

Análise da Mesoacessibilidade das Linhas de Ônibus na UFPB: Um Estudo de Caso em João Pessoa, PB

Marcelo Chalub Llanco

Mestrando, UFPB, Brasil
marcelo.llancoo@gmail.com
ORCID iD 0009-0003-1692-4814

Luiz Bueno da Silva

Professor Doutor, UFPB, Brasil
bueno@ct.ufpb.br
ORCID iD 0000-0003-4624-2075

Jessica Helena de Lima

Professora Doutora, UFAL, Brasil
jessica.lima@ctec.ufal.br
ORCID iD 0000-0002-5416-2369

Submissão: 10/01/2025

Aceite: 14/03/2025

LLANCO, Marcelo Chalub; SILVA, Luiz Bueno da; LIMA, Jessica Helena de. Análise da Mesoacessibilidade das Linhas de Ônibus na UFPB: Um Estudo de Caso em João Pessoa, PB. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. l.], v. 13, n. 89, 2025. DOI: [10.17271/23188472138920256164](https://doi.org/10.17271/23188472138920256164). Disponível

em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/6164.

Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Análise da Mesoacessibilidade das Linhas de Ônibus na UFPB: Um Estudo de Caso em João Pessoa, PB

RESUMO

Objetivo – Analisar a mesoacessibilidade das linhas de ônibus que atendem à Universidade Federal da Paraíba (UFPB) em João Pessoa, visando identificar padrões de distribuição da frota e qualidade do serviço, com foco na otimização do transporte público urbano.

Metodologia – Utilizou-se uma abordagem inovadora que integra dados geoespaciais e análise de Ordens de Serviço dos Ônibus (OSO), processados por meio de programação em Python e bibliotecas especializadas (geopandas, folium, branca, scikit-learn e shapely). Foram examinadas dez linhas de ônibus que conectam a UFPB ao centro da cidade e a áreas periféricas.

Originalidade/relevância – O estudo preenche uma lacuna teórica ao aplicar técnicas de análise espacial para avaliar a mesoacessibilidade no transporte urbano, oferecendo uma metodologia replicável para identificar ineficiências em sistemas de mobilidade. A temática é relevante academicamente devido à crescente urbanização e à necessidade de soluções sustentáveis para problemas, como poluição e degradação ambiental.

Resultados – A pesquisa revelou uma distribuição desigual da frota de ônibus, com algumas linhas significativamente sobrecarregadas, impactando diretamente a acessibilidade e a qualidade do serviço.

Contribuições teóricas/metodológicas – O estudo contribui com uma abordagem metodológica inovadora, combinando análise geoespacial, estatística e processamento de dados em Python, permitindo a identificação de padrões de sobrecarga e a otimização de rotas.

Contribuições sociais e ambientais – Os achados podem subsidiar políticas públicas mais eficazes para melhorar o transporte urbano, reduzindo desigualdades na acessibilidade e promovendo mobilidade sustentável, com impactos positivos na qualidade de vida e no meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Transporte público. Mobilidade urbana. Análise geoespacial.

Analysis of the Mesoaccessibility of Bus Lines at UFPB: A Case Study in João Pessoa, PB

ABSTRACT

Objective – To analyze the meso-accessibility of bus lines serving the Federal University of Paraíba (UFPB) in João Pessoa, aiming to identify fleet distribution patterns and service quality, with a focus on optimizing urban public transport.

Methodology – An innovative approach was used, integrating geospatial data and Bus Service Orders (OSO) analysis, processed using Python programming and specialized libraries (geopandas, folium, branca, scikit-learn, and shapely). Ten bus lines connecting UFPB to the city center and peripheral areas were examined.

Originality/Relevance – The study addresses a theoretical gap by applying spatial analysis techniques to assess urban transport meso-accessibility, offers a replicable methodology to identify inefficiencies in mobility systems. The topic is academically relevant due to increasing urbanization and the need for sustainable solutions to problems such as pollution and environmental degradation.

Results – The research revealed an uneven distribution of the bus fleet, with some lines significantly overloaded, directly impacting accessibility and service quality.

Theoretical/Methodological Contributions – The study contributes an innovative methodological approach, combining geospatial and statistical analysis with Python data processing, allow for the identification of overload patterns and route optimization.

Social and Environmental Contributions – The findings can support more effective public policies to improve urban transport, reducing accessibility inequalities and promoting sustainable mobility, with positive impacts on quality of life and the environment.

KEYWORDS: Public transport. Urban mobility. Geospatial analysis.

Análisis de la Mesoaccesibilidad de las Líneas de Autobuses en la UFPB: Un Estudio de Caso en João Pessoa, PB

RESUMEN

Objetivo – Analizar la mesoaccesibilidad de las líneas de autobuses que sirven a la Universidad Federal de Paraíba (UFPB) en João Pessoa, con el fin de identificar patrones de distribución de la flota y calidad del servicio, enfocándose en la optimización del transporte público urbano.

Metodología – Se utilizó un enfoque innovador que integra datos geoespaciales y análisis de Órdenes de Servicio de Autobuses (OSO), procesados mediante programación en Python y bibliotecas especializadas (geopandas, folium, branca, scikit-learn y shapely). Se examinaron 10 líneas de autobuses que conectan la UFPB con el centro de la ciudad y áreas periféricas.

Originalidad/Relevancia – El estudio llena un vacío teórico al aplicar técnicas de análisis espacial para evaluar la mesoaccesibilidad en el transporte urbano, ofreciendo una metodología replicable para identificar ineficiencias en sistemas de movilidad. El tema es académicamente relevante debido a la creciente urbanización y la necesidad de soluciones sostenibles para problemas como la contaminación y la degradación ambiental.

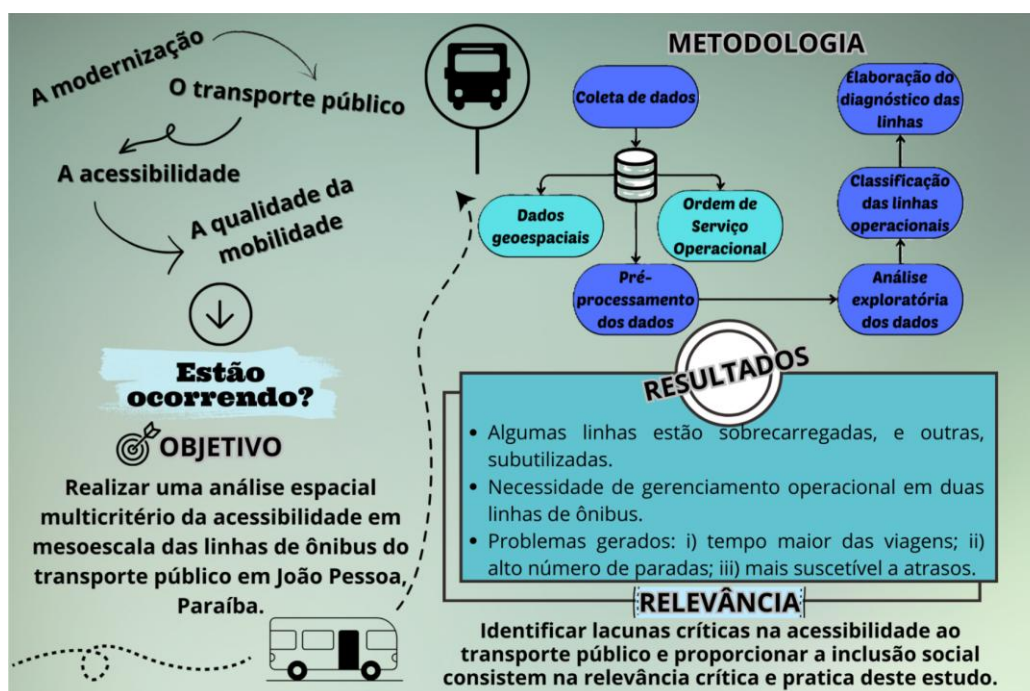
Resultados – La investigación reveló una distribución desigual de la flota de autobuses, con algunas líneas significativamente sobrecargadas, lo que afecta directamente la accesibilidad y la calidad del servicio.

Contribuciones Teóricas/Metodológicas – El estudio aporta un enfoque metodológico innovador, combinando análisis geoespacial, estadístico y procesamiento de datos en Python, permitiendo la identificación de patrones de sobrecarga y la optimización de rutas.

Contribuciones Sociales y Ambientales – Los hallazgos pueden respaldar políticas públicas más efectivas para mejorar el transporte urbano, reduciendo desigualdades en la accesibilidad y promoviendo una movilidad sostenible, con impactos positivos en la calidad de vida y el medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: Transporte público. Movilidad urbana. Análisis geoespacial.

RESUMO GRÁFICO



1 INTRODUÇÃO

Durante o século XXI, as cidades têm se modernizado constantemente e enfrentado diversos desafios, seja devido à demanda por serviços ou a impactos que vêm ocorrendo em decorrência das alterações climáticas (Javed *et al.*, 2022). No contexto sobre a demanda de serviços, a busca por operações inovadoras e sustentáveis para o desenvolvimento urbano torna-se cada vez mais urgente, reorganizando espaços para a promoção da acessibilidade (Gelpi; Kalil, 2018). A mobilidade urbana sustentável, com foco em caminhadas, ciclismo e transporte público, apresenta-se como uma estratégia promissora para tornar – manter – as cidades mais saudáveis, habitáveis e resilientes (Gaglione; Zucaro; Cottrill, 2021; Rybarczyk e Shaker, 2021).

