

AVALIAÇÃO DA ACESSIBILIDADE POR MEIO DA CENTRALIDADE: ANÁLISE DA REDE VIÁRIA NO BAIRRO DA LIBERDADE, SÃO PAULO

ALEXANDRO GULARTE SCHAFFER¹

¹Dr. em Engenharia Civil, Prof. Assoc. Unipampa, Bagé-RS, alexandroschafer@unipampa.edu.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
06 a 09 de outubro de 2025

RESUMO: A análise de centralidade em redes viárias permite identificar interseções críticas e avaliar a acessibilidade em áreas urbanas. Este artigo apresenta um estudo aplicado ao bairro da Liberdade, em São Paulo, utilizando a biblioteca OSMnx para extração e análise da rede viária. Foram calculadas as métricas de centralidade de grau, proximidade e intermediação, considerando a direção e o comprimento das ruas. Os resultados indicam que a rede apresenta poucos nós altamente centrais, que concentram o fluxo viário e desempenham papel estratégico na mobilidade. Os achados contribuem para o planejamento urbano e para a identificação de pontos críticos de acessibilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de redes, centralidade, OSMnx, mobilidade urbana.

ASSESSMENT OF ACCESSIBILITY THROUGH CENTRALITY: STREET NETWORK ANALYSIS IN THE LIBERDADE NEIGHBORHOOD, SÃO PAULO

ABSTRACT: Centrality analysis in street networks makes it possible to identify critical intersections and evaluate accessibility in urban areas. This article presents a case study applied to the Liberdade neighborhood in São Paulo, using the OSMnx library for street network extraction and analysis. Degree, closeness, and betweenness centrality metrics were calculated, considering both street direction and length. The results indicate that the network contains few highly central nodes, which concentrate traffic flow and play a strategic role in mobility. These findings contribute to urban planning and the identification of critical accessibility points.

KEYWORDS: Network analysis, centrality, OSMnx, urban mobility.

INTRODUÇÃO

As redes viárias urbanas são a espinha dorsal da mobilidade, estruturando o acesso a atividades, serviços e oportunidades nas cidades. A crescente complexidade da circulação e os desafios da gestão urbana tornam necessário o uso de abordagens quantitativas que permitam compreender como ruas e interseções contribuem para a acessibilidade e a resiliência dos territórios. Nesse contexto, a teoria dos grafos e, em particular, as métricas de centralidade, têm se consolidado como ferramentas eficazes para analisar a estrutura espacial das redes viárias.

Entre as principais medidas, destacam-se a centralidade de grau (que avalia a conectividade imediata dos nós), a centralidade de proximidade (que estima a acessibilidade global a partir de cada ponto) e a centralidade de intermediação (que identifica nós estratégicos para os fluxos de deslocamento). Estudos comparativos em diferentes contextos urbanos demonstram que essas métricas revelam tanto propriedades estruturais quanto pontos críticos da rede, sendo úteis para apoiar decisões de planejamento e gestão da mobilidade (Crucitti, Latora & Porta, 2006).

Aplicações empíricas comprovam essa relevância. Em Barcelona, observou-se que a centralidade está fortemente correlacionada à localização de atividades econômicas, evidenciando a influência da rede viária na organização territorial (Porta et al., 2012). Em cidades latino-americanas, a centralidade de intermediação foi utilizada para identificar interseções vulneráveis e propor intervenções voltadas ao aumento da resiliência urbana (Cordero & Rodriguez, 2022). Já no caso de Culiacán,

México, verificou-se que altos valores de centralidade estavam associados à concentração de empregos e à estrutura monocêntrica da cidade (Correa Delval, 2021).

Em regiões em rápida urbanização, como Delhi (Índia), a análise de centralidade de intermediação foi aplicada em redes multimodais, permitindo identificar corredores prioritários para o transporte coletivo e ajustar a infraestrutura de acordo com a capacidade e o tempo de viagem (Das & Ram, 2024). Por outro lado, estudos como o de Wang, He e Leung (2020), em Atlanta, EUA, mostraram que a centralidade de grau está diretamente relacionada à acessibilidade em serviços de transporte sob demanda, reforçando a utilidade da abordagem mesmo em contextos de alta motorização.

