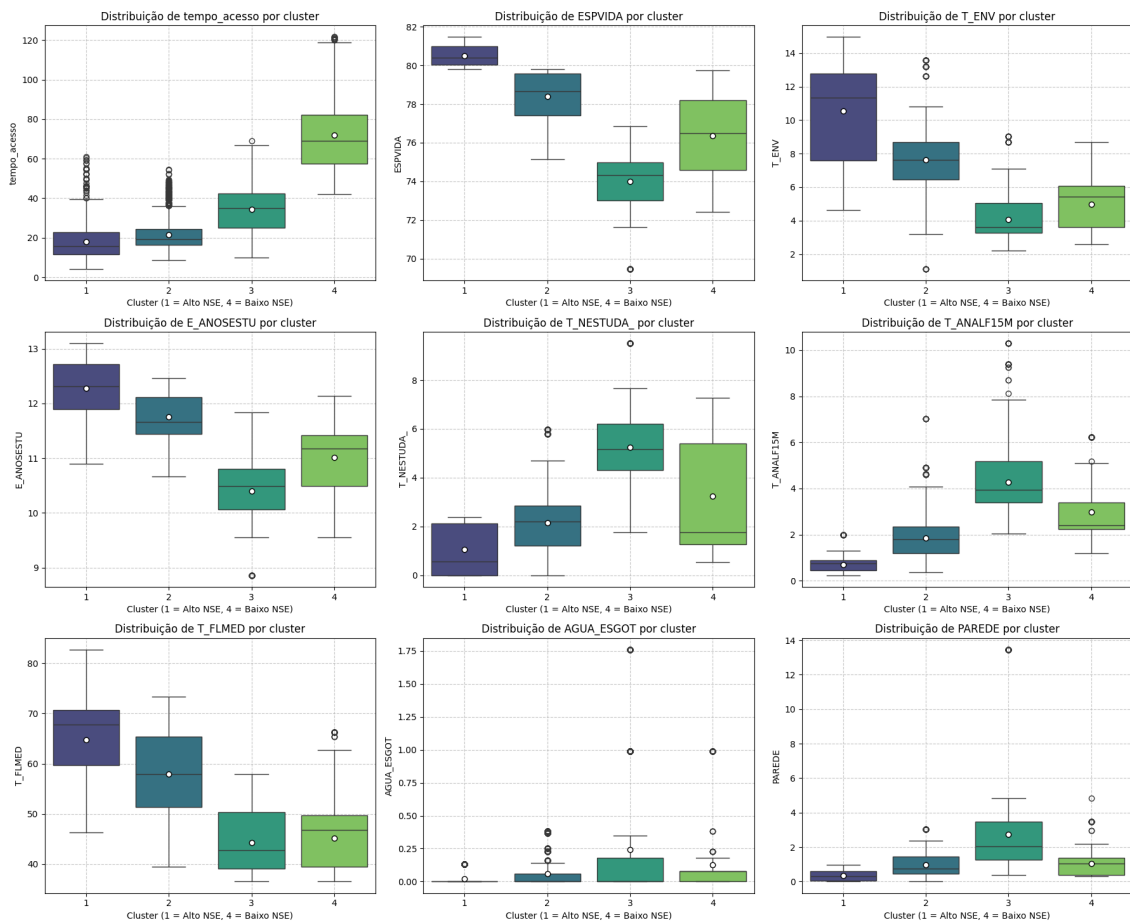


Figura 5. Distribuição de variáveis por cluster socioeconômico

5. Considerações Finais

Este estudo combinou análise de regressão e clusterização espacial para investigar como desigualdades socioeconômicas moldam os tempos de acesso a pé em Curitiba. Foi demonstrado que variáveis socioeconômicas como aquelas associadas à escolaridade e empregabilidade explicam variações nos tempos de acesso (Experimento 1), enquanto que a

análise de clusterização (Experimento 2) caracterizou grupos intraurbanos heterogêneos levando em consideração aspectos socioeconômicos e tempos médios.

Os resultados contraintuitivos sobre o efeito das variáveis socioeconômicas (g-k) nos tempos de acesso sugerem que a relação entre fatores socioeconômicos e tempo de acesso não é direta. Essa complexidade fica evidente através da análise de clusters, que revela padrões locais que ajudam a explicar essas relações contraditórias. Um exemplo disso são áreas com alta densidade de POIs que, apesar disso, não apresentam desenvolvimento socioeconômico elevado, indicando que condições socioeconômicas não são os únicos determinantes dos tempos de acesso. No entanto, é importante ressaltar que este estudo não avaliou a qualidade ou a efetividade desses POIs, o que pode ser determinante para compreender as disparidades observadas.