A mobilidade urbana desempenha um papel crucial na vida cotidiana, especialmente em cidades brasileiras onde o ônibus se destaca como meio de transporte fundamental (Dos Santos; Lima, 2021). Esse transporte facilita a locomoção em áreas extensas, promovendo o acesso equitativo a diversas áreas dentro do perímetro urbano (Fochesatto; Polli; De Carvalho, 2023). Investir em infraestruturas adequadas e seguras para os passageiros é essencial, pois tais investimentos são diretamente influenciados por ações e políticas dos órgãos governamentais (Dell’Olio; Ibeas; Cecin, 2011; Jane Gibson; Marshall, 2022). A criação de áreas verdes, espaços públicos acessíveis e pontos de interesse também contribui para tornar a experiência dos usuários de transporte público mais agradável e prazerosa (Caselli *et al.*, 2021; Jaber; Abu Baker; Csonka, 2022).

Ao retratar a mobilidade urbana brasileira, é evidente que ela se baseia fortemente no uso de automóveis particulares, criando um ciclo vicioso perpetuado pela construção de rodovias e bairros que dependem diretamente da mobilidade por carro, devido à distância dos centros comerciais e de serviços essenciais (Rodríguez; Martinez, 2024; Oestreich, 2023). Esse cenário resulta em problemáticas, como o aumento da poluição sonora e do ar, aquecimento urbano, degradação ambiental e menor atratividade dos centros urbanos para moradores e visitantes, impactando negativamente o comércio local e a convivência social (Singh; Meena; Agarwal, 2021; Panchal *et al.*, 2022; Leroutier; Quirion, 2022). Em razão do investimento nos transportes individuais, criam-se também ambientes hostis para pedestres e ciclistas, tornando o público necessariamente dependente de modos motorizados (Nakamura, 2020; Brand *et al.*, 2014; Fitch; Thigpen; Handy, 2016).

A qualidade da mobilidade urbana em João Pessoa, Paraíba, Brasil, é frequentemente questionada, sendo considerada, na maioria das vezes, insatisfatória e insustentável. A dependência excessiva de automóveis particulares e a falta de um planejamento adequado agravam os problemas de trânsito, poluição e degradação ambiental (De Andrade *et al.*, 2022; Carvalho, 2011). O transporte público, por sua vez, enfrenta críticas pela má acessibilidade, atendendo, principalmente, às ruas principais e deixando desatendidas as ruas dentro dos bairros (Acheampong; Asabere, 2022). Esta situação prejudica a mobilidade dos residentes, que, muitas vezes, não têm acesso fácil a pontos de ônibus próximos às suas residências.

O entorno da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) é uma região de grande importância e alta demanda de passageiros, necessitando de um estudo detalhado. A UFPB atrai um número significativo de estudantes, funcionários e visitantes diariamente, aumentando a

necessidade de um sistema de transporte público eficiente e acessível. A falha em atender adequadamente esta área pode resultar em maiores dificuldades de mobilidade, prejudicando o acesso à educação e ao trabalho para muitos (De Farias, 2021; Acheampong; Asabere, 2022). Portanto, a análise e a melhoria do transporte público nas regiões próximo a UFPB são essenciais para atender à demanda crescente e promover uma mobilidade mais sustentável e inclusiva.

Dessa forma, foram utilizadas metodologias inovadoras baseadas em linguagem de programação Python e suas bibliotecas, permitindo a extração, a transformação e o carregamento de dados de forma eficiente. Esse processo garantiu uma análise detalhada e precisa, ampliando as possibilidades de aplicação dos resultados.

Além disso, este estudo explora a mesoacessibilidade, uma perspectiva pouco abordada, mas essencial para integrar mobilidade e planejamento urbano. Ao adotar essa abordagem, busca-se gerar *insights* que contribuam para o aprimoramento da infraestrutura de transporte público, promovendo, assim, melhores condições de mobilidade e qualidade de vida para os cidadãos.

2 OBJETIVOS

Este trabalho objetiva realizar uma análise espacial multicritério da acessibilidade em mesoescala das linhas de ônibus do transporte público que atendem à UFPB e às regiões circunvizinhas em João Pessoa, Paraíba. Para alcançar esse objetivo, este estudo irá: i) analisar a área de atendimento do transporte público nas áreas circundantes ao Campus I da UFPB; ii) Identificar as linhas de ônibus com debilidade na mesoacessibilidade a partir do critério de interseção; iii) Realizar um diagnóstico das condições espaciais a partir de métodos estatísticos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao utilizar o transporte público, os usuários enfrentam desafios, como acessibilidade, confiabilidade no serviço, tempo de viagem e aumento dos custos operacionais, o que exige planejamento e investimento estratégico governamental (Da Silva *et al.*, 2020; Li; Bertini, 2009). Para entender e abordar esses problemas, a análise espacial surge como uma ferramenta essencial para identificar as regiões que necessitam de melhor atendimento e alterações no itinerário do transporte público (Liu *et al.*, 2022).

Para realizar a análise espacial, é crucial a composição de diferentes escalas para detalhar, da melhor forma, a abordagem que se deseja alcançar. No contexto da mobilidade urbana no Brasil, Kneib e Portugal (2017) propõem uma análise da acessibilidade em diferentes escalas, a microescala, a mesoescala e a macroescala, permitindo uma avaliação abrangente que considera diversos tipos de transporte urbano e promove a mobilidade sustentável. A acessibilidade é um fator-chave para que o transporte público por ônibus seja um serviço de fácil alcance. A definição de acessibilidade, segundo Litman (2008), tornou-se mais abrangente e refere-se à facilidade de usufruir de bens, serviços e atividades por todos.

Unindo-se as escalas com a acessibilidade, formam-se três modos de analisar a mobilidade, a microacessibilidade, a mesoacessibilidade e a macroacessibilidade. A microacessibilidade se concentra na escala mais restrita, relacionada ao acesso às atividades nos

arredores da residência por modos não motorizados, como caminhada e bicicleta (Grieco; Portugal; Alves, 2015; Li *et al.*, 2024). Fatores, como a densidade urbana, a diversidade de usos do solo, o desenho urbano, a disponibilidade de transporte público e a proximidade de destinos acessíveis, são determinantes para a qualidade da microacessibilidade, impactando a habitabilidade, a saúde e a sustentabilidade local (Zegras, 2005; Caciato; Mendes, 2024; Dalosto; Perez-Martinez, 2023).

Já a mesoacessibilidade concentra-se em uma escala intermediária, abrangendo áreas, como bairros, regiões administrativas ou municípios da periferia metropolitana. Nessa escala, o foco está na autonomia local, ou seja, na capacidade de cada localidade de oferecer as atividades e serviços necessários ao dia a dia de seus habitantes, reduzindo a necessidade de deslocamentos longos e frequentes (Mello, 2015). A mesoacessibilidade depende da integração entre o transporte público, como ônibus, e a rede estruturante, além da oferta diversificada de atividades, como comércio, serviços e emprego, nas proximidades das moradias. A ênfase está em criar centralidades locais que atendam às necessidades da população, promovendo a qualidade de vida e a sustentabilidade urbana (Kneib; Portugal, 2017).

Ao se referir à macroacessibilidade, desdobra-se no acesso a todo o território de forma equitativa, geralmente abrangendo áreas extensas, como uma região metropolitana. Ela depende de uma rede estruturante de transporte público de alta capacidade e qualificada, como metrô e trem, que possibilite o deslocamento eficiente e integrado entre diferentes localidades, promovendo a conectividade em uma escala mais ampla (Kneib; Mello; Gonzaga, 2017; James; Marian; Tukuta, 2022; Dalosto; Perez-Martinez, 2023).

As linhas de ônibus em João Pessoa se dividem em três tipos de atendimento: i) as de eixo radial, que conectam áreas periféricas diretamente ao centro da cidade; ii) as transversais, que ligam diferentes bairros, sem a necessidade de passar pelo centro; iii) as circulares, que realizam um circuito fechado no perímetro urbano. O município dispõe de terminais de integração e integração temporal, que facilitam a conexão entre as linhas e entre os diferentes modos de transporte, projetados para melhorar a conectividade e a eficiência do sistema (Ferraz; Torres, 2004).

A análise do conjunto do itinerário das linhas de ônibus é uma fase inicial importante para o desenvolvimento estratégico de planejamentos pelas agências de transporte, com o objetivo de melhorar o esquema operacional dos ônibus (Sahu *et al.*, 2021; Corazza; Favaretto, 2019).

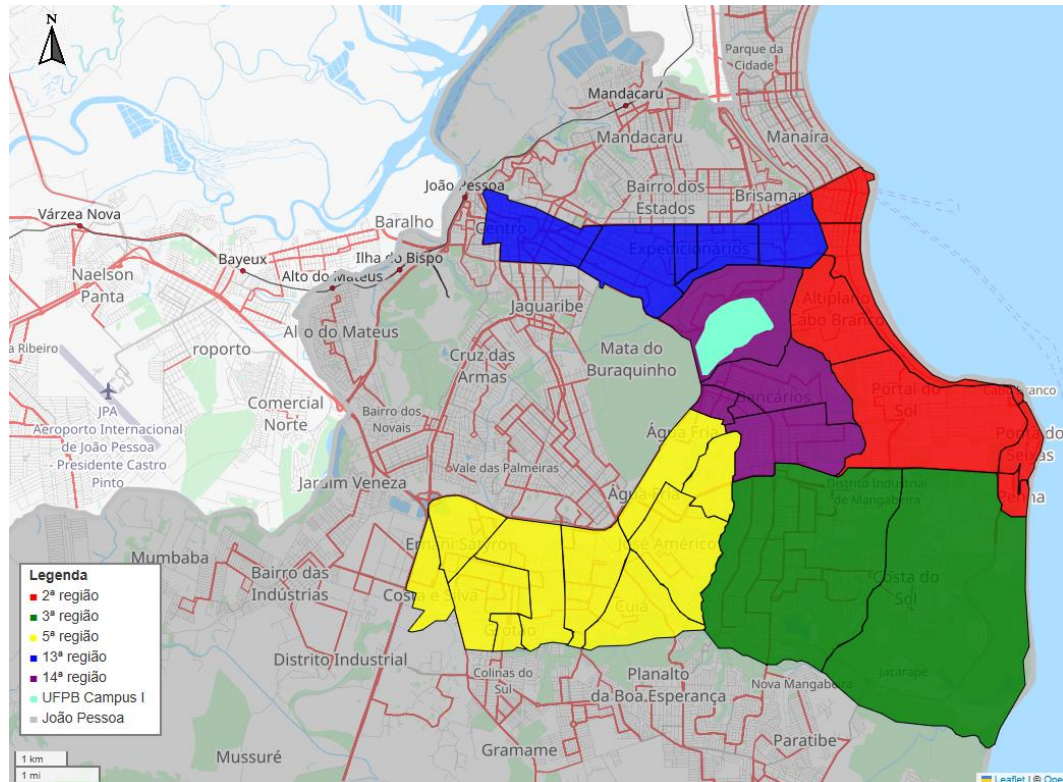
4 METODOLOGIA

O método utilizado nesta pesquisa quali-quantitativa exploratória adotou cinco etapas principais, sendo a primeira etapa a coleta de dados, que se deu por duas maneiras: i) obtenção de dados geoespaciais; ii) obtenção das ordens de serviço, ambos alcançados a partir de protocolos destinados à Prefeitura de João Pessoa e à Superintendência Executiva de Mobilidade Urbana (SEMOB). Os dados obtidos foram pré-processados, analisados, as linhas operacionais foram classificadas, e, por fim, foi elaborado um diagnóstico das linhas.

4.1 Coleta de dados

Para alcançar os objetivos do trabalho, determinou-se a área de estudo e selecionaram-se os dados relevantes sobre as linhas de ônibus que operam na região. Como suporte, utilizaram-se as áreas pré-determinadas pela Prefeitura de João Pessoa (2023), destacando as regiões circunvizinhas à UFPB. Essas regiões podem ser observadas por meio da Figura 1.

Figura 1 – Regiões de estudo



Fonte: Autores (2024).

Com a delimitação dessas regiões, foram solicitados os dados geoespaciais e as Ordens de Serviço dos Ônibus (OSO) para a SEMOB. A extração desses dados permitiu verificar todas as linhas de ônibus da cidade de João Pessoa ativos no ano de 2024, compostas pelas linhas de eixo radial, transversal, integração e circular, sendo possível identificar de forma inicial as áreas que estão sendo atendidas, detalhando os trajetos percorridos em mapa.

4.2 Pré-processamento dos dados

Após a extração dos dados que foram disponibilizados via protocolos, realizou-se a manipulação dos dados geoespaciais e OSO obtidos de forma que pudessem ser consultados, tornando-se possível suceder com seu tratamento, analisando as informações disponibilizadas e aquelas correspondentes à área de estudo.

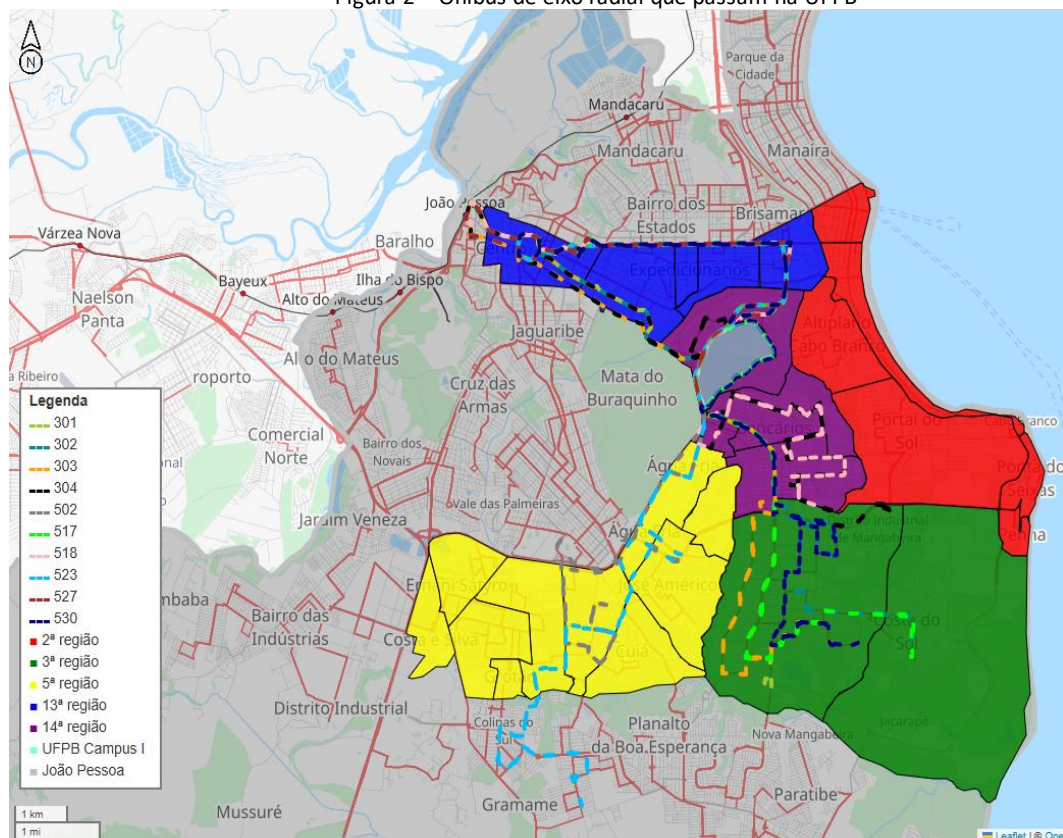
Realizado o tratamento e a análise das informações da OSO e geoespaciais, identificaram-se dez linhas de ônibus que trabalham no eixo radial e que fazem acesso a regiões

no entorno da UFPB. Alocaram-se os dados geoespaciais, obtidos em *shapefile*, para a criação de ambientes de apoio para o estudo (ESRI, 1998; GSDI, 2008).

Para inserção em mapas, realizou-se o carregamento do *shapefile* e a extração da latitude e longitude dos dados geoespaciais, utilizando a biblioteca *geopandas* em Python. Após a importação da biblioteca *geopandas* e a extração dos dados de latitude e longitude, utilizou-se a biblioteca *folium* do Python. A biblioteca *folium* foi desenvolvida pelo MIT Laboratories, utilizado para visualização de dados em mapas de Sistemas de Informações Geográficas (GIS), sendo uma parte do ecossistema Python para manipular e gerar visualizações de dados geoespaciais (Ozmen, 2021). A interface do *folium* é bem projetada e implementada com Linguagem de Marcação de Hipertexto (HTML), adequado para realizar estudos científicos e elaborar estudos, automatizando as tarefas em programação.

Após a transformação do mapa em formato HTML, foi possível a integração da biblioteca branca, ampliando a funcionalidade e a capacidade de análise dos dados. Essa biblioteca é uma produção derivada da biblioteca *folium* e possibilita gerar HTML baseado em Jinja2 (PyPI, 2024), o qual permitiu a criação da legenda e a importação ao mapa. Ao realizar a junção de *geopandas*, *folium* e branca com os dados Geoespaciais, confeccionou-se o mapa apresentando os itinerários das linhas de ônibus que foram selecionadas para estudo nesta pesquisa, conforme Figura 2.

Figura 2 – Ônibus de eixo radial que passam na UFPB



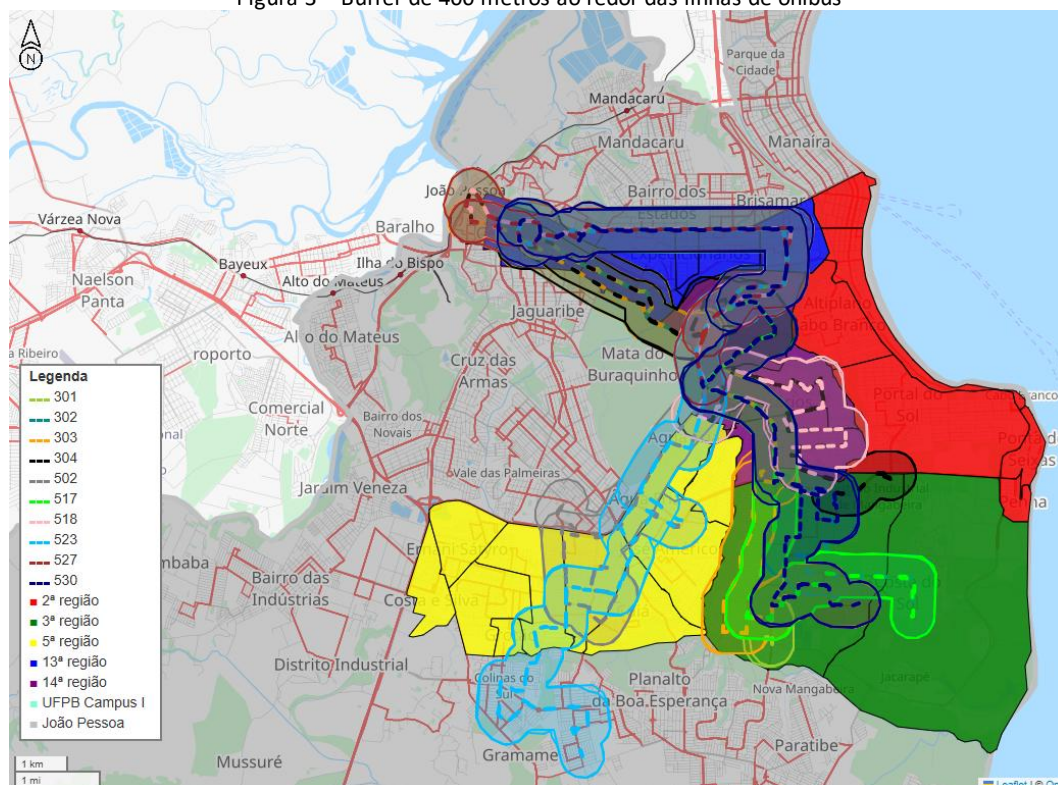
Fonte: Autores (2024).

Por meio deste mapa, é possível observar a distribuição das linhas de ônibus radiais que atendem a UFPB, Campus I, pertencente à 14ª região. Os ônibus incluídos neste estudo, por serem classificados como radiais, passam pela 13ª região, onde está localizado o Centro da cidade de João Pessoa, e se distribuem para áreas periféricas da cidade.

4.3 Análise exploratória dos dados

Esta análise incluiu a importação da biblioteca shapely no Python para a extração de dados a partir dos itinerários que foram apresentados no tópico 3.2, permitindo avaliar a eficiência do serviço de transporte público em termos de cobertura e distribuição espacial, identificando áreas com carências específicas que demandam melhorias operacionais (Gillies; Bierbaum; Lautaportti, 2024). Aplicou-se *buffer* de 400 metros ao redor das linhas de ônibus, uma distância que representa um limite ideal para melhor acessibilidade ao transporte público (Furth; Rahbee, 2000; Phuong *et al.*, 2024; Noh; Mohamad; Hamid, 2021). Esta operação de *buffer* está apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Buffer de 400 metros ao redor das linhas de ônibus



Fonte: Autores (2024).

Com a aplicação de *buffers* em torno das linhas de transporte público, como ilustrado na Figura 3, observa-se que, em diversas regiões, a área de atendimento é parcial, como nas 5ª, 3ª e 2ª regiões. Por outro lado, regiões, como a 14ª e a 13ª, apresentam uma cobertura mais ampla e eficiente. Com essas operações, foi possível obter as áreas de cada região e as áreas de interseção, apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Áreas das regiões e áreas de interseção das regiões

Região	Área da região (km ²)	Área total de interseção (km ²)	Porcentagem (%)
2ª região	10,73	0,67	6,24
3ª região	23,65	10,17	43,00
5ª região	15,63	6,65	42,55
13ª região	6,79	5,33	78,50
14ª região	8,81	8,46	96,03

Fonte: Autores (2024).

Apenas a 13ª e a 14ª regiões abrangem área de cobertura maior que 70%. As interseções entre as cinco regiões analisadas e o *buffer* das linhas de ônibus, de forma individual, também foram obtidos nessa metodologia, com a aplicação das bibliotecas anteriormente descritas e foram utilizados para avaliar a acessibilidade por linha de ônibus.

4.4 Classificação e Diagnóstico das Linhas Operacionais

A classificação e o diagnóstico das linhas operacionais são feito a partir da obtenção das interseções entre as cinco regiões analisadas e os *buffers* individuais. Com esses dados geoespaciais, a identificação de padrões e dados discrepantes permitem a fácil identificação de *outliers*, que são valores de interseção muito distantes de uma maioria de valores, possibilitando denotar posições quanto à análise de dados (Ghosh; Vogt, 2012). A identificação de *outliers* permite observar indicadores cujos valores se destacam significativamente dos demais, sejam eles extremamente altos, associados a um alto nível de acessibilidade, ou extremamente baixos, relacionados a um baixo nível de acessibilidade.

Para analisar e entender dados do conjunto de interseções, podem ser utilizadas técnicas estatísticas, como a Análise de Componentes Principais (PCA). Essa técnica é utilizada para reduzir a dimensionalidade de dados, transformando grande número de variáveis em um conjunto menor de variáveis não correlacionadas, simplificando a análise de dados, verificando padrões e reduzindo a redundância (Singh; Kathuria, 2023).

A aplicação do PCA permite focar nos aspectos mais relevantes dos dados, identificando os principais fatores que impulsionam um fenômeno específico, facilitando a interpretação dos resultados e a tomada de decisões estratégicas. Ao ser utilizado para avaliar o transporte público por ônibus, Peng *et al.* (2018) utilizam para melhorar a precisão da previsão do tempo de chegada do ônibus, a partir de modelo de máquina de vetores de suporte (SVM). Para identificar os principais fatores que afetam a satisfação do cliente com os serviços de transporte público, Deveci *et al.* (2019) reduzem o número de critérios de satisfação do cliente para um número menor de fatores, utilizados como entrada para uma análise de implantação de função de qualidade (QFD). Já Nwachukwu (2014) agrupa atributos de qualidade de serviço do transporte, colapsando 17 atributos de qualidade de serviço em fatores ortogonais, identificando áreas amplas para o planejamento e tomada de decisões das partes interessadas.

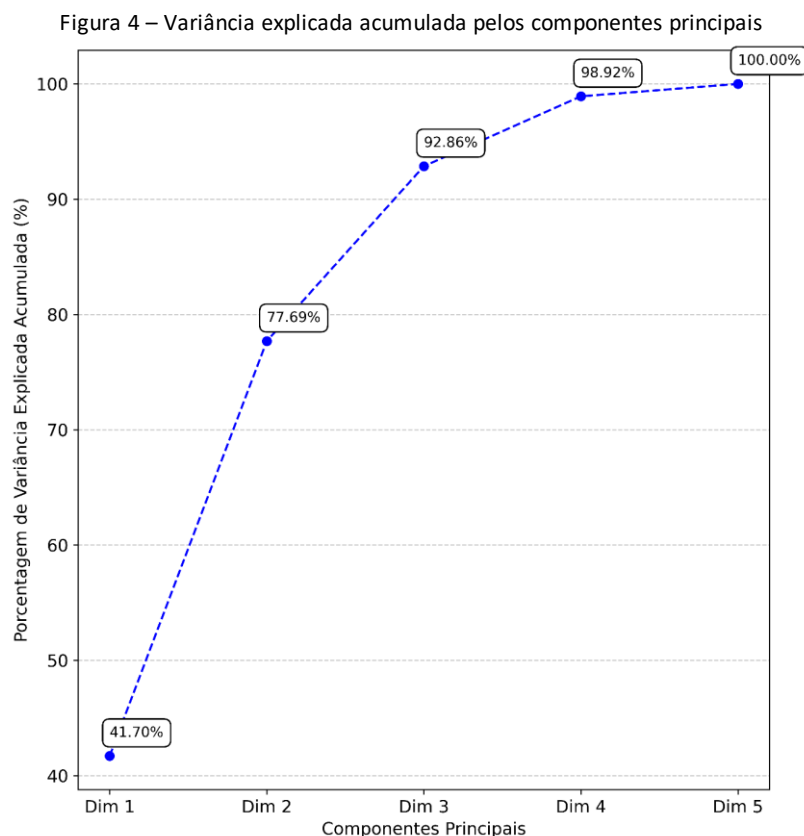
Para avaliar a acessibilidade de forma igualitária dos dados obtidos, visto que as regiões possuem áreas distintas, variando de 6,79 a 23,65 km² realizou-se a normalização de

dados utilizando a biblioteca *scikit-learn* em *Python*. A normalização permitiu garantir que todas as variáveis de interseção em relação à área da região tivessem a mesma escala, contribuindo de forma equitativa para o resultado do PCA, evitando que variáveis com escalas diferentes influenciem desproporcionalmente os resultados da análise.

Assim, o processo de normalização permitiu que o PCA reduzisse a dimensionalidade dos dados, destacando os componentes principais que mais influenciam o desempenho do transporte público, proporcionando uma visão mais clara e concentrada dos fatores mais impactantes.

5 RESULTADOS

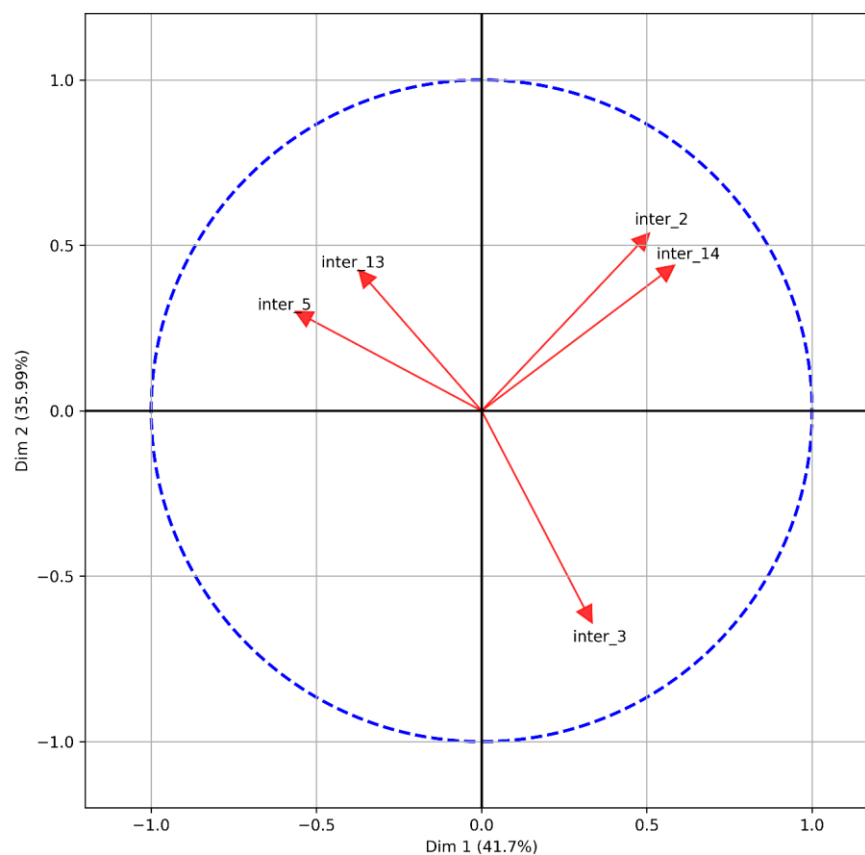
Com a aplicação do método PCA aos dados obtidos por análise geoespacial, foi possível identificar cinco dimensões principais, cada uma representando um conjunto específico de variáveis correlacionadas. Essas dimensões refletem os padrões de variação nos dados analisados. A análise permitiu determinar a porcentagem de variância explicada por cada dimensão, indicando sua contribuição para a explicação da variabilidade total dos dados. Para facilitar a interpretação, a variância explicada acumulada pelos componentes principais foi calculada e apresentada na Figura 4. Observa-se que os componentes principais Dim 1 e Dim 2, que capturam os aspectos mais relevantes dos dados, explicam, juntos, 77,69% da variância total, proporcionando uma visualização simplificada e de fácil entendimento das informações.



Fonte: Autores (2024).

Com as áreas de interseção coletadas e analisada a variância explicada, observou-se a combinação linear entre os valores e suas relações, obtendo o círculo de correlação, apresentado na Figura 5. O círculo de correlação permite visualizar a relação entre variáveis originais e os componentes principais. A combinação linear representada pelos vetores é explicada como a soma ponderada das variáveis originais, que correspondem às interseções entre *buffers* das linhas de ônibus analisadas e as regiões definidas, para formar os componentes principais.

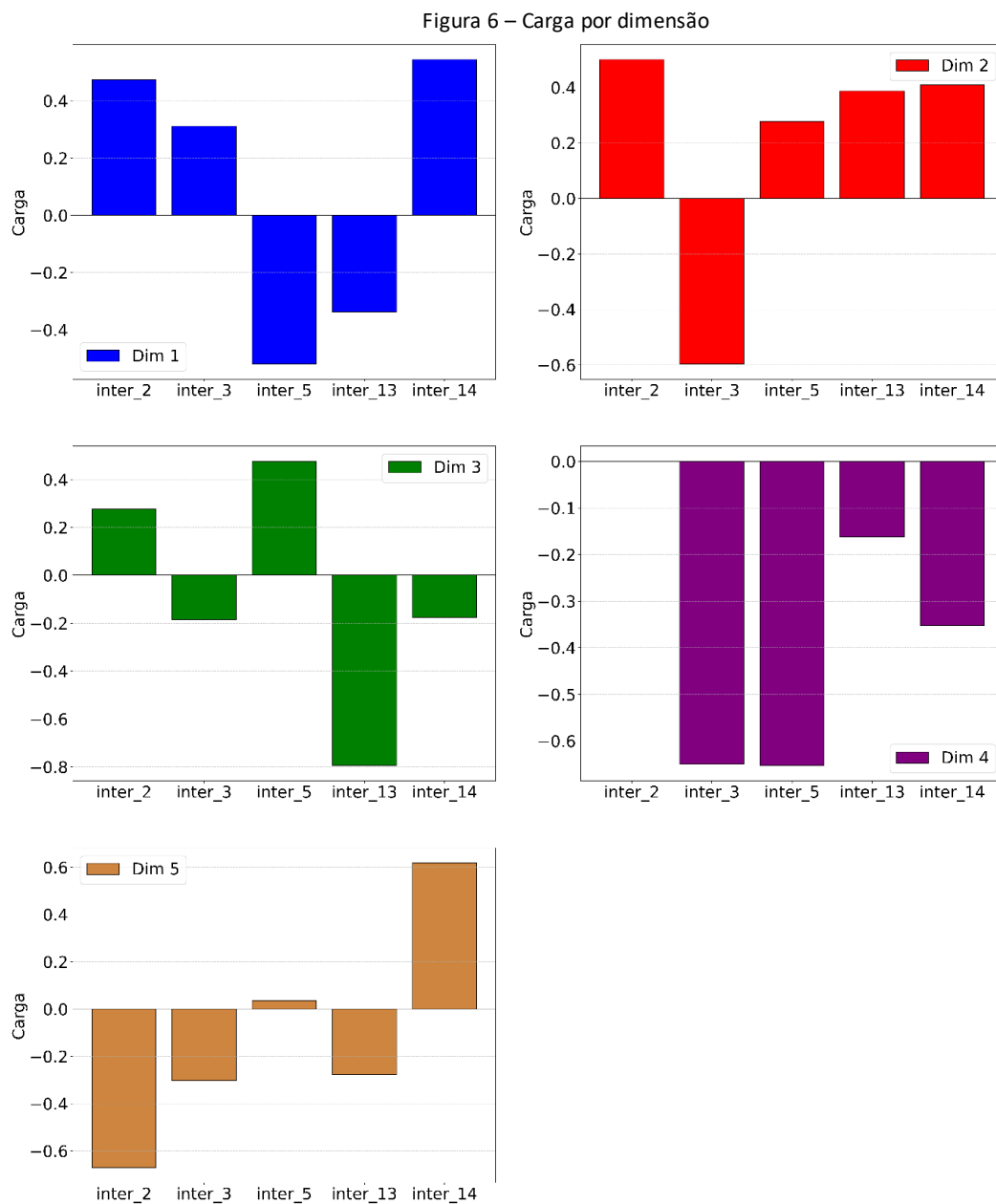
Figura 5 – Combinação linear das variáveis PCA



Fonte: Autores (2024).

Cada vetor presente na Figura 5 mostra a contribuição de uma variável para os componentes principais. A posição dos vetores ajuda a compreender como as variáveis originais se relacionam entre si e com os componentes principais. Ao analisar os dados de interseção, é possível identificar critérios que mantêm uma relação entre si. A interseção entre as regiões 5 e 13 revela uma correlação positiva, indicando uma relação direta entre eles. Por outro lado, a relação com as regiões 2 e 14 caracteriza-se por independência, pois aproxima-se da perpendicularidade. Finalmente, a interseção na região 3 apresenta uma correlação negativa quando comparada às interseções das regiões 5 e 13.

Diante de um total de 5 dimensões no método PCA aplicado, são apresentadas as cargas das variáveis de interseção nas cinco dimensões na Figura 6, cujas barras mostram as cargas das variáveis utilizadas neste estudo para as respectivas dimensões. As altas cargas positivas ou negativas indicam uma forte influência de variável na dimensão correspondente. Em contrapartida, as cargas próximas a zero indicam uma influência menor ou insignificativa da variável, ajudando a entender como as variáveis originais contribuem para as dimensões formadas pelo PCA, para fornecer o *insight* sobre a estrutura dos dados obtidos e a importância de cada variável nas diferentes dimensões.



Fonte: Autores (2024).

Após verificar a relação entre as variáveis e os componentes, a classificação das linhas operacionais foi realizada por meio da Equação 1, sendo possível observar o nível da mesoacessibilidade nas regiões onde foi realizada a pesquisa, resumindo as informações obtidas de todos os componentes principais em um só valor.

$$PCA_{Index} = \sum_{i=1}^5 (PC_i \times VE_i) \quad (1)$$

Onde o PCA_{Index} é o Índice da Análise de Componentes Principais, o PC_i são os Componentes Principais de acordo com a Dimensão i , e o VE_i são os valores associados a cada componente.

Utilizando a Equação 1 a partir das cargas atribuídas para cada componente principal e os valores normalizados das interseções sobre as regiões, foi possível realizar a construção da Tabela 2, na qual se indica qual o valor correspondente ao Componente Principal PC_i pelas linhas de ônibus.

Tabela 2 – Valores respectivos à mesoacessibilidade das linhas de ônibus

Linha de ônibus	PC ₁	PC ₂	PC ₃	PC ₄	PC ₅	PC _{Index}
301	0,114817	-1,37158	0,607539	0,613964	0,248267	-0,31365
302	0,455674	-1,81295	0,472672	0,045853	0,021922	-0,3877
303	0,40867	-1,83047	0,457413	-0,02174	0,051165	-0,41971
304	2,824442	1,995991	1,214926	0,090171	-0,22843	2,083408
502	-2,22457	0,88947	0,69443	-0,38643	-0,00742	-0,52576
517	0,630298	-0,63891	-1,11738	-0,76676	-0,20587	-0,18529
518	0,631649	1,796698	-1,00864	0,161204	0,513254	0,772313
523	-2,23627	0,899841	0,707064	-0,40729	-0,00274	-0,52621
527	-1,18455	0,390396	-0,98604	1,198858	-0,3372	-0,43396
530	0,579838	-0,31848	-1,04199	-0,52783	-0,05296	-0,06345

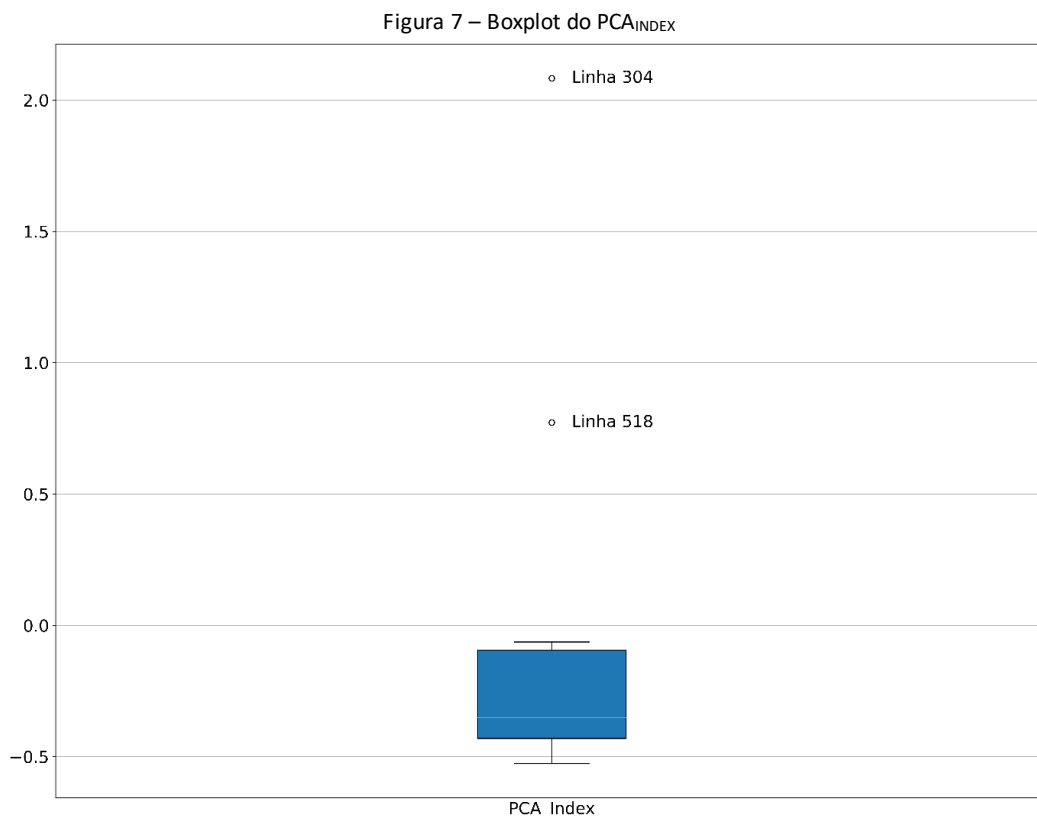
Fonte: Autores (2024).

A partir da Tabela 2, é possível verificar que os valores indicam a contribuição de cada componente para a variância total dos dados. Nessa análise, com um total de 10 ônibus, oito apresentam pontuação negativa, enquanto apenas dois possuem uma pontuação positiva. Isso demonstra uma discrepância na questão da acessibilidade entre esses ônibus, evidenciando que a maioria das linhas possui uma frota acessível em níveis semelhantes quando comparados às duas linhas positivas (304 e 518). Ou seja, há necessidade de gerenciar operacionalmente as linhas de ônibus e os seus respectivos itinerários, possibilitando que passem por caminhos que atendam uma maior parte da população, facilitando a sua acessibilidade, atendendo os passageiros de forma mais próxima, melhorando a dinâmica das rotas de ônibus. Realizou-se o gráfico de *boxplot* para a identificação dos *outliers*, ficando clara a diferença entre valores, apresentados na Figura 7.

Considerando a mesoacessibilidade, as linhas de ônibus 304 e 518 atendem quatro das cinco regiões analisadas (ver Figura 2 e Figura 3), apresentando alta pontuação de acessibilidade

em comparação com as demais linhas deste estudo, como apresentado na Figura 7. No entanto, os percursos, extensos para possuírem uma alta cobertura geográfica e gerar maior acessibilidade, resultam em um atendimento de qualidade inferior por diversas razões, entre elas: i) tempo maior de viagens; ii) um alto número de paradas; iii) mais suscetível a atrasos causados por tráfegos, semáforos e outros fatores.

A eficiência das linhas 304 e 518, embora abrangendo percursos mais longos, não implica necessariamente um melhor atendimento para um maior número de pessoas. A eficiência é mais bem avaliada, considerando a densidade populacional das áreas atendidas. Linhas que cobrem regiões de alta densidade populacional podem proporcionar um serviço mais eficaz, mesmo com percursos mais curtos, pois atendem a um número maior de passageiros em menos tempo e com maior confiabilidade.



Fonte: Autores (2024).

Portanto, ao analisar a acessibilidade em relação à eficiência, vê-se a necessidade da revisão de atendimento entre as linhas 304 e 518, com a melhora da rota dos itinerários, para que o atendimento seja suficiente e mais bem dividido. As linhas que possuem extensões elevadas para gerar maior acessibilidade podem exigir manutenções e renovações de veículos com mais frequência, devido ao aumento do esforço para atender diferentes áreas, pelo aumento da distância percorrida nas zonas de atendimento. Essa distribuição desigual sugere que algumas linhas estejam sobrecarregadas, criando desafios em termos de frequência e tempo de viagem, enquanto as outras linhas podem estar sendo subutilizadas nas regiões em que foram analisadas.

6 CONCLUSÃO

Esta pesquisa analisou a mesoacessibilidade do transporte público por ônibus em João Pessoa, com foco na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), utilizando bibliotecas da linguagem de programação Python para a análise de dados geoespaciais. O uso de ferramentas computacionais inovadoras permitiu identificar padrões de acessibilidade de maneira mais precisa e replicável, trazendo contribuições relevantes tanto para o campo da mobilidade urbana quanto para a aplicação de métodos analíticos em cidades de médio porte no Brasil.

Os resultados evidenciaram desigualdades significativas na cobertura do sistema de transporte público. Algumas regiões foram identificadas como subatendidas, enfrentando dificuldades de acesso às linhas de ônibus, enquanto outras apresentaram sobrecarga de demanda. A aplicação de um *buffer* de 400 metros ao longo das linhas de ônibus permitiu visualizar, de forma clara, essas lacunas e propor soluções baseadas em dados. As análises sugerem que essa distribuição desigual não apenas impacta o tempo de viagem, mas também afeta a satisfação e o bem-estar dos usuários, reforçando a necessidade de intervenções estruturais no planejamento do sistema.

Este estudo também se destaca por propor um plano de reestruturação baseado em dados geoespaciais, com a redistribuição estratégica de linhas de ônibus para atender áreas subatendidas e reduzir o tempo de deslocamento em até 20%. Além disso, sugere-se a implementação de um plano-piloto em áreas críticas, permitindo avaliar os impactos da reconfiguração antes de sua expansão para toda a cidade.

Apesar das contribuições, esta pesquisa possui limitações. O foco em uma única área da cidade pode não refletir completamente a realidade do sistema de transporte público de João Pessoa. Além disso, aspectos, como a frequência dos ônibus, o tempo de espera e a densidade das regiões, não foram abordados em profundidade. Para superar essas limitações, estudos futuros poderiam incluir análises de dados em tempo real, estimativas de tempo de viagem e a expansão do foco para outras áreas de grande relevância, como pontos turísticos e regiões de alta densidade populacional.

A relevância científica e prática deste estudo é evidenciada pela identificação de lacunas críticas na acessibilidade ao transporte público e pelo potencial de influenciar diretamente a formulação de políticas públicas destinados à inclusão social. Além de promover maior inclusão social, as soluções propostas contribuem para a redução de emissões poluentes e a melhoria da qualidade de vida urbana, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Por fim, este estudo reforça a importância da integração entre planejamento urbano e análise de dados como ferramentas essenciais para o desenvolvimento urbano sustentável.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ACHEAMPONG, Ransford Antwi; ASABERE, Stephen Boahen. Urban expansion and differential accessibility by car and public transport in the Greater Kumasi city-region, Ghana—A geospatial modelling approach. *Journal of Transport Geography*, v. 98, p. 103257, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966692321003100?via%3Dihub>. Acesso em: 01 maio 2025.

BRAND, Christian *et al.* Evaluating the impacts of new walking and cycling infrastructure on carbon dioxide emissions from motorized travel: a controlled longitudinal study. **Applied Energy**, v. 128, p. 284-295, 2014. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4591464/>. Acesso em: 01 maio 2025.

CACIATO, Luciano Eduardo; MENDES, Leonardo de Souza. Micromobilidade em Núcleos Urbanos: Uma Abordagem para Cidades Inteligentes e Sustentáveis. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 12, n. 86, p. 477-486, 2024. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/5318/5332. Acesso em: 01 maio 2025.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. **Emissões relativas de poluentes do transporte urbano**. IPEA, 2011. Disponível em: www.ipea.gov.br. Acesso em: 03 dez. 2024.

CASELLI, Barbara *et al.* Towards the definition of a comprehensive walkability index for historical centres. **International Conference on Computational Science and Its Applications**. Cham: Springer International Publishing, p. 493-508. 2021.

CORAZZA, Maria Vittoria; FAVARETTO, Nicola. A methodology to evaluate accessibility to bus stops as a contribution to improve sustainability in urban mobility. **Sustainability**, v. 11, n. 3, p. 803, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/3/803>. Acesso em: 01 maio 2025.

DA SILVA, Otavio Henrique *et al.* Accessibility index for urban walkable spaces. **Acta Scientiarum Technology**, v. 42, 2020. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/actascitechnol/index.php/ActaSciTechnol/article/view/45181/751375149033>. Acesso em: 01 maio 2025.

DALOSTO, João Augusto Dunck; Perez-Martinez, Pedro Jose. Macroacessibilidade de transporte na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 11, n. 84, p. 114-130, 2023.

DE ANDRADE, Mirela Pereira *et al.* RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL (IMUS) EM JOÃO PESSOA, PB. **Congresso de pesquisa e ensino em transportes, 36º ANPET**, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/371724800_RESULTADOS_DA_APLICACAO_DO_INDICE_DE_MOBILIDADE_URBANA_SUSTENTAVEL_IMUS_EM_JOAO_PESSOA_PB. Acesso em: 01 maio 2025.

DE FARIAS, Alana Pâmela Lira; GOMES, Juliana Cavalcanti Lima; MARROQUIM, Flávia Maria Guimarães. Relato das barreiras arquitetônicas à acessibilidade do Centro de Ciências Jurídicas da UFPB. **Revista Ação Ergonômica**, v. 7, n. 3, p. 1-17, 2021. Disponível em: <https://revistaacaoergonomica.org/article/627d48a2a953957e60766793/pdf/abergo-7-3-1.pdf>. Acesso em: 01 maio 2025.

DELL'OLIO, Luigi; IBEAS, Angel; CECIN, Patricia. The quality of service desired by public transport users. **Transport Policy**, v. 18, n. 1, p. 217-227, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967070X10001009>. Acesso em: 01 maio 2025.

DEVECI, Muhammet *et al.* Evaluation of service quality in public bus transportation using interval-valued intuitionistic fuzzy QFD methodology. **Research in Transportation Business & Management**, v. 33, p. 100387, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210539519301762?via%3Dihub>. Acesso em: 01 maio 2025.

DOS SANTOS, Júlia Barros; LIMA, Josiane Palma. Quality of public transportation based on the multi-criteria approach and from the perspective of user's satisfaction level: A case study in a Brazilian city. **Case Studies on Transport Policy**, v. 9, n. 3, p. 1233-1244, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213624X21001048>. Acesso em: 01 maio 2025.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. Esri. **Shapefile Technical Description**. 1998. Disponível em: <https://www.esri.com>. Acesso em: 14 nov. 2024.

FERRAZ, Antonio Clóvis "Coca" Pinto; TORRES, Isaac Guillermo Espinosa. **Transporte Público Urbano**. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2004.

FITCH, Dillon T.; THIGPEN, Calvin G.; HANDY, Susan L. Traffic stress and bicycling to elementary and junior high school: Evidence from Davis, California. **Journal of Transport & Health**, v. 3, n. 4, p. 457-466, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214140516000098?via%3Dihub>. Acesso em: 01 maio 2025.

FOCHESATTO, Sandrone; POLLI, Simone Aparecida; DE CARVALHO, Hilda Alberton. Em Curitiba, se anda como? **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 15, n. 11, p. 13765-13801, 2023. Disponível em: <https://ojs.cuadernoseducacion.com/ojs/index.php/ced/article/view/1865/1771>. Acesso em: 01 maio 2025.

FURTH, Peter G.; RAHBEE, Adam B. Optimal bus stop spacing through dynamic programming and geographic modeling. **Transportation Research Record**, v. 1731, n. 1, p. 15-22, 2000. Disponível em: <https://www1.coe.neu.edu/~pfurth/Furth%20papers/2000%20optimal%20stop%20spacing,%20Furth%20%26%20Rahbee%20TRR.pdf>. Acesso em: 01 maio 2025.

GAGLIONE, Federica; ZUCARO, Carmela Gargiulo; COTTRILL, Caitlin. 15-minute neighbourhood accessibility: A comparison between Naples and London. **European Transport**, v. 85, p. 1-16, 2021. Disponível em: https://www.istiee.unict.it/sites/default/files/files/ET_2021_85_5.pdf. Acesso em: 01 maio 2025.

GELPI, Adriana; KALIL, Rosa Maria Locatelli. Educational Institutions and Universal Accessibility: In Search of Sustainability on University Campus. In: LEAL FILHO, W.; FRANKENBERGER, F.; IGLESIAS, P.; MÜLFARTH, R. (eds.). **Towards Green Campus Operations: Energy, Climate and Sustainable Development Initiatives at Universities**, p. 219-233, 2018.

GHOSH, Dhiren; VOGT, Andrew. Outliers: An evaluation of methodologies. **Joint statistical meetings**. 2012, p. 3455-3460. Disponível em: http://www.asasrms.org/Proceedings/y2012/Files/304068_72402.pdf. Acesso em: 01 maio 2025.

GILLIES, Sean; BIERBAUM, A.; LAUTAPORTTI, K. **Shapely documentation**. 2024. Disponível em: <https://readthedocs.org/projects/shapely/downloads/pdf/latest/>. Acesso em: 03 dez. 2024.

Global Spatial Data Infrastructure Association (GSDI). **Developing Spatial Data Infrastructure: The SDI Cookbook**. Disponível em: http://gsdiassociation.org/images/publications/cookbooks/SDI_Cookbook_from_Wiki_2012_update.pdf. Acesso em: 14 nov. 2024.

GRIECO, Elisabeth Poubel; PORTUGAL, Licínio da Silva; ALVES, Rosane Martins. Proposta de índice do ambiente construído orientado à mobilidade sustentável. **XXIX Congresso de Pesquisa em Transporte da ANPET**. 2015. Disponível em: http://146.164.5.73:20080/ssat/interface/content/anais_2015/TrabalhosFormatados/539AC.pdf. Acesso em: 01 maio 2025.

JABER, Ahmed; ABU BAKER, Laila; CSONKA, Bálint. The influence of public transportation stops on bike-sharing destination trips: spatial analysis of Budapest City. **Future transportation**, v. 2, n. 3, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-7590/2/3/38>. Acesso em: 01 maio 2025.

JAMES, Kanyepe; MARIAN, Tukuta; INNOCENT, Chirisa. Residential Density and Traffic Congestion in the Harare Metropolitan Region. **European Transport**, v. 87, n. 4, 2022. Disponível em: https://www.istiee.unict.it/sites/default/files/files/ET_2022_87_4.pdf. Acesso em: 01 maio 2025.

JANE GIBSON, Peyton; MARSHALL, Wesley E. Disparate approaches to maintaining roads and sidewalks: an interview study of 16 US cities. **Transportation research record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2676, n. 9, p. 553-567, 2022. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/03611981221087239>. Acesso em: 01 maio 2025.

JAVED, Abdul Rehman *et al.* Future smart cities: Requirements, emerging technologies, applications, challenges, and future aspects. **Cities**, v. 129, p. 103794, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/352193583_Future_Smart_Cities_Requirements_Emerging_Technologies_Applications_Challenges_and_Future_Aspects. Acesso em: 01 maio 2025.

KNEIB, Erika Cristine; MELLO, Andréa Justino Ribeiro; GONZAGA, Ana Stéfany da Silva. Macroacessibilidade orientada à equidade e à integração com o território. In: PORTUGAL, Licínio da Silva *et al.* **Transporte, Mobilidade e Desenvolvimento Urbano**, p. 119-133, 2017.

KNEIB, Erika Cristine; PORTUGAL, Licínio da Silva. Caracterização da acessibilidade e suas relações com a mobilidade e o desenvolvimento. In: PORTUGAL, Licínio da Silva *et al.* **Transporte, Mobilidade e Desenvolvimento Urbano**, p. 65-88, 2017.

LEROUTIER, Marion; QUIRION, Philippe. Air pollution and CO2 from daily mobility: Who emits and Why? Evidence from Paris. **Energy Economics**, v. 109, p. 105941, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988322001189>. Acesso em: 01 maio 2025.

LI, Huan; BERTINI, Robert L. Assessing a model for optimal bus stop spacing with high-resolution archived stop-level data. **Transportation Research Record**, v. 2111, n. 1, p. 24-32, 2009. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.3141/2111-04>. Acesso em: 01 maio 2025.

LI, Lingyao *et al.* Toward satisfactory public accessibility: A crowdsourcing approach through online reviews to inclusive urban design. **arXiv preprint arXiv:2409.08459**, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/384057848_Toward_satisfactory_public_accessibility_A_crowdsourcing_approach_through_online_reviews_to_inclusive_urban_design. Acesso em: 01 maio 2025.

LITMAN, Todd. Evaluating accessibility for transportation planning: Measuring people's ability to reach desired goods and activities. **Victoria Transport Policy Institute**, 2012. Disponível em: <https://www.vtpi.org/access.pdf>. Acesso em: 01 maio 2025.

LIU, Dongxu *et al.* Spatial analysis of bus rapid transit actual operating conditions: the case of Hangzhou City, China. **Public Transport**, v. 14, n. 2, p. 503-519, 2022.

MELLO, Andréa Justino Ribeiro. **A acessibilidade ao emprego e sua relação com a mobilidade e o desenvolvimento sustentáveis**: O caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. 2015. 235 f. Tese (Doutorado em Engenharia Engenharia de Transportes) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2015. Disponível em: https://det.poli.ufri.br/images/documentos/teses/2015/ANDREA_TESE_26_JUNHO.pdf. Acesso em: 07 maio 2025.

NOH, Nur' Amirah; MOHAMAD, Diana; HAMID, Ahmad. Acceptable walking distance accessible to the nearest bus stop considering the service coverage. **2021 International Congress of Advanced Technology and Engineering (ICOTEN)**. IEEE, 2021. p. 1-7. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/353067957_Acceptable_walking_distance_accessible_to_the_nearest_bus_stop_considering_the_service_coverage. Acesso em: 01 maio 2025.

NAKAMURA, Kazuki. Experimental analysis of walkability evaluation using virtual reality application. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 48, n. 8, p. 2481-2496, 2021. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2399808320980747>. Acesso em: 01 maio 2025.

NWACHUKWU, Ali Alphonsus. Assessment of passenger satisfaction with intra-city public bus transport services in Abuja, Nigeria. **Journal of Public Transportation**, v. 17, n. 1, p. 99-119, 2014. Disponível em: <https://digitalcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1033&context=jpt>. Acesso em: 01 maio 2025.

OESTREICH, Leticia *et al.* Impacts of the COVID-19 pandemic on the profile and preferences of urban mobility in Brazil: Challenges and opportunities. **Travel Behaviour and Society**, v. 31, p. 312-322, 2023. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9834169/>. Acesso em: 01 maio 2025.

OZMEN, Emre. Event density visualization with python folium library for public complaint management: An application with 311 calls. **Research & Reviews in Science and Mathematics-I**, 2021. Disponível em: <https://www.gecekitapligi.com/Webkontrol/uploads/Fck/sciences1.pdf>. Acesso em: 01 maio 2025.

PANCHAL, Rikesh *et al.* Personal air pollution exposure during morning commute car and active transport journeys. **Journal of Transport & Health**, v. 26, p. 101365, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140522000378>. Acesso em: 01 maio 2025.

PENG, Zixuan *et al.* **Bus arrival time prediction based on PCA-GA-SVM**. Neural Network World, v. 28, n. 1, p. 87-104, 2018. Disponível em: <https://nnw.cz/doi/2018/NNW.2018.28.005.pdf>. Acesso em: 01 maio 2025.

Prefeitura Municipal de João Pessoa. **Central de atendimento**. Disponível em: <https://joaopessoa.1doc.com.br/>. Acesso em: 22 set. 2023.

PHUONG, Ngo Trung *et al.* Factors Influence Hanoians' Choice of Non-Motorized Transport Mode to Access Bus Stations. **Journal of Transportation Technologies**, v. 14, n. 3, p. 372-389, 2024. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=134370>. Acesso em: 01 maio 2025.

PHYTON PACKAGE INDEX. PyPI. **Branca**. Disponível em: <https://pypi.org/project/branca/>. Acesso em: 16 dez. 2024.

RODRÍGUEZ, Gabriela Corrêa; MARTINEZ, César Augusto Ferrari. Mulheres e Mobilidade Urbana: Uma revisão da literatura sobre o tema. **Geografia em Atos**, v. 8, n. 1, p. e024013-e024013, 2024. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/download/10334/7517/43116>. Acesso em: 01 maio 2025.

RYBARCZYK, Greg; SHAKER, Richard Ross. Predicting bicycle-on-board transit choice in a university environment. **Sustainability**, v. 13, n. 2, p. 512, 2021. Disponível em: https://rshare.library.torontomu.ca/articles/journal_contribution/Predicting_Bicycle-on-Board_Transit_Choice_in_a_University_Environment/25267435?file=44641756. Acesso em: 01 maio 2025.

SAHU, Prasanta Kumar *et al.* Spatial data analysis approach for network-wide consolidation of bus stop locations. **Public Transport**, v. 13, p. 375-394, 2021.

SINGH, Harpreet; KATHURIA, Ankit. Heterogeneity in passenger satisfaction of bus rapid transit system among age and gender groups: A PLS-SEM Multi-group analysis. **Transport Policy**, v. 141, p. 27-41, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967070X2300183X>. Acesso em: 01 maio 2025.

SINGH, Vikram; MEENA, Kapil Kumar; AGARWAL, Amit. **Travellers' exposure to air pollution**: A systematic review and future directions. **Urban Climate**, v. 38, p. 100901, 2021. Disponível em: <https://faculty.iitr.ac.in/~amitfce/pdfs/TravellersPDF-36.pdf>. Acesso em: 01 maio 2025.

ZEGRAS, Pericles Christopher. **Sustainable urban mobility**: exploring the role of the built environment. 2005. Thesis (Doctoral degree in Urban and Regional Planning) – Massachusetts Institute of Technology, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Chris-Zebras/publication/38000160_Sustainable_urban_mobility_exploring_the_role_of_the_built_environment/links/5cdec78a92851c4eaba97764/Sustainable-urban-mobility-exploring-the-role-of-the-built-environment.pdf. Acesso em: 01 maio 2025.

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Nós, Marcelo Chalub Llanco, Luiz Bueno da Silva e Jessica Helena de Lima, utilizamos os seguintes critérios para a participação de cada autor:

- **Concepção e Design do Estudo:** Marcelo Chalub Llanco, Luiz Bueno da Silva e Jessica Helena de Lima tiveram a ideia central do estudo e ajudaram a definir os objetivos e a metodologia.
- **Curadoria de Dados:** Marcelo Chalub Llanco, Luiz Bueno da Silva e Jessica Helena de Lima organizaram e verificaram os dados para garantir sua qualidade.
- **Análise Formal:** Marcelo Chalub Llanco, Luiz Bueno da Silva e Jessica Helena de Lima realizaram as análises dos dados, aplicando métodos específicos.
- **Aquisição de Financiamento:** Os recursos financeiros necessários para o estudo foram obtidos pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba (PPGECAM), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Prefeitura municipal de João Pessoa, Superintendência Executiva de Mobilidade Urbana (SEMOB), Sindicato das Empresas de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros no Município de João Pessoa (SINTUR) e Laboratório de Análise do Trabalho (LAT) da Universidade Federal da Paraíba.
- **Investigação:** Marcelo Chalub Llanco quem conduziu a coleta de dados ou experimentos práticos.
- **Metodologia:** Marcelo Chalub Llanco, Luiz Bueno da Silva e Jessica Helena de Lima desenvolveram e ajustaram as metodologias aplicadas no estudo.
- **Redação - Rascunho Inicial:** Marcelo Chalub Llanco e Luiz Bueno da Silva escreveram a primeira versão do manuscrito.
- **Redação - Revisão Crítica:** Marcelo Chalub Llanco, Luiz Bueno da Silva e Jessica Helena de Lima revisaram o texto, melhorando a clareza e a coerência.
- **Revisão e Edição Final:** Marcelo Chalub Llanco, Luiz Bueno da Silva e Jessica Helena de Lima revisaram e ajustaram o manuscrito para garantir que atende às normas da revista.
- **Supervisão:** Luiz Bueno da Silva e Jessica Helena de Lima coordenaram o trabalho e garantiram a qualidade geral do estudo.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, **Marcelo Chalub Llanco, Luiz Bueno da Silva e Jessica Helena de Lima**, declaramos que o manuscrito intitulado "**Análise da Mesoacessibilidade das Linhas de Ônibus na UFPB: Um Estudo de Caso em João Pessoa PB**":

1. **Vínculos Financeiros:** Não possui vínculos financeiros que possam influenciar os resultados ou interpretação do trabalho. Nenhuma instituição ou entidade financiadora esteve envolvida no desenvolvimento deste estudo.
2. **Relações Profissionais:** Não possui relações profissionais que possam impactar na análise, interpretação ou apresentação dos resultados. Nenhuma relação profissional relevante ao conteúdo deste manuscrito foi estabelecida.
3. **Conflitos Pessoais:** Não possui conflitos de interesse pessoais relacionados ao conteúdo do manuscrito. Nenhum conflito pessoal relacionado ao conteúdo foi identificado.