Assim, observa-se que as métricas de centralidade têm papel estratégico em múltiplos contextos: desde a identificação de gargalos de tráfego e pontos vulneráveis até o suporte ao desenvolvimento de políticas públicas de transporte e planejamento urbano sustentável. A diversidade de casos documentados na literatura justifica a adoção dessa abordagem em análises de redes viárias locais, como no bairro da Liberdade em São Paulo, onde a compreensão da acessibilidade e da estrutura espacial pode subsidiar decisões voltadas à melhoria da mobilidade urbana.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no bairro da Liberdade, localizado na região central da cidade de São Paulo, Brasil. Trata-se de uma área caracterizada por elevada densidade urbana e complexa rede viária, marcada pela presença de vias arteriais, coletoras e locais. A escolha do bairro da Liberdade deve-se à sua relevância histórica e funcional no contexto da mobilidade paulistana.

A rede viária foi extraída da base de dados colaborativa OpenStreetMap (OSM) por meio da biblioteca OSMnx, em ambiente Python. Para garantir a representatividade do sistema viário, foi utilizado o parâmetro `network_type='drive'`, que seleciona vias acessíveis a veículos motorizados. O grafo resultante foi estruturado como um MultiDiGraph, preservando a direção das vias e evitando distorções na análise de conectividade.

Após a extração, a rede foi convertida em grafos direcionados e os atributos espaciais das ruas (comprimento e direção) foram mantidos como pesos das arestas. Essa abordagem assegura maior realismo, pois as métricas de centralidade consideram tanto a conectividade quanto a distância física entre os nós.

Foram calculadas três métricas de centralidade: a) Centralidade de Grau (Degree Centrality) – número de conexões de entrada, saída e total associadas a cada nó; b) Centralidade de Proximidade (Closeness Centrality) – medida de acessibilidade global, representando a facilidade de alcançar outros nós a partir de cada interseção; c) Centralidade de Intermediação (Betweenness Centrality) – identifica nós que funcionam como “pontes” nos caminhos mais curtos da rede.

As métricas foram obtidas por meio das funções da biblioteca NetworkX, integradas ao OSMnx.

Os resultados foram apresentados em figuras e histogramas de distribuição, permitindo a interpretação espacial dos valores de centralidade e a identificação de interseções críticas para a mobilidade urbana.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir das métricas de centralidade revelam a estrutura hierárquica da rede viária do bairro da Liberdade e a presença de interseções com papel estratégico na mobilidade urbana.

A Figura 1 apresenta os mapas da centralidade de grau de entrada, saída e total para a rede viária do bairro.

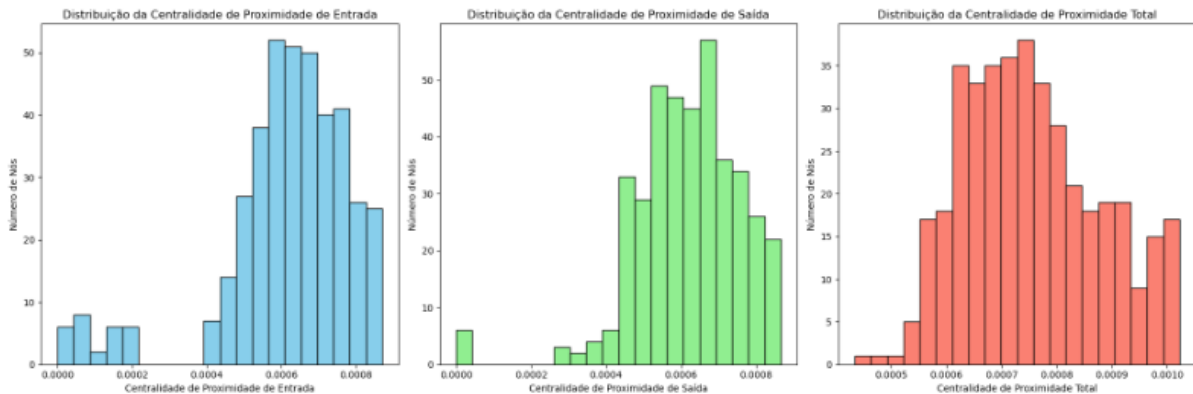
Figura 1. Centralidade de grau de entrada, saída e total. Os nós estão representados por cores em escala do roxo (valores mais baixos) ao amarelo (valores mais altos).



A análise evidencia que a maioria das interseções possui baixo número de conexões, refletindo a predominância de ruas locais e secundárias. As cores da Figura 1 variam do roxo, associado aos valores mais baixos de centralidade, até o amarelo, que indica os valores mais elevados. Nesse sentido, observa-se que alguns nós concentram maior número de conexões, localizados principalmente em cruzamentos de vias arteriais e coletoras. Esses pontos de convergência, representados em tons mais claros, funcionam como hubs da circulação local, assumindo papel estratégico na conectividade da rede.

A Figura 2 apresenta os histogramas da distribuição da centralidade de proximidade (entrada, saída e total).

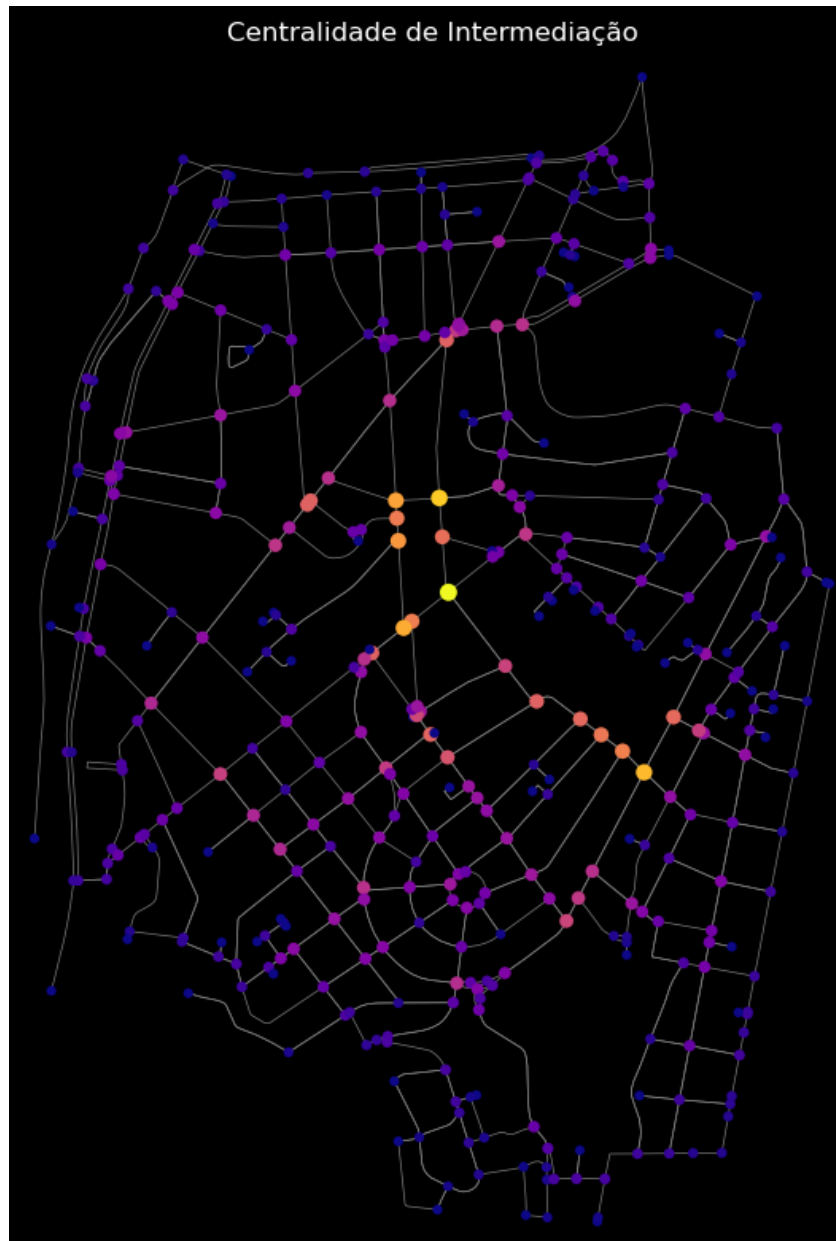
Figura 2. Histograma da centralidade de proximidade.



Os gráficos indicam que a maior parte dos nós apresenta valores de proximidade reduzidos, concentrando-se em faixas intermediárias e baixas, o que é característico de redes urbanas hierarquizadas. Nota-se, entretanto, a presença de alguns nós em valores mais elevados, representados nas extremidades direitas das distribuições, que sugerem maior acessibilidade global. Esses nós, embora minoritários, tendem a estar localizados próximos a eixos viários principais, facilitando o deslocamento entre diferentes setores do bairro por trajetos relativamente curtos.

A Figura 3 apresenta o mapa da centralidade de intermediação para a rede viária analisada. As cores variam do roxo, que representa valores mais baixos de centralidade, até o amarelo, que indica os valores mais elevados.

Figura 3. Centralidade de intermediação.



Os resultados revelam um conjunto restrito de interseções destacadas em tons mais claros, que concentram grande volume de fluxos e desempenham a função de “pontes” na rede. Esses nós conectam diferentes setores do bairro e sustentam a mobilidade em escala mais ampla. A dependência de poucos pontos estratégicos, entretanto, indica vulnerabilidade: bloqueios ou sobrecargas nessas interseções podem comprometer de maneira significativa a circulação viária.

CONCLUSÃO

A análise de centralidade aplicada à rede viária do bairro da Liberdade demonstrou a utilidade das métricas de grau, proximidade e intermediação para compreender a organização espacial e funcional do sistema viário urbano. Os resultados evidenciaram que a rede apresenta uma estrutura hierárquica, caracterizada por muitos nós de baixa centralidade e poucos nós altamente relevantes, que concentram fluxos e desempenham papel estratégico na mobilidade local.

A identificação desses pontos críticos revela tanto oportunidades quanto vulnerabilidades: de um lado, interseções centrais favorecem a acessibilidade; de outro, sua sobrecarga ou bloqueio pode comprometer o funcionamento de toda a rede. Essa informação é essencial para subsidiar políticas públicas de mobilidade, orientar intervenções em infraestrutura viária e planejar rotas alternativas em situações de contingência.

Conclui-se, portanto, que as métricas de centralidade constituem ferramentas eficazes para o diagnóstico da acessibilidade e para a gestão urbana em áreas densamente ocupadas. Trabalhos futuros podem ampliar a análise para redes de pedestres e ciclistas, bem como integrar variáveis socioeconômicas, de modo a fornecer uma visão mais abrangente sobre mobilidade e equidade urbana.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 102, p. 1, 28 maio 2012.
- CRUCITTI, Paolo; LATORA, Vito; PORTA, Sergio. Centrality measures in spatial networks of urban streets. *Physical Review E*, v. 73, n. 3, p. 036125, 2006.
- PORTA, Sergio; LATORA, Vito; WANG, Fang; RUEDA, Salvador; STRANO, Emanuele; SCELLATO, Salvatore; CARDILLO, Alessio; BELLI, Eleonora; CÁRDENAS, Francisco; CORMENZANA, Beatriz; LATORA, Luciano. Street centrality and the location of economic activities in Barcelona. *Urban Studies*, v. 49, n. 7, p. 1471–1488, 2012.
- CORDERO, Gonzalo; RODRIGUEZ, Daniel A. Street network centrality and urban resilience: Evidence from Latin American cities. *Cities*, v. 120, p. 103456, 2022.
- CORREA DELVAL, José. Centrality and accessibility in the monocentric structure of Culiacán, Mexico. *Revista de Urbanismo*, n. 44, p. 1–18, 2021.
- DAS, Saptarshi; RAM, S. Multimodal transport network analysis using betweenness centrality and path evaluation function: A case study of Delhi. *Transport Policy*, v. 137, p. 45–58, 2024.
- WANG, Qiong; HE, Shenjing; LEUNG, Yee. Applying network centrality measures to spatial accessibility analysis: A case study of ride-sourcing services in Atlanta. *Journal of Transport Geography*, v. 82, p. 102624, 2020.