O estudo não capturou dinâmicas temporais (ex.: variações horárias na oferta de serviços) e focou exclusivamente na acessibilidade temporal a pé, deixando de considerar critérios qualitativos como capacidade de atendimento, condições físicas ou barreiras morfológicas – fatores que influenciam diretamente a efetividade do acesso. Além disso, outros modos de mobilidade, como bicicleta ou transporte coletivo, não foram incluídos na análise, uma limitação a ser explorada em trabalhos futuros.

Parte da redação deste artigo e dos códigos computacionais utilizados foram desenvolvidos com assistência de ferramentas de IA generativa, empregadas para: (i) aprimorar a clareza textual, (ii) sugerir métodos de validação estatística, e (iii) otimizar a visualização de dados. Todo conteúdo gerado foi rigorosamente validado e adaptado, garantindo precisão conceitual e seguindo princípios éticos de pesquisa acadêmica.

6. Agradecimentos

Ao Ippuc pela disponibilização dos dados de acessos intraurbanos. Ao SocialNet/FAPESP (2023/00148-0) e CNPq (444724/2024-9, 441444/2023-7) pelo apoio. Aos revisores e colegas pelas contribuições.

Referências

- Adorno, B. V., Pereira, R. H., and Amaral, S. (2025). Combining spatial clustering and spatial regression models to understand distributional inequities in access to urban green spaces. *Landscape and Urban Planning*, 256:105297.
- Araujo, A. S. d., Massucheto, J., Bugs, G. T., Saraiva, M. V. P., and Duarte, F. (2025). Unveiling inequalities: The intersection of gender and income in accessibility in Curitiba, Brazil. *Journal of Transport Geography*, 123:104136.
- Bruno, M., Monteiro Melo, H. P., Campanelli, B., and Loreto, V. (2024). A universal framework for inclusive 15-minute cities. *Nature Cities*, 1(10):633–641.
- Fol, S. and Gallez, C. (2014). Social inequalities in urban access: Better ways of assessing transport improvements. In *Urban Access for the 21st Century: Finance and Governance Models for Transport Infrastructure*, pages 46–86. Routledge.
- Nicoletti, L., Sirenko, M., and Verma, T. (2022). Disadvantaged communities have lower access to urban infrastructure.

Apêndice A

Tabela 1. Descrição das 30 variáveis com efeitos estatisticamente significativos

Variável	Descrição
E_ANOESTU	Expectativa de anos de estudo aos 18 anos de idade
T_RMAXIDOS	Percentual de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e dependentes de idosos
T_FLFUND	Taxa de frequência líquida ao ensino fundamental regular seriado
T_FBBAS_tu	Taxa de frequência bruta ao ensino básico regular seriado
T_FREQFU_1	Percentual da população de 15 a 17 anos de idade frequentando o ensino fundamental regular seriado
T_ATIV18M	Taxa de atividade das pessoas de 18 anos ou mais de idade
T_ANALF15M	Taxa de analfabetismo da população de 15 anos ou mais de idade
T_ENV	Percentual da população com 65 anos ou mais em relação ao total.
T_ATRASO_2	Percentual da população de 6 a 17 anos de idade frequentando o ensino básico que tem 2 anos ou mais de atraso idade-série.
T_ANALF15A	Taxa de analfabetismo da população de 15 a 17 anos de idade
PEA1014	População economicamente ativa de 10 a 14 anos de idade
populacao	Total de pessoas residentes no hexágono calculado pela média domiciliar da região censitária.
T_VULNERA_	Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e são vulneráveis, na população vulnerável dessa faixa etária.
T_FBMED_tu	Taxa de frequência bruta ao ensino médio
RAZDEP	Percentual da população de menos de 15 anos e da população de 65 anos e mais em relação à população de 15 a 64 anos
T_ATIV2529	Taxa de atividade das pessoas de 25 a 29 anos de idade
T_DES2529	Taxa de desocupação da população de 25 a 29 anos de idade
T_FUND15A1	Percentual da população de 15 a 17 anos com fundamental completo
T_FREQ25A2	Taxa de atendimento escolar da população de 25 a 29 anos de idade
T_DES1824	Taxa de desocupação da população de 18 a 24 anos de idade
T_FREQMED1	Percentual da população de 18 a 24 anos de idade frequentando o ensino médio regular seriado
T_ANALF25A	Taxa de analfabetismo da população de 25 a 29 anos de idade
P_COM	Percentual dos ocupados no setor comércio
P_TRANSF	Percentual dos ocupados na indústria de transformação
T_FBFUND	Taxa de frequência bruta ao ensino fundamental regular seriado
T_ATIV1014	Taxa de atividade das pessoas de 10 a 14 anos de idade
T_FREQ6A14	Taxa de atendimento escolar da população de 6 a 14 anos de idade
T_OCUPDESL	Percentual de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e que gastam mais de uma hora até o trabalho no total de pessoas ocupadas
P_AGRO	Percentual dos ocupados no setor agropecuário
AGUA_ESGOT	